VTI rapport 965
Utgivningsår 2018
www.vti.se/publikationer

Bör kollektivtrafik subventioneras?

Kjell Jansson
Harald Lang
Roger Pyddoke
Chris Halldin

VTI rapport 965

Bör kollektivtrafik subventioneras?

Kjell Jansson

Harald Lang

Roger Pyddoke

Chris Halldin

vti

Diarienummer: 2017/0244-7.4
Publikation; serie och nr: VTI rapport 965
Omslagsbilder: Mostphotos

Referat

Detta arbete analyserar motiv för subventionering av lokal och regional kollektivtrafik, baserat på ekonomisk teori och på numeriska modellberäkningar, med den huvudsakliga slutsatsen att det är samhällsekonomiskt lönsamt att subventionera kollektivtrafik och att öka turtätheten där efterfrågan är hög. Att lokal och regional kollektivtrafik subventioneras i första hand med skattemedel är vanligt i de flesta industrialiserade länder, ofta i storleksordningen 40–60 procent. I dag subventionerar regionala kollektivtrafikmyndigheter i Sverige kollektivtrafiken med mellan 44 och 80 procent av kostnaderna.

Det vi framför som det huvudsakliga samhällsekonomiska motivet för subventionering är att kollektivtrafik utmärks av en positiv extern effekt som kommersiella operatörer inte beaktar (är extern för dem) beroende på deras behov av finansiell vinst. Den positiva externa effekten, ofta kallad Mohring-effekten, består av att befintliga trafikanters väntetid minskar om priset sänks och ytterligare trafikanter motiverar ökad turtäthet. Med optimal nivå på pris och turtäthet täcks inte ens kollektivtrafikens rörliga kostnader, varför kompletterande finansiering via beskattning krävs.

För att uppskatta det optimala priset och den optimala subventionsnivån gör vi beräkningar för varje linje med dels en särskild optimeringsmodell för en kollektivtrafiklinje dels en simuleringsmodell för efterfrågberäkningar. De numeriska modellberäkningarna söker välfärdsoptima för priser, turtätheter (frekvenser) och subventioner med hänsyn till väntetider och trängsel i fordonen. För att finna dessa optima kombineras beräkningar med simuleringsmodellen och optimeringsmodellen.

Pris, turtäthet och subvention har optimerats för sju olika linjer i Stockholms läns kollektivtrafik, allt ifrån en lågbelastad busslinje i landsbygd till de hårdbelastade linjerna: busslinje 4 i Stockholms innerstad samt en tunnelbane- och en pendeltågslinje. De optimeringsmetoder som används är generellt användbara. De kan dock förväntas ge olika resultat beroende på lokala efterfrågenivåer, tidsvärderingar och driftskostnader. Jämfört med utgångsläget innebär välfärdsoptimum lägre priser än i dag för samtliga sju studerade linjer och högre frekvenser för de flesta, med undantag av busslinjer i mindre tättbefolkade områden med låg efterfrågan.

Känslighetsanalyser visar att antaganden om väntetidsvärderingar och samhällsekonomisk kostnad för skattefinansiering (skattefaktor) spelar stor roll för nivån för optimal subvention, pris, turintervall och för välfärdsförändring. Med lägre tidsvärderingar och/eller större skattefaktor är optimal subvention mindre, optimalt pris högre och optimal turtäthet lägre.

Titel:	Bör kollektivtrafik subventioneras?
Författare:	Kjell Jansson (KJ Samhällsekonomi) Harald Lang (KTH) Roger Pyddoke (VTI) Chris Halldin (ÅF)
Utgivare:	VTI, Statens väg och transportforskningsinstitut www.vti.se
Serie och nr:	VTI rapport 965
Utgivningsår:	2018
VTI:s diarienr:	2017/0244-7.4
ISSN:	0347–6030
Projektnamn:	Subventionering av kollektivtrafik
Uppdragsgivare:	Trafikverket
Nyckelord:	Kollektivtrafik, optimering, turtäthet, pris, subvention
Språk:	Svenska
Antal sidor:	128

Abstract

This report examines motives for subsidisation of local and regional public transport, based on economic theory and numerical calculations, with the main conclusion that it is economically efficient to subsidise public transport and to increase service frequency where demand is high.

Local and regional public transport in most industrialised countries is subsidised in the range of 40–60 per cent. In Sweden today regional authorities in charge of public transport are subsidising, between 44 and 80 per cent of the costs.

What we regard as the main economic motive for subsidisation is that public transport is characterised by a positive external effect, which commercial operators ignore (is external) due to their need of a financial surplus. This positive external effect, often called the Mohring-effect, is that the passengers waiting times decrease when frequencies are increased which requires the operations to be subsidised. With the optimal level of price and frequency the variable operating costs cannot be covered with ticket revenue, requiring some external form of supplementary financing.

The numerical calculations seek welfare optima for price, service frequency and subsidy with regard to in-vehicle congestion and waiting times. In order to find the optima a combination of a simulation model and an optimisation model has been applied, where the optimisation model was developed within this project.

Price, frequency and subsidy have been optimised for seven lines with different characteristics in the county of Stockholm, from a bus route low demanded in a rural area to routes with high capacity use: bus line 4 in Stockholm inner city as well as one underground line and one commuter rail line. The methods used are generally useful. They can, however, be expected to yield different results depending on local demand levels, time values and operating costs.

Compared with the initial situation today the welfare optima suggest lower prices for all seven lines, and higher frequency for most, except for bus lines in areas with less population density and low demand.

Sensitivity analyses show that assumptions on waiting time valuations and cost of public funds have large effects on optimal subsidy, price and frequency and for welfare change. With lower valuations of wait time and/or with a higher cost of public funds optimal subsidy is lower, optimal price is higher and optimal frequency is lower.

Title:	Should public transport be subsidized? – A case study of routes in Stockholm
Author:	Kjell Jansson (KJ Samhällsekonomi) Harald Lang (KTH) Roger Pyddoke (VTI) Chris Halldin (ÅF)
Publisher:	Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI) www.vti.se
Publication No.:	VTI rapport 965
Published:	2018
Reg. No., VTI:	2017/0244-7.4
ISSN:	0347–6030
Project:	
Commissioned by:	Swedish Transport Administration
Keywords:	Public transport, optimization, price, frequency, subsidization
Language:	Swedish
No. of pages:	128

Förord

Uppdragsgivaren Trafikverket önskar med detta projekt få svar på följande frågor: ”Varför subventioneras kollektivtrafik idag? Vilka samhällsekonomiska och effektivitetsbetingade motiv finns för subventionering av kollektivtrafik? Hur omfattande bör subventioneringen i så fall vara?”

Rapporten söker besvara dessa frågor dels genom diskussioner baserade på litteraturstudier dels genom numeriska beräkningar.

Kjell Jansson, KJ Samhällsekonomi, har kombinerat optimeringar med simuleringar samt skrivit huvuddelen av rapporten. Roger Pyddoke, projektledare, VTI, har fortlöpande diskuterat delresultat och deltagit i rapportskrivningen. Chris Halldin, ÅF, har gjort simuleringar med Vips. Harald Lang har utvecklat optimeringsmodellen som redovisas i sin helhet i Bilaga 1. Samtliga författare har granskat utkast.

Vi vill tacka Henrik Edwards för värdefulla synpunkter.

Stockholm, februari 2018

Roger Pyddoke
Projektledare

Kvalitetsgranskning

Granskningsseminarium har genomförts onsdagen den 6 december 2017 där Henrik Edwards, Sweco, var lektör. Kjell Jansson har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Forskningschef Mattias Haraldsson har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering den 26 januari 2018. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarens/författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

Quality review

Review seminar was carried out on the 6 December 2017 where Henrik Edwards, Sweco, reviewed and commented on the report. Kjell Jansson has made alterations to the final manuscript of the report. The research director Mattias Haraldsson examined and approved the report for publication on 26 January 2018. The conclusions and recommendations expressed are the author's/authors' and do not necessarily reflect VTI's opinion as an authority.

Innehållsförteckning

Sammanfattning **11**

Summary **23**

1. Inledning **29**

2. Olika argument för subventionering av kollektivtrafik **31**

2.1. Samhällsekonomisk effektivitet 31
2.1.1. Kollektivtrafikens positiva externa effekter 31
2.1.2. Biltrafikens negativa externa effekter 32
2.2. Optionsvärde 32
2.3. Arbetsmarknadseffekter 32
2.4. Fördelningspolitik 33

3. Översikt av subventionsandelar **34**

4. Samhällsekonomiskt optimal prissättning av kollektivtrafik, finansiering och fördelning **40**

4.1. Optima för pris, frekvens och finansiellt underskott 40
4.1.1. Förutsättningar och huvudresultat 40
4.1.2. Marginalkostnader för påstigning 41
4.1.3. Effektiv subventionering av vinstmaximerande operatörer 41
4.2. Finansiering av underskott 42
4.2.1. Skattefinansiering 42
4.2.2. Finansiering inom kollektivtrafiken 42
4.2.3. Finansiering inom transportsektorn 43
4.2.4. Reklamfinansiering 43
4.3. Fördelningseffekter 43
4.3.1. Skattefinansiering 43
4.3.2. Finansiering inom kollektivtrafiken 44
4.3.3. Finansiering genom beskattning av biltrafik 44

5. Förutsättningar för numeriska beräkningar **45**

5.1. Egenskaper hos simuleringsmodellen Vips 45
5.1.1. Beteckningar 46
5.1.2. Efterfrågefördelning mellan kollektiva linjer 46
5.1.3. Väntetid 46
5.1.4. Total restid 46
5.1.5. Generaliserad kostnad 46
5.2. Optimeringsmodellen 47
5.3. Kombinationen av simuleringar och optimeringar 47

6. Parametrar för de numeriska beräkningarna **49**

6.1. Efterfrågeberäkningar 49
6.2. Kollektivtrafik och dess parametrar 50
6.2.1. Linjenät och resmatriser 50
6.2.2. Tidsvärderingar 50
6.2.3. Driftskostnader 56
6.2.4. Skatter och externa effekter 56
6.2.5. Principer för trafikering som simuleras 57

7. Resultat av de numeriska beräkningarna **59**

7.1. Busslinje 4 59
7.1.1. Busslinje 4 – SLL, högtrafik maxtimmen 60
7.1.2. Busslinje 4 - Kommersiell operatör, högtrafik maxtimmen 61
7.1.3. Busslinje 4 – SLL kontra kommersiell operatör, högtrafik maxtimmen 61
7.1.4. Busslinje 4 – SLL, en timmes högtrafik utanför maxtimmen 62
7.1.5. Busslinje 4 – Kommersiell operatör, högtrafik utanför maxtimmen 63
7.2. Busslinje 70 65
7.2.1. Busslinje 70 - SLL 66
7.2.2. Busslinje 70 – Kommersiell operatör 67
7.2.3. Busslinje 70 – SLL kontra kommersiell operatör 67
7.3. Busslinje 124 68
7.3.1. Busslinje 124 - SLL 69
7.3.2. Busslinje 124 – Kommersiell operatör 70
7.3.3. Busslinje 124 – SLL kontra kommersiell operatör 71
7.4. Busslinje 703 72
7.4.1. Busslinje 703 – UA SLL 73
7.4.2. Busslinje 703 – Kommersiell operatör 74
7.4.3. Busslinje 703 – SLL kontra kommersiell operatör 75
7.5. Busslinje 848 76
7.5.1. Busslinje 848 – UA SLL 77
7.5.2. Busslinje 848 – Kommersiell operatör 78
7.5.3. Busslinje 848 – SLL kontra kommersiell operatör 79
7.6. Tunnelbanelinje 19 80
7.6.1. Tunnelbanelinje 19 – SLL Högtrafik maxtimmen 81
7.6.2. Tunnelbanelinje 19 – Kommersiell operatör Högtrafik maxtimmen 82
7.6.3. Tunnelbanelinje 19 – SLL kontra kommersiell operatör under högtrafik maxtimmen 83
7.6.4. Tunnelbanelinje 19 – SLL, en timmes högtrafik utanför maxtimmen 84
7.6.5. Tunnelbanelinje 19 – Kommersiell operatör, högtrafik utanför maxtimmen 85
7.7. Pendeltågslinje Märsta–Södertälje 86
7.7.1. Pendeltågslinje Märsta–Södertälje – SLL 87
7.7.2. Pendeltågslinje Märsta–Södertälje – Kommersiell operatör 88
7.7.3. Pendeltågslinje Märsta–Södertälje – SLL kontra kommersiell operatör 89
7.8. Sammanställning av nyckelresultat 90
7.9. Sammanställning av subventionsgrader 93

8. Känslighetsanalyser 98

8.1. Känslighet för tidsvärderingar 98
8.1.1. Busslinje 4 – SLL, högtrafik maxtimmen 98
8.1.2. Tunnelbanelinje 19 – SLL Högtrafik maxtimmen 99
8.1.3. Slutsatser av känslighet för tidsvärderingar 102
8.2. Känslighet för skattefaktor 104

9. Slutsatser 105

9.1. Optimala priser och optimal frekvens 105
9.2. Välfärdsoptimum jämfört med kommersiell drift 107
9.3. Känslighet för tidsvärderingar 107
9.4. Känslighet för skattefaktor 108
9.5. Fördelningseffekter 108
9.6. Trafikverkets frågor 108

Referenser 111

Bilaga 1: Optimeringsmodellen 113

B1.1 Efterfrågan och generaliserat pris 113
B1.2 Operatörens kostnad och välfärden 113
B1.3 Optimalt pris och frekvens 114
B1.4 Tids-och trängselkostnader 114
B1.5 Efterfrågan 115
B1.6 Mohring-effekten 116
B1.7 Modifiering av kostnaden för väntetid 116
B1.8 ”Mohring-effekten” 117
B1.9 Vinstmaximerande monopol 117

Bilaga 2: Parametrar i optimeringsmodellen 121

B2.1 Trängselkostnad 121
B2.2 Väntetidskostnad 122

Bilaga 3: Utvidgad diskussion om optimal prissättning 123

B3.1 Ideal avgångstid och två optima 123
B3.2 Optimum för linje med flera trafikantgrupper 124
B3.3 Olika färdmedel, linjelängd och reslängd 125
B3.4 Budgetrestriktion 126
B3.5 Enhetstaxa 126
B3.6 Nät av linjer 127

Sammanfattning

Bör kollektivtrafik subventioneras?

av Kjell Jansson (KJ Samhällsekonomi), Harald Lang (KTH), Roger Pyddoke (VTI) och Chris Halldin (ÅF)

Principiell diskussion

Subventionering av kollektivtrafik är samhällsekonomiskt lönsamt och att turtätheten bör öka där efterfrågan är hög är de huvudsakliga slutsatserna i detta arbete, samt att storleksordningarna på subventionsnivåer och turtätheter varierar med bland annat antaganden om tidsvärderingar.

Det finns en rad samhällsekonomiska motiv för att subventionera kollektivtrafik. De flesta av dessa beror på externa effekter relaterade till kollektivtrafik, vilka kommersiella operatörer inte beaktar beroende på dessas vinstmaximeringsmål, men som regionala kollektivtrafikmyndigheter (RKM) bör beakta, vilket förutsätts i detta arbete. Det huvudmotiv som ligger i fokus i detta arbete, är den välfärdsvinst som uppstår för kollektivtrafikanterna genom en positiv extern effekt om pris och frekvens optimeras med hänsyn till väntetider och trängsel i kollektivtrafikfordonen. Denna effekt, ofta kallad Mohring-effekten består av kortare väntetider för existerande trafikanter. Den uppstår om efterfrågan ökar, vilket föranleder ökad turtäthet (frekvens) vilket ger upphov till kortare väntetider. En optimering av pris och frekvens ger stora välfärdsvinster både jämfört med dagsläget och med kollektivtrafik i tänkt privat regi vilket visas med de numeriska beräkningar som görs här.

Förutom detta motiv finns det också andra motiv som i princip kan spela roll totalt sett för samhällsekonomiskt optimal subventionering. Ett sådant motiv är att biltrafik förorsakar trängsel, luftföroreningar och buller. Om bilisterna inte betalar för dessa kostnader fullt ut genom skatter eller avgifter, därför att politiken inte använder dessa styrmedel, kan detta innebära ett argument för subventionering av kollektivtrafik. Ett annat motiv är det så kallade optionsvärdet, att subventionering gynnar också dem som inte använder kollektivtrafik så ofta, genom att de har ett alternativ den dag bilen eller cykeln inte fungerar eller om vädret är dåligt. Ett tredje motiv gäller positiva effekter på arbetsmarknaden genom att subventionerad kollektivtrafik kan medföra ökad sysselsättning och bättre matchning.

Dessa tre motiv utvecklas mera i huvudtexten. Eventuellt skulle de kunna motivera ytterligare subventionering, men eftersom de generellt sett är svåra att kvantifiera saknas grund för modifiering av de optima som vårt huvudmotiv ger.

Dessutom kan det finnas fördelningspolitiska motiv som innebär att kollektivtrafiken bör subventioneras därför att det gynnar vissa grupper, exempelvis låginkomsttagare. En beräkning av optimala priser och frekvenser i beaktande av fördelningsönskemål förutsätter dock också att det finns väl specificerade önskemål om fördelning mellan olika grupper. Sådana önskemål varierar med politisk uppfattning varför dessa kan skifta mellan varje val såväl på kommunal nivå som på riksnivå. Vi betraktar därför värderingar av fördelningseffekter som en politisk fråga. I princip skulle samhällsekonomer kunna analysera effekter för olika antaganden om fördelningsmål, vilket vi inte gör i detta arbete.

Beträffande vårt huvudsyfte, att beräkna optimala priser och frekvenser i beaktande av den positiva externa effekten för kollektivtrafikanterna, visas här att den optimala subventionen är lika med trafikantens väntetidskostnad beräknad som marginalkostnaden för denna. I rapporten framgår att det finns två sätt att uttrycka optimalt pris.

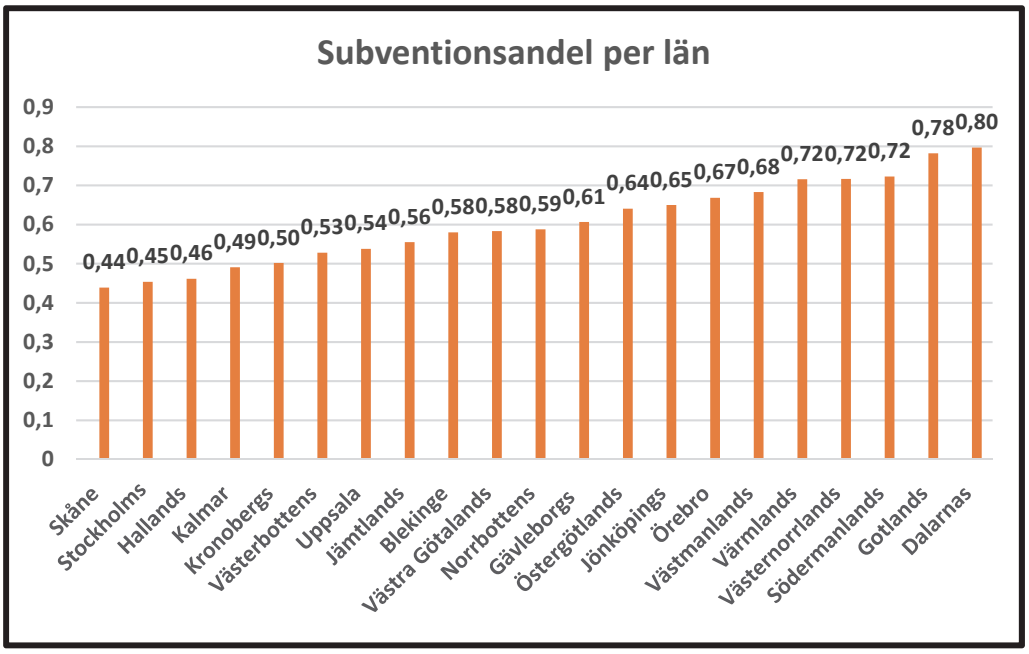
- optimalt pris är lika med den marginalkostnad i form av trängsel som en tillkommande trafikant förorsakar

- optimalt pris är lika med genomsnittlig rörlig driftkostnad per trafikant minus väntetidskostnaden beräknad som marginalkostnaden för denna, dvs. rörlig driftkostnad per trafikant minus den optimala subventionen.

Konsekvensen är att detta optimala pris ger intäkter som understiger de rörliga driftkostnaderna, vilket således innebär att dessa behöver subventioneras. Dessutom krävs naturligtvis subventionering av fasta kostnader, men denna berörs inte i detta arbete.

Orsaken till att dessa optimala priser understiger de rörliga driftkostnaderna per trafikant är den nämnda positiva externaliteten, det vill säga att fler trafikanter tillåter en högre turtäthet vilket gynnar även befintliga trafikanter genom minskade väntetider. Efterfrågeökningen uppstår genom att det optimala priset är lägre än det kommersiellt optimala. Denna positiva externalitet kallas ofta Mohringeffekten, efter Mohring (1972). Vinstmaximerande operatörer tar inte hänsyn till denna. De beaktar endast att ett lägre pris medför ökad efterfrågan och därmed högre intäkter, men dessa kommer från tillkommande trafikanter; väntetidsvinster för existerande trafikanter ingår inte i kommersiella operatörers målfunktion. Vinstmaximerande operatörer väljer pris som täcker de rörliga kostnaderna och som således överstiger de optimala och väljer en frekvens som understiger den optimala.

Subventionering av kollektivtrafik är vanligt i samtliga industrialiserade länder, men i mycket varierande grad. Subventioneringsgraden ligger ofta mellan 20 och 70 procent. Det kan noteras att beslut om utbud, priser och budgetar (och därmed indirekt om subventionering) för kollektivtrafik fattas av politiska beslutsfattare, ofta ovetande om storleken på de samhällsekonomiska effekterna som nämnts ovan. Nedan redovisas subventionsandelen för de olika länen i Sverige (Figur 1) med data från Trafikanalys kollektivtrafikstatistik. På länsnivå varierar således subventionsgraden mellan 44 och 80 procent.



Figur 1. Subventionsandel av totala kostnader för Sveriges län 2016. Källa: Trafikanalys.

Numeriska beräkningar

I denna studie har en optimeringsmodell för kollektivtrafik som har utvecklats särskilt för detta projekt kombinerats med simuleringsmodellen Vips. De numeriska beräkningarna görs för sju olika linjer i lokal och regional kollektivtrafik som planeras av Stockholms läns landstings trafikförvaltning (SLL).

Vips används först för att beräkna totalt antal påstigande, beläggningar på respektive linje samt generaliserad kostnad för vad vi kallar jämförelsealternativet eller utgångsläget (JA) för respektive trafikering. Därefter används optimeringsmodellen för att beräkna välfärdsoptimum, det vill säga optimalt pris och frekvens för vad vi kallar utredningsalternativet (UA). Därefter utvärderas skillnaderna mellan UA och JA med Vips.

Förutsättningarna varierar mellan dessa linjer beroende på slag av kollektivtrafik i olika slags områden under olika tidsperioder. De samhällsekonomiska optima som analyseras för Stockholms län kan således i princip betraktas som relevanta även för andra regionala kollektivtrafikmyndigheter även om befolkningstätheten och storleken på efterfrågan varierar mellan linjer och därmed påverkar optimala priser och frekvenser.

Vi antar här att ett välfärdsoptimum är ett mål både för SLL och för övriga regionala kollektivtrafik-myndigheter (RKM).

I denna rapports huvudscenario har vi tillämpat en skattefaktor lika med 1 eftersom vi tolkat ASEK 6 så att en högre skattefaktor enbart ska tillämpas på investeringar. Vi har dock gjort en känslighets-beräkning med skattefaktorn 1,3 som indikerar att optimala resultat är mycket känsliga för kostnaden för skattemedel. Med högre kostnader för skattefinansiering blir optimala priser högre och turtätheter lägre.

Vi tänker oss efterfrågan under högtrafiktid under i första hand den timme som har högst beläggning, maxtimmen, där alla linjer antas ha ett gemensamt pris. Specifikt för varje linje har vi antagit sådana efterfrågenivåer som motsvarar typiska, realistiska beläggningsgrader. Alla indata och alla beräknade utfall gäller en timmes trafik.

Förutom att vi för varje linje framför allt beräknar utfall för välfärdsoptimum, det vill säga för optimalt pris, optimal turtäthet och optimal efterfrågan, beräknar vi också i vissa fall utfall under antagandet att linjerna drivs av en kommersiell operatör som antas sträva efter en vinst på några procent. Utfallen för kommersiell operatör i relation till välfärdsoptimum innebär högre pris, lägre frekvens och lägre efterfrågan, vilket i praktiken knappast är realiserbart eftersom trafikantförlusterna skulle vara stora och biltrafiken skulle öka. Dessutom ska en kommersiell operatör också täcka fasta kostnader vilket gör kommersiell drift än mer orealistiskt.

Vi har således beräknat UA dels under antagande om att SLL strävar efter samhällsekonomiskt optimum, kallat ”UA SLL” dels under antagandet att driften sköts av kommersiell operatör, som vi kallat ”UA KOM”.

Samhällsekonomiskt optimum för de studerade linjerna innebär genomgående lägre pris än i utgångsläget och för de flesta en högre turtäthet. Detta förklaras till stor del av att tidskostnadens andel av totala resenärskostnader i genomsnitt är betydligt större än priskostnaden för trafikanterna, med de värderingar av åktid och väntetid som har tillämpats. Vi har för två linjer gjort känslighetsanalyser som visar att lägre tidsvärderingar ger lägre optimala turtätheter och högre optimala priser.

Vi beskriver här de välfärdsoptimerande utfallen för vardera linjen. Våra antaganden om realistiska beläggningsgrader innebär för den hårdbelastade busslinjen 4 i Stockholms innerstad samt för en tunnelbanelinje att de har fler trafikanter än antal sittplatser på ett antal delsträckor. Busslinjer i glesare bebyggda områden antas däremot ha färre trafikanter än antal sittplatser. De sju analyserade linjerna är de följande:

- Busslinje 4 – Denna linje är en av de mest hårdbelastade i Stockholms innerstad. Den går mellan Radiohuset och Gullmarsplan, under högtrafik ungefär med 6 minuters intervall.
- Busslinje 70 – Denna trafikerar sträckan Frösundavik till Universitet, i huvudsak norr om Stockholms innerstad, med avgångar varje kvart under högtrafiktid.

- Busslinje 124 – Linjen trafikerar sträckan Abrahamsberg till Alvik, väster om Stockholms innerstad, och avgår var 30:e minut under högtrafiktid.
- Busslinje 703 – Linjen trafikerar sträckan Sörskogen till Fruängen, det vill säga söder om Stockholms innerstad till stora delar i villaområden i förort, och avgår var 30:e minut under högtrafiktid.
- Busslinje 848 – Linjen trafikerar sträckan Nynäshamns station till Västerhaninge station, söder om Stockholm till stora delar i landsbygd, och avgår var 60:e minut under högtrafiktid.
- Tunnelbanelinje 19 – Linjen trafikerar sträckan Hagsätra till Hässelby strand och har ett turintervall på 6 minuter under högtrafiktid.
- Pendeltågslinje Märsta–Södertälje – Denna avgår varje kvart under högtrafiktid.

Resultat

För lokal och regional kollektivtrafik som vi fokuserar på i detta arbete kommer vi se att den optimala subventionen enligt vårt huvudmotiv kan vara mer än två gånger högre än det optimala priset. Den optimala subventionen för långväga kollektivtrafik som andel av optimalt pris är avsevärt lägre. Långväga kollektivtrafik behandlas här enbart genom ett enkelt räkneexempel för jämförelsens skull.

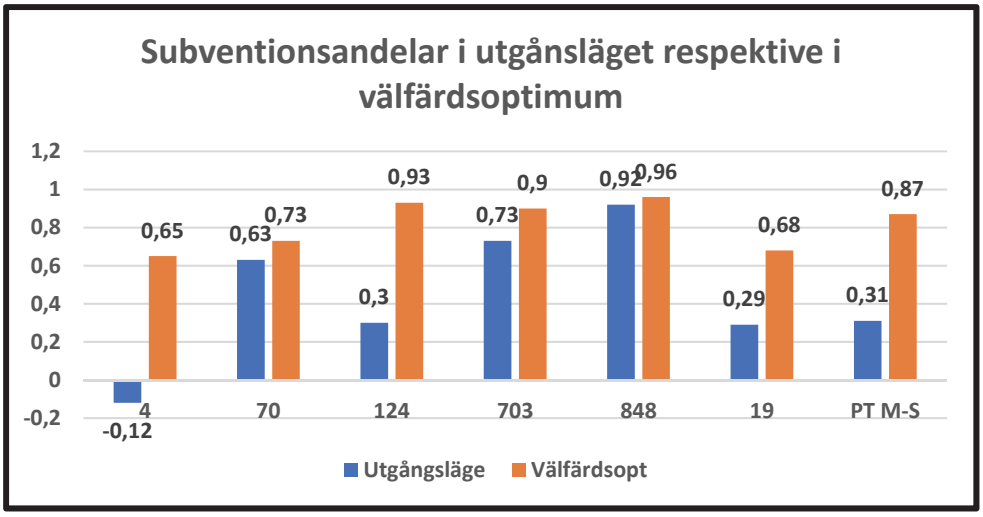
En mycket viktig observation är att de optimala priserna och turtätheterna är känsliga dels för skattekronornas finansieringskostnad (alternativt för deras alternativanvändningsvärde) dels för antagna tidsvärderingar.

En annan viktig observation för resultaten är att en samhällsekonomisk optimering av priser och turtätheter i vårt huvudscenario – i frånvaro av skattefaktorn (1,3) – mestadels innebär lägre pris och högre turtäthet än i det utgångsläge som tillhandahålls av SLL. Följaktligen ökar kostnaderna medan intäkterna minskar, vilket leder till högre belastning på offentliga budgetar och högre subventionsgrad. Kommersiell kollektivtrafik skulle innebära priser över de i utgångsläget och därmed över de optimala och turtätheter under de i utgångsläget och därmed under de optimala och således leda till lägre välfärdsnivåer än i utgångsläget!

I det följande jämför vi turtäthet, pris, antal resor och subventionsgrader, som de ser ut i utgångsläget med de välfärdsoptimerande utfallen. Observera att den beräknade subventionen per resa i utgångsläget baseras på genomsnittlig driftkostnad per resa minus det pris som tas ut i utgångsläget

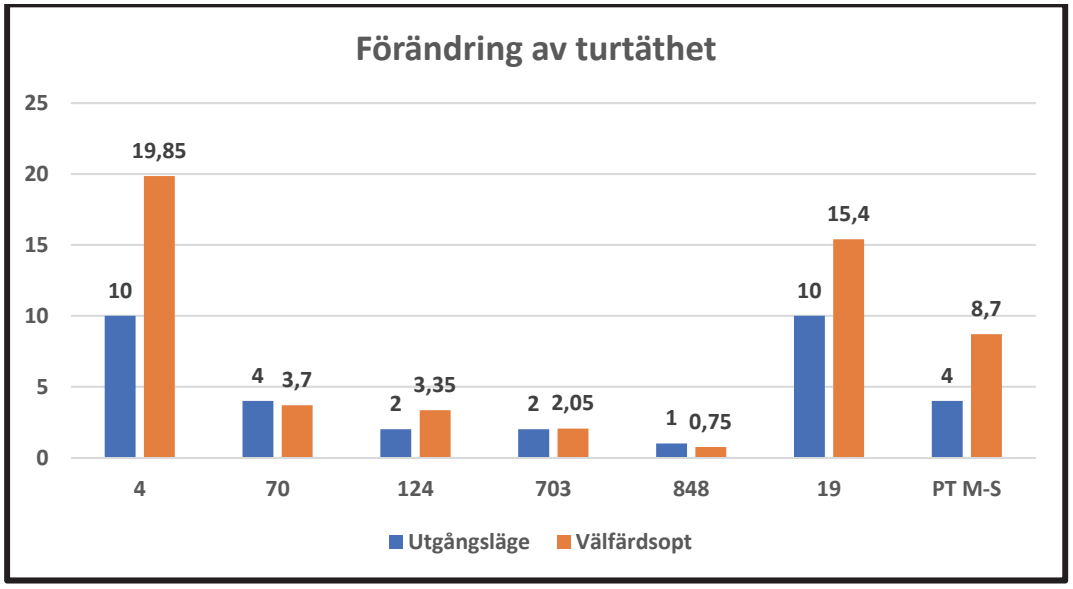
Subventionsgraden när man förflyttar sig från utgångsläget till optimum ökar för samtliga linjer men i olika grad. I genomsnitt ökar den från 26 till 71 procent. Om vi bortser från busslinje 4, som ger ett finansiellt överskott i utgångsläget beroende på hög efterfrågan, blir subventionsgraden 42 procent i utgångsläget och 78 procent i optimum. Att de optimala priserna genomgående är relativt låga beror på att den marginella trängselkostnaden för en tillkommande trafikant är låg för de flesta linjer.

Subventionsgraderna i optimum beror av de antagna tidsvärderingarna. Skulle dessa vara lägre så skulle också subventionsgraderna i optimum vara lägre. Likaså, om vi hade tillämpat skattefaktor skulle subventionsgraderna också ha blivit lägre, vilket vi visar i känslighetsanalys.



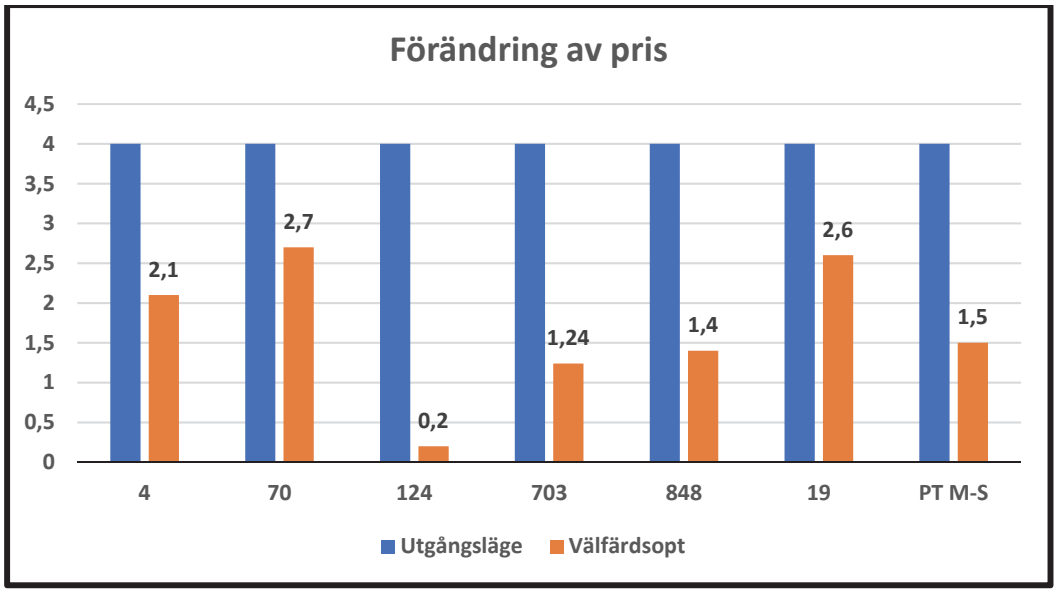
Figur 2. Subventionsgrader i utgångsläget och i Välfärdsoptimum för de olika linjerna.

Figur 2 visar att välfärdsoptimerande priser och turtäthet leder till ökad subventionsgrad. För vissa linjer ökar subventionsgraden endast måttligt medan den för andra ökar kraftigt. Att gå från utgångsläget till ett välfärdsoptimum innebär för de flesta linjer högre frekvens än i utgångsläget. Endast för de lågt belagda linjerna 70 och 848 innebär optimum lägre frekvens. (Figur 3).



Figur 3. Förändring av turtäthet (avgångar per timme) från utgångsläge till välfärdsoptimum.

Figur 4 visar att de optimala priserna för alla linjer är lägre än dem som antagits för utgångsläget, 4 kr per resa.



Figur 4. Förändring av pris, i kronor, från utgångsläge till välfärdsoptimum.

Att de optimala priserna är låga beror på att de marginella trängselkostnaderna är låga.

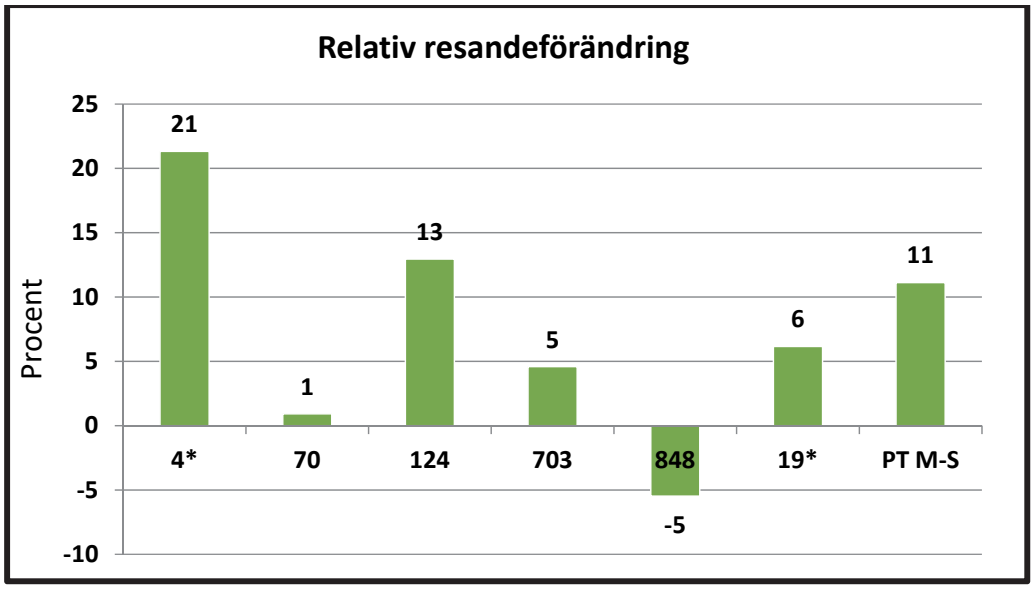
Eftersom antalet resor per timme per linje i högtrafik i utgångsläget skiljer sig mycket åt mellan de olika linjerna redovisar vi dessa antal i tabellform (Tabell 1).

Tabell 1. Genomsnittligt antal påstigande per maxtimme i högtrafik.

Antal resor per avgång							
Linje	4*	70	124	703	848	19*	PT M-S*
Utgångsläge	4 577	218	85	109	73	21 311	21 123

* Linjer där antalet trafikanter är fler än antalet sittplatser på vissa delsträckor.

Den relativa förändringen av antal resor från utgångsläget till välfärdsoptimum redovisas i Figur 5.



Figur 5. Relativ resandeförändring linjevis, procent.

Notera att de största relativa efterfrågeökningarna mellan utgångsläget och optimum uppstår för linje 4, linje 124, pendeltågslinjen och tunnelbanelinje 19 som alla får ökad frekvens, medan endast busslinje 848 får minskad efterfrågan, beroende på minskad frekvens. Skälet är förstås att turtätheten i stor grad påverkar efterfrågan.

Sammantaget indikerar den föreliggande analysen att beaktande av restidsvinster i många fall kan innebära både lägre priser, högre turtätheter och därmed högre subventionsgrad än vad dagens utbud innebär. Resultaten varierar dock mycket från linje till linje och vi kan därför inte ge någon tumregel för hur mycket en enskild linje eller en kollektivtrafikmyndighet bör subventioneras.

Lägre efterfrågan

Resultaten blir naturligtvis annorlunda om efterfrågan är annorlunda. För busslinje 4 och för t-banelinje 19 har vi beräknat optimala utfall om efterfrågan vore lägre. Vi kan exempelvis tänka oss detta som efterfrågan under högtrafik men utanför maxtimmen. Det optimala priset för båda linjerna är mycket lägre vid lägre efterfrågan vilket beror på att beläggningen är lägre och därmed trängseln. De optimala turintervallen är längre (lägre turtäthet). Sammantaget leder detta till lägre subventionsandelar för båda linjerna.

Känslighetsanalyser för tidsvärderingar och skattefaktor

Tidsvärderingar

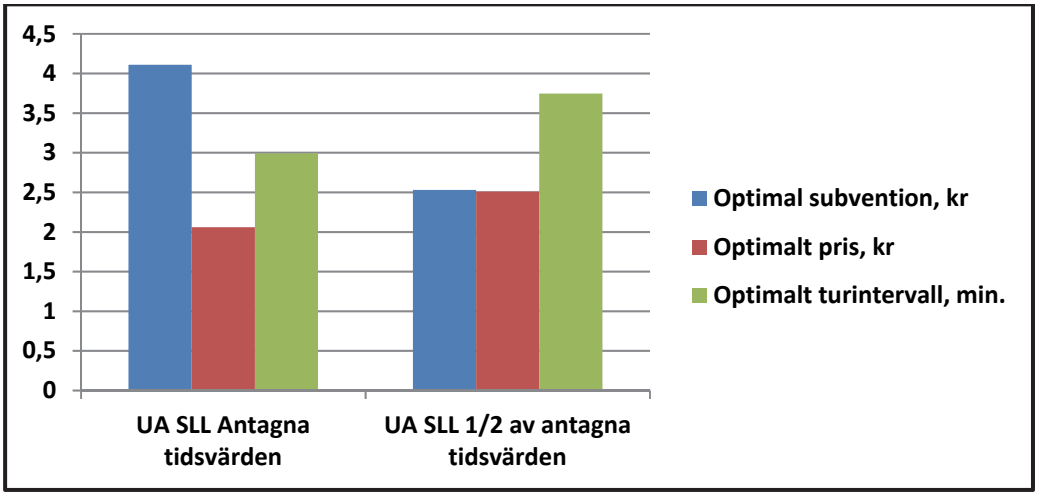
Vi har nämnt att antagandena om tidsvärderingar spelar roll för optimala subventioner, optimala frekvenser och därmed för optimala priser. För att belysa betydelsen har vi gjort känslighetsanalyser för busslinje 4 och för tunnelbanelinje 19 under antaganden om lägre tidsvärderingar.

Busslinje 4

Med antagna tidsvärderingar är i optimum subventionen 4,11 kr, priset 2,06 kr och turintervallet 3 minuter.

I känslighetsanalysen för busslinje 4 antar vi att tidsvärderingarna är hälften så stora som ursprungligen antaget, 27,50 kr för åktid och 82,50 kr för väntetid.

Figur 6 nedan sammanfattar resultaten för optimal subvention, optimalt pris och optimalt turintervall, med antagna tidsvärderingar och med hälften av dessa.



Figur 6. Resultat av känslighetsanalys för halva tidsvärdet.

Med halva tidsvärderingarna minskar optimal subvention med 38 procent samt ökar optimalt pris och optimalt turintervall med 22 respektive 25 procent.

Tunnelbanelinje 19

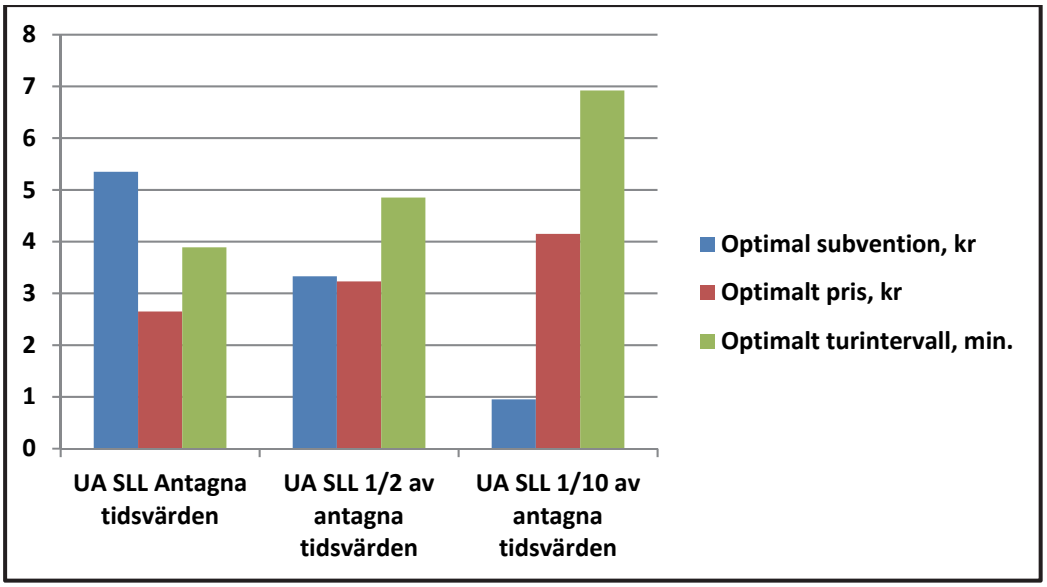
Med antagna tidsvärderingar är i optimum subventionen 5,35 kr, priset 2,65 kr och turintervallet 3,9 minuter.

