

Superbusser i Oslo

Christoph Siedler



Masteroppgave i Environmental and Development Economics (EDEC)

Økonomisk institutt

Universitetet i Oslo

16. desember 2011

Sammendrag

Superbusser, på engelsk omtalt som bus rapid transit (BRT), er et forholdsmessig nytt kollektivsystem som blir vurdert som et rimelig og effektivt transporttiltak både i utviklings- og i industriland. Siden det er forventet stor befolkningsvekst i regionen Oslo og Akershus, vil transportsektoren ha en stor betydning for samfunnet i framtiden. I denne sammenhengen viser jeg til målsettinger som den norske regjeringen har med hensyn til kollektivtrafikk og miljø. Jeg undersøker under hvilke premisser superbusser kan være én av løsningene for å imøtekomme utfordringene og analyserer om BRT kan være et kollektivtiltak som er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Systemet blir ofte sammenlignet med skinnegående løsninger. Jeg velger derfor å sammenligne superbussløsningen med et trikkealternativ. Jeg undersøker virkninger på grunnlag av en eksisterende busslinje. Linje 31 i Oslo regnes som Norges mest trafikkerte busslinje, og det kan være aktuelt å erstatte deler av strekningen med trikk. Den er dermed et eksempel på en avveining mellom skinnegående kollektivtransport (LRT – light rail transit) og kollektivtransport på veg.

Jeg bruker nyttekostnadsanalyse som et økonomisk verktøy for å analysere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av begge prosjektene i forhold til et basisalternativ på grunnlag av dagens driftssystem. Den sentrale antakelsen i mine beregninger er imidlertid at passasjertallutviklingen er den samme i alle scenarioene (basisalternativet, BRT-løsningen og LRT-løsningen). Det har som konsekvens at tolkningen av mine funn er begrenset til effekter som selve systemene medfører (for eksempel færre kollektivkjøretøy i BRT- og LRT-alternativene enn i basisalternativet på grunn av større kapasiteter til BRT-busser og trikker). Effekter på kollektivandelen av total persontransport er dermed utelatt i analysen. Jeg beregner først nettonåverdien til hvert prosjekt under antakelsen om høye investeringskostnader og en lav kvoteprisbane. Deretter beregner jeg nettonåverdiene på grunnlag av en lavere diskonteringsrente for å illustrere konsekvensen av lavere avkastningskrav og en lavere prosjektrisiko. Til slutt foretar jeg beregninger basert på noe lavere investeringskostnader og en høy kvoteprisbane for å belyse betydningen til disse parameterne i avveiningen for eller imot et prosjekt. Utfallet er svært forskjellig og har til og med konsekvenser for lønnsomhetsvurderingen.

Begge transportalternativene er samfunnsøkonomisk ulønnsomme i den første beregningen under de antakelsene jeg gjør. I den andre beregningen er superbusskonseptet et samfunnsøkonomisk lønnsomt kollektivtiltak. Jeg viser likevel mulige effekter av en variasjon i forutsetningene i oppsummeringen. Resultater kan avvike fra mine dersom sentrale antakelser endres eller analysen utvides.

Forord

Den foreliggende masteroppgaven ble inspirert av en artikkel i Aftenposten Aften: "Baner vei for XL-busser" onsdag, 15. desember 2010. Temaet vekket min personlige interesse, fordi jeg kunne bli berørt av tilsvarende beslutninger og tiltak. Siden jeg flyttet til Oslo, har jeg brukt offentlig kommunikasjon nesten hver dag. Og det finnes folk i og omkring byen, som bruker buss og bane enda oftere. Det var da ikke vanskelig å erkjenne betydningen til problematikken. Spørsmål dukket opp, som jeg til daværende tidspunkt ikke hadde svar på: Hva er egentlig «XL-busser»? Kan dette være et realistisk konsept for Oslo? Bli utfordringene løst med denne type offentlig kommunikasjon? Det å kunne forbinde min teoretiske kunnskap fra EDEC-programmet (Environmental and Development Economics) ved Universitetet i Oslo med en praktisk problemstilling, var min motivasjon for å søke for et samarbeidsprosjekt med Urbanet Analyse AS gjennom Vitenskapsbutikken.

Urbanet Analyse AS er et analysebyrå for strategiske markedsanalyser på transportområdet, med hovedfokus på bytransport og kollektivtransport (firmaets egen fremstilling). Samarbeidet var dermed en unik mulighet for meg å finne svar på de spørsmålene, som jeg hadde lurt på. Jeg er alle de ansatte stor takk skyldig for støtten under prosjektet og et trivelig arbeidsmiljø. Ikke minst takker jeg for tilliten de har vist overfor meg, i sammenheng med andre prosjekter som vi utredet sammen.

Jeg hadde kontakt med flere andre personer som støttet prosjektet med data og innspill. I rekkefølgen som jeg har kommunisert med vedkommende, takker jeg: Stein Salomonsen (Ruter AS), Knut Fjeldbu (Kollektivtransportproduksjonen AS), Solbritt Dramstad (BYM), Jan Usterud Hansen (TØI), Per Christian Bing og Geir Leite (begge Unibuss AS).

Jeg takker Karine Nyborg, professor ved Økonomisk Institutt på Universitetet i Oslo, for hennes veiledning. Den har vært veldig verdifull og engasjert. Jeg setter pris på hennes gode råd og tips.

Jeg hadde tross alt aldri lyktes uten støtte og oppmuntring av min kjære samboer Ragnhild og sønnen min, Henning.

Feil i oppgaven er mitt eget ansvar.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	III
Forord.....	V
Figurer.....	IX
Tabeller.....	IX
Notasjon.....	IX
1 Innledning.....	1
2 Nyttekostnadsanalyse – et samfunnsøkonomisk verktøy.....	4
2.1 Formålet med nyttekostnadsanalysen.....	4
2.2 Hvorfor Paretoeffektivitet ikke er egnet som evalueringsgrunnlag.....	5
2.3 Den sosiale velferdsfunksjonen.....	6
2.4 Om verdsetting av goder.....	8
2.4.1 Kalkulasjonspriser.....	8
2.4.2 Årsaker til markedssvikt.....	9
2.4.3 Verdsetting til tross for markedssvikt.....	11
2.5 Diskontering.....	12
2.5.1 Nødvendigheten av diskontering.....	12
2.5.2 Valg av diskonteringsrenten.....	14
2.6 Oppsummering: Prosjektervaluering.....	15
3 Et alternativt kollektivtransportmiddel.....	18
3.1 Transportbehovet øker.....	18
3.2 Systemet BRT.....	20
3.3 Sammenligning BRT med LRT.....	24
4 Strekning Snarøya – Grorud – Snarøya.....	30
4.1 Presentasjon og studie av linje 31.....	30
4.2 Sentrale antakelser og forutsetninger.....	31
4.3 Basisalternativet.....	37
4.3.1 Kjørebane og strekning.....	37
4.3.2 Kjøretøy og ruteplan.....	39
4.3.3 Passasjertall.....	41
4.3.4 Reisetidselementer.....	41
4.3.5 Priser og marginalkostnader.....	42
4.4 Verdiene som overføres til NKA.....	45
5 Nyttekostnadsanalyse.....	46
5.1 Transportalternativet BRT.....	46
5.1.1 Kjørebane og strekning.....	46
5.1.2 Kjøretøy og rutetabell.....	47
5.1.3 Passasjertall.....	48

5.1.4	Reisetidselementer	48
5.1.5	Priser og marginalkostnader	48
5.2	Transportalternativet LRT	49
5.2.1	Kjørebane og strekning	49
5.2.2	Kjøretøy og rutetabell.....	50
5.2.3	Passasjertall	50
5.2.4	Reisetidselementer	50
5.2.5	Priser og marginalkostnader	50
5.3	Nytte- og kostnadskategorier samt beregningsmodell.....	51
5.4	Estimatene	55
5.4.1	Resultater for den første beregningen	55
5.4.2	Følsomhetsanalyse for den første beregningen	59
5.4.3	Resultater for en mer optimistisk analyse	59
5.5	Begrensninger og usikkerhet ved modellen og resultatene	61
6	Oppsummering og konklusjon	63
	Kildeliste	66
	Vedlegg	72
	Vedlegg 1 – Befolkningsstatistikk Oslo og Akershus.....	72
	Vedlegg 2 – Mer om diskonteringsrenten	74
	Vedlegg 3 – Luftforurensende stoffer og klimagasser	77
	Vedlegg 4 – Støtteberegninger	78
	Vedlegg 5 – Tabell 9	82
	Vedlegg 6 – Tabell 10	83
	Vedlegg 7 – Beregninger i nytte- og kostnadskategoriene	84
	Vedlegg 8 – Strøm av neddiskontert nettonytte	87

Figurer

Figur 1: Befolkningsutvikling i Oslo og Akershus 1951-2030	2
Figur 2: Illustrasjon av kjennetegn til BRT	23
Figur 3: Trip attributes in typical transit journey	25
Figur 4: Total infrastructure costs per kilometre (\$m2006)	28
Figur 5: Linje 31 Snarøya - Grorud - Snarøya	30
Figur 6: Illustrering linje 31 med ekstraavganger på dagtid	31
Figur 7: Framskrivning av passasjertallet på linje 31	35
Figur 8: Framskrivning av kvoteprisen i ulike scenarioer	36
Figur 9: Mercedes-Benz Citaro leddbuss - kjøretøy i basisalternativet	40
Figur 10: Sammenheng mellom holdeplassavstand og gjennomsnittshastighet	47
Figur 11: Strøm av neddiskonterte nyttegevinster og kostnader i BRT-alternativet	56
Figur 12: Strøm av neddiskonterte nyttegevinster og kostnader i LRT-alternativet	56
Figur 13: Fordeling nyttegevinster og kostnader i BRT-alternativet	58
Figur 14: Fordeling nyttegevinster og kostnader i LRT-alternativet	58

Tabeller

Tabell 1: Samfunnsøkonomiske analyser	4
Tabell 2: Kjennetegn til BRT	22
Tabell 3: Sammenligning av kollektivtransportmidler	26
Tabell 4: Tidsrom	33
Tabell 5: Kjørebanelangsstrekning Snarøya - Grorud - Snarøya	38
Tabell 6: Oppsummering av nyttekostnadsanalysen	55
Tabell 7: Resultater for en mer optimistisk analyse	60
Tabell 8: Framskrivning befolkningstall i Oslo og Akershus	73
Tabell 9: Variabler og parametere for basisalternativet	82
Tabell 10: Variabler og parametere for transportalternativene BRT og LRT	83
Tabell 11: Strøm av neddiskonterte nyttegevinster og kostnader i BRT- og LRT-alternativet	87

Notasjon

Forkortelser:

BRT	bus rapid transit
CNG	compressed natural gas
c.p.	ceteris paribus
EU ETS	European Union Emission Trading Scheme
CO ₂ eq	CO ₂ -ekvivalenter
GPS	Global Positioning System
IEA	International Energy Agency
ITDP	Institute for Transportation and Development Policy
ITS	Intelligent Transportation System

Klif	Klima- og forurensningsdirektoratet (tidligere SFT)
LPG	liquified petroleum gas
LRT	light rail transit
MJ/pkm	Megajoule/personkilometer
NOU	Norges Offentlige Utredninger
p.a.	per annum
PAH	polysykliske aromatiske hydrokarboner
PM	particulate matter
SFT	Statens forurensningstilsyn
SIS	Sanntidsinformasjonssystem
SSB	Statistisk sentralbyrå
SSØ	Senter for statlig økonomistyring
TØI	Transportøkonomisk Institutt
WSP	William Sale Partnership (et konsulentselskap)

Variabler og parametere

B	sosial nytte
C	sosiale kostnader
g	konsumvekstrate
i	kapitalavkastningsrente
I_0	investeringskostnader i periode 0
NB	prosjektoverskudd, nettonytte
NNV_0	nettonåverdi neddiskontert til periode 0
r	diskonteringsrente (p.a.)
U	individuell nytte
$V()$	velferdsfunksjon
W	sosial velferd
ρ	tidsdiskonteringsrente
σ	inverse til den intertemporale substitusjonselastisiteten

1 Innledning

Befolkningsvekst i regionen Oslo og Akershus vil føre til økt transportbehov, og kan dermed føre til mer utslipp av klimagasser. På den andre siden har den norske regjeringen som mål å kutte ned utslipp av klimagasser. Begge påstandene vil jeg komme tilbake til nedenfor, men la meg allikevel fastslå at transportsektoren er en viktig sektor som tiltak for utslippsreduksjoner må være rettet mot.

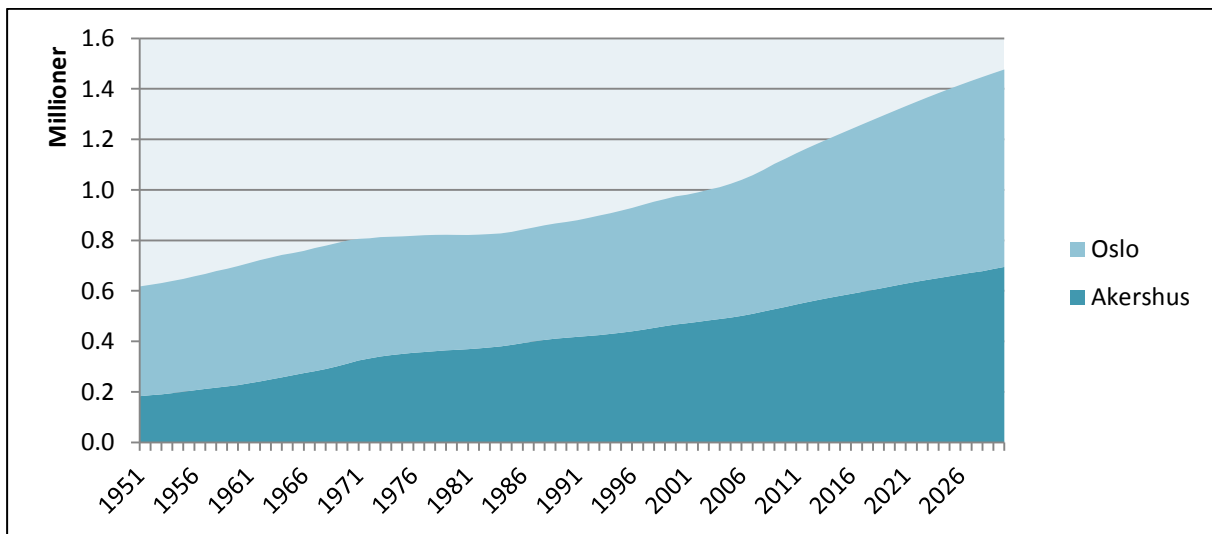
Ambisjonen til den norske regjeringen er «at avviklinga av daglege arbeidsreiser skal skje på ein enkel, effektiv og miljømessig forsvarleg måte både for den enkelte og for samfunnet» (Samferdselsdepartementet, 2009, s. 11). Regjeringen satser derfor på et bedre kollektivtransporttilbud i kombinasjon med andre tiltak, for eksempel bedre tilrettelegging for syklist og gående, for å øke andelen av kollektivreisende (Samferdselsdepartementet, 2009, s. 11).

Utfordringen ligger i det å fremme transportløsninger som er mindre energiintensive.¹ Innen persontransport er bussløsninger blant de transportsystemene som er minst energiintensive (International Energy Agency – IEA, 2009, s. 52). Derfor vil jeg i denne masteroppgaven undersøke under hvilke premisser superbusser – i engelsk språkbruk omtalt som bus rapid transit, heretter BRT – kan være én av løsningene for å imøtekomme transportutfordringene i Oslo og Akershus. *Jeg stiller spørsmålet om BRT kan være en mer samfunnsøkonomisk lønnsom transportløsning enn vanlig buss eller trikk for en gitt framskrivning av passasjertall av den nåværende busslinjen 31 i Oslo.* For å belyse denne problemstillingen, bruker jeg metoden nyttekostnadsanalyse som er, enkelt sagt, et verktøy for å sammenligne kostnader og nyttegevinster av et prosjekt for et samfunn. For å vurdere lønnsomheten til tiltaket, vil jeg identifisere avgjørende variabler, for eksempel marginale veikostnader, som gjør at prosjektimplementeringen lønner seg fra et samfunnsmessig synspunkt.

Oslo og Akershus er et område i vekst. I henhold til Statistisk sentralbyrå, heretter SSB, var antallet innbyggere i Oslo og Akershus 617 481 per 1. januar 1951, og i begynnelsen av 2010 cirka 1,1 millioner (SSB, 2011). Dermed har befolkningstallet nesten doblet seg i løpet av denne perioden. En rapport utarbeidet i samarbeid med Akershus fylkeskommune, Oslo kommune og SSB påpeker dessuten at de to fylkene gjelder som et «tett befolket område, og det er en omfattende flytting og pendling på tvers av fylkesgrensen» (Akershus fylkeskommune og Oslo kommune, 2010, s. 1). Rapporten beskriver tre forskjellige scenarier, og resultatene fra framskrivningen i hvert scenario viser at befolkningstallet forventes å stige ytterligere i årene fram til 2030 (Akershus fylkeskommune og Oslo kommune, 2010, s. 9). Mellomalternativet er antatt å være «mest realistisk» (Akershus fylkeskommune og Oslo kommune, 2010, s. 7), og den følgende illustrasjonen fremstiller de

¹ Energiintensitet er målt i MJ/pkm, klimagassintensitet måles i gCO₂eq/pkm.

tallene som ble estimert i dette scenarioet. Det stablede arealdiagrammet sammenligner bidraget til totalsummen fra begge fylkene og viser totalsummen gjennom hele perioden:



Figur 1: Befolkningsutvikling i Oslo og Akershus 1951-2030

Egen framstilling. Tall for 1951-2010 er hentet fra Statistisk sentralbyrå (2011), tall for 2011-2030 fra Akershus fylkeskommune og Oslo kommune (2010). Tabellen, som diagrammet bygger på, er vedlagt i vedlegg 1.

Det anslåtte befolkningstallet for 2030 er 1 476 521 (en økning på 31,4 prosent dersom man tar utgangspunkt i 2010). Som det kommer fram i sitatet ovenfor, må en slik økning også antas å føre til økt pendling, dvs. enda flere vil krysse fylkesgrensen hver dag. Transportbehovet i området vil stige. Mer pendling kan føre til høyere (drifts)kostnader ved bilbruk totalt sett. En økning i trafikk kan også føre til lengre reisetider for trafikanter. Dessuten kan folk være utsatt for mer støy og utslipp av lokal luftforurensning for eksempel i form av nitrogenoksider og svevestøv. I tillegg blir klimagasser sluppet ut. Det forventes dermed høyere samfunnsøkonomiske kostnader som resultat av økt transportvolum både for pendlere og ikke-pendlere hvis ikke tiltak settes i verk.

Miljøaspektet er viktig i den norske politiske hverdagen. Regjeringen ser på det norske samfunnet som pådriver innen internasjonal klimapolitikk, og har som mål å holde den globale oppvarmingen under 2°C, sammenlignet med førindustrielt nivå (Miljøverndepartementet, 2007, s. 36). Det langsiktige målet består av:

1. forpliktelsen om å kutte globale utslipp av klimagasser tilsvarende 30 prosent av Norges utslipp i 1990 fram til 2020,
2. et karbonnøytralt Norge i 2050.

Målene er definert i Stortingsmeldingen nr. 34 (2006-2007) Norsk klimapolitikk. For å nå disse målene, kreves det «store omstillinger i utslipps- og forbruksmønstrene» (Miljøverndepartementet, 2007, s. 36).

I dokumentet anslår Statens forurensningstilsyn², heretter SFT, «det samlede tekniske potensialet for utslippsreduksjoner på 20 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i forhold til [...] om lag 59 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2020» (Miljøverndepartementet, 2007, s. 52). Det siste tallet er basert på en framskrivning til samlet klimagassutslipp basert på dagens politikk (Miljøverndepartementet, 2007, s. 25). Denne mengden kan reduseres med opp til 20 millioner tonn dersom alle gjennomførbare tiltak, også de som politisk eller teknisk er vanskeligere å iverksette, blir implementert (Miljøverndepartementet, 2007, s. 52). Videre estimerer SFT potensialet for utslippsreduksjon i landtransport- og luftfartssektoren til 4,4 millioner tonn CO₂-ekvivalenter fram til 2020, hvorav kollektivtransport er ett av virkemidlene som kan skape disse endringene (Miljøverndepartementet, 2007, s. 68).

Regjeringen har som langsiktig mål at Norge blir et «lavutslippssamfunn» (Miljøverndepartementet, 2007, s. 37). Transportsektoren har en stor betydning i det å kutte ned klimagassutslipp når «overgang til jernbane og kollektivtransport» anses som «viktige utslippsreducerende teknologier» (Miljøverndepartementet, 2007, s. 21). Stortingsmelding nr. 16 (2008-2009) Nasjonal transportplan 2010-2019 definerer strategier for utviklingen til den norske transportsektoren. Regjeringens mål for transportsektoren tar opp de målene som har blitt definert i det forrige avsnittet: «Det overordna målet for regjeringa sin transportpolitikk er å tilby eit effektivt, tilgjengeleg, sikkert og miljøvennleg transportsystem som dekkjer samfunnet sine behov for transport og fremmar regional utvikling» (Samferdselsdepartementet, 2009, s. 8). Transportøkonomisk Institutt, heretter TØI, beskriver miljøvennlig transport som et «hovedmål for transportpolitikken» (Nenseth&Nielsen, 2009, s. 3).

Jeg fokuserer på to ulike transportalternativer (BRT og trikk) i forhold et basisalternativ langs linje 31 i Oslo. Denne linjen er den tyngst trafikerte busslinjen i Norge i dag (Ruter, 2011b, s. 9). Jeg bruker en samfunnsøkonomisk nyttekostnadsanalyse for å sammenligne nyttegevinster og kostnader. Metodikken, samt relevante definisjoner, presenterer jeg i kapittel 2. I Kapittel 3 beskriver jeg systemet BRT og sammenligner denne transportløsningen med trikk. I kapittel 4 presenterer jeg basisalternativet som er basert på dagens infrastruktur, men med nødvendige utbedringer for å kunne håndtere den forventede økningen i passasjertallet. Jeg identifiserer relevante variabler på bakgrunn av teorien om nyttekostnadsanalyse og egenskaper som BRT har. Kapittel 5 beskriver transportalternativene, beregningsmodellen og resultatene fra nyttekostnadsanalysen. I kapittel 6 oppsummerer jeg og presenterer undersøkelsens konklusjon.

² Statens forurensningstilsyn, SFT, skiftet navn til Klima- og forurensningsdirektoratet, Klif, 18.1.2010. Jeg henviser til enten SFT eller Klif i henhold til publiseringsdato.

2 Nyttekostnadsanalyse – et samfunnsøkonomisk verktøy

2.1 Formålet med nyttekostnadsanalysen

I innledningen skriver jeg at nyttekostnadsanalyse er en metodikk for å vurdere om et prosjekt er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Nyttekostnadsanalyse er dermed anvendt velferdsøkonomi (Johansson, 1993, s. 3). For å presisere dette utsagnet, sammenlikner jeg først nyttekostnadsanalyse med andre samfunnsøkonomiske analyser:

Typen prosjektanalyse	Formål med analysen
Konsekvensanalyser	Systematisk kartlegging av fordeler og ulemper knyttet til et prosjekt uavhengig av om konsekvensene kan verdsettes i pengeverdi eller ikke. Konsekvensene beskrives i ulike enheter dersom de ikke kan måles i kroner.
Kostnadseffektivitetsanalyser	Finne det mest kostnadseffektive tiltaket som er egnet til å nå et gitt mål ved å sammenligne kostnadene til de forskjellige tiltakene. Kostnadskomponentene uttrykkes i kroner.
Kostnads-virkningsanalyse	Kartlegging av kostnader for ulike tiltak som er rettet mot det samme problemet. Tiltakene kan føre til ulike effekter, slik at man ikke uten videre kan velge tiltaket med lavest kostnader.
Nyttekostnadsanalyser	Verdsetting av kostnader og nytte til et tiltak i kroner (så langt mulig). Prioritering av ulike prosjekter som er egnet til å nå et gitt mål.

Tabell 1: Samfunnsøkonomiske analyser

Egen framstilling av prosjektvurderinger slik de blir drøftet i kapittel 2.1 av NOU 1997:27. Definisjonen av kostnads-virkningsanalyse er hentet fra Finansdepartementet (2005), kapittel 2.3.3.

I NOU 1997:27 definerer kostnadsberegningutvalget «nytte-kostnadsanalyse [som] en lønnsomhetskalkyle som søker å kvantifisere alle nytteeffekter og kostnader av prosjektet fra en samfunnsmessig synsvinkel, og veie dem sammen til én felles verdienhet: kroner» (NOU, 1997, s. 26).

Drèze&Stern (1987) beskriver hensikten med nyttekostnadsanalysen med: «The purpose of cost-benefit analysis is to provide a consistent procedure for evaluating decisions in terms of their consequences» (Drèze&Stern, 1987, s. 909). En annen definisjon gis i Perman et al. (2003) når de beskriver nyttekostnadsanalyse som «social appraisal of investment projects» (Perman et al., 2003, s. 351). Videre begrenser Drèze&Stern (1987) begrepet til evalueringen av prosjekter i det offentlige. Et prosjekt er i følge dem definert som «a change in the net supplies of commodities from the public sector» (Drèze&Stern, 1987, s. 910).

2.2 Hvorfor Paretoeffektivitet ikke er egnet som evalueringsgrunnlag

Skal man vurdere lønnsomheten til et tiltak fra en samfunnsøkonomisk synsvinkel, kunne man tenke seg å trekke fram Paretokriteriet. Jeg skal imidlertid vise at begrepet er lite egnet i sammenheng med prosjektvurderinger generelt og dermed også i transportsektoren.

Generelt brukes kriteriet for å beskrive en effektiv allokering³, og det finnes mange forfattere som definerer Paretoeffektivitet. I henhold til Varian (1992) er Paretoeffektivitet gitt ved en allokering som innebærer at hvert individ står best mulig stilt gitt nytteverdiene til alle andre individer (Varian, 1992, s. 225). Kostnadsberegningutvalget til NOU 1997:27, beskriver en situasjon som «Paretoeffektiv dersom det ikke er mulig å gjøre det bedre for minst ett individ uten å gjøre det verre for andre.» (NOU, 1997, s. 46) Med andre ord representerer et prosjekt som forbedrer situasjonen til en eller flere uten å gjøre andre verre stilt, en Paretoforbedring (NOU, 1997, s. 46). Ut fra disse definisjonene kan man konkludere med at alle prosjekter som oppfyller Paretokriteriet, burde gjennomføres. Allikevel er Paretokriteriet svært lite anvendelig i prosjektsammenheng fordi forutsetningen om at ingen blir stilt dårligere sjelden vil holde (Nyborg, 2002, s. 14).

