

PM 2023:77

PG Andersson, Frida Odbacke

ver 0.92
2023-08-16

Uppdatering Cost Benefit Analys

Uppsala Spårväg – jämförelseunderlag Spårväg och BRT

1. Inledning

Hösten 2019 sammanställdes en jämförelse mellan spårväg och Bus Rapid Transit (BRT) inom ramen för det arbetet som sker i Uppsala med kapacitetsstark kollektivtrafik. Arbetet presenterades i ”Uppsala framtida kollektivtrafik – Jämförelseunderlag spårväg och BRT” daterad 4 februari 2020.

Sedan den rapporten presenterades har arbetet med den kapacitetsstarka kollektivtrafiken i Uppsala fortsatt och fördjupningar av spårvägsalternativet har gjorts. Den mest omfattande genomlysningen är den programhandling som tagits fram under 2021. Baserat på programhandlingen gjordes nya kostnadsbedömningar för investeringar i spårvägsalternativet (*PM Uppdatering Cost Benefit Analys, 2021*).

Under 2023 har nya resandeprognoser tagits fram (*Spårvägsprognoser År 2030, 2040, 2050, WSP 2023-04-23*). Dessa har baserats på resvaneundersökningen Kollektivtrafikbarometern (2017, 2018 och 2019) istället för RVU2015 som i tidigare modell. Skillnaden mellan de två undersökningarna är att Kollektivtrafikbarometern har en högre andel kollektivtrafik, vilket påverkar modellens framtida prognos för hur många som förväntas resa kollektivt.

I denna PM redovisas de förändringar som uppdaterad resandeprognos innebär jämfört med den tidigare publicerade rapporten från februari 2020. Förändringarna berör trafikeringskostnader och investering i fordon samt åktidsnyttor och biltrafikseffekter. Kostnader för underhåll av och investeringar i infrastrukturen är oförändrade.

2. Uppdateringar i *Bakgrund och förutsättningar*

2.1 Fasta förutsättningar

Förutsättningar för *Befolkning och markanvändning* är uppdaterade enligt följande:

- **Befolkning och markanvändning:** spårvägen och BRT möjliggör utveckling enligt översiktsplanens ambition till 2050, vilket är 340.000 invånare och 103.000 kollektivresor per vardag år 2050.

2.2 Befolkning och befolkningsscenarier

De nya resandeprognoserna innehåller endast ett uppdaterat Trend-scenario för respektive prognosår och inga scenarion som inkluderar styrmedelspaket.

3. Uppdateringar i *Trafikering och kapacitet*

3.1 Vad är modern spårväg och BRT? Likheter och olikheter

Vid en etablering av först BRT som senare konverteras till spårväg bör man tänka på följande effekter:

Byggherrekostnad: Rimligt att antaga 50% av den ursprungliga för BRT då detaljplaner och andra förberedelser kan återanvändas. Kostnad uppstår för det aktuella ombyggnadsprojektet.

Tung infrastruktur: Broar, tunnlar och tråg förutsätts byggda så de kan ta emot en spårväg. Ingen merkostnad uppstår.

Hållplatser: Hållplatserna förutsätts kunna återanvändas till största delen. Vissa anpassningsarbeten krävs vilket kan antas motsvara 20% av ursprunglig byggkostnad. Hållplatser längs linjen kräver mindre ombyggnader medan ändstationerna blir dyrare då

	de normalt behöver byggas om från vändmöjlighet för buss till stumma ändspår för tvärriktningssvagnar för spårväg.
Överbyggnad:	Spårvägens överbyggnad (spåret) byggs helt nytt – 100% av kostnaden.
Underbyggnad:	En viss anpassning av underbyggnaden krävs – 50% av ursprunglig kostnad för BRT.
Elkraft:	Kontaktledning och likriktarstationer byggs helt nytt – 100% av kostnaden.
Signal och tele:	Byggs helt nytt – 100% av kostnaden.
Rivning bussbana:	Rivning av bussbana med en bredd av 8 meter uppstår och ska läggas in i kalkylen. Här ska även deponering av massorna ingå i kostnaden. Kostnad får beräknas på den aktuella anläggningen.