För tunnelbanelinje 19 har vi gjort två alternativa antaganden om tidsvärderingar.

A) Tidsvärderingarna är hälften så stora som de antagna, 27,50 kr för åktid och 82,50 kr för väntetid.

B) Tidsvärderingarna är en tiondel av de antagna, 5,50 kr för åktid och 16,50 kr för väntetid.

Figur 7 nedan sammanfattar resultaten för optimal subvention, optimalt pris och optimalt turintervall, med antagna tidsvärderingar, och med hälften respektive en tiondel av dessa.



Figur 7. Resultat av känslighetsanalys för halva tidsvärdet och för en tiondel av tidsvärdet.

Med halva tidsvärderingarna är:

- subventionen 38 procent lägre än med antagna tidsvärden
- optimalt pris 22 procent högre än med antagna tidsvärden
- turintervallet 7 procent längre än med antagna tidsvärden.

Med en tiondel av tidsvärderingarna är:

- subventionen 82 procent lägre än med antagna tidsvärden
- optimalt pris 57 procent högre än med antagna tidsvärden
- turintervallet 78 procent längre än med antagna tidsvärden *och högre* än ursprungligen.

Känsligheten för tidsvärderingar kan eventuellt leda till ifrågasättande av de antagna tidsvärderingar som ASEK 6 rekommenderar. Kanske kunde förnyade studier av tidsvärderingar vara värda att överväga?

Skattefaktorn

Vi har för busslinje 4 gjort en känslighetsanalys under antagande om att skattefaktorn är 1,3. Under denna förutsättning blir priset tio gånger högre, turtätheten lägre och det blir ett finansiellt överskott i stället för en subvention. Även här blir det ett positivt utfall för välfärdsnivån. Att i praktiken tillämpa skattefaktorn och tillämpa det pris och den frekvens som då är optimala kräver att finansieringen via biljettpriser av finansiella skäl anses överlägset jämfört med skattefinansiering. Med finansierande prissättning är också efterfrågan på kollektivtrafik lägre med konsekvensen att biltrafiken och dess externa kostnader är högre, vilket drar ned välfärdsnivån.

Slutsatser och tolkningar

Huvudresultat

Från ekonomisk teori vet vi att samhällsnyttan kan ökas genom att subventionera kollektivtrafik, vilket också bekräftas av de numeriska beräkningarna i studien. Jämfört med utgångsläget innebär välfärdsoptimum lägre priser än i utgångsläget för samtliga studerade linjer och oftast högre frekvenser. Undantagen gäller linjer med låg efterfrågan. Speciellt tydligt blir värdet av subvention när vi jämför välfärdsutfall för optimala priser och frekvenser med de priser och frekvenser som en kommersiell operatör skulle välja. Priset är då betydligt högre och frekvensen betydligt lägre än i utgångsläget och i välfärdsoptimum.

Osäkerheter

De optimala priserna och turtätheterna är känsliga för välfärdskostnaderna för att ta in skatter och för värdet av skattekronorna i alternativ användning.

Vårt huvudscenario indikerar att lägre priser och högre turtäthet än idag för kollektivtrafik i tätorter med många resande kan vara välfärdsförbättrande. Denna slutsats är dock känslig för antaganden om finansieringskostnaden.

Att optimalt pris är lägre och att frekvensen högre jämfört med utgångsläget är en konsekvens av antagna trafikantvärderingar för beläggning (trängsel) och väntetid, hämtade från ASEK 6, och skattefaktor som antas vara 1. Resultaten är således delvis en konsekvens av dessa värderingar.

Antaganden om tidsvärderingar och skattefaktor spelar således stor roll för utfallet beträffande subventionen, pris, turintervall och storlek på välfärdsförändringen. Känslighetsanalysen visar att med lägre tidsvärderingar och/eller högre skattefaktor är optimal subvention mindre, optimalt pris högre och optimalt turintervall längre.

Att i praktiken tillämpa skattefaktorn och tillämpa det pris och den frekvens som då är optimala kräver att finansieringen via biljettpriser av finansiella skäl anses överlägset jämfört med skattefinansiering. Med finansierande prissättning är också efterfrågan på kollektivtrafik lägre med konsekvensen att biltrafiken och dess externa kostnader är högre.

Vi har tydligt sett att drift i kommersiell regi skulle ge sämre samhällsekonomiskt utfall än samhällsekonomiskt optimala priser och frekvenser. Detta resultat som är generellt giltigt, oavsett tidsvärderingar, utgör också ett bevis på att subventionering är samhällsekonomiskt lönsamt.

Finansiering och fördelning

Vi vet att välfärdsoptimum innebär lägre priser jämfört med utgångsläget. Detta ökar välfärden för alla kollektivtrafikanter. Men det uppstår ett finansiellt underskott som måste finansieras. Om underskottet finansieras med ökad inkomstskatt är förlorarna de vars skatteökning är större än den nytta de får av sänkta priser och ökad turtäthet. De som sällan eller aldrig åker kollektivt förlorar på skattehöjningen, en förlust som ökar med inkomsten. Finansieras istället förändringarna med neddragningar i andra delar av den offentliga budgeten är det svårare att generellt identifiera vinnare och förlorare, även om de individer som drar nytta av verksamheter där budgetarna minskas (till exempel i sjukvården) förlorar.

Fördelningsprofilen i optimum tenderar således att gynna låginkomsttagare medan höginkomsttagare förlorar. Detta innebär dock inte att kollektivtrafik är ett effektivt medel för omfördelning. Skatter och socialförsäkringssystemen kan vara mer träffsäkra för den uppgiften.

Trafikverkets frågor

Varför subventioneras kollektivtrafik idag?

Denna studie är en samhällsekonomisk studie av i första hand vilken grad av subventionering som kan motiveras utifrån en positiv externalitet som ofta har kallats Mohringeffekten. I likhet med flera tidigare studier finner vi att ganska hög grad av subventionering kan motiveras med detta argument. Studien gör dock inget psykologiskt, sociologiskt eller statsvetenskapligt försök att analysera varför väljare och politiker vill subventionera kollektivtrafik såsom idag sker. Vår tolkning att väljarnas och politikernas motiv för subventionering kan vara delvis andra än de samhällsekonomiska, men det är intressant att teori och praktik leder till liknande slutsatser.

Vilka samhällsekonomiska och effektivitetsbetingade motiv finns för subventionering av kollektivtrafik?

Vi har funnit ett stort antal olika motiv. Vår bedömning är dock att de väntetidsvinster som uppstår vid optimala priser och frekvenser räcker långt för att motivera subventioner och att dessa kanske till och med borde vara högre. Dessa resultat förutsätter att skattefaktor antas vara 1 och de tidsvärderingar som rekommenderas i de nationella riktlinjerna för samhällsekonomiska kalkyler i transportsektorn (ASEK) som utfärdas av Trafikverket som vi använt här.

Hur omfattande bör subventioneringen i så fall vara?

Våra resultat visar att optimala subventioner är mycket känsliga för de specifika förutsättningar som gäller för varje enskild linje. En noggrann, det vill säga en välfärdsoptimal, hushållning med skattemedel, förutsätter därför också att priser och utbud därför anpassas för varje linje. En sådan anpassning linje för linje av priser kan uppfattas som svår eller orimlig. Med ny teknik kan dock perspektiven på vad som är möjligt och bra förändras. Det kan dock inte uteslutas att det går att finna någorlunda tillämpbara schabloner för att ringa in välfärdsoptimala priser och turtätheter för grupper av linjer.

Summary

Should public transport be subsidized? – A case study of routes in Stockholm

av Kjell Jansson (KJ Samhällsekonomi), Harald Lang (KTH), Roger Pyddoke (VTI) och Chris Halldin (ÅF)

Discussion of principles

There are a number of welfare economic motives for subsidizing public transport. Most of these are due to external effects related to public transport, which commercial operators do not take into account depending on their profit maximization goals, but which should be taken into account by regional public transport authorities (RKM). The main purpose for this study is to quantify the welfare gain for public transport users through the positive external effect if price and frequency are optimized with regard to waiting times and crowding in public transport vehicles. The first effect, often called the Mohring effect, consists of shorter waiting times for existing public transport users. It arises if demand increases, which causes increased frequencies (frequency), which results in shorter waiting times. An optimization of price and frequency gives large welfare gains both in comparison to the current situation and a hypothetical public transport supplied by private operators, as shown by the numerical calculations made here.

In addition to this motive, there are also other motives that can play a part in welfare economic optimal subsidization. One such motive is that car traffic causes congestion, air pollution and noise. If motorists do not pay for these costs through taxes or fees, because the policy does not use these instruments, this can imply an argument for subsidizing public transport. A second motive is the so-called option value that subsidization also benefits those who do not use public transport so often, because they have the possibility to use public transport on the day the car or bike is not working or the weather is bad. A third motive relates to positive effects on the labor market through the fact that subsidized public transport can lead to increased employment and better matching.

These three motives are further developed in the main text. Possibly they could justify additional subsidization, but as they are generally difficult to quantify, there is therefore no empirical basis for modifying the optima that our main motive gives.

In addition, there may be distributional policy motives, which imply that public transport should be subsidized because it benefits certain groups, such as low-income earners. However, calculating optimal prices and frequencies in consideration of distributional goals also requires that there are well-defined goals for redistribution between different groups. Such goals vary with political preferences, why these can alternate between elections, both at municipal and national level. We therefore regard distributional goals as a highly political issue. In principle however, economists could analyze effects for different assumptions about distributional goals, which we do not do in this work.

Regarding our main purpose, to calculate optimal prices and frequencies taking into account the positive external impact of public transport users, the optimal subsidy is shown to be equal to the public transport passengers marginal valuation of waiting time. The report shows that there are two ways to express optimal price.

- Optimal price is equal to the marginal cost in the form of crowding caused by an additional passenger
- Optimal price is equal to average operating cost per passenger minus waiting time cost, calculated as the marginal cost, i.e. the variable operating cost per passenger minus the optimal subsidy.

The consequence of this is that the optimal price gives revenues below the variable operating costs, which means that these costs needs to be subsidized. In addition, of course, subsidization of fixed costs is required, but this is not analyzed in this work.

The reason that the optimal prices are below the variable operating costs per passenger is the aforementioned positive externality, that is, more passengers allow for higher frequency, which also benefits existing passengers through reduced waiting times. This demand increase is due to the fact that the optimal price is lower than the commercially optimal. This positive externality is often called the Mohring effect, after Mohring (1972). Profit maximizing operators do not take this into account. They only take into account that a lower price results in increased demand and thus higher revenues, but these come from additional passengers; waiting time gains for existing passengers do not affect commercial operator's revenue. Profit maximizing operators therefore choose a price that covers the variable costs, thus exceeding the optimal levels and choose a frequency below the optimal frequency.

Subsidization of public transport is common in all industrialized countries, but to a very varied degree. The level of subsidization is often between 20 and 70 percent. It is noted that decisions on supply, prices and budgets (and thus indirectly on subsidization) for public transport are taken by policy makers, often unaware of the size of the welfare economic impacts mentioned above. Below are shown the subsidization shares for the different counties in Sweden (Figure 1) with data from the Swedish government agency Transport Analysis' public transport statistics. Thus, at county level, the degree of subsidy varies between 44 and 80 percent.

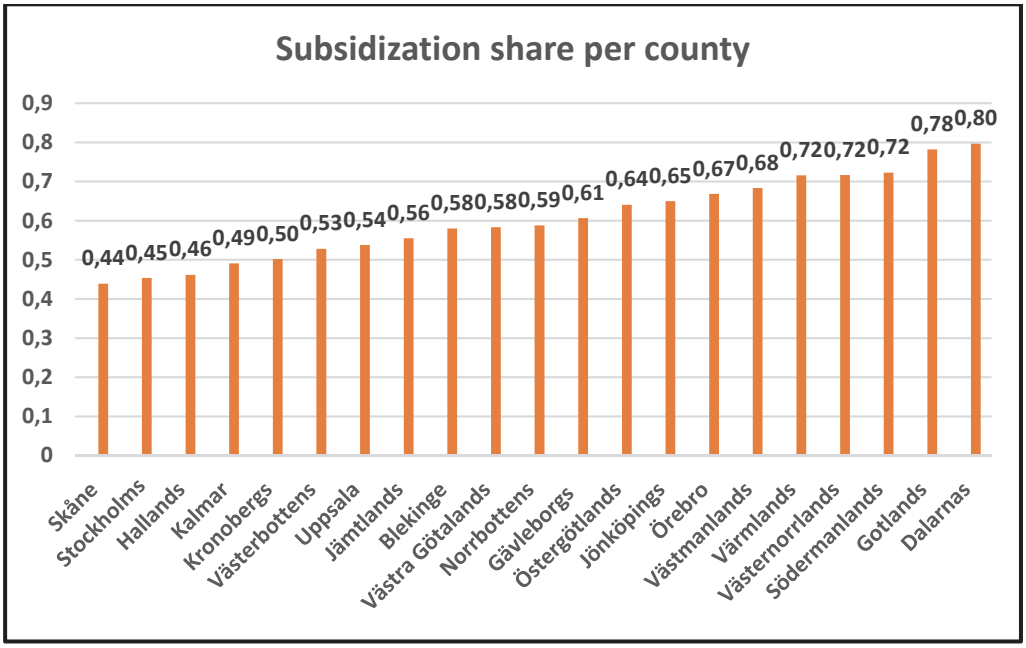


Figure 1. Subsidization share of total costs for Sweden's counties 2016. Source: Trafikanalys.

Numerical calculations

In this study, an optimization model for public transport developed specifically for this project has been combined with the VIPS-simulation model. The numerical calculations are made for seven different routes in local and regional public transport as planned by the Stockholm County Transport Administration (SLL).

VIPS is first used to calculate the total number of boarding passengers, the degree of occupancy in vehicles on each respective route and generalized cost for what we call the starting position (SP) for

each respective route. Then the optimization model is used to calculate the welfare optimum, i.e. optimal price and frequency for what we call the examined scenario (ES). Thereafter, the differences between ES and SP with VIPS are evaluated.

The conditions vary between these routes depending on the type of public transport in different areas during different periods of time. The welfare economic optima analyzed for Stockholm County can thus, in principle, be regarded as relevant also for other regional public transport authorities, although population density and demand can vary between routes, thus affecting optimal prices and frequencies.

We assume that a welfare optimum is a goal for both SLL and other regional public transport authorities (RKM).

In this report's main scenario, we have applied a marginal cost of public funds equal to 1, as we interpreted the Swedish national cost-benefit guidelines for the transport sector (ASEK 6) so that a higher marginal cost of public funds applies only to investments. However, we have made a sensitivity calculation with the marginal cost of public funds equal to 1.3. These calculations indicate that optimal results are very sensitive to the marginal cost of public funds. With higher costs for tax financing, optimal prices will be higher and optimal frequencies will be lower.

We consider the demand during peak hours, primarily with the highest occupancy hour, the maximum hour, where all routes are assumed to have a common price. Specifically, for each line, we have assumed such demand levels that correspond to realistic occupancy rates. All inputs and all estimated outcomes are valid for one hour's operation.

In addition, our calculations of the the outcomes for welfare optimum for each route, that is, for optimal price, optimal frequencies and optimal demand, we also calculate outcomes assuming that the route is operated by a commercial operator believed to be seeking a profit of some percent. The outcome for a commercial operator in relation to welfare optimum means higher price, lower frequency and lower demand, which in practice is hardly realistic because the losses of the passengrs would be high and car traffic would increase. In addition, a commercial operator must also cover fixed costs, which makes commercial operations even more unrealistic.

We have thus calculated an ES first on the assumption that SLL strives for welfare optimum, called "ES SLL", secondly on the assumption that the operation is managed by a commercial operator, known as "ES COM".

The welfare economic optimum for the studied routes consistently means lower prices than at the starting position and for most of the cases a higher frequency. This is largely explained by the fact that the share travel time costs of total travel costs on average are significantly larger than the share of the price for passengers, with the valuations of travel time and the waiting time that have been applied. We have done sensitivity analysis for two routes, which show that lower time valuations give lower optimal speeds and higher optimal prices.

Results

For the local and regional public transport routes that we study here, we will see that the optimal subsidy with our main motive for subsidization can be more than twice as high as the optimal price. The optimal subsidy for long-distance public transport as a share of optimal price is considerably lower. Long-distance public transport is treated here only by a simple calculation example for comparison purposes.

An important observation is that the optimal prices and frequencies are sensitive both to the marginal costs of public funds (alternatively for their alternative use value) and also for assumptions on travel time valuations.

Another important observation for the results is that the welfare economic optimization of prices and frequencies in our main scenario – with marginal costs of public funds equal to one - mostly means

lower prices and higher frequencies than in the starting position provided by SLL. Consequently, costs increase while revenue decreases, leading to higher loads on public budgets and higher subsidy shares. Commercial public transport would mean prices above those in the starting position and therefore above the optimal and frequencies below those in the starting position and thus under the optimal and thus lead to lower welfare levels than in the starting position!

In the following we compare frequency, price, the number of trips and subsidy shares, in the starting position with the welfare optimal outcomes. Note that the estimated subsidy per trip in the starting position is based on average operating cost per trip minus the price in the starting position.

The degree of subsidization when moving from the starting position to optimum increases for all lines but to different degrees. On average, it increases from 26 to 71 percent. If we exempt bus route 4, which gives a financial surplus in the starting position due to high demand, the subsidy rate will be 42 percent in the starting position and 78 percent in optimum. The fact that the optimal prices are relatively low is due to that the marginal crowding cost for one additional passenger is low for most routes.

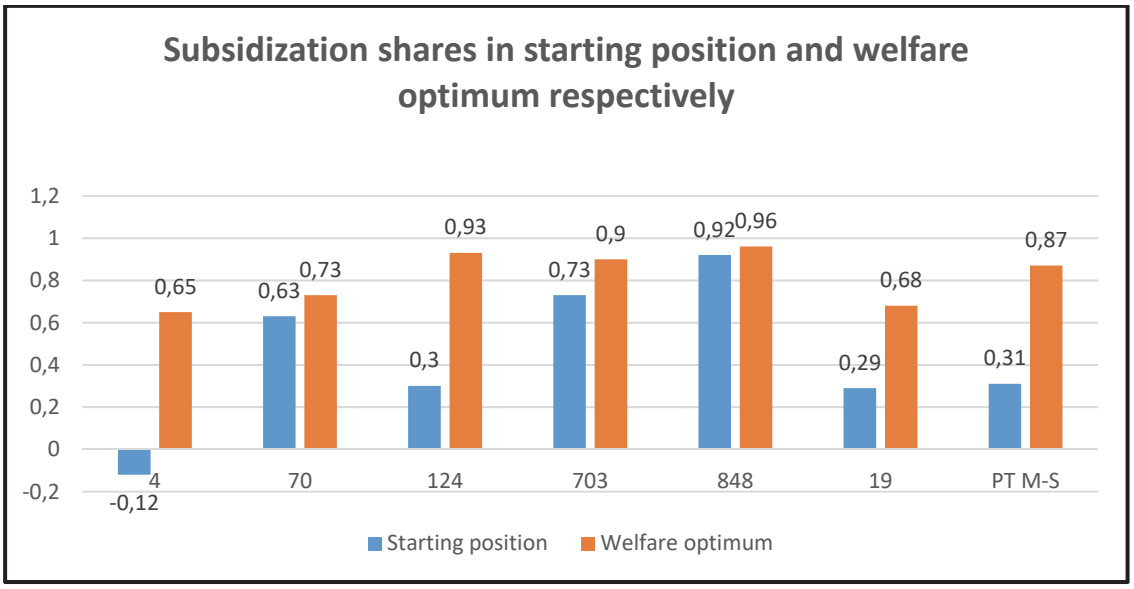


Figure 2. Subsidization rates in starting position and in welfare optimum for the different routes.

Figure 2 shows that welfare optimal prices and frequencies lead to increased subsidy rates. For some lines, the level of subsidy increases only moderately, while for others it increases sharply. Going from the starting position to a welfare optimum for most lines means higher frequency than in the starting position. Only for the routes with low demand, namely 70 and 848 is the optimum frequency lower. (Figure 3).

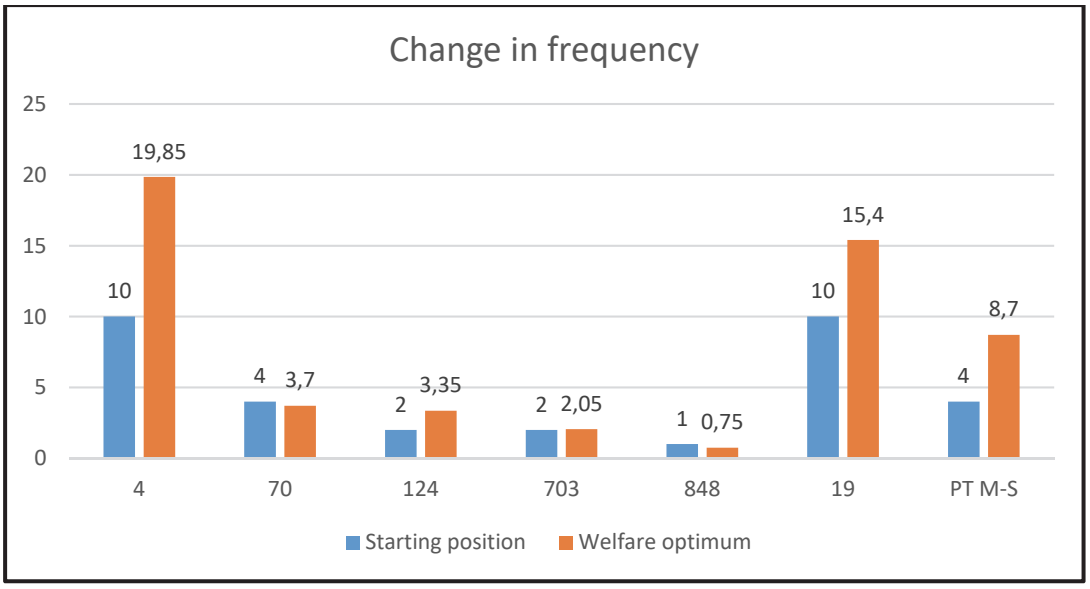


Figure 3. Change in frequency (departures per hour) from starting position to welfare optimum.

Figure 4 shows that the optimal prices for all lines are lower than those assumed for the starting point, 4 kr per trip.

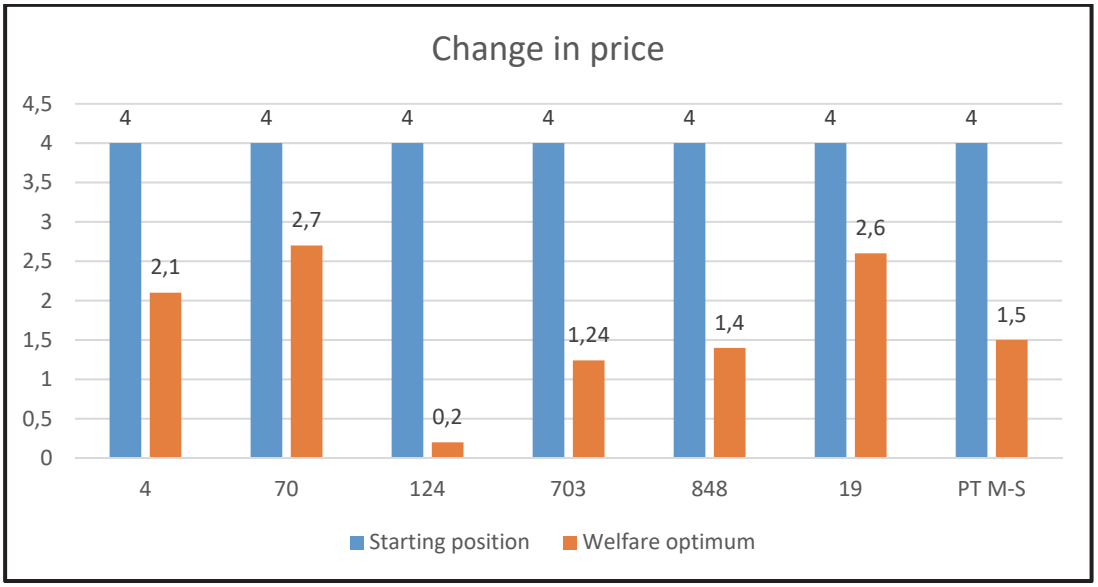


Figure 4. Change in price, in SEK, from starting position to welfare optimum.

The optimal prices are low because the marginal congestion costs are low.

As the number of boardings per hour per route in peak traffic differs significantly between the different routes, we report these numbers in table form (Table 1).

Tabell 1. Average number of boardings in the maximum hour in peak traffic.

Number of boardings per departure							
Route	4*	70	124	703	848	19*	PT M-S*
Starting position	4 577	218	85	109	73	21 311	21 123

* Routes where the number passengers is larger than the number of seats on certain sections.

The relative change in the number of boardings from starting position to welfare optimum is shown in Figure 5.

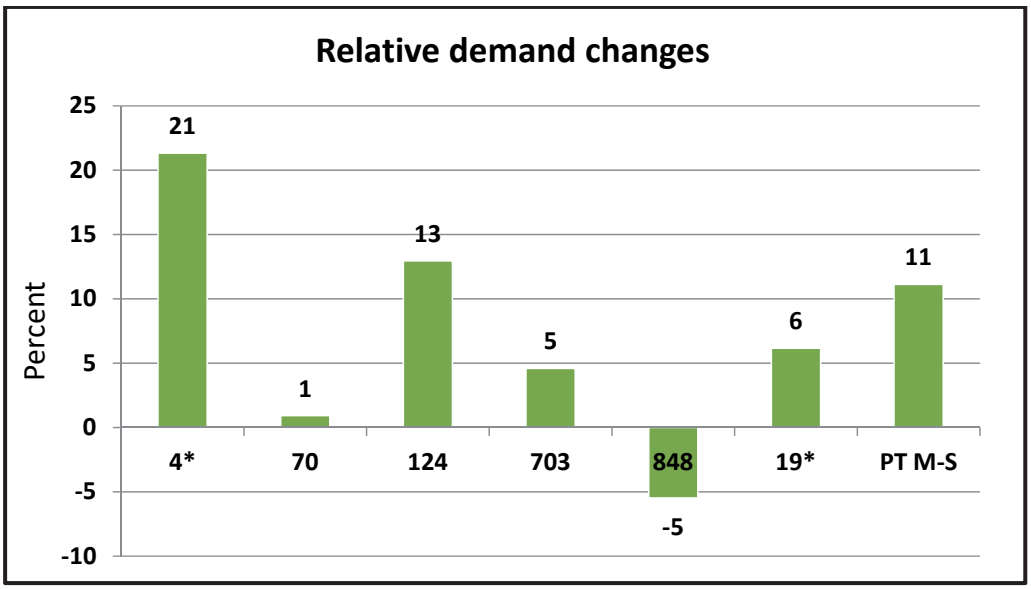


Figure 5. Relative demand chanes for each route in percent.

Note that the largest relative demand increases between the initial position and optimum occur for bus route 4, bus route 124, the commuter train line and subway line 19, all of which get increased frequencies while only bus route 848 gets reduced demand compared to the starting position, due to reduced frequency. The reason is, of course, that the frequencies greatly affect demand.

Overall, the present analysis indicates that consideration of travel time gains may in many cases mean lower prices, higher rates of travel, and thus higher levels of subsidy than today's supply. However, the results vary widely from route to route, and therefore we can not give a rule of thumb on how much a single route or public transport authority should be subsidized.

Lower demand

The results will of course be different if the demand was different. For bus route 4 and for the subway line 19 we have calculated optimal outcomes if demand was lower. For example, we can think of this as demand during peak hours but outside the maximum hour. The optimal price for both routes is much lower at lower demand, which is because the occupation rate is lower and thus congestion. The optimal frequencies are also lower. All in all, this leads to lower subsidy shares for both routes.

1. Inledning

I Trafikverkets ”Trafikslagsövergripande plan för utveckling av metoder, modeller och verktyg – för analys av samhällsekonomi, järnvägskapacitet, effektsamband och statistik samt för trafik- och transportprognoser” (Publikationsnummer: 2016:052) föreslås i avsnitt 9.5 en projektidé om ”Subventionerad kollektivtrafik och ”non-user values”.”

Trafikverket menar här att de viktiga frågor som bör besvaras är ”Varför subventioneras kollektivtrafik idag? Vilka samhällsekonomiska och effektivitetsbetingade motiv finns för subventionering av kollektivtrafik? Hur omfattande bör subventioneringen i så fall vara?”

Trafikverket önskar på kort sikt en ”Kartläggning av vilken trafik som subventioneras och med hur stora belopp, samt motiven för denna subventionering.” I avsnitt 2 görs en sådan kartläggning för Sverige och ett urval andra länder. Vi belyser och diskuterar flera olika motiv för subventionering, varav de flesta utan kvantitativa bedömningar.

Detta projekt syftar till att analysera hur välfärdsoptimala priser, frekvenser (turtätheter) och därmed optimala subventioner ser ut för kollektivtrafik. Det visas här att subventioner i hög grad kan motiveras av en positiv extern effekt, den s.k. Mohringeffekten.

Den teoretiska litteraturen på området prissättning och subventionering av kollektivtrafik är omfattande. Pionjärverket är Mohring (1972), som gav upphov till begreppet ”Mohring-effekten”. Exempel på andra bidrag är Turvey och Mohring (1975), Panzar (1979), Jansson, J.O. (1979, 1980), Larsen (1983), Else (1985) och Jansson, K. (1993). Mohringeffekten ifrågasattes av van Reeven (2008) men Reevens argument kan betraktas som vederlagt av bland andra Basso och Jara-Diaz (2010).

För Sverige har WSP (2008) publicerat rapporten ”När bör kollektivtrafik subventioneras?” Den innehåller principiella diskussioner och två svenska fallstudier, en för mer långväga transporter och en för pendeltåg i Stockholm. Tre sena studier av Sverige är Börjesson et al. (2017) som studerar trafiken i en korridor i Nacka, Börjesson et al. (2017b), som analyserar resande med busslinje 4 i Stockholm och dess interaktion med andra färdmedel samt Asplund och Pyddoke (2017) som studerar kollektivtrafiken i Uppsala innerstad.

Tabell 2. Förändringar av pris och frekvens Börjessons et al. (2017b).

	Pris, korta resor	Frekvens 4:an	Totalt antal bussresor per dag med 4 tusental	Välfärdsökning per dag jämfört med utgångs-läget tusen kr	Biltullar, korta resor	Biltullar, långa resor
Utgångsläge	20	12	38,8	0	18	18
Bara frekvens	20	17	41,1	8,2	18	18
Priser, frekvenser. och hållplatser.	12	18	45,9	19	9	38

Den studie som ligger närmast vår studie är Börjesson et al. (2017b) som också analyserar linje 4 i Stockholm. I studien beräknas flera olika optima, bl.a. enbart optimering av frekvens men också en sammantagen optimering av priser, trängselskatter och cykelträngselskatter, antal hållplatser och frekvenser. Dessa jämförs i Tabell 2 med utgångsläget.

Notera särskilt följande. De stora frekvensökningarna från utgångsläge till optimum hänger samman med hög värdering av trängsel i bussarna. Priset på bussresor minskar ganska kraftigt också. Den likaledes höga ökningen för långa bilresor indikerar att det finns välfärdsvinster att hämta av minskad biltrafik på gatorna där 4:an rullar.

Jämfört med våra resultat finner Börjessons et al. (2017b) att optimala pris för korta resor är 12 kronor, betydligt högre än vårt optimum på 2 kronor. Tänkbara förklaringar är att Börjessons et al. antar högre efterfrågan och högre marginella trängselkostnader samt att vår modell inte beaktar trängsel på gatorna. Emellertid, om det är otillräcklig prissättning av biltrafik borde snarare denna negativa externa effekt medföra lägre optimalt pris på kollektivtrafik, inte högre, men vi har inte grävt djupare i denna frågeställning. Börjessons et al. (2017b) optimala frekvens i välfärdsoptimum är 18 per timme (nära vårt 20).

Föreliggande rapport innehåller både en principiell analys och numeriska beräkningar av optimala subventioner med beaktande av trängsel i fordon och väntetider på linjenivå. Optimum för priser och subventioner blir olika beroende på efterfrågevariationer i tid och rum, finansieringskostnad, tidsvärderingar (vänte- och trängseltid). I detta arbete ligger fokus på optima för lokal och regional kollektivtrafik för vilka förutsättningar och efterfrågan varierar kraftigt beroende befolkningstäthet, tidsperiod och på slag av kollektivtrafik. De kollektivtrafiklinjer som valts kommer alla från Stockholms län. Stockholms län har valts för att vi har tillgång till kodat linjenät med beläggningsmönster mellan hållplatser. För de numeriska beräkningarna har linjerna valts för att representera såväl innerstadslinjer i storstäder med hög efterfrågan som busslinjer i förorter och i landsbygd med relativt låg efterfrågan. De optimeringsmetoder som används är generellt användbara. De kan dock förväntas ge olika resultat beroende på lokala efterfrågenivåer, tidsvärderingar och driftskostnader.

För de numeriska beräkningarna tillämpas en i detta projekt utvecklad optimeringsmodell och en simuleringsmodell i kombination. Optimeringsmodellen ger i de flesta fall högre turtäthet än i utgångsläget. Detta förklaras till stor del av att tidskostnaden i genomsnitt är betydligt större än priskostnaden för de värderingar av åktid och väntetid som har tillämpats. Hög värdering av väntetid gör att trafikanterna vinner på kortare väntetider, dvs. högre turtäthet. Om vi hade tillämpat lägre tidsvärderingar hade optimeringsmodellen gett lägre turtätheter. De höga frekvenser som optimeringarna stipulerar är i vissa fall inte praktiskt realistiska, åtminstone inte för tunnelbana och pendeltåg. Men resultaten är således en konsekvens av tillämpade tidsvärderingar. Vi har också gjort några känslighetsanalyser som visar effekterna av lägre tidsvärderingar.

Rapporten är disponerad på följande sätt. I avsnitt 2 diskuteras olika argument för subventionering av kollektivtrafik. I avsnitt 3 ges en översiktlig beskrivning av subventioner och subventionsgrader. I avsnitt 4 diskuteras samhällsekonomiskt optimal prissättning av kollektivtrafik samt finansiering och fördelningseffekter. Avsnitt 5 innehåller förutsättningar för de numeriska beräkningarna och avsnitt 6 parametrar för dessa. Avsnitt 7 innehåller resultaten av de numeriska beräkningarna och avsnitt 8 känslighetsanalyser. Slutsatser återfinns i avsnitt 9. Bilaga 1 beskriver den tillämpade optimeringsmodellen och Bilaga 2 något om parametrarna i denna. Bilaga 3 innehåller en ytterligare diskussion om optimal prissättning av kollektivtrafik.

2. Olika argument för subventionering av kollektivtrafik

Här diskuteras kortfattat fyra motiv för subventionering av kollektivtrafik. De tre första har att göra med olika slag av s.k. effektivitetsskäl. Det sista handlar om fördelningsskäl, att politiska beslutsfattare kan vilja gynna en viss grupp. Det första skälet, samhällsekonomisk effektivitet med beaktande av marginell trängselkostnad och väntetidens betydelse, är huvudmotivet i denna rapport, vilket diskuteras något i avsnitt 4 men vilket framför allt analyseras i detalj i Bilaga 1.

2.1. Samhällsekonomisk effektivitet

Med samhällsekonomisk effektivitet menar vi här enbart den effektivitet som uppnås genom optimering av priser och frekvenser, med hänsyn till effekterna på väntetider och trängsel i kollektivtrafikfordon, utan hänsyn till övriga externa effekter som kan föranleda justering av optimum. Kort diskuteras också en negativ extern effekt förorsakad av biltrafik. Här introduceras endast frågeställningarna med några argument och motargument.

2.1.1. Kollektivtrafikens positiva externa effekter

En vinstmaximerande kollektivtrafikoperatör beaktar den intäkt och därmed den vinst som ökad turtäthet eller förändrat pris kan generera. Men därtill finns en ytterligare samhällsekonomisk vinst i form av kortare väntetider som redan existerande trafikanter får genom den ökade turtätheten, en effekt som således är extern från det vinstmaximerande företagets synpunkt, men som är reell från samhällsekonomisk synpunkt. Denna positiva externalitet kallas ofta ”Mohringeffekten” (se Mohring, 1972).

Denna positiva externa effekt är av de allra flesta ekonomer accepterad och ses som en självklarhet. Men det har funnits några undantag, exempelvis van Reeven (2008),”Mohring (1972) argues that urban public transport exhibits considerable economies of scale if users' waiting time is included in the cost function. The implication is that without subsidisation, frequencies will be lower than socially optimal. This paper analyses this argument and shows that economies of scale do not constitute a justification for general subsidisation of urban public transport. If an operator is allowed to take the demand effect of their pricing and frequency decisions into account, then the profit-maximising frequency is shown to be at least as high as the welfare-maximising frequency.”

Basso och Jara-Díaz (2010) har formulerat följande motargument ”In this journal, van Reeven (2008) develops a model aimed at showing that scale economies on users’ time costs would not provide a justification for public transport subsidies. He claims that a profit-maximising operator allowed to take the demand effects of its pricing into account would offer a frequency f^{π} at least as high as a welfare-maximising one f^{*}, and with no welfare losses. We show that his result depends crucially on a strong assumption of demand. Introducing a slight modification to make it more realistic, we show: (i) $f^{*} > f^{\pi}$, (ii) welfare losses emerge under profit-maximisation, (iii) subsidies are required for first-best operation. Thus, the Mohring effect is a valid argument for subsidisation.”

Parry och Small (2009) drar i korthet följande slutsats: ”Our analysis suggests that today’s substantial operating subsidies for transit systems are warranted on efficiency grounds, at least for the three major metropolitan areas studied.”

Jansson, Lang och Mattson (2008) skriver: ”To conclude: The profit maximiser has too few passengers and too low frequency from a welfare point of view.”

Proost och Van Dender (2008) skriver ”Calculations of optimal urban transport prices for Brussels and London show that taking account of economies of density in public transport and of tax revenue premiums increases the welfare gains. Congestion costs and shadow values of transport tax revenues dominate the optimal price structure. The market share of public transport modes is much higher in the optimised

equilibrium than it is in the reference case.” Såvitt vi vet har ingen återkommit med van Reevens argument eller något annat argument mot Mohringeffekten.

Vi nöjer oss med dessa argument och förutsätter på goda grunder att den positiva externa effekten existerar och är relevant, vilken kortfattat diskuteras i avsnitt 4 och analyseras utförligt i Bilaga 1.

2.1.2. Biltrafikens negativa externa effekter

Biltrafik medför kostnader i form av trängsel och negativa effekter, t.ex. olyckor, luftföroreningar och buller. Idag betalar bilister i tätorter mindre än vad som motsvarar dessa externa kostnader och följaktligen blir biltrafiken mer omfattande än vad som är optimalt. Det samhällsekonomiskt mest effektiva sättet att komma till rätta med detta är att prissätta de negativa effekterna direkt. Detta kallas ibland för det första bästa alternativet (first best på engelska). När bilister betalar för dessa externa kostnader, delvis eller fullt ut, minskar respektive bortfaller just detta argument för subventionering. Om politiska beslutsfattare väljer att inte låta bilisterna betala för dessa kostnader genom skatter eller avgifter kan subventionering av kollektivtrafik vara ett sätt att minska biltrafiken och dess negativa effekter. Detta kallas ibland för en näst bästa politik (second best på engelska). Den kallas näst bäst eftersom den kostar mer i välfärdstermer än det bästa alternativet. Hur stor positiv välfärdseffekt som uppnås genom subventionering av detta skäl beror på bilisters känslighet för priset på kollektivtrafik. Om känsligheten är låg är den positiva effekten av subventionering liten.

2.2. Optionsvärde

Detta värde och dess storleksordning har ofta diskuterats. I Trafikverkets utvecklingsplan uttrycks detta som ”Att det finns en grundläggande samhällsservice i form av lokal busstrafik i och mellan tätorter kan vara bra även för bilister som normalt sett aldrig åker kollektivt (så kallat non-user-value).” Exempelvis innebär subventionerad kollektivtrafik ett värdefullt alternativ den dag bilen eller cykeln inte fungerar eller om vädret är dåligt.

Bondemark och Johansson (2017) innehåller en utmärkt översikt över litteratur och argument på området och många referenser. Argumentet för optionsvärde beskrivs på följande sätt:

”Anta en individ som är osäker när och hur mycket hon kommer att använda en vara eller tjänst i framtiden, säg kollektivtrafik. Anta också att hon är osäker på om kollektivtrafiken kommer att finnas tillgänglig i framtiden om hon skulle bestämma sig för att använda den. Mot bakgrund av detta är det rimligt att tänka sig att hon har en betalningsvilja för att kvarhålla möjligheten att använda kollektivtrafiken, oberoende av huruvida hon faktiskt kommer att göra det eller ej. Denna betalningsvilja är optionspriset.

Optionsvärdet är alltså skillnaden mellan optionspriset och det förväntade konsumentöverskottet (som tillfaller individen om varan eller tjänsten faktiskt används). Annorlunda uttryckt, finns det en osäkerhet om framtida användning kan människor vara beredda att betala en premie för att hålla flera alternativ tillgängliga.”

Bondemark och Johansson (2017) sammanfattar bl.a. elva studier av optionsvärden i kollektivtrafik. De konstaterar att ”studierna inte svarar på hur stora optionsvärdena är”. Däremot kan man dra slutsatser om faktorer som påverkar optionsvärdena t.ex. ”att optionsvärdet till stor del beror på hur riskerna att vissa färdmedel eller destinationer antingen ska vara otillgängliga eller inte efterfrågas är korrelerade.”

Ett optionsvärde för kollektivtrafik finns även utan subventionering, och en subvention skulle kunna öka detta värde och kunna utgöra ett argument för ytterligare subvention. Vi har dock ingen grund för att kvantifiera dessa effekter.

2.3. Arbetsmarknadseffekter

Ökad tillgänglighet, t.ex. genom förbättrad kollektivtrafik, exempelvis sänkt pris, kan dessutom ha positiva effekter på sysselsättning. Det kan ske genom ökad sysselsättning och genom bättre matchning på

arbetsmarknaden, Isacsson m.fl. (2015), Börjesson m.fl. (2013). Dessa effekter har vi ingen grund till att kvantifiera i detta arbete. Man bör också vara medveten om risken för dubbelräkning när sådana effekter beaktas eftersom en stor del av dessa är beaktade redan av den ordinarie samhällsekonomiska analysen där förbättringar har kvantifierats genom beräkning av minskade generaliserade kostnader.

2.4. Fördelningspolitik

Det förekommer fördelningspolitiska argument för att subventionera kollektivtrafik. Exempel på sådana är att arbetslösa ska kunna resa med kollektivtrafik för att söka arbete och påbörja en anställning. Andra exempel är att barn ska kunna ta sig till skolan och funktionshindrade ska kunna använda kollektivtrafik även om de inte skulle kunna betala.