Dersom det ikke er mulig å bruke kriteriet om faktiske Paretoforbedringer, er en annen løsning for å unngå å ta stilling til omfordelingsaspektet det å finne potensielle Paretoforbedringer (Drèze&Stern, 1987, s. 955). Potensielle Paretoforbedringer må da tilfredsstillere kompensasjonskriteriet. Enkelt sagt beskriver kriteriet, som også blir kalt for Hicks-Kaldor-kriteriet, at taperne av et prosjekt hypotetisk må kunne kompenseres av vinnerne ved å omfordele gevinster på en slik måte at ingen blir stilt dårligere (NOU, 1997, s. 54). Hicks-Kaldor-kriteriet går ut på potensiell i stedet for faktisk kompensasjon (Johansson, 1993, s. 118).

Prosjekter som ikke fører til Paretoforbedringer kan allikevel ikke vurderes uten å definere oppfatningene som en sosial planlegger har for prosjektvurderinger, nærmere i form av en såkalt sosial velferdsfunksjon (Drèze&Stern, 1987, s. 957).

³ En allokering beskriver hvor mye hvert individ konsumerer av hvert gode (Varian, 1992, s. 224).

2.3 Den sosiale velferdsfunksjonen

Omfordelingsaspektet er et problem som Paretokriteriet ikke tar stilling til. Varian (1992) introduserer derfor for eksempel den sosiale velferdsfunksjonen som én mulig løsning på denne utfordringen, og han tolker funksjonen som de preferansene en sosial planlegger har til rådighet for å kunne vekke individuell nytte mot hverandre (Varian, 1992, s. 333). Både Drèze&Stern (1987) og Varian (1992) beskriver sosial nytte med den sosiale velferdsfunksjonen som en funksjon kun av alle individenes nyttenivåer (Drèze&Stern, 1987, s. 913, eller Varian, 1992, s. 333).

I kapittel 17.9 foreslår Varian (1992) en funksjon av følgende form som én mulig framstilling:

$$W = V(U_1, \dots, U_n) \quad \text{hvor} \quad \frac{\partial V}{\partial U_i} > 0 \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (1),$$

en form som også blir brukt i NOU 1997:27 (NOU, 1997, s. 46). Sosial velferd W er en funksjon V av alle n individers nyttenivåer U_1, \dots, U_n . Den første-deriverte med hensyn til i 's nytte er positiv, som betyr at sosial velferd øker dersom nytten til individ i øker c. p.⁴. Ved bruk av en sosial velferdsfunksjon gjelder et prosjekt som samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom «velferdsfunksjonen evaluert i den likevekten som etablerer seg etter at prosjektet er gjennomført, gir en høyere verdi enn i utgangspunktet.» (NOU, 1997, s. 48)

Legg merke til at velferdsfunksjonen som den er definert i (1), ikke tar hensyn til «andre ting enn enkeltpersoners nytte [...] som for eksempel dyrs velferd, religiøse forhold, eller grunnleggende menneskerettigheter.» (Nyborg, 2002, s. 18)

Det gjenstår to utfordringer ved valget av velferdsfunksjonen:

1. Hvordan nytte til enkeltpersoner blir målt og sammenlignet, er ikke løst.
2. Det finnes ingen endelig svar på måten å aggregere individuelle nyttenivåer på. Dermed er det heller ikke kjent hvem sin nytte det skal legges størst vekt på.

En velferdsfunksjon kan ikke utledes fra individuelle preferanser (NOU, 1997, s. 46). Man kan heller ikke fastslå om et prosjekt bør gjennomføres uten å veie nyttegevinstene av prosjektets vinnere mot tapene av prosjektets tapere (NOU, 1997, s. 46). La meg synliggjøre problematikken bak de to punktene nedenfor.

⁴ Ceteris paribus, resten uendret. Jeg antar altså at alle andre variabler og parametere ikke endres når nytten til i øker.

I den følgende argumentasjonen vil jeg følge Nyborg (2002), kapittel 5.1. Jeg antar at i's nyttenivå U_i er en funksjon u_i av konsum av et privat gode X_i , målt i kroner, og et fellesgode M , la oss si ren luft⁵, slik at:

$$U_i = u_i(X_i, M) \text{ hvor } \frac{\partial u_i}{\partial X_i} > 0, \frac{\partial u_i}{\partial M} > 0 \forall i = 1, \dots, n \quad (2).$$

De første-deriverte med hensyn til privatgode og fellesgode er begge positive, dvs. personens nytte øker dersom konsum av privatgodet og/ eller miljøgodet øker. Siden det private godet er uttrykt i pengeverdi, kan denne første-deriverte også kalles for «grensenytten av penger» (Nyborg, 2002, s. 17). Den totale nytteendringen er gitt ved:

$$dU_i = \frac{\partial u_i}{\partial X_i} \cdot dX_i + \frac{\partial u_i}{\partial M} \cdot dM \quad (3),$$

og er en sum av to deler: først, den marginale nytteendringen pga. inntektsendringen (grensenytten av penger) ganger inntektsendringen ($\frac{\partial u_i}{\partial X_i} \cdot dX_i$) og så den marginale nytteendringen pga. endringen i luftkvaliteten ganger endringen i luftkvaliteten ($\frac{\partial u_i}{\partial M} \cdot dM$). Dersom en må betale for å oppnå en forbedring i luftkvaliteten ($dM > 0$), blir individet pålagt kostnader i form av negative inntektsendringer⁶ ($dX_i < 0$) (Nyborg, 2002, s. 16). Dividerer vi i formel (3) med $\frac{\partial u_i}{\partial X_i}$ på begge sider, følger uttrykket for i's netto betalingsvillighet NB_i :

$$\frac{dU_i}{\frac{\partial u_i}{\partial X_i}} = dX_i + \frac{\frac{\partial u_i}{\partial M}}{\frac{\partial u_i}{\partial X_i}} dM = NB_i \quad (4).$$

Termen $\frac{\partial u_i}{\partial M} / \frac{\partial u_i}{\partial X_i}$ kalles for den marginale substitusjonsbrøken og viser hvor stor den marginale kompensasjonen med godet M må være for å holde nyttenivået konstant, gitt en marginal endring av godet X_i . Dermed viser (4) både endringen i luftkvaliteten, som individet verdsetter i relasjon til inntektsendringen gjennom substitusjonsbrøken, og kostnadene prosjektet medfører for i. Brøken $\frac{\partial u_i}{\partial X_i}$ er imidlertid ikke kjent. Vi kan derfor ikke fastslå hvilken betydning penger, og dermed inntektsendringer, har for et individ. Dermed er det også umulig å sammenligne effektene for flere personer. Det samme gjelder effektene for endringer i luftkvaliteten.

I sammenheng med påstand 2 vil jeg henvise til Johansson (1993), som i kapittel 2.6 beskriver tre eksempler på den sosiale velferdsfunksjonen: «utilitarian», «strictly convex» og

⁵ Jeg drøfter egenskapene til goder nærmere i kapittel 2.4.2.

⁶ Det forutsetter at hele budsjettet ble brukt for konsumgodet, dvs. ingen penger blir spart i utgangspunktet.

«Rawlsian». Det viser at den konkrete funksjonelle sammenhengen i (1) er omdiskutert i litteraturen. Videre konstaterer han at måten å aggregere individuelle nyttefunksjoner på, må baseres på etisk skjønn (Johansson, 1993, s. 17). Jeg vil nå følge Nyborg (2002), kapittel 5.2 for å utdype det. La meg først illustrere en velferdsendring ved hjelp av det totale differensialet av formel (1) som er gitt ved:

$$dW = \frac{\partial V}{\partial U_1} \cdot dU_1 + \dots + \frac{\partial V}{\partial U_n} \cdot dU_n \quad (5a)$$

eller skrevet i summeform:

$$dW = \sum_{i=1}^n \frac{\partial V}{\partial U_i} dU_i \quad (5b).$$

La meg først omformulere (5b) ved hjelp av $dU_i = \frac{\partial u_i}{\partial X_i} NB_i$, som følger av (4), før jeg går inn på forklaringen:

$$dW = \sum_{i=1}^n \frac{\partial V}{\partial U_i} \frac{\partial u_i}{\partial X_i} NB_i \quad (5c).$$

Brøken $\frac{\partial V}{\partial U_i}$ er den marginale velferdsendringen på grunn av en marginal nytteendring til individ i , og viser hvor mye bidraget av en nytteendring for i teller for velferdsendringen i hele samfunnet (Nyborg, 2002, s. 18). Formel (5c) viser velferdsendringen dW som sum av alle individers netto betalingsvillighet, men veid med samfunnets vekt på enkeltinteresser ganger individuell grensenytte av penger. Produktene av disse brøkene ($\frac{\partial V}{\partial U_i} \frac{\partial u_i}{\partial X_i}$) kalles for velferdsvekter (Nyborg, 2002, s. 19).

Dersom man kan ta (5c) som grunnlag for prosjektvurderinger, er beslutningsregelen at et prosjekt bør gjennomføres hvis $dW > 0$. I de etterfølgende kapitlene vil jeg først drøfte verdsettingsproblematikken og diskontering før jeg utdyper betydningen av velferdsvekter med hensyn til lønnsomhetskriteriet som blir brukt i Finansdepartementet (2005) i oppsummeringen til kapittel 2.

2.4 Om verdsetting av goder

2.4.1 Kalkulasjonspriser

I en bedriftsøkonomisk kalkyle er lønnsomhetsvurderingen for et prosjekt i frimarkedskonkurranse i utgangspunktet basert på markedspriser, dvs. at kostnader og gevinster beregnes ut fra markedspriser som antas å være gitte (NOU, 1997, s. 48). Lager

bedriften innsatsfaktorer som kunne blitt kjøpt på det frie markedet i sin egen virksomhet (internleveranse), legges også markedsprisene til grunn, siden det finnes perfekte erstatninger på markedet (NOU, 1997, s. 49). Finnes det derimot innsatsfaktorer som bedriften ikke får kjøpt, må den framstille disse ved bruk av egne ressurser. Men siden ressurser blir brukt for dette formålet, kan bedriften ikke bruke dem til alternative anvendelser. Derfor må en kalkulasjonspris gjenspeile disse alternativene (NOU, 1997, s. 49). Denne logikken overfører Finansdepartementet (2005) til offentlige prosjekter, og oppsummer det slik:

Alternativkostnaden til ressursene eller innsatsfaktorene i et offentlig prosjekt er ressursenes verdi i beste alternative anvendelse. Dersom markedspriser på innsatsfaktorer ikke reflekterer befolkningens betalingsvillighet, må det beregnes kalkulasjonspriser som kan reflektere alternativkostnadene. Kalkulasjonsprisen blir dermed en beregnet pris som kan benyttes i den samfunnsøkonomiske analysen (Finansdepartementet, 2005, s. 21).

For å kunne bruke kalkulasjonspriser, antar jeg at prosjektet som jeg skal analysere, gjelder som «lite». I henhold til kostnadsberegningutvalget av NOU 1997:27 forutsetter jeg dermed at prosjektet ikke påvirker alternativverdiene av ressursene i vesentlig grad (NOU, 1997, s. 52). Allikevel gjenstår problemer som fører til at det ikke er så enkelt å knytte kalkulasjonspriser til markedspriser på en måte beskrevet ovenfor. Spesielt aspekter i forbindelse med markedssvikt gjør «at kalkulasjonspriser og markedspriser ikke nødvendigvis vil være sammenfallende» (NOU, 1997, s. 52).

2.4.2 Årsaker til markedssvikt

Flere forutsetninger må være oppfylt for at et marked skal kunne føre til en effektiv allokering under frikonkurranse. I den følgende diskusjonen vil jeg konsentrere meg om de forutsetningene som vil være av størst betydning for prosjektets sammenheng:⁷

- det finnes ingen fellesgoder,
- eiendomsrettigheter er definert for alle goder og tjenester,
- ingen eksternaliteter,
- det finnes markeder for alle goder og tjenester som produseres og konsumeres,
- symmetrisk informasjon for beslutningstakere.

⁷ For en fullstendig oversikt, se for eksempel Perman et al. (2003) kapittel 5.8.

Fellesgoder (også «kollektive goder») er kjennetegnet ved å være ikke-ekskluderbare og ikke-rivaliserende i konsum.⁸ Rene private goder derimot er ekskluderbare og rivaliserende i konsum. La oss for øyeblikket anta at ren luft er et slikt fellesgode. Da måtte vi i så fall også anta at ingen kan bli ekskludert av å konsumere ren luft og heller ikke blir luftmengden eller luftkvaliteten dårligere for en annen dersom en allerede nyter godet. Spesielt den andre delen i denne antakelsen er noe urealistisk, siden spesielt luftkvaliteten går ned jo mer utslipp av klimagasser andre trafikanter forårsaker. I NOU 1997:27 beskriver kostnadsberegningutvalget et slikt gode som et «rivaliserende fellesgode» (NOU, 1997, s. 58). Siden ren luft ikke kan splittes opp, kan en heller ikke tilkjennes eksklusiv bruksrett (NOU, 1997, s. 58). I forhold til forutsetningene 1 og 2, fører dermed egenskapene av godet ren luft til markedssvikt.

En annen effekt, som kan føre til markedssvikt, og som står i nært forhold til fellesgoder, er eksternaliteter (også kalt «eksterne effekter»). «Eksternaliteter oppstår når variable som påvirker en økonomisk aktørs nytte eller fortjeneste er under kontroll av andre aktører» (Minken et al., 2001, s. 28). Lokale miljøvirkninger er et eksempel på eksterne effekter (Finansdepartementet, 2005, s. 24). I eksemplet med et fellesgode, antar jeg at luftkvalitet synker jo høyere utslippet av klimagasser er. Dersom jeg antar en funksjonell sammenheng mellom lokal luftforurensning og bilbruk, vil bilbruk av andre danne eksternaliteter som påvirker nytten til et individ gjennom nedsatt luftkvalitet. Rent privatøkonomiske lønnsomhetsanalyser tar vanligvis ikke hensyn til slike effekter, dvs. verken positive eller negative eksternaliteter blir inkludert i beregningen (NOU, 1997, s. 59). I samfunnsøkonomiske analyser derimot prøver man å ta hensyn så langt mulig. Positive eksterne effekter kan sammenlignes med goder («goods») og negative eksterne effekter med ulemper («bads») som ikke omsettes på markeder (Minken et al., 2001, s. 29).

Dersom det rett og slett ikke finnes markeder for goder, oppstår det også markedssvikt. Et slikt gode er for eksempel reisetid. Trafikantenes reisetid er et privat gode siden den er både ekskluderbar og rivaliserende i konsum. Utover det blir reisetid ikke omsatt på et marked, men er likevel en vesentlig del av evalueringen av samferdselsprosjekter (NOU, 1997, s. 21). Man kan se på reisetid som innsatsfaktor i det «å produsere reiser» (Minken et al., 2001, s. 32). I følge Minken et al. (2001) går reisetiden inn i produksjonsprosessen av kollektivtransport (Minken et al., 2001, s. 32). Endret ulykkesrisiko er et annet eksempel på et gode som ikke direkte omsettes i markeder.

⁸ Se for eksempel Varian (1992), kapittel 23 eller Nyborg (2002), s. 16 for en drøfting i denne sammenhengen.

Drøftingen og eksemplene skal illustrere årsaker som kan føre til markedssvikt i transportsektoren. Ved slutten av kapittel 2.4.1 fastslår jeg at slike aspekter kan føre til at kalkulasjonspriser ikke behøver å falle sammen med markedspriser, og derfor kan vanskeliggjøre nyttekostnadsanalyser. I det følgende kapitlet vil jeg gi en kort oversikt over metoder for å verdsette goder under markedssvikt.

2.4.3 Verdsetting til tross for markedssvikt

I henhold til Finansdepartementet (2005) skal alle virkninger verdsettes «så langt det er forsvarlig» (Finansdepartementet, 2005, s. 29). I kapittel 2.4.2 gjør jeg rede for årsaker som kan føre til markedssvikt. Som en følge av markedssvikt, kan det være vanskelig å bestemme kalkulasjonspriser for slike goder. Det kreves derfor tilnærminger for å kunne fastslå kalkulasjonspriser i sammenheng med nyttekostnadsanalyser. Ved hjelp av direkte og/ eller indirekte metoder, er det blitt mulig å verdsette ikke-omsatte goder i pengeverdi. Indirekte metoder avslører verdier gjennom observasjoner av individenes atferd knyttet til omsatte goder, mens direkte teknikker bruker bl.a. spørreundersøkelser (Perman et al., 2003, s. 402).

Et eksempel på verdsetting av miljøgoder ved hjelp av indirekte metoder er å bruke dose-respons-sammenhenger. Dose-respons-sammenhenger beskriver den fysiske sammenhengen mellom ulike miljøbelastninger og effekten på miljøet (NOU, 1997, s. 129) eller liv og helse (Minken et al., 2001, s. 29). I NOU 1997:27 måles effekten (respons) i fysiske enheter, og den blir estimert på grunnlag av en bestemt miljøbelastning (dose). For eksempel kan man «anslå hvor stor økning i sykefravær [utslipp av svovel til luft] vil innebære, og verdsette dette sykefraværet f.eks. ut fra gjeldende lønnsatser» (NOU, 1997, s. 129). Begrenset kunnskap om sammenhenger fører imidlertid til usikkerhet i estimater (NOU, 1997, s. 129).

I PROSAM-rapporten nr. 187 «Bedre kollektivtransport. Trafikantenes verdsetting av ulike egenskaper ved tilbudet i Oslo og Akershus», byr Ruud, Ellis & Norheim (2010) på et eksempel på en direkte verdsettingsmetode av tid. Spørreundersøkelsen, som ble gjennomført i denne sammenhengen, er en flervalgsanalyse, dvs. de spurte verdsetter på grunnlag av ulike hypotetiske scenarier (Perman et al., 2003, s. 420). I henhold til Ruud, Ellis & Norheim (2010), består en reise med kollektivtransport «av flere deler: reisetid til og fra holdeplassen, ventetid mellom avgangene og ventetid på holdeplassen/ stasjonen, i tillegg til reisetiden på selve transportmidlet» (Ruud, Ellis & Norheim, 2010, s. 19). Verdsettingene til

de enkelte reisetidselementene varierer avhengig av varighet og komfort⁹ (Ruud, Ellis & Norheim, 2010, s. 25). Dessuten verdsettes planlagt og påtvunget ventetid, dvs. forsinkelser, forskjellig, og forsinkelser beskrives som «en betydelig ulempe» (Ruud, Ellis & Norheim, 2010, s. 40).

Uten å gå i dybden på ulykkesrisiko og dens verdsetting, skal det nevnes at tre komponenter utgjør ulykkeskostnader i transportsektoren: velferdstap pga. tapte menneskeliv og nedsatt helsetilstand, tapt inntekt og utgifter som følge av ulykken, og materielle kostnader (Minken et al., 2001, s. 131-132). En verdsettingsanalyse om ulykkesrisiko finnes for eksempel i TØI-rapport nr. 1053C/2010 «Ulykker – verdien av statistiske liv og beregning av ulykkesnes samfunnskostnader» utredet i 2010 som en del av «Den norske verdsettingsstudien» (Veisten, Flügel og Elvik, 2010). «Den norske verdsettingsstudien» har som mål å verdsette bl.a. ulykker, støy, helseeffekter, og å utvikle enhetspriser til bruk ved vurdering av prosjekter i transportsektoren. Delrapportene ble utredet i regi av TØI og Sweco, et rådgivningsselskap, og prosjektet ble finansiert av Statens vegvesen, Jernbaneverket, Kystverket, Avinor og Samferdselsdepartementet. Jeg henviser spesielt til denne studien for mer dyptgående informasjon om verdsettingsstudier i sammenheng med transportprosjekter. Perman et al. (2003) og Finansdepartementet (2005) gir en generell oversikt over verdsettingsproblematikken. Ved hjelp av slike analyser kan preferanser for miljøgoder, tid, ulykkesrisiko m.m. reflekteres i en nyttekostnadsanalyse gjennom kalkulasjonspriser.

2.5 Diskontering

2.5.1 Nødvendigheten av diskontering

I kapittel 2.3 ble den intratemporale fordelingen diskutert, dvs. fordelingen av gevinster og kostnader innen den samme perioden, la si et år. «Nytte- og kostnadsvirkninger av et tiltak oppstår sjelden på samme tidspunkt» (Finansdepartementet, 2005, s. 18). Mens investeringskostnader kan strekke seg bare over de første periodene (for eksempel bygge- og installasjonskostnader), faller driftskostnader og nyttegevinster vanligvis også i senere perioder (etter prosjektets ferdigstilling). Derfor er det mer realistisk å anta at den sosiale planleggeren har preferanser for hvordan nytte- og kostnadsvirkninger til et prosjekt strekker seg over tid (intertemporale preferanser).

⁹ Under komfort vil jeg bl.a. presisere aspektene sitte- eller ståplass, skinnegående eller ikke-skinnegående transportmidler, og trensel. Dette blir drøftet i mer detalj i Ruud, Ellis & Norheim (2010), kapittel 2.5. Jeg kommer til å utdype dette i kapittel 3.

I det forrige kapitlet drøfter jeg hvordan det er mulig å verdsette konsekvenser i pengeverdi. Vi kan derfor bestemme prosjektoverskuddet i et år t , målt i kroner, ved hjelp av differansen mellom den sosiale nytten og de sosiale kostnadene prosjektet medfører (Finansdepartementet, 2005, s. 18). La meg definere sosial nyttegevinst av et prosjekt i året t med B_t og sosiale kostnader av prosjektet i året t med C_t slik at prosjektoverskuddet i perioden, NB_t , er:

$$NB_t = B_t - C_t \quad (6).$$

Denne differansen må imidlertid beregnes for hele den relevante tidshorizonten, dvs. for alle periodene t , $t = 0, \dots, T$. Beregningen leverer da en strøm av prosjektoverskudd for årene prosjektet er planlagt for (Mishan&Quah, 2007, s. 122). Siden konsekvenser av et prosjekt, målt i pengeverdi, oppstår på ulike tidspunkt, vil jeg bruke nåverdimetoden. «Nåverdimetoden innebærer at nytte- og/ eller kostnadsvirkninger neddiskonteres til investerings- eller iverksettelsestidspunktet» (Finansdepartementet, 2005, s. 18). Jeg baserer min analyse på formelen som blir foreslått av Finansdepartementet (2005), og skriver nettonåverdien av et prosjekt neddiskontert til periode 0 som NNV_0 :¹⁰

$$NNV_0 = -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{NB_t}{(1+r)^t} \quad (7a).$$

Den reelle diskonteringsrenten p.a. er gitt ved r , og Finansdepartementet (2005) forutsetter at den er konstant i analyseperioden (Finansdepartementet, 2005, s. 18). Siden jeg antar ett år som en periode, refererer jeg heretter bare til diskonteringsrenten.¹¹ Utover det, antas det i (7a) at investeringskostnadene I_0 bare påløper i periode 0 (det første året), og at det ikke finnes noen nyttegevinster i startperioden. Finansdepartementet (2005) og kostnadsberegningutvalget til NOU 1997:27 velger å bruke diskret tid for diskonteringsproblemet. Det har som konsekvens at alle beløp som påløper i løpet av et år blir sett på som om de påløper i et eneste tidspunkt i begynnelsen av året. En slik forenkling bruker også jeg i min analyse.¹² Jeg velger å skrive nettonåverdien i følgende form:

$$NNV_0 = \sum_{t=0}^T \frac{NB_t}{(1+r)^t} \quad \text{med} \quad NB_t = B_t - C_t \quad (7b).$$

¹⁰ Formelen i Finansdepartementet (2005) er gitt ved $NNV_0 = -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{U_t}{(1+k)^t}$, men for å unngå misforståelser, har jeg erstattet U_t med NB_t (som «net benefit»). Siden n i formel (1) er antall individer, velger jeg T som sluttperiode. Videre velger jeg r som diskonteringsrente, i stedet for k , siden de fleste forfattere velger dette symbolet; se f.eks. NOU 1997:27, Mishan&Quah (2007).

¹¹ Som jeg skal vise i vedlegg 2, er diskonteringsrenten r_t i periode t definert som differens mellom kapitalavkastningsrenten i_t og den forventete inflasjonsraten $E_t[\pi_{t+1}]$.

¹² Ved diskontering under kontinuerlig tid kan formel (7b) omformuleres, for eksempel med uendelig tidshorizont: $NNV_0 = \int_{t=0}^{\infty} NB_t e^{-rt} dt$.

Formelen er mer generell og følger argumentasjonen i Mishan&Quah (2007): I hver periode kan nettonytten av prosjektet, NB_t , ha verdier som er større, mindre eller like null, selv allerede i startperioden (Mishan&Quah, 2007, s. 129). Dersom det ikke finnes nyttegevinster i startperioden, dvs. $B_0 = 0$, og alle investeringskostnader påløper i periode 0, blir framstillingen den samme som i Finansdepartementet (2005) ved å sette $C_0 = I_0$. Det følger at $NB_0 = -I_0$, og de (eneste) investeringskostnadene blir sett på som negativ nettonytte i den første perioden (Mishan&Quah, 2007, s. 129). Felles for formlene (7a) og (7b) er at jo høyere t er, dvs. jo lengre fram i tid man beveger seg, desto mindre veier den tilhørende nettonytten siden:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{(1+r)^t} = 0 \quad \text{for} \quad r > 0 \quad (8).$$

2.5.2 Valg av diskonteringsrenten

Jeg vil avslutte kapitlet om diskontering med å se nærmere på valget av diskonteringsrenten r . I følge Mishan&Quah (2007) er utfordringen med valget av r det å finne en passende diskonteringsrente, siden den vil veie prosjektoverskuddene av flere perioder mot hverandre (Mishan&Quah, 2007, s. 129). Brekke&Johansson-Stenman (2008) fastslår at valget av diskonteringsrenten er omdiskutert, og at det finnes to muligheter for å utlede diskonteringsrenten; fra økonomiens konsumside eller fra produksjonssiden (Brekke&Johansson-Stenman, 2008, s. 4). Finansdepartementet (2005) bruker diskonteringsrenten i den forstand at verdien skal gjenspeile et avkastningskrav, og følger dermed utledningen fra produksjonssiden (Finansdepartementet, 2005, s. 18). Siden jeg følger Finansdepartementets anbefalinger i min egen analyse, velger jeg å gjøre det samme. Likevel vil jeg henvise til vedlegg 2 for utledningen fra konsumsiden og ytterligere informasjon om sammenhengene.

I utledningen fra produksjonssiden sammenlignes diskonteringsrenten r med data om kapitalavkastningsrenter. I den forstand tolkes diskonteringsrenten som alternativkostnad:

Kalkulasjonsrenten er den samfunnsøkonomiske alternativkostnaden ved å binde kapital i et gitt tiltak og reflekterer kapitalens avkastning i beste alternative anvendelse. Kalkulasjonsrenten blir på denne måten avkastningskravet til tiltaket (Finansdepartementet, 2005, s. 34).