3.2 Automatisering och batteridrift

Det pågår prov med självkörande spårvagnar, bl a i Tyskland, i syfte att kunna automatisera spårvägstrafik. Ännu handlar det om prov men då en spårvagn styr via rälerorna torde det vara lättare att automatisera spårvagnen än bussen. Det är dock fortsatt flera år till denna teknik finns kommersiellt tillgänglig och ännu längre innan den kan vara accepterad ur ett säkerhetsperspektiv att användas där spårvagnar går blandat med andra trafikanter.

Batteridrift för bussar utvecklas snabbt och det finns idag depåladdade bussar i storlek från 9 till 24 meters längd. Ju större bussen är desto större batterier krävs. Jämför man batteribehovet i en 24 meter lång buss som laddar under färd (med trådbussteknik) räcker det med ett batteri på runt 60 kWh för att köra 15-20 km utanför tråden mellan laddningar medan en depåladdad buss av samma storlek (finns bl a i Malmö) har 676 kWh batteri vilket påverkar såväl kostnad som vikt. Den depåladdade måste tilläggladdas någon gång under dagen för att kunna köra ett helt arbetspass.

I analysen av BRT har vi förutsatt depåladdade batteribussar på 24 meter.

Spårvagnar med batteridrift för att undvika kontaktledning på delsträckor har varit i trafik i över 10 år, men då handlar det vanligen om relativt korta sträckor där spårvagnen kör på batteri och längre sträckor där den kör under kontaktledning och laddar batterierna. Delvis batteridrivna spårvagnar finns i t ex Nice, Granada, Sevilla, Luxembourg och Zaragoza.

Automatisering samt el-drift (med olika typer av tekniska lösningar) är i dag i en snabb utvecklingsfas och kan bli gångbara för såväl bussar som spårvagnar, även

om det i nuläget är relativt ovanligt med dessa lösningar för större kollektivtrafikfordon. Däremot börjar tekniken användas för rangering på depåer för såväl spårvagnar som bussar.

3.3 Kapacitet

Uppdatering av stycke 2:

Ett sätt att minska turtätheten är genom att sätta in större fordon som kan transportera fler passagerare. Större fordon innebär att gå från led buss (18 meter) till dubbelled buss (24 meter) alternativt att gå från ca 33 meter långa spårvagnar till ca 45 meter långa spårvagnar eller dubbelkoppla två 33 metersvagnar till ett tåg på upp till 67 meter. Normalt investeras det idag inte i spårvagnar kortare än ca 30 meter. Normalt kan spårvagnen sedan förlängas till med extra mellan delar så längden blir upp till 45 meter. Exakta längder beror av specifikation och leverantör.

3.4 Förutsättningar i Uppsala

Uppdaterade skrivningar om mål:

Förutsättningarna för denna analys är att kollektivtrafiksystemet över tid (minst fram till 2050) ska kunna ta hand om den resefterfrågan som har beräknats. Detta förutsätter i sin tur att Uppsala växer i den takt som underlagen till prognosen visar. Det finns enligt tillgängliga underlag stora förutsättningar för att detta ska ske med tanke på Uppsalas näringsliv och stadens placering i huvudstadsområdet.

Ytterligare förutsättningar är att finansieringen är säkrad för hela utbyggnaden av spårvägen eftersom helheten är viktig. Därtill krävs att alla detaljplaner vinner laga kraft och att alla tillstånd hos Transportstyrelsen kommer på plats. Erhållna stadsmiljöavtal kan endast användas för spårväg varför dessa inte kan användas för införandet av BRT, vilket påverkar kalkylerna.

Vattenskyddskraven i Fyrisåns omland ställer högre krav på skydd mot bussfordon än mot spårvagnar. Dessa krav har hanterats genom att bussalternativet belastas med en högre kostnad för vattenskydd.