Den vanligaste formen av fördelningsanalys är att man jämför ett utbud (som kan bestå av en kombination av priser och turtätheter) med ett annat utbud med avseende på hur exempelvis olika gruppers välfärd eller efterfrågan förändras. Ett exempel kan vara att man jämför en avståndsbaserat pris för kollektivtrafikresor med ett enhetspris inom länet, dvs. att priset är detsamma oavsett hur långt man åker. Då kan man exempelvis vilja jämföra hur olika inkomstgrupper påverkas av en sådan prisförändring. Hur olika inkomstgruppers välfärd (konsumentöverskott) påverkas av denna förändring beror bl.a. på deras priskänslighet.

Parry och Small (2009) för följande resonemang: ”We have also ignored distributional considerations. Such concerns might raise the optimal subsidy for high-density bus service, which is heavily patronized by lower-income people, and lower it for rail service, which typically benefits wealthier riders and owners of land near transit stations. Quantifying these additional adjustments is contentious, as it brings in value judgments about appropriate distributional weights and it requires the analyst to trace the shifting of costs and benefits through related markets such as that for urban land. Making such adjustments also runs counter to the common view that distributional concerns are most efficiently addressed through the broader tax and benefit system.”

Asensio, Matas och Raymond (2003) analyserar omfördelningseffekter av subventioner: ”This paper analyses the redistributive effects generated by the subsidization of urban public transport services. We estimate a two-stage model that takes into account both car ownership decisions and expenditure in urban public transport. In this way, we are able to measure the long run effects of income changes. Under the assumption that the user is the final beneficiary of the subsidies, and computing the share of the fare that is subsidized, we measure the progressiveness of the subsidies for different income groups and city sizes. Urban public transport subsidies are shown to be progressive. In larger urban areas this effect is considerably more important than in small ones.”

En fråga är om det är möjligt att kvantifiera välfärdsvinsten av fördelningseffekter. En åtminstone teoretisk möjlighet är att tillämpa en så kallad välfärdsfunktion. Detta kräver att man ger olika vikt för välfärdseffekter, exempelvis att välfärdseffekten är omvänt proportionell mot inkomstnivån. Naturligtvis finns det mängder av välfärdsfunktioner. Varje politiker kan ju ha sin egen välfärdsfunktion.

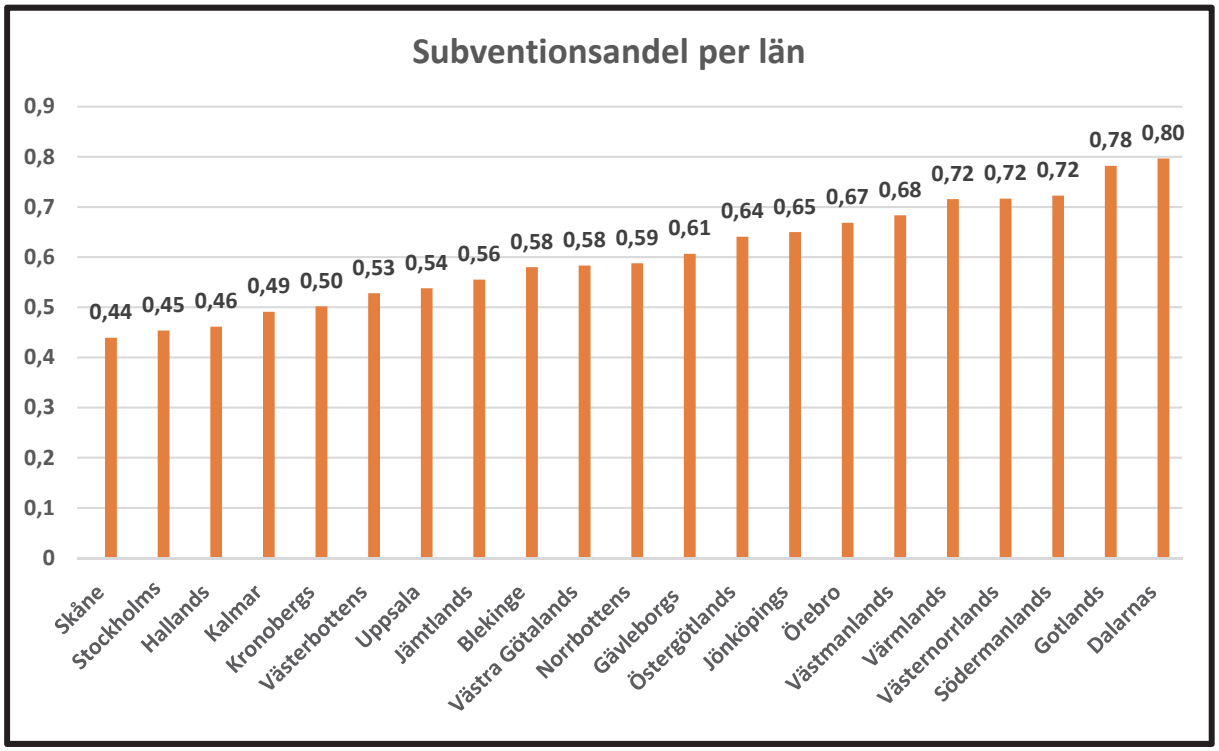
En beräkning av optimala priser och frekvenser i beaktande av fördelningsönskemål förutsätter dock att det finns väl specificerade önskemål om fördelning mellan olika grupper. Sådana önskemål varierar med politisk uppfattning varför dessa kan skifta mellan varje val såväl på kommunal nivå som på riksnivå. I princip skulle samhällsekonomer kunna analysera effekter för olika antaganden om fördelningsmål, vilket vi inte gör i detta arbete.

De fördelningspolitiska konsekvenserna av optimal prissättning och av finansieringsalternativ diskuteras kortfattat ytterligare i avsnitt 4.3.

3. Översikt av subventionsandelar

Det kan förväntas att den samhällsekonomiska vinsten av att subventionera kollektivtrafik kan variera mycket mellan olika linjer och olika områden. I storstädernas inre delar är förutsättningarna för att kunna tillhandahålla kollektivtrafik annorlunda än i förorterna eller i småstäder vilka i sin tur skiljer sig från landsbygden.

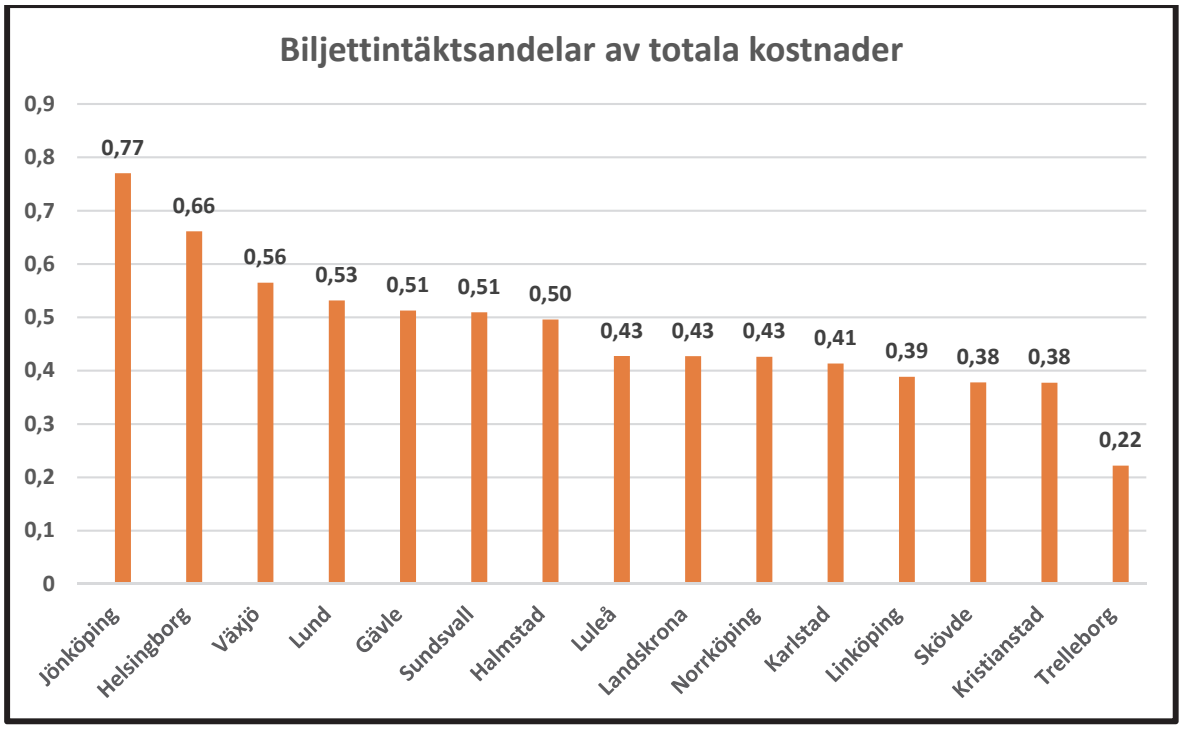
För denna studie har vi gjort tre figurer som visar spridningen i subventionsandelar i Sverige. I Figur 9 visar vi spridningen i subventionsandelar mellan Sveriges regionala kollektivtrafikmyndigheter. Detta definieras som summan av posterna bidrag från kommun, landsting och stat som andel av totala kostnader, hämtat från tabell 1b i Trafikanalys Regional linjetrafik 2016.



Figur 9. Subventionsandel av totala kostnader för Sveriges län 2016. Källa: Trafikanalys.

Det framgår att spridningen är stor. Skåne har en subventionsandel på 44 procent medan Dalarna ligger på 80 procent.

Denna spridning döljer dessutom det faktum att spridningen mellan olika städer/tätorter och mellan olika linjer kan vara stor. Vi redovisar därför spridningen i biljettintäktsandelar för ett antal städer i Sverige i Figur 10. För dessa städer saknas uppgifter om subventionsandelar. Dessa kan dock tänkas vara omvänt proportionella mot biljettintäktsandelarna.

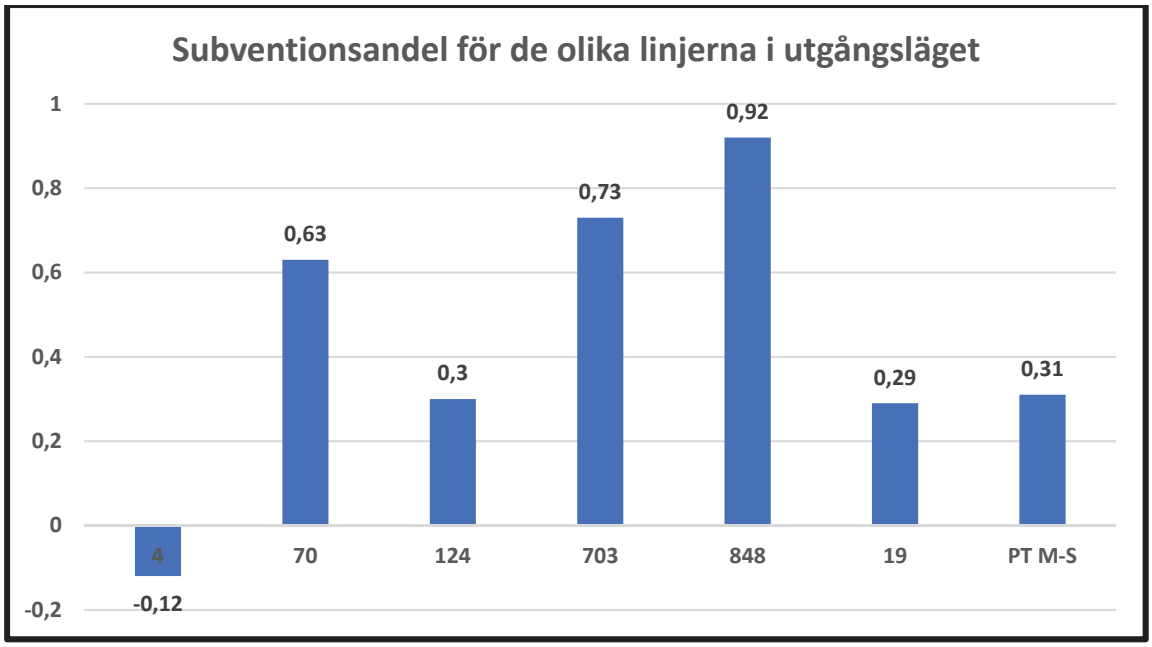


Figur 10. Biljettintäktsandelen av totala kostnader för några svenska städer 2011. Källa: Svensk Kollektivtrafik

Det är slående att olika städer i Skåne har mycket olika kostnadstäckning med biljettintäkter Helsingborg har 66 procent medan Trelleborg har 22 procent.

Här dras ingen slutsats om i vilken utsträckning dessa skillnader motiveras av något annat än lokala politiska önskemål. Den viktiga iakttagelsen är att även inom ett län kan subventionsandelen variera kraftigt.

Slutligen vill vi ge de initiala beräknade subventionsandelarna för de kollektivtrafiklinjer i Stockholms län som studeras i detta arbete. Det rör sig om SLL:s busslinjer 4, 70, 124, 703 och 848, samt tunnelbanelinje 19 och pendeltågslinjen Södertälje–Märsta.



Figur 11. Subventionsandelen för de olika linjerna i utgångsläget.

Tabell 3. Nyckeltal för europeiska städer.

Country	Breakdown of Revenue Sources for Entire Urban Transport System (i.e. all modes)					
	Number of Cities*	Average Percentage Revenue from Fare Box	Number of Cities*	Average Percentage Revenue from Other Commercial Sources	Number of Cities*	Average Percentage Revenue from Subsidies or Grants
Austria	3	62	2	9	3	32
Belgium	3	37	2	4	3	61
Croatia	1	48	1	32	1	23
Czech	3	31	2	6	3	65
Denmark	1	63	1	1	1	36
Finland	1	48	1	1	1	51
France	7	50	6	6	7	44
Germany	21	43	15	10	21	47
Greece	1	34	1	44	1	22
Hungary	1	40	1	5	1	28
Italy	4	26	4	4	4	70
Netherlands	2	31	1	4	2	67
Norway	1	63	1	7	1	30
Poland	4	56	0		4	47
Portugal	2	64	1	3	2	20
Romania	2	37	2	4	2	59
Sweden	1	43	1	5	1	52
Switzerland	4	52	4	11	3	35
Yugoslavia	1	52	1	7	1	41

Källa: Reynolds-Feighan, Durkan och Durkan (2000) vilka refererar Jane's Urban Transport Systems. De genomsnittliga procenttalen är ovägda medeltal för det antal städer som anges (dvs. Ej vägda för exempelvis antal påstigande eller busskilometer).

*Not: Alla städer har inte rapporterat alla data. De tre österrikiska städerna har exempelvis rapporterade intäkterna nedbrutna för biljettintäkter och skattefinansiering, men inte andra kommersiella källor (t.ex. reklamintäkter).

Vi har även sökt uppgifter som subventionsandelar i europeiska länder. I Tabell 3 redovisas subventions- och biljettintäktsandelar för ett urval länder och städer i Europa från Reynolds-Feighan, Durkan och Durkan (2000). Data avser troligtvis åren före 2000.

Att lokal och regional kollektivtrafik subventioneras i första hand med skattemedel är mer regel än undantag i de flesta industrialiserade länder. Som framgår av Tabell 3 ligger de i storleksordningen 20–70 procent. Storbritannien utgör ett undantag. Sedan den omfattande avregleringen utanför London 1986 ligger numera subventionsgraden på omkring 45 procent enligt Butcher (2013).

Det finns också enstaka städer som subventionerar kollektivtrafiken till 100 procent, dvs. erbjuder ”gratis” kollektivtrafik för resenärerna.

Tidskriften ETC (2016) skriver: ”Paris har stora problem med luftföroreningar. I ett försök att minska koldioxidutsläppen och förbättra levnadsmiljön i staden har kollektivtrafiken därför från och med förra veckan gjorts helt gratis på prov”.

Dessutom har den franska huvudstaden tre dagar i veckan infört så kallad "alternerande trafik" för personbilar, vilket innebär att enbart bilar vars registreringsskyltar börjar med ett udda nummer får köras vissa dagar, medan bilar med jämna nummer får köras andra dagar. Den som bryter mot de nya föreskrifterna straffas med kännbara bötesbelopp.

De nya reglerna i Paris har införts eftersom smogen ligger tät över staden och nivåerna av luftburna partiklar i genomsnitt har mätts upp till hälsofarliga 80 mikrogram per kubikmeter. Som högst har partikeltätheten mätts upp till hela 146 mikrogram per kubikmeter.

Paris är inte den enda europeiska huvudstad där man har infört fri kollektivtrafik för att minska biltrafiken och få bukt med de ökande luftföroreningarna.

I Tallinn i Estland har de 400 000 invånarna gratis kollektivtrafik, vilket staden var först i Europa med att införa 2013. Den politiska målsättningen i Tallinn var att minska personbilstrafiken och göra det lättare för arbetslösa och låginkomsttagare att röra sig fritt i staden.

I en folkomröstning 2012 röstade 75 procent av Tallinnborna för gratis kollektivtrafik, och i januari 2013 började staden dela ut gratis buss-kort. Besökare i staden får dock fortfarande finna sig i att betala för sina bussresor.

Flera andra städer i Frankrike och Spanien har också infört gratisåkning, precis som 23 städer i USA.”

På websidan How Transit Is Funded: An Overview of Transit Subsidy Sources, https://www.thoughtco.com/basics-of-transit-funding-2798674 finns följande översikt av några städer (Tabell 4).

Tabell 4. Biljettintäkternas finansieringsandel för ett urval städer.

Stad	Finansiering biljettandel %	Data från År
USA		
Atlanta	32	2007
Austin	9	2007
Boston	44	2002
Chicago	50	2009
New York City	36	2009
New Jersey	56	2009
San Francisco	43	2006
Oviktat snitt	39	
Europa		
Bryssel	28	1991
Köpenhamn	52	1991
London t-bana	100	2004
Milano	28	1991
München	42	1991
Paris	43	1991
Stockholm	44	1996
Wien	50	1991
Zürich	66	1991
Oviktat snitt	50	

Källa. wikipedia.org/wiki/Farebox_recovery_ratio.

4. Samhällsekonomiskt optimal prissättning av kollektivtrafik, finansiering och fördelning

Detta avsnitt behandlar optimum för subvention, pris och frekvens som beaktar väntetidstidsvinster och trängsel i kollektivtrafikfordon. I litteraturen har två situationer modellerats separat. Den ena gäller högfrekvent urban trafik där trafikanterna går till närmaste hållplats och väntar där. För denna situation har Mohring (1972), Turvey och Mohring (1975) och J. O. Jansson (1979,1980), härlett optimalt pris och frekvens givet att efterfrågan inte är beroende av pris och frekvens. För samma situation argumenterar Larsen (1983) och Else (1985) att efterfrågan ska vara beroende av både pris och frekvens men definierar detta beroende restriktivt. Den andra situationen gäller lågfrekvent långväga trafik, där trafikanterna använder tidtabeller och tillbringar väntetiden på en mer bekväm plats än hållplatsen, exempelvis hemma eller på jobbet. Panzar (1979) genomförde en sådan analys för flygtrafik.

Ett grundresultat som gäller båda högfrekvent och lågfrekvent kollektivtrafik är att det optimala priset är lika med operatörens marginalkostnad för driften minus en marginell positiv extern effekt för medtrafikanterna, där det senare utgör ett finansiellt underskott, dvs. en optimal subvention.

Jansson, K. (1991) behandlar båda situationerna och beaktar för dessa de olika beteendena i förhållande till turtäthet. Det är denna princip som utgör grunden i detta arbete, vilken utvecklas i Bilaga 1.

4.1. Optima för pris, frekvens och finansiellt underskott

Här behandlas kortfattat förutsättningar och huvudresultat, där analysen och resultat i detalj finns i Bilaga 1, samt kort marginalkostnader för påstigning och möjligheterna att effektivt subventionerna kommersiella operatörer.

4.1.1. Förutsättningar och huvudresultat

Här ges endast en kort översikt av förutsättningar och resultat. Bilaga 1 ger den fullständiga analysen.

Uppgiften är att fastställa optimalt pris, optimal frekvens och optimal subvention, för en linje med bestämd längd. Alla trafikanter antas ha ett tidsvärde för åktid och ett tillägg för åktid med trängsel respektive ett annat för tid mellan önskad och faktisk avresetidpunkt ("anpassningstid"). Det aggregerade konsumentöverskottet uttrycks som en funktion av den generaliserade reskostnaden, vilken är summan av priset och trafikantens upplevda kostnad (uttryckt i pengar) av åktid och anpassningstid. Båda dessa tidskostnader antas variera med de förhållanden under vilka tiden tillbringas.

Åktidskostnaden är åktiden multiplicerad med åktidsvärdet, som är en funktion av beläggningsgraden, dvs. antal trafikanter dividerat med antal sittplatser, där beläggningsgraden utgör ett mått på trängsel på fordonet. Det är således mer kostsamt för trafikanten att tillbringa åktiden under trängsel än utan. Se vidare avsnitten 6.2.2 och Bilaga 2.

Anpassningstiden är här ett samlingsbegrepp för tidsrymden mellan den tidpunkt då man helst vill åka, ideal tidpunkt, och faktisk avgångstidpunkt, d v s en tid man drabbas av därför att man tvingas anpassa sig till de avgångstider som trafikföretaget bestämt. I engelskspråkig litteratur kallas denna exempelvis "frequency delay", Panzar (1979). Denna tid motsvarar väntetid. Värderingen av denna väntetid är olika om trafikanterna väntar vid hållplats respektive ”hemma” eller på annan plats än hållplatsen, se vidare avsnitt 6.2.2.

I Bilaga 1 härleds två utryck för optimalt pris som utfaller identiska vid optimering:

(a) Den marginalkostnad i form av trängsel som en tillkommande trafikant förorsakar vid optimal frekvens.

(b) Genomsnittlig rörlig driftkostnad per trafikant minus väntetidskostnaden beräknad efter marginalkostnaden för denna. Väntetidskostnaden uttrycker det finansiella underskottet i trafikens rörliga kostnader (vid sidan av det underskott som härrör från eventuella fasta kostnader som inte inkluderats) per trafikant. Den motsvarar den direkta (ej via efterfrågevariationer) betalningsviljan för marginell ökning av frekvensen. Den kan därför också ses som en positiv extern effekt – en kostnadsbesparing, i meningen att tillkommande trafikanter genererar högre optimal frekvens.

Det optimala finansiella underskottet av rörliga kostnader, optimal subvention, är väntetidskostnaden beräknad efter marginalkostnaden för denna.

4.1.2. Marginalkostnader för påstigning

Påstigande trafikanter ökar körtiden, men påverkar detta marginalkostnaderna?

Vi har i detta arbete bortsett från dessa marginalkostnader eftersom vi betraktar dem som små eller obefintliga i relation till de andra marginalkostnaderna. Vi ska därför kortfattat diskutera frågan.

Vi betraktar marginalkostnad för driftkostnad som en fast kostnad per avgång, C. Detta skulle kunna innebära en approximation. Basen för rörlig driftkostnad är i princip det antal vagnar som åtgår därmed kostnad per vagntimme. Med längre körtid åtgår fler vagnar och antal vagntimmar varför kostnaden per avgång ökar. Att antal vagnar skulle variera med marginell beläggning betraktar vi emellertid som osannolikt. Operatörerna ser till att hålla en marginal för nödvändigt uppehåll vid ändhållplatserna. Att bussar inte alltid kan hålla utlovat antal avgångar per timme beror i först hand på trängselsituationer på gatorna samt att trafikledning och busschaufförer har bristande kommunikation vad gäller att anpassa körhastigheten där detta är möjligt.

Men kan trafikanterna påverkas?

Med R betecknar vi den totala körtiden i timmar inklusive tid för påstigning.

Körtiden R består av en körtid inklusive acceleration och retardation vid varje hållplats men utan påstigande, a , plus en påstigningstid b per trafikant. Åktidskostnaden per timme är θ . Antal påstigande trafikanter är X per timme. Den totala åktidskostnaden K per timme för X trafikanter kan därmed skriva som $K = a + b\theta X$.

Marginalkostnaden är $\frac{\partial K}{\partial X} = b\theta$

Om påstigningstiden antas vara 2 sekunder, dvs. 2/3 600 timmar är marginalkostnaden

$$\frac{\partial K}{\partial X} = b\theta = (3/3\,600) \times 55 = 0,03\ kr$$

Denna är således mycket låg. Dessutom är det troligt att genomsnittlig påstigningstid är mindre än 2 sekunder med dagens moderna visering. Vi bortser därför från denna marginalkostnad för påstigning.

4.1.3. Effektiv subventionering av vinstmaximerande operatörer

Effektiv subventionering av vinstmaximerande operatörer är inget som vi behandlar i detta arbete, men det kan vara intressant att kortfattat se hur sådan subventionering skulle kunna utformas.

I Jansson, Lang och Mattson (2008) visas att det i princip går att hitta en form av effektiv subvention, via priset inte frekvensen, till vinstmaximerande kommersiella operatörer så att de beter sig välfärdsmaximerande. Emellertid är det knappast något som, såvitt vi vet, har tillämpats i praktiken. Dessutom visas att vinstmaximerande operatörer ska beskattas om de opererar på konkurrensmarknader.

Citat: ”We have found that profit maximizing public transport operators should be subsidized if they are monopolies, but they should be taxed if they operate in competitive markets. The fact that a monopoly charges too high a price comes as no surprise; maybe less obvious is the fact that the regulatory instrument is a subsidy upon the pecuniary price the operator chooses, which makes the operator choose welfare optimal price and frequency as well as transport unit size.”

4.2. Finansiering av underskott

Av 4.1.2 framgår att optimala priser medför finansiella underskott eftersom det optimala priset per resa understiger de rörliga driftkostnaderna per resa. Dessutom måste på något sätt fasta kostnader täckas. Det finns olika finansieringsmöjligheter av rörliga och fasta kostnader, vilka bland annat diskuteras i projektet FISCUS, från EUROPEAN COMMISSION (2001). Samtliga dessa finansieringslösningar avviker från optimum, varför de ibland kallas ”second-best” lösningar.

4.2.1. Skattefinansiering

Skattefinansiering är den dominerande finansieringskällan i de flesta länder, i Sverige genom inkomstbeskattning.

I Frankrike tillämpas en specifik löneskatt (arbetsgivaravgift), kallad ”Versement Transport”. Citat från FISCUS: “Value capture through dedicated employment taxes have been most successful in France. The ‘Versement Transport, introduced in 1971, is now applied in all French urban areas of more than 100,000 population and is credited with making possible the large number of Metro and Light Rail systems which exist throughout France. All employers with more than 9 employees, unless employees live on the premises or the employer provides transport, are subject to the tax and the tax rate, a proportion of payroll costs, is set by the Autorite Organisatrice within nationally set limits. It raises significant amounts of money – in excess of 2.5 bn Euro in 1993 – 40% of which is used for capital investment in the provinces but only 15% in Paris; the balance being taken up in operating subsidies.”

I USA förekommer i vissa stater finansiering från skatter på cigaretter, lokal moms m.m.

4.2.2. Finansiering inom kollektivtrafiken

För att avvika så litet som möjligt från optimum bör priserna höjas för resor som är minst priskänsliga. Detta kallas Ramsey-prissättning, se Baumol och Bradford (1970). Principen innebär att den procentuella avvikelsen mellan olika gruppers priser och marginalkostnader ska vara omvänt proportionella mot efterfrågeelasticiteterna för grupperna i fråga. Det finns empiriska belägg för att resor under högtrafik är mindre priskänsliga än resor under lågtrafik och att korta resor är mindre priskänsliga än halvlånga lokala och regionala resor. I de fall man använder tidtabell i lågtrafik men inte i högtrafik förstärks tendensen att högtrafikresande ska vara dyrare än lågtrafikresande. Optimal tillämpning av Ramsey-prissättning kan även innebära att priserna sänks under lågtrafiktid.

I vissa fall har det visat sig möjligt att ta ut finansierande avgifter av parter som tjänar på kollektivtrafiksatsningar, s.k. ”value-capture”. Citat från FISCUS: “Whilst significant examples do exist of value capture in the form of voluntary contributions they are not common. In the case of the City Extension to the Docklands Light Railway in London, developers contributed £100m of the total £280m capital cost. However, this was a situation in which the extension was in doubt, and it was seen is very important by a single major developer. So the usual temptation to free-ride was not present.”

En form av finansiering som ibland har tillämpats kallas ”Public-private partnerships (PPP)”, och som bland annat diskuteras i UITP (2013), ett citat “PPPs are characterised by the relatively long duration of the relationship, involving cooperation between the public partner and the private partner on different aspects of a planned project, which can include design, completion, implementation and funding. The public partner concentrates primarily on defining the desired outcomes in terms of public interest, quality of

services provided and pricing policy, and it takes responsibility for monitoring compliance with these objectives.

PPPs are complex structures, so the decision to enter into such a partnership must not be taken lightly. **The PPP needs to be a real partnership that distributes risks and rewards in such a way that the aspirations of both parties are met."**

I UITP (2013) står: "One option could be to levy a charge on those who benefit most from public transport supply, such as employers, retailers and real-estate owners. Meanwhile, charges can also be levied on those whose mobility habits are most harmful to society. These charges can include urban tolls, congestion and or/pollution charges, parking charges and fuel taxes. These two concepts are commonly known as the 'polluter pays' and 'beneficiary pays' principles…There is scope for public transport to develop new financial partnerships with long-term investors, such as banks, private investors, urban developers and the business community. Relevant frameworks need to be in place and risks must be clearly allocated for these partnerships to be a success….Public transport is generally a sound investment and one that is as least as profitable as other sectors with a similar risk profile. It benefits from a stable revenue and cash flow, presents strong growth potential and is a provider of essential services."

4.2.3. Finansiering inom transportsektorn

Vi har nämnt att biltrafik medför negativa externa kostnader som åtminstone i urbana miljöer inte fullt ut är internaliserade genom skatter eller avgifter. Detta innebär ett tillkommande argument för subventionering av kollektivtrafik – korssubventionering inom transportsektorn.

Intäkter från trängselavgifter och från bilparkering kan också bidra till finansiering av kollektivtrafiken.

Bensinskatter används som finansieringskälla i Tyskland. Citat från FISCUS: "a surcharge on petrol is used to finance approved public transport infrastructure schemes. It is this funding that has led to most German cities having excellent rail, metro or light rail systems."

I USA förekommer i vissa stater finansiering från skatter på däck.

Om det är så att bilister är mindre priskänsliga än kollektivtrafiktrafikanter motiveras sådan korssubventionering dessutom också av Ramsey-prissättning.

4.2.4. Reklamfinansiering

En mindre intäktskälla, men kanske växande, är intäkter från reklam på fordon, på hållplatser etc.

4.3. Fördelningseffekter

Fördelningseffekterna beror både på prissättningen och på finansieringen av underskott. Vi betraktar värderingar av dessa som uteslutande politiska frågor. Här försöker vi enbart beskriva tänkbara effekter utan att bedöma dessa.

4.3.1. Skattefinansiering

Välfärdsoptimum innebär subventionerade priser och högre frekvenser än vad kommersiella operatörer skulle välja. Detta ökar välfärden för alla kollektivtrafikanter. De som förlorar är antingen skattebetalarna eller de individer som drar nytta av verksamheter där budgetarna minskas (t.ex. i sjukvården). Om det ökade underskottet finansieras med progressiv inkomstskatt och om kollektivtrafikanvändning är negativt korrelerad med inkomst betyder det att vinsten av sänkta priser tenderar att gynna låginkomsttagare mer än höginkomsttagare. Ett lägre pris i kombination med högre progressiva skatter tenderar då att gynna låginkomsttagare medan höginkomsttagare förlorar. De som

sällan eller aldrig åker kollektivt förlorar på grund av skattehöjningen, en förlust som ökar med inkomsten.

4.3.2. Finansiering inom kollektivtrafiken

En annan typ av beskattning är skatt på konsumtion. Den kan antingen utformas som ett likformigt påslag på en viss typ av varor (i likhet med momsen) eller som en skatt som varierar med efterfrågans priselasticitet (ibland kallad Ramseyskatt). En prissättning enligt Ramseys princip (i detta fall för att finansiera kollektivtrafiken) skulle idealt innebära att priserna höjs tills de marginella välfärdsförlusterna blir lika stora som i övrig beskattning och troligtvis innebära högre priser, huvudsakligen för arbetsresor men även för övriga resor i högtrafik. Att priserna inte höjs under lågtrafiktid, utan kanske till och med kan sänkas gör att vissa låginkomsttagare t.ex. studerande och pensionärer kan vinna på detta.

En ytterligare idé som presenterats är att beskatta värdestegring i fastigheter (helst den som beror på kollektivtrafiken). Finansiering via denna s.k. ”value-capture” kan innebära ett ”vinn-vinn” utfall; företag som är lokaliserade i eller invid kollektivtrafikterminaler får fler kunder och kollektivtrafikföretaget ett intäktsbidrag som i sin tur gynnar trafikanterna. Eventuellt kan dock andra konkurrerande företag som är lokaliserade på andra platser göra förluster genom denna konkurrens.

Bidrag från offentligt-privat samarbete (OPS) till finansiering i bemärkelsen att betala för tjänsten eller infrastrukturen är svårbedömt. Om kontraktet inte utformas väl kan både kollektivtrafikföretaget och dess trafikanter vara förlorare.

4.3.3. Finansiering genom beskattning av biltrafik

Biltrafik beskattas bl.a. genom bränsle-, el-, trängsel- och fordonsskatt. Enligt VTI:s beräkningar, Haraldsson och Nilsson (2016), betalar personbilstrafiken i landsbygd i genomsnitt mer än sina samhällsekonomiska marginalkostnader. I stadstrafik gör den bedömningsvis i genomsnitt inte det. Genom att dessa skatteintäkter och samhällsekonomiska kostnader inte direkt motsvaras av offentliga utgifter kan beskattningen av biltrafiken bidra mycket till offentliga finanser. Hänsyn till denna negativa externa effekt skulle kunna innebära att bilister på olika sätt finansierar offentlig sektor t.ex. kollektivtrafik. Fördelningsfrågeställning knutna till skatterna riktade mot biltrafik skulle kunna handla om fördelningseffekterna av att höja olika skattesatserna för de olika skatterna. Dessa fördelningseffekter skulle kunna jämföras med exempelvis fördelningseffekterna av höjda kollektivtrafikpriser.

5. Förutsättningar för numeriska beräkningar

I detta avsnitt utvecklas principerna för numeriska beräkningar, som underlag för simuleringar. En optimeringsmodell för kollektivtrafik som har utvecklats särskilt för detta projekt har kombinerats med simuleringsmodellen Vips. Analyserna använder ett utgångsläge som utgörs av antaganden om antal resor med kollektivtrafik för ett urval linjer i Stockholms län.

Vips används först för att beräkna totalt antal påstigande, beläggningar på respektive linje samt generaliserad kostnad för vad vi kallar jämförelsealternativet eller utgångsläget (JA) för respektive trafikering. Därefter används optimeringsmodellen för att ge optimalt pris och frekvens för vad vi kallar utredningsalternativet (UA). Därefter utvärderas skillnaderna mellan UA och JA med Vips.

Två slags alternativ simuleras. Det första innebär att en välfärdsoptimerande kombination av priser och turtäthet beräknas för respektive linje. Välfärdsoptimum innebär här att trafiken planeras så att summan av alla resenärers konsumentöverskott plus producentöverskott maximeras. För att realisera detta optimum skulle det förutsätta att Stockholms län eftersträvade ett välfärdsmaximum. Det andra alternativet är att en vinstmaximerande kombination av priser och turtäthet beräknas för respektive linje. Detta skulle förutsatta att en kommersiell operatör hade full frihet att sätta pris och turtäthet. Den kommersiella operatören antas sträva efter en vinst på några procent. Att inte en högre vinst kan nås antas bero på konkurrens från cykel, gång och bil.

Vi har för två linjer gjort känslighetsanalyser som visar att lägre tidsvärderingar ger lägre optimala turtätheter och högre optimala priser.

I huvudscenariot i denna rapport har vi antagit en skattefaktor på 1 eftersom vi tolkat ASEK 6 så att en högre skattefaktor enbart ska tillämpas på investeringar.

De två modellerna som tillämpas i kombination, simuleringsmodellen Vips och optimeringsmodellen, beskrivs kortfattat i avsnitten 5.1 och 5.2.

5.1. Egenskaper hos simuleringsmodellen Vips

Det grundläggande är att trafikanterna väljer den kombination av resvägar, linjer och färdmedel som har den lägsta generaliserade kostnaden.

Modellen är inte deterministisk. Den antar uniform fördelning av individernas önskade restidpunkter i förhållande till de faktiska. Också avgångstidpunkterna för de olika linjerna antas vara sinsemellan uniformt fördelade. Denna princip har kallats RDT (Random Departure Times) och FIRSY (**F**ull **I**nformation **R**eliable **Sy**stem).

Till skillnad från Emme 2, som används i Sampers, beaktar Vips[1] och Visum att resenärerna kan välja mellan olika hållplatser och stationer som kan ha skilda färdmedel och linjer. För visst färdmedel fördelas resenärer inte i proportion till turtätheter utan hänsyn tas till att linjerna kan ha olika åktider och eventuellt olika priser. Alla kombinationer av linjer och färdmedel beaktas, kombinationer som kan kallas resvägar.

Tiden mellan önskad och faktisk avgångstidpunkt benämns x nedan. Detta x varierar således uniformt mellan 0 och hela turintervallet. Nedan redovisas för enkelhets skull principerna för val mellan endast två linjer (resvägar) men dessa principer är desamma för ett godtyckligt antal alternativ.

[1] Modellen Vips köptes år 2000 av det tyska företaget PTV AG. De centrala algoritmerna för fördelning av resenärer på linjer och färdmedel och för beräkningar av restidskomponenter och priser (se Hasselström (1981)) överfördes från Vips till PTVs modell Visum.

5.1.1. Beteckningar

H^1 Turintervall för linje 1

H^2 Turintervall för linje 2

R^1 Restid (inklusive pris uttryckt i minuter) för linje 1.

α^1 Vikt för färdmedel 1:s åktid i förhållande till normvikten 1, för det färdmedel som linje 1 tillhör

R^2 Restid (inklusive pris uttryckt i minuter) för linje 2.

α^2 Vikt för färdmedel 2:s åktid i förhållande till normvikten 1, för det färdmedel som linje 2 tillhör

x^1 Tid till avgång för linje 1.

x^2 Tid till avgång för linje 2.

β Relation mellan normvikten för åktid (1) och vikten för att vänta "hemma".

5.1.2. Efterfrågefördelning mellan kollektiva linjer

Med ovan angivna förutsättningar har Hasselström (1981) och Jansson et al. (2008) visat att för två stycken linjer kan andelen för linje 1 beräknas på följande sätt:

$$\Pr(1) = \frac{1}{H^1 H^2} \int_0^{H^1} \int_0^{H^2} h\left[\alpha^1 R^2 - \alpha^2 R^1 + \beta x^2 - \beta x^1\right] dx^2 dx^1 \tag{3}$$

Lägg märke till att sannolikheten för val av linje 1 beror på denna linjes turintervall och restid och på alla andra acceptabla linjers turintervall och restid (inklusive pris).

5.1.3. Väntetid

Den resulterande förväntade väntetiden måste självfallet också bero på samma variabler, med hänsyn till sannolikhet för val av respektive linje och turintervall för respektive linje. Hasselström (1981) och Jansson et al. (2008) har också visat att den resulterande förväntade väntetiden, V, med nämnda förutsättningar kan beräknas som:

$$V = \frac{1}{H^1 H^2} \int_0^{H^1} \int_0^{H^2} \left(h\left[\alpha^1 R^2 - \alpha^2 R^1 + \beta x^2 - \beta x^1\right]\left(\beta x^1 - \beta x^2\right) + \beta x^2 \right) dx^2 dx^1 \tag{4}$$

5.1.4. Total restid

Den förväntade sammantagna restiden när det finns flera linjer att välja på beräknas som den vägda restiden för alla alternativ där vikterna består av beräknad sannolikhet för val av respektive linje. Om vi har k linjer och restiden för linje j betecknas R^j och sannolikheten för val av linje j betecknas $\Pr(j)$ blir restiden:

$$R = \sum_{j=1}^{k} \Pr(j) R^j \tag{5}$$

5.1.5. Generaliserad kostnad

Den generaliserade kostnaden, G, beräknas som summan av resulterande väntetid och den viktade summan av de olika linjernas restider (inklusive taxa), enligt nedan:

$$G = V + \sum_{j=1}^{k} \Pr(j) R^j \qquad (6)$$

5.2. Optimeringsmodellen

Här beskrivs endast den teoretiska grunden för optimeringsmodellen, vilken återges i sin helhet i Bilaga 1.

Vi har ett (stort) antal presumtiva resenärer, $i = 1 \ldots n$. Det finns en gemensam generaliserad kostnad G och dessutom en idiosynkratisk kostnad g_i. Nyttan för en resa för individ i är u_i. Vi betecknar $w_i = u_i - g_i$, och antar att täthetsfunktionen för w är $f(w)$. En individ reser om (och endast om) $u_i > G + g_i$, d.v.s. om $w_i > G$.

Totala nyttan (minus idiosynkratisk generaliserad kostnad) är alltså

$$U(G) = \int_G^\infty w f(w)\, dw$$

och totala efterfrågan är

$$X(G) = \int_G^\infty f(w)\, dw.$$

Vi ser att $dU = -Gf(G)\, dG$ och $dX = -f(G)\, dG$. Alltså

$$dU = G\, dX,$$

d.v.s. $U'(X) = G$ och $U'(G) = GX'(G)$. Vi specificerar $U = 0$ då $X = 0$ och $G = \infty$. Det innebär att

$$\begin{aligned} U(G) &= -\int_G^\infty U'(G)\, dG = -\int_G^\infty GX'(G)\, dG \\ &= GX(G) + \int_G^\infty X(G)\, dG \end{aligned}$$

Konsumentöverskottet $S = U - GX$ beräknas alltså på vanligt sätt som integralen av efterfrågan:

$$S = \int_G^\infty X(G)\, dG$$

Vi specificerar nu det generaliserade priset som

$$G = p + D(X, F)$$

där p är avgiften för resan och $D(X, F)$ står för sammanlagda kostnaden för väntetid, åktid och trängsel, vilka beror på antal resenärer X och frekvensen F.

Med denna principiella utgångspunkt visas i Bilaga 1 hur samhällsekonomiskt optimalt pris och samhällsekonomiskt optimal frekvens beräknas. Dessutom visas att en vinstmaximerande monopolist sätter högre pris och lägre frekvens än de samhällsekonomiskt optimala och får färre trafikanter.

5.3. Kombinationen av simuleringar och optimeringar

Vi kombinerar optimeringar och simuleringar på följande sätt. Vips används för att ge data för vad vi kallar jämförelsealternativet eller utgångsläget (JA) för respektive trafikering. Därefter används optimeringsmodellen för att ge optimalt pris och frekvens för vad vi kallar utredningsalternativet (UA). Därefter utvärderas skillnaderna mellan UA och JA med Vips.

Först körs således Vips för utgångsläget JA med dess pris och frekvens.

I optimeringsmodellen matar vi från JA in:

- generaliserad kostnad,
- driftkostnad per avgång,
- kapacitetsutnyttjande (beläggningsgrad)
- antal trafikanter under en timme
- antal trafikanter i genomsnitt utefter linjen
- värdering av åktid
- värdering av väntetid

Hur dessa parametrar definieras beskrivs i Bilaga 2.

På basis härav beräknar optimeringsmodellen optimal frekvens och optimalt pris.

Med av optimeringsmodellen beräknat optimalt pris och optimal frekvens beräknar Vips förändringar av utfall mellan UA och JA för:

- intäkter och kostnader
- antal trafikanter
- generaliserad kostnad
- konsumentöverskott för existerande/kvarvarande trafikanter
- konsumentöverskott för nya/bortfallande trafikanter
- välfärdsnivå

Optimeringsmodellen beräknar en efterfrågenivå för UA som skiljer sig någon procent från den som Vips beräknar. Detta beror på att modellerna inte är helt kompatibla. Vi har bedömt att denna lilla diskrepans vad gäller efterfrågan inte har någon betydelse för resultaten.