Diskonteringsrenten må i følge Finansdepartementet (2005) gjenspeile både den risikofrie alternativkostnaden og prisen for tiltakets risiko¹³ (Finansdepartementet, 2005, s. 34). Ved å anta at mange offentlige prosjekter som regel er mindre konjunkturfølsomme enn investeringer finansiert i aksjemarkedet, fastsetter Finansdepartementet (2005) diskonteringsrenten på 4 prosent (Finansdepartementet, 2005, s. 35). I prosjekter med betydelig systematisk risiko, skal det derimot brukes en diskonteringsrente på 6 prosent (Finansdepartementet, 2005, s. 36). Brekke&Johansson-Stenman (2008) anbefaler å velge en diskonteringsrente som er nærmere den risikofrie enn den gjennomsnittlige kapitalavkastningsraten (Brekke&Johansson-Stenman, 2008, s. 20). Deres krav er antatt i utledningen i vedlegg 2. Senter for statlig økonomistyring, SSØ, følger Finansdepartementets argumentasjon og gir de samme anbefalingene for valget av diskonteringsrenten (SSØ, 2010, s. 42), men supplerer med en diskonteringsrente på 4,5 prosent i nyttekostnadsanalyser spesifikt for transportsektoren (SSØ, 2010, s. 72).

2.6 Oppsummering: Prosjektevaluering

I begynnelsen av kapittel 2 gjør jeg rede for formålet med samfunnsøkonomiske analyser og for nyttekostnadsanalyser spesielt. Begrepet samfunnsøkonomisk lønnsomhet står i sentrum av analyser av «fellesanliggender» (Johansen, 1977, s. 10). Deretter fastslår jeg at Paretokriteriet sjelden er egnet for prosjektevaluering. Den sosiale velferdsfunksjonen, som en annen tilnærming til prosjektevaluering, innebærer også utfordringer som må løses. Dette fordi det rett og slett ikke finnes en bestemt sosial velferdsfunksjon. Lønnsomhetskalkyler som baseres på formel (5c) forblir dermed normative og preget av planleggerens moralfilosofiske holdning (Nyborg, 2002, s. 19) siden ingen av brøkene som danner velferdsvektene er kjente.

I NOU 1997:27 definerer utvalget et tiltak som samfunnsøkonomisk lønnsomt, «dersom den samlede betalingsvilligheten er større enn kostnadene» (NOU, 1997, s. 56). En nyttekostnadsanalyse som baserer lønnsomhetskriteriet på samlet netto betalingsvillighet, innebærer en antakelse om at velferdsvektene er like for alle individene $i = 1, \dots, n$ (Nyborg, 2002, s. 19), slik at den samlede netto betalingsvilligheten kan summeres uveiet.

Jeg antar at velferdsvektene er lik 1 for alle individene. Dette er den samme antakelsen som blir gjort NOU 1997:27. Den innebærer konkret at

$$\frac{\partial V}{\partial u_i} \frac{\partial u_i}{\partial X_i} = \frac{\partial V}{\partial u_j} \frac{\partial u_j}{\partial X_j} = 1 \text{ for alle } i, j \text{ og } i \neq j \quad (9).$$

¹³ Finansdepartementet (2005), definerer risiko som «muligheten for at det faktiske resultatet avviker fra det forventede» (Finansdepartementet, 2005, s. 32).

Videre følger

$$\frac{\partial V}{\partial u_i} = \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_i}\right)^{-1}, \quad (10)$$

som betyr at samfunnet legger mindre vekt på interessen til et individ jo høyere dets grensenytte av penger.

La meg videre definere prosjektoverskuddet i en periode t , NB_t , som den samlede betalingsvilligheten for et prosjekt minus prosjektets kostnader (den samlede nettobetalingvilligheten):

$$NB_t = \sum_{i=1}^n NB_{it} \quad (11).$$

Legg merke til at dette i utgangspunktet er en rent deskriptiv, altså beskrivende, definisjon av prosjektoverskuddet. Ved å velge velferdsvekter lik 1 for alle individer, følger med bruk av formlene (5c) og (11) imidlertid at dette kan tolkes som en velferdsendring i året t :

$$dW_t = \sum_{i=1}^n NB_{it} = NB_t \quad (12).$$

Summerer man nå alle velferdsendringer fra periode 0 til periode T (neddiskontert til periode 0) så følger:

$$dW = \sum_{t=0}^T dW_t = \sum_{t=0}^T \frac{\sum_{i=1}^n NB_{it}}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{NB_t}{(1+r)^t} \quad (13).$$

Uttrykket i (13) er den samlede velferdsendringen dW som prosjektet medfører over hele planleggingshorisonten, og tilsvarer nettonåverdien i formel (7b).

Beslutningsregelen for vurderingen er at et prosjekt er lønnsomt hvis:

$$dW = NNV_0 = \sum_{t=0}^T \frac{NB_t}{(1+r)^t} > 0 \quad (14).$$

Et prosjekt er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom nettonåverdien er positiv (Finansdepartementet, 2005, s. 18). Det forutsetter imidlertid at alle virkninger er prissatt og tatt med i beregningen. I kapitlene 2.4 og 2.5 drøfter jeg derfor verdsettings- og diskonteringsproblematikken som viktige utfordringer ved dette. Vær allikevel oppmerksom på at prosjektvurderingen ikke er mer enn en indikasjon for prosjektets samfunnsøkonomiske lønnsomhet på grunn av de antakelsene som blir gjort spesielt med hensyn til velferdsvektene.

I følge Johansen (1977) bør avveiningen framtre som et politisk spørsmål (Johansen, 1977, s. 26), og avgjørelsen om lønnsomhet bør følges av en forklaring om hvilke antakelser som ligger til grunn for analysen (Johansen, 1977, s. 22). En nyttekostnadsanalyse kan dermed levere bakgrunnsinformasjon «som faktagrunnlag for en demokratisk debatt» (Nyborg, 2002, s. 10), og den kan støtte prosjektrangeringen (Finansdepartementet, 2005, s. 8). «Analysen må gjerne munne ut i et forslag, men den endelige avgjørelsen skal som regel fattes i en etterfølgende administrativ eller politisk prosess» (Nyborg, 2002, s. 9).

3 Et alternativt kollektivtransportmiddel

3.1 Transportbehovet øker

I innledningen stiller jeg spørsmålet om BRT kan være én av løsningene for å imøtekomme transportutfordringene i Oslo og Akershus. Jeg vil her gå nærmere inn på transportutfordringene i regionen fordi dette danner grunnlaget for vurderingen av kollektivtransporttiltak. Deretter forklarer jeg, med hjelp av en definisjon, hva systemet BRT egentlig er. Etter min mening er definisjonen imidlertid noe utilstrekkelig slik at jeg velger å illustrere bussystemet ytterligere ved bruk av seks kjennetegn. Det er disse kjennetegn som jeg velger som kriterier for en avsluttende sammenligning av bus rapid transit med bybane i dette kapitlet. Der gjør jeg også rede for hvorfor jeg tar bybane som alternativt konsept.

Transportsektoren vil fortsette å ha en stor betydning for samfunnet og miljøet i framtiden både som framkomstmiddel, som oljeforbrukende næring og som kilde til utslipp av klimagasser. IEA estimerer at sektoren vil stå for mer enn halvparten av oljeforbruket i 2020, og at den vil forårsake omtrent 25 prosent av verdens energibaserte CO₂-utslipp (IEA, 2002, s. 17). En grunn til det er den enorme befolkningsveksten fram til 2030 som er ventet å finne sted spesielt i byområder (IEA, 2002, s. 18).

Utfordringene som beskrives i kapittel 1 var tema på seminaret «Utfordringer i transportsektoren i Oslo- og Akershusregionen». Seminaret ble holdt i regi av TØI tirsdag 13. september 2011 på bakgrunn av et forskningsprosjekt om mer bærekraftige infrastrukturinvesteringer for å møte den forventede befolkningsveksten og økonomisk vekst i regionen. Seminaret tydeliggjorde videre at IEA's prognoser beskrevet ovenfor, er av betydning også for Norge, og spesielt for Oslo-Akershus-regionen. Arne Stølan (Jernbaneverket) spådde i sin presentasjon «utfordringer for transportsektoren i regionen og jernbanens rolle» en vekst i transportetterspørsel for regionen Oslo-Akershus på 54 prosent fram til 2060. I seminarets andre presentasjon konstaterte Jon-Terje Bekken (Statens vegvesen) i sitt foredrag om «evalueringen av dagens situasjon» at biltrafikk øker mer enn befolkningsveksten og at vegtrafikken er den viktigste kilden til lokal luftforurensning i Oslo. I Oslo-Akershus-regionen står i henhold til Bekken vegtrafikken for over 50 prosent av klimagassutslipp, og han regner med 40 prosent økte utslipp i 2030 i forhold til 1990-nivået. Hovedutfordringen er derfor å håndtere vekst på en bærekraftig måte ved å legge til rette for miljøvennlig transport. Aspektet ble tatt opp av flere foredragsholdere, og Thomas Tvedt (Akershus fylkeskommune) satt i sin presentasjon om «visjoner for transport i

Oslo/Akershusregionen» god framkommelighet for alle trafikantgrupper, en større kollektivandel og reduserte miljøproblemer som mål.

Minken et al. (2001) definerer et kollektivtiltak som alt som øker kollektivandelen, dvs. andelen passasjerer som bruker kollektivtransport i stedet for privatbil for framkomst (Minken et al., 2001, s. 7). Fearnley et al. mener at «høystandard bussløsninger, eller superbusskonsepter» (Fearnley et al., 2008, s. 1) bør vurderes som alternative kollektivtiltak, men at det er ensidig fokus på bybaneløsninger¹⁴ mange steder i Norge. Hvorfor skulle høystandard bussløsninger overhodet kunne få en større betydning som alternativ for kollektivtransport?

IEA argumenterer generelt for bussløsninger som rimelige, kostnadseffektive og miljøvennlige (IEA, 2002, s. 22). Et problem ved økonomisk vekst er den positive korrelasjonen man hittil har sett mellom vekst i privat inntekt og vekst i antall private biler (IEA, 2002, s. 32). IEA (2002) understreker at trenden kan snus med hjelp av investeringer i transportsystemer og andre biltrafikkreduserende tiltak. Eksempler på en slik utvikling er Hong Kong og Singapore.

For at en bussløsning skal lykkes i å håndtere flere passasjerer på en bærekraftig måte, er det viktig å få busslinjen ut av vanlig trafikk og ved dette ut av køen. Dette øker hastigheten på systemet og dermed også dets attraktivitet: «Slower buses travel fewer kilometres each day and therefore carry fewer (fare-paying) passengers.» (IEA, 2002, s. 23) Økt attraktivitet kan føre til høyere passasjertall og dermed kan kollektivandelen øke (IEA, 2002, s. 23).

I utgangspunktet finnes det to grunnleggende muligheter for å øke bærekraftigheten til kollektivtrafikken: Å øke kapasiteten til kollektivtransporten eller å erstatte eksisterende teknologier med nye og bedre. Potensielle nyttegevinster av forbedringer i bussystemer oppstår dersom et signifikant antall passasjerer velger buss fram for egen bil (IEA, 2002, s. 41). Dersom andelen private biler reduseres tilstrekkelig, kan det under visse forutsetninger i seg selv føre til netto reduksjoner i forbruk av drivstoff, utslipp av klimagasser og andre forurensende stoffer samt bruk av veier (IEA, 2002, s. 41).¹⁵ Dette alternativet går dermed ut på en kapasitetsøkning, mens miljøaspektet blir tatt direkte hensyn til gjennom bl.a. nye

¹⁴ I henhold til Fearnley et al. (2008) er bybane et samlende begrep for trikk, sporvogn, lettbane osv. (Fearnley et al., 2008, s. 4).

¹⁵ Argumentet går ut på å erstatte x private biler og/ eller andre framkomstmidler, som for eksempel små busser eller taxis, gjennom 1 superbuss. Selv om en buss gjerne har høyere utslippsmengder av klimagasser enn en privatbil, kan det føre til en reduksjon dersom et minimumsantall passasjerer velger buss framfor bil. Dette tar jeg opp i min sentrale antakelse om kollektivandelen i kapittel 5.

fremdriftsteknologier som er energisparende og har lavere CO₂-utslippsverdier sammenlignet med eldre systemer (IEA, 2002, s. 24).

3.2 Systemet BRT

I følge Levinson et al. (2002) kan utviklingen til BRT dateres tilbake til 1937, da den første superbusslinjen ble planlagt i Chicago (Levinson et al., 2002, s. 6). Så langt har høystandard bussløsninger blitt implementert spesielt i Sør-Amerika, i enkelte nordamerikanske og europeiske byer og noen steder i Asia og Oseania, særlig i Australia. De kanskje mest-brukte eksemplene, som blir trukket fram for å synliggjøre fordelene med et slikt system, er systemene RIT¹⁶ i Curitiba, Brasil eller TransMilenio i Bogotá, Colombia. Videre nevner IEA (2002) Transitway i Ottawa, Canada som et eksempel på nordamerikansk sokkel (IEA, 2002, s. 38). I fagbladet Transportforum fra 15. juni 2011 blir Streetcar i Leeds, England sett på som BRT (Sandberg, 2011, s. 14). En omfattende oversikt over BRT-systemer er vedlagt i vedlegg 1 til planguiden av ITDP, the Institute for Transportation and Development Policy, som bl.a. går inn på systemer i Kina og Australia (Wright&Hook, 2007, s. 762 og 764). For å kunne bygge på felles forståelse av begreper, definerer jeg i det følgende kapitlet først hva konseptet er og hvilke begreper som er tatt i bruk. Jeg beskriver også kjennetegn for å kunne sammenligne transportsystemet med andre alternativer i det etterfølgende kapitlet.

I kapittel 1 nevner jeg to uttrykk som beskriver det samme kollektivtiltaket: Det som omtales som superbuss på norsk beskrives i engelsk språkbruk med systemet bus rapid transit, BRT. Allikevel finnes det flere formuleringer som er tatt i bruk, også her i Norge. Som vist i kapittel 3.1, bruker TØI uttrykket høystandard bussløsninger som ensbetydende med superbuss eller BRT (Fearnley et al., 2008, s. 4). Deng&Nelson (2011) utvider listen med:

- high-capacity bus systems,
- high-quality bus systems,
- metro-bus,
- surface Metro
- express bus systems,
- high-level bus service, og
- busway systems.

Videre framhever de at BRT i forskjellige steder i verden blir omtalt med forskjellige begrep (Deng&Nelson, 2011, s. 70-71). Dette er for øvrig et aspekt som jeg også finner ut i en rapport som jeg utarbeider for Urbanet Analyse AS (Urbanet Analyse, 2012). I rapporten

¹⁶ RIT: Rede Integrada de Transporte.

viser jeg en oversikt over eksisterende og planlagte BRT-systemer i hele verden. Resultatet understreker Dengs og Nelsons funn. Et eksempel på det er at i Kina brukes bynavnet nesten gjennomgående i forbindelse med forkortelsen BRT for å gi systemet et navn – Beijing BRT, for eksempel. I USA brukes gjerne slagkraftige navn som en del av markedsføringen. Eksempler på det er Silver Line i Boston¹⁷ eller Rapid Ride i Seattle. IEA (2002) bruker begrepene BRT og busway systems om samme framkomstmiddel, men bruker gjennomgående bare førstnevnte (IEA, 2002, s. 27). Også andre engelskspråklige og skandinaviske kilder, som jeg kommer til å henvise til underveis, bruker enten BRT eller henholdsvis superbussbegrepet. Jeg velger derfor å kalle forskningsobjektet for BRT siden dette begrepet synes å være det mest omtalte.

Dessuten skiller IEA (2002) mellom busser som kjører i vanlig trafikk uten prioritering, busser med delvis prioritering (egne bussfelt for eksempel) og busser med full prioritering og minimale vekselvirkninger med resterende trafikk (IEA, 2002, s. 27). Selv om det ikke finnes noen fast og enkel definisjon av BRT (Sandberg, 2011, s. 12), er en enkel måte å beskrive transportsystemet på gitt i Levinson et al. (2002), som definerer BRT med:

BRT is a flexible, rubber-tired rapid transit mode that combines stations, vehicles, services, running way, and ITS elements into an integrated system with a strong positive image and identity. BRT applications are designed to be appropriate to the market they serve and their physical surroundings and can be incrementally implemented in a variety of environments. In brief, BRT is a permanently integrated system of facilities, services, and amenities that collectively improve the speed, reliability, and identity of bus transit. In many respects, BRT is rubber-tired light rail transit (LRT), but with greater operating flexibility and potentially lower capital and operating costs. (Levinson et al., 2002, s. 2)

Forkortelsen ITS i definisjonen står for Intelligent Transportation System. Jeg vil utdype definisjonen med den følgende tabellen. Tabell 2 gir en oversikt over egenskaper som kjennetegner BRT. Jeg velger å supplere denne oversikten med en illustrasjon ved slutten av kapittel 3.2. BRT-systemer har noen eller alle karakteristika framstilt nedenfor. Tabellen er en sammenfatning basert på beskrivelsen i Jarzab, Lightbody & Maeda (2002) og i Sandberg (2011).

¹⁷ Silver Line er også faktisk et system som bruker sølvfargede busser. Det virker som det er en populær strategi, fordi det finnes flere eksempler på det: Emerald Express (Eugene), Orange Line (Los Angeles), med mer.

Kjennetegn	Beskrivelse
Kjørebaner	Kjøretøy kan operere i all slags trafikk, men egne kjørefelt øker hastigheten, pålitelighet og identitet.
Stasjoner	BRT-holdeplasser ligner heller på stasjoner enn vanlige bussholdeplasser og har et lett gjenkjennelig design.
Kjøretøy	BRT-kjøretøy er konstruert for å bedre komfort, hastighet og sikkerhet. De har karakteristisk design, farger og grafikker.
Service	Systemet byr på rask og høyfrekvent, regelmessig og pålitelig service.
Billettering	BRT tilbyr rask og effektiv billettsalg. Billettene sjekkes på stasjonene.
ITS	Ved bruk av digitale teknologier forbedres komfort, hastighet og pålitelighet samt sikkerhet for passasjerer, sjåførere og planleggere.

Tabell 2: Kjennetegn til BRT

Egen framstilling av kjennetegn til BRT som drøftet i Jarzab, Lightbody & Maeda (2002) og Sandberg (2011).

Kjørebaner: Selv om bussene i utgangspunktet kan opereres i generell trafikk, bør de primært kjøres på eksklusive bussfelt som til og med kan være fysisk adskilt fra øvrige veier (IEA, 2002, s. 28). Ekte BRT-systemer bruker gjerne egne traseer som til og med gjør det mulig å krysse et veikryss via såkalte «flyovers» (IEA, 2002, s. 27). Det er i utgangspunktet ikke mer enn en enkel bro (noen ganger tunneler) som fører bussene over knutepunktene uten at de må kjøre gjennom kryssene. Det øker systemets hastighet og pålitelighet (Jarzab, Lightbody & Maeda, 2002, s. 40). Dessuten er det mulig å innføre forkjørsrett og prioriteringer som øker hastigheten ytterligere (IEA, 2002, s. 28).

Stasjoner: Stasjonene kan variere fra enkle busskur til store transitsentere som er både attraktive og lett tilgjengelige. De skaper «identitet» (Sandberg, 2011, s. 13), og har god beliggenhet satt opp mot samfunnets behov (Levinson et al., 2002, s. 3). Stasjonene sikrer tilgang for fotgjengere, syklistene samt sykkelparkering, og taxis (IEA, 2002, s. 28).

Kjøretøy: BRT-busser har i seg selv høy kapasitet. Leddbusser synes å være de mest brukte kjøretøyene i sammenheng med BRT. Hagman&Hansen (2001) sammenligner i sin rapport tre superbuser som har kapasitet mellom 102 og 143 passasjerer (Hagman&Hansen, 2001, s. 8-12). Andre kilder bruker tall på 120 passasjerer per buss (IEA, 2002, s. 45) eller 165 passasjerer per buss (Sandberg, 2011, s. 14). I følge Daimlers Global Media Site er Mercedes-Benz CapaCity-busser i stand til å frakte 193 passasjerer (Daimler 2006). Deng&Nelson (2011) henviser til Curitiba's (nye) busser som kan frakte opp til 260 passasjerer.¹⁸ Komfortable busser med flere dører og et lavt gulvnivå for kjapp av- og påstigning (også for funksjonshemmete), minsker tiden på stasjonene og dermed reisetid,

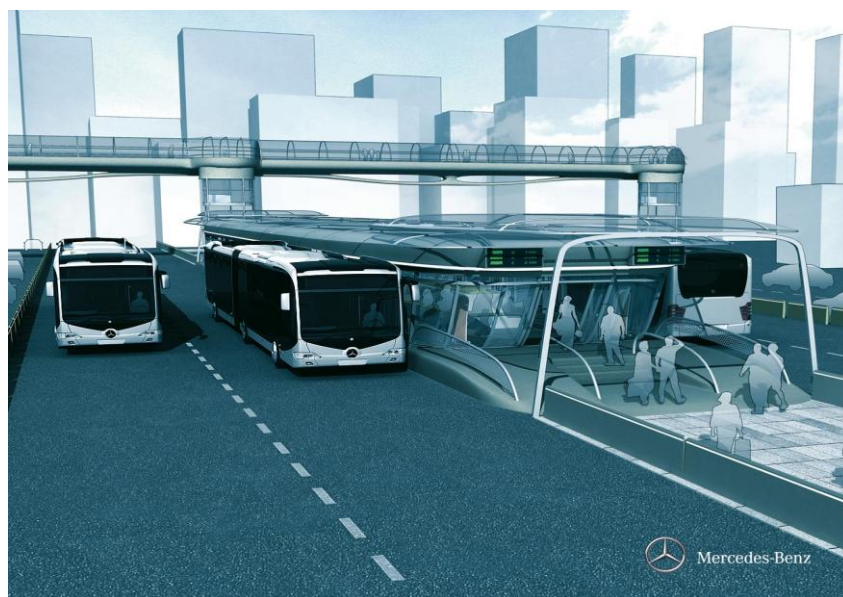
¹⁸ Det skyldes spesielle konstruksjoner, såkalte to-leddbusser (bi- eller doublearticulated buses). Det er kanskje det som førte til den nordiske betegnelsen «superbuser».

mens lave utslipp sikrer dets miljøvennlighet (IEA, 2002, s. 28). Jeg utdyper teknologien når jeg sammenligner BRT med LRT.

Service: Siden BRT inkluderer et kollektivtilbud med høy frekvens som drives hele døgnet, blir reisende i stor grad uavhengige av rutetabeller. Utover det opprettes et driftssystem som binder sammen lokale bussruter og ekspressruter for å minimere reisetiden på lange distanser (Levinson et al., 2002, s. 3). Park-and-Ride-fasiliteter, spesielt innfartsparkering, kan øke attraktiviteten og tiltrekke bilister (IEA, 2002, s. 28). Rutestrukturen er enkel og minimerer omstigning. Samtidig er den lett gjenkjennelig, for eksempel basert på et fargeskjema (Levinson et al., 2002, s. 3).

Billettering: Et enkelt billetteringssystem bidrar til å øke attraktiviteten. Ved å betale på stasjonen i stedet for om bord, muliggjøres påstigning gjennom alle dører i stedet for bare sjåførdøren. Dette fører til kortere opphold på stasjonene og minsker dermed reisetiden (Levinson et al., 2002, s. 3). Billettene bør kunne overføres fra og til andre kollektivtransportmidler (IEA, 2002, s. 28).

ITS: Avanserte teknologier er for eksempel GPS, Global Positioning System, som gjør det mulig å spore opp kjøretøy og å reagere på problemer på kort varsel (IEA, 2002, s. 28). Et sanntidsinformasjonssystem (SIS) kan informere passasjerer om forventete ankomsttider eller forsinkelser (Sandberg, 2011, s. 13).



Figur 2: Illustrasjon av kjennetegn til BRT

Framstillingen er hentet fra Daimler (2011). Figuren illustrerer noen av kjennetegnene. For det første viser bildet en kjørebane som er fysisk adskilt fra biltrafikk. Bussholdeplassene er avanserte stasjoner som er lett tilgjengelig via en bro. Kjøretøy er leddbusser med høy kapasitet. Dessuten ser man skjermer (SIS) over stasjonsinngangen som en del av ITS for passasjerer.

3.3 Sammenligning BRT med LRT

I kapittel 3.1 peker jeg på en utfordring ved implementeringen av BRT i Norge som har betydning for den følgende sammenligningen. I følge TØI-rapporten 962/2008 vurderes hovedsakelig skinnebaserte bybanekonsepser i utredninger om konkurransedyktige kollektivtransportløsninger (Fearnley et al., 2008, s. 1). Betraktes BRT som alternativt kollektivtiltak, blir systemet derfor regelmessig sammenlignet med skinnegående løsninger, særlig med bybane (på engelsk light rail transit, LRT). Dette gjelder norske og nordiske analyser, som TØI-rapport 962/2008 og WSP-rapport 2011:1 viser.¹⁹ De to løsningene sammenlignes også i internasjonale utredninger og rapporter. Eksempler på det er Deng&Nelson (2011), IEA (2002) eller Jarzab, Lightbody & Maeda (2002). Noen ganger blir vanlige busser (som i TØI-rapport 962/2008) eller t-bane (som i Deng&Nelson (2011)) tatt med i sammenligningen.

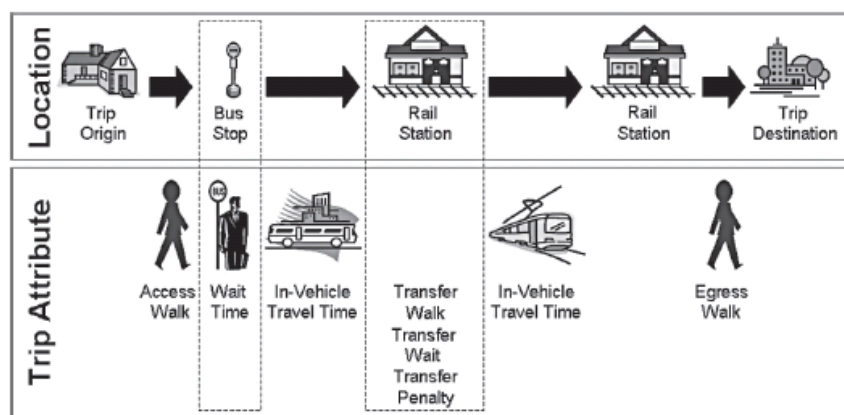
Jeg velger å konsentrere meg om BRT og LRT og sammenligner begge alternativene med den eksisterende situasjonen langs linje 31 (Snarøya – Grorud – Snarøya) i Oslo. Valget for nettopp denne linjen begrunner jeg nærmere i kapittel 4. Grunnen for å sammenligne linjen med BRT og LRT er at disse to kollektivtransportsystemene har nesten samme egenskaper (Deng&Nelson, 2011, s. 83). Dessuten verdsetter passasjerer BRT og LRT nesten likt (Currie, 2005, s. 41). Det blir dermed enklere å holde analysen på et håndterbart nivå fordi antallet av variabler som må tas hensyn til reduseres betydelig.²⁰

For å vise likheten mellom kollektivtransportløsningene, tar Currie (2005) et reiseforløp som utgangspunkt som er kjennetegnet av en følge av forskjellige reiseelementer. Et eksempel på et typisk reiseforløp med kollektivtransportmidler er vist i den følgende illustrasjonen. Figur 3 viser forskjellige reiseelementer. Som tidligere beskrevet, begynner reisen med gangtid til stasjonen²¹ muligens fulgt av ventetiden ved stasjonen. Deretter følger reisetiden på selve transportmidlet før gangtiden fra stasjonen til det endelige reisemålet. Dersom reisen inkluderer bytting av transportmidler og dermed ikke er en «one-seat»-reise (Levinson et al. 2002, s. 1), kommer ventetiden mellom avganger i tillegg. Siden forløpet er typisk for alle reiser med offentlig kommunikasjon, gjelder det dermed også reiser med BRT og LRT.