3.5 Trafikupplägg

Uppdaterade stycken:

För analysen av kollektivtrafiken i Uppsala har de olika systemen antagits trafikeras med olika turtäthet, beroende på att passagerarkapaciteten för olika fordon skiljer sig åt. Kapacitet och turtäthet baseras på den punkt på varje linje där flest resenärer passerar (s.k. maxsnittet) under den mest belastade timman. Turtäthet redovisas för två alternativ av trafikering; BRT med 90 passagerare per fordon och ett alternativ med ca 45 meter långa spårvagnar med en kapacitet på 180 passagerare per fordon.

Enligt tidigare resonemang ger en turtäthet tätare än 3 min sämre framkomlighet och längre restider då absolut prioritet i trafiksignaler inte kan ges. Detta innebär i praktiken en maximal turtäthet per linje i Uppsala på 6 minuter för att inte köra oftare än var 3:e minut på de gemensamma sträckorna.

Tabell 3.1 Resande i maxsnittet i maxriktningen under maxtimmen uppdelat per linje för 2030 respektive 2050 samt möjlig kapacitet för de olika trafikslagen (6 minuter mellan avgångarna per linje).

maxsnittet, maxriktning, maxtimme	Linje 3	Linje 4
resor Trend 2030	1100	500
resor Trend 2050	1750	1750
Kapacitet BRT (90) turtäthet 6 min	900	900
Kapacitet Spårväg (180) turtäthet 6 min	1800	1800

Av tabellen framgår att linje 3 har så stor resandeefterfrågan att en turtäthet på 6 minuter inte är tillräcklig med BRT, utan där krävs en betydligt tätare trafik alternativt spårväg redan från 2030. Linje 4 kan köras med BRT från år 2030 men år 2050 krävs spårväg.

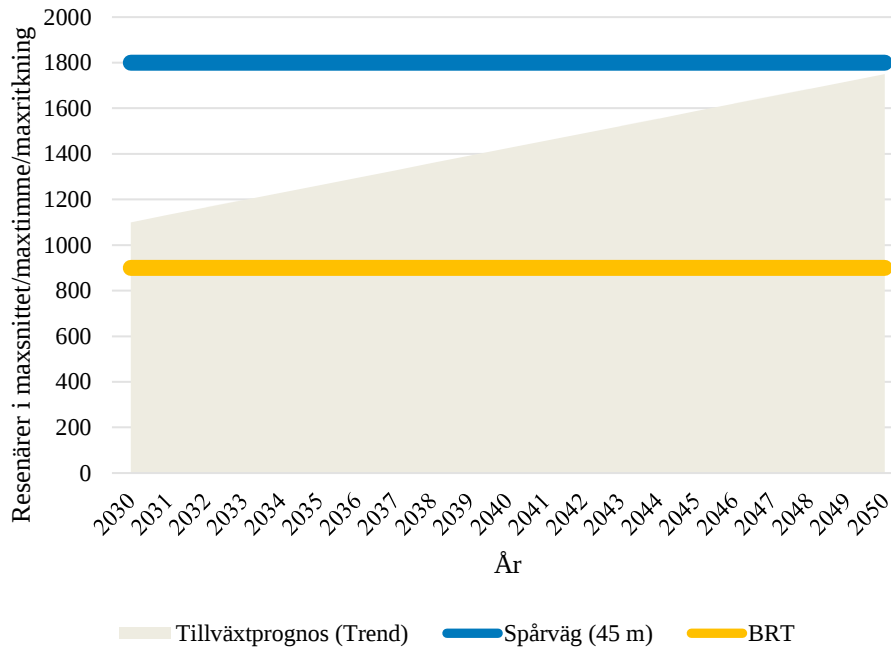
Trafikeringsstrategin är klar så till vida att hybridlösningar inte accepteras, dvs antingen trafikeras båda linjerna med BRT eller med spårvagn. Nästa fråga är då om båda linjerna ska ha samma turtäthet (motsvarande den mest tät trafikerade linjen) eller om turtätheten ska anpassas efter kapacitetsbehovet enligt ovan. Då linjerna går på gemensam sträckning i stora delar är den summerade turtätheten avgörande för hur bra prioritering i trafiksignaler kan förväntas fungera. Enligt systemanalysen går båda linjerna med samma turtäthet vilket innebär följande turtätheter för att klara kapaciteten på den mest belastade linjen.