Vi har beräknat UA under antagande om att SLL strävar efter samhällsekonomiskt optimum, kallat ”UA SLL”.

Vi har också beräknat UA under antagande att driften sköts av kommersiell operatör, som kräver några få procent i vinst, kallat ”UA KOM”.

Därmed kan vi se skillnader i förändringar av välfärd med respektive regim.

Observera följande angående subventioner. Subventionen för JA SLL och UA KOM är genomsnittlig driftkostnad per resa minus priset. Subventionen för UA SLL är den optimala subventionen.

6. Parametrar för de numeriska beräkningarna

6.1. Efterfrågeberäkningar

I avsnitt 5.1 beskrevs hur efterfrågan fördelas mellan kollektiva linjer. Efterfrågan på kollektivtrafik påverkas av alternativ: bilresa, gå, cykla och andra aktiviteter. Här tillämpar vi den efterfrågefunktion som ingår i Vips, där efterfrågan på kollektivtrafik utgörs av en exponentialfunktion i generaliserad kostnad, G , och som har lämpliga egenskaper beträffande hur elasticiteterna varierar med pris och restid. Denna efterfrågefunktion specificeras i Bilaga 1.

I Tabell 5 ges exempel på de elasticiteter vi har antagit för periodkortsresor för olika åktider.

Tabell 5. Elasticiteter beräknade för olika åktider.

Åktid minuter	Tidsvärde Kr/timme	Åktidsvärde Per resa, kr	G kr	Elasticitet G	Elasticitet p
15	55	13,75	25,8	-0,646	0,196
30	55	27,50	39,5	-0,650	0,146
45	55	41,25	53,3	-0,653	0,117
60	55	55,00	67,0	-0,655	0,097

Här framgår att vi har antagit att elasticiteterna med avseende på pris är relativt låga och minskande med åktiden, eftersom alternativen att gå eller cykla är mindre aktuella för längre resor. Elasticiteterna med avseende på generaliserad kostnad är proportionella mot elasticiteterna med avseende på pris. Tabell 6 ger ett urval av skattningar av kollektivtrafikefterfrågans elasticitet med avseende på pris.

Tabell 6. Exempel på skattningar av efterfrågans elasticitet med avseende på biljettpris.

Färdmedel	Kort sikt	
Buss		
Genomsnitt	-0,38- -0,72 genomsnitt 0,4	0,7
Högtrafik	UK -0,26	
Lågtrafik	UK -0,48	
Tunnelbana		
Genomsnitt	UK -0,3	-0,65
Högtrafik	UK -0,26	
Lågtrafik	UK -0,42	
Pendeltåg		
Genomsnitt	UK -0,58	
Högtrafik	UK -0,34	
Lågtrafik	UK -0,79	

Källa: De flesta värdena tagna från Balcombe 2004 tabell 6.26. UK står för United Kingdom.

Efterfrågans priselasticitet är i allmänhet mindre i högtrafik än i lågtrafik (se t.ex. Balcombe 2004, sid. 58). Balcombe m.fl. (2004, sid 62) redovisar också analyser av skillnaden i priskänslighet mellan enkelbiljetter och periodbiljetter. De refererar York (1995) och konstaterar att detta kan bero på att kollektivtrafikresenärer byter till enkelbiljetter eller biljetter för fler resor när periodkorten ökar i pris. De ger dock inga värden. Horn af Rantzien and Rude (2014) redovisar följande efterfrågeelastisiteter för resor i Stockholms län med avseende på månadsbiljetten -0,36 i högtrafik och -0,41 lågtrafik.

Litman (2017, sid 53) redovisar följande priselasticiteter från Australien. Priselasticitet för bil avser elasticitet med avseende på driftkostnad för bilkörning.

Tabell 7. Efterfrågans priselasticitet i Australien för buss, taxi och bil.

Färdmedel	Högtrafik	Lågtrafik	Totalt
Buss	-0,18	-0.22	-0,20
Taxi	0,03	0.08	0,07
Bil	0,01	0,01	0,01

Källa: Booz, Allen Hamilton (2003) citerat från Litman (2017).

Tegnér et al. redovisar följande resultat för Stockholms län.

Tabell 8. Priselasticiteter och prisförändringar beräknade för olika biljettyper i Stockholms län.

Biljettyp	**Priselasticitet genomsnitt 23 år**	**Procentuell förändring genomsnitt 23 år**
Periodkort	-0,2	-0,16
Enkelbiljetter	-1,8	-0,11
Förköpsbiljetter	-0,8	-0,09

Enligt Transport and Road Research Laboratory, TRRL (1980) är a) priselasticiteten för kollektivtrafik avtagande med reslängden upp till sträckor på 15–20 km, b) den genomsnittliga priselasticiteten under högtrafik -0,11 och under lågtrafik -0,26.

De priselasticiteter som vi har valt för efterfrågemodellen och redovisat ovan för denna studie ligger i linje med Litman (2017), Tegnér et al. samt TRRL (1980).

6.2. Kollektivtrafik och dess parametrar

Vi simulerar olika slag av kollektivtrafik i Stockholms län för att söka principiella skillnader i utfall för olika priser och turintervall.

6.2.1. Linjenät och resmatriser

Vi använder SLLs nät och Sampers resmatriser från 2010. Att dessa data har några år på nacken gör ingenting för denna principiella studie.

6.2.2. Tidsvärderingar

Väntetid

Vi tillämpar som utgångspunkt värderingar från ASEK 6, Kapitel 7 Värdering av kortare restid och transporttid (Trafikverket 2016). Dessa värderingar modifieras dock något. För väntetid, lika med halva turintervallet, *antar vi* i detta projekt att väntetidsvärdet är ungefär 3 gånger åktidsvärdet 55 kr för korta intervall under 12 minuter och i genomsnitt ungefär lika med åktidsvärderingen för glesare

intervall, dvs. 55 kr. Faktorn 3 är högre än den som anges i ASEK 6, men som visas nedan modifieras denna faktor något i analyserna.

Modifikationen beror på att Vips tar hänsyn till att det finns ytterligare en distinktion beträffande väntetider. Vid glesa turintervall, exempelvis över 12 minuter, förekommer båda dessa väntetider. Dels finns en väntetid ”hemma” innan man går till hållplatsen dels en vid hållplatsen för att ha en buffert före avgång. Vid tätare trafikering antas resenärer inte använda tidtabell utan går till hållplatsen och väntar där. Att vänta vid hållplats antas ha en högre vikt (är obekvämare) än att vänta hemma.

När resenärer tar väntetiden hemma får de således ändå en väntetid vid hållplats eftersom de antas komma till hållplatsen med viss tidsbuffert. Denna del av väntetiden värderas självfallet som väntetid vid hållplats. Dessutom beaktas att det finns en kostnad för att informera sig om tidtabellen när man väntar hemma.

Det är inte bara bytestiden som upplevs som obekvämare än åktid. Själva bytet i sig är också en obekvämlighetsfaktor. Man måste exempelvis avbryta läsningen av boken, gå av en linje och därefter gå på en annan. De kalibreringar som SLL har gjort har innebär att denna uppoffring motsvarar 5 minuter.

Tabellen nedan visar tillämpade vikter i förhållande till åktid, samt tillägg i minuter för byte i sig och för att informera sig om tidtabell. Vikterna är hämtade från ASEK 6. Tillägget för byte i sig kommer från erfarenheter från Vips-analyser i Stockholms län.

Tabell 9. Viktning av restidskomponenter.

Tidskomponenter	Vikt	Tillägg, min.
Åktid	1	
Gångtid	2	
Bytestid	2	
Byte i sig		5
Väntetid hemma, intervall >= 12 min	1	12
Väntetid hållplats, intervall < 12 min	3	

Nedan ges en förklaring till de två väntetiderna.

I detta arbete antar vi att gränsen för när tidtabell används går vid 12 minuters turintervall, att värderingen av väntetid hemma är densamma som för åktid samt att värderingen av väntetid vid hållplats är 3 gånger så stor. Den genomsnittliga väntetiden antas som brukligt vara halva turintervallet, dvs. 6 minuter. Här måste beaktas att den totala uppoffringen för resenärer måste vara densamma när man väntar hemma respektive vid hållplats vid 12 minuters turintervall, annars är inte kostnadsfunktionen för väntetid kontinuerlig. Med andra ord får inte resenärens uppoffring göra ett skutt om turintervallet förändras över turintervallet 12 minuter, exempelvis från 13 till 11 minuter.

Vi antar att den tidsbuffert som resenärer i genomsnitt har vid ankomst till hållplats är 3 minuter. Vi kallar kostnaden för att informera sig om tidtabell, uttryckt i minuter är I.

Om resenären inte använder tidtabell vid gränsen 12 minuter är väntetidskostnaden:

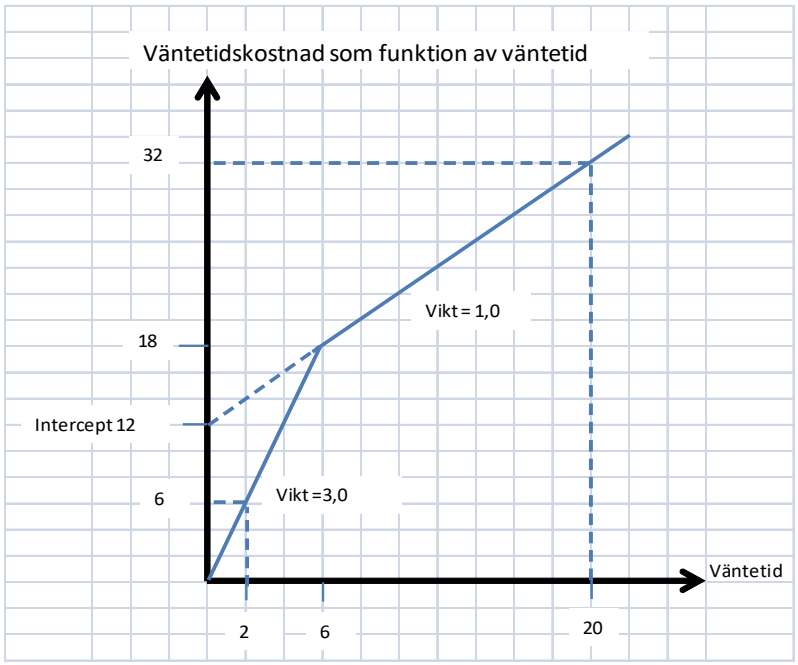
Vikt 3,0 gånger 6 minuter, lika med 18 minuter.

Om resenären använder tidtabell vid gränsen 12 minuter är väntetidskostnaden:

Vikt 1,0 gånger 6 minuter, plus vikt 3,0 gånger 3 minuter plus I, lika med 6 min. + 9 min. plus I. För kontinuitet krävs att:$18 = 6 + 9 + I$.

Detta betyder att kostnaden för att informera sig om tidtabell är l=3 minuter.

Figuren nedan illustrerar detta, vilket betyder att det finns ett intercept på 12 minuter (9+I) vid turintervall 12 minuter.



Figur 12. Viktning av väntetider.

Väntetidsfunktionen har således en knyck, vid väntetid lika med 6 minuter.

Figuren visar exempelvis följande.

Vid väntetid 2 minuter (turintervall 4 minuter) är väntetidskostnaden 6 minuter.

Vid väntetid 20 minuter (turintervall 40 minuter) är väntetidskostnaden 1,0x20 min. + 12 min. = 32 min.

Vid väntetid 6 minuter (turintervall 12 minuter) är väntetidskostnaden

1,0x6 min. + 12 min. = 18 min. Eller 3,0x6 min. = 18 min. Det innebär kontinuitet, men observera att derivatorna är olika under respektive över 6 minuter.

Hur förhåller sig tillämpade parametrar till ASEK 6?

Jämförelsen är något komplex eftersom Vips tillämpar två olika tidsvärden, där det lägre värdet för väntan ”hemma” har ett intercept.

Tabellen nedan visar väntetidsvärden för olika turintervall enligt ASEK 6, för buss och tåg, arbetsresor och övriga resor. Det är snittet som är intressant. Väntetidsvärdena är då de dubbla jämfört med vad som anges i ASEK 6 eftersom dessa värden gäller värden för turintervall, medan väntetiden är halva turintervallet.

Tabell 10. Väntetidsvärden från ASEK 6.

	Väntetidsvärden				
	Turintervall				
				11–60	Täta/glesa
	<10	11–30	31–60	Snitt	kvot
	Väntetidsvärden				
	128	106	52	79	1,62
	82	66	32	49	1,67
	172	140	68	104	1,65
	128	106	52	79	1,62
Snitt	127,5	104,5	51	77,75	1,64

Den sista kolumnen visar relationen mellan väntetidsvärden för den tätaste trafiken, för turintervall under 10 minuter, och de för intervall mellan 11 och 60 minuter. Relationen är 1,64.

Tabellen nedan visar väntetidsvärden, väntetid och kvoter mellan täta och glesa turintervall enligt Vips-tillämpningen.

Tabell 11. Väntetidsvärden som har tillämpats i Vips.

	Väntetidsvärden					
	Vid hållplats		Hemma			
Vikt	3	3	1	1	1	1
Vikt och intercept		1	12	12	12	12
Intervall		12	12	20	30	60
Väntetid	9	18	18	22	27	42

Turintervall					
6	12	12	20	30	60
Väntetidsvärden per minut - Kvot täta/glesa intervall					
Vid hållplats		Hemma			
3,00	3,00	3,00	2,20	1,80	1,40
Väntetidsvärden					
165	165	165	121	99	77

Väntetidsvärdet i den övre delen av tabellen implicerar interceptet 12 minuter för intervall större än 12 minuter.

I den nedre delen av tabellen ser vi kvoten för värderingar av täta relativt glesa intervall. För intervall 30 minuter är den 1,80 och för intervall 60 minuter är den 1,40. Dessa kvoter stämmer ungefär överens med kvoten 1,64 enligt ASEK 6. Kvoten 3 mellan tidsvärden för tät trafik och gles trafik i Vips gäller

således inte när hänsyn tas till interceptet för gles trafik. Därmed modifieras antagandet om att väntetidsvärdet är 3 gånger större än restidsvärdet.

Åktid och trängseltid

Av ASEK 6, Kapitel 7 Värdering av kortare restid och transporttid framgår beträffande regionala resor att genomsnittlig värdering av åktid för buss och tåg med olika ärenden är ungefär 55 kr/timme.

De trängselkostnader som har antagits och tillämpats avviker från rekommendationerna i ASEK 6. Tabellen 10 nedan visar ASEKs rekommendationer. Dessa uttrycks som restidsmultiplikatorer, dvs. trängseltidsvärde dividerat med åktidsvärde utan trängsel. Det vägda genomsnittet för sittande och stående varierar mellan 0,95 vid beläggningsgrad 50 procent och 4,39 vid beläggningsgrad 200 procent.

Tabell 12. Extra tidsvärde när man behöver stå.

Beläggnings-grad %	Restidsmultiplikatorer: Från åktidsvärde till trängseltidsvärde vid olika beläggningsgrader						
	Sittande arbetsresor	Sittande Övriga resor	Sittande Genom-snitt	Stående arbetsresor	Stående Övriga resor	Stående Genom-snitt	Vägt Totalt snitt
0							0
25							0
50	0,86	1,04	0,95				0,95
75	0,95	1,14	1,05				1,05
100	1,05	1,26	1,16	1,62	1,94	1,78	1,16
125	1,16	1,39	1,28	1,79	2,15	1,97	1,77
150	1,27	1,53	1,40	1,99	2,39	2,19	2,50
175	1,4	1,69	1,55	2,20	2,64	2,42	3,36
200	1,55	1,86	1,71	2,44	2,93	2,69	4,39

Tabell 13 nedan visar motsvarande multiplikator som har tillämpats i projektet tillsammans med genomsnittlig multiplikator enligt ASEK 6.

Tabell 13. Värderingar jämförda för extra tidsvärde när man behöver stå.

Beläggnings-grad, %	Multiplikator Vips	Multiplikator ASEK 6	Multiplikator Vips/ASEK 6
25	1,13	0,00	
50	1,25	0,95	
75	1,38	1,05	1,32
100	1,50	1,16	1,30
125	1,63	1,77	0,92
150	1,75	2,50	0,70
175	1,88	3,36	0,56
200	2,00	4,39	0,46

I detta projekt antas, till skillnad från i ASEK 6, att det finns en trängselkostnad redan vid låga beläggningsgrader. Trängselkostnadstillägget är 13 procent, 7,15 kr per timme, vid beläggningsgrad 25 procent och 25 procent, 13,75 kr per timme, vid beläggningsgrad 50 procent.

För beläggningsgrader mellan 75 och 150 procent är multiplikatorerna relativt lika.

För beläggningsgrader från 175 procent och uppåt är i detta projekt tillämpade multiplikatorer lägre än rekommendationerna i ASEK 6.

Vilka antaganden är realistiska? Svaret är inte självklart. Att det skulle finnas ett trängselkostnadstillägg även vid låga beläggningsgrader förutsätter att en del trafikanter upplever det som en kostnad att inte få sin ”favoritplats”, exempelvis att inte få sitta vid fönstret eller att inte sitta ensam.

Vid mycket hög beläggning som 200 procent kan ASEKs rekommendationer förefalla i högsta laget. På tunnelbana och pendeltåg är det inte ovanligt att det finns 2 eller 3 gånger fler trafikanter än sittplatser, dvs. beläggningsgrader på 200 respektive 300 procent. Att betalningsviljan vid en beläggning på 200 procent skulle vara 241 kr per timme (4,39x55) förefaller överdrivet. Det skulle betyda att trafikanter som reser en kvart stående skulle vilja betala 60 kr för att få sitta under denna kvart. Om detta förhållande skulle gälla under en arbetsmånad med 40 resor i vardera riktningen skulle betalningsviljan behöva vara 2 400 kr, dvs. ungefär 3 gånger dagens pris för ett 30-dagarskort.

Beläggningsgrader på 200 procent eller över har vi inte i detta projekt för optimum (men väl för utgångsläget), varför eventuellt överdrivna trängselkostnader inte är aktuella i projektet. Däremot är genomsnittsbelastningarna vid optimum så låga att de ger upphov till en viktig frågeställning. Nedan ser vi beläggningsgrader för utgångsläge och optimum samt optimalt pris för beräknat optimum.

Tabell 14. Beläggningsgrader i högtrafik.

Linjer	Beläggningsgrader, %				
	Utgångsläge		Optimum		
	Genomsnitt	Max	Genomsnitt	Max	Optimal pris, kr
Busslinje 4	68	125	41	69	2,05
Busslinje 70	43	68	47	73	2,66
Busslinje 124	16	49	11	34	0,20
Busslinje 703	22	41	22	51	1,24
Busslinje 848	17	42	21	59	1,44
T-banelinje 19	65	165	44	113	2,64
P-tåg Mä–Sö	53	220	27	111	1,50

Om vi utgår från ASEKs rekommendationer ser vi att ingen linje i optimum har en genomsnittlig beläggningsfaktor över 50 procent, den gräns över vilken det finns en trängselkostnad. Om vi tar detta för sanning skulle det inte finnas någon trängselkostnad under vår antagande att genomsnittlig beläggningsgrad ska styra optimalt pris varför de optimala priserna skulle vara 0. Men det är ju inte självklart att det är genomsnittlig beläggningsgrad som ska styra optimalt pris. Om vi i stället hade antagit att det är maximal beläggningsgrad som ska styra optimalt pris har vi för alla linjer utom busslinje 124 en maximal beläggningsgrad över 50 procent och skulle därmed få ett positivt optimalt pris, väsentligt högre än de beräknade optimala priserna. Kanske ska en beläggningsgrad mellan den genomsnittliga och den maximala styra optimum? I princip, teoretisk sett, ska optimalt pris vara specifikt för varje delsträcka med dess beläggningsgrad.

Det kan ju av praktiska, och kanske också politiska, skäl vara svårt för RKM att för varje linje tillämpa separata priser per delsträcka med specifik beläggningsgrad. Däremot kanske det är fullt möjligt att tillämpa prisdifferentiering beroende av beläggningsgrader men då för grupper av linjer, där zoner eller zonpassager med olika beläggningsgrader får specifika priser.

Diskussionen ovan menar vi inte påverkar våra principiella resultat angående optimala priser. De kan vara lägre om genomsnittliga beläggningsgrader ska styra, och högre om maximala beläggningsgrader, eller något däremellan om ett genomsnitt av genomsnittliga och maximala beläggningsgrader, ska styra.

För en RKM kan det vara fullt rimligt att finna priser som ligger betydligt närmare optimum än vad vi har idag. Då bör nog inte varje delsträcka för varje linje prissättas separat. Mer realistiskt och praktiskt är att betrakta olika linjers beläggningsgrader inom och mellan (taxe)zoner. Då får priset för resa inom en zon eller mellan zoner ett pris som approximativt motsvarar den marginella trängselkostnaden. Ett sådant prissystem föreslogs i ”Kollektivtrafik värd priset” (förkortat KVP), av Kottenhoff, Fröidh, Halldin och Jansson (KTH 30 juli 2007). Här analyserades en tänkt zonbaserad taxestruktur med högre priser under högtrafik på sträckningar omkring städer där beläggningarna är högre och lägre priser på landsbygden. Enbart för arbetsresor kunde man enligt studien erhålla ett samhällsekonomiskt överskott på ungefär 400 miljoner kronor per år. Tyvärr fanns för denna studie ingen tillgång till data om variationer av kapacitetsutnyttjande.

I projektet ”Variationer i beläggning i tid och rum för tre tåglinjer norr om Mälaren”, Jansson, Pyddoke och Paulin (2017) finns däremot detaljerade data om beläggningsgrader på delsträckor för varje linje under olika tidsperioder, vilka utgör ett utmärkt underlag för att analysera optimala priser och optimala frekvenser med tillämpning av de modeller som har tillämpats i detta projekt. Målet skulle vara att med hjälp av motsvarande optimeringar och simuleringar som har använts i föreliggande projekt finna priser och turintervall som är differentierade i tid och rum så att välfärdsnivån ökas väsentligt.

6.2.3. Driftskostnader

Kapacitet och driftkostnader är hämtade från SL:s SAMS-modell (2011). Dessa är för aktuella fordonsslag i detta projekt de följande.

Tabell 15. Driftskostnader för olika fordon.

Fordonsslag	Kapacitet Sittplatser per avgång	Fordonskostnad per km	Vagnkostnad per km
Normalbuss	50	35	0
Normalbuss innerstaden	40	55	0
Pendeltåg	748	0	100
Tunnelbana	374	0	70
Stombuss	75	65	0

För busstrafik används kostnad per kilometer för respektive buss. För spårtrafik används kostnad per kilometer per enhet per tåg. För t-banan är antal enheter per tåg 3 och för pendeltåg 2.

6.2.4. Skatter och externa effekter

En viktig parameter för hur mycket kollektivtrafik som det är välfärdsoptimalt att tillhandahålla är alternativkostnaden för att använda skattemedel. Detta kallas i ASEK terminologi för skattefaktorn

eller marginal costs of public funds (MCPF) i den nationalekonomiska skattelitteraturen. Denna faktor ska enligt ASEK 6 bara belasta infrastrukturinvesteringar, citat: ”En skattefaktor ska användas för uppräkning av investeringskostnader och övriga infrastrukturkostnader som finansieras genom skatter from statlig eller kommunal budget eller via skatter och avgifter som inte är brukaravgifter direkt kopplade till den aktuella investeringen. Skattefaktorns storlek är 1,3.”

Vi kan tycka att det är märkligt att denna skattefaktor bara tillämpas på investeringar och övriga infrastrukturkostnader eftersom alla underskott i den offentliga sektorn borde beaktas. Vi följer dock här Trafikverket och tillämpar inte skattefaktorn. I en kommande working paper (Asplund och Pyddoke) görs motsatta tolkningen att skattefaktorn ska tillämpas på kollektivtrafik Asplund och Pyddoke gör också en känslighetsanalys av välfärdsoptimalt utbud av kollektivtrafik i Uppsala och finner att frekvenserna blir högre och priserna noll om skattefaktorn är 1!

Det ska dock hållas i minnet att det finns ytterligare skäl att subventionera kollektivtrafik om biltrafiken betalar skatter och avgifter som understiger dess negativa externa effekter, dvs. om internaliseringen är otillräcklig, vilket är fallet för urban trafik.

Vi har därför gjort en överslagsmässig kontroll för tillämpning av externa effekter eftersom efterfrågan på kollektivtrafik och därmed biltrafik förändras. Det visade sig att effekterna för välfärdsnivån med hänsyn till externa effekter blev helt försumbara i jämförelse med effekterna för välfärdsnivån av pris och tidsförändringar.

I denna studie bortser vi således från att beakta skatter och externa effekter från såväl kollektivtrafik som biltrafik.

6.2.5. Principer för trafikering som simuleras

Vi har beräknat utfall av optimeringar och simuleringar för ett antal linjer under högtrafiktid där trafikanterna antas använda periodkort. För vardera av dessa linjer har vi antagit vad som kan vara typisk efterfrågan i första hand under högtrafiktid med typiska beläggningsgrader.

För vissa linjer antar vi att det under högtrafik finns fler trafikanter än sittplatser på vissa delsträckor. Det gäller linje 4 i Stockholms innerstad, en tunnelbanelinje och en pendeltågslinje, För övriga busslinjer antas att det inte finns någon överbeläggning.

För två linjer, linje 4 och en tunnelbanelinje, beräknar vi utfall för vad som skulle kunna utmärka en timmes högtrafiktid utanför maxtimmen, där vi antar att efterfrågan är hälften så stor som under maxtimmen.

Simuleringarna görs för antagande om trafikering av SLL (landstingets trafikförvaltning) respektive av kommersiell operatör som antas kräva en vinst på några procent. Att vinsten antas vara liten beror på att en kommersiell operatör också har konkurrens från bil, cyklande och gående, varför de inte kan sätta ett för högt pris. Den kommersiella operatörens antas välja både pris och turintervall som överstiger de optimala, helt i enlighet med principiell teori, bland annat bevisat i Bilaga 1. Det finns ett stort antal kombinationer av pris och turintervall som överstiger de optimala. Samtliga ger sämre utfall för välfärd jämfört med de samhällsekonomiskt optimala priserna och turintervall, men vi redovisar bara ett exempel för utfall.

Optimeringsmodellen ger välfärdsoptimum beträffande pris och frekvens. Vi antar här att SLL ser till samhällets bästa och strävar efter detta optimum, vilket inte behöver vara riktigt i praktiken. Men det betyder att vi ofta kallar utfallet för välfärdsoptimum för UA SLL för att inte behöva ange att det gäller just välfärdsoptimum.

För SLL har vi utfallet för ett utgångsläge som vi kallar JA. Eftersom vi analyserar högtrafik utgår vi från ett pris för periodkort, som utslaget per resa, antas vara 4 kronor. Detta pris kan förefalla lågt men det finns två skäl till att anta ett så lågt pris. Det ena är att en resa oftast kräver mer än en linje samt att periodkort används också för resor utanför högtrafik. Den intäkt som 4 kr ger tillfaller således många

linjer. Det andra är att ett högre pris beräknas ge intäkter som ligger långt över kostnaderna vilket kanske inte är realistiskt. Trots detta ”låga” antagna pris kommer vi att se att kostnadstäckningsgraden för vissa linjer beräknas vara ganska hög beroende på höga beläggningstal.

Här bör emellertid betonas att antagande om prisnivån i utgångsläget JA inte betyder något för optimum. Optimalt pris och optimal frekvens är oberoende av antaget pris i utgångsläget. När vi har testat högre pris på 12 kr i stället för 4 kr skiljde sig resultaten enbart med någon procent vilket beror på avrundningar. Vi presenterar välfärdsförändringar mellan UA och JA. Dessa förändringar är större om vi antar ett högt pris i utgångsläget, men det är inte förändringarnas storlek som är intressanta utan riktningarna.

Både för SLL och för en fiktiv kommersiell operatör beräknas utfall i form av välfärdsförändring, från jämförelsealternativet (JA) till vad vi kallar utredningsalternativen ”UA SLL” respektive ”UA Kom”.

Innan vi redovisar resultaten för de sju linjerna i Stockholms län kan det vara värt att kort diskutera tänkbara resultat för långväga kommersiell kollektivtrafik. För denna har vi inte gjort några optimeringar och simuleringar, men vi ger här exempel på hur subvention och optimalt pris kan se ut för långväga kollektivtrafik, vilket kan vara intressant som jämförelse med våra resultat för urban trafik.

Vi vet att optimal subvention är lika med tidsvärdering för väntetid dividerat med 2 gånger frekvensen, se Bilaga 2, avsnitt B2.2. Anta att den genomsnittliga värderingen av väntetid i genomsnitt för privat- och tjänsteresenärer är 150 kr per timme, vilket är en tolkning av ASEK 6.0 (2016b) för turintervall mellan 1 och 2 timmar. Anta att turintervallet är 1 timme (frekvens lika med 1). Då blir optimal subvention 150kr/2=75 kr.

Vi kan då också uppskatta optimalt pris för olika genomsnittliga driftkostnader. Vi vet att optimalt pris är lika med genomsnittlig rörlig driftkostnad per trafikant minus den optimala subventionen. Anta för enkelhets skull att genomsnittlig rörlig driftkostnad är 75 procent av priset, eftersom priset ska täcka mer än rörliga kostnader.

För en resa Stockholm till Göteborg kan genomsnittlig pris kanske vara 400 kr och rörlig driftkostnad 300 kr. För en sådan resa skulle det optimala priset således vara 300 kr – 75 kr = 225 kr. Subventionen i förhållande till det optimala priset är för detta exempel omkring 33 procent.

Subventionen i förhållande till den genomsnittliga driftkostnaden är 25 procent.

För Stockholm till Västerås kan priset vara 200 kr och den genomsnittliga driftkostnaden 150 kr. Det optimala priset är 150 kr – 75 kr = 75 kr. Subventionen i förhållande till det optimala priset är då 38 procent. Subventionen i förhållande till den genomsnittliga driftkostnaden är 50 procent.

För urban trafik som vi har fokuserat på kommer vi se att subventionen i förhållande till det optimala priset för de sju linjerna är minst två gånger högre än det optimala priset, som minst 2 gånger, som mest 41 gånger och i genomsnitt 13 gånger. Subventionen i förhållande till den genomsnittliga driftkostnaden är i genomsnitt för de sju linjerna drygt 80 procent.

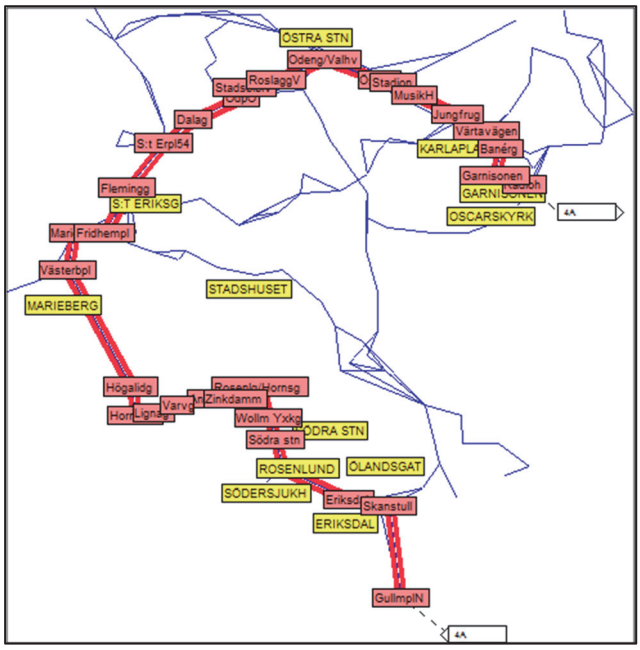
Den optimala subventionen för långväga kollektivtrafik i förhållande till priset är således avsevärt lägre än subventionsandelen för urban kollektivtrafik.

Den optimala subventionen för långväga kollektivtrafik i förhållande till den genomsnittliga driftkostnaden är lägre än för urban trafik, men skillnaden är inte lika stor.

7. Resultat av de numeriska beräkningarna

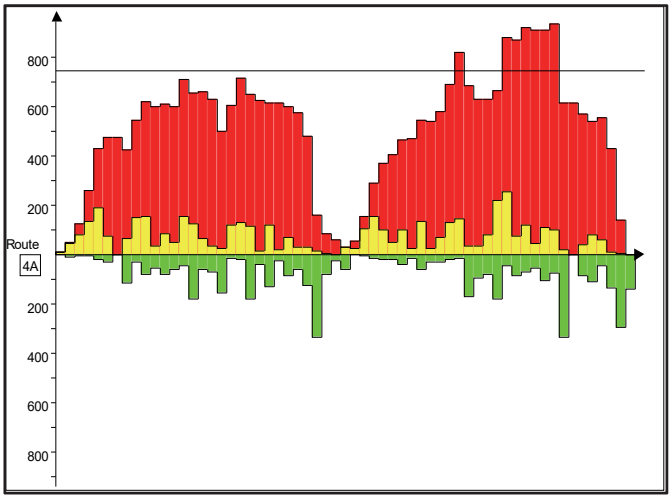
7.1. Busslinje 4

Denna linje, 25 km lång i båda riktningar, är en av de mest hårdbelastade i Stockholms innerstad. Den går mellan Radiohuset och Gullmarsplan, har under högtrafik ungefär 6 minuter intervall (frekvens 10 avgångar per timme). Kostnaden är 1 637 kr per avgång. Nedan visas sträckningen.



Figur 13. Karta över busslinje 4.

För linjen har resmatrisen anpassats så att det finns delsträckor för utgångsläget JA där antalet trafikanter är fler än antalet sittplatser. Se beläggningsprofil nedan för hållplatser och delsträckor i båda riktningarna där linjen vänder i mitten. Det horisontella strecket visar antalet sittplatser. Gula staplar står för påstigande per hållplats, gröna för avstigande och röda för beläggningen. På y-axeln anges beläggningen per delsträcka under en timme.



Figur 14. Antagen beläggningsprofil under maxtimmen för busslinje 4.

Tabell 16 nedan visar genomsnittlig generaliserad kostnad, G, samt pris och tid i utgångsläget JA. Tid står här för alla komponenter: åktid, gångtid och väntetid.

Tabell 16. Generaliserad kostnad i tid och pris mätt i kronor och som andelar av G

Utgångsläge JA	Kr	%
G	36,6	
varav pris	4,0	10,9
varav tid	32,6	89,1

Vi ser att tidsandelen dominerar stort över prisandelen.

7.1.1. Busslinje 4 – SLL, högtrafik maxtimmen

Tabell 17 nedan visar pris, frekvens och turintervall dels för utgångsläget JA dels för UA, där de senare har beräknats med optimeringsmodellen.

Tabell 17. Jämförelse mellan JA och UA SLL av pris, turintervall och frekvens.

	Pris	Intervall	Frekvens
JA	4	6	10
UA SLL	2,05	3,02	19,85

Optimeringen ger således dubbelt så hög frekvens och lägre pris.

Nedan visas beräkningarna för JA och UA beträffande antal resor, intäkter, kostnader, subvention och beläggningsgrader.

Tabell 18. Nyckeltal för JA och UA SLL välfärdsoptimum.

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	18 317	1 943	16 374	1,12	4 577	3,58	Kost/resa-p	-0,42	68
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Opt.subv.**	$3\theta/2F$	**Beläggningsgrad, %**
	11 382	-21 475	32 857	0,35	5 553	5,92		4,16	41
UA SLL-JA	-6 935	-23 418	16 483	-0,77	975	2,34		4,58	-27

För denna hårdbelastade linje beräknas intäkterna överstiga kostnaderna med 12 procent i utgångsläget JA.

Kostnadstäckningsgraden beräknas sjunka från 112 till 35 procent. Den optimala subventionen per resa är 4,16 kr. Beläggningsgraden sjunker från 68 till 41 procent. Beläggningsgraden för JA avser genomsnittlig beläggningsgrad. På mest belastad delsträcka beräknas den vara 125 procent, dvs. att det är 25 procent fler trafikanter än sittplatser på denna sträcka.

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd framgår av tabellen nedan.

Tabell 19. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA SLL.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	1,12
UA SLL	2,05	3,02	36 383	3 876	40 259	-23 418	16 841	-18	0,35

Välfärdsvinsten blir 16 800 kr i relation till en kostnadsökning på 16 500 kr. Vinsten för trafikanterna, dvs. förändringen av generaliserad kostnad är ungefär 18 procent.

7.1.2. Busslinje 4 - Kommersiell operatör, högtrafik maxtimmen

För kommersiell operatör antas för UA att frekvensen är lägre än för välfärdsmaximering. Priset är anpassat så att operatören ska gå med en liten vinst, vilket innebär ett pris på 4,40 kr.

Tabellen nedan visar frekvens och turintervall för utgångsläget JA och för UA KOM.

Tabell 20. Jämförelse mellan JA och UA KOM av pris, turintervall och frekvens.

	Pris	Intervall	Frekvens
JA	4	6	10
UA KOM	4,4	5,00	12

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 21. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA KOM.

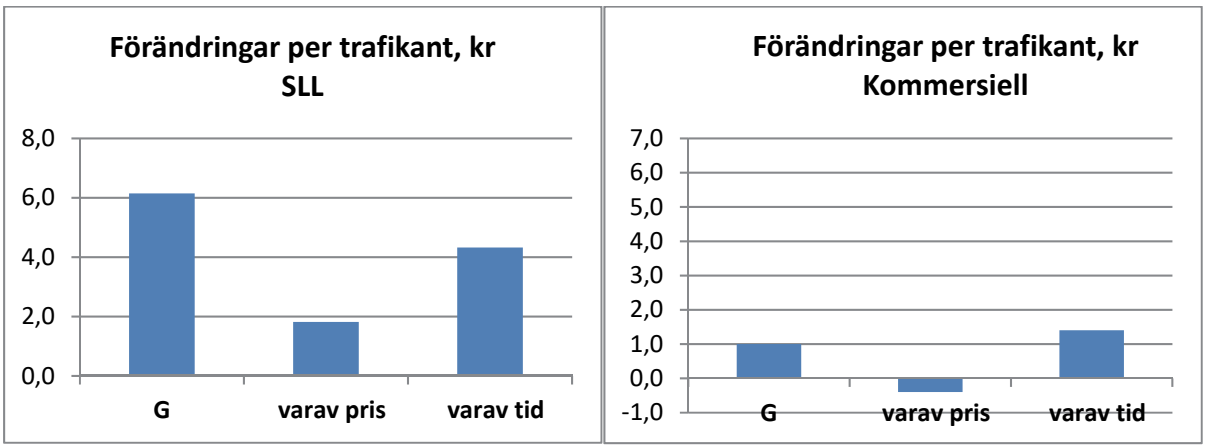
Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	1,12
UA KOM	4,2	5,00	4 589	41	4 631	-1 096	3 535	-3	1,04

Vinsten beräknas till 4 procent. Här beräknas en välfärdsvinst jämför med utgångsläget, men denna ungefär hälften så stor som vinsten vid välfärdsmaximering. Utfallet för trafikanterna innebär en förbättring med 3 procent jämfört med en förbättring på 18 procent vid välfärdsmaximering.

7.1.3. Busslinje 4 – SLL kontra kommersiell operatör, högtrafik maxtimmen

Här jämförs utfall i form av trafikanternas standard och i form av välfärdsförändring och dess komponenter.

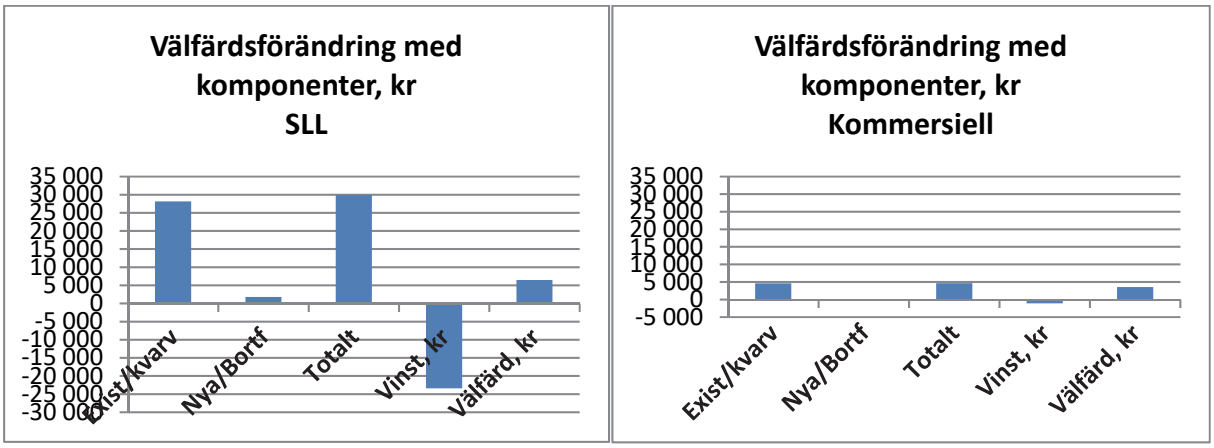
Figuren nedan visar utfallen för trafikanternas standard i termer av generaliserad kostnad, samt varav pris och tid.



Figur 15. Förändringar av generaliserad reskostnad per trafikant UA SLL och UA KOM jämfört med JA.

Trafikanter med SLL som operatör vinner i alla avseenden. Trafikanter med kommersiell operatör vinner i form av tid men förlorar i form av pris.

Figurerna nedan visar utfallen för välfärdsförändring, förändring av konsumentöverskott, med dess komponenter.



Figur 16. Välfärdsförändring från JA till UA SLL respektive UA KOM.

Med SLL vinner trafikanterna medan det blir en finansiell förlust och välfärdsnettot blir positivt. Även med kommersiell operatör blir det en välfärdsvinst i detta fall men mindre.

7.1.4. Busslinje 4 – SLL, en timmes högtrafik utanför maxtimmen

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall dels för utgångsläget JA dels för UA, där de senare har beräknats med optimeringsmodellen.

Tabell 22. Jämförelse mellan JA och UA SLL, för en timmes högtrafik utanför maxtimmen.

	Pris	Intervall	Frekvens
JA	4	6	10
UA SLL	1,55	4,83	12,42

Vi ser att för en timmes högtrafik utanför maxtimmen är både optimalt pris och optimal frekvens lägre än för högtrafik under maxtimmen.

Nedan visas beräkningarna för JA och UA beträffande antal resor, intäkter, kostnader, subvention och beläggningsgrader.

Tabell 23. Nyckeltal för JA och UA SLL välfärdsoptimum.

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	9 165	-7 208	16 374	0,56	2 289	7,15	Kost/resa-p	3,15	34
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Opt.subv.**	$3\theta/2F$	**Beläggningsgrad, %**
	3 839	-16 501	20 340	0,19	2 478	8,21		6,64	30
UA SLL-JA	-5 326	-9 292	3 966	-0,37	189	1,05		3,49	-4

Kostnadstäckningsgraden beräknas sjunka från 56 till 19 procent och den genomsnittliga beläggningsgraden från 34 till 30 procent. Den optimala subventionen per resa är 6,64 kr.

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 24. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA SLL för en högtrafiktimme utanför maxtimmen.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,56
UA SLL	1,55	4,83	10 795	446	11 241	-9 292	1 949	-11	0,19

Finanserna försämras men konsumentöverskottet ökar så mycket att det blir en välfärdsvinst på 1 900 kr i relation till en kostnadsökning på 4 000 kr. Vinsten för trafikanterna, dvs. förändringen av generaliserad kostnad är 11 procent.

Tabell 25 nedan visar för busslinje 4 skillnader för efterfrågan utanför maxtimmen respektive under beträffande optimal subvention, optimalt pris, optimalt turintervall och genomsnittlig beläggning.

Tabell 25. Resultat för en timmes högtrafik under och utanför maxtimmen.

UA SLL	Optimal Subvention, kr	Optimalt Pris, kr	Optimalt Turintervall, min.	Beläggning Genomsnitt
Efterfrågan maxtimmen	4,16	2,05	3,02	41
Efterfrågan utanför maxtimmen	6,64	1,55	4,83	30
Skillnad				
Kr	2,48	-0,50	1,81	-11
%	60	-24	60	-27

Vi ser att optimal subvention och optimalt turintervall är 60 procent högre vid hälften så stor efterfrågan. Optimalt pris och genomsnittlig beläggning är 24 respektive 27 procent lägre.