¹⁹ WSP (William Sale Partnership) er et britisk konsulentfirma med kontor bl.a. i Sverige. Rapporten ble utarbeidet av det svenske kontoret.

²⁰ Dette er et resultat av korrespondensen med Bård Norheim ved Urbanet Analyse AS.

²¹ I kapitlet om verdsetting av goder skriver jeg holdeplasser. Det er betegnelsen som Ruud, Ellis og Norheim (2010) bruker. Siden jeg nå fokuserer på BRT, bruker jeg uttrykket stasjon. Forskjellen blir uthevet i kapittel 3.2.



Figur 3: Trip attributes in typical transit journey

Framstillingen er hentet fra Currie (2005), side 42.

I det følgende vil jeg sammenligne BRT med LRT med hensyn til flere kjennetegn for å understreke likheten og spesielt for å skille ut ulikheter. Tabell 3 (nedenfor) baserer jeg på studien til Deng&Nelson (2011) fordi deres sammenligning tar hensyn til sentrale variabler som gjennomsnittshastighet og passasjerbelegg, men er som oversikt mer detaljert enn for eksempel IEA (2002). Kostnader per mile er regnet om til kostnader per km ved å dividere deres tall med 1,609. Jeg viser tallene fra TØI-rapport 962/2008 i parentes for bedre oversikt. Videre justerte jeg verdiene fra USD (2000-priser) til kroner (2011-priser) ved først å regne om på grunnlag av det daværende årsgjennomsnittet av valutakursen. I 2000 var det på 8,8058 NOK/USD (Norges Bank, 2011a). Deretter brukte jeg årlige inflasjonsrater i Norge med en sammenlagt faktor på 1,2221 for årene 2000 til 2010 (Inflation.eu, 2011). Jeg begrunner fremgangsmåten med at investeringene kunne blitt gjort i Norge i 2000 ved å kjøpe i utlandet til den da gjeldene valutakursen.²²

I kapittel 3.2 understreker jeg at BRT bør operere på egne kjørefelt for fullt å utnytte systemets fordeler. Verdien for plasskapasiteten som er gitt i Deng&Nelson (2011), er et gjennomsnitt basert på case studier. Jeg henviser til busser med kapasitet langt over 160 passasjerer per kjøretøy ovenfor. Sammenligner man nå BRT i sin helhet med LRT er forskjellen mellom begge «pakkene» (Fearnley et al., 2008, s. 1) liten. Fearnley et al. (2008) konkluderer i sin rapport med at «superbuss på de fleste områder kan ha de samme fordeler som bybanekonseptet» (Fearnley et al., 2008, s. 2).

²² En annen måte å justere på, er først å følge inflasjonen i USA i henhold til US Department of Labor (2011), for så å regne om til norske kroner på grunnlag av valutakursen i året 2011. Resonnementet er lignende: Man antar at investeringene i Norge først kunne blitt gjort ved å kjøpe i utlandet i 2011. Forskjellen er imidlertid stor. For eksempel ligger gjennomsnittlige kapitalkostnader for BRT i dette tilfellet på omtrent 149 millioner kroner per km (2011-priser). Grunnen til det er først og fremst en mye sterkere krone overfor dollar i 2011 – årsgjennomsnitt fra 01/2011 til 10/2011 var 5,5647 NOK/USD (Norges Bank, 2011a).

Transportmodus	BRT	LRT
Forkjøringsrett	Delt eller eksklusiv forkjøringsrett	Delt eller eksklusiv forkjøringsrett
Kjørebane	Kjørebane	Skinner
Framdrift	Forbrenningsmotor	Elektrisk
Kjøretøykontroll	Visuell kontroll	Signalkontroll
Byggingstid	< 18 måneder	2 til 3 år
Areal	2 til 4 kjørefelt	2 til 3 kjørefelt
Fleksibilitet	Fleksibel implementering og drift	Begrenset fleksibilitet
Passasjerer per kjøretøy	160	170 til 280
Minimumsintervall (sek)	12 til 30	75 til 150
Transportenheter per time	120 til 300	24 til 48
Passasjerer per time	9 000 til 30 000	12 200 til 26 900
Topp hastighet (km/t)	60 til 70	60 til 80
Hastighet (km/t)	15 til 25	15 til 25
Kapitalkostnader (per km, millioner)	90,07 (90,18)	232,12 (232,66)
Driftskostnader (per vognkm²³)	31,64 (27,12)	81,68 (80,28)

Tabell 3: Sammenligning av kollektivtransportmidler

Tabellen er basert på en forenklet versjon av tabell 4 i Deng&Nelson (2011).

Ser man på enkeltpostene står allikevel tre kriterier igjen der forskjellene mellom de to transportmidlene er betydelige: kjørebane, framdrift og kostnader. Før jeg argumenterer for hvorfor jeg fokuser analysen på disse, vil jeg drøfte dem nærmere.

Kjørebane: Mens BRT er basert på kjørebane²⁴, er LRT gjennomgående skinnebasert. Dette er en vesentlig forskjell, siden passasjerer bruker å foretrekke skinnegående kollektivtransport framfor buss når alle andre vilkår (reisetid, frekvens, pris, gang- og ventetid osv.) er like. I transportøkonomiske analyser betegnes fenomenet som «skinnefaktor» (Ruud, Ellis & Norheim, 2010, s. 47). Bak skinnefaktoren ligger passasjerenes preferanser for komfort, forutsigbarhet, trygghet, med mer. Currie (2005) slår fast at skinnefaktoren utgjør omtrent fire minutter per reise. En passasjer er altså indifferent mellom å ta buss eller trikk dersom bussreisen tar fire minutter mindre enn reisen på samme strekningen med trikk (Currie, 2005, s. 47). Ruud, Ellis & Norheim (2010) konkluderer i sin studie med at en reise med trikk verdsettes i gjennomsnitt med 8,7 kroner høyere enn en reise med buss. 95-prosent konfidensintervallet ligger mellom 6,2 og 11,1 kroner, som betyr at i 95 prosent av alle (randomiserte) trekninger vil trafikantenes gjennomsnittlige verdsetting av trikkereisen

²³ En vognkilometer er én kilometer kjørt av én vogn. Eksempel: Dersom 10 vogner kjører 10 kilometer hver, blir summen 100 vognkilometer.

²⁴ Det finnes enkelte BRT-løsninger som er skinnebaserte og kan kjøre visse strekninger uten skinner. Et eksempel på det er Bombardiens Tram-on-Tyres som blir analysert i Hagman&Hansen (2001).

ligge i dette intervallet. Med andre ord er de med 95 prosent sikkerhet villige til å betale minst 6,2 kroner for å kunne reise en strekning med trikk i stedet for med buss gitt det daværende busstilbudet (Ruud, Ellis & Norheim, 2010, s. 48). Fearnley et al. (2008) nevner:

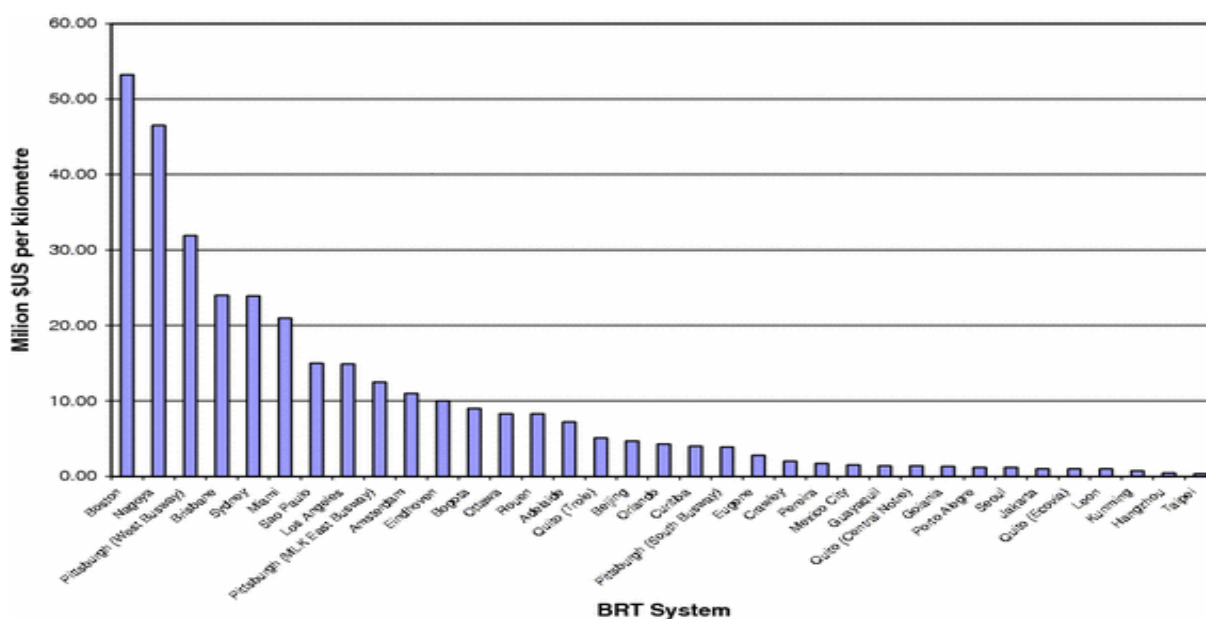
- kjøretøyegenskaper og komfort,
- holdeplasskvalitet,
- fremkommelighet og punktlighet,
- kunnskap om holdeplassers beliggenhet og
- kunnskap om rutetilbudet

som de fem hovedkategoriene som utgjør forskjellen mellom (vanlige) busser og LRT (Fearnley et al., 2008, s. 6-7). Oppgradering av dagens bussystem med nye teknologier som ITS, egne kjørefelt og forkjørsrett samt stasjoner i stedet for holdeplasser kan derfor øke serviceaspektet (IEA, 2002, s. 51). BRT kan da fremstå med like høy kvalitet på de fem kvalitetene som LRT (Fearnley et al., 2008, s. 7).

Framdrift: Som framdriftsteknologi nevner Deng&Nelson (2011) i sin sammenligning forbrenningsmotorer for BRT og elektrisk framdrift for LRT (se tabellen). Selv om det kan forlede oss til å tro at LRT er mer miljøvennlig enn BRT, er det faktisk et spørsmål om hvilke teknologier som brukes for elektrisitetsproduksjonen og for framdrift i bussene (WSP, 2011, s. 4). WSP (2011) beregner lavere utslippsverdier for biogassdrevne BRT enn for LRT på en strekning i Stockholm og i Helsingborg (WSP, 2011, s. 4). Elektrisk framdrift gir i utgangspunktet tilnærmet nullutslipp, men det justeres opp ved å legge til grunn en miks av forskjellige primærenergier for elektrisitetsproduksjonen: «Om man vurderer strømforbruket i henhold til EU-miks gir BRT mindre utslipp enn sporvei, uavhengig av hvilket drivstoff som brukes i bussene» (Sandberg, 2011, s. 15). IEA (2002) drøfter driftsteknologier for BRT-løsninger som kjøres med diesel, CNG (compressed natural gas), LPG (liquified petroleum gas), DME (dimethyl ether), hybrid-elektrisk teknologi eller brenselcelle. IEA (2002) tar teknologiene opp i sin «teknologistige» (IEA, 2002, s. 121), noe som på den ene siden gjenspeiler investeringskostnadene og på den andre siden kompleksiteten i driftssystemet. Hybrid-elektriske og brenselcellebusser regnes som bussteknologier som har lavest utslipp av luftforurensende stoffer og klimagasser²⁵, men som samtidig har de høyeste investeringskostnadene blant dagens systemer (IEA, 2002, s. 119). Disse teknologiene står dermed øverst på stigen.

²⁵ En oversikt over luftforurensende stoffer og klimagasser er vedlagt i vedlegg 3.

Kostnader: Spesielt investeringskostnader viser store variasjoner. Tallene i tabellen ovenfor er i henhold til Deng&Nelson (2011) basert på amerikanske casestudier. IEA (2002) estimerer investeringskostnader for BRT med 1 til 8 millioner USD per kilometer, for LRT med 10 til 30 millioner USD per kilometer. Det foreligger ikke noen tall for driftskostnadene i IEA's studie. WSP (2011) beregner investeringskostnader på grunnlag av to forskjellige scenarier: I det første alternativet er LRT mer enn 60 prosent dyrere enn BRT per kilometer. I det andre scenarioet er LRT nesten åtte ganger dyrere enn BRT (WSP, 2011, s. 2). Figur 4 illustrerer hvor stor variasjonene i investeringskostnadene for forskjellige BRT-systemer er. Legg merke til at byer i utviklingsland for det meste ligger til høyre, mens byer i industriland, med noen unntak, har de høyeste investeringskostnadene. Det finnes «ingen norske, og knapt nok nordiske, erfaringer med å opprette og drifte superbussystemer» (Fearnley et al., 2008, s. 9). Tallene som blir brukt av Deng&Nelson (2011), gjenspeiler kostnader for et industriland, nemlig USA. Dessuten stemmer deres tall nesten overens med resultatene til det amerikanske Government Accountability Office, som Fearnley et al. (2008) baserer sin analyse på (Fearnley et al., 2008, s. 10-11). Tallene i TØI-rapport 962/2008 er etter omregning 232,66 millioner kroner per kilometer for LRT og 90,18 millioner kroner per kilometer for BRT, og det påløper etter inflasjonsjustering 80,28 kroner og 27,12 kroner driftskostnader per kilometer for henholdsvis LRT og BRT. Investering i systemutbygging er viktig for å øke hastigheten til systemet og dermed for å øke inntekten. Raskere busser kan kjøre lengre strekninger i løpet av en dag. Det betyr at flere passasjerer kan fraktes slik at inntekten fra billettsalget øker (IEA, 2002, s. 59). Dessuten bidrar kortere ventetider og mer pålitelig service til å øke passasjerbelegget (IEA, 2002, s. 59).



Figur 4: Total infrastructure costs per kilometre (\$m2006)
Framstillingen er hentet fra Hensher&Golob (2008), side 504.

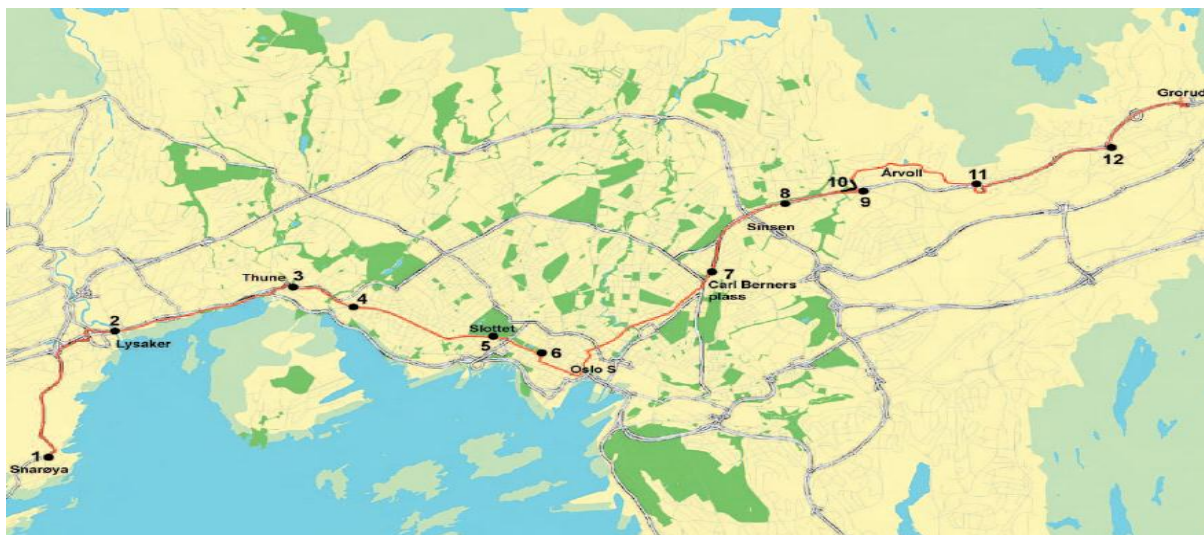
Tallet for investeringskostnader per kilometer som nevnes i TØI-rapporten, ligger på omtrent samme nivå som verdiene i intervallet Pittsburgh – Adelaide, hvis man tar høyde for en inflasjonsjustering fra 2000-prisen (TØI) til 2006-prisene i diagrammet. Med unntak av Bogotá ligger byene i industriland. I henhold til Ruter (2011f) er investeringskostnader for BRT-trasé forventet å ligge rundt 336 millioner, for trikke-trasé rundt 359 millioner kroner per kilometer (2011-priser) (Ruter, 2011f, s. 94). Prisen for et vanlig kollektivfelt derimot, ligger på omtrent 17,6 millioner kroner per kilometer (2011-priser) (Griffin et al., 2005, s. 100). Jeg utdyper om hvilke tall som jeg legger til grunn i kapittel 5 når jeg drøfter transportalternativene.

Jeg velger å konsentrere meg om disse tre kategoriene siden de har stor betydning for beslutningstakere når det gjelder investeringer i nye transportprosjekter, særlig investeringskostnader og passasjerbelegg (Hensher&Golob, 2008, s. 504). Utover det viser jeg ovenfor at dersom miljøaspektet spiller inn i beslutningsprosessen, finnes det tekniske løsninger som kan gjøre BRT like attraktiv som LRT, selv om alternative BRT-løsninger innebærer høyere investeringskostnader enn vanlige, dieseldrevne busser. Dersom implementeringen av BRT fører til redusert bilbruk og/ eller færre busser som kjører, kan det medføre betydelige miljømessige forbedringer (Wöhrnschimmel et al., 2008, s. 8195).

4 Strekning Snarøya – Grorud – Snarøya

4.1 Presentasjon og studie av linje 31

I dette kapitlet legger jeg grunnlaget for selve nyttekostnadsanalysen i kapittel 5. Jeg velger linje 31 (Snarøya – Grorud – Snarøya, se figur 5) som eksempel for å belyse lønnsomheten av et BRT- og LRT-system langs strekningen.



Figur 5: Linje 31 Snarøya - Grorud - Snarøya
Framstillingen er hentet fra Oslopakke 2 (2005), side 2.

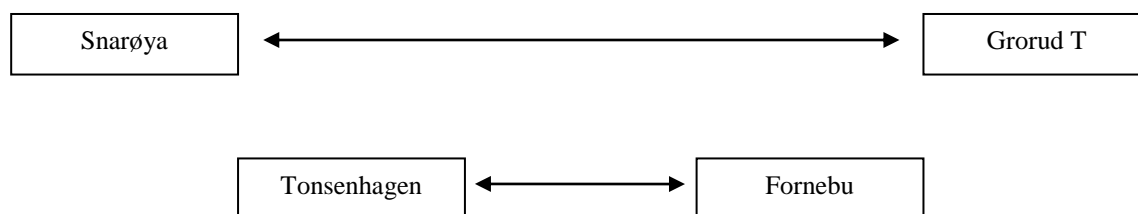
Det er to hovedgrunner til min beslutning om å gjennomføre en nyttekostnadsanalyse av 31-bussen:

1. Allerede i dag vurderer Ruter AS å erstatte dagens linje 31 med trikk på strekningen Sinsen – Tonsenhagen (Ruter, 2011a, s. 39).
2. Videre er «linje 31 [...] Norges mest trafikkerte busslinje» (Ruter, 2011b, s. 9).

31-linjen er interessant fordi det kan være aktuelt å erstatte deler av strekningen med trikk. Den er altså et typisk eksempel på en avveining mellom skinnegående kollektivtransport og kollektivtransport på veg. Linjen betjener en sterkt trafikkert strekning, og antall reisende har økt de siste årene slik at kapasitetsgrensen har blitt nådd og til dels overskredet (Ruter 2011b, s. 6).

I dagens situasjon betjenes linje 31 av selskapet Unibuss AS. Linjen er en «tur-retur»-linje, dvs. linjeføringen har to endeholdeplasser. I utgangspunktet pendler bussene mellom Snarøya og Grorud T (de to endeholdeplassene). Mellom holdeplassene Tonsenhagen og

Fornebu kjører det ekstra avganger på dagtid.²⁶ Disse kjøretøyene kjører som linje 31 i tillegg til den ordinære linjen Snarøya og Grorud T. Som en følge av det, finnes det til sammen 4 endeholdeplasser. Videre kjører bussene forskjellige distanser om dagen, noe som har betydning for driftskostnadene. Jeg ser på de linjene som to separate linjer (figur 6).



Figur 6: Illustrering linje 31 med ekstraavganger på dagtid
Egen Framstilling.

På begge «del»-linjene pendler bussene fram og tilbake mellom endepunktene. Linjene strekker seg fra sørvest til nordøst, og går på tvers gjennom byen. Dermed binder linjene forstedene og bysentrum sammen. De bruker den samme linjeføringen og har dermed de samme holdeplassene mellom Tonsenhagen og Fornebu.²⁷ Som jeg nevner ovenfor, er linje 31 dagens mest trafikkerte busslinje i Norge. Passasjertall per døgn i 2010 lå på mer enn 35 000 reisende for begge dellinjer (Ruter 2011h). Fram til 2019 er passasjertallet forventet å stige med 50 prosent (Ruter, 2011b, s. 21).

4.2 Sentrale antakelser og forutsetninger

Før jeg går inn i dybden i selve analysen, vil jeg presisere rammebetingelsene som ligger til grunn for *alle* transportalternativene, også for basisalternativet. Avgrensningen er viktig for å kartlegge hvilke virkninger som analysen tar opp, og hvilken utstrekning i tid og rom som er tatt hensyn til. I tillegg til antakelsene som allerede er gjort tidligere, behøver spesielt følgende elementer en avgrensning:

1. Tidsrom, diskonteringsrente og region
2. Linjeføring
3. Utvikling passasjertall
4. Luftforurensende stoffer og klimagasser
5. Utvikling kvotepris

²⁶ Med dagtid mener jeg fra mandag til fredag kl. 06 til kl. 24 (18 timer), på lørdag kl. 08 til kl. 24 (16 timer) og på søndag kl. 10 til kl. 24 (14 timer). Klokkeslettene er cirka-verdier for å forenkle analysen.

²⁷ Jeg vil fremheve her at jeg konsentrerer meg bare om linje 31. Linjen suppleres i rushperioden av linje 31E (Fornebu – Tonsenhagen – Fornebu). Linje 31E pendler altså mellom de samme to endeholdeplassene som den andre dellinjen av linje 31, men strekningen til linje 31E er noe forskjellig. Dersom dette forholdet skal tas høyde for, blir analysen mer komplisert og overstiger masteroppgavens ramme. På grunnen av det ser jeg bort fra eksistensen til 31E.

Jeg forenkler mine beregninger ved å anta at det finnes 230 virkedager og 135 helgedager per år. Videre forutsetter jeg at det finnes 52 lørdager og 52 søndager per år. De resterende 31 dager antar jeg å være helligdager som ligner på søndager når det gjelder passasjerbelegg og andre parametere (for eksempel gjennomsnittshastighet). På denne måten tilsvarer en helgedag i min modell et gjennomsnitt av lørdager og søn-/helligdager som henholdsvis er vektet med 52/135-deler og 83/135-deler. I henhold til Ruter (2011b) forutsetter jeg 5 rushtimer på virkedager (Ruter, 2011b, s. 15 til 16). Dette gjelder både for delstrekningen Snarøya – Grorud og for delstrekningen Fornebu – Tonsenhagen.

Både inndelingen i virke- og helgedager og forskjellen på virkedager mellom rushperioden og perioden utenom rush, er viktig siden kostnadspostene er forskjellige for de ulike kategoriene. En grunn til det er for eksempel forskjellige gjennomsnittshastigheter under og utenom rushperioden. Det påvirker driftskostnader av vognparken. Jeg utdyper dette i drøftingen av kostnader og i kapittel 5 når jeg presenterer beregningsmodellen.

Tidsrom, diskonteringsrente og region: I kapittel 2 gjør jeg rede for bruk av nyttekostnadsanalyse generelt, og jeg viser at nytte- og kostnadsvirkninger av et tiltak sjelden oppstår på samme tidspunkt (Finansdepartementet, 2005, s. 18). Jeg bruker derfor nåverdimetoden. Dette innebærer at nyttegevinster og kostnader neddiskonteres til investerings- eller iverksettelsestidspunktet (Finansdepartementet, 2005, s. 18). Dermed må jeg for det første bestemme tidspunktet nytte- og kostnadsbeløp skal neddiskonteres til. I tillegg må jeg fastslå lengden av analyseperioden. I min analyse neddiskonteres derfor verdiene til 2011. Jeg anser året som tidspunktet der beslutningen for eller imot prosjektet skal tas. Tabell 3 viser at byggingstiden for BRT-prosjekter er estimert til 18 måneder (og mindre) og for LRT-prosjekter til 2 år (og mer). For å gjøre beregningsmodellen oversiktlig, setter jeg konstruksjonsperioden for alle alternativer lik to år (2011 og 2012). Det betyr for det første at det ikke finnes noen tilbud langs linje 31 i denne perioden. For det andre blir kjøretøyene ikke brukt i 2011 og 2012. En følge av det er at det ikke påløper driftskostnader for kjøretøy de første to årene. I henhold til Ang-Olson&Mahendra (2011) er analyseperioden mellom 20 og 30 år lang (Ang-Olson&Mahendra, 2011, s. 25). TØI setter en analyseperiode på 25 år som standard for transporttiltaksanalyser (Fearnley, Hauge og Killi, 2010, s. 7). Det samme velger jeg å gjøre slik at analysens siste periode er 2035. I forbindelse med investeringskostnader er levetiden viktig. Levetiden er den tiden som investeringsobjektet kan brukes (Fearnley, Hauge og Killi, 2010, s. 7). Levetiden varierer dermed mellom investeringsobjekter, for eksempel er levetiden for et enkelt leskur antatt til 12 år (Fearnley, Hauge og Killi, 2010, s. 8). Som følge av det må planleggeren investere i nye buskur i løpet av analyseperioden. Jeg forenkler litt ved å anta en levetid til buskur på 12,5 år i basisalternativet. Etter bygningsperioden (2011 til 2012) må planleggeren dermed investere i

holdeplasser for basisalternativet en gang til (2023 og 2024). For kjørebane antar jeg en levetid på 25 år uavhengig av transportalternativet. Jeg har dermed i alle alternativene sett bort fra en eventuell restverdi for kjørebane ved slutten av 2035. Dersom investeringen i realiteten har større gjenværende bruksverdi i 2035 for et av alternativene enn for de andre, undervurderes derfor lønnsomheten av dette alternativet i min analyse. Relevante frister er ført i den følgende tabellen:

Periode/ tiltak	Fra/ til	År/ levetid	Kilde
Analyseperiode	2011 til 2035	25 år	Fearnley, Hauge, Killi (2010), s. 7
Byggingperiode	2011 til 2012	2 år	Antatt
Neddiskontering til	2011		Antatt
Kjørebane		25 år	Antatt
Kjøretøy – buss		10 år	Bekken (2004), s. 22
Kjøretøy – trikk		20 år	Bekken (2004), s. 22
Holdeplasser – basis		12,5 år	Fearnley, Hauge, Killi (2010), s. 8
Stasjoner – BRT og LRT (opphøyet holdeplass)		25 år	Fearnley, Hauge, Killi (2010), s. 8

Tabell 4: Tidsrom

Egen framstilling. Tallene er hentet fra kildene som er opplyst i siste kolonne. For en bedre oversikt har jeg også ført levetider i denne tabellen som gjelder for transportalternativene.