Tabell 3.2 Turtäthet på gemensam sträcka för samma turtäthet per linje. Röd visar oacceptabel turtäthet (mindre än 3 min), orange visar att turtätheten ligger mycket nära 3 minuter och kan vara acceptabel.

maxsnittet, maxriktning, maxtimme samma turtäthet båda linjerna	Turtäthet
Turtäthet BRT (90) Trend 2030	2,45
Turtäthet BRT (90) Trend 2050	1,54
Turtäthet Spårväg (180) Trend 2030	4,91
Turtäthet Spårväg (180) Trend 2050	3,09

Detta innebär att BRT redan från start har en turtäthet som överstiger den möjliga (6 minuter per linje) för att kunna få prioritet i alla trafiksignaler. Detta gör att det, som tidigare nämnts, är svårt att räkna på ett realistiskt BRT-alternativ baserat på det nu aktuella linjenätet med den aktuella efterfrågan i resandet.

I figur x nedan visas hur resandeefterfrågan 2030 och 2050 kan hanteras av spårväg med 45-meter långa spårvagnar och att BRT i 6-minuterstrafik inte klarar hantera resandeefterfrågan ens 2030.



Figur 1 Resandet i maxsnittet / maxriktningen / maxtimmen för den mest belastade linjen samt kapacitet för spårväg respektive BRT med 6 min turtäthet.

För att kunna använda BRT som trafikslag behöver turtätheten öka, vilket innebär att det inte längre är möjligt att ge fordonen full prioritet i korsningar. På grund av detta har en medelhastighet på 16 km/h antagits i stället för 22 km/h.

I det följande redovisas kostnader för en BRT-lösning där vi utgår från att det byggs en bussbana med samma standard som spårvägen men där medelhastigheten är lägre.

Tabell 3.3 Turtäthet över tid för olika trafikslag. Inom parentes redovisas antalet fordon inklusive reservfordon som krävs för trafiken

År	BRT	Spårväg
2030	5 (44)	10 (19)
2033	4 (55)	7,5 (25)
2043	3 (71)	7,5 (25)
2044	3 (71)	6 (29)
2050	3 (71)	6 (29)

Vid trafikstart utgår vi från 10-minuterstrafik med 45 meter långa spårvagnar. 2033 krävs avgångar var 7,5:e minut och från 2044 var 6:e minut. För BRT gäller en turtäthet var 5:e min per linje från 2030 vilket behöver öka till en avgång var 4:e min år 2033. Från år 2043 krävs en avgång var 3:e min per linje för BRT. Samtliga turtätheter för BRT är tätare än vad som är acceptabelt men utgör trots det beräkningsunderlag.

4. Uppdateringar i *Kostnadsanalys för spårväg respektive BRT*

4.1 Direkta kostnader för infrastruktur och rullande materiel

I tabellen redovisas de grundvärden som använts för att beräkna kostnaderna.

Tabell 4.1 Investeringkostnad och avskrivningstid för fordon

	Investering (Mkr)	Avskrivningstid (år)
BRT buss 24 meter, eldriven	10	15
Spårvagn 40 meter, förlängd	40	30

Driftkostnaderna fördelas på vagn timmar (vtim) respektive vagn kilometer (vkm) för att få en så dynamisk analys som möjligt. I tabellen redovisas använda värden.