7.1.5. Busslinje 4 – Kommersiell operatör, högtrafik utanför maxtimmen

För kommersiell operatör antas för UA att frekvensen är lägre än för välfärdsmaximering. Priset är anpassat så att operatören ska gå med en liten vinst, vilket innebär ett pris på 6,50 kr.

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall för utgångsläget JA och för UA.

Tabell 26. Pris, frekvens och turintervall i JA och UA KOM.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	6,00	10
UA KOM	6,50	7,5	8

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

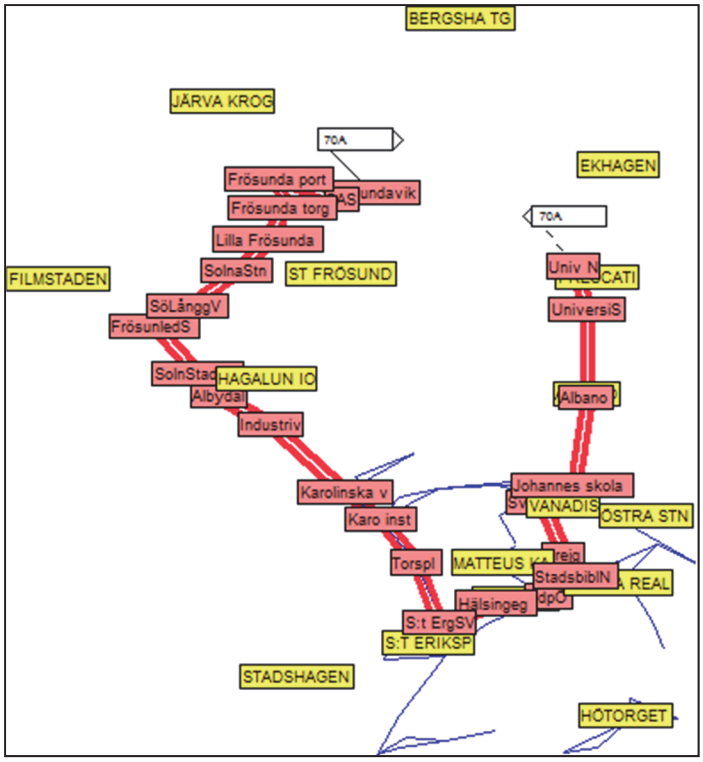
Tabell 27. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA KOM för en högtrafiktimme utanför maxtimmen.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,56
UA KOM	6,5	7,50	-10 697	404	-10 293	7 868	-2 425	13	1,05

Här uppstår en välfärdsförlust. Utfallet för trafikanterna innebär en försämring med 13 procent jämfört med en förbättring på 11 procent vid välfärdsmaximering.

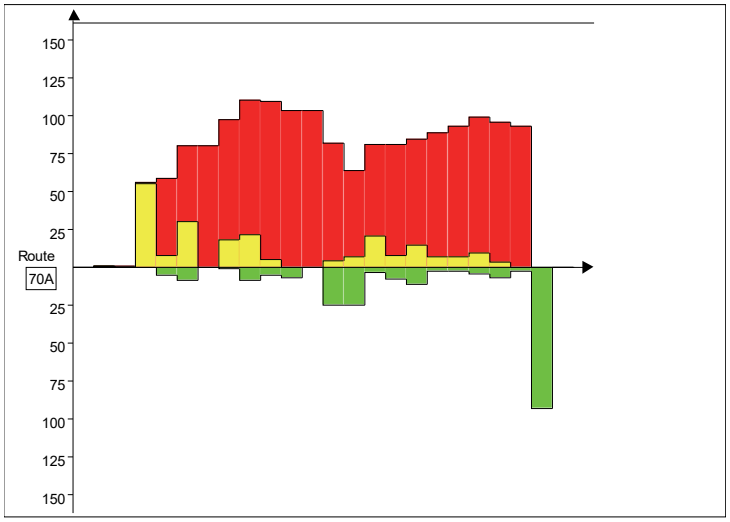
7.2. Busslinje 70

Denna linje, 11 km lång i båda riktningar, trafikerar sträckan Frösundavik till Universitet med avgångar varje kvart under högtrafiktid. En del av sträckningen ligger i norra delen av Stockholms innerstad, i övrigt norr därom. Nedan visas sträckningen. Kostnaden är 584 kr per avgång. Nedan visas sträckningen.



Figur 17. Karta över busslinje 70.

För linjen har resmatrisen anpassats så att det inte finns delsträckor för utgångsläget JA där antalet trafikanter är fler än antalet sittplatser. Se beläggningsprofil nedan för hållplatser och delsträckor i båda riktningarna där linjen vänder i mitten. Det horisontella strecket visar antalet sittplatser. Gula staplar står för påstigande per hållplats, gröna för avstigande och röda för beläggningen. På y-axeln anges beläggningen per delsträcka under en timme.



Figur 18. Antagen beläggningsprofil under maxtimmen för busslinje 70.

Tabellen nedan visar genomsnittlig generaliserad kostnad, G, samt pris och tid i utgångsläget JA. Tid står här för alla komponenter: åktid, gångtid och väntetid.

Tabell 28. Generaliserad kostnad, tid och pris mätt i kronor och som andel av G.

Utgångsläge JA	Kr	%
G	47,7	
varav pris	4,0	8,4
varav tid	43,7	91,6

Vi ser att tidsandelen dominerar stort över prisandelen.

7.2.1. Busslinje 70 - SLL

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall dels för utgångsläget JA dels för UA, där de senare har beräknats med optimeringsmodellen.

Tabell 29. Jämförelse mellan JA och UA SLL av pris turintervall och frekvens.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	15,00	4
UA SLL	2,69	15,92	3,77

Observera att optimum betyder lägre pris och något lägre frekvens.

Nedan visas beräkningarna för JA och UA beträffande antal resor, intäkter, kostnader, subventioner och beläggningsgrader.

Tabell 30. Nyckeltal för JA och UA SLL.

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	872	-1 462	2 334	0,37	218	10,70	Kost/resa-p	6,70	43
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Opt.subv.**	$3\theta/6F$	**Beläggningsgrad, %**
	585	-1 568	2 153	0,27	220	9,78		7,45	47
UA SLL-JA	-287	-106	-181	-0,10	2	-0,92		0,76	4

Kostnadstäckningsgraden beräknas sjunka från 37 till 27 procent och den genomsnittliga beläggningsgraden öka från 43 till 47 procent. Den optimala subventionen per resa är 7,45 kr.

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 31. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA SLL.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	15	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,37
UA SLL	2,66	16,26	133	1	134	-106	28	-1,7	0,27

Välfärdsvinsten blir 56 kr. Vinsten för trafikanterna, dvs. förändringen av generaliserad kostnad är knappt 2 procent.

7.2.2. Busslinje 70 – Kommersiell operatör

För kommersiell operatör antas för UA att frekvensen är lägre än för välfärdsmaximering. Priset är anpassat så att operatören ska gå med en liten vinst, vilket innebär ett pris på 6 kr.

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall för utgångsläget JA och för UA.

Tabell 32. Jämförelse mellan JA och UA KOM av pris, turintervall och frekvens.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	15,00	4
UA KOM	6	30,00	2

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 33. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA KOM.

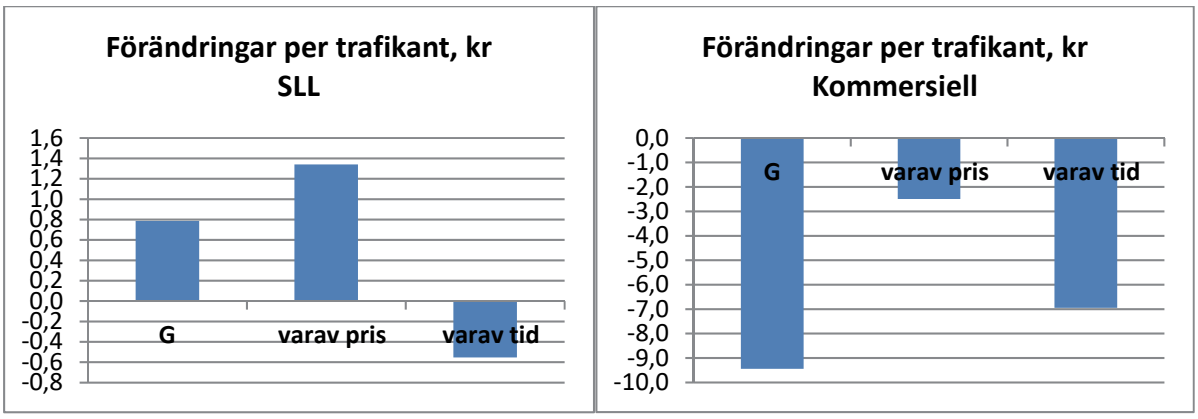
Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	15	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,37
UA KOM	6	30,00	-2 061	-127	-2 188	1 540	-649	20	1,07

Vinsten beräknas till 7 procent. Välfärdsnivån minskar. Utfallet för trafikanterna är avsevärt sämre, en försämring med 20 procent jämfört med en förbättring på 2 procent vid välfärdsmaximering.

7.2.3. Busslinje 70 – SLL kontra kommersiell operatör

Här jämförs utfall i form av trafikanternas standard och i form av välfärdsförändring och dess komponenter.

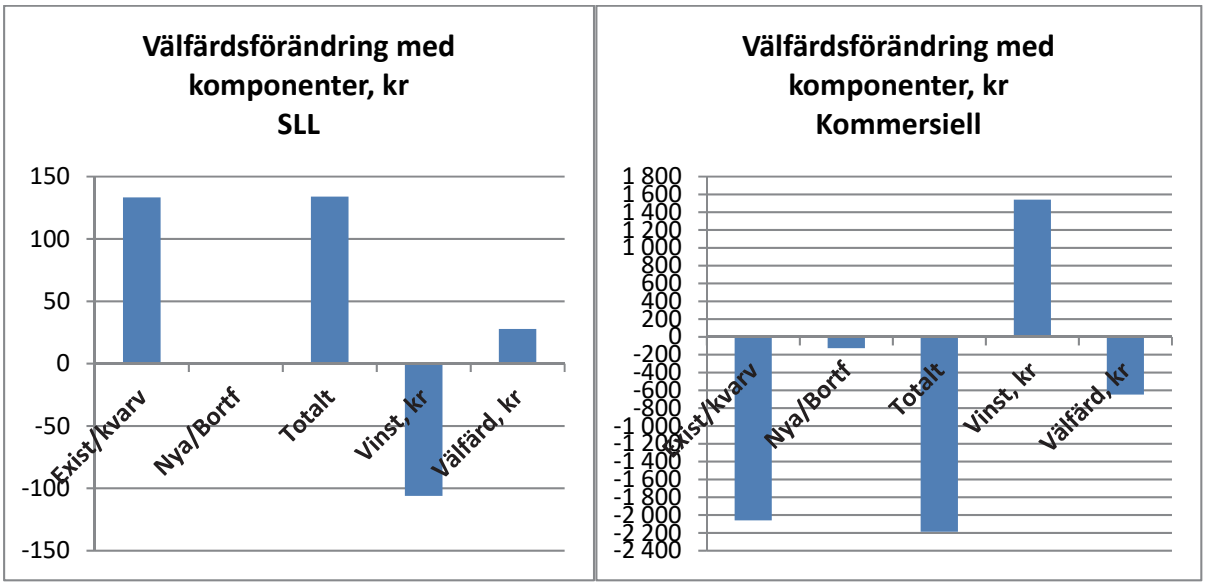
Figur 19 nedan visar utfallen för trafikanternas standard i termer av generaliserad kostnad, samt varav pris och tid.



Figur 19. Förändringar av generaliserad reskostnad per trafikant UA SLL och UA KOM jämfört med JA.

Trafikanter med SLL som operatör vinner i form av pris men förlorar i form av tid och nettot blir positivt. Trafikanter med kommersiell operatör förlorar i alla avseenden.

Figur 20 nedan visar utfallen för välfärdsförändring, förändring av konsumentöverskott, med dess komponenter.

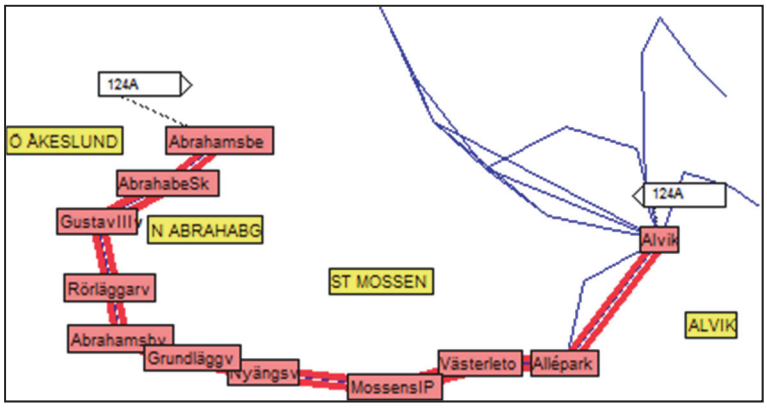


Figur 20. Välfärdsförändring från JA till UA SLL respektive UA KOM.

Med SLL vinner trafikanterna medan det blir en finansiell förlust och nettot blir positivt. Med kommersiell operatör förlorar trafikanterna medan det blir en finansiell vinst och nettot blir negativt.

7.3. Busslinje 124

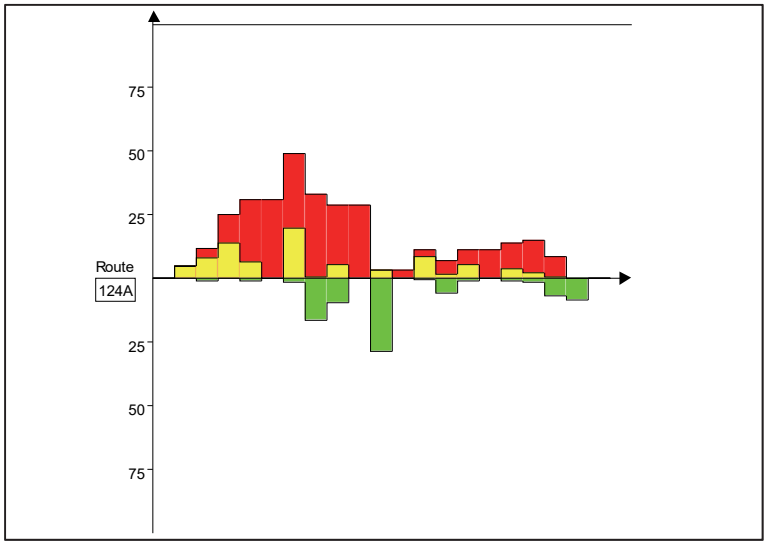
Linjen, 7 km lång i båda riktningar, trafikerar sträckan Abrahamsberg till Alvik, dvs. väster om Stockholms innerstad, och avgår var 30 minut under högtrafiktid. Kostnaden är 243 kr per avgång. Nedan visas sträckningen.



Figur 21. Karta över busslinje 124.

För linjen har resmatrisen anpassats så att det inte finns delsträckor för utgångsläget JA där antalet trafikanter är fler än antalet sittplatser. Se beläggningsprofil nedan för hållplatser och delsträckor i båda riktningarna där linjen vänder i mitten. Det horisontella strecket visar antalet sittplatser. Gula

staplar står för påstigande per hållplats, gröna för avstigande och röda för beläggningen. På y-axeln anges beläggningen per delsträcka under en timme.



Figur 22. Antagen beläggningsprofil under maxtimmen för busslinje 124.

Tabellen nedan visar genomsnittlig generaliserad kostnad, G, varav pris och tid i utgångsläget JA. Tid står här för alla komponenter: åktid, gångtid och väntetid.

Tabell 34. Generaliserad kostnad och andel tid och pris mätt i kronor och andelar av G.

Utgångsläge JA	**Kr**	**%**
G	52,6	
varav pris	4,0	7,6
varav tid	48,6	92,4

Vi ser att tidsandelen dominerar stort över prisandelen.

7.3.1. Busslinje 124 - SLL

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall dels för utgångsläget JA dels för UA, där de senare har beräknats med optimeringsmodellen.

Tabell 35. Jämförelse mellan JA och UA SLL av pris, turintervall och frekvens.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	30,00	2
UA SLL	0,20	17,91	3,35

Optimum betyder lägre pris och högre frekvens.

Att optimeringen ger en frekvens för UA som är högre än för JA beror i första hand på den låga kostnaden per avgång för denna korta linje, dvs. det är billigt att öka frekvensen.

Nedan visas beräkningarna för JA och UA beträffande antal resor, intäkter, kostnader, subventioner och beläggningsgrader.

Tabell 36. Nyckeltal för JA och UA SLL.

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	340	-145	485	0,70	85	5,71	Kost/resa-p	1,71	16
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Opt.subv.**	$3\theta/6F$	**Beläggningsgrad, %**
	19	-793	813	0,02	96	8,47		8,21	11
UA SLL-JA	-321	-648	327	-0,68	11	2,76		6,50	-5

Kostnadstäckningsgraden beräknas sjunka från 70 till 2 procent och beläggningsgraden minska från 16 till 11 procent. Den optimala subventionen per resa är 8,21 kr.

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 37. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA SLL.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	30	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,70
UA SLL	0,2	17,91	807	52	859	-648	211	-18	0,02

Välfärdsvinsten blir drygt 200 kr i relation till en kostnadsökning på 327 kr. Vinsten för trafikanterna, dvs. förändringen av generaliserad kostnad är ungefär 18 procent.

7.3.2. Busslinje 124 – Kommersiell operatör

För kommersiell operatör antas för UA att frekvensen är lägre än för välfärdsmaximering. Priset är anpassat så att operatören ska gå med en liten vinst, vilket innebär ett pris på 5 kr.

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall för utgångsläget JA och för UA KOM.

Tabell 38. Jämförelse mellan JA och UA KOM av pris, turintervall och frekvens.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	30,00	2
UA KOM	5	40,00	1,5

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 39. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA KOM.

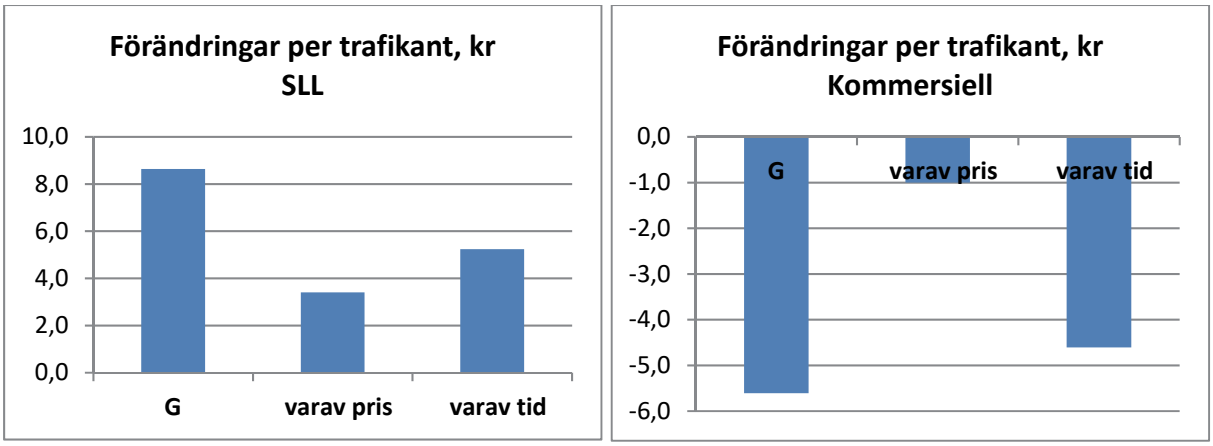
Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	30	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,70
UA KOM	5	40,00	-477	-15	-492	179	-313	11	1,09

Vinsten beräknas till 9 procent. Välfärdsnivån sjunker. Utfallet för trafikanterna är avsevärt sämre, en försämring med 11 procent jämfört med en förbättring på 18 procent vid välfärdsmaximering.

7.3.3. Busslinje 124 – SLL kontra kommersiell operatör

Här jämförs utfall i form av trafikanternas standard och i form av välfärdsförändring och dess komponenter.

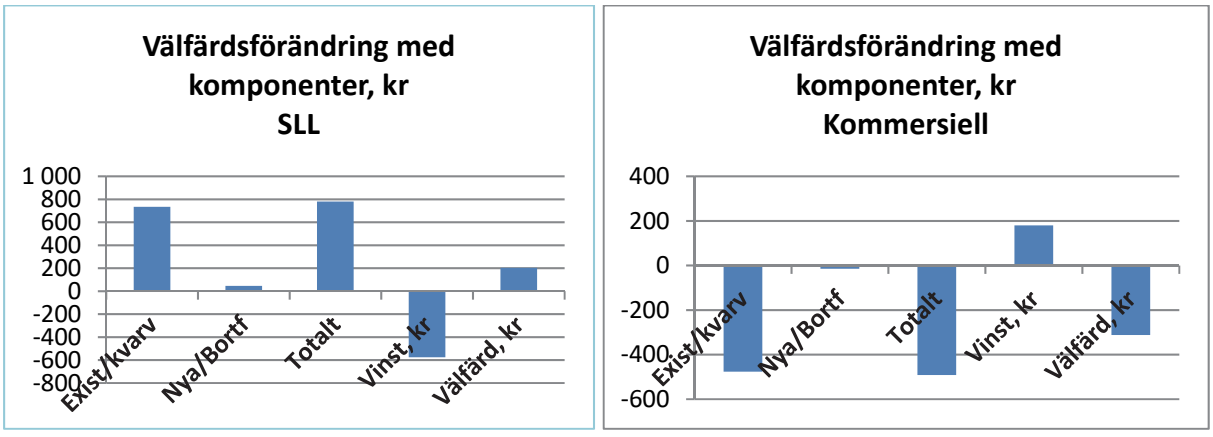
Figuren nedan visar utfallen för trafikanternas standard i termer av generaliserad kostnad, samt varav pris och tid.



Figur 23. Förändringar av generaliserad reskostnad per trafikant UA SLL och UA KOM jämfört med JA.

Trafikanter med SLL som operatör vinner i alla avseenden. Trafikanter med kommersiell operatör förlorar i alla avseenden.

Figuren nedan visar utfallen för välfärdsförändring, förändring av konsumentöverskott, med dess komponenter.



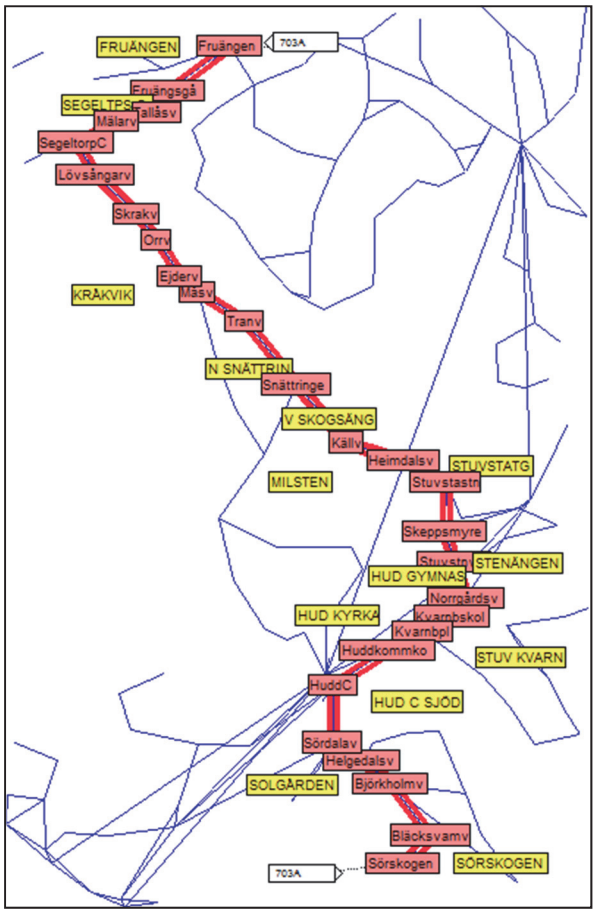
Figur 24. Välfärdsförändring från JA till UA SLL respektive UA KOM.

Med SLL vinner trafikanterna medan det blir en finansiell förlust och nettot blir positivt.

Med kommersiell operatör förlorar trafikanterna medan det blir en finansiell vinst och nettot blir negativt.

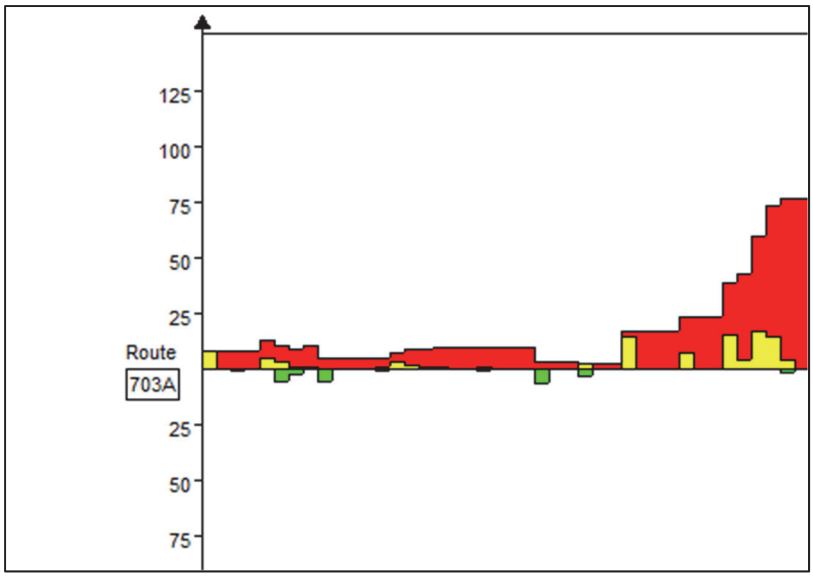
7.4. Busslinje 703

Linjen, 46 km lång i båda riktningar, trafikerar sträckan Sörskogen till Fruängen, dvs. söder om Stockholms innerstad, och avgår var 30 minut under högtrafiktid. Kostnaden är 807 kr per avgång. Nedan visas sträckningen.



Figur 25. Karta över busslinje 703.

För linjen har resmatrisen anpassats så att det inte finns delsträckor för utgångsläget JA där antalet trafikanter är fler än antalet sittplatser. Se beläggningsprofil nedan för hållplatser och delsträckor i båda riktningarna där linjen vänder i mitten. Det horisontella strecket visar antalet sittplatser. Gula staplar står för påstigande per hållplats, gröna för avstigande och röda för beläggningen. På y-axeln anges beläggningen per delsträcka under en timme.



Figur 26. Antagen beläggningsprofil under maxtimmen för busslinje 703.

Tabellen nedan visar genomsnittlig generaliserad kostnad, G, varav pris och tid i utgångsläget JA. Tid står här för alla komponenter: åktid, gångtid och väntetid

Tabell 40. Generaliserad kostnad i tid och pris mätt i kronor och som andelar av G.

Utgångsläge JA	**Kr**	**%**
G	51,7	
varav pris	4,0	7,7
varav tid	47,7	92,3

Vi ser att tidsandelen dominerar stort över prisandelen.

7.4.1. Busslinje 703 – UA SLL

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall dels för utgångsläget JA dels för UA, där de senare har beräknats med optimeringsmodellen.

Tabell 41. Jämförelse mellan JA och UA SLL av pris turintervall och frekvens.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	30,00	2
UA SLL	1,24	29,27	2,05

Observera att optimum betyder lägre pris och i stort sett oförändrad frekvens.

Nedan visas beräkningarna för JA och UA beträffande antal resor, intäkter, kostnader, subventioner och beläggningsgrader.

Tabell 42. Nyckeltal för JA och UA SLL välfärdsoptimum.

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	436	-1 178	1 615	0,27	109	14,80	Kost/resa-p	10,80	22
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Subvention**	$3\theta/6F$	**Beläggningsgrad, %**
	141	-1 514	1 655	0,08	114	14,56		13,41	22
UA SLL-JA	-296	-336	40	-0,19	5	-0,24		2,62	0

Kostnadstäckningsgraden beräknas sjunka från 27 till 8 procent och beläggningsgraden vara oförändrad. Den optimala subventionen per resa är 13,41 kr.

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 43. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA SLL.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	30	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,27
UA SLL	1,24	29,27	339	7	346	-336	10	-6	0,08

Välfärdsvinsten blir mycket. Vinsten för trafikanterna, dvs. förändringen av generaliserad kostnad är ungefär 6 procent.

7.4.2. Busslinje 703 – Kommersiell operatör

För kommersiell operatör antas för UA att frekvensen är lägre än för välfärdsmaximering. Priset är anpassat så att operatören ska gå med en liten vinst, vilket innebär ett pris på 10 kr.

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall för utgångsläget JA och för UA.

Tabell 44. Jämförelse mellan JA och UA KOM av pris turintervall och frekvens.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	30,00	2
UA KOM	10	60,00	1

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 45. Utfall välfärd och vinst i JA och UA KOM.

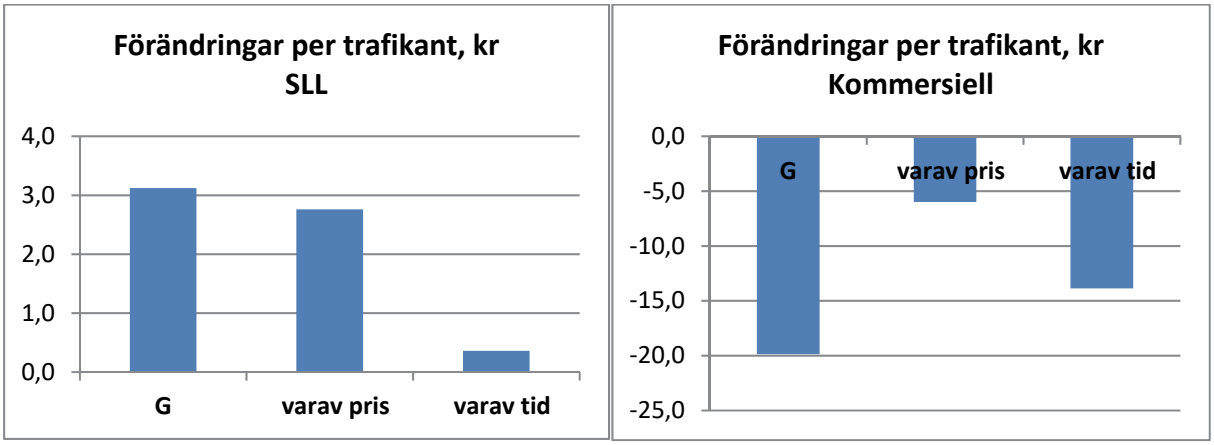
Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	30	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,27
UA KOM	10	60,00	-2 168	-208	-2 376	1 254	-1 122	38	1,09

Vinsten beräknas till 9 procent. Välfärdsnivån sjunker. Utfallet för trafikanterna är avsevärt sämre, en försämring med 38 procent jämfört med en förbättring på 6 procent vid välfärdsmaximering.

7.4.3. Busslinje 703 – SLL kontra kommersiell operatör

Här jämförs utfall i form av trafikanternas standard och i form av välfärdsförändring och dess komponenter.

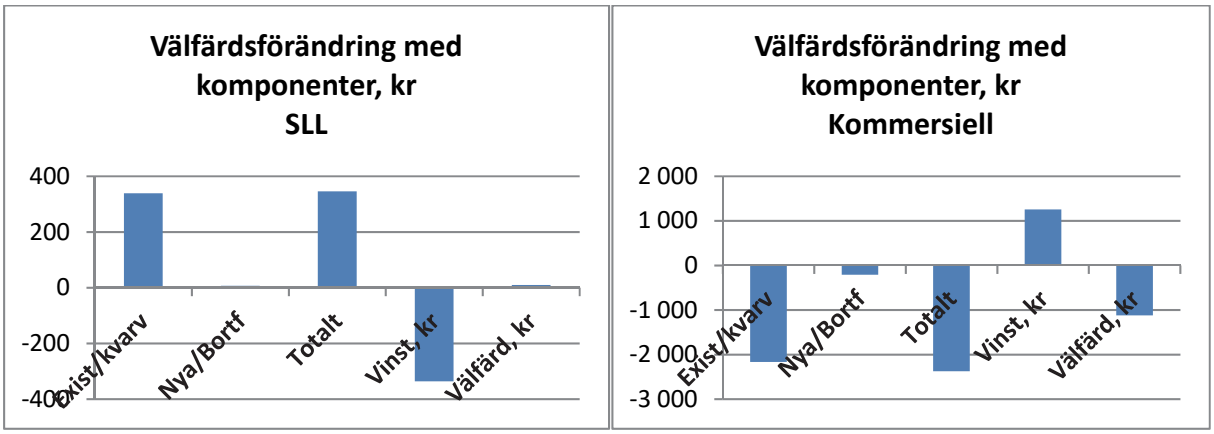
Figuren nedan visar utfallen för trafikanternas standard i termer av generaliserad kostnad, samt varav pris och tid.



Figur 27. Förändringar av generaliserad reskostnad per trafikant UA SLL och UA KOM jämfört med JA.

Trafikanter med SLL som operatör vinner både i form av pris och tid. Totalt sett blir det en vinst Trafikanter med kommersiell operatör förlorar i alla avseenden.

Figuren nedan visar utfallen för välfärdsförändring, förändring av konsumentöverskott, med dess komponenter.



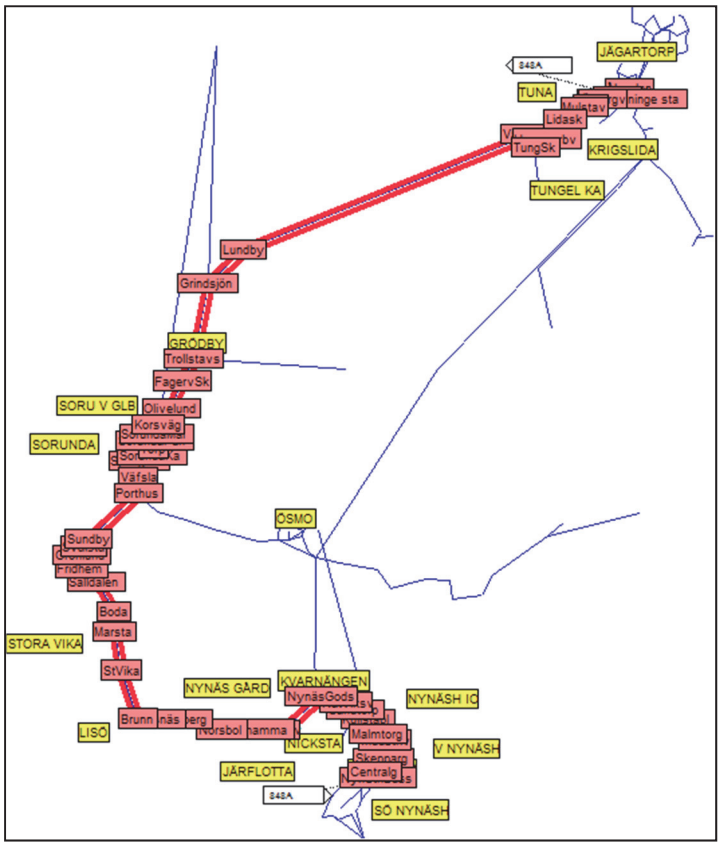
Figur 28. Välfärdsförändring från JA till UA SLL respektive UA KOM.

Med SLL som operatör blir det en liten välfärdsvinst.

Med kommersiell operatör förlorar trafikanterna medan det blir en finansiell vinst men ett negativt välfärdsnetto.

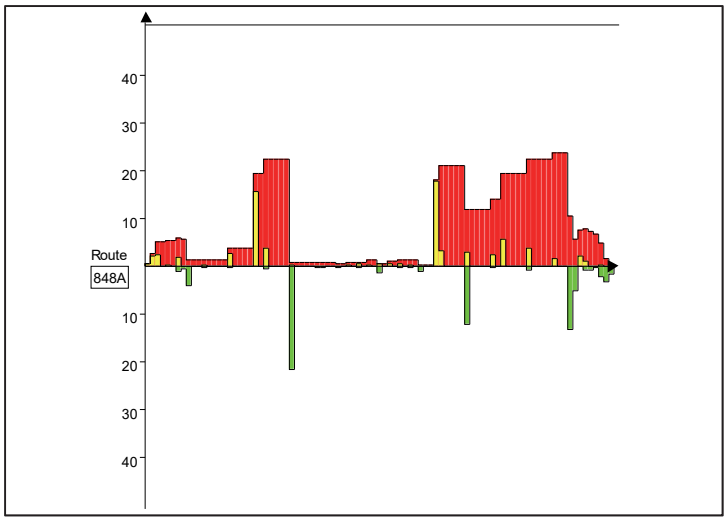
7.5. Busslinje 848

Linjen, 100 km lång i båda riktningar, trafikerar sträckan Nynäshamns station till Västerhaninge station, söder om Stockholm, och avgår var 60:e minut under högtrafiktid. Kostnaden är 1 751 kr per avgång. Nedan visas sträckningen.



Figur 29. Karta över busslinje 848.

För linjen har resmatrisen anpassats så att det inte finns delsträckor för utgångsläget JA där antalet trafikanter är fler än antalet sittplatser. Se beläggningsprofil nedan för hållplatser och delsträckor i båda riktningarna där linjen vänder i mitten. Det horisontella strecket visar antalet sittplatser. Gula staplar står för påstigande per hållplats, gröna för avstigande och röda för beläggningen. På y-axeln anges beläggningen per delsträcka under en timme.



Figur 30. Antagen beläggningsprofil under maxtimmen för busslinje 848.

Tabellen nedan visar genomsnittlig generaliserad kostnad, G, varav pris och tid i utgångsläget JA. Tid står här för alla komponenter: åktid, gångtid och väntetid.

Tabell 46. Generaliserad kostnad i tid och pris mätt i kronor och som andelar av G.

Utgångsläge JA	**Kr**	**%**
G	77,7	
varav pris	4,0	5,2
varav tid	73,7	94,8

Vi ser att tidsandelen dominerar stort över prisandelen.

7.5.1. Busslinje 848 – UA SLL

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall dels för utgångsläget JA dels för UA SLL, där de senare har beräknats med optimeringsmodellen.

Tabell 47. Jämförelse mellan JA och UA SLL av pris turintervall och frekvens.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	60,00	1
UA SLL	1,44	80	0,75

Observera att optimum betyder lägre pris och minskad frekvens.

Nedan visas beräkningarna för JA och UA beträffande antal resor, intäkter, kostnader, subventioner och beläggningsgrader.

Tabell 48. Nyckeltal för JA och UA SLL välfärdsoptimum.

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	293	-3 208	3 501	0,08	73	47,72	Kost/resa-p	43,72	17
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Opt.subv.**	$3\theta / 6F$	**Beläggningsgrad, %**
	100	-2 526	2 626	0,04	69	37,80		36,67	22
UA SLL-JA	-193	682	-875	-0,05	-4	-9,92		-7,06	5

Denna linje är mycket dyr i förhållande till priser och intäkter varför också subvention per resa är mycket hög.

Kostnadstäckningsgraden beräknas sjunka från låga 8 till ännu lägre 4 procent och beläggningsgraden öka från 17 till 22 procent beroende på den minskade frekvensen. Den optimala subventionen per resa är 36,67 kr.

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 49. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA SLL.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	60	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,08
UA SLL	1,44	80,00	-527	-14	-541	682	141	9	0,04

Välfärdsvinsten blir 141 kr i relation till en kostnadssänkning på 875 kr. Förlusten för trafikanterna, dvs. förändringen av generaliserad kostnad är 9 procent.

För denna linje innebär således optimum lägre standard. Intäkter minus kostnader ökar dock så mycket att dessa är större än standardförlusten varför välfärdsvinsten blir positiv.

7.5.2. Busslinje 848 – Kommersiell operatör

För kommersiell operatör antas för UA att frekvensen är lägre än för välfärdsmaximering. Priset är anpassat så att operatören ska gå med en liten vinst, vilket innebär ett pris på 40 kr.

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall för utgångsläget JA och för UA.

Tabell 50. Jämförelse mellan JA och UA KOM av pris turintervall och frekvens.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	60,00	1
UA KOM	40	120,00	0,5

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 51. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA KOM.

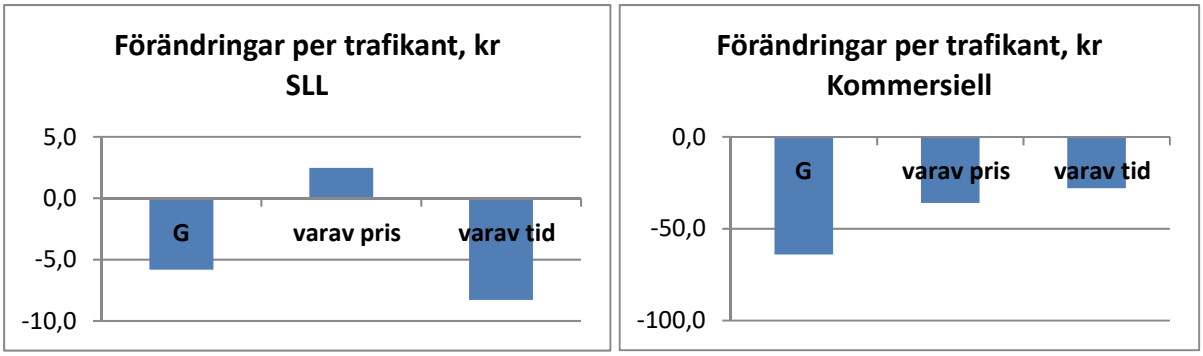
Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	60	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,08
UA KOM	40	120,00	-4 698	-772	-5 470	3 437	-2 034	82	1,13

Vinsten beräknas till 13 procent. Välfärdsnivån sjunker mycket. Utfallet för trafikanterna är avsevärt sämre, en försämring med 82 procent jämfört med en försämring på 9 procent vid välfärdsmaximering.

7.5.3. Busslinje 848 – SLL kontra kommersiell operatör

Här jämförs utfall i form av trafikanternas standard och i form av välfärdsförändring och dess komponenter.

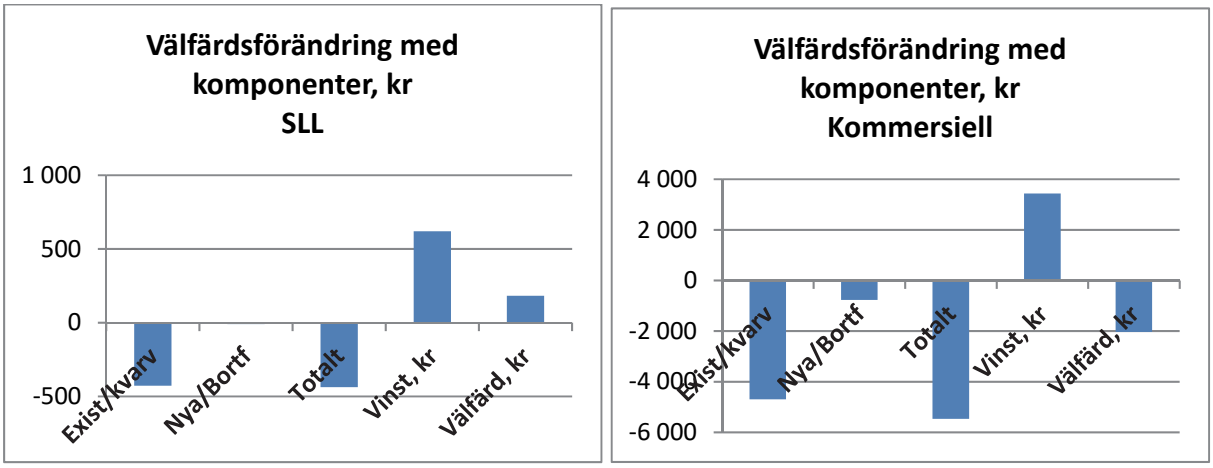
Figuren nedan visar utfallen för trafikanternas standard i termer av generaliserad kostnad, samt varav pris och tid.