Jeg setter diskonteringsrenten lik 4,5 prosent. Som jeg drøfter i kapittel 2.5.2, er dette en verdi spesifikt for transportsektoren (SSØ, 2010, s. 72). Dessuten er den antatt å være konstant over hele analyseperioden.

I utgangspunktet binder linje 31 forsteder i Akershus og Oslo med bysentrum i Oslo sammen. De fleste reisende må derfor antas å være bosatt i enten Oslo eller Akershus. Jeg forutsetter imidlertid i analysen av reisetidskostnadene at alle passasjerene er bosatt i Oslo. Det er noe forenklet siden folk fra Akershus, i utgangspunktet, har en verdsetting av reisetidselementene som ikke helt er lik den som Oslo-beboere har (Ruud, Ellis og Norheim, 2010, s. 52-53). Dersom man vil ta hensyn til det, må man dele analysen av generaliserte reisekostnader og bestemme andelen reisende bosatt i henholdsvis Oslo og Akershus. En slik inndeling har ikke vært mulig på grunnlag av tabellene fra Ruter (2011h). Konklusjonen om tidskostnader vil derfor ha begrenset gyldighet for Akershus-beboere og enda mindre for folk som kommer fra området utenfor Oslo-Akershus, turister for eksempel.

Linjeføring: Jeg forutsetter en investering i og vedlikehold av den totale trasélengden. For å unngå dobbeltelling, tar jeg utgangspunkt i strekningen Fornebu – Tonsenhagen med 16,9 km. Den resterende strekningen, altså den delen langs strekning Snarøya – Grorud som ikke er felles for de to delinjene, er dermed til sammen 6,62 km lang (differensen mellom den

totale strekningen Snarøya – Grorud med 23,52 km og delstrekningen Fornebu – Tonsenhagen). Dermed føres ingen investeringskostnader for kjørebanelen mellom Fornebu og Tonsenhagen i analysen av delinjen Snarøya – Grorud. Linjeføringen og trasélengden for hver delstrekning er konstant over hele analyseperioden. Jeg viser forskjellige reisehastigheter på delstrekningene og for alle driftsperiodene (rush, utenom, helg), spesielt i basisalternativet. Verdiene holder jeg konstant over hele analyseperioden.

Utvikling passasjertall: Passasjertallet er avgjørende for både nytte- og kostnadssiden i nyttekostnadsanalysen. For eksempel er den samlede nyttegevinsten av en holdeplassoppgradering med sanntidsinformasjon et produkt av antall reisende og den gjennomsnittlige verdsettingen av tiltaket. Samtidig har en buss eller en trikk en begrenset kapasitet slik at planleggeren er nødt til å ta høyde for passasjertall i planleggingen av kjøretøyinnsatsen: «I rushtiden vil vi anta at vi finner det maksimale uttaket av vogner» (Bekken, 2004, s. 27). I modellen som jeg bruker, bestemmer denne perioden dermed størrelsen til vognparken.²⁸ Lengden av kjørebanelen og antall holdeplasser er imidlertid uavhengig av etterspørselen i rushperioden. I den følgende argumentasjonen bruker jeg passasjertall fra linjeprofilen for 2010 (Ruter, 2011h) som grunnlag. Linjeprofilen for linje 31 er delt i virkedager, lørdager og søndager. Den viser bl.a. det gjennomsnittlige passasjerbelegget langs linje 31 i begge retninger for et heldøgn og den gjennomsnittlige reiselengden til passasjerene som reiser med denne linjen. Verdiene er utvist for begge delstrekningene, og jeg oppsummerer passasjertall i 2010 som følger:

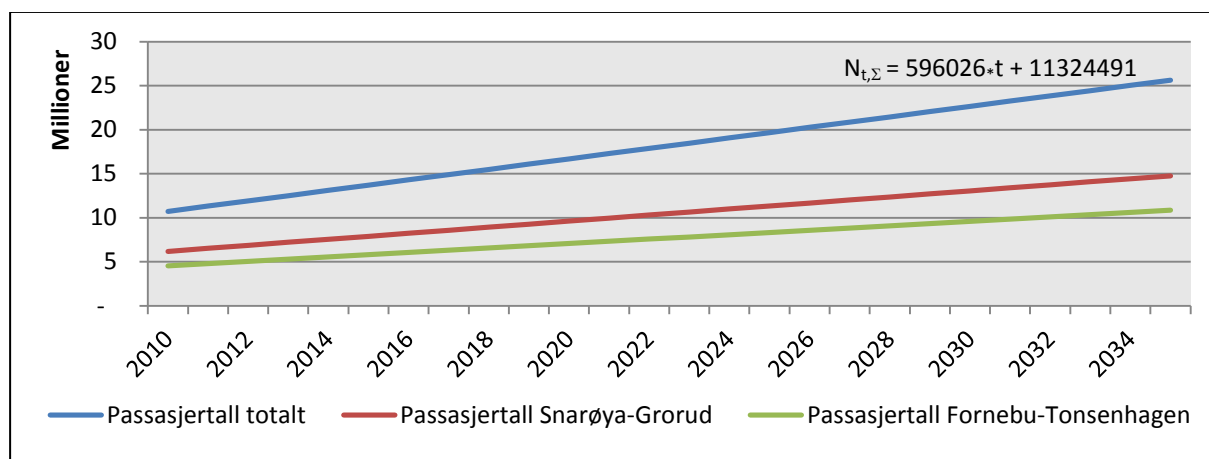
Snarøya – Grorud: I 2010 reiste i henhold til Ruter (2011h) i gjennomsnitt 20 253 passasjerer med linjen i løpet av et døgn på virkedager, omtrent 8 950 av dem i løpet av rushperioden (Ruter, 2011b, s. 15-16). Tallet for rushperioden gjelder for begge delinjene. Siden antall avganger i en rushtime er lik for begge linjene (drøftet i kapittel 4.3.2), velger jeg å fordele passasjertallet likt i denne driftsperioden. Dermed reiser 4 475 passasjerer i rushperioden på strekningen Snarøya – Grorud. På en gjennomsnittlig lørdag reiser 13 713 passasjerer med linjen og på søndag 9 780. Ved å legge til grunn resonnetet som jeg beskriver ovenfor, er det gjennomsnittlige passasjertallet for en helgedag 11 295 reisende.

Fornebu – Tonsenhagen: I henhold til Ruter (2011h) reiste i gjennomsnitt 15 579 passasjerer med denne delinjen i løpet av et døgn på virkedager i 2010. Som jeg gjør rede for ovenfor, antar jeg at 4 475 av dem reiser i løpet av rushperioden. Antallet reisende i løpet av en

²⁸ Spesielt formlene (d), (g) og (h) i vedlegg 4 står i sammenheng med hverandre når det gjelder passasjertallutviklingen. På grunn av forskjellige kapasiteter, er utviklingen til vognparkstørrelsen forskjellig.

gjennomsnittlig helgedag blir her 7 129 dersom jeg følger den samme logikken som jeg bruker for strekningen Snarøya – Grorud – Snarøya.

Ruter forventer at passasjertallet for linje 31 øker med 50 prosent fram til 2019 (Ruter, 2011b, s. 21). Jeg antar en lineær trend for økningen over hele analyseperioden, og tar utgangspunkt i situasjonen i 2010 med omtrent 10,7 millioner passasjerer (Ruter, 2011h) for å beregne utviklingen.²⁹ Dersom passasjertallet er forventet å dobles inntil 2019, betyr det at rundt 16,1 millioner passasjerer kommer til å reise med linjen i 2019 ($N_{8,\Sigma} = 16,1 \text{ mill}$) og cirka 25,6 millioner i 2035 ($N_{24,\Sigma} = 25,6 \text{ mill}$). Utviklingen til det totale passasjertallet påvirker utviklingen til passasjertallet i driftsperiodene rush, utenom rush og helg som beskrevet i vedlegg 4, formlene (d) og (e). Det vil igjen ha konsekvenser for andre parametere, for eksempel avganger (formel (g), vedlegg 4) og dimensjoneringskostnader (drøftet i kapittel 4.3.5).



Figur 7: Framskrivning av passasjertallet på linje 31

Egen framstilling basert på passasjertall for 2010 i Ruter (2011h) og på antakelsen om en økning med 50 prosent fram til 2019 i henhold til Ruter (2011b).

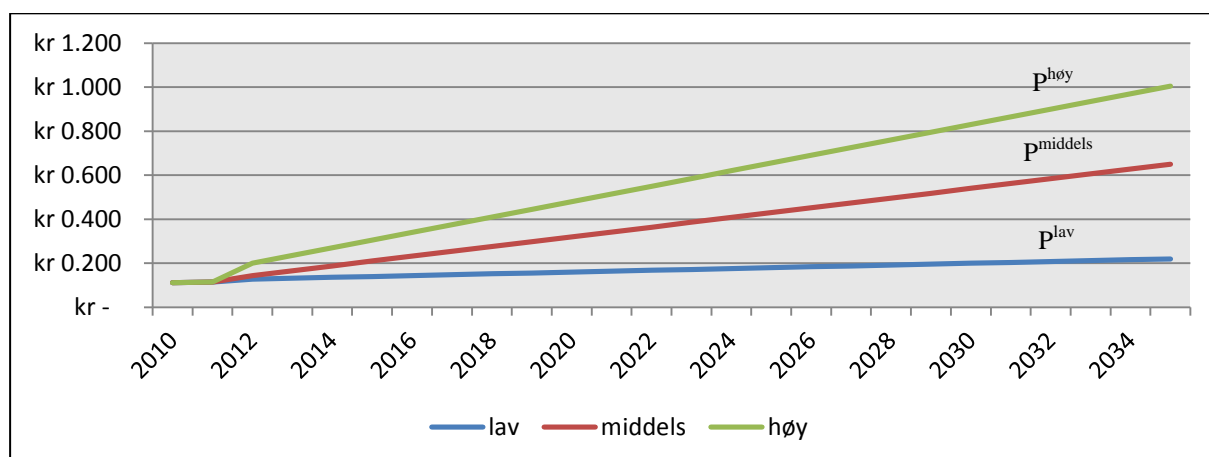
Currie (2005) konkluderer med at BRT-systemer kan være like effektive som LRT-systemer i det å tiltrekke passasjerer (Currie, 2005, s. 51), dvs. kollektivandelen kan øke. Kollektivandelen er andel reiser med kollektivtransport i forhold til alle reiser (IEA, 2002, s.31). Jeg forutsetter imidlertid at passasjertallutviklingen er den samme i alle scenarioene (basialternativet, BRT-løsningen og LRT-løsningen). Kollektivandelen er dermed antatt å være konstant i alle tre alternativene. Jeg gjør denne antakelsen for å begrense rammen til masteroppgaven. Det har som følge at det for eksempel ikke skjer en overføring fra bilreiser til reiser med kollektivtransport. Jeg ser altså bort fra muligheten at BRT og LRT kan

²⁹ Formelen for utviklingen er gitt i figur 7. Den avhengige variabelen " $N_{t,\Sigma}$ " er summen av antall reisende i periode t på linje 31, funksjonsargumentet " t " er periode t . Med $t = -1$ er passasjertallet $N_{-1,\Sigma} = 10,7 \text{ mill}$. Indeks er -1 , fordi jeg har bestemt meg for å neddiskontere til år 2011, min periode 0. År 2010 ligger derfor før analyseperioden.

generere flere kollektivreiser enn basisalternativet. Mine resultater fanger derfor ikke noen nyttegevinster eller kostnader opp som oppstår på grunn av redusert eller økt reisetid av en slik overføring. Resultatene viser heller ikke reduserte eller økte miljøkostnader som er en konsekvens av mindre eller mer utslipp av klimagasser på grunn av en slik overføring. Tolkningen av funnene er derfor begrenset til effekter som selve systemene medfører (for eksempel færre kjøretøy i transportalternativene enn i basisalternativer på grunn av større kapasiteter til BRT-busser og trikker).

Luftforurensende stoffer og klimagasser: Det finnes naturlige og menneskeskapt klimagasser. Karbondioksid (CO₂), metan (CH₄) og lystgass (N₂O) regnes som de viktigste naturlige klimagassene, hvorav CO₂ bidrar mest til drivhuseffekten (Klif, 2011a). CO₂ er til dels også en menneskeskapt klimagass siden forbrenning av fossile brensel gjennom drivstoff fører til en økning av CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren (Klif 2011a). Siden klimagasser bidrar til drivhuseffekten, er de primært et globalt problem (Klif 2011a), mens forurensende partikler og gasser danner luftforurensing som først og fremst er et lokalt problem (Klif 2011b). Mitt forskningsspørsmål er rettet mot lønnsomheten av BRT sammenlignet med LRT, og hvor vidt disse bidrar til målsettingen til den norske regjeringen om å kutte ned klimagassutslipp. Jeg fokuserer derfor bare på redusert utslipp av klimagasser (mer konkret av CO₂, CH₄ og N₂O) i forbindelse med kjøretøyinnsatsen (se fotnote 28).

Utvikling av kvoteprisen: For å estimere nyttegevinster av reduserte klimagassutslipp, legger jeg til grunn kvoteprisen i henhold til SFT (Ringlund, Rosland og Bjørkum, 2009, s. 25). I SFT-rapporten drøftes tre forskjellige kvoteprisbaner (lav, middels og høy). Kvoteprisbanene er som følger:



Figur 8: Framskrivning av kvoteprisen i ulike scenarier

Egen framstilling basert på Ringlund, Rosland og Bjørkum (2009) og PointCarbon (2011). Formlene for prisutviklingen i hvert scenario (lav, middels, høy) er gitt i vedlegg 4, (y1) til (y3).

Den gjennomsnittlige kvoteprisen i markedet EU ETS (European Union Emission Trading Scheme) var i 2010 13,99 EUR per tonn CO₂-ekvivalenter (PointCarbon, 2011). Prisen er regnet om til kroner på grunnlag av valutakursen i henhold til Norges Bank (2011b). For 2011 er prisen justert i henhold til Inflation.eu (2011). Dette gir cirka 0,112 kroner per kilogram CO₂-ekvivalenter i 2010 og omtrent 0,115 kroner per kilogram CO₂-ekvivalenter i 2011 (priser for gjeldende år). For å beregne kvoteprisen fra og med 2012 legger jeg til grunn argumentasjonen i Ringlund, Rosland og Bjørkum (2009), spesielt i kapittel 4, og diskusjonen i Magnussen, Navrud og San Martin (2010), kapittel 8.4.

4.3 Basisalternativet

I dette avsnittet konsentrerer jeg meg om å fremskaffe verdier for parametere til basisalternativet. Basisalternativet er det transportalternativet som prosjektene BRT og LRT blir sammenlignet med i nyttekostnadsanalysen i kapittel 5. Med begrepet basisalternativ beskrives ofte en situasjon der ingenting gjøres. Jeg velger imidlertid å legge den samme passasjertallframskrivningen til grunn for alle scenarioene. For å kunne håndtere et økende passasjertall, er det derfor nødvendig å tilpasse enkelte parametere, for eksempel antall avganger, også i basisalternativet. I kapittel 3 definerer jeg først BRT ved hjelp av tabell 2. Deretter sammenligner jeg BRT med LRT (tabell 3). Sammenligningen viser først og fremst en forskjell i aspektene kjørebane, kostnader og framdrift. Det er altså spesielt disse tre egenskapene som må antas å gjøre en forskjell i nyttekostnadsanalysen. Verdiene for parametere til transportalternativene viser jeg i kapitlene 5.1 og 5.2. Jeg deler analysen av basisalternativet i fem hovedområder for å skape en bedre oversikt:

1. kjørebane og strekning
2. kjøretøy og ruteplan
3. passasjertall
4. reisetidselementer
5. priser og marginalkostnader.

Jeg bruker tall og estimeringsmetoder fra bl.a. Ruter AS og TØI samt egne feltstudier. Jeg beskriver kategoriene for hver delstrekning der parametere er forskjellige for strekning Snarøya – Grorud og Fornebu – Tonsenhagen. Tabell 9 i vedlegg 5 oppsummerer parametere for basisalternativet.

4.3.1 Kjørebane og strekning

Jeg gjennomførte en befaring av strekningen med bussen fra Grorud T til Snarøya (og tilbake) søndag, 20. november 2011 med hensyn til å få en oversikt over kjørebanen og

andre aspekter (tabell 5). Andelen som kollektivfelt utgjør i forhold til den totale strekningen i dagens situasjon, er 49 prosent (11,5 km av 23,52 km). I dette anslaget regner jeg imidlertid delstrekningene med kollektivfelt på deler av strekningen som om de hadde kollektivfelt over hele deldistansen. Den faktiske andelen som kollektivfeltet utgjør, er altså enda lavere.

Jeg antar at planleggeren i basisalternativet er nødt til å investere i et nytt kollektivfelt over hele strekningen (23,52 km) som beskrevet i kapittel 4.2. Kollektivfeltet for basisalternativet skiller seg primært fra kjørebanelene i begge transportalternativene med hensyn til framkommelighet. Dette kollektivfeltet er antatt å være sidestilt, dvs. i kjøreretning på den høyre siden av veien. Det har som følge at bussene må blande seg inn i biltrafikk når de svinger til venstre eller skal krysse rundkjøringer med mer. I motsetning til basisalternativet, forutsetter jeg i BRT- og LRT-alternativet nybygging av en kjørebane som er fysisk adskilt fra resterende trafikk. BRT- og LRT-kjøretøy kommer ikke i kontakt med annen trafikk og har derfor full prioritering langs hele strekningen. Det fører for eksempel til høyere gjennomsnittshastigheter i transportalternativene enn i basisalternativet.³⁰

Retning Grorud T – Snarøya	Beskrivelse	Retning Snarøya – Grorud T	Avstand (km)
Grorud T – Linderudsletta	Ingen kollektivfelt, to-felts-vei	Linderudsletta – Grorud T	3,83
Linderud – Bjerke	Ingen kollektivfelt, ett-felts-vei	Bjerke – Linderud	2,21
Bjerke – Sinsen T	Sidestilt kollektivfelt	Sinsen T – Bjerke	1,57
Sinsen T – Rosenhoff	Ingen kollektivfelt, to-felts-vei	Rosenhoff – Sinsen T	0,76
Rosenhoff – Carl Berners plass	Midtstilt kollektivfelt, delt med trikk	Carl Berners plass – Rosenhoff	0,38
Carl Berners plass – Jernbanetorget	Kollektivfelt på deler av strekningen	Jernbanetorget – Carl Berners plass	2,38
Jernbanetorget – Nasjonalteatret	Sidestilt kollektivfelt på deler av strekningen	Nasjonalteatret – Jernbanetorget	1,18
Nasjonalteatret – Solli	Midtstilt kollektivfelt på deler av strekningen, delt med trikk	Solli – Nasjonalteatret	0,84
Solli – Olaf Kyrres plass	Sidestilt kollektivfelt		1,35
	Ingen kollektivfelt	Olaf Kyrres plass – Solli	
Olaf Kyrres plass – Thune	Midtstilt kollektivfelt	Thune – Olaf Kyrres plass	0,66
Thune – Lysaker	Sidestilt kollektivfelt	Lysaker – Thune	3,14
Lysaker – IT Fornebu	Ingen kollektivfelt, to-felts-vei	IT Fornebu – Lysaker	2,63
IT Fornebu – Snarøya	Ingen kollektivfelt, ett-felts-vei	Snarøya – IT Fornebu	2,40

Tabell 5: Kjørebanelen langs strekning Snarøya - Grorud - Snarøya

Tabellen er basert på egen befarings søndag, 20.11.2011. Tall for avstand er hentet fra Ruter (2011h).

³⁰ Jeg viser til figur 10, som illustrerer sammenhengen mellom prioriteringsgrad, holdeplassavstand og gjennomsnittshastighet.

Snarøya – Grorud: Dagens linje fra Snarøya til Grorud T er omtrent 23,52 km lang (Presterud, 2010, s. 83 og 85), ruta blir dermed 47,04 km tur-retur. Det finnes 46 holdeplasser mellom Grorud T og Snarøya langs linjen inkludert endeholdeplassene, og på veien tilbake er det 46 holdeplasser ekskludert endeholdeplassene (Ruter, 2011c, s. 13). Med 92 holdeplasser til sammen ligger den gjennomsnittlige holdeplassavstanden på 511 m. I henhold til Ruter (2011h) reiser passasjerene gjennomsnittlig 3,23 km på virkedager, og på helgedager omtrent 3,57 km.³¹ Jeg holder disse verdiene konstant over hele analyseperioden.

Fornebu – Tonsenhagen: Delstrekningen fra Fornebu til Tonsenhagen er omtrent 16,9 km lang (Ruter 2011h). Ruta tur-retur er altså 33,8 km lang. Det finnes 34 holdeplasser mellom Fornebu og Tonsenhagen langs linjen inkludert endeholdeplassene, på veien tilbake er det 30 holdeplasser ekskludert endeholdeplassene (Ruter, 2011c, s. 13). Med 64 holdeplasser til sammen ligger den gjennomsnittlige holdeplassavstanden på 528 m. I henhold til Ruter (2011h) reiser passasjerene gjennomsnittlig 2,78 km på virkedager og omtrent 2,57 km på helgedager.³² Også disse verdiene antar jeg å være konstant over analyseperioden.

4.3.2 Kjøretøy og ruteplan

Unibuss AS setter inn Mercedes-Benz Citaro diesel-leddbusser på linje 31 (Unibuss, 2011). Bussene har en kapasitet på 38 sitteplasser, hvorav en plass for rullestolbrukere, og 95 ståplasser. Forbruk er en viktig variabel for å beregne både drifts- og miljøkostnader. Det var imidlertid ikke mulig å få tak i presise forbrukstall for dieselbusser. Verken litteratursøket eller intervjuer ga brukbare verdier. En grunn til det er at dette aspektet er en del av forhandlinger mellom ruteplanleggeren og selskapet som betjener ruta, Ruter AS og Unibuss AS i vårt eksempel. Det er allikevel mulig å estimere forbruket ved hjelp av plasskapasitet og gjennomsnittshastighet. Jeg legger inn formelen som brukes i Bekken (2004) i mine egne beregninger.³³ Forbruket varierer mellom rush og utenom rush/ helg på grunn av forskjellige gjennomsnittshastigheter under disse periodene. Siden gjennomsnittshastighetene er forskjellige for de to delstrekningene, varierer forbruket også mellom strekning Snarøya – Grorud og Fornebu – Tonsenhagen. Jeg antar at type kjøretøy er det samme over hele analyseperioden.

³¹ Verdien for helgedager er et gjennomsnitt av 3,59 km på lørdager og 3,55 km på søn-/helligdager (begge verdiene: Ruter (2011h)), vektet med henholdsvis 52/135-deler og 83/135-deler (beskrevet i innledningen til kapittel 4.3).

³² Verdien for helgedager er beregnet på samme måte som for strekningen Snarøya – Grorud.

³³ Formelen for å estimere drivstofforbruk, er beskrevet i kapittel 3.2 og kapittel 3.5.2 i Bekken (2004). Jeg vedlegger denne som formel (k1) i vedlegg 4.



Figur 9: Mercedes-Benz Citaro leddbuss - kjøretøy i basisalternativet

Eget bilde, her på Snarøya-holdeplass, tatt under befarings søndag, 20. november 2011. Dette kjøretøyet er antatt å være standardkjøretøyet i basisalternativet over hele analyseperioden (2011 til 2035).

Snarøya – Grorud: Rutetabellene viser 24 timers driftsdøgn for alle dager (Ruter, 2011c, s. 10-16). Jeg følger Ruter (2011b) når jeg setter rushperioden på 5 timer: kl. 07-09 morgenrush og kl. 15-18 ettermiddagsrush (Ruter, 2011b, s. 15-16). I dagens situasjon varierer antall avganger i timen per retning fra 2 (nattelinje) til 5 (nærmest hele dagen). For å gjøre beregningene så oversiktlige som mulig, antar jeg følgende fordeling for dagens drift for hver retning:

- 24 timers drift alle dager, hvorav 5 timer rushperiode på virkedager
- 5 avganger per rushtime og 5 avganger per time utenom rushperioden og på helgedager.

Siden 31-linjen er en «tur-retur»-linje, må man doble antall avganger per time per retning for å få totalantallet avganger per time. Legg merke til at verdiene for avganger gjelder i utgangspunktet bar for 2011 (periode 0 i min analyse). På grunn av et økende passasjertall i løpet av analyseperioden, vil denne parameteren også øke etter hvert (se formel (g) i vedlegg 4 for sammenhengen mellom passasjertallet og avganger). I henhold til Presterud (2010) ligger reisehastigheten i rushperioden mellom 18 og 22 km/t dersom man tar høyde for forsinkelser (Presterud, 2010, s. 81 og 83). Gjennomsnittet i rushtiden av verdiene som er gitt i Presterud (2010), er 20,30 km/t. Videre antar jeg at det ikke finnes forsinkelser utenom rushperioden eller på helgedager. I henhold til rutetabellen (Ruter, 2011c, s. 17) ligger gjennomsnittshastigheten på cirka 22 km/t utenom rushperioden. Gjennomsnittshastigheten på helgedager er omtrent 26 km/t. På grunn av disse variasjonene, varierer derfor også drivstofforbruket.

Fornebu – Tonsenhagen: Rutetabellene viser 18 timers driftsdøgn på virkedager for denne dellinjen (Ruter, 2011c, s. 10 og 14). Jeg setter rushperioden lik rushperioden på den første linjen, og forenkler videre ved å anta at et driftsdøgn i helgen ligger på 16 timer (fotnote 26) På dellinjen finnes ingen avganger om natten. Ellers varierer antall avganger i timen fra 3 (etter kl. 21) til 5 (rushperiode mandag til fredag). Jeg forenkler derfor som følger:

- 18 timers drift på virkedager, hvorav 5 timer rushperiode
- 16 timers drift på helgedager,
- 5 avganger per rushtime og 5 avganger per time utenom rushperioden
- 4 avganger per time på en dag i helgen.