Tabell 4.2 Underlag för driftkostnader

	Kr/vkm	Kr/vtim
Buss	8	350
Spårvagn	12	350

För att beräkna totala biljettintäkter per år har antalet resenärer multiplicerats med genomsnittlig trafikintäkt för Uppsala län år 2015 (intäkten var i genomsnitt 14,68 kr per resande enligt Trafikanalys statistik). Detta är samma värde som använts i systemvalsstudien. Beräkningarna för BRT respektive spårväg innehåller samma antal resenärer.

Den totala trafikeringskostnaden har minskats med beräknad kostnad för en busstrafik 2030 baserad på prognosscenario trend2030.

Tabell 4.3 Nuvärde (2020) för driftkostnader (Mkr) för perioden 2030-2060.

	BRT	Spårväg
Trafikeringskostnad	-435	+526
<i>Varav Busstrafik 2030</i>	<i>+1368</i>	<i>+1368</i>
Biljettintäkter	+3929	+3929
<i>Prognos</i>	<i>+5730</i>	<i>+5730</i>
<i>Busstrafik 2030</i>	<i>-1801</i>	<i>-1801</i>
Driftkostnad (biljetter-trafikering)	+3494	+4455

BRT ger ett sämre totalt resultat då det krävs ett större antal bussar än spårvagnar för att hantera det stora antalet passagerare, vilket innebär en högre trafikeringskostnad.

Tabell 4.4 Anläggningskostnader diskonterat till 2020 i Mkr.

	BRT	Spårväg
Infrastrukturkostnad	-2724	-4189
Depåkostnad	-120	-427
Fordon	-745	-777
Total anläggningskostnad	-3589	-5393

4.2 Medfinansiering

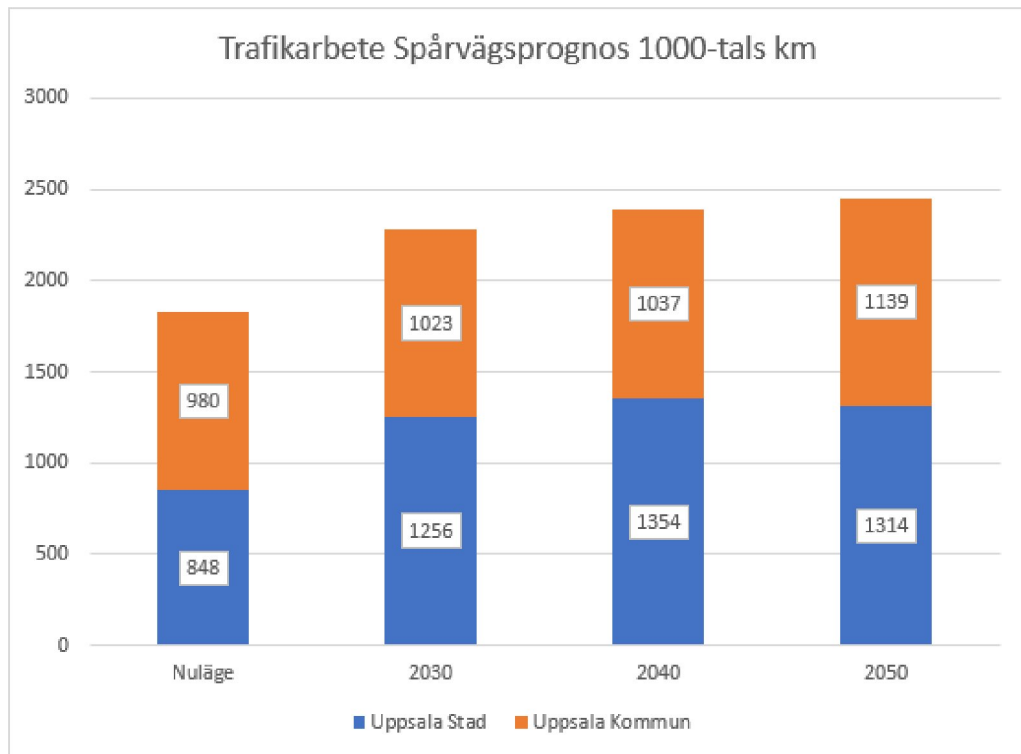
För BRT har inget medfinansieringsbidrag inkluderats i analysen.