Figur 31. Förändringar av generaliserad reskostnad per trafikant UA SLL och UA KOM. jämfört med JA

Trafikanter med SLL som operatör gör en förlust i form av tid men en vinst i form av pris men sammantaget blir det en förlust för trafikanterna. Trafikanter med kommersiell operatör förlorar i alla avseenden och förlusten är tio gånger så stor.

Figuren nedan visar utfallen för välfärdsförändring, förändring av konsumentöverskott, med dess komponenter.

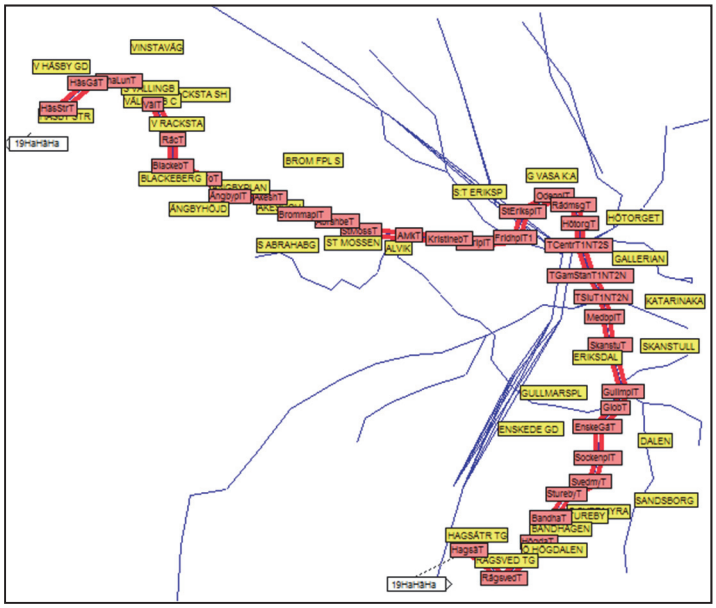


Figur 32. Välfärdsförändring från JA till UA SLL respektive UA KOM.

Med SLL förlorar trafikanterna medan det blir en finansiell vinst och ett positivt välfärdsnetto. Med kommersiell operatör förlorar trafikanterna medan det blir en finansiell vinst och en välfärds-försämring som är tio gånger större än välfärdsvinsten vid välfärdsmaximering.

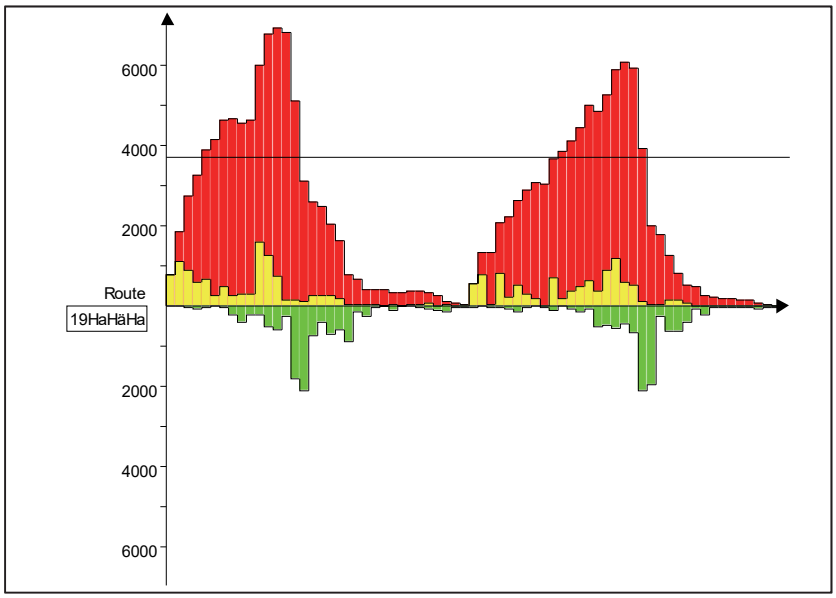
7.6. Tunnelbanelinje 19

Tunnelbanelinje 19, 57 km lång i båda riktningar, trafikerar sträckan Hagsätra till Hässelby strand och har ett turintervall på 6 minuter under högtrafiktid. Kostnaden är 11 962 kr per avgång. Nedan visas sträckningen.



Figur 33. Karta över tunnelbanelinje 19.

För linjen har resmatrisen anpassats så att det finns delsträckor för utgångsläget JA där antalet trafikanter är fler än antalet sittplatser. Se beläggningsprofil nedan för hållplatser och delsträckor i båda riktningarna där linjen vänder i mitten. Det horisontella strecket visar antalet sittplatser. Gula staplar står för påstigande per hållplats, gröna för avstigande och röda för beläggningen. På y-axeln anges beläggningen per delsträcka under en timme.



Figur 34. Antagen beläggningsprofil under maxtimmen för tunnelbanelinje 19.

Tabellen nedan visar genomsnittlig generaliserad kostnad, G, varav pris och tid i utgångsläget JA. Tid står här för alla komponenter: åktid, gångtid och väntetid.

Tabell 52. Generaliserad kostnad i tid och pris mätt i kronor och som andelar av G.

Utgångsläge JA	**Kr**	**%**
G	47,3	
varav pris	4,0	8,4
varav tid	43,3	91,6

Vi ser att tidsandelen dominerar stort över prisandelen.

7.6.1. Tunnelbanelinje 19 – SLL Högtrafik maxtimmen

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall dels för utgångsläget JA dels för UA, där de senare har beräknats med optimeringsmodellen.

Tabell 53. Jämförelse mellan JA och UA SLL i maxtimmen av pris turintervall och frekvens.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	6,00	10
UA SLL	2,64	3,91	15,35

Nedan visas beräkningarna för JA och UA beträffande antal resor, intäkter, kostnader, subventioner och beläggningsgrader.

Tabell 54. Nyckeltal för JA och UA SLL välfärdsoptimum.

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	85 259	-34 364	119 622	0,71	21 311	5,61	Kost/resa-p	1,61	65
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Opt.subv.**	$3\theta / 2F$	**Beläggningsgrad, %**
	59 723	-124 785	184 508	0,32	22 622	8,16		5,37	44
UA SLL-JA	-25 536	-90 421	64 885	-0,39	1 311	2,54		3,76	-21

Kostnadstäckningsgraden sjunker från 71 till 32 procent och den optimala subventionen per resa är 5,37 kr. Den genomsnittliga beläggningsgraden sjunker från 65 till 44 procent. Beläggningsgraden för JA, 65 procent, avser genomsnittlig beläggningsgrad. På mest belastad delsträcka beräknas den vara 165 procent, dvs. att antalet trafikanter där är 65 procent fler än antalet sittplatser. I UA har den mest belastade delsträckan en beläggningsgrad på 113 procent.

Resultat för differensen mellan UA SLL och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 55. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA SLL.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,71
UA SLL	2,64	3,91	135 470	4 166	139 636	-90 421	49 215	-11	0,32

Välfärdsvinsten blir ungefär 49 000 kr i relation till en kostnadsökning på 65 000 kr. Vinsten för trafikanterna, dvs. förändringen av generaliserad kostnad är 11 procent.

7.6.2. Tunnelbanelinje 19 – Kommersiell operatör Högtrafik maxtimmen

För kommersiell operatör antas för UA att frekvensen är lägre än för välfärdsmaximering. Priset är anpassat så att operatören ska gå med en liten vinst, vilket innebär ett pris på 5 kr.

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall för utgångsläget JA och för UA.

Tabell 56. Jämförelse mellan JA och UA KOM i maxtimmen av pris turintervall och frekvens.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	6,00	10
UA KOM	5	7,50	8

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 57. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA KOM.

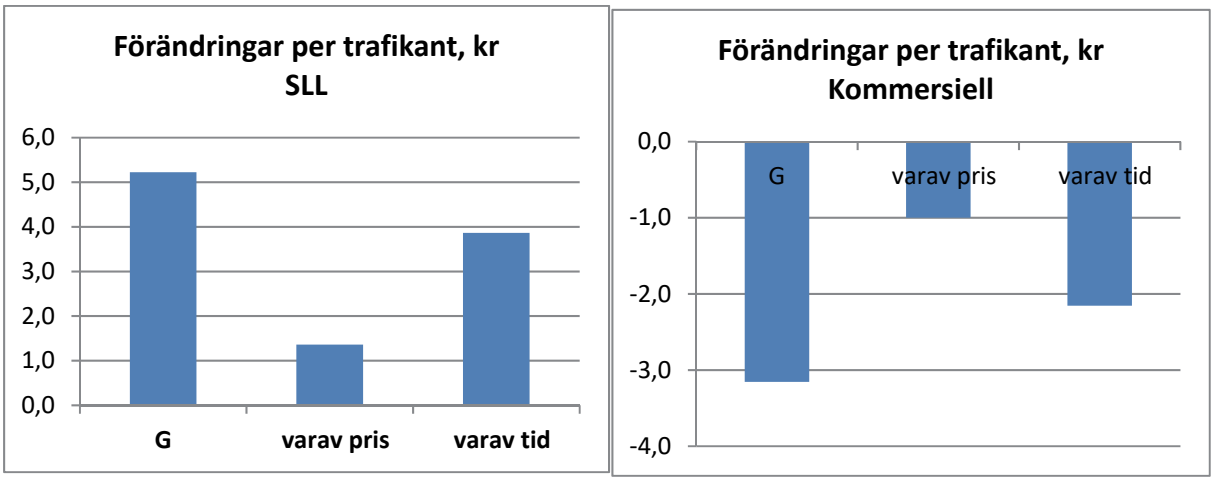
Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,71
UA KOM	5	7,50	-67 234	1 303	-65 931	41 105	-24 826	7	1,07

Vinsten beräknas till 7 procent. Här uppstår en stor välfärdsförlust. Utfallet för trafikanterna innebär en försämring med 77 procent jämfört med en förbättring på 11 procent vid välfärdsmaximering.

7.6.3. Tunnelbanelinje 19 – SLL kontra kommersiell operatör under högtrafik maxtimmen

Här jämförs utfall i form av trafikanternas standard och i form av välfärdsförändring och dess komponenter.

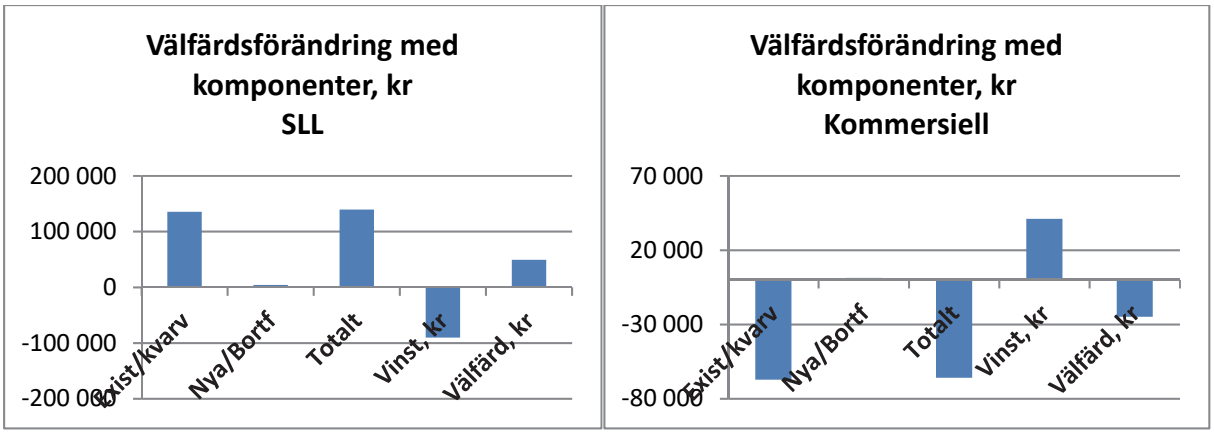
Figuren nedan visar utfallen för trafikanternas standard i termer av generaliserad kostnad, samt varav pris och tid.



Figur 35. Förändringar av generaliserad reskostnad per trafikant UA SLL och UA KOM jämfört med JA.

Trafikanter med SLL som operatör vinner i alla avseenden. Trafikanter med kommersiell operatör förlorar i alla avseenden.

Figuren nedan visar utfallen för välfärdsförändring, förändring av konsumentöverskott, med dess komponenter.



Figur 36. Välfärdsförändring från JA till UA SLL respektive UA KOM.

Med SLL vinner trafikanterna medan det blir en finansiell förlust och ett positivt välfärdsnetto.

Med kommersiell operatör förlorar trafikanterna medan det blir en finansiell vinst och ett negativt välfärdsnetto.

7.6.4. Tunnelbanelinje 19 – SLL, en timmes högtrafik utanför maxtimmen

Antagandet för en timmes högtrafik utanför maxtimmen är att efterfrågan är hälften så stor som under högtrafik maxtimmen. Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall dels för utgångsläget JA dels för UA, där de senare har beräknats med optimeringsmodellen.

Tabell 58. Jämförelse mellan JA och UA SLL utanför maxtimmen av pris turintervall och frekvens.

	Pris	Intervall	Frekvens
JA	4	6,00	10
UA SLL	2,01	6,23	9,63

Vi ser att för en timmes högtrafik utanför maxtimmen är både optimalt pris och optimal frekvens lägre än för maxtimmen.

Nedan visas beräkningarna för JA och UA beträffande antal resor, intäkter, kostnader, subventioner och beläggningsgrader.

Tabell 59. Nyckeltal för JA och UA SLL välfärdsoptimum.

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	42 635	-76 987	119 622	0,36	10 656	11,23	Kost/resa-p	7,23	32
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Opt.subv.**	$3\theta/2F$	**Beläggningsgrad, %**
	21 982	-93 225	115 206	0,19	10 939	10,53		8,57	34
UA SLL-JA	-20 654	-16 238	-4 416	-0,17	284	-0,69		1,34	2

Kostnadstäckningsgraden sjunker från 36 till 19 procent och den optimala subventionen per resa är 8,57 kr. Den genomsnittliga beläggningsgraden ökar från 32 till 34 procent. Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 60. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA SLL.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,36
UA SLL	2,01	6,23	18 585	248	18 833	-16 238	2 595	-4	0,19

Finanserna försämras men konsumentöverskottet ökar så mycket att det blir en välfärdsvinst. Vinsten för trafikanterna, dvs. förändringen av generaliserad kostnad är 4 procent.

Tabellen nedan visar för tunnelbanelinje 19 skillnader för efterfrågan utanför maxtimmen respektive under beträffande optimal subvention, optimalt pris, optimalt turintervall och genomsnittlig beläggning.

Tabell 61. Resultat för maxtimmen och en timme utanför maxtimmen.

UA SLL	Optimal Subvention, kr	Optimalt Pris, kr	Optimalt Turintervall, min.	Beläggning Genomsnitt
Efterfrågan maxtimmen	5,37	2,64	3,91	44
Efterfrågan utanför maxtimmen	8,57	2,01	6,23	34
Skillnad				
kr	3,2	-0,63	2,32	-10
%	60	-24	60	-23

Vi ser att optimal subvention och optimalt turintervall är 60 procent högre vid hälften så stor efterfrågan. Optimalt pris och genomsnittlig beläggning är 24 respektive 23 procent lägre.

7.6.5. Tunnelbanelinje 19 – Kommersiell operatör, högtrafik utanför maxtimmen

För kommersiell operatör antas för UA att frekvensen är lägre än för välfärdsmaximering. Priset är anpassat så att operatören ska gå med en liten vinst, vilket innebär ett pris på 7 kr. Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall för utgångsläget JA och för UA.

Tabell 62. Jämförelse mellan JA och UA KOM utanför maxtimmen av pris turintervall och frekvens.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	6,00	10
UA KOM	7	12	5

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

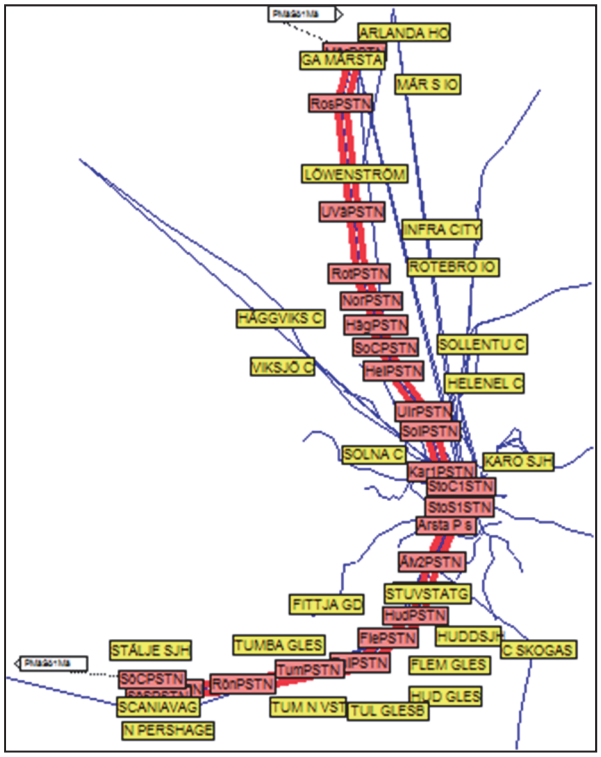
Tabell 63. Utfall välfärd och vinst i JA och UA SLL.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,36
UA KOM	7	12,00	-123 043	7 671	-115 372	82 471	-32 901	24	1,09

Här uppstår en stor välfärdsförlust. Utfallet för trafikanterna innebär en försämring med 24 procent jämfört med en förbättring på knappt 4 procent vid välfärdsmaximering.

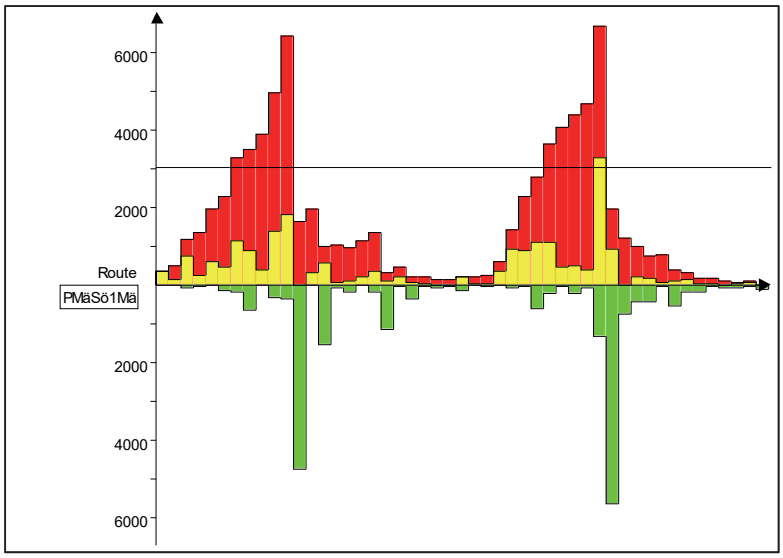
7.7. Pendeltågslinje Märsta–Södertälje

Denna pendeltågslinje, 152 km lång i båda riktningar, avgår varje kvart under högtrafiktid. Nedan visas sträckningen. Kostnaden är 30 437 kr per avgång. Nedan visas sträckningen.



Figur 37. Karta över pendeltågslinje Märsta–Södertälje.

För linjen har resmatrisen anpassats så att det finns delsträckor för utgångsläget JA där antalet trafikanter är fler än antalet sittplatser. Se beläggningsprofil nedan för hållplatser och delsträckor i båda riktningarna där linjen vänder i mitten. Det horisontella strecket visar antalet sittplatser. Gula staplar står för påstigande per hållplats, gröna för avstigande och röda för beläggningen. På y-axeln anges beläggningen per delsträcka under en timme.



Figur 38. Antagen beläggningsprofil under maxtimmen för pendeltågslinje Märsta–Södertälje.

Tabellen nedan visar genomsnittlig generaliserad kostnad, G, varav pris och tid i utgångsläget JA. Tid står här för alla komponenter: åktid, gångtid och väntetid. Kostnaden är 12 175 kr per avgång.

Tabell 64. Generaliserad kostnad i tid och pris mätt i kronor och som andelar av G.

Utgångsläge JA	**Kr**	**%**
G	65,1	
varav pris	4,0	6,1
varav tid	61,1	93,9

Vi ser att tidsandelen dominerar stort över prisandelen.

7.7.1. Pendeltågslinje Märsta–Södertälje – SLL

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall dels för utgångsläget JA dels för UA, där de senare har beräknats med optimeringsmodellen.

Tabell 65. Jämförelse mellan JA och UA SLL av pris turintervall och frekvens.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	15,00	4
UA SLL	1,50	6,88	8,72

Nedan visas beräkningarna för JA och UA beträffande antal resor, intäkter, kostnader, subventioner och beläggningsgrader.

Tabell 66. Nyckeltal för JA och UA SLL välfärdsoptimum-

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	84 493	-37 254	121 747	0,69	21 123	5,76	Kost/resa-p	1,76	53
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Opt.subv.**	$3\theta/2F$	**Beläggningsgrad, %**
	35 204	-230 233	265 437	0,13	23 472	11,31		9,46	27
UA SLL-JA	-49 288	-192 978	143 690	-0,56	2 349	5,54		7,70	-26

Kostnadstäckningsgraden sjunker från 69 till 13 procent. Den genomsnittliga beläggningsgraden sjunker från 53 till 28 procent. Den optimala subventionen per resa är 9,46 kr. Beläggningsgraden för JA, 53 procent, avser genomsnittlig beläggningsgrad. På mest belastad delsträcka beräknas den vara 220 procent, dvs. att antalet trafikanter där är 120 procent fler än antalet sittplatser. I UA har den mest belastade delsträckan en beläggningsgrad på 111 procent.

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 67. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA SLL.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	15	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,69
UA SLL	1,5	6,88	235 596	13 101	248 697	-192 978	55 719	-17	0,13

Välfärdsvinsten blir ungefär 56 000 kr i relation till en kostnadsökning på 144 000 kr. Vinsten för trafikanterna, dvs. förändringen av generaliserad kostnad är 17 procent.

7.7.2. Pendeltågslinje Märsta–Södertälje – Kommersiell operatör

För kommersiell operatör antas för UA att frekvensen är lägre än för välfärdsmaximering. Priset är anpassat så att operatören ska gå med en liten vinst, vilket innebär ett pris på 4,50 kr.

Tabellen nedan visar pris, frekvens och turintervall för utgångsläget JA och för UA.

Tabell 68. Jämförelse mellan JA och UA KOM av pris turintervall och frekvens.

	Pris	Turintervall H	Frekvens F
JA	4	15,00	4
UA KOM	4,5	20,00	3

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd ges av tabellen nedan.

Tabell 69. Priser, finansieringsgrader samt utfall för vinst och välfärd för UA KOM.

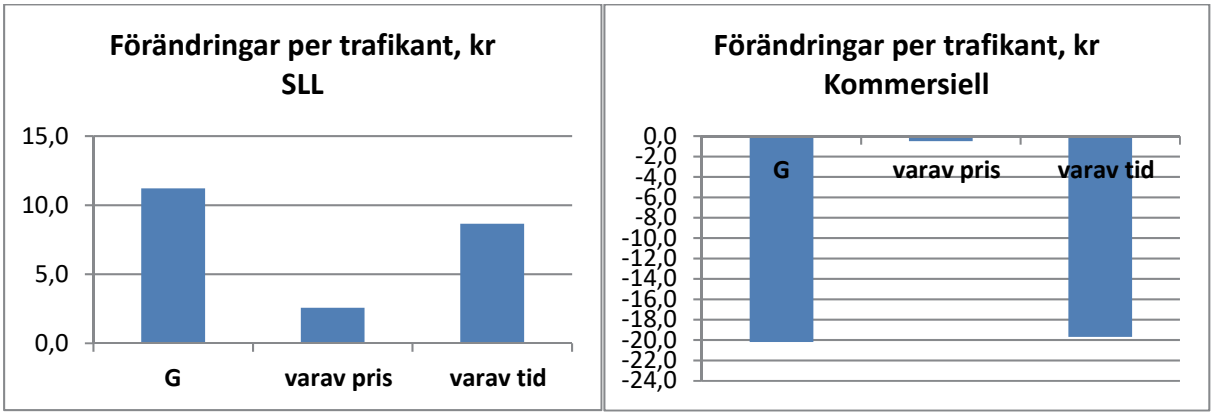
Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	15	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,69
UA KOM	4,5	20,00	-426 725	-3 353	-430 077	39 537	-390 540	42	1,03

Vinsten beräknas till 3 procent. Här uppstår en stor välfärdsförlust. Utfallet för trafikanterna innebär en försämring med 42 procent jämfört med en förbättring på 17 procent vid välfärdsmaximering.

7.7.3. Pendeltågslinje Märsta–Södertälje – SLL kontra kommersiell operatör

Här jämförs utfall i form av trafikanternas standard och i form av välfärdsförändring och dess komponenter.

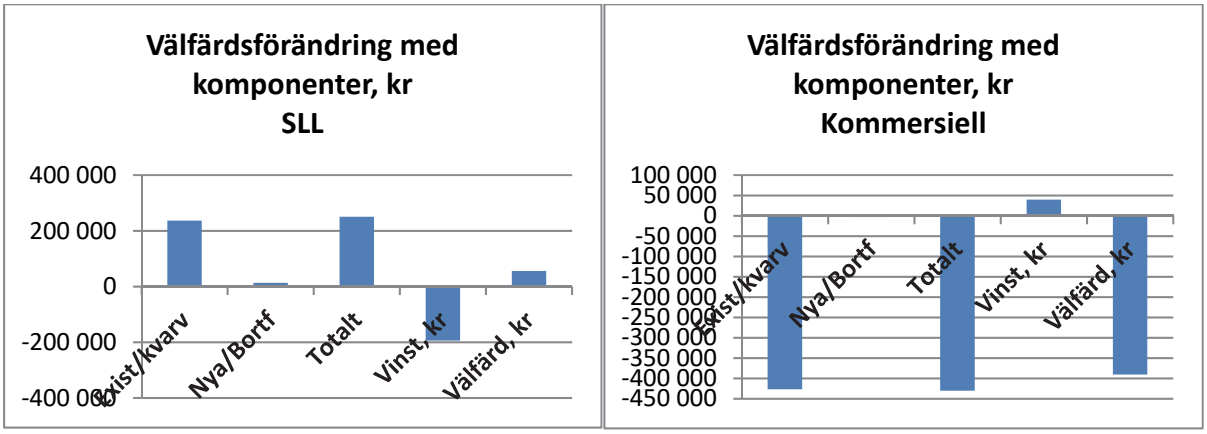
Figuren nedan visar utfallen för trafikanternas standard i termer av generaliserad kostnad, samt varav pris och tid.



Figur 39. Förändringar av generaliserad reskostnad per trafikant UA SLL och UA KOM jämfört med JA.

Trafikanter med SLL som operatör vinner i alla avseenden. Trafikanter med kommersiell operatör förlorar i alla avseenden.

Figuren nedan visar utfallen för välfärdsförändring, förändring av konsumentöverskott, med dess komponenter.



Figur 40. Välfärdsförändring från JA till UA SLL respektive UA KOM.

Med SLL vinner trafikanterna medan det blir en finansiell förlust och ett positivt välfärdsnetto.

Med kommersiell operatör förlorar trafikanterna medan det blir en finansiell vinst och välfärdsnettot blir negativt.

7.8. Sammanställning av nyckelresultat

Nedanstående tabeller sammanfattar resultat från huvudscenariet för respektive linje: Antal resor, pris, intervall, frekvens, subvention, beläggningsgrader, dvs. antal trafikanter dividerat med antal sittplatser (snitt och maximal), kostnadstäckningsgrader samt förändringar (UA-JA) av kostnader respektive välfärdsnivå.

Tabell 70. Busslinje 4.

	Resor antal	**Pris**	**Intervall**	**Frekvens**	**Subvention, kr**	**Beläggning, %**		**Kostnads-täckningsgrad, %**	**Förändringar UA-JA**	
						Snitt	Max		Kostnad, kr	Välfärd, kr
JA	4 577	4	6	10	-0,42	68	125	112		
UA SLL	5 553	2,05	3,02	19,85	4,16	41	69	35	16 483	16 841
UA KOM	4 660	4,4	5	12	-0,18	58	104	104	3 275	3 535

Tabell 71. Busslinje 70.

	Resor antal	**Pris**	**Intervall**	**Frekvens**	**Subvention, kr**	**Beläggning, %**		**Kostnads-täckningsgrad, %**	**Förändringar UA-JA**	
						Snitt	Max		Kostnad, kr	Välfärd, kr
JA	218	4	15,00	4	6,70	43	68	37		
UA SLL	220	2,66	16,26	3,69	7,45	47	73	27	-135	28
UA KOM	191	6	30	2	0,10	76	119	107	-1 167	-649

Tabell 72. Busslinje 124.

	Resor antal	**Pris**	**Intervall**	**Frekvens**	**Subvention, kr**	**Beläggning, %**		**Kostnads-täckningsgrad, %**	**Förändringar UA-JA**	
						Snitt	Max		Kostnad, kr	Välfärd, kr
JA	85	4	30,00	2	1,71	16	49	70		
UA SLL	96	0,2	17,91	3,35	8,21	11	34	7	327	211
UA KOM	80	5	40	1,5	-0,43	19	61	109	-121	-313

Tabell 73. Busslinje 703.

	Resor antal	Pris	Intervall	Frekvens	Subvention, kr	Beläggning, %		Kostnads-	Förändringar UA-JA	
						Snitt	Max	täckningsgrad, %	Kostnad, kr	Välfärd, kr
JA	109	4	30,00	2	10,80	22	41	27		
UA SLL	114	1,24	29,27	2,05	13,41	22	51	10	40	10
UA KOM	88	10	60	1	-0,84	36	123	109	-807	-1 122

Tabell 74. Busslinje 848.

	Resor antal	Pris	Intervall	Frekvens	Subvention, kr	Beläggning, %		Kostnads-	Förändringar UA-JA	
						Snitt	Max	täckningsgrad, %	Kostnad, kr	Välfärd, kr
JA	73	4	60,00	1	43,72	17	42	8		
UA SLL	69	1,44	80,00	0,75	36,67	21	59	4	-875	141
UA KOM	49	40	120	0,5	-4,46	24	66	105	-1 751	-2 034

Tabell 75. Tunnelbanelinje 19.

	Resor antal	Pris	Intervall	Frekvens	Subvention, kr	Beläggning, %		Kostnads-	Förändringar UA-JA	
						Snitt	Max	täckningsgrad, %	Kostnad, kr	Välfärd, kr
JA	21 311	4	6,00	10	1,61	65	164	71		
UA SLL	22 622	2,64	3,91	15,35	5,35	44	113	32	64 885	49 215
UA KOM	20 485	5	7,5	8	-0,33	78	198	107	-23 925	-24 826

Tabell 76. Pendeltågslinje Märsta–Södertälje.

	Resor antal	Pris	Intervall	Frekvens	Subvention, kr	Beläggning, %		Kostnads-	Förändringar UA-JA	
						Snitt	Max	täckningsgrad, %	Kostnad, kr	Välfärd, kr
JA	21 123	4	15,00	4	1,76	53	220	69		
UA SLL	23 472	1,5	6,88	8,72	9,46	27	111	13	143 690	64 712
UA KOM	20 791	4,5	20	3	-0,11	69	290	103	91 310	-390 540

Genomgående för alla linjer blir välfärdsförändringen positiv med optimal pris och optimal frekvens jämfört med kommersiellt pris och kommersiell frekvens, med ett undantag. För busslinje 4 blir det även en välfärdsvinst med kommersiell drift jämfört med utgångsläget, men avsevärt mindre än för välfärdsmaximering, UA SLL. Detta beror givetvis på att utgångsläget JA är långt ifrån optimalt.

Tabellen nedan redovisar utfallen för UA SLL och UA KOM i genomsnitt för alla linjer, beträffande pris, frekvens subvention och välfärdsförändring.

Tabell 77. Utfall för UA SLL och UA KOM i genomsnitt.

	Pris, kr	Frekvens	Subvention, kr	Välfärd, kr
UA SLL	1,68	7,68	12,10	18 737
UA KOM	10,70	4,00	-0,89	-59 421

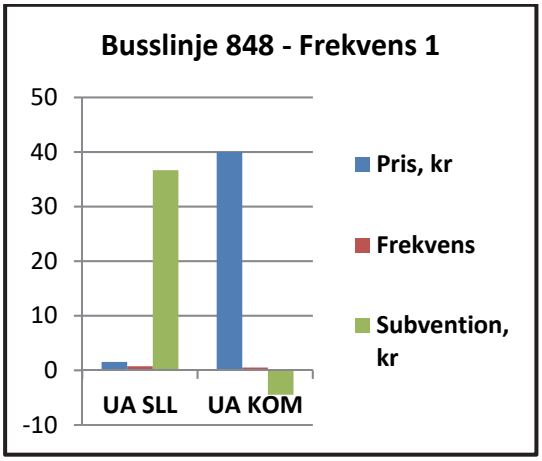
Välfärdsoptimum jämfört med kommersiell drift ger lägre pris, högre frekvens, högre subvention och en välfärdsförbättring jämfört med en försämring.

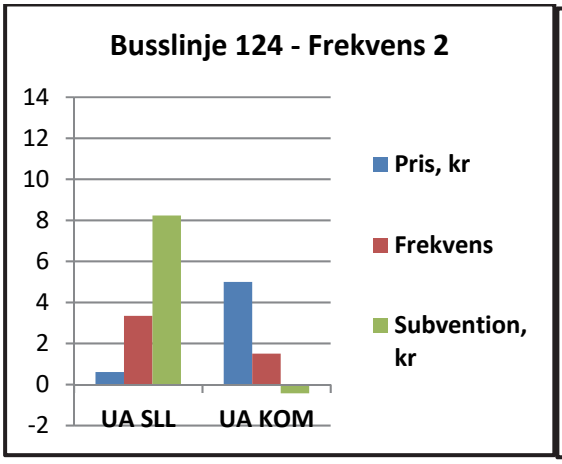
7.9. Sammanställning av subventionsgrader

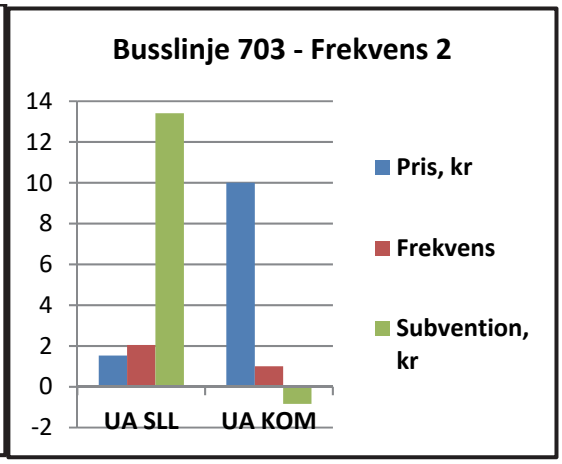
Nedanstående figur visar för de olika linjerna pris och frekvens för UA SLL respektive för UA KOM. För UA SLL kommer pris och frekvens från optimeringsmodellen, dvs. optimalt pris och optimal frekvens. För en kommersiell operatör, UA KOM, är pris och frekvens anpassat så att det blir en liten vinst. Den frekvens som anges i rubriken är den som föreligger i utgångsläget i JA. Figuren är grupperade efter frekvens i utgångsläget: frekvens 1, frekvens 2, frekvens 4 och frekvens 10. Busslinje 848 med frekvens 1 är mycket dyr i förhållande till intäkterna varför också den optimala subventionen per resa är mycket hög.

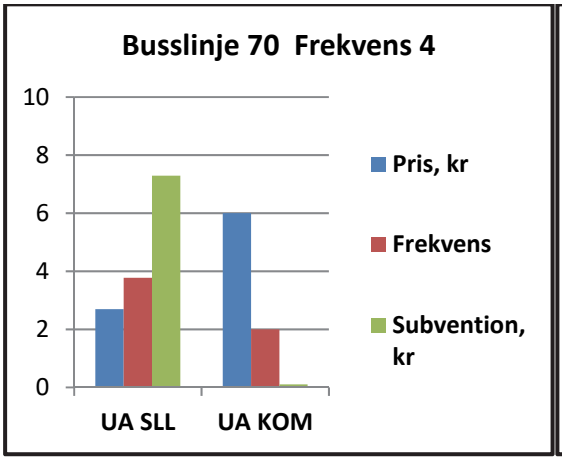
För UA SLL är subventionen den optimala, baserad på optimalt pris och optimal frekvens.

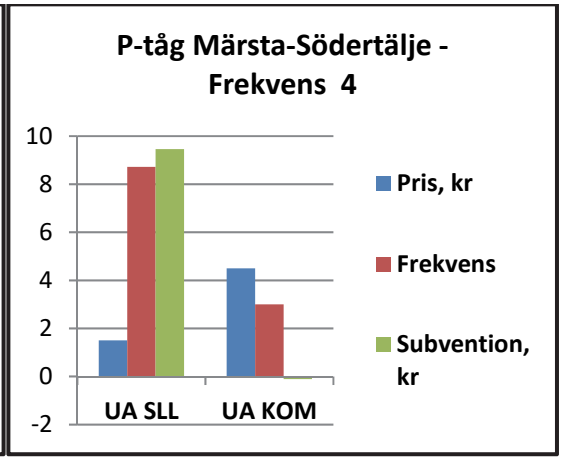
För UA KOM är subventionen helt enkelt skillnaden mellan driftkostnad per resa och pris per resa.

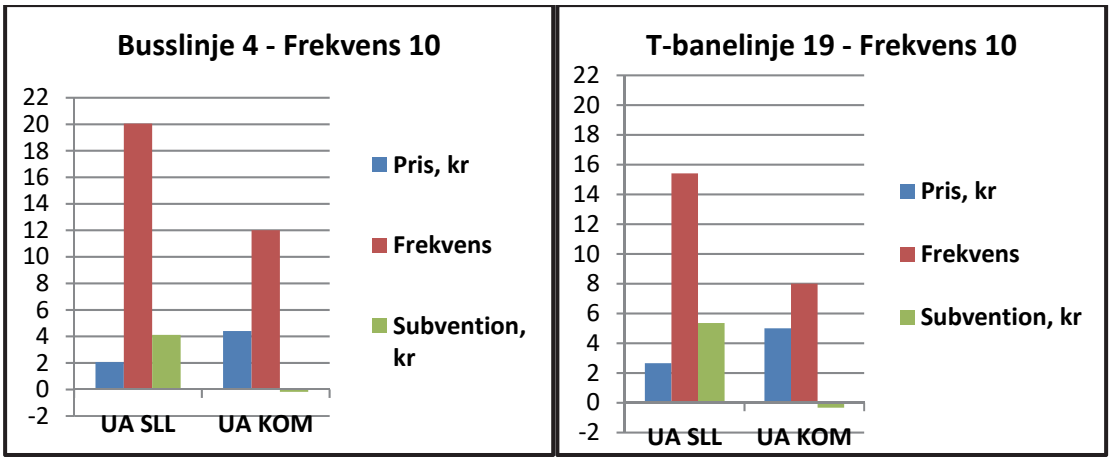










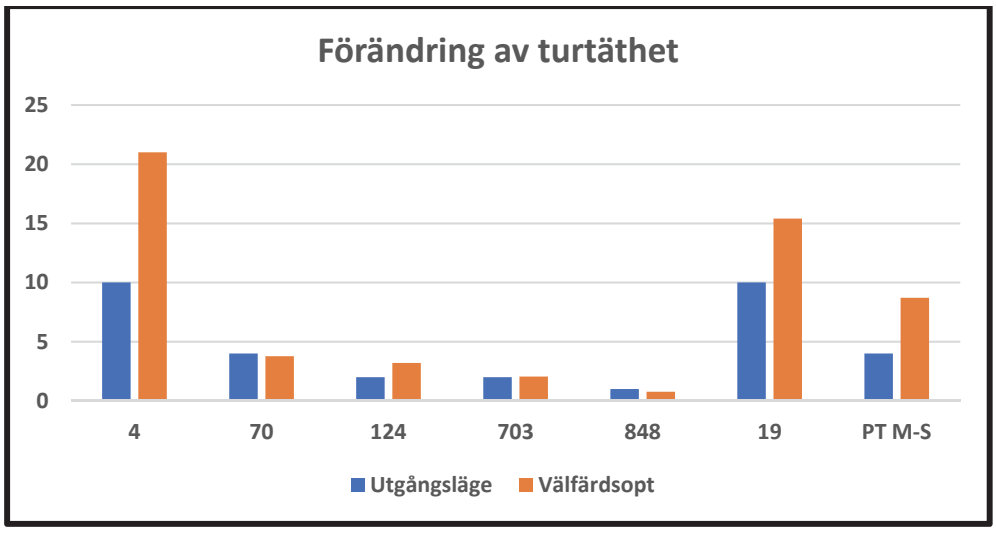


Figur 41. Pris frekvens och subvention.

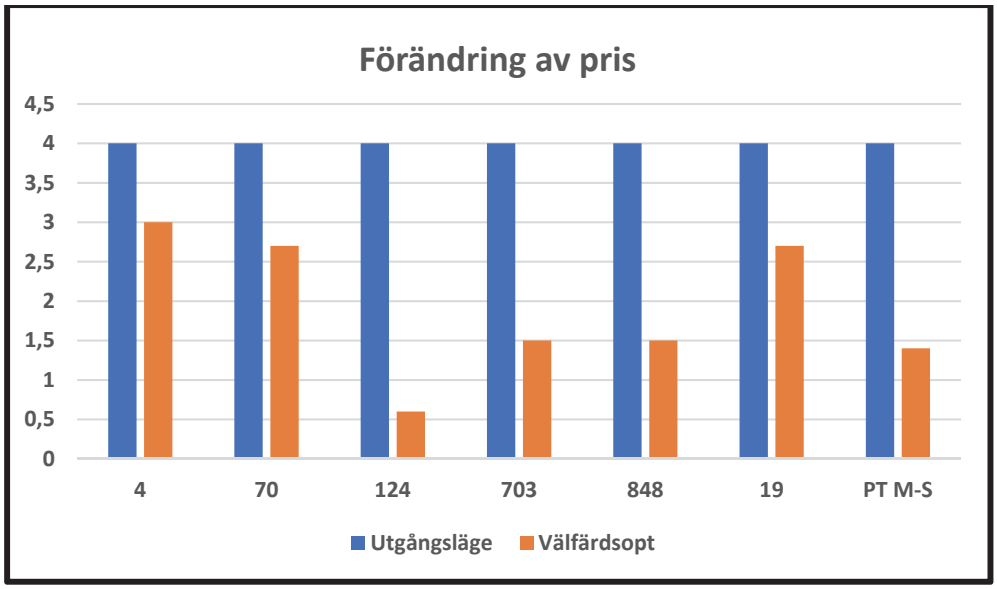
För samtliga linjer ser vi, helt i enlighet med samhällsekonomisk teori, att:

- Samhällsekonomiskt optimalt pris är lägre än kommersiellt,
- Samhällsekonomisk optimal frekvens är högre än kommersiell,
- Samhällsekonomisk optimal subvention är högre än kommersiell.

Vi sammanfattar nu de viktigaste iakttagelserna från de analyserade linjerna. I Figur 42 framgår att de optimala turtätheterna är högre i alla linjer utom två. För lågt belagda linjer har optimum inneburit lägre frekvens.



Figur 42. Turtäthet i utgångsläget och i välfärdsoptimum för de olika linjerna.



Figur 43. Pris i utgångsläget och i välfärdsoptimum för de olika linjerna.

I Figur 43 framgår att de optimala priserna är lägre än priserna i utgångsläget för alla linjer.