Også denne linjen er en «tur-retur»-linje og det gjelder henholdsvis de samme anmerkningene som for delen Snarøya – Grorud. Videre antar jeg at gjennomsnittshastigheten i rushperioden er den samme som for strekningen Snarøya – Grorud (20,3 km/t). Basert på kjøretidene gitt i Ruter (2011c), ligger den beregnede gjennomsnittshastigheten utenom rushperioden på 20,5 km/t og for helgedager på litt i underkant av 22 km/t. Gjennomsnittshastighetene på denne dellinjen er altså noe lavere sammenlignet med strekningen Snarøya – Grorud.

4.3.3 Passasjertall

Utviklingen er beskrevet i kapittel 4.2. Framskrivningen gjelder for basisalternativet og for begge transportalternativene.

4.3.4 Reisetidselementer

I kapittel 2.4.3 utdyper jeg verdsetting av goder som ikke omsettes i markeder. Reisetid er et slikt gode. Videre illustrerer jeg et typisk reiseforløp i kapittel 3.3. Jeg velger å legge generaliserte reisekostnader til grunn for beregningen av reisekostnader. Dermed forutsetter jeg at trafikantene vil reise «raskest mulig, på en mest mulig komfortabel måte» (Ruud, Ellis og Norheim, 2010, s. 51) fra reisestartpunkt til bestemmelsesstedet. Reisen skal medføre lavest mulige kostnader. Jeg antar imidlertid at alle passasjerer bor i Oslo. Jeg forutsetter også at den gjennomsnittlige reiselengden er en parameter som ikke (eller bare svært langsomt) endrer seg over tid. Ellers måtte man for hvert år legge til grunn en endret reiselengde, noe som ville føre til endrede reisetider om bord i kjøretøyet. Det ville i så fall påvirke reisetidskostnadene.

Snarøya – Grorud: En gjennomsnittlig reise i Oslo begynner med 6 minutter gangtid til holdeplassen (Ruud, Ellis og Norheim, 2010, s. 22), fulgt av ventetiden på holdeplassen.

Ventetiden er antatt å være halvparten av perioden mellom to avganger (Ruud, Ellis og Norheim, 2010, s. 29). Med 5 avganger i timen per retning, er ventetiden er dermed 6 minutter (formel (m), vedlegg 4). Jeg gjør igjen oppmerksom på at verdien endrer seg, når antall avganger øker på grunn av økende passasjertall (formel (g), vedlegg 4). Gangtiden fra holdeplassen til bestemmelsesstedet antas å være lik gangtiden til holdeplassen (Ruud, Ellis og Norheim, 2010, s. 22). Reisetiden om bord beregner jeg ved å dividere den gjennomsnittlige reiselengden med gjennomsnittshastigheten under hvert scenario (formel (n), vedlegg 4). Verdiene er gitt i tabell 5. I utgangspunktet er reisetiden dermed summen av gangtiden til og fra holdeplassen, ventetiden på holdeplassen og reisetiden om bord i kjøretøyet. Jeg forutsetter at det bare finnes forsinkelsestid i rushperioden, som da kommer på toppen. Jeg finner en gjennomsnittlig forsinkelse langs linje 31 på 5,69 minutter (Presterud, 2010, s. 81, 83, 85 og 87).

Fornebu – Tonsenhagen: På denne strekningen antar jeg den samme gangtiden til og fra holdeplassen som jeg gjorde for linjen Snarøya – Grorud. Det samme gjelder for forsinkelsestiden. Ventetiden og reisetiden om bord i transportmidlet er beregnet på samme måte som før (formler (m) og (n), vedlegg 4). Siden denne dellinjen har den samme linjeføringen mellom Fornebu og Tonsenhagen som den første, kan man likevel tenke seg at en passasjer er indifferent mellom å ta den ene eller den andre dellinjen. Reisende på denne delstrekningen har derfor bare 3 minutter ventetid på virkedager – både i rushperioden og utenom rushperioden.³⁴ Av samme grunne er den gjennomsnittlige ventetiden i helgen bare 3,33 minutter.

4.3.5 Priser og marginalkostnader

Når det gjelder priser og marginalkostnader, vil jeg først fokusere på kostnadselementer tilknyttet kjørebane og kjøretøy. Den følgende inndelingen gjenspeiler nøkkelkriteriene fra kapittel 3.3 (kjørebane og framdrift):

1. investeringskostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader av kjørebane
2. investerings- og drifts- og vedlikeholdskostnader av holdeplasser
3. dimensjonerings- og driftskostnader vognpark.

Med dimensjoneringskostnader mener jeg investeringskostnadene som må til for å dimensjonere vognparken i henhold til behovet under rushperioden.

³⁴ En reisende på strekning Fornebu – Tonsenhagen kan altså bruke enten denne dellinjen eller den som går helt fra Snarøya til Grorud. Til sammen kan den reisende derfor reise 10 ganger per time i hver retning (5+5 avganger). Halverer man tiden mellom avgangene, blir ventetiden bare 3 minutter lang.

Investeringskostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader av kjørebane: Det var svært vanskelig å finne kostnadstall. Diverse etater og selskaper (for eksempel Ruter AS) hadde ikke noen oversikt som de ville presentere. I kapittel 3.3 peker jeg dessuten på at tallmaterialet varierer kraftig. Jeg bruker derfor kilder som kun estimerer kostnadselementene. Jeg forutsetter investeringskostnader på cirka 17,62 millioner kroner per kilometer kollektivfelt (dobbeltspor) (Griffin et al., 2005, s. 100). Drifts- og vedlikeholdskostnader ligger på omtrent 1,95 millioner kroner per kilometer per år (TØI 2010).³⁵

Investeringskostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader av holdeplasser: Ruter opplyser i én rapport at drifts- og vedlikeholdskostnader for holdeplasser ligger mellom cirka 5 000 og 30 000 kroner per holdeplass per år (Ruter, 2011d, s. 25). I en annen rapport blir investeringskostnader for holdeplasser anslått med omtrent 525 000 kroner for bussholdeplasser og omtrent 2,4 millioner kroner for trikkeholdeplasser (Ruter 2011e, s. 48). Siden det ikke finnes ITS-utstyr gjennomgående på alle holdeplasser, ser jeg bort fra eksistensen til systemet. Kostnadene for ITS er dermed null i basisalternativet.

Dimensjonerings- og driftskostnader vognpark: Dimensjoneringskostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader opplyses sjelden. De få tallene jeg fant, varierer betydelig. Derfor baserer jeg også beregningene av disse postene på Bekken (2004). Bekken (2004) foreslår å estimere dimensjoneringskostnadene ved hjelp av flere variabler. De viktigste er sitte- og ståplasser om bord i kjøretøyet, rutelengden og gjennomsnittshastighet (Bekken, 2004, s. 15 og 17). For driftskostnadene legger Bekken (2004) en drivstoffpris på 5,88 kroner per liter (2004-priser) til grunn (Bekken, 2004, s. 11). Jeg tar imidlertid høyde for prisutviklingen i drivstoffprisen og regner med en pris på 9,07 kroner per liter (2011-pris i henhold til Asplan Viak, 2011, s. 5.24.3). Til det deler jeg Bekkens formel og justerer resterende driftskostnader til 2011-priser på samme måte som beskrevet i kapittel 3.3.³⁶ Spesielt drifts- og vedlikeholdskostnader for vognparken viser store forskjeller mellom de to delstrekningene, som vist i tabell 9, vedlegg 5. En mulig forklaring er at delen Fornebu – Tonsenhagen ligger enda mer i bysentrum enn den første strekningen (Snarøya – Grorud). Som følge av det, er for eksempel drivstoffbruket per kilometer noe høyere.

Snarøya – Grorud: For å estimere årlige dimensjoneringskostnader av vognparken, bruker jeg formlene i Bekken (2004), s. 17. Det påløper dimensjoneringskostnader på omtrent 9,7

³⁵ Griffin et al. (2005) bruker tallet 1,9 millioner EUR (2005-priser). TØI's tall er 351.500 USD (1995-priser). Jeg har justert på samme måte som tidligere beskrevet i kapittel 3.3, tall i euro har jeg justert på grunnlag av valutakurser fra Norges Bank (2011b).

³⁶ Jeg viser denne delen av modellen i vedlegg 4, formler (k1) og (k2).

millioner kroner per år. Drifts- og vedlikeholdskostnader påløper per vognkilometer og er estimert i henhold til kapittel 3.5.2 i Bekken (2004). De ligger mellom cirka 20 kroner på helgedager og nesten 25 kroner i rushperioden (2011-priser).

Fornebu – Tonsenhagen: Ved bruk av de samme formlene som henvist til ovenfor, påløper det dimensjoneringskostnader på omtrent 7 millioner kroner per år. Drifts- og vedlikeholdskostnader ligger mellom cirka 23 kroner på helgedager og 25 kroner i rushperioden (2011-priser).

Verdsetting av tidselementene: For å beregne nyttegevinsten av innspart reisetid, beregner jeg endringer i tidselementer fra basisalternativet til henholdsvis BRT- og LRT-alternativet. I kapittel 4.2.4 beskriver jeg gjennomsnittlige reiser på begge dellinjene ved hjelp av tidselementene. I denne sammenhengen viser jeg forskjeller i reisetidselementene for de forskjellige periodene (rush, utenom, helg), men også mellom reiser på strekning Snarøya – Grorud og strekning Fornebu – Tonsenhagen. Endringer i tidselementene verdsettes i henhold til Ruud, Ellis og Norheim (2010). Ett minutt mindre gangtid til og fra holdeplassen verdsettes lavere enn ett minutt kortere ventetid på holdeplassen. Reisende verdsetter endringer med henholdsvis 1,25 kroner per minutt og 1,97 kroner per minutt (2011-priser) (Ruud, Ellis og Norheim, 2010, s. 29 og s. 7). Verdsettingen av ett minutt kortere reisetid om bord i kjøretøyet er først og fremst avhengig av tidsbesparelsen på grunn av høyere hastigheter, men den varierer i tillegg for de forskjellige transportalternativene. Ett minutt kortere tid om bord i en buss i basisalternativet verdsettes med 2,16 kroner per innspart minutt (2011-priser).³⁷ Utover det verdsetter trafikanter redusert forsinkelse med 6,47 kroner per minutt i gjennomsnitt (Ruud, Ellis & Norheim, 2010, s. 53). Alle verdiene er gitt i 2011-priser. I kapittel 3.3 utarbeider jeg dessuten forskjellen mellom bussløsninger og skinnegående transportalternativer (LRT). Et viktig aspekt ved dette er «skinnefaktoren», altså preferansen for trikk framfor buss. Jeg tar hensyn til at basisalternativet er et busstdriftsalternativ. Siden reiser i basisalternativet må foretas med buss i stedet for med trikk, kommer en skinnefaktor på 6,37 kroner per reise (2011-priser) på toppen av reisekostnadene (Ruud, Ellis og Norheim, 2010, s. 48). I henhold til Ruud, Ellis & Norheim (2010) tilsvarer det den nedre intervallgrensen av konfidensintervallet for skinnefaktoren.³⁸

³⁷ Jeg vektet verdiene for verdsetting av redusert reisetid om bord i kjøretøyet med sitte- og med ståplass med henholdsvis med 83% og 17%, dvs. 17% av passasjerene er nødt til å stå under reisen (Ruud, Ellis og Norheim, 2010, s. 25 og 52).

³⁸ 95-prosent konfidensintervallet ligger mellom 6,37 og 11,41 kroner (justert til 2011-priser) (Ruud, Ellis og Norheim, 2010, s. 48).

4.4 Verdiene som overføres til NKA

Hovedfokuset i kapittel 4 er å gi en oversikt over dagens situasjon og dens utvikling i basisalternativet langs linje 31. I kapittel 4.1 peker jeg på særegenheten til linjen. Den er til en viss grad todelt i strekningene Snarøya – Grorud – Snarøya og Fornebu – Tonsenhagen – Fornebu. Der hvor det har vært hensiktsmessig, har jeg delt analysen av linje 31 i disse to dellinjene.

Som jeg påpeker i kapittel 4.2, må enkelte parametere, for eksempel antall avganger, tilpasses i basisalternativet i løpet av analyseperioden. Grunnen til det er et økende passasjertall. Framskrivningen av vedkommende parametere følger fra ligningene vedlagt i vedlegg 4. Parameterne for dagens situasjon i basisalternativet er oppsummert i tabell 9, vedlegg 5. Verdiene er ordnet etter kapittel der de drøftes.

5 Nyttekostnadsanalyse

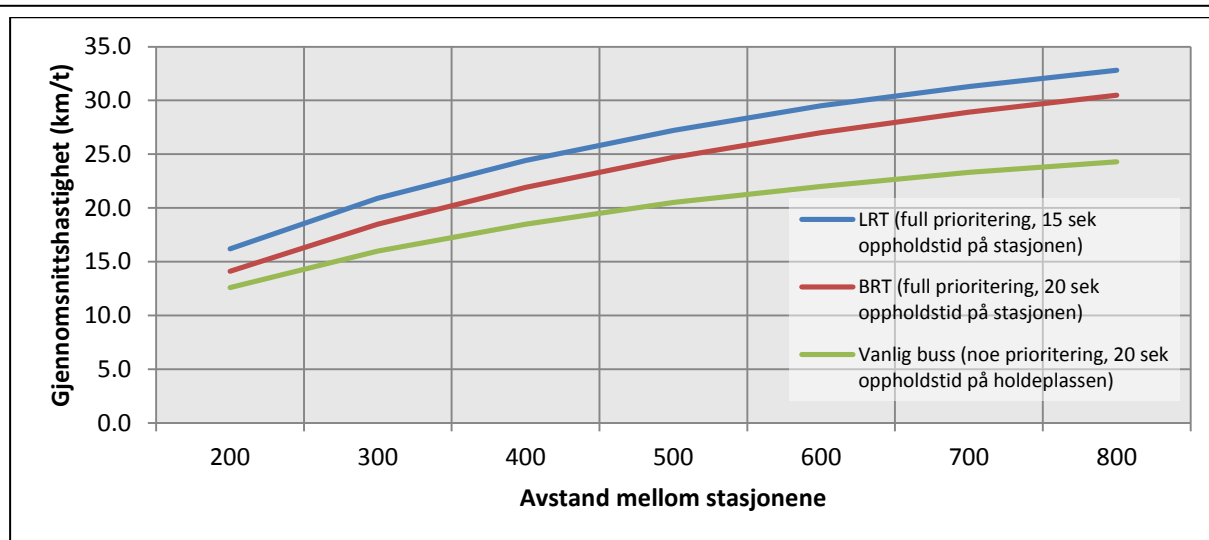
I dette kapitlet går jeg inn på spørsmålet om det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å implementere et BRT- eller LRT-system i stedet for basisalternativet. Jeg vil likevel peke på de antakelsene som jeg allerede har gjort underveis (for eksempel med hensyn til passasjertallutviklingen). Analysen må derfor tolkes med varsomhet, og jeg vil ikke ta stilling til om det er mulig rent praktisk å utvikle disse linjene til BRT- eller LRT-standard.

5.1 Transportalternativet BRT

Jeg drøfter først BRT- og deretter LRT-alternativet. Til det bruker jeg de samme kriteriene for å fremskaffe nødvendige parametere for BRT og LRT som jeg bruker i drøftingen av basisalternativet (kapittel 4.3). En oversikt over parametere for BRT og LRT gir jeg i tabell 10 i vedlegg 6.

5.1.1 Kjørebane og strekning

Som jeg forutsetter i kapittel 4.2, regner jeg med en investering i og vedlikehold av den totale trasélengden (23,52 km). Traselengdene er dermed like for BRT som for basisalternativet. Det gjelder for begge strekningene (Snarøya – Grorud og Fornebu – Tonsenhagen). Jeg antar imidlertid at den gjennomsnittlige holdeplassavstanden øker til 600 m på begge dellinjene i BRT-alternativet. Som en følge av det, må planleggeren ikke investere i like mange stasjoner som det finnes holdeplasser i basisalternativet. På den strekningen langs linjen som ikke er dekket av dellinjen Fornebu – Tonsenhagen, blir antall stasjoner i så fall 11 og langs dellinjen Fornebu – Tonsenhagen 28 (til sammen 39 stasjoner langs hele linjen). Med unntak av endestasjonene antar jeg to lehus per stasjon. En annen følge av lengre avstander mellom stasjonene er at gjennomsnittshastigheten øker (figur 10) (Griffin et al., 2005, s. 104). BRT-kjørebane skiller seg fra vanlige veier eller kollektivfelt ved å være fysisk adskilt fra annen trafikk. Det øker gjennomsnittshastigheten ytterligere. Jeg tar høyde for det ved å anta at BRT-bussene har full prioritering i motsetning til noe prioritering i basisalternativet (figur 10). I denne sammenhengen ser jeg bort fra at økt prioritering av kollektivtrafikk kan føre til ulemper for andre trafikanter.



Figur 10: Sammenheng mellom holdeplassavstand og gjennomsnittshastighet

Egen framstilling basert på Griffin et al. (2005). Figuren viser sammenhengen mellom holdeplass-/ stasjonsavstand og gjennomsnittshastighet. For å illustrere basisalternativet, antar jeg vanlige busser med noe prioritering. Verdiene ført i Griffin et al. (2005) samsvarer da godt med den faktiske situasjonen i basisalternativet. Jeg antar full prioritering i BRT- og LRT-alternativet for å ta høyde for adskilte kjørebaneer.

5.1.2 Kjøretøy og rutetabell

I innledningen til kapittel 3 argumenterer jeg for hvorfor økt hastighet er så viktig: For at en bussløsning skal lykkes i å håndtere flere passasjerer på en effektiv måte, er det viktig å få busslinjen ut av vanlig trafikk og ved dette ut av køen. Figur 10 viser i tillegg sammenhengen mellom holdeplassavstand og gjennomsnittshastighet. Det tar jeg opp i den følgende diskusjonen.

På grunnlag av drøftingen i kapittel 5.1.1 regner jeg med en gjennomsnittshastighet for BRT på 27 km/t (Griffin et al., 2005, s. 104). Siden jeg forutsetter bygging av en adskilt BRT-kjørebane i dette alternativet, regner jeg dessuten med den samme hastigheten i alle perioder (rush, hverdager utenom rush og helg). Som kjøretøy for BRT-løsningen bruker jeg et gjennomsnitt av kjøretøyene framstilt i Ruter (2011b), s. 25. Gjennomsnittskjøretøyet har 140 plasser, hvorav 59 sitteplasser, og blir brukt i alle perioder (rush, utenom, helg). Bussene, som blir beskrevet i Ruter (2011b), er for det meste dieselskjøretøy. Drivstofforbruket estimerer jeg derfor igjen ved hjelp av formlene beskrevet i Bekken (2004). Det betyr at forbruk til BRT-kjøretøy er avhengig av gjennomsnittshastighet og kapasitet. Siden begge parameterne antas å være konstant, er også gjennomsnittsforbruket konstant.

I utgangspunktet er rutetabellen den samme som i basisalternativet siden det allerede finnes hyppige avganger i dagens situasjon. Når passasjertallet øker i løpet av årene, justerer jeg nødvendige avganger i henhold til formel (g), vedlegg 4.

5.1.3 Passasjertall

Utviklingen er beskrevet i kapittel 4.2. Framskrivningen gjelder for basisalternativet og for begge transportalternativene.

5.1.4 Reisetidselementer

Økt avstand mellom holdeplasser fører ikke bare til økt gjennomsnittshastighet som beskrevet under kapittel 5.1.2. En annen følge er at større avstander mellom stasjonene impliserer lengre gangtider. Med en økning på mellom 50 og 100 m, legger jeg til grunn ett minutt lengre gangtid til og fra holdeplassen enn i basisalternativet.³⁹ På den andre siden minsker reisetiden om bord, som direkte følge av større hastighet (formel (n) i vedlegg 4). Med uendrede snittreiselengder per passasjer er den gjennomsnittlige reisetiden om bord i dette transportalternativet derfor kortere enn i basisalternativet. Jeg halverer dessuten forsinkelsestiden. Dette er et vilkårlig valg, men på denne måten vil jeg ta hensyn til forbedret fremkommelighet på grunn av adskilte kjørebane for BRT. Med et økende antall avganger i analyseperioden, blir den totale reisetiden kortere (formler (g) og (m), vedlegg 4).⁴⁰

5.1.5 Priser og marginalkostnader

I kapittel 3.3 peker jeg på store forskjeller i kostnadstall spesielt for infrastrukturen (kjørebane med mer). På grunn av store variasjoner i tallmaterialet, velger jeg å basere min analyse på de nyeste estimatene. For kjørebane for BRT og LRT bruker jeg derfor tall fra Ruter (2011f). I kapittel 5.5 bruker jeg tall som blir brukt i Fearnley et al. (2008) (tall i parentes i tabell 3).

Investeringskostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader av kjørebane: I henhold til Ruter (2011f) er investeringskostnader for BRT-trasé forventet å ligge på rundt 336 millioner kroner per kilometer (2011-priser) (Ruter, 2011f, s. 94). Jeg antar at vedlikeholdskostnader for BRT-trasé er på samme nivå som vedlikeholdskostnader for kollektivfelt siden begge er asfalt- eller betongveier: 1,95 millioner kroner per kilometer.

Investeringskostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader av stasjoner: Jeg antar en investering i holdeplasser som ligner på stasjoner, og som er utstyrt med ITS. Jeg setter BRT-stasjonene lik trikkeholdeplasser. Dermed er investeringskostnader høyere enn for

³⁹ Ett minutt per 100 meter (30 sekunder per 50 meter) tilsvarer en hastighet på 6 km/t (skrittempo).

⁴⁰ Jeg gjør oppmerksom på at det er vanskelig å trekke en enkel konklusjon om en sammenligning av utviklingen til reisetider. Grunnen til det er at antallet avganger ikke bare er avhengig av passasjertallutviklingen, men også av kjøretøyenes kapasitet (formel (g), vedlegg 4). Siden BRT-bussene har større kapasitet enn bussene i basisalternativet, kan planleggeren vente lengre med å sette inn flere avganger. Men det betyr på den andre siden at ventetiden mellom avgangene i den perioden er lengre i BRT-alternativet enn i basisalternativet.

bussholdeplasser i basisalternativet. Investeringskostnader for slike stasjoner ligger på cirka 2,4 millioner kroner per stasjon (Ruter, 2011e, s. 49 og 53). Det påløper rundt 30 000 kroner drifts- og vedlikeholdskostnader for en mer avansert holdeplass og omtrent 15 000 kroner for ITS (begge tall fra Ruter, 2011d, s. 25). I henhold til Ruter (2011d) er tallet for ITS ment som årlige marginalkostnader per ITS-pakke per holdeplass.

Dimensjonerings- og driftskostnader vognpark: På grunnen av konstant hastighet og konstant kapasitet er driftskostnadene for BRT konstante: 19,97 kroner per vognkilometer.⁴¹ Dimensjoneringskostnader for BRT-vognparken er basert Bekken (2004), s. 15 og 17.

Verdsetting av tidselementene: Som jeg peker på i kapittel 4.3.5, er verdsettingen av redusert reisetid om bord i kjøretøyet avhengig av både tidsbesparelsen og transportalternativet. Jeg antar at ett minutt kortere tid om bord i en buss i BRT-alternativet verdsettes med 1,49 kroner (2011-priser).⁴² Det finnes heller ingen egen skinnefaktor for BRT, men den antas å være lavere enn for vanlige busser (Currie, 2005, s. 45). Jeg velger derfor en skinnefaktor som er halvparten av verdien for vanlige busser (3,19 kroner). På denne måten tar jeg på en enkel måte høyde for det aspektet at BRT er et transportmiddel mellom vanlige busser og LRT (Fearnley et al., 2008, s. 1). Ellers er verdsettingen for reduiseringer i tidselementene i BRT-alternativet lik som for en reise med basisalternativet, dvs. det finnes for eksempel ingen forskjell mellom gangtiden i basis- og i BRT-alternativet.

5.2 Transportalternativet LRT

5.2.1 Kjørebane og strekning

Jeg antar de samme rammebetingelsene for kjørebane og strekningen i LRT-alternativet som ført i BRT-alternativet (en total banelengde på 23,52 km osv.). Legg merke til sammenhengen mellom avstanden mellom stasjoner og reisehastigheten for LRT (figur 10). Ideelt sett kan planleggeren nå enda høyere gjennomsnittshastigheter for LRT under full prioritering (antatt i min beregning) som figur 10 viser.

⁴¹ Verdien er beregnet i henhold til Bekken (2004), s. 15. Jeg har brukt samme fremgangsmåten og samme drivstoffpris som beskrevet i kapittel 4.3.5.

⁴² Verdsetting for buss og trikk drøftes i Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 48 og 52. For BRT har jeg valgt et gjennomsnitt.

5.2.2 Kjøretøy og rutetabell

Gjennomsnittshastighet for trikk antar jeg ligger på 29,5 km/t (Griffin et al., 2005, s. 104). I mine beregninger forutsetter jeg trikker av type SL 95 som LRT-kjøretøy. Trikken har 212 plasser kapasitet hvorav 88 er sitteplasser (Ruter, 2011a, s. 17). Man kan tenke seg at LRT ikke genererer noen utslipp av klimagasser, siden den bruker elektrisitet som framdriftsteknologi. Jeg velger imidlertid å legge en nordisk miks på 0,210 kgCO₂eq per kWh til grunn for utslippsmengder fra elektrisitetsproduksjonen (Solli et al., 2009, s. 517). Grunnen til det er at Norge handler elektrisitet i nordiske og europeiske markeder slik at en del av elektrisiteten må antas å bli produsert av kraftverk som bruker fossile brensel, kullkraftverk i Sverige for eksempel.⁴³ Jeg forutsetter et energiforbruk på 5,29 kWh per kilometer (Trikken, 2010, s. 15).⁴⁴

I utgangspunktet er også denne rutetabellen den samme som i basisalternativet, men også her kan det bli nødvendig å justere antall avganger når passasjertallet øker i løpet av årene.

5.2.3 Passasjertall

Utviklingen er beskrevet i kapittel 4.2. Framskrivningen gjelder for basisalternativet og for begge transportalternativene.

5.2.4 Reisetidselementer

Generelt gjelder det samme resonnementet for reisetidselementer som for BRT. Reisetiden om bord er imidlertid enda kortere i forhold til basisalternativet, fordi hastigheten i LRT-scenariot er antatt å ligge enda høyere enn for BRT (formel (n) i vedlegg 4). Det er likevel vanskelig å trekke en entydig konklusjon om utviklingen til totale reisetider i LRT-alternativet. Grunnen til det er forklart i fotnote 40.

5.2.5 Priser og marginalkostnader

Investeringskostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader av kjørebane: Jeg har valgt å bruke tall for investeringskostnader fra Ruter (2011f) siden de var de nyeste anslagene jeg har funnet. For trikkestrasé ligger investeringskostnader på rundt 359 millioner kroner per

⁴³ Jeg henviser til Førstund (2007), kapittel 5, for en mer detaljert drøfting av sammenhengene i elektrisitetshandel mellom flere land med ulike produksjonsteknologier (vannkraft, kullkraft, kjernekraft, osv.).

⁴⁴ Tallet er resultatet av beregningen i formel (l), vedlegg 4.

kilometer (2011-priser) (Ruter, 2011f, s. 94). Drifts- og vedlikeholdskostnader er cirka 2,1 millioner kroner per kilometer per år (Ruter, 2011a, s. 13 og 2011g, s. 85).⁴⁵

Investeringskostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader av stasjoner: I henhold til Ruter (2011a) ligger drifts- og vedlikeholdskostnader på 48,3 kroner per vognkilometer (2011-priser) (Ruter, 2011a, s. 17). Resterende verdier er like med BRT.

Verdsetting av tidselementene: Ett minutt kortere tid om bord i en trikk i LRT-alternativet verdsettes med 0,82 kroner (2011-priser) (Ruud, Ellis og Norheim, 2010, s. 48 og 52). Siden LRT er et skinnegående system, er skinnfaktoren i dette alternativet lik null. Resterende verdier tilsvarer igjen basisalternativet.

5.3 Nytte- og kostnadskategorier samt beregningsmodell

I sammenligningen i kapittel 3.3 beskriver jeg forskjeller mellom BRT og LRT i tre aspekter: kjørebane, kostnader og framdrift. Videre deler jeg beskrivelsen av transportalternativene inn i de samme kategoriene som jeg bruker i presentasjonen av basisalternativet. Som følge av det fokuserer jeg på nytte- og kostnadskategorier som er gitt nedenfor i hver periode for å sammenligne transportalternativene BRT og LRT med basisalternativet:

1. kostnad på grunn av høyere investeringskostnader kjørebane ($C_{t,baneinv,i}$)
2. kostnad på grunn av høyere drifts- og vedlikeholdskostnader kjørebane ($C_{t,banedrift,i}$)
3. kostnad på grunn av høyere investeringskostnader for stasjoner i stedet for holdeplasser ($C_{t,stasjinv,i}$)
4. kostnad på grunn av høyere drifts- og vedlikeholdskostnader stasjoner ($C_{t,stasjdrift,i}$)
5. nyttegevinst eller kostnad på grunn av lavere eller høyere dimensjoneringskostnader vognpark ($C_{t,vogndim,i}$)
6. nyttegevinst eller kostnad på grunn av lavere eller høyere drifts- og vedlikeholdskostnader vognpark ($C_{t,vogndrift,i}$)
7. nyttegevinst på grunn av innspart reisetid ($B_{t,tid,i}$)
8. nyttegevinst på grunn av lavere klimagassutslipp ($B_{t,miljø,i}$)
9. nyttegevinst av oppgradering med ITS på stasjonene ($B_{t,ITS,i}$)⁴⁶

⁴⁵ Verdiene er beregnet på grunnlag av kostnadene gitt i Ruter (2011a) og trasélengden gitt i Ruter (2011g).

⁴⁶ Nyttegevinsten skal forstås slik at reisekostnadene (ulempene opplevd under reisen målt i kroner) forringes med cirka 2 kroner per reise dersom det finnes ITS på stasjonen (Ruter, 2011d, s. 25). I henhold til Ruter (2011d)

For hver delstrekning Snarøya – Grorud og Fornebu – Tonsenhagen har jeg delt mine beregninger for transportalternativene BRT og LRT (skilt ved hjelp av indeks i) inn i to separate regnestykker. Generelt kan jeg oppsummere min fremgangsmåte som følger: Jeg beregner nyttegevinst eller kostnad i hver kategori av prosjekt i i forhold til basisalternativet for hver periode t . Summen av verdiene i de ni kategoriene for periode t , vist i formel (15), gir nettonytten av prosjektet i denne perioden ($NB_{t,i}$ i henhold til formel (13), kapittel 2.6):

$$NB_{t,i} = B_{t,tid,i} + B_{t,miljø,i} + B_{t,ITS,i} - (C_{t,baneinv,i} + C_{t,banedrift,i} + C_{t,vogndim,i} + C_{t,vogndrift,i} + C_{t,stasjinv,i} + C_{t,stasjdrift,i}) \quad (15).$$

Jeg summerer verdiene for begge delstrekningene for hver periode og neddiskonterer alle delsummene til beslutningsåret 2011 (min periode 0) med en diskonteringsrente på 4,5 prosent (i formel (13): $r = 0.045$). Til slutt summerer jeg delsummene for neddiskontert nettonytte i hver periode for å kunne konkludere med om prosjektene BRT og LRT på den totale strekningen er samfunnsøkonomisk lønnsomme. Jeg henviser til formel (14), kapittel 2.6, som oppsummerer hvordan jeg tolker samfunnsøkonomisk lønnsomhet i denne oppgaven. Jeg oppsummerer nettonåverdien av prosjekt i neddiskontert til periode 0 med:

$$NNV_{0,i} = \sum_{t=0}^{24} \frac{NB_{t,i}^{SG} + NB_{t,i}^{FT}}{(1.045)^t} \geq 0 \quad (16)$$

Indeks SG står for delstrekning Snarøya – Grorud, FT for Fornebu – Tonsenhagen. Termen $NB_{t,i}^{SG}$ beskriver nettonytten av prosjekt i i forhold til basisalternativet for periode t på strekning Snarøya – Grorud og $NB_{t,i}^{FT}$ på strekning Fornebu – Tonsenhagen.

Investeringskostnader kjørebane: Drøftingen av priser og marginalkostnader i basisalternativet og i begge transportalternativene (BRT og LRT) viser store forskjeller i investeringskostnader per kilometer. Jeg forutsetter en investering i hele strekningen (25,52 km). Til det velger jeg å basere min analyse på tall fra Ruter (2011f) for BRT og LRT. Videre antar jeg investeringskostnader for et vanlig kollektivfelt for basisalternativet i henhold til Griffin et al. (2005). Byggingperioden er anslått med to år (2011 og 2012). Jeg fordeler derfor investeringskostnadene likt på de to periodene. Jeg antar at en kjørebane i hvert scenario har en levetid på 25 år. Det påløper derfor ikke noen restverdi ved slutten av analyseperioden. Ligning (7.1) i vedlegg 7 viser den formelle beregningen.

kan det komme en nyttegevinst på cirka 2 kroner per reise for lehus ved holdeplassen/ stasjonen i tillegg. Jeg antar at det finnes lehus på alle stasjoner i hvert scenario slik at denne nyttegevinsten ikke kommer til å utgjøre noen forskjell (Ruter, 2011d, s. 25). Det finnes imidlertid lehus på alle holdeplasser i dagens situasjon, og jeg antar at oppgraderingen til stasjoner inkluderer også et lehus. Det gjelder for alle holdeplasser langs linjen (tur-retur). Lehus kommer derfor ikke til å utgjøre noen forskjell, siden antall reisende er likt i alle alternativene.

Drifts- og vedlikeholdskostnader kjørebane: Kjørebane antas å ha den samme lengden i basisalternativet som i BRT-alternativet. Årlige drifts- og vedlikeholdskostnader per kilometer for BRT-traséen er lik kostnader for kollektivfelt i min modell. Dermed oppstår ingen nyttegevinst eller kostnad fra drifts- og vedlikeholdskostnader for kjørebane i BRT-prosjektet. Trikketrasé, derimot, er noe annet, for eksempel på grunn av skinnene. Drifts- og vedlikeholdskostnader per kilometer per år er noe høyere enn for basis- og BRT-alternativet. Dermed oppstår kostnader ved LRT-prosjektet i denne kategorien. Ligning (7.2) i vedlegg 7 viser den formelle beregningen.

Investeringskostnader for stasjoner i stedet for holdeplasser: Langs den totale strekningen finnes det 47 holdeplasser i basisalternativet og 39 stasjoner i begge transportalternativene. Jeg antar at det finnes to leskur eller lignende på alle stoppesteder med unntak av endeholdeplassene, der det bare finnes ett i hvert alternativ. Jeg antar at planleggeren må investere i nye holdeplasser i basisalternativet og i stasjoner i begge transportalternativene (BRT og LRT). Videre skal holdeplassavstanden økes fra omtrent 500 m i basisalternativet til 600 m i begge transportalternativene (BRT og LRT). Stasjonene for BRT og LRT er mer avanserte enn holdeplassene i basisalternativet. Investeringskostnader for stasjoner er derfor høyere enn for enkle holdeplasser (Ruter, 2011e, s. 48 og 53). Legg merke til den kortere levetiden til holdeplasser i basisalternativet. Planleggeren må investere i nye holdeplasser i løpet av 2023 og 2024 (periodene 12 og 13). Jeg fordeler investeringskostnadene i periodene 0 og 1 og i periodene 12 og 13 likt på henholdsvis to år. Ligning (7.3) i vedlegg 7 viser den formelle beregningen.

Drifts- og vedlikeholdskostnader stasjoner: Én forskjell mellom holdeplasser for basisalternativet og stasjoner for transportalternativene gjelder årlige drifts- og vedlikeholdskostnader. De er antatt å ligge noe høyere for stasjoner (Ruter, 2011d, s. 25). I kapittel 3.2 peker jeg på betydningen av ITS samt SIS på stasjoner for at BRT blir vurdert som attraktivt kollektivtransportmiddel. I analysen av dagens linje 31, spesielt i kapittel 4.3.5, antar jeg at det ikke finnes noen ITS-utstyr på holdeplassene. En annen forskjell er derfor ITS på stasjonene for BRT og LRT. Marginalkostnadene for ITS er beregnet per år og inkluderer investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnader (Ruter, 2011d, s. 25). Antall holdeplasser og stasjoner er lik den forrige kategorien. Antall ITS blir bestemt av antall stasjoner i transportalternativene BRT og LRT. Ligning (7.4) i vedlegg 7 viser den formelle beregningen.

Dimensjoneringskostnader vognpark: En nyttegevinst eller kostnad i denne kategorien oppstår på grunn av lavere eller høyere dimensjoneringskostnader i et transportalternativ i

forhold til basisalternativet. Ligning (7.5) i vedlegg 7 viser den formelle beregningen. Bekken (2004) estimerer årlige dimensjoneringskostnader for vognparken på grunnlag av variabler som kjennetegner rutetabellen (antall avganger) og kjøretøy som blir brukt. Viktige størrelser i hans beregning er linjelengde, gjennomsnittshastighet, plasskapasitet og antall avganger per time. Jeg vedlegger også denne formelen i vedlegg 7 som en del av formel (7.3). Legg merke til at støtteligningen har antall avganger som et argument. Denne variabelen er utsatt for endringer i løpet av analyseperioden på grunn av økende passasjertall (se formeler (d), (g) og (h) i vedlegg 4) som jeg drøfter ovenfor. Nyttegevinster og kostnader i kategorien dimensjoneringskostnader vognpark er derfor utsatt for variasjoner.

Drifts- og vedlikeholdskostnader vognpark: Jeg antar at bare den nødvendige vognparken kjører. Reservevognparken kjører altså ikke.⁴⁷ Jeg tar formelen fra Bekken (2004), s.15, som utgangspunkt for beregningen av drifts- og vedlikeholdskostnader i basis- og i BRT-alternativet. Videre oppdaterer jeg Bekkens modell med en drivstoffpris for 2011 som beskrevet i kapittel 4.3.5. Den er vedlagt som ligning (k2) i vedlegg 4. Utover det er drifts- og vedlikeholdskostnader for basisalternativet avhengig av driftsperiodene (rush, utenom, helg) på grunn av forskjellige hastigheter. Ligning (7.6) i vedlegg 7 viser den formelle beregningen av nyttegevinster eller kostnader for begge prosjektene.

Innspart reisetid: For å beregne verdsettingen av innspart reisetid tar jeg utgangspunkt i endringer av reisetidselementene. Disse kan endre seg i løpet av analyseperioden for alle transportalternativene (basisalternativ, BRT, LRT) i hver driftsperiode (rush, utenom, helg). Grunnen til det er at antall avganger øker når linjens kapasitet er nådd (formel (g) i vedlegg 4). I tillegg finnes det forskjeller mellom de to delstrekningene. Begge tilfeller er vist i tabellene 9 og 10. Ligning (7.7) i vedlegg 7 viser den formelle beregningen for et eksempel på strekning Snarøya – Grorud.

Utslipp av klimagasser: Jeg baserer beregningen av utslipp på aspektene drivstofforbruk og strømforbruk på den ene siden, og på utslipp av CO₂-ekvivalenter per liter drivstoff og per kWh strømforbruk på den andre siden. Ligning (7.8) i vedlegg 7 viser den formelle beregningen for et eksempel på strekning Snarøya – Grorud. I denne sammenhengen vil jeg gjøre oppmerksom på at drivstofforbruket i basisalternativet varierer mellom driftsperioder og mellom delstrekninger siden gjennomsnittshastigheten varierer. Det gjelder imidlertid ikke for BRT (konstant gjennomsnittshastighet) eller for strømforbruket av LRT (uavhengig av gjennomsnittshastighet).

⁴⁷ Reservevognparken tas hensyn til gjennom påslagsfaktoren *ovdim*. Se formlene (g) til (j) i vedlegg 4 for sammenhengen mellom strekningen kjørt og vognpark.

Oppgradering med ITS: Gitt antakelsene i fotnote 46, er nyttegevinsten av oppgradering med ITS på stasjonene bare avhengig av antall reisende i periode t . Ligning (7.9) i vedlegg 7 viser den beregningen.

5.4 Estimatene

Beregningen for hele analyseperioden og for begge transportalternativene var omfattende. Jeg velger derfor å vedlegge en tabell i vedlegg 8. Den viser strømmen av nyttegevinster og kostnader for begge prosjektene over hele analyseperioden (fra 2011 til 2035) samt summene for hver nytte- og kostnadskategori drøftet i kapittel 5.3. Jeg viser bare summene for kategoriene her.

5.4.1 Resultater for den første beregningen

Ved hjelp av tabell 6 kan jeg for det første vurdere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten under antakelsen som jeg har gjort i henhold til formelen for nettonåverdien av et prosjekt (formel 16). For det andre er det mulig å rangere prosjektene i henhold til deres nettonytte. Resultatet så langt er:

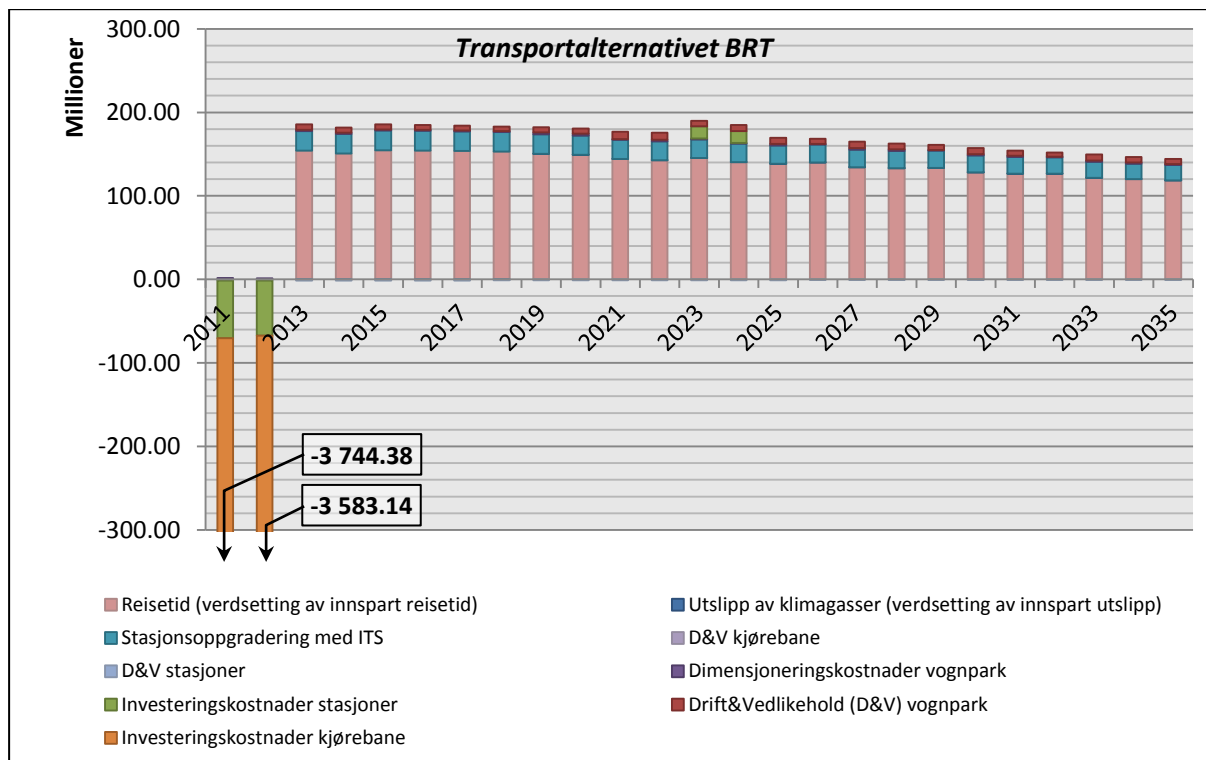
1. at ingen av transportalternativene er lønnsomme,
2. og at LRT-prosjektet er mest ulønnsomt.

Nytte- og kostnadskategoriene	Summer alle perioder	
	BRT	LRT
Investeringskostnader kjørebane	-7 327 521 546,38	-7 871 431 545,30
Drifts- og vedlikeholdskostnader kjørebane	0,00	-75 314 966,68
Investeringskostnader stasjoner	-106 197 462,74	-106 197 462,74
Drifts- og vedlikeholdskostnader stasjoner	-25 158 582,64	-25 158 582,64
Dimensjoneringskostnader vognpark	34 854 822,22	-1 182 980 564,74
Drifts- og vedlikeholdskostnader vognpark	151 602 047,33	-2 118 614 662,89
Innspart reisetid	3 213 492 416,12	5 009 637 729,65
Innspart klimagassutslipp	325 062,26	6 445 672,18
Oppgradering med ITS	499 107 669,43	499 107 669,43
Sum nyttegevinster	3 899 382 017,36	5 515 191 071,25
Sum kostnader	-7 458 877 591,76	-11 379 697 784,98
Nettonåverdi	-3 559 495 574,40	-5 864 506 713,73

Tabell 6: Oppsummering av nyttekostnadsanalysen

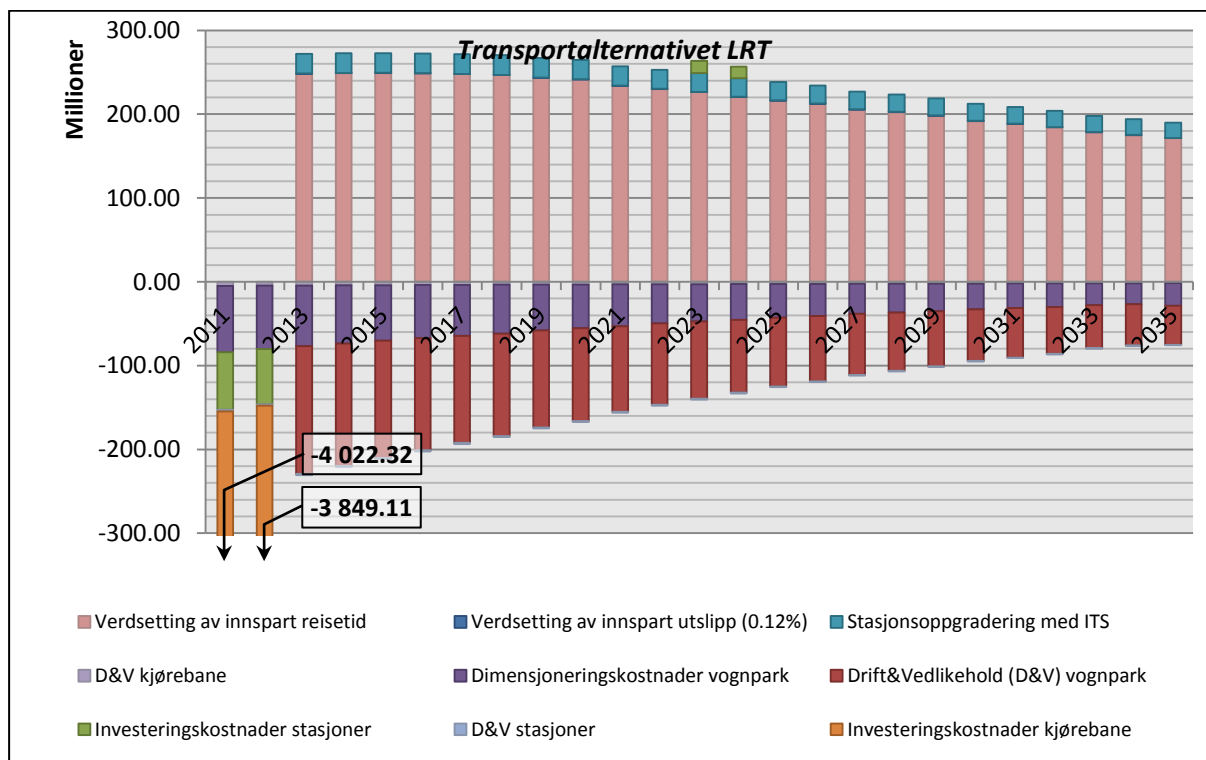
Egen framstilling. Positive verdier betyr nyttegevinster i transportalternativet relativ til basisalternativet, negative verdier betyr kostnader.

Figurene 11 og 12 oppsummerer resultatene fra beregningene for begge prosjektene.



Figur 11: Strøm av neddiskonterte nyttegevinster og kostnader i BRT-alternativet

Egen framstilling basert på tabellen i vedlegg 8. To grønne topper (2023 og 2024) markerer nyinvesteringen i holdeplasser i basialternativet som nyttegevinst i dette transportalternativet. Grunnen til det er lengre levetider til BRT-stasjoner. Verdiene for utslipp av klimagasser er ikke synlige siden bidragene er så små.



Figur 12: Strøm av neddiskonterte nyttegevinster og kostnader i LRT-alternativet

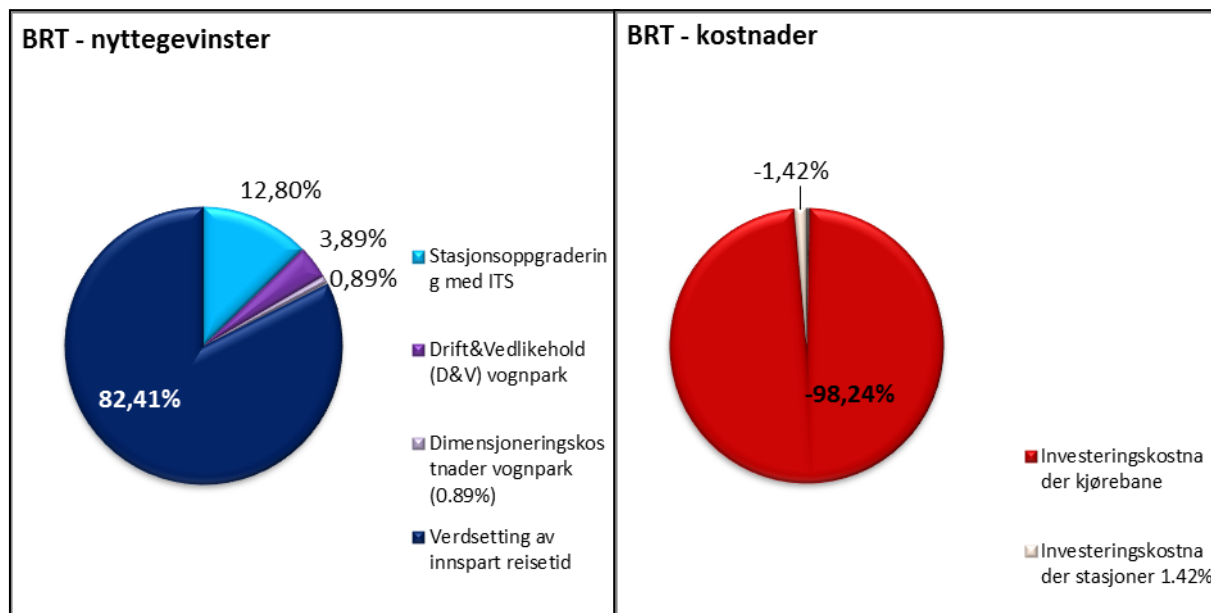
Egen framstilling basert på tabellen i vedlegg 8. To grønne topper (2023 og 2024) markerer nyinvesteringen i holdeplasser i basialternativet som nyttegevinst også i LRT-alternativet. Grunnen til det er igjen lengre levetider til stasjoner. Verdiene for utslipp av klimagasser er heller ikke synlige. Legg merke til at årlige dimensjoneringskostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader for vognparken er en kostnadskategori i LRT-alternativet, mens de er en nyttekategori i BRT-alternativet.

Tabellen som figurene er bygget på, er vedlagt i vedlegg 8. Jeg bruker den lave kvoteprisbanen fra SFT (2009) og en diskonteringsrente på 4,5 prosent ($r = 4,5\%$) i henhold til SSØ (2010). Som jeg beskriver i kapitlene 4 og 5, bruker jeg tall for investeringskostnader fra Ruter (2011f) for transportalternativene BRT og LRT, og den justerte verdien fra Griffin et al. (2005) for et kollektivfelt i basisalternativet. Strømmen av neddiskontert nettonytte er vist for hvert år over hele analyseperioden (2011 til 2035, 25 år) og kan leses som differens mellom søylen over x-aksen minus søylen under x-aksen. Med de antakelsene gjort, blir strømmen for begge prosjektene i året 2013 for første gang positiv. Nettonåverdien av hvert prosjekt som er gitt i tabell 6, kan leses som sum av *alle* søylene fra 2011 til 2035. Legg merke til at søylene for «investeringskostnader kjørebane» faktisk overskrider diagrammenes marginer i begge alternativene. Summen av alle søylene er negativ hvis man tar hensyn til det.⁴⁸ Sammenligner man figur 11 med figur 12, blir det tydelig at BRT-alternativet fører til lavere kostnader fra og med 2013. Det skyldes først og fremst forskjellene i årlige dimensjoneringskostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader for vognparken mellom begge prosjektene. I BRT-prosjektet er begge kategoriene nytte kategorier, mens de er kostnadskategorier i LRT-prosjektet. Tabell 6 og en sammenligning av figurene 13 og 14 synliggjør dette indirekte. Framstillingene er basert på summer for hele analyseperioden.

Nyttegevinst av redusert reisetid er i begge transportalternativene stor og utgjør den største andelen av summen av alle nyttekategoriene (se figurer 13 og 14 nedenfor). Det skyldes først og fremst bedre framkommelighet, og ved dette høyere gjennomsnittshastigheter enn i basisalternativet. Med hensyn til den delen i mitt forskningsspørsmål som går ut på miljøøkonomiske konsekvenser, kan jeg konkludere med at effekten for kategorien innspart utslipp av klimagasser er beskjeden, men positiv. Det oppstår en positiv nettonytte av innsparte miljøkostnader i begge alternativene, og effekten er størst for LRT, men andelen av totale nyttegevinster er svært liten. I BRT-alternativet utgjør nyttegevinsten av reduserte klimagassutslipp omtrent 0,01 prosent av summen av alle nyttegevinster. I LRT-alternativet er andelen cirka 0,12 prosent. BRT-alternativet fører i tillegg til besparelser knyttet til dimensjonering, drift og vedlikehold til vognparken (vist i figur 13). Grunnen til det er at planleggeren kan vente med å opprette flere avganger i dette alternativet sammenlignet med basisalternativet fordi BRT-bussene har større kapasitet. Generelt kjører derfor færre busser i løpet av analyseperioden. Det gjelder for så vidt også for LRT-kjøretøyene, til og med i større grad, men dimensjoneringskostnader er mye høyere dersom man legger Bekkens formel til grunn. Plasskapasiteten er den sentrale variabelen som bestemmer kostnadsforskjeller (formel 7.5, vedlegg 7). I tillegg er LRT-driftskostnader per vognkilometer omtrent dobbelt så dyrt som for de andre alternativene. Uansett er det at færre kjøretøy

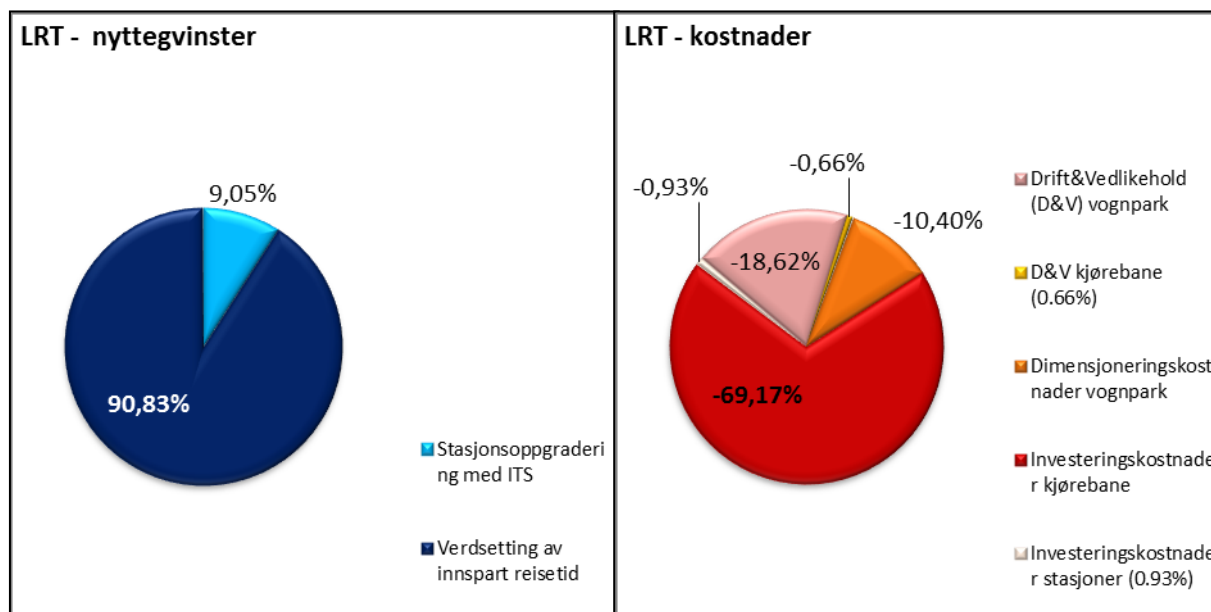
⁴⁸ Den faktiske framstillingen hadde enten vært for stor for dokumentet eller ikke lesbar hvis formatert på en passende størrelse.

brukes i begge transportalternativene, hovedgrunnen til nyttegevinst i kategorien klimagassutslipp. Oppgradering med ITS fører til en positiv nettonytte som er lik i begge transportalternativene fordi verdsetningen per reise er lik, og utviklingen til passasjertallet er antatt å være den samme i alle tre scenarioene. Summen av nyttegevinster er i ingen av transportalternativene stor nok for å kunne kompensere for prosjektkostnadene. Det skyldes først og fremst enorme investeringskostnader for kjørebanelen i begge tilfellene.



Figur 13: Fordeling nyttegevinster og kostnader i BRT-alternativet

Egen framstilling. Positive verdier står for nyttegevinster og negative verdier for kostnader. Nyttegevinsten av reduserte klimagassutslipp utgjør cirka 0,01 prosent. Andelen er så liten at den ikke er synlig i diagrammet til venstre. Tilsvarende gjelder for kostnader i kategorien drift og vedlikehold stasjoner i det høyre diagrammet (-0,34 prosent).



Figur 14: Fordeling nyttegevinster og kostnader i LRT-alternativet

Egen framstilling. Positive verdier står for nyttegevinster og negative verdier for kostnader. Nyttegevinsten av reduserte klimagassutslipp utgjør cirka 0,12 prosent. Andelen er heller ikke synlig i dette diagrammet (til venstre). Tilsvarende gjelder for kostnader i kategorien drift og vedlikehold stasjoner i det høyre diagrammet (-0,22 prosent).

5.4.2 Følsomhetsanalyse for den første beregningen

I kapittel 2 er diskontering og valg av diskonteringsrenten et sentralt aspekt. Jeg gjennomfører her en følsomhetsanalyse for endringer av diskonteringsrenten: «En følsomhetsanalyse har til hensikt å undersøke hvor følsom lønnsomheten er overfor endringer i forutsetningene» (SSØ, 2010, s. 64).

Siden begge prosjektene fører til kostnader i beregningen under kapittel 5.4.1, må en økning av diskonteringsrenten antas å føre til enda større ulønnsomhet. En høyere verdi for diskonteringsrenten tilsvarer høyere risikofrie alternativkostnader og/ eller en høyere pris for prosjektets risiko (se kapittel 2.5.2 for denne drøftingen). For å vise effekter av en høyere diskonteringsrente, har jeg brukt en diskonteringsrente på 7 prosent (i henhold til Ang-Olson&Mahendra, 2011, s. 25). Jeg kan oppsummere effekten av en økt diskonteringsrente som liten med hensyn til det overordnede resultatet i kapittel 5.4.1: En økning forandrer ikke min konklusjon med hensyn til den generelle lønnsomheten til begge prosjektene. En diskonteringsrente på 7 prosent har som følge at begge (negative) nettonåverdiene blir enda større i sine absoluttverdier, men deres differens blir mindre. Nettonåverdien for BRT-alternativet er da cirka -4,4 milliarder kroner og for LRT-alternativet omtrent -6,4 milliarder kroner.

En endring av diskonteringsrenten i motsatt retning kan altså være mer interessant for lønnsomhetsvurderingen. I den andre delen av følsomhetsanalysen velger jeg derfor som et ekstremt tilfelle en diskonteringsrente på 0 prosent. Praktisk sett finnes det dermed ingen neddiskontering. Men også i dette tilfellet er min konklusjon med hensyn til den generelle lønnsomheten til begge prosjektene den samme: De forblir ulønnsomme. Men en diskonteringsrente på 0 prosent fører nå til lavere absoluttverdier til nettonåverdiene for begge prosjektene. Nettonåverdien for BRT-alternativet er nå cirka -0,6 milliarder kroner og for LRT-alternativet omtrent -3,9 milliarder kroner.

Siden verken en diskonteringsrente på 7 prosent eller på 0 prosent fører til grunnleggende endringer i min konklusjon, ser jeg bort fra å vedlegge en tabell for disse strømmene.⁴⁹

5.4.3 Resultater for en mer optimistisk analyse

Hovedgrunnen som fører til ulønnsomhet i begge transportalternativene i den første beregningen, er de enorme investeringskostnadene. I den beregningen har jeg brukt tall fra Ruter (2011f). Disse var de nyeste anslagene jeg har funnet. I den følgende analysen fokuserer jeg på en endring av min antakelse om tall for investeringskostnader per kilometer kjørebane (parameter c_{baneinv}). Nedenfor viser jeg en tabell som tilsvarer tabell 6, men der jeg

⁴⁹ Nåverdiene i vedlegg 8 kan justeres til 7-prosent- eller 0-prosent-diskonteringsrente ved å multiplisere hver verdi med termen $(\frac{1+r_1}{1+r_2})^t$ der $r_1 = 0.045$ (diskonteringsrente brukt i første omgang), og henholdsvis $r_2 = 0.07$ eller $r_2 = 0$ (diskonteringsrente brukt i følsomhetsanalysen) og "t" er periode $t = 0, \dots, 24$.

regner med tall for investeringskostnader i henhold til Fearnley et al. (2008).⁵⁰ Investeringskostnader per kilometer i den andre beregningen er mye lavere i BRT-alternativet, og en god del lavere i LRT-alternativet. Forskjellen mellom Fearnley et al. (2008) og Ruter (2011f) er at Fearnleys tall er basert på allerede eksisterende systemer. Ruter-rapporten estimerer tall for et prosjekt som ikke er implementert ennå. Endringen av parameteren c_{baneinv} påvirker ingen annen nytte- eller kostnadskategori.

Videre endrer jeg min antakelse om kvoteprisbanen fra lav til høy for å vise konsekvensen av en høyere verdsetting av (innspart) klimagassutslipp. Endringen av parameteren P_{kvote} påvirker heller ingen annen nytte- eller kostnadskategori.

Jeg oppsummerer begge endringene i én tabell:

Nytte- og kostnadskategoriene	Summer alle perioder	
	BRT	LRT
Investeringskostnader kjørebane	-1 669 861 550,70	-4 948 767 936,54
Drifts- og vedlikeholdskostnader kjørebane	0,00	-75 314 966,68
Investeringskostnader stasjoner	-106 197 462,74	-106 197 462,74
Drifts- og vedlikeholdskostnader stasjoner	-25 158 582,64	-25 158 582,64
Dimensjoneringskostnader vognpark	34 854 822,22	-1 182 980 564,74
Drifts- og vedlikeholdskostnader vognpark	151 602 047,33	-2 118 614 662,89
Innspart reisetid	3 213 492 416,12	5 009 637 729,65
Innspart klimagassutslipp	1 417 005,44	22 661 598,34
Oppgradering med ITS	499 107 669,43	499 107 669,43
Sum nyttegevinster	3 900 473 960,54	5 531 406 997,42
Sum kostnader	-1 801 217 596,08	-8 457 034 176,23
Nettonåverdi	<u>2 099 256 364,46</u>	<u>-2 925 627 178,81</u>

Tabell 7: Resultater for en mer optimistisk analyse

Egen framstilling. Positive verdier betyr nyttegevinster i transportalternativet relativ til basisalternativet, negative verdier betyr kostnader.

BRT-prosjektet er lønnsomt under disse antakelsene. Selv under den lave kvoteprisbanen, er prosjektet lønnsomt dersom man legger tall fra Fearnley et al. (2008) til grunn for en nyttekostnadsanalyse. Transportalternativet LRT forblir ulønnsomt, men i mye lavere grad enn vist i kapittel 5.4.1. Med hensyn til miljøøkonomiske konsekvenser, kan jeg konkludere med at effekten av en høy kvotepris er noe høyere innsparte miljøkostnader for BRT-alternativet i forhold scenarioet med lavprisbanen. Effekten er mye større for LRT. Forklaringen er at kvoteprisbanen er brattere for høyprisscenarioet enn for lavprisscenarioet. Kvoteprisen øker fortere i løpet av analyseperioden på den høye enn på den lave banen.

⁵⁰ Verdiene er gitt i parentes i tabell 3, kapittel 3.3.

5.5 Begrensninger og usikkerhet ved modellen og resultatene

Jeg vil først og fremst vise til min konklusjon ved slutten av kapittel 2.6: Prosjektvurderingen er ikke mer enn en indikasjon for prosjektets samfunnsøkonomiske lønnsomhet. Dette på grunn av de antakelsene som blir gjort spesielt med hensyn til velferdsvektene.

Videre er den sentrale forutsetningen i min beregningsmodell at passasjertallutviklingen er den samme i alle scenarioene (basisalternativet, BRT- og LRT-alternativet). Kollektivandelen er dermed konstant i alle tre alternativene. Mine resultater fanger derfor ikke opp noen nyttegevinster eller kostnader som oppstår på grunn av redusert eller økt reisetid av en slik overføring. La oss for eksempel anta at andelen reisende som bruker kollektivtilbudet er større i BRT-alternativet enn i basisalternativet. Dersom dette fører til en reduksjon i bilkøen, øker trafikkflyten og ved dette går reisetiden for bilister i BRT-alternativet ned. Samtidig har noen tidligere bilister nå valgt BRT framfor bil. La oss videre anta at valget fører til kortere reisetider for disse tidligere bilistene. Den samlede reisetiden er da enda kortere i BRT-alternativet enn i basisalternativet for en økning i kollektivandelen. Det fører i summen til enda mer reduserte reisetidskostnader enn i min beregning. Hvis valget fører til lengre reisetider for dem som byttet fra privatbil til BRT, må man se på summen av reduksjonen i «køtiden» og økningen i «reisetiden med BRT i stedet for privatbil» for kunne gi et endelig svar på om denne overføringen fører til reduserte eller økte reisetidskostnader. En lignende idé ligger til grunn for at resultatene heller ikke viser reduserte eller økte miljøkostnader som en konsekvens av mindre eller mer utslipp av klimagasser på grunn av en slik overføring. Tolkningen av funnene er begrenset til effekter som selve systemene medfører (for eksempel et lavere antall kjøretøy i BRT-prosjektet enn i basisalternativet).

Forskjeller i verdsetting av reisetid blant Oslo-beboere og folk fra Akershus er ikke tatt hensyn til på grunn av antakelsen som jeg gjør i kapittel 4.2.4. Ruud, Ellis og Norheim (2010) viser at beboerne fra Oslos nabofylke generelt har en høyere verdsetting av tidselementer (Ruud, Ellis og Norheim, 2010, s. 52-53). Utover det er en gjennomsnittstreise for dem lengre enn for Oslo-folk. Øker volumet av innspart reisetid, kommer ved konstant verdsetting også nyttegevinsten av innspart reisetid til å øke. Nyttegevinsten i denne kategorien øker ytterligere dersom verdsetting av reisetidselementene (P_{gang} til $P_{forsink}$) øker. Dersom man tar hensyn til forskjellene, kan det forventes å føre til endrede reisetidskostnader.

Jeg vurderer bidraget fra miljøkostnadskategorien generelt som ikke avgjørende for lønnsomhetsvurderingen i begge transportalternativene uansett hvilken kvotepris (lav eller høy) som jeg legger til grunn, men jeg vil peke på at jeg har begrenset begrepet klimagasser til CO₂, CH₄ og N₂O. Jeg utelater dermed en vurdering av andre klimagasser. Jeg tar heller

ikke hensyn til lokal luftforurensning. Dersom et prosjekt fører til mindre belastning av svevestøv og andre stoffer (se vedlegg 3), oppstår en nyttegevinst som kommer på toppen av nettonåverdien for prosjektet. Jeg viser derfor til Wöhrnschimmel et al. (2008) som beskriver mulige effekter i kapittel 3.2. I Wöhrnschimmels analyse av miljø- og helseeffekter av et BRT-prosjekt i Mexico er resultatet en betydelig og signifikant reduksjon av lokal luftforurensning sammenlignet med situasjonen før prosjektimplementeringen (Wöhrnschimmel et al., 2008, s. 8201). LRT fører til ingen lokal luftforurensning i det hele tatt. Effekten av redusert utslipp av luftforurensende stoffer må dermed antas å være enda større enn i BRT-alternativet. Jeg vurderer heller ikke virkninger av redusert eller økt støybelastning i denne oppgaven. Andre aspekter som jeg ikke tar stilling til i nyttekostnadsanalysen, men som likevel kan danne egne nytte- eller kostnadskategorier, inkluderer virkninger på landutvikling (Deng&Nelson, 2011, s. 87-92) og på ulykkesrisiko (TØI, 2010) langs linje 31 som følge av prosjektimplementeringen.

I løpet av analyseperioden øker antall avganger på begge delstrekningene. I henhold til formlene vedlagt i vedlegg 4, er dette en konsekvens av nødvendigheten av å håndtere økende passasjertall. Jeg uttaler meg ikke om den praktiske gjennomførbarheten, for eksempel om det faktisk er mulig å kjøre mer enn 5 avganger per time per delstrekning.⁵¹

Ingen av ligningene som jeg bruker for å beregne den samfunnsøkonomiske lønnsomheten til et prosjekt, tar hensyn til skattefinansiering. Man kan allikevel tenke seg at en del av prosjektkostnadene er skattefinansiert, for eksempel investeringskostnader for kjørebane. Dersom den delen blir skattefinansiert, anbefaler Finansdepartementet (2005) å bruke en skattekostnad på 20 øre per skattefinansiert krone (Finansdepartementet, 2005, s. 27).

Stor usikkerhet i min beregningsmodell er knyttet til kostnadstall for investerings- og driftskostnader for kjørebane og kjøretøy. Det skyldes store variasjoner i tallmaterialet. Jeg viser derfor én beregning på grunnlag av tall fra Ruter (Ruter, 2011f) og en annen basert på tall fra TØI (Fearnley et al., 2008). Beregningene viser et mulig intervall lønnsomhetsvurderingen kan ligge innenfor.

Verdsetting av goder som ikke er omsatte på markeder, for eksempel reisetidselementer, er basert på verdsettingsmetoder som i seg selv kan være preget av usikkerhet. Resultater oppnådd i disse kategoriene må derfor tolkes med varsomhet.

⁵¹ De første årene betyr 10 avganger per retning per russtunde mellom Fornebu – Tonsenhagen – Fornebu en frekvens på 6 minutter for alle transportalternativene (inkludert basisalternativet). I 2035 har jeg for eksempel beregnet 17 avganger for basisalternativet og 16 avganger for BRT-alternativet (en frekvens på under 4 minutter i begge tilfellene). Om dette, praktisk sett, er gjennomførbart, kan jeg ikke ta stilling til.

6 Oppsummering og konklusjon

I innledningen viser jeg at befolkningsutviklingen i regionen Oslo og Akershus skaper flere utfordringer. En av utfordringene er at transportsektoren vil ha en stor betydning for samfunnet i framtiden. Videre gjør jeg også oppmerksom på målsettinger som den norske regjeringen har med hensyn til kollektivtrafikk og miljø. Jeg har derfor ønsket å undersøke om BRT kan bidra til å løse transportutfordringene som vil oppstå med en sterkt økt befolkning i dette området. Jeg har avgrenset mitt forskningsspørsmål til følgende: For en gitt framskrivning av passasjertall, vil BRT være en mer samfunnsøkonomisk lønnsom transportløsning enn vanlig buss eller trikk for den nåværende busslinjen 31 i Oslo?

I kapittel 2 definerer jeg hvordan jeg tolker samfunnsøkonomisk lønnsomhet i min masteroppgave. Jeg viser først at Paretokriteriet er svært lite anvendelig i prosjektsammenheng fordi forutsetningen om at ingen blir stilt dårligere sjelden holder. I etterfølgende avsnitt definerer jeg den sosiale velferdsfunksjonen og drøfter verdsettings- og diskonteringsproblematikken. Jeg følger Finansdepartementets definisjon av samfunnsøkonomisk lønnsomhet og antar at et prosjekt er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom nettonåverdien er positiv.

Systemet BRT blir regelmessig sammenlignet med skinnegående løsninger. I kapittel 3 finner jeg tre kriterier der forskjellene mellom BRT og LRT er betydelige: kjørebane, framdrift og kostnader. Jeg tar kategoriene som grunnlag for min analyse av linje 31 i Oslo i kapittel 4.

Linje 31 i Oslo er Norges mest trafikkerte busslinje i dag, og det kan være aktuelt å erstatte deler av strekningen med trikk. Den er dermed et eksempel på en avveining mellom skinnegående kollektivtransport og kollektivtransport på veg. Kapittel 4 definerer basisalternativet, som transportalternativene BRT og LRT senere sammenlignes med. Den sentrale antakelsen i mine beregninger er at passasjertallutviklingen er den samme i alle scenarioene (basisalternativet, BRT-løsningen og LRT-løsningen). Det innebærer at jeg ser bort fra at ulike alternativer kan gi ulik overføring fra bilreiser til reiser med kollektivtransport. Jeg ser altså bort fra muligheten om at BRT og LRT kan generere flere kollektivreiser enn basisalternativet. Mine resultater fanger derfor ikke opp noen nyttegevinster eller kostnader som oppstår på grunn av redusert eller økt reisetid av en slik overføring. Resultatene viser heller ikke reduserte eller økte miljøkostnader som er en konsekvens av mindre eller mer utslipp av klimagasser på grunn av en slik overføring. Tolkningen av funnene er derfor begrenset til effekter som oppstår først og fremst som følge av færre kjøretøy i

transportalternativene enn i basisalternativet. Grunnen til det er større kapasiteter til BRT-busser og trikker.

I min første beregning av nettonåverdiene for prosjektalternativene i kapittel 5 bruker jeg tall for investeringskostnader fra Ruter AS. Kostnadene er forholdsmessig høye, og resultatet er:

1. at ingen av transportalternativene er lønnsomme,
2. og at LRT-prosjektet er mest ulønnsomt.

I en enkel følsomhetsanalyse viser jeg at effekten av en variasjon i diskonteringsrenten ikke fører til en endring i min generelle konklusjon. Begge prosjektene forblir ulønnsomme selv hvis jeg antar en diskonteringsrente lik null. Bidraget fra nyttekategoriene er svært lite, men positivt, i denne beregningen. Hovedgrunnen som fører til ulønnsomhet i begge transportalternativene, er store investeringskostnader.

Jeg velger i tillegg å gjennomføre en beregning der jeg baserer investeringskostnader per kilometer på tall fra Fearnley et al. (2008). De er mye lavere i BRT-alternativet, og en god del lavere i LRT-alternativet. I tillegg endrer jeg min antakelse om kvoteprisbanen fra lav til høy for å vise konsekvensen av en høyere verdsetting av (innspart) klimagassutslipp. Dette kan derfor betraktes som et mer optimistisk scenario. Resultatet er nå:

1. at BRT-prosjektet er lønnsomt under disse antakelsene,
2. transportalternativet LRT forblir ulønnsomt, men i mye lavere grad enn før.

Generelt kan jeg konkludere med at nyttegevinsten av redusert reisetid i begge transportalternativene og under begge beregningene er stor. Nyttegevinsten i kategorien klimagassutslipp derimot er liten, selv for en høy kvoteprisbane.

Jeg gir to svar på spørsmålet som jeg stiller:

1. Begge alternativene viser en betydelig forbedring med hensyn til reisetid sammenlignet med basisalternativet.
2. Hvorvidt prosjektene er lønnsomme, er i stor grad avhengig av investeringskostnadene som legges til grunn. Nyttegevinsten av reduserte utslipp av klimagasser er positiv, men beskjeden og ikke avgjørende for lønnsomhetsvurderingen.

I min beregningsmodell tar jeg verken hensyn til mulige endringer i kollektivandelen eller til lokal luftforurensning. Mine resultater fanger derfor ikke opp noen nyttegevinster eller kostnader som oppstår på grunn av redusert eller økt reisetid av en slik overføring. De viser

heller ikke reduserte eller økte miljøkostnader som er en konsekvens av mindre eller mer utslipp av klimagasser på grunn av en slik overføring. Videre forskning kan derfor ta spesielt hensyn til de to aspektene:

La oss for eksempel anta at kollektivandelen øker i begge alternativene (BRT og LRT), dvs. andelen reisende som bruker kollektivtilbudet er større i de to alternativene enn i basisalternativet. Dersom dette fører til en reduksjon i bilkøen, øker i utgangspunktet trafikkflyten og ved dette går reisetiden for de som fortsatt bruker bil ned. Trafikanter som i basisalternativet bruker bil, men som i BRT- og LRT-alternativet velger BRT eller LRT framfor bil, kan oppleve enten en reduksjon, ingen endring eller en økning i sin reisetid. Dersom den samlede reisetiden er kortere i de to transportalternativene enn i basisalternativet, fører en økning i kollektivandelen altså til ytterligere nyttegevinster i nyttekategorien reisetid.

I tillegg til det fører en større kollektivandel i BRT- eller LRT-alternativet til en lavere andel privatbiler enn i basisalternativet. Færre privatbiler fører i utgangspunktet til lavere utslippsmengder, men på den andre siden kan det hende at enda flere busser og trikker må settes inn i BRT- og LRT-scenariet enn under mine beregninger. En økt kollektivandel ville i så fall føre til større utslippsmengder fra kollektivtrafikk. Den samlede effekten er derfor avhengig av om utslippsreduksjonen fra privatbiltrafikk kan kompensere for utslippsøkningen fra kollektivtrafikk. Argumentet går ut på å erstatte et bestemt antall privatbiler gjennom henholdsvis en superbuss eller en trikk. Selv om en buss eller en trikk kan ha høyere utslippsmengder av klimagasser enn en privatbil, kan det føre til en reduksjon dersom et minimumsantall passasjerer velger buss framfor bil. Miljøeffekten kan få en mye større betydning enn i mine beregninger hvis denne kompensasjonen er stor nok.

Nettonåverdien for begge prosjektene kan altså øke dersom man tar hensyn til variasjoner i kollektivandelen. De to effektene som jeg beskriver ovenfor, kan føre til at både BRT- og LRT-prosjektet blir samfunnsøkonomisk lønnsomme, selv under antakelsen av høye investeringskostnader for kjørebanelen.

Jeg kan ikke svare entydig på hva som er best for samfunnet, dels fordi det er et normativt spørsmål og dels fordi jeg har måttet gjøre en del grove forenklinger. Men jeg finner at selv dersom vi ser helt bort fra at superbusser kanskje kan gi mindre biltrafikk og høyere kollektivandel, vil superbusser langs linje 31 være mer samfunnsøkonomisk lønnsomme enn både vanlige busser og trikker, gitt de laveste av de investeringskostnadstallene jeg har funnet. Bruker vi derimot de høyeste kostnadstallene, er det vanlige busser som kommer best ut.

Kildeliste

Bøker og artikler:

Ang-Olson, Jeffrey og Anjali Mahendra (2011): *Cost/benefit analysis of converting a lane for bus rapid transit – phase II evaluation and methodology*. Research Results Digest 352. National Cooperative Highway Research Program (april 2011). Transportation Research Board. Washington.

Bekken, Jon-Terje (2004): *FINMOD – en aggregert kostnadsmodell for norsk kollektivtransport*. TØI rapport 734/2004. Oslo.

Brekke, Kjell Arne og Olof