För spårväg finns beviljade bidrag på 900 Mkr från Uppsalapaketet och 2000 Mkr i stadsmiljöavtal.

5. Uppdateringar i *Nyttokalkyl för spårväg respektive BRT*

5.1 Kvantifierbara indirekta effekter

I de indirekta effekterna ingår biltrafikeffekter (trafiksäkerhet, klimat (CO₂) och hälsa - övriga utsläpp i luften, även partiklar) och åktid. Då samma resande gäller för BRT och spårväg är dessa effekter inte systemskiljande.



Figur 2 Biltrafikarbete i Uppsala. Basen för kalkylen är trafikarbetet i Uppsala stad år 2030 och 2050. Källa: WSP

Tabell 5.1 Värdering av indirekta effekter, fkm (fordonkilometer). Källa: ASEK 6.1

Effekt	
Trafiksäkerhet	0,24 kr/fkm
Klimat	0,20 kr/fkm
Hälsa/luftförore-	0,13 kr/fkm
Åktid	46 kr/tim

Följande resultat erhålls gällande de kvantifierbara effekterna av BRT respektive spårväg baserat på det faktum att BRT har längre restid än spårvägen pga lägre medelhastighet:

Tabell 5.2 Kvantifierbara effekter diskonterat till 2020 i Mkr

	BRT	Spårväg
	30 år	30 år
Åktid (restid)	+163	+874
Biltrafikeffekter	-88	-88

Det har inte varit möjligt att beräkna hälsoeffekten av vägslitage från BRT-bussar då partiklar från vägslitage inte ingår i de värden som redovisas i ASEK. Som jämförelse kan nämnas att BRT-bussarna producerar 6800 fkm per dygn år 2050 vilket kan jämföras med biltrafikens totala trafikarbete på 1 314 000 fkm per dygn.

6. Uppdatering av *Samlad bedömning*

Nedan beskrivs effekten på ett antal förutsättningar för projektet Uppsala Spårväg. Delar av dessa kan värderas i pengar medan andra bedöms resonemangsmässigt. Det är den samlade bedömningen av alla parametrar och förutsättningar som leder till det slutliga resultatet. Det kan konstateras att den aktuella jämförelsen faller ut till spårvägens fördel.

Tabell. Samlad bedömning av både BRT och spårväg i relation till grundförutsättningarna för jämförelseunderlaget.

Förutsättning	BRT	Spårväg
Framkomlighet	Systemet är överbelastat och kan inte prioriteras med låg framkomlighet som följd	God framkomlighet
Kapacitet	Systemet har inte kapacitet att klara av resefterfrågan till 2050 med samma restider som för spårvägen. Problem uppstår redan 2030.	Spårvägen klarar av resmängderna till 2050 och har visst utrymme för tillväxt
Fordon	Hög standard, el-drift och med möjlighet till automatisering	Hög standard, el-drift och med möjlighet till automatisering
Stadsmiljö	Systemet bidrar i mindre grad till att skapa attraktiva och fungerande stadsmiljöer. Fordon är attraktiva, men ökad trängsel, mer hårdgjorda ytor och barriäreffekt genom tätare trafik har en negativ påverkan	Anläggningen och fordon är attraktiva och bidrar till att skapa fungerande och attraktiva stadsmiljöer. Goda möjligheter till att välja markmaterial mellan räler för bästa anpassning till stadsmiljön.
Översiktsplan 2016	Utgår från ÖP med nivå 340 000 invånare i Uppsala.	Utgår från ÖP med nivå 340 000 invånare i Uppsala.
Biltrafik	Biltrafiken ökar något	Biltrafiken ökar något
Investeringskostnad (låg/hög)	Nuvärde 30 år: -3 214/-3589 Mkr	Nuvärde 30 år: -4573/-5393 Mkr
Drift (biljettintäkter-trafikeringskostnad)	Nuvärde 30 år: 3494 Mkr	Nuvärde 30 år: 4455Mkr
Underhållskostnader	Nuvärde 30 år: -501 Mkr	Nuvärde 30 år: -678 Mkr