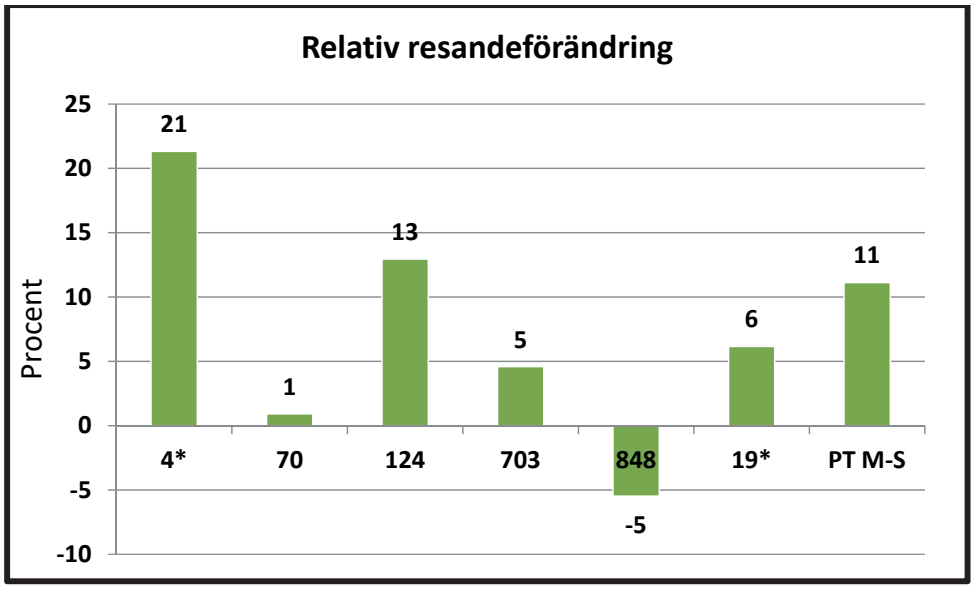
Eftersom resandet per avgång i utgångsläget skiljer sig mycket mellan de olika linjerna redovisar vi antal påstigande per avgång under maxtimmen per linje i tabellform (Tabell 76).

Tabell 78. Antal påstigande under maxtimmen.

Antal påstigande per avgång							
Linje	4*	70	124	703	848	19*	PT M-S*
Utgångsläge	4 577	218	85	109	73	21 311	21 123

* Linjer där antalet trafikanter är fler än antalet sittplatser på vissa delsträckor.

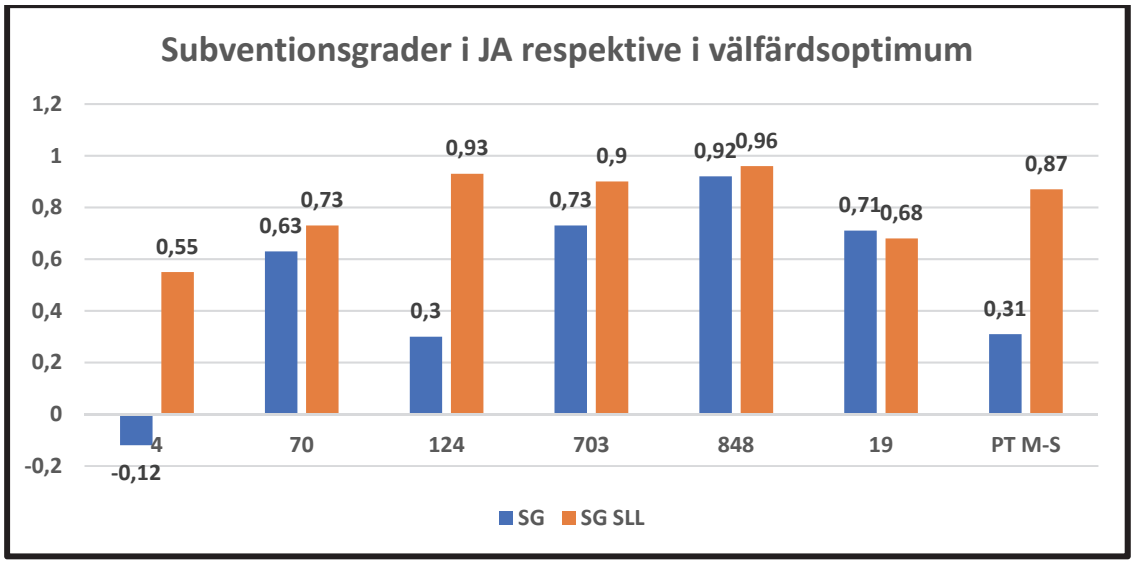
Den relativa förändringen av antal resor från utgångsläget till välfärdsoptimum redovisas i Figur 44.



Figur 44. Relativ resandeförändring i procent för de olika linjerna.

Notera att de största relativa resandeförändringarna uppstår för linje 4, 124, pendeltågslinjen och tunnelbanelinje 19. Jämför vi linjerna med störst relativa turtäthetsökningar så är så är pendeltågslinjen, 4, 124 och tunnelbanelinje 19, dvs samma grupp om än i något ändrad storleksordning. Kom ihåg att det är turtäthetsökningar som genererar väntetidsvinster.

Subventionsgraden ökar från JA till UA SLL för samtliga linjer men i olika grad (Se Figur 45). I genomsnitt ökar den från 26 till 71 procent. Att den genomsnittliga subventionsgraden blir så låg beror på att graden är negativ för den turtäta linje 4. Om vi bortser från linje 4 blir subventionsgraden 42 procent i JA och 78 procent i UA SLL.



Figur 45. Subventionsgrader för respektive linje i utgångsläge respektive i välfärdsoptimum.

Figur 45 visar att välfärdsoptimerande priser och turtäthet leder till ökad subventionsgrad. För vissa linjer ökar subventionsgraden endast måttligt medan den för andra ökar kraftigt.

Sammantaget indikerar den föreliggande analysen att beaktande av restidsvinster i många fall kan innebära både lägre priser, högre turtätheter och därmed högre subventionsgrad än vad dagens utbud

innebär. Resultaten varierar dock mycket från linje till linje och vi kan därför inte ge någon tumregel för hur mycket en enskild linje eller en kollektivtrafikhuvudman bör subventionera. En rekommendation för en enskild linje kräver en egen analys. Det kan dock inte uteslutas att finna någorlunda tillämpbara schabloner för att ringa in välfärdsoptimala priser och turtätheter för grupper av linjer.

Subventionsgraderna i UA SLL beror av de antagna tidsvärderingarna. Skulle dessa vara lägre så skulle också subventionsgraderna i UA SLL vara lägre. Likaså, om vi hade tillämpat skattefaktor 1 skulle subventionsgraderna också ha blivit lägre.

8. Känslighetsanalyser

Vi har nämnt att antagandena om tidsvärderingar spelar roll för optimala subventioner, optimala frekvenser och därmed för optimala priser. För att belysa betydelsen har vi gjort några känslighets-analyser för busslinje 4 och för tunnelbanelinje 19 under antaganden om lägre tidsvärderingar.

Dessa känslighetsanalyser har genomförts med antagandet att när åktidsvärdet varierar så varierar väntetidsvärdet med åktidsvärdet. Emellertid har inte trängseltidsvärderingen antagits variera med tidsvärdet.

8.1. Känslighet för tidsvärderingar

8.1.1. Busslinje 4 – SLL, högtrafik maxtimmen

För linje 4 som har turintervall under tio minuter antar vi att tidsvärderingarna är hälften så stora som antaget för utgångsläget, 27,50 kr för åktid och 82,50 kr för väntetid.

Med antagna tidsvärderingar för JA och UA beträffande antal resor, intäkter, kostnader, subvention och beläggningsgrader fick vi följande resultat.

Tabell 79. Nyckeltal för JA och UA SLL välfärdsoptimum.

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	18 317	1 943	16 374	1,12	4 577	3,58	Kost/resa-p	-0,42	68
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Optimal subvention**		**Beläggningsgrad, %**
	11 382	-21 475	32 857	0,35	5 553	5,92		4,16	41
UA SLL-JA	-6 935	-23 418	16 483	-0,77	975	2,34		4,58	-27

Med halva tidsvärderingarna får vi följande resultat.

Tabell 80. Nyckeltal för JA och UA SLL välfärdsoptimum med halva tidsvärderingen.

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	18 317	1 943	16 374	1,12	4 577	3,58	Kost/resa-p	-0,42	68
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Optimal subvention**		**Beläggningsgrad, %**
	12 808	-13 390	26 198	0,49	5 103	5,13		2,57	44
UA SLL-JA	-5 509	-15 333	9 824	-0,63	526	1,56		3,00	-24

Beläggningsgraden för UA blir naturligtvis högre med lägre turtäthet. Kostnaderna blir lägre och intäkterna högre. Den optimala subventionen blir lägre.

Av tabellerna 81 och 82 framgår att kostnadstäckningsgraden beräknas sjunka från 112 till 49 procent med halva tidsvärdet i stället för till 35 procent.

Resultat för differensen mellan UA SLL och JA för konsumentöverskott och välfärd blev följande med antagna tidsvärderingar.

Tabell 81. Utfall välfärd och vinst i JA och UA SLL.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	1,12
UA SLL	2,05	3,02	36 383	3 876	40 259	-23 418	16 841	-17,56	0,35

Med halva tidsvärderingarna får vi följande resultat.

Tabell 82. Utfall välfärd och vinst i JA och UA SLL halva tidsvärdet.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	1,12
UA SLL	2,51	3,75	19 226	1 105	20 330	-15 333	4 997	-15,49	0,49

Med halva tidsvärderingar får vi en betydligt lägre välfärdsvinst jämfört med vinsten med de antagna.

Tabellen nedan sammanfattar resultaten för optimal subvention, optimalt pris och optimalt turintervall, med antagna tidsvärderingar och med hälften av dessa.

Tabell 83. Optimal subvention, pris och turintervall.

UA SLL	Optimal subvention, kr	Optimalt pris, kr	Optimalt turintervall, min.
Antagna tidsvärden	4,11	2,06	2,99
1/2 av antagna tidsvärden	2,53	2,51	3,75
Skillnad 1/2 jämfört med antagna			
Kr	-1,58	0,45	0,76
%	-38	22	25

Med halva tidsvärderingarna minskar optimal subvention med 38 procent samt ökar optimalt pris och optimalt turintervall med 22 respektive 25 procent

8.1.2. Tunnelbanelinje 19 – SLL Högtrafik maxtimmen

För tunnelbanelinje 19 som har turintervall över tio minuter har vi gjort två alternativa antaganden om tidsvärderingar.

A) Tidsvärderingarna är hälften så stora som de antagna, 27,50 kr för åktid och 82,50 kr för väntetid.

B) Tidsvärderingarna är en tiondel av de antagna, 5,50 kr för åktid och 16,50 kr för väntetid.

Tabellen nedan sammanfattar resultaten för optimal subvention, optimalt pris och optimalt turintervall, med antagna tidsvärderingar, och med hälften respektive en tiondel av dessa.

Tabell 84. Optimal subvention, pris och turintervall.

UA SLL	Optimal subvention, kr	Optimalt pris, kr	Optimalt turintervall, min.
Antagna tidsvärden	5,35	2,65	3,89
1/2 av antagna tidsvärden	3,33	3,23	4,85
Skillnad 1/2 jmf m antagna			
kr	-2,02	0,58	
%	-38	22	7
1/10 av antagna tidsvärden	0,95	4,15	6,92
Skillnad 1/10 jmf m antagna			
kr	-4,40	1,50	3,03
%	-82	57	78

Med halva tidsvärderingarna är:

- Subventionen 38 procent lägre än med antagna tidsvärden
- Optimalt pris är 22 procent högre än med antagna tidsvärden
- Turintervallet 7 procent högre än med antagna tidsvärden

Med en tiondel av tidsvärderingarna är:

- Subventionen 82 procent lägre än med antagna tidsvärden
- Optimalt pris 57 procent högre än med antagna tidsvärden
- Turintervallet 78 procent högre än med antagna tidsvärden *och högre* än i utgångsläget

Med antagna tidsvärderingar för JA och UA beträffande antal resor, intäkter, kostnader, subvention och beläggningsgrader fick vi följande resultat.

Tabell 85. Nyckeltal för JA och UA SLL välfärdsoptimum.

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	85 259	-34 364	119 622	0,71	21 311	5,61	Kost/resa-p	1,61	65
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Optimal subvention**		**Beläggningsgrad, %**
	59 940	-124 568	184 508	0,32	22 618	8,16		5,35	44
UA SLL-JA	-25 319	-90 204	64 885	-0,39	1 307	2,54		3,74	-21

Med A, halva tidsvärderingarna, får vi följande resultat.

Tabell 86. Nyckeltal för JA och UA SLL välfärdsoptimum med halva tidsvärderingen.

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	85 259	-34 364	119 622	0,71	21 311	5,61	Kost/resa-p	1,61	65
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Optimal subvention**		**Beläggningsgrad, %**
	59 723	-124 785	184 508	0,32	22 622	8,16		5,37	44
UA SLL-JA	-25 536	-90 421	64 885	-0,39	1 311	2,54		3,76	-21

Beläggningsgraden för UA blir naturligtvis högre med lägre turtäthet. Kostnaderna blir lägre och intäkterna högre. Den optimala subventionen blir lägre.

Med B, en tiondel av tidsvärderingarna, får vi följande resultat.

Tabell 87. Nyckeltal för JA och UA SLL välfärdsoptimum med en tiondels tidsvärdet.

JA	Sum int	Int-kost	sumkost	Int/kost	sum resor	kost/resa	Subvention		Beläggningsgrad, %
	85 259	-34 364	119 622	0,71	21 311	5,61	Kost/resa-p	1,61	65
UA SLL	**Sum int**	**Int-kost**	**sumkost**	**Int/kost**	**sum resor**	**kost/resa**	**Optimal subvention**		**Beläggningsgrad, %**
	86 864	-18 376	105 240	0,83	20 880	5,04		0,94	72
UA SLL-JA	1 605	15 987	-14 383	0,11	-431	-0,57		-0,68	7

Beläggningsgraden för UA blir naturligtvis ännu högre med lägre turtäthet. Kostnaderna blir ännu lägre och intäkterna ännu högre. Den optimala subventionen blir än lägre.

Resultat för differensen mellan UA och JA för konsumentöverskott och välfärd blev följande med antagna tidsvärderingar.

Tabell 88. Utfall välfärd och vinst i JA och UA SLL.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,71
UA SLL	2,64	3,91	135 470	4 166	139 636	-90 421	49 215	-11,03	0,32

Med A, halva tidsvärderingarna, får vi följande resultat.

Tabell 89. Utfall välfärd och vinst i JA och UA SLL halva tidsvärdet.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,71
UA SLL	3,23	4,85	44 958	929	45 886	-41 944	3 942	-8,22	0,48

Precis som för linje 4 finner vi att välfärdsvinsten och subventionen blir lägre med halva tidsvärderingarna.

Med B, en tiondel av tidsvärderingarna, får vi följande resultat.

Tabell 90. Utfall välfärd och vinst i JA och UA SLL med en tiondels tidsvärde.

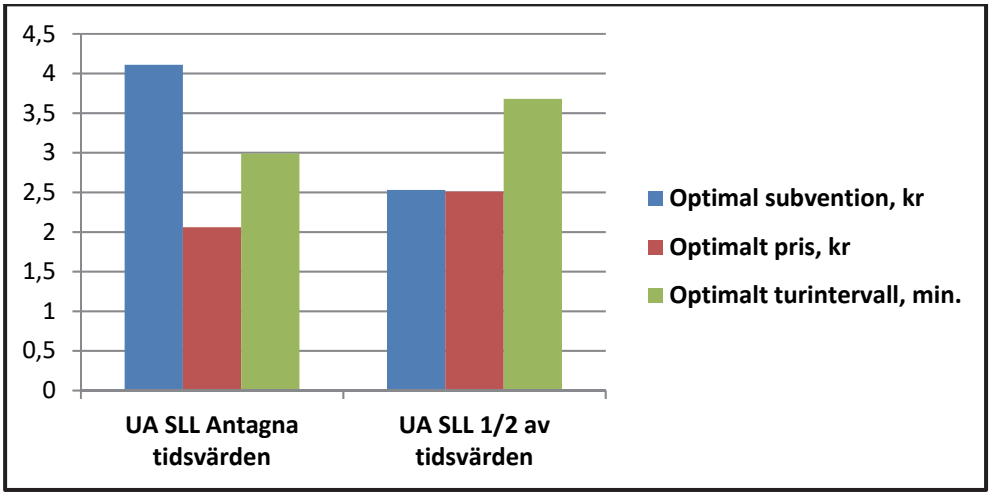
Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	0,71
UA SLL	4,16	6,82	-1 763	-18	-1 781	15 987	14 206	1,61	0,83

Med en tiondel av tidsvärderingarna blir välfärdsökningen större än för hälften av tidsvärderingarna beroende på att det högre priset ger en stor finansiell vinst samtidigt som förlusten av konsumentöverskott blir relativt liten.

8.1.3. Slutsatser av känslighet för tidsvärderingar

Busslinje 4

Figuren nedan sammanfattar resultaten för optimal subvention, optimalt pris och optimalt turintervall, med antagna tidsvärderingar och med hälften av dessa.



Figur 46. Förändring av optimal subvention, pris och turtäthet vid halva tidsvärdet.

Med halva tidsvärderingarna minskar optimal subvention med 38 procent samt ökar optimalt pris och optimalt turintervall med 22 respektive 25 procent

För busslinje 4 har vi fått följande utfall beträffande optimalt pris, optimalt turintervall och förändring av välfärd, antagna tidsvärden respektive för hälften av dessa.

Tabell 91. Optimal subvention, pris och turintervall.

UA SLL	Optimalt pris, kr	Optimalt turintervall, min	Förändring av välfärd, kr
Antagna tidsvärden	2,06	2,99	6 480
1/2 av tidsvärden	2,51	3,75	4 977

Med halva tidsvärderingar blir både optimalt pris och optimalt turintervallet högre.

Med halva tidsvärderingar får vi mindre välfärdsvinst.

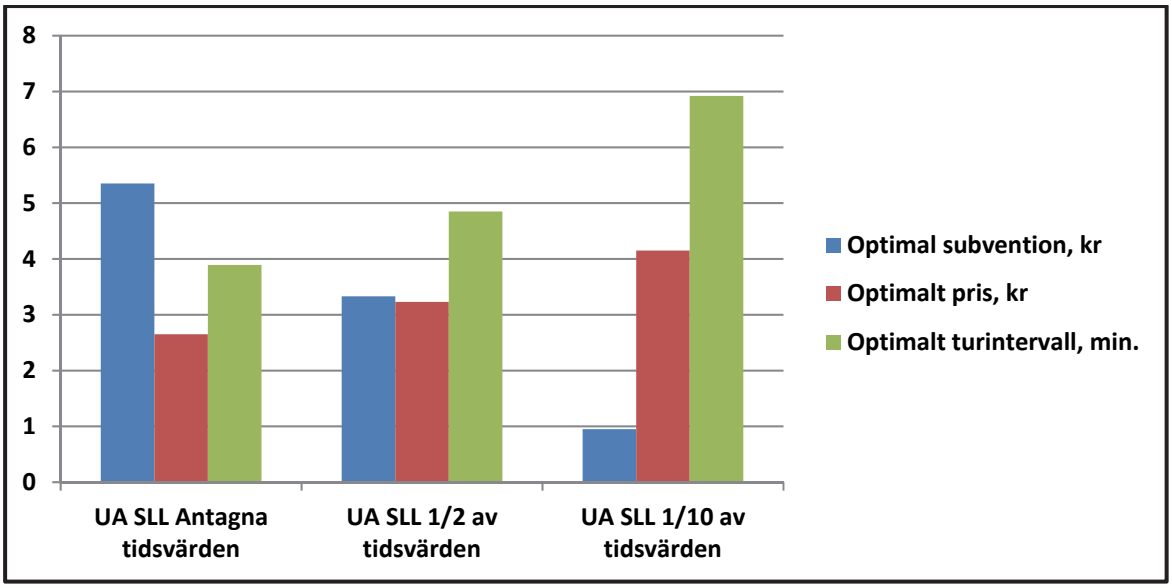
Tunnelbanelinje 19

För tunnelbanelinje 19 har vi gjort två alternativa antaganden om tidsvärderingar.

A) Tidsvärderingarna är hälften så stora som de antagna, 27,50 kr för åktid och 82,50 kr för väntetid.

B) Tidsvärderingarna är en tiondel av de antagna, 5,50 kr för åktid och 16,50 kr för väntetid.

Figuren nedan sammanfattar resultaten för optimal subvention, optimalt pris och optimalt turintervall, med antagna tidsvärderingar, och med hälften respektive en tiondel av dessa.



Figur 47. Förändring av optimal subvention, pris och turtäthet vid halva och en tiondel av tidsvärdet.

Med halva tidsvärderingarna är:

- Subventionen 38 procent lägre än med antagna tidsvärden
- Optimalt pris är 22 procent högre än med antagna tidsvärden
- Turintervallet 7 procent högre än med antagna tidsvärden

Med en tiondel av tidsvärderingarna är:

- Subventionen 82 procent lägre än med antagna tidsvärden
- Optimalt pris 57 procent högre än med antagna tidsvärden
- Turintervallet 78 procent högre än med antagna tidsvärden *och högre* än antaget för utgångsläget

8.2. Känslighet för skattefaktor

Vi har inte antagit någon skattefaktor för ”dödviktskostnad”. Här har vi för busslinje 4 gjort en känslighetsanalys under antagande om att skattefaktorn är 1,3.

I optimeringsmodellen söks normalt det pris och den frekvens som ger välfärdsmaximum baserat på konsumentöverskott plus producentöverskott. Med skattefaktorn baseras välfärdsmaximum dessutom på ett påslag på 30 procent av kostnader minus intäkter. Då går optimalt pris upp och optimal frekvens ned.

I tabellen återges de tidigare redovisade resultaten för konsumentöverskott och välfärd utan skattefaktorn.

Tabell 92. Utfall välfärd och vinst i JA och UA SLL med Skattefaktorn=1.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	1,12
UA SLL	2,05	3,02	36 383	3 876	40 259	-23 418	16 841	-17,56	0,35

I tabellen återges resultaten för konsumentöverskott och välfärd med skattefaktorn=1,3.

Tabell 93. Utfall välfärd och vinst i JA och UA SLL med Skattefaktorn=1,3.

Operatör	Förutsättningar		Konsumentöverskott, kr			Differenser			Int/kost
	p	H							
JA	4	6	Exist/kvarv	Nya/Bortf	Totalt	Vinst, kr	Välfärd, kr	G, %	1,12
UA SLL	20,1	3,66	-45 201	-3 200	-48 401	51 610	18 692	35	3,00

Med beaktande av skattefaktorn uppträder en finansiell vinst på 51 610 kr som ger ett positivt tillskott på 15 483 kr från skattefaktorn (30 procent av intäkter minus kostnader). Här blir det således en finansiell vinst i stället för en subvention. Detta beror på det tio gånger högre priset och det högre turintervallet. Välfärdsvinsten blir något större men det blir en försämring för trafikanterna på 35 procent jämfört med en förbättring på 18 procent utan hänsyn till skattefaktorn.

Att i praktiken tillämpa skattefaktorn och tillämpa det pris och den frekvens som då är optimala kräver att finansieringen via biljettpriser anses nödvändig jämfört med skattefinansiering. Med finansierande prissättning sjunker också efterfrågan på kollektivtrafik med konsekvensen att biltrafiken och dess externa kostnader ökar, vilket drar ned välfärdsnivån.

9. Slutsatser

9.1. Optimala priser och optimal frekvens

Både ekonomisk teori och de teoretiska avsnitten i föreliggande arbete indikerar att det är samhällsekonomiskt effektivt att subventionera kollektivtrafik.

I enlighet med samhällsekonomisk teori, indikerar de beräkningar som genomförts här att:

- Samhällsekonomiskt optimalt pris är lägre än priset i utgångsläget och än lägre än det som kan förväntas i kommersiell trafik,
- Samhällsekonomisk optimal frekvens är oftast högre än frekvensen i utgångsläget och än högre än den som kan förväntas i kommersiell trafik,
- Samhällsekonomisk optimal subvention är högre än subventionen i utgångsläget.

Dessa numeriska resultat utgör starka indikationer på att subventionering av kollektivtrafik med stor efterfrågan är samhällsekonomiskt lönsamt.

Från utgångsläget ökar välfärdsnivån med optimala priser och frekvenser medan den minskar med kommersiell operatör. Det finns ett undantag för en linje, linje 4, där välfärdsnivån ökar både med välfärdsoptimerande pris och frekvens och med kommersiell drift men väsentligt mer vid välfärdsoptimering.

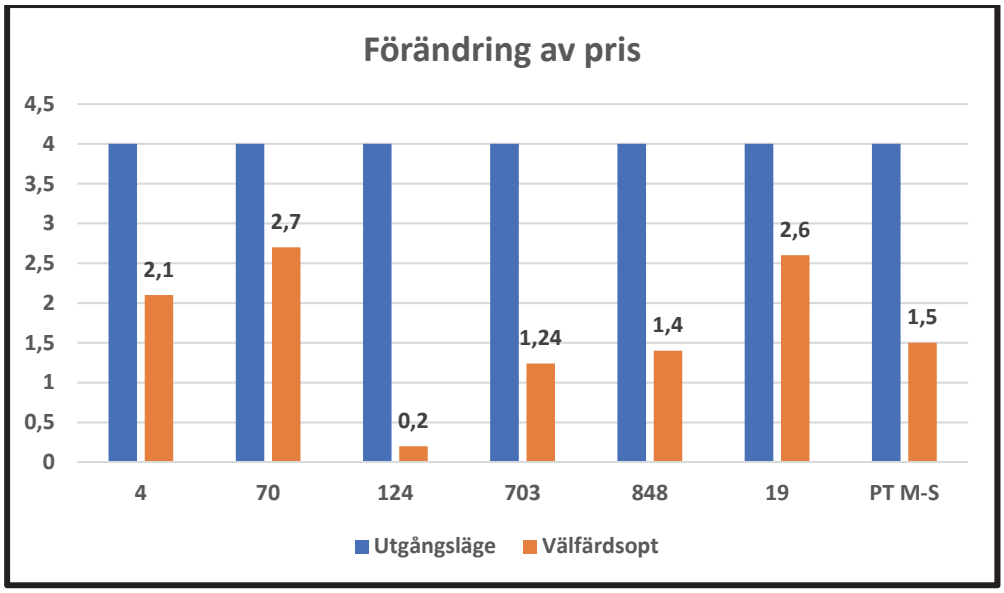
Genomgående har vi sett att välfärdsoptimum innebär lägre pris än i utgångsläget. Däremot kan subventionen per resa både minska och öka, eftersom den är en funktion både av driftkostnad per resa och av väntetidskostnad per resa. För de flesta linjer innebär optimum också högre frekvens än i utgångsläget. För lågt belagda linjer har optimum inneburit lägre frekvens.

Att optimalt pris är lägre och frekvensen högre är en konsekvens av antagna trafikantvärderingar för beläggning (trängsel) och väntetid samt skattefaktor lika med 1. Resultaten speglar således konsekvenserna av dessa värderingar – om de är riktiga. Skulle tidsvärderingarna vara lägre eller skattefaktorn vara högre än antaget skulle både optimalt pris vara högre och optimal frekvens vara lägre.

Även om optimala priser kan vara högre och optimala frekvenser lägre indikerar resultaten att lägre priser än idag för kollektivtrafik i tätorter med många resande är välfärdsförbättrande.

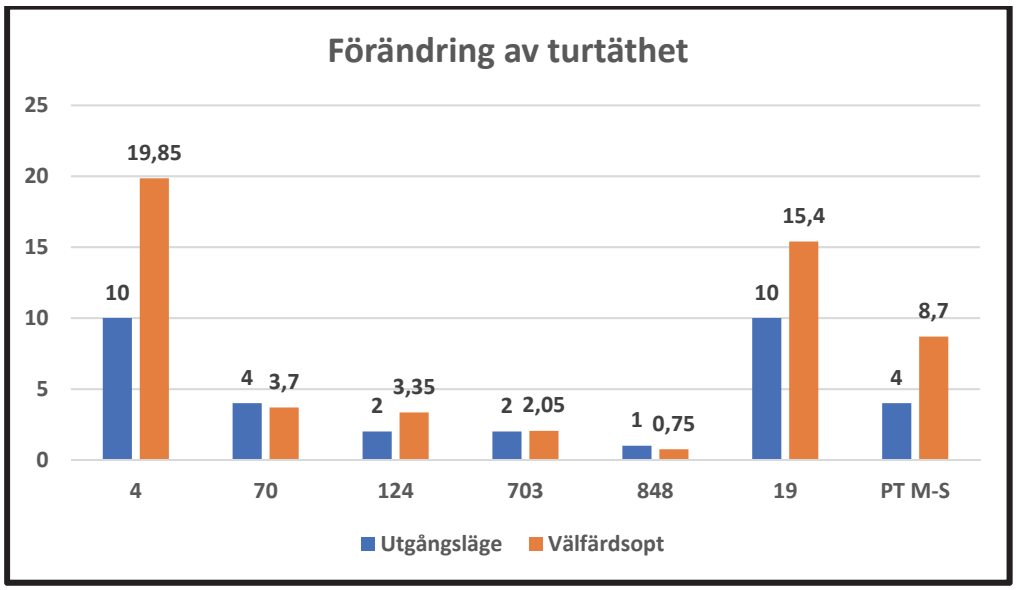
Vi ser också att drift i kommersiell regi skulle ge sämre samhällsekonomiskt utfall än samhällsekonomiskt optimala priser och frekvenser. Speciellt tydligt blir värdet av subvention när vi jämför utfall från i välfärdsoptimum med ett utbud från en kommersiell operatör.

Figur 48 visar att de optimala priserna för alla linjer är lägre än dem som antagits för utgångsläget.



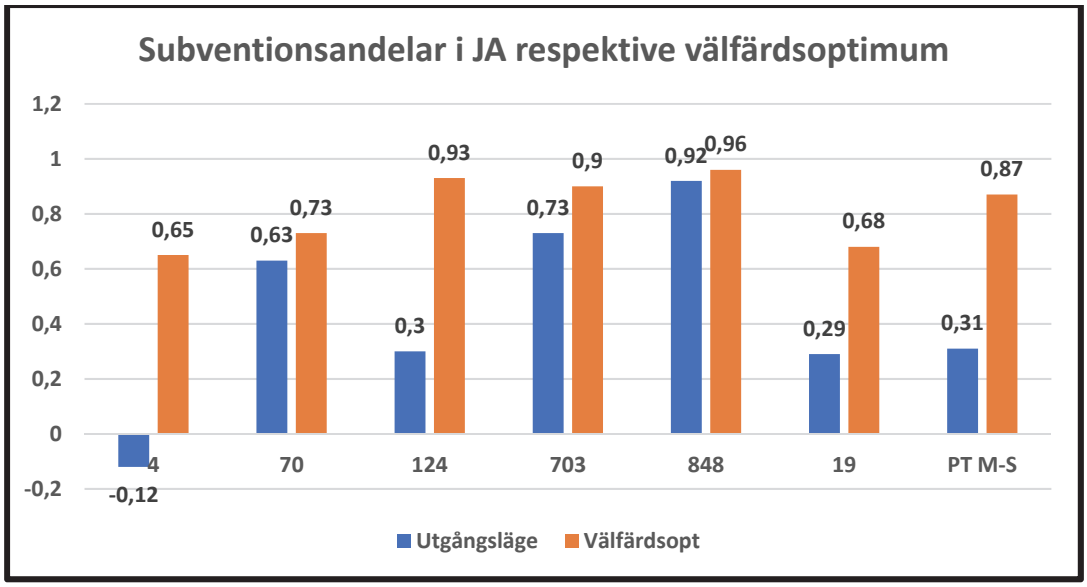
Figur 48. Förändring av pris från utgångsläge till välfärdsoptimum.

Att gå från utgångsläget till ett välfärdsoptimum innebär för de flesta linjer dessutom högre frekvens än i utgångsläget. Endast för de lågt belagda linjerna 70 och 848 innebär optimum lägre frekvens (Figur 49).



Figur 49. Förändring av turtäthet från utgångsläge till välfärdsoptimum.

Sammantaget leder lägre pris och mestadels högre turtäthet till ökad subventionsandel.



Figur 50. Subventionsgrader i utgångsläget och i välfärdsoptimum för de olika linjerna.

Figur 50 visar att välfärdsoptimerande priser och turtäthet leder till ökad subventionsgrad. För vissa linjer ökar subventionsgraden endast måttligt medan den för andra ökar kraftigt.

9.2. Välfärdsoptimum jämfört med kommersiell drift

Tabellen nedan redovisar utfallen för UA SLL (välfärdsoptimum) och för UA KOM (kommersiell drift) i genomsnitt för alla linjer, beträffande pris, frekvens, subvention och välfärdsförändring.

Tabell 94. Pris, frekvens, subvention och välfärd för välfärdsoptimum och för kommersiell drift.

	Pris, kr	Frekvens	Subvention, kr	Välfärd, kr
UA SLL	1,68	7,68	12,10	18 737
UA KOM	10,70	4,00	-0,89	-59 421

Vi ser att välfärdsoptimum jämfört med kommersiell drift innebär lägre pris, högre frekvens, större subvention och större välfärdsförbättring. Utfallen för kommersiell operatör i relation till välfärdsoptimum är i praktiken problematiskt. Trafikantförlusterna är stora och biltrafiken skulle öka, vilket också politiskt är svårsmältbart. Då är dessutom hänsyn taget endast till rörliga driftkostnader. En kommersiell operatör skulle dessutom behöva kompenseras för fasta kostnader. Slutsatsen är att kommersiell drift av urban kollektivtrafik är mycket svårt att realisera.

9.3. Känslighet för tidsvärderingar

Känslighetsanalyserna visar att tidsvärderingarna har stor roll för utfallet beträffande subventionerna, priserna, turintervallen och storleken på välfärdsförändringarna. För linje 4 innebär halva tidsvärderingarna att optimalt pris och optimalt turintervall blir 22 respektive 25 procent högre. För tunnelbanelinje 19 innebär halva tidsvärderingarna att optimalt pris och optimalt turintervall blir 22 respektive 25 procent högre.

För en tiondel av tidsvärderingarna blir optimalt pris och optimalt turintervall 57 respektive 78 procent högre. För detta antagande blir både optimalt pris och optimalt turintervall högre än i utgångsläget.

Både från teoretisk utgångspunkt och från de numeriska beräkningarnas resultat kan vi fastslå att subventionering är samhällsekonomiskt lönsamt.

Att nivåerna på optima för subventionen, priset och turintervallet varierar så starkt med tidsvärderingarna gör att vi inte utan vidare kan säga att de antagna tidsvärderingarna ger de optimala nivåerna.

Känsligheten för tidsvärderingar kan eventuellt leda till ifrågasättande av de antagna tidsvärderingar som ASEK 6 rekommenderar. Kanske kunde förnyade studier av tidsvärderingar vara värda att överväga?

9.4. Känslighet för skattefaktor

Vi har för busslinje 4 gjort en känslighetsanalys under antagande om att skattefaktorn är 1,3. Med beaktande av skattefaktor uppträder en finansiell vinst på 51 610 kr som ger ett positivt tillskott på 15 483 kr från skattefaktorn (30 procent av intäkter minus kostnader). Resultaten beror på att priset nu är tio gånger högre och även turintervallet är högre. Även här blir välfärdsnettot positivt.

Att i praktiken tillämpa skattefaktor och tillämpa det pris och den frekvens som då är optimala kräver att finansieringen via biljettpriser av finansiella skäl anses överlägset jämfört med skattefinansiering. Med finansierande prissättning blir också efterfrågan på kollektivtrafik lägre med konsekvensen att biltrafiken och dess externa kostnader blir högre, vilket drar ned välfärdsnivån.

9.5. Fördelningseffekter

Vi vet att välfärdsoptimum innebär lägre priser jämfört med utgångsläget. Detta ökar välfärden för alla kollektivtrafikanter. Men det uppstår ett finansiellt underskott som måste finansieras. Om underskottet finansieras med ökad inkomstskatt är förlorarna de vars skatteökning är större än den nytta de får av sänkta priser och ökad turtäthet. De som sällan eller aldrig åker kollektivt förlorar på skattehöjningen, en förlust som ökar med inkomsten. Finansieras istället förändringarna med neddragningar i andra delar av den offentliga budgeten är det svårare att generellt identifiera vinnare och förlorare, även om de individer som drar nytta av verksamheter där budgetarna minskas (t.ex. i sjukvården) förlorar.

Fördelningsprofilen tenderar således att gynna låginkomsttagare mer medan höginkomsttagare förlorar. Detta innebär dock inte att kollektivtrafik är ett effektivt medel för omfördelning. Skatter och socialförsäkringssystemen är mer träffsäkra för den uppgiften.

Ramsey-prissättning höjer priserna för resor under högtrafik, mest arbetsresor. Att priserna inte höjs under lågtrafiktid, utan kanske till och med kan sänkas gör att vissa låginkomsttagare t.ex. studerande och pensionärer kan vinna på detta.

Fördelningar knutna till skatter riktade mot biltrafik skulle kunna handla om fördelningseffekterna av att höja olika skattesatserna för de olika skatterna. Dessa fördelningseffekter skulle kunna jämföras med exempelvis fördelningseffekterna av höjda kollektivtrafikpriser.

9.6. Trafikverkets frågor

Varför subventioneras kollektivtrafik idag?

Denna studie är en samhällsekonomisk studie av i första hand vilken grad av subventionering som kan motiveras utifrån en positiv externalitet som ofta har kallats Mohringeffekten. I likhet med flera tidigare studier finner vi att ganska hög grad av subventionering kan motiveras med detta argument. Studien gör dock inget psykologiskt, sociologiskt eller statsvetenskapligt försök att analysera varför väljare och politiker vill subventionera kollektivtrafik. Det förekommer ytterst få studier av välfärdsoptimal kollektivtrafik i Sverige men i praktiken subventioneras kollektivtrafik. Väljarnas och politikernas motiv för subventionering kan vara delvis andra än de samhällsekonomiska, men det är intressant att teori och

praktik leder till liknande slutsatser.

Vilka samhällsekonomiska och effektivitetsbetingade motiv finns för subventionering av kollektivtrafik?

Vi har funnit ett stort antal olika motiv. Vår bedömning är dock att tidsvinster i form av väntetidsvinster räcker mer än väl för att motivera dagens subventioner och kanske borde de vara högre, förutsatt de tidsvärderingar som vi använt här och som Trafikverket tillämpar.

Hur omfattande bör subventioneringen i så fall vara?

Våra resultat visar att optimala subventioner är mycket känsliga för de specifika förutsättningar som gäller för varje enskild linje. En noggrann, dvs. en välfärdsoptimal, hushållning med skattemedel, förutsätter därför också att priser och utbud därför anpassas för separat linje. En sådan specifik anpassning ät i praktiken i det närmaste omöjlig. Det kan dock inte uteslutas att finna någorlunda tillämpbara schabloner för att ringa in välfärdsoptimala priser och turtätheter för grupper av linjer.

Referenser

Asplund, D. och Pyddoke, R.:(2017) A new model for analyzing differentiated fares and frequencies for urban bus services in small cities, K2 Working papers 2017:8

Asplund, D. och Pyddoke, R.:(kommande) Socially optimal fares and frequencies for urban bus services in small cities, CTS Working paper

ASEK 6.0 (2016a). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn, Kapitel 5 Övergripande kalkylparametrar. Trafikverket version 2016-04-01

ASEK 6.0 (2016b). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn, Kapitel 7 Tid och kvalitet i persontrafik. Trafikverket version 2016-04-01

Basso, L.J., Jara-Díaz, S.R. (2010): ”The Case for Subsidisation of Urban Public Transport and the Mohring Effect . Journal of Transport Economics and Policy, Volume 44, Part 3, September 2010, pp. 365–372

Baumol, W.J., and D.F. Bradford: (1970): "Optimal Departures from Marginal Cost Pricing". American Economic Review vol. 60 (June), pp. 265-283

Balcombe, R. (editor), R. Mackett, N. Paulley, J. Preston, J. Shires, H. Titheridge, M. (2004). *Demand for public transport*, TRL Report 593

Bondemark, A, Johansson, E.: ”Optionsvärden i kollektivtrafiken- Framtid, osäkerhet och försäkring”. K” WORKING PAPERS 2017:2, 2017-03-24

Butcher, L.: (2013) Buses: grants and subsidies, House of Commons Library. Hämtad 21 November 2017 från www.parliament.uk/business/ publications/research/briefing-papers/SN01522/buses-grants-and-subsidies.

Börjesson, M., Eliasson, J. och Isacsson, G.: (2013) Infrastrukturens påverkan på ekonomisk tillväxt, rapport utgiven av Konjunkturinstituet, i Tillväxt- och sysselsättningseffekter av infrastrukturinvesteringar, FoU och utbildning – En littteraturöversikt.

Börjesson, M., Fung, C.M., Proost, S. (2017) Optimal prices and frequencies for buses in Stockholm, Economics of Transportation, 9, pp. 20–36.

Börjesson, M., Fung, C.M., Proost, S. och Yan, Z. (2017b) Cycling tolls and optimal number of bus stops – the importance of congestion and crowding, CTS working paper 2017:10.

Else, P. K.(1985): "Optimal Pricing and Subsidies for Scheduled Transport Services". Journal of Transport Economics and Policy, September.

ETC (2016) Flera lyckade försök med gratis kollektivtrafik, 2016-12-13

EUROPEAN COMMISSION (2001) UNDER THE TRANSPORT RTD PROGRAMME OF THE 4TH FRAMEWORK PROGRAMME, Final Report HANDBOOK Public FISCUS, 2001.

Fröidh, O. Halldin, C. och Jansson, K. (KTH 30 juli 2007).

Haraldsson, M. och Nilsson, J.-E. (2016) SAMKOST 2: redovisning av regeringsuppdrag kring trafikens samhällsekonomiska kostnader, VTI rapport 914.

Hasselström, D. (1981). Public transportation planning – a mathematical programming approach. Ph.D.thesis, Department of Business Administration, University of Gothenburg, Sweden.

Horn af Rantzien V. och Rude A., (2014) Peak-load pricing in public transport: a case study of Stockholm, Journal of Transport Literature, Vol. 8, n. 1, pp. 52-94.

Isacsson, G., Börjesson, M., Andersson, M. och Anderstig, C.: (2015) The Impact of Accessibility on Labor Earnings, CTS Workning paper 2015:18.

Jansson, J. O. (1979): "Marginal Cost Pricing of Scheduled Transport Services - A Development and Generalization of Turvey-Mohrings Theory of Optimal Bus fares". Journal of Transport Economics and Policy, vol 13.

Jansson, J. O. (1980): Transport System Optimization and Pricing. EFI, Stockholm School of Economics, Stockholm.

Jansson, K, (1991) Efficient and prices and quality in public transport, Department of Economics, Stockholm University.

Jansson, K. (1993): "Optimal Public Transport Price and Service Frequency". Journal of Transport Economics and Policy, 27, 33-50.

Jansson, K., Lang, H. och Mattson, D. (2008): “Optimal Economic Interventions in Scheduled Public Transport”. Research in Transportation Economics. Elsevier 2008.

Jansson, K., Pyddoke, R. och Paulin, C (2017)

Larsen, O. (1983): "Notes and Comments: Marginal Cost Pricing of Scheduled Services". Journal of Transport Economics and Policy, September.

Litman, T. (2017) Understanding Transport Demands and Elasticities - How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior, Victoria Transport Policy Institute

Mohring, H. (1972): "Optimization and Scale Economics in Urban Bus Transportation". The American Economic Review, September.

Nash, C. A. (1978): "Management Objectives, Fares and Service Levels in Bus Transport", Journal of Transport Economics and Policy, vol XII.

Nash, C. A. (1988): "Integration of Public Transport: An Economic Assessment", pp. 97-118, in Bus Deregulation and Privatisation, edited by J.S. Dodgson and N. Topham, Gower Publishing Company, England, 1988

Panzar, J. C. (1979): "Equilibrium and Welfare in Unregulated Airline Markets". The American Economic Review, May.

Parry, W. H. and Small, K. A. ” Should Urban Transit Subsidies Be Reduced?”, American Economic Review 2009, 99:3, 700–724

Proost, S., Van Dender. K. (2008) Optimal urban transport pricing in the presence of congestion, economies of density and costly public funds. Transportation Research Part A , Elsevier.

Storstockholms lokaltrafik, SL (2011) SAMS reviderat 20110503

Reynolds-Feighan, A. Durkan, J och Durkan, J. (2000). Comparison of Subvention Levels for Public Transport Systems in European Cities. Department of Economics University College Dublin

Tegnér, G., Loncar-Lucassi, V., Nilsson, C., Holmberg, I. (2017) Public Transport Demand Analysis - a non-linear time-series model for Stockholm Region, AET Papers Repository

Transport and Road Research Laboratory. (1980): "The demand for public transport - report of the international collaborative study of the factors affecting public transport patronage", Crowthorne, U.K.

Turvey, R. and Mohring, H. (1975): "Optimal Bus Fares". Journal of Transport Economics and Policy, vol IX.

UITP (2013) Financing public transport. Press Kit.

Bilaga 1: Optimeringsmodellen

B1.1 Efterfrågan och generaliserat pris

Vi har ett (stort) antal presumtiva resenärer, $i = 1...n$. Det finns en gemensam generaliserad kostnad G och dessutom en idiosynkratisk kostnad g_i. Nyttan för en resa för individ i är u_i. Vi betecknar $w_i = u_i - g_i$, och antar att täthetsfunktionen för w är $f(w)$. En individ reser om (och endast om) $u_i > G + g_i$, dvs om $w_i > G$.

Totala nyttan (minus idiosynkratisk generaliserad kostnad) är alltså

$$U(G) = \int_G^\infty w f(w)\, dw$$

och totala efterfrågan är

$$X(G) = \int_G^\infty f(w)\, dw.$$

Vi ser att $dU = -Gf(G)\, dG$ och $dX = -f(G)\, dG$. Alltså

$$dU = G\, dX,$$

d.v.s. $U'(X) = G$ och $U'(G) = G X'(G)$. Vi specificerar $U = 0$ då $X = 0$ och $G = \infty$. Det innebär att

$$\begin{aligned} U(G) &= -\int_G^\infty U'(g)\, dg = -\int_G^\infty G X'(g)\, dg \\ &= G X(G) + \int_G^\infty X(g)\, dg \end{aligned}$$

Konsumentöverskottet $S = U - GX$ beräknas alltså på vanligt sätt som integralen av efterfrågan:

$$S = \int_G^\infty X(g)\, dg$$

Vi specificerar nu det generaliserade priset som

$$G = p + D(X, F)$$

där p är avgiften för resan och $D(X,F)$ står för sammanlagda kostnaden för väntetid, åktid och trängsel, vilka beror på antal resenärer X och frekvensen F.

B1.2 Operatörens kostnad och välfärden

Operatörens kostnad betecknar vi $C(X,F)$. Den välfärdsfunktion vi skall maximera är alltså

$$W(p,F) = U(G) - D(X,F)X - C(X,F)$$

Vi får

$$\begin{aligned} dW = {} & G\, dX - D'_X(X,F) X\, dX - D'_F(X,F) X\, dF \\ & - D(X,F)\, dX - C'_X(X,F)\, dX - C'_F(X,F)\, dF \end{aligned}$$

d.v.s.

$$\begin{aligned} dW = {} & [G - D'_X(X,F)X - D(X,F) - C'_X(X,F)]\, dX \\ & - [D'_F(X,F)X + C'_F(X,F)]\, dF \end{aligned}$$

B1.3 Optimalt pris och frekvens

Nu är p och F våra policy-variabler. Men efterfrågan X beror på det generaliserade priset G; $X = X(G)$. Vi låter nu $G(X)$ beteckna den inversa efterfrågan $G = G(X)$, d.v.s.

$$p = G(X) - D(X,F) \qquad (1)$$

Detta definierar p som funktion av X och F. Vi kan alltså för ett givet värde på F och ett önskat värde på X bestämma ett pris p så att vi uppnår den önskade efterfrågan X. Resonemanget leder alltså till att vi kan maximera välfärden genom att betrakta X och F som våra policy-variabler (exogena variabler) och därefter få fram det optimala priset p ur (1). Fördelen med detta angreppssätt är uppenbart om vi tittar på formeln ovan för dW; den beror inte på dp explicit, utan bara på dX och dF.

Vi börjar med att bestämma optimal frekvens F för ett fixt antal passagerare X, $F_{\text{opt}}(X)$. Detta fås då koefficienten för $dF = 0$, d.v.s.

$$D'_F(X,F)X + C'_F(X,F) = 0 \qquad (2)$$

Notera att ekvation (2) innebär att vi skall välja frekvens F så att totala kostnaden $D(X,F)X + C(X,F)$ minimeras för fix efterfrågan X. Ur denna ekvation löser vi ut $F_{\text{opt}}(X)$.

Vi kan nu bestämma optimalt antal passagerare X_{opt} genom att sätta koefficienten för dX i uttrycket för dW till noll, och substituera $F(X) = F_{\text{opt}}(X)$ för F:

$$G(X) - D'_X(X,F(X))X - D(X,F(X)) - C'_X(X,F(X)) = 0 \quad (3)$$

alternativt kan vi direkt söka det värde på X som maximerar välfärden:

$$\begin{aligned} W &= S + pX - C(X,F(X)) \\ &= \int_{G(X)}^{\infty} X(g)dg + (G(X) - D(X,F(X))X \\ &\quad - C(X,F(X)) \end{aligned} \qquad (4)$$

Därefter får vi optimal frekvens genom

$$F_{\text{opt}} = F(X_{\text{opt}}) \qquad (5)$$

och slutligen optimalt pris genom

$$p_{\text{opt}} = G(X_{\text{opt}}) - D(X_{\text{opt}}, F_{\text{opt}}) \qquad (6)$$

B1.4 Tids-och trängselkostnader

Vi antar att trängselkostnaden är proportionell mot åktiden T. Vi specificerar

trängselkostnad per resande: $AT\dfrac{X}{F}$

väntetidskostnad (per resande): $B\dfrac{1}{F}$

åktidskostnad (per resande): θT

operatörskostnad: $C_1 + CF$

Totala kostnaden är alltså (alla resenärer inräknade)

$$\theta TX + (ATX + B)\frac{X}{F} + C_1 + CF$$

Minimum uppnås för

$$F_{\text{opt}}(X) = \sqrt{\frac{ATX^2 + BX}{C}}. \qquad (7)$$

Vi skall alltså ha detta uttryck för $F(X)$ i (3) och (4).

$$D(X) = \theta T + AT\frac{X}{F_{\text{opt}}(X)} + B\frac{1}{F_{\text{opt}}(X)}$$

$$D'_X(X, F(X)) = \frac{AT}{F_{\text{opt}}(X)}, \text{ och}$$

$$C'_X(X, F(X)) = 0.$$

Alltså bestäms X_{opt} ur ekvationen (3):

$$G(X) - D'_X(X, F_{\text{opt}}(X))X - D(X, F_{\text{opt}}(X)) = 0 \qquad (8)$$

Vi får nu optimalt pris genom

$$p_{\text{opt}} = G(X_{\text{opt}}) - D(X_{\text{opt}}, F_{\text{opt}}) = D'_X(X_{\text{opt}}, F_{\text{opt}})X_{\text{opt}} \qquad (6b)$$

d.v.s.

$$p_{\text{opt}} = AT\frac{X_{\text{opt}}}{F_{\text{opt}}}.$$

Observera att detta är konsistent med generell nationalekonomisk teori: optimala priset är lika med marginalkostnaden. Marginalkostnaden för operatören för en extra passagerare är noll, om frekvensen inte ändras. Marginalkostnaden för övriga resenärer är lika med den ökade trängselkostnaden. (Nu kommer inte hela denna kostnad att bäras av resenärerna. En extra passagerare medför också en något ökad frekvens *F* enligt formel (7), vilket gör att kostnaden för passagerarna minskar något. Denna minskning motsvarar dock den ökade kostnaden för högre frekvens för operatören. Att dessa kostnader nettar ut varandra beror på att frekvensen *F* är optimal. Fenomenet att en optimalt vald parameter kan betraktas som konstant i kalkylen när en annan parameter varierar brukar kallas *envelope-satsen.*)

B1.5 Efterfrågan

Nu specificerar vi efterfrågefunktionen:

$$X(G) = a\exp(-bG^c) \qquad (9)$$

vilket innebär att efterfrågeelasticiteten är

$$\eta(G) = -bcG^c.$$

Den inversa efterfrågan är lätt att härleda:

$$G(X) = \left[\frac{1}{-b} \ln\left(\frac{X}{a} \right) \right]^{1/c} \qquad (10)$$

Det går också lätt att beräkna konsumentöverskottet, ty via en variabelsubstitution får man likheten

$$S = \int_G^\infty X(g)\, dg = \frac{a\Gamma(n+1)}{b^n} \Pr(Z > 2bG^c) \qquad (11)$$

där $n = 1/c$ och Z är en χ^2-fördelad stokastisk variabel med $2n$ frihetsgrader. Eftersom χ^2-fördelningen är implementerad i t.ex. Excel gör detta det enkelt att numeriskt bestämma konsumentöverskottet.

Beräkningen av optimalt pris, frekvens och passagerarantal går alltså till så här:

$$F_{\text{opt}}(X) = \sqrt{\frac{ATX^2 + BX}{C}} \qquad (12)$$

$$\left[\frac{1}{-b} \ln\left(\frac{X}{a} \right) \right]^{1/c} - \theta T - \frac{2ATX + B}{F_{\text{opt}}(X)} = 0 \quad \text{ger } X = X_{\text{opt}} \qquad (13)$$

$$p_{\text{opt}} = AT \frac{X_{\text{opt}}}{F_{\text{opt}}(X_{\text{opt}})}. \qquad (14)$$

B1.6 Mohring-effekten

Formel (7) innebär att

$$F^2 = \frac{ATX^2 + BX}{C}$$

i optimum. Detta kan skrivas om som

$$\frac{ATX}{F} = \frac{CF}{X} - \frac{B}{F}$$

Formel (14) ger alltså att

$$p_{\text{opt}} = \frac{CF}{X} - \frac{B}{F}, \qquad (15)$$

d.v.s. i optimum skall avgiften täcka den genomsnittliga rörliga kostnaden *minus* passagerarens väntetidskostnad. Operatören kommer alltså i optimum inte att få täckning för sina rörliga kostnader via avgifter. Detta fenomen – att passagerarna skall ”ersättas” för sina väntetidskostnader via ”reducerat pris” – brukar kallas *Mohring-effekten*, efter nationalekonomen Herbert Mohring, som påpekade den i en artikel 1972.

B1.7 Modifiering av kostnaden för väntetid

Nu ändrar vi kostnaden för väntetid, så att tid som överstiger motsvarande $F = F_*$ bara är $1/k$ av den kostnad som gäller för $F \geq F_*$. Det innebär att generaliserade priset kan skrivas som

$$G = p + \theta T + \frac{ATX + B}{F} + I(F < F_*) \cdot \frac{k-1}{k} B\left(\frac{1}{F_*} - \frac{1}{F}\right) \qquad (16)$$

Här är $I(F < F_*)$ en indikatorfunktion som är lika med 1 om $F < F_*$ och 0 annars. Detta gör att derivatan $G'_F(X,F)$ har en diskontinuitet för $F = F_*$: $G'_F(X,F_*-0) > G'_F(X,F_*+0)$. Det går alltså inte alltid att bestämma optimal frekvens för givet X genom att bara sätta derivatan av kostnaden till noll, ty för vissa värden för X finns det två lokala minima (där derivatan = 0) och ett lokalt maximum där kostnadsfunktionen har ett hörn. Det finns alltså två kandidater till optimalt F:

$$F_1(X) = \sqrt{\frac{AX^2 + BX/k}{C}} \qquad \text{och}$$

$$F_2(X) = \sqrt{\frac{AX^2 + BX}{C}}$$

Vi väljer det av dessa som minimerar kostnadsfunktionen

$$\frac{ATX^2 + BX}{F} + I(F < F_*) \cdot \frac{k-1}{k} B\left(\frac{1}{F_*} - \frac{1}{F}\right) X + CF$$

Därefter söker vi numeriskt det värde på X som maximerar välfärden (konsumentöverskott + producentöverskott)

$$W(X) = S(X) + (G(X) - D(X, F(X))X - CF(X)$$

där $S(X)$ beräknas via formeln (11). I det aktuella fallet sätter vi $F_* = 5$ och $k = 3$.

B1.8 ”Mohring-effekten”

Optimalt pris kan precis som förut uttryckas som den individuella kostnaden för trängsel; härledningen är densamma:

$$p_{opt} = \frac{ATX_{\text{opt}}}{F_{\text{opt}}}.$$

Låt nu $B(F) = B$ eller $B/3$, beroende på om $F \geq 5$ eller $F < 5$. Det optimala priset kan nu skrivas (vi skriver inte ut suffixet ”opt”):

$$p = \frac{ATX^2 + B(F)X}{XF} - \frac{B(F)}{F} = \frac{CF^2}{XF} - \frac{B(F)}{F}$$

$$= \frac{CF}{X} - \frac{B(F)}{F}$$

d.v.s. optimala priset är genomsnittskostnaden minus väntetidskostnaden beräknad efter *marginalkostnaden* för denna.

B1.9 Vinstmaximerande monopol

Som kontrast studerar vi optimalt pris och frekvens en vinstmaximerande monopolist skulle implementera. Vinstfunktionen är

$$\pi = pX - C(X,F) = (G(X) - D(X,F))X - C(X,F)$$

Vi genomför kalkylen på samma sätt som tidigare. Derivatan m.a.p. F satt lika med noll är

$$D'_F(X,F) + C'_F(X,F) = 0$$

vilket är precis detsamma som (4). Optimal frekvens som funktion av X är alltså densamma som tidigare:

$$F(X) = \sqrt{\frac{ATX^2 + BX}{C}}$$

Derivatan av π m.a.p. X, då $F = F(X)$ är nu (envelope-satsen)

$$G'(X)X - D'(X,F)X + G(X) - D(X,F) - C'_X(X,F) \quad (17)$$

och jämför vi detta med ekvation (3) ser vi att denna derivata är lika med $G'(X_{\text{opt}}) < 0$ för $X = X_{\text{opt}}$. Alltså ligger optimalt X för monopolisten till vänster om X_{opt} : $X_{\text{mon}} < X_{\text{opt}}$. Följaktligen är monopolistens optimala frekvens lägre än F_{opt},

$$F_{\text{mon}} = F(X_{\text{mon}}) < F(X_{\text{opt}}) = F_{\text{opt}}$$

och generaliserade priset är högre:

$$G_{\text{mon}} = G(X_{\text{mon}}) > G(X_{\text{opt}}) = G_{\text{opt}}$$

Väntetidskostnaden blir högre, eftersom frekvensen är lägre, men trängselkostnaden minskar något:

$$AT\frac{X_{\text{mon}}}{F_{\text{mon}}} = AT\frac{X_{\text{mon}}\sqrt{C}}{\sqrt{ATX_{\text{mon}}^2 + BX_{\text{mon}}}} = \frac{\sqrt{C}}{\sqrt{AT + BX_{\text{mon}}^{-1}}}$$

$$< \frac{\sqrt{C}}{\sqrt{AT + BX_{\text{opt}}^{-1}}} = AT\frac{X_{\text{opt}}}{F_{\text{opt}}}$$

Totalt kommer dock den icke-pekuniära delen av priset att öka, ty

$$D(X,F) = \sqrt{C}\frac{ATX + B}{\sqrt{ATX^2 + BX}} = \sqrt{C}\sqrt{AT + BX^{-1}}$$

som är avtagande i X.

Vi får ett uttryck för monopolistens pekuniära pris genom att sätta (11) till noll, och observera att $p = G(X) - D(X,F)$ och $C'_X(X,F) = 0$:

$$p_{\text{mon}} = D'_X(X_{\text{mon}},F_{\text{mon}})X_{\text{mon}} - G'(X_{\text{mon}})X_{\text{mon}}$$

$$= \frac{ATX_{\text{mon}}}{F_{\text{mon}}} - G'(X_{\text{mon}})X_{\text{mon}}$$

$$= \frac{CF_{\text{mon}}}{X_{\text{mon}}} - \frac{B}{F_{\text{mon}}} - G'(X_{\text{mon}})X_{\text{mon}}$$

(Vi ser att även monopolisten kommer att ”kompensera” för trängselkostnaden.)

Sammanfattningsvis: Monopolisten sätter högre generaliserat pris och lägre frekvens och får färre passagerare.

Bilaga 2: Parametrar i optimeringsmodellen

B2.1 Trängselkostnad

Beteckningar

X	Antal trafikanter i båda riktningar under en timme
L	Antal trafikanter i genomsnitt utefter linjen (genomsnittlig beläggning)
$m = L / X$	Relationen mellan L och X, dvs. genomsnittlig beläggning per trafikant
N	Antal sittplatser per avgång
F	Antal avgångar per timme
NF	Sittplatsutbudet under en timme
θ	Värdering av åktid samt väntetid vid väntan ”hemma”, i kronor per timme
T	Genomsnittlig åktid per trafikant, i timmar

Den genomsnittliga beläggningsgraden, dvs. genomsnittlig beläggning utefter linjen dividerat med sittplatsutbudet under en timme är:

$$\frac{L}{NF}$$

Trängselkostnaden utgör ett tillägg till åktidskostnaden utan trängsel. Trängselkostnaden per trafikant är genomsnittlig åktid T gånger åktidsvärderingen gånger en antagen proportionell funktion av beläggningsgraden. Med genomsnittlig åktid T är trängselkostnaden per trafikant:

$$\frac{L}{NF} 0,5\theta T$$

Om exempelvis genomsnittlig beläggning är lika med antal sittplatser, dvs. om beläggningsgraden L / NF är lika med 1 (100 procent), är trängselkostnaden lika med $0,5\theta$ kr per timme. Om beläggningsgraden är 2 (200 procent), dvs. om det är dubbelt så många trafikanter som antalet sittplatser är trängselkostnaden θ kr per timme.

Eftersom relationen mellan L och X är $m = L / X$ kan trängselkostnaden per resa också skrivas som

$$\frac{mX}{NF} 0,5\theta T$$

Vi bryter nu ut parametrarna och använder beteckningarna A respektive AT i enlighet med bilaga 1.

$$A = \frac{m}{N} 0,5\theta$$

$$AT = \frac{m}{N} 0,5\theta T$$

Trängselkostnaden per resa skrivs därmed som

$$AT \frac{X}{F} = \frac{m}{N} 0,5\theta T \times \frac{X}{F}$$

Vi ger ett beräkningsexempel nedan.

X	Antal trafikanter i båda riktningar under en timme, lika med 3 110
L	Antal trafikanter i genomsnitt utefter linjen, snittbeläggning, är 331,57
$m = L / X$	Relationen mellan L och X, genomsnittlig beläggning per trafikant är 0,1066
N	Antal sittplatser er avgång, lika med 75
F	Antal avgångar per timme, lika med 10
$\frac{L}{NF}$	Genomsnittlig beläggningsgrad: $\frac{331{,}57}{75 \times 10} = 0{,}442$
θ	Värdering av åktid per timme, i kr, lika med 55
T	Genomsnittlig åktid per trafikant, i timmar, lika med 0,19

Observera att antalet trafikanter i genomsnitt utefter linjen, genomsnittlig beläggning, är väsentligt lägre än det totala antalet trafikanter, i detta fall knappt 11 procent. Det beror på att trafikanterna går på och av vid olika hållplatser. Genomsnittlig åktid utefter linjen är enbart 0,19 timmar, i detta fall av en total åktid på 0,71 timmar, dvs. 27 procent av hela åktiden.

Trängselkostnaden per resa är

$$AT\frac{X}{F} = (\frac{m}{N}0,5\theta T) \times \frac{X}{F} = (\frac{0{,}1066}{75} \times 0,5 \times 55 \times 0,19) \times \frac{3\,110}{10} = 2,31$$

Trängselkostnaden för alla trafikanter sammantaget är

$$AT\frac{X}{F} \times X = (\frac{m}{N}0,5\theta T) \times \frac{X}{F} \times X = 2,31 \times 3\,110 = 7\,183$$

B2.2 Väntetidskostnad

Vi skiljer ju på fallen att väntan tas vid hållplats respektive ”hemma” eller på någon annan plats innan man beger sig till hållplats. Som vi har sett i avsnitt 6.2.2 och i bilaga a1 antar vi att väntetidskostnaden är 3 gånger högre per minut om man väntar vi hållplats jämfört med hemma.

$3 \times \theta$	Väntetidskostnad för väntan vid hållplats, i kronor per timme
θ	Väntetidskostnad för väntan hemma, i kronor per timme
$B = \frac{3\theta}{2}$	Halva väntetidskostnaden för väntan vid hållplats
$B = \frac{3\theta}{6}$	Halva väntetidskostnaden för väntan hemma
$B\frac{1}{F} = \frac{3\theta}{2F}$	Väntetidskostnaden per trafikant för väntan vid hållplats
$B\frac{1}{F} = \frac{3\theta}{6F}$	Väntetidskostnaden per trafikant för väntan hemma

Detta förklarar beräkningarna av de två kandidaterna till optimalt F som beskrivs i bilaga 1, där det i detta arbete förutsätts att väntetidskostnaden vid hållplats är 3 gånger högre än väntetidskostnaden ”hemma”.

Bilaga 3: Utvidgad diskussion om optimal prissättning

Innehållet I denna bilaga utgörs av en sammanfattning på svenska av delar av Kjell Jansson (1991).

B3.1 Ideal avgångstid och två optima

Ideal avgångstidpunkt är ett viktigt begrepp. Man kan exempelvis önska att spårvagnen eller tunnelbanan går just då man kommer ut från bion. Man ser helst att flygbussen avgår just när man kommer ut från flygterminalen och inte bara varje kvart. Man kan vilja vara framme med båt i England på söndag, när båtarna visar sig vara framme tisdag och fredag. Det förefaller självklart att sannolikheten för att välja ett visst kollektivt färdmedel är lägre ju längre anpassningstiden med detta färdmedel är. I exemplet med englandsresan kanske det frekventa flyget kommer att föredras trots dess högre pris. Anpassningstiden för individuella konkurrerande färdmedel som gång, cykel och bil är däremot noll, vilket innebär en stark konkurrensfördel. Vi antar att varje tidsperiod för vilken vi ska bestämma pris och frekvens kan definieras på ett sådant sätt att individernas ideala avgångstidpunkter är likformigt fördelade över perioden. Eftersom F är antalet avgångar per period, som vi godtyckligt antar är en timme, blir intervallet mellan avgångar (som antas vara konstanta) lika med 1/F timmar.

Nu kommer vi till den viktiga distinktionen mellan två beteenden, användning av tidtabell eller inte, som leder till två skilda värderingar av anpassningstid och två skilda optimala lösningar.

Användning av tidtabell (fall I)

Människor förmodas använda tidtabell om turtätheten är låg och anpassningstid kan då uppstå i två situationer. Den första gäller att trafikanten måste välja första avgång efter den ideala, vilket inträffar i de fall trafikanten vill resa direkt efter frukost, när mötet är slut, "nu" etc. Den andra situationen gäller då trafikanten måste välja den sista avgång som föregår ideal avgångstidpunkt. Detta inträffar då trafikanten ska vara vid målet vid viss tidpunkt, när arbetet eller filmen börjar etc. Anpassningstiden får i båda dessa fall samma analytiska uttryck. I Sverige kallas anpassningstiden då man använder tidtabell ibland för dold väntetid. Tidsvärdet för anpassningstiden kan mycket väl variera med anpassningstidens längd.

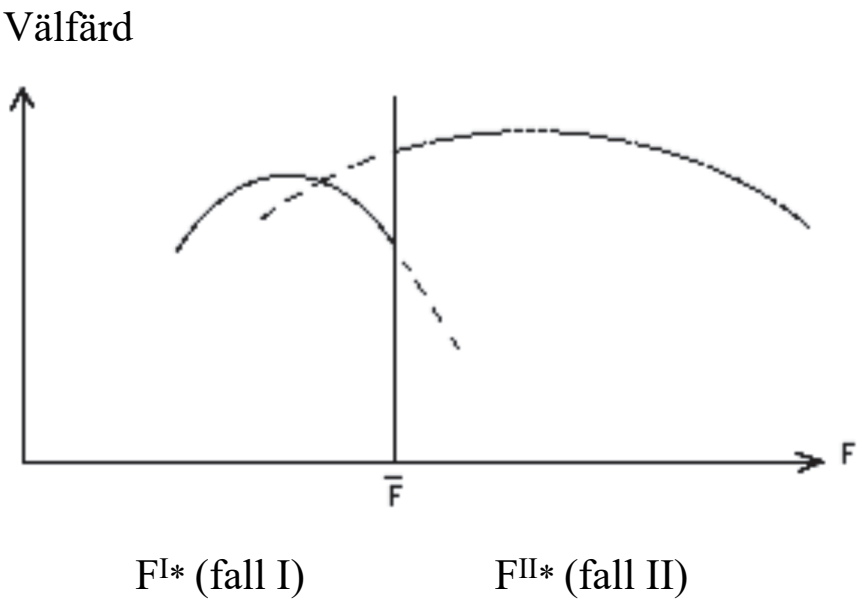
Ingen användning av tidtabell (fall II)

Här är turtätheten så hög att trafikanterna föredrar att gå spontant till stationen eller hållplatsen och vänta där. Den ideala avgångstiden är när man just kommit fram till hållplatsen, vilken tidpunkt kan ligga var som helst inom turintervallet med samma sannolikhet. I Sverige kallas denna anpassningstid väntetid (vid hållplats) eller öppen väntetid. Även här kan värdet av anpassningstiden antas variera med tidens längd.

Endogen bestämning av användning av tidtabell eller ej (fall I eller fall II)

Långdistant tåg- och flygtrafik har i allmänhet så glesa intervall att folk använder tidtabell. Lika klart är det att man inte använder tidtabell för mycket tät buss-, spårvagns- eller tunnelbanetrafik i storstäder. För den övervägande delen av lokal kollektivtrafik kan man emellertid inte a priori säga vilket fall som är för handen. Givet att tidtabellsinformation finns kommer beteendet att bestämmas av en minimering av förväntad tidskostnad. Alternativet att tillbringa tiden fram till avgång på en trevligare plats än hållplatsen kräver tidtabellsinformation som kan fås till viss kostnad. Dessutom kan trafikanten antas vilja vara vid hållplatsen viss (buffert)tid före annonserad avgångstid, "för säkerhets skull". Då finns det uppenbarligen en gemensam begränsande anpassningstid, respektive frekvens, F, där den förväntade kostnaden är lika för fall I och II. Av detta följer att det kan finnas ett lokalt optimum för en frekvens under F och ett annat för en frekvens över F, där typiskt sett ett av dem svarar mot ett globalt optimum (se figur 1).

Figur 1. Illustration av två lokala optima. välfärd



B3.2 Optimum för linje med flera trafikantgrupper

Här tar vi upp det mer realistiska fallet att vi har flera trafikantgrupper som kliver på och av vid olika hållplatser utefter linjen i dess båda riktningar. En viss grupps efterfrågan definieras för just den resa, den hållplatskombination, som gruppen gör. Efterfrågan beror på frekvensen samt på det pris och den grad av trängsel som gäller för just denna hållplatskombination. I tidigare arbeten har man, precis som i föregående avsnitt, bortsett från att trafikanter använder olika delar av en gemensam linje. Så till exempel antar Nash (1988)en genomsnittlig reslängd. Dylika specificeringar är otillräckliga för att avslöja prisernas samband med reslängd och gör faktiskt att priset ser ut att vara proportionellt mot reslängden på ett sätt som kan misstolkas. Nash (1978) definierar a priori priset i termer av passagerarkilometer (egentligen passenger miles), vilket medför att de priser som erhålls definitionsmässigt är proportionella mot reslängden. Vår formulering, där utbudet definieras i termer av antal avgångar per tidsperiod, medan varje trafikantgrupps unika efterfrågan definieras som funktion av pris, frekvens och trängsel, gör det möjligt att diskutera hur optimala priser, frekvens och underskott varierar med olika slag av kollektivtrafik och reslängd.

En trafikantgrupp definieras som de som reser mellan ett specifikt hållplatspar. Den konsumerade tjänsten är således att bli transporterad just denna sträcka. Denna definition är väsentlig för resultaten i detta avsnitt, resultat som vi inte skulle kunna få med alternativa definitioner (jmf Nash (1978): "the producer produces output in terms of passenger miles while the consumer consumes passenger miles."(ungefär: "producenten producerar passagerarkilometer och konsumenten konsumerar passagerarkilometer). En annan viktig utgångspunkt är att passagerare inom en grupp påverkar andra inom gruppen, liksom att varje grupp kan påverka andra grupper som använder samma länkar på linjen, i termer av tidsfördröjning och trängsel.

B3.2.1 Resultat

Precis som för det förenklade fallet med en trafikantgrupp gäller att det optimala priset motsvarar summan av tre komponenter, där den första är företagets kostnad, den andra tidsfördröjningen för medtrafikanterna och den tredje trängselkostnaden, samtliga förorsakade av en marginell trafikant. Specificeringen av flera trafikantgrupper möjliggör dock jämförelser mellan optimala priser för de olika grupperna.

Den marginella tidsfördröjningskostnaden som en grupp förorsakar genom påstigning och visering summeras över alla de grupper som stiger på eller passerar påstigningshållplatsen. Den kostnad som orsakas varje grupp är proportionell mot dess åktidsvärde (vilket ökar med beläggningsgraden), antalet trafikanter, samt påstigningstiden, som i sin tur beror på viserings- och biljettsystemet. Trängselkostnaden

speglas av de förändringar av åktidsvärdena som en marginell trafikant förorsakar andra trafikanter som reser på samma länkar, och är vidare proportionell mot antalet trafikanter och åktiden på varje länk. Den marginella förändringen av åktidsvärdet torde vara liten där det finns gott om platser att välja på men stiger raskt då alla sittplatser börjar bli upptagna.

Detta leder oss till följande slutsatser: a) Det optimala priset sammansätts av tre delar, av vilka endast en relateras till reslängd eller egentligen åktid, b) Den del som speglar fördröjning vid påstigning växer med belastningen vid denna hållplats men är oberoende av åktiden, c) Den del som speglar trängselkostnad beror av antal trafikanter, beläggning och åktid på varje länk, summerat över alla länkar, d) Företagets marginalkostnad är oberoende av reslängd men är naturligtvis högre under den period som dimensionerar vagnparken (högtrafik) än under övriga perioder, genom att kapitalkostnader för vagnar bör inräknas i kostnaderna under högtrafik.

Dessa slutsatser kan illustreras med ett enkelt exempel: Anta att vi har en linje med de konsekutiva hållplatserna a, b, c, d, länkarna ab, bc, cd och start-målhållplatserna (motsvarande trafikantgrupper) ab, ac, ad, bc, bd, cd.

a ----------b----------c---------- d

Anta att ab är den kortaste länken (mätt i åktid), följd av bc och cd. Om belastningen är konstant hög utefter hela sträckan a till d, kommer alla gruppers priser att växa med reslängden. Dvs., sträckan cd blir dyrast följd av bc och ab. (För färdmedel som har trafikantberoende påstigningstid är priserna emellertid mindre än proportionella mot reslängden, eftersom företagets kostnad och påstigningskostnaden är oberoende av reslängden). Om belastningen är mycket högre för länken ab jämfört med de andra länkarna, kan det hända att trängselkostnaden dominerar så till den grad att den optimala taxan för ab är högre än för de längre resorna bc och cd. Å andra sidan, om belastningen är hög längs bc och cd men låg längs ab, kan det hända att de optimala priserna är högre för bc och cd än för ab, till och med i sådan grad att relationen är större än förhållandet mellan reslängderna. Trafikanter som reser hela sträckan ad får dock ett optimalt pris som är lägre per åktidsminut än trafikanter på ab och cd. Optimal prisstruktur är trots allt förhållandevis enkel för praktiskt bruk genom att varje pris bestäms endast av på- och avstigningshållplats.

När vi beaktar flera trafikantgrupper medför villkoret för frekvens visserligen att genomsnittet av optimala priser understiger företagets genomsnittliga rörliga kostnad, men somliga trafikantgrupper kan mycket väl möta ett optimalt pris som överstiger genomsnittlig rörlig kostnad eller till och med genomsnittlig total kostnad. Anta till exempel att genomsnittlig rörlig kostnad är 12 kr och genomsnittlig total kostnad 15 kr. Anta att vi har två lika stora grupper, en som åker där det är gott om plats och en som åker där alla sittplatser är upptagna, samt att de optimala priserna för dessa grupper är 4 kr respektive 16 kr. Det genomsnittliga priset, 10 kr, understiger genomsnittlig rörlig kostnad, men den ena gruppen betalar mer än genomsnittlig total kostnad och den andra mycket mindre.

B3.3 Olika färdmedel, linjelängd och reslängd

Optimivillkoren för priser, frekvens och fordonets eller tågets längd när vi beaktar flera trafikantgrupper ger oss också ett samband mellan optimala priser och frekvens som medger diskussion av hur linjens längd och trafikanternas reslängd mm påverkar priser och underskott. Följande slutsatser kan dras:

a) Av två lika långa linjer har inte nödvändigtvis den med fler trafikanter den större fordons- eller tågstorleken. Om nämligen åktidsvärdet stiger med trängseln kan en linje med det mindre antalet passagerare men med mer ojämn belastning utefter linjen ha den större optimala storleken.

b) Linjelängden i sig har ingen inverkan på den optimala lösningen i de fall terminalkostnaden (kostnad för hantering vid linjens start och mål) är obetydlig. Detta gäller främst långdistant och urban busstrafik samt båt- och flygtrafik. För tågtrafik, där terminalhanteringskostnaderna är betydande, är tåglängden och trängseln lägre medan frekvens och priser är högre på den korta linjen jämfört med den långa.

c) Om vi jämför en linje där folk gör långa resor med en lika lång linje där resorna är kortare, kommer de långa resorna att vara dyrare än de korta för alla kollektiva färdmedel. I de flesta fall kommer också frekvensen att vara lägre men storleken större på den linje där resorna är längre.

B3.4 Budgetrestriktion

Om det finns en budgetrestriktion som inte tillåter så stora finansiella underskott som optimum stipulerar får vi följande modifieringar av lösningen:

a) Priserna bestäms av Ramseys regel för prissättning, se t ex Baumol och Bradford (1970), som säger att den procentuella avvikelsen mellan olika gruppers priser och marginalkostnader ska vara omvänt proportionella mot efterfrågeelasticiteterna för grupperna i fråga. Med marginalkostnad förstås då här den samhälleliga marginalkostnaden, där trafikantkostnaderna har diskonterats med skuggpriset på skattemedel. Det finns empiriska belägg för att resor under högtrafik är mindre priskänsliga än resor under lågtrafik och att korta resor är mindre priskänsliga än halvlånga lokala och regionala resor.6 Således, givet att budgetrestriktionen binder: i) finns det ytterligare ett argument (vid sidan om kapitalkostnader för fordon) för att högtrafikpriset ska överstiga lågtrafikpriset, ii) finns det ytterligare ett argument för priserna att öka med reslängden för lokala och regionala resor, något som inte visade sig vara generellt giltigt då budgetrestriktionen inte var bindande.

b) Ju större den nämnda positiva externa effekten (av att fler trafikanter ger högre turtäthet) är, desto större tryck utövar budgetrestriktionen, uppåt på priserna och nedåt på frekvensen. Detta betyder att trafikanter på högfrekventa tätortslinjer skulle få betala mer p.g.a. budgetrestriktionen än trafikanter på lågfrekventa förortslinjer. På de linjer där man använder tidtabell i lågtrafik men ej i högtrafik förstärker budgetrestriktionen tendensen att högtrafikresande ska vara dyrare än lågtrafikresande. En följdkonsekvens är således att sannolikheten att lågtrafikpriset ska överstiga högtrafikpriset blir mindre med än utan bindande restriktion.

c) Ju mindre känsliga trafikanterna är för frekvensförändringar relativt prisförändringar, desto mindre kan skillnaderna mellan priser och marginalkostnader vara för att restriktionen ska vara uppfylld. Detta betyder att om frekvenselasticiteterna är låga ska restriktionen mötas med lägre frekvens snarare än med högre priser. Intuitionen bakom detta är att när trafikanterna är relativt okänsliga för frekvensförändringar är värdet av den konsumentöverskottsförlust som lägre frekvens innebär relativt låg jämfört med värdet av den kostnadsbesparing som åstadkoms. Omvänt får vi naturligtvis att stor känslighet för frekvensförändringar ska mötas med prishöjningar snarare än med frekvenssänkning.

Enligt Transport and Road Research Laboratory (1980) är a) priselasticiteten avtagande med reslängden upp till sträckor på 15-20 km, b) den genomsnittliga priselasticiteten under högtrafik -0,11 och under lågtrafik -0,26.

d) På de linjer där man använder tidtabell i lågtrafik men ej i högtrafik ska budgetrestriktionen mötas med prishöjningar snarare än frekvensminskningar under högtrafik, men med frekvensminskningar snarare än prishöjningar under lågtrafik. En bindande budgetrestriktion kan således introducera inte bara ett utan två argument för att priserna ska vara högre under högtrafik än lågtrafik.

B3.5 Enhetstaxa

Anta att trafikhuvudmannen har en restriktion mot differentierade priser och kräver samma pris för alla grupper, exempelvis av fördelningsskäl eller därför att differentiering drar för stora systemkostnader. Vi tittar på två fall, dels att enhetstaxa gäller alla grupper under en viss tidsperiod, men att priserna kan skilja sig åt mellan tidsperioder och mellan linjer även under samma tidsperiod, dels att enhetstaxan är "global", d v s gällande alla perioder och alla linjer.

För fallet enhetstaxa per period och linje dras följande slutsatser:

a) Liksom för fallet med flera priser finner vi helt väntat att en bindande budgetrestriktion pressar priset

uppåt.

b) Om budgetrestriktionen inte binder är det optimala priset lika med ett viktat genomsnitt av samhälleliga marginalkostnader, där vikterna utgörs av de olika gruppernas marginella efterfrågeförändringar med avseende på en prisförändring.

c) En förändring från heterogena, gruppspecifika priser, till enhetstaxa påverkas av pris- och frekvenselasticitet i samma riktning. Grupper med relativt låg känslighet för pris eller frekvens får en gemensam taxa som ligger långt från det specifika priset jämfört med grupper som har hög känslighet. Detta betyder att grupper med låg känslighet vinner mycket på enhetstaxa om de förorsakar höga marginalkostnader och förlorar om de förorsakar små marginalkostnader. Effekten för viss grupp minskar med gruppens storlek. Om vi kategoriserar trafikanterna i en hög- och en låginkomstgrupp kan vi säga att: låginkomsttagare tjänar på enhetstaxa om låg- och höginkomsttagare i huvudsak reser på skilda länkar och om de i större utsträckning än höginkomsttagare reser på sådana länkar där marginalkostnaderna är höga, en vinst som ökar ju lägre deras känslighet för pris och frekvens är och ju färre de är relativt höginkomsttagare. Där grupperna reser på samma länkar och dessa har höga marginalkostnader vinner låginkomsttagarna om de har högre känslighet för pris och frekvens än höginkomsttagarna, eftersom de förra tjänar på att höginkomsttagarna drar ned den genomsnittliga elasticiteten. Uppenbarligen kan vi tänka oss fler kombinationer. Fördelningseffekterna påverkas också av vilka alternativ de olika grupperna har.

Låginkomsttagare som inte har råd med bil kan ha lägre elasticitet än höginkomsttagare. Slutsatsen blir att det är svårt att se några generella fördelningspolitiska konsekvenser. Endast om man har ett mycket segregerat resmönster där hög- och låginkomsttagare reser på olika sträckor har man någon praktisk möjlighet att bedriva fördelningspolitik med hjälp av enhetstaxa.

För fallet "global" enhetstaxa antas att priset är detsamma under alla perioder och på alla linjer oavsett hur långt man åker. Denna princip tillämpas för lokaltrafik i flera europeiska och amerikanska städer, åtminstone för en central del av staden, ofta motiverade av fördelningsargument eller hanterlighet för personal och trafikanter. Vi antar att det inte finns något beroende mellan vare sig perioder eller linjer i termer av korselasticiteter. Märk att detta antagande, som i allmänhet inte är så realistiskt, är mer realistiskt när vi har att göra med endast ett pris. Ty då kan samberoendet i form av efterfrågeskift mellan perioder och linjer endast baseras på skillnader i åktider och frekvenser men inte på skillnader i priser.

Konsekvenserna av den "globala" enhetstaxan liknar dem av den periodspecifika enhetstaxan. Skillnaden är att marginalkostnaden för varje grupp inte bara vägs med pris- och frekvenselasticiteter och antal passagerare per grupp utan också summeras över alla perioder. Detta betyder att den globala optimala taxan ligger närmare marginalkostnaden för tidsperioder med hög pris- och frekvenselasticitet. Återigen är det svårt att generellt uttala sig om fördelningseffekter. Om elasticiteterna är lägre under högtrafik kan vi säga att låginkomsttagare skulle vinna på enhetstaxa om de i huvudsak reser under högtrafik och på hårdbelastade sträckor medan höginkomsttagarna reser under lågtrafik och på lågbelastade sträckor. Låginkomsttagarnas vinst är större per person ju färre de är relativt höginkomsttagarna.

B3.6 Nät av linjer

Priser och kvalitet i ett nät av linjer bestäms enligt de principer som redovisats dels om trafikanterna inte har något val mellan linjer, dels om trafikhuvudmannen utformar nätet oberoende av prisstrukturen. Om däremot val mellan linjer förekommer och man vill simultant bestämma prisstruktur, kvalitet och nätutformning blir problemet extremt komplext. Här nöjer vi oss med att illustrera problemet för en enkel situation och ange en lösning för ett specialfall, som dock inte är ovanligt i praktiken.

B3.6.1 Förutsättningar

Anta att nätet består av en lång och en kort linje som går parallellt utefter en gemensam sträcka. Trafikanterna har valmöjlighet mellan linjerna på den gemensamma sträckan. Situationen är vanlig exempelvis där man vill avlasta en lång linje på en delsträcka. För en fullständig lösning borde man här

fastställa både priser och frekvens på linjerna samt intervallen mellan avgångarna mellan linjerna. Nackdelen med denna ansats är dels att optimeringen även för detta enkla fall blir mycket komplicerad - och därmed kostsam - dels att vi kommer att få ett stort antal olika intervall mellan linjerna som är svåra att minnas för trafikanterna. Vi väljer därför att optimera flera priser, en gemensam frekvens för de båda linjerna samt intervallen mellan avgångarna för linje 1 och linje 2 och mellan linje 2 och linje 1. Därmed behöver trafikanterna endast hålla i minnet två intervall.

B3.6.2 Resultat

Vi finner att:

a) De optimala priserna för trafikanter som reser på den gemensamma sträckan är lika på de två linjerna endast om linjerna har samma startpunkt, vilket kan vara fallet i den ena riktningen. I annat fall är priset högre på den längre av linjerna.

b) Intervallen mellan linjerna är inte lika långa, utan intervallet från avgång på den långa linjen till den korta är längre än intervallet från avgång på den korta till den långa.

c) Vid tät trafik är skillnaden i intervall mindre än vid gles trafik, beroende just på att trafikanterna tycker att väntetid per minut är obehagligare vid tät trafik än vid gles trafik.

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.

HEAD OFFICE
LINKÖPING
SE-581 95 LINKÖPING
PHONE +46 (0)13-20 40 00

STOCKHOLM
Box 55685
SE-102 15 STOCKHOLM
PHONE +46 (0)8-555 770 20

GOTHENBURG
Box 8072
SE-402 78 GOTHENBURG
PHONE +46 (0)31-750 26 00

BORLÄNGE
Box 920
SE-781 29 BORLÄNGE
PHONE +46 (0)243-44 68 60

LUND
Medicon Village AB
SE-223 81 LUND
PHONE +46 (0)46-540 75 00

vti