Indirekta kostnader biltrafik	Nuvärde 30 år: -88 Mkr	Nuvärde 30 år: -88 Mkr
Nyttor åktid	Nuvärde 30 år: 240 Mkr	Nuvärde 30 år: 874 Mkr
Medfinansiering	Ingen i dagsläget.	Statliga bidrag som för 30 år motsvarar 2470 Mkr. Samt via återföring av markvärde genom försäljning av kommunal mark till ett uppskattat värde av 1500 Mkr eller nuvärde 30 år på 991 Mkr.

Summerar vi de faktorer som värderats i kronor får vi fram ett nettonuvärde för BRT på -444/-69 Mkr och för spårvägen på +2807/+3628 Mkr beroende på hög- och lågalternativen.

Spårväg hög	år 2030	år 2050
BASPROGNOS	Mkr Prognåsar	Nuvärde (Mkr)
Driftkostnad: Biljetter-trafikering		4454,98
Trafikeringskostnader		526,13
Kostnad/år 2030-2032	-41,60	-90,18
Kostnad/år 2033-2043	-50,70	-329,02
Kostnad/år 2044-2060	-63,30	-422,28
		0,00
Drift 2030 buss	89,22	1367,62
		0,00
Biljettintäkter 1		3928,85
Basprognos	207,00	5729,97
Biljettintäkter 2030 trend buss	-117,50	-1801,12
Åktid		873,89
Åktidsvinster	31,57	873,89
Trafiksäkerhet, Klimat, Hälsa		
Biltrafikseffekter		88,06
2030	0,00	
2050	9,92	
Övriga intäkter		
Värdeåterföring	1500,00	991,38
Stadsmiljöavtal 40%	2900,00	2470,52
<i>Bidrag ursprungligt</i>	<i>1800,00</i>	
Investeringar		-5393,46
Anläggningskostnad bana	-5996,00	-4188,96
Anläggning depå	-624,00	-427,10
Reinvesteringar		-777,40
Nya spårvagnar 40 m	-760,00	-565,51
Utökning spårvagnar 2033	-240,00	-156,07
Utökning spårvagnar 2044	-160,00	-55,82
Underhållskostnader infra		-483,03
Bana	-17,45	-483,03
Depå	-7,03	-194,60
Nettonuvärde NNV		2807,75
Nettonuvärdeskvot		0,52

BRT hög	år 2030	år 2050
BASPROGNOS	Mkr Prognåår	Nuvärde (Mkr)
Driftkostnad: Biljetter-trafikering		3493,85
Trafikeringskostnader		-435,00
Kostnad/år 2030-2032	-81,40	-176,47
Kostnad/år 2033-2042	-100,60	-601,88
Kostnad/år 2043-2060	-142,70	-1024,28
		0,00
Drift 2030 buss	89,22	1367,62
		0,00
Biljettintäkter 1		3928,85
Basprognos	207,00	5729,97
Biljettintäkter 2030 trend buss	-117,50	-1801,12
Åktid		240,27
Åktidsvinster	8,68	240,27
Trafiksäkerhet, Klimat, Hälsa		
Biltrafikseffekter		-88,06
2030	0,00	
2050	-9,92	
Investeringar		-3589,07
Anläggningskostnad bana	-3899,00	-2723,94
Anläggning depå	-254,00	-120,22
Reinvesteringar		-744,91
Nya bussar 24 meter 2030	-440,00	-537,55
Utökning buss 2032	-110,00	-105,32
Utökning buss 2043	-160,00	-102,04
Underhållskostnader		-501,03
Bana	-14,00	-387,53
Depå	-4,10	-113,49
Nettonuvärde NNV		-444,04
Nettonuvärdeskvot		-0,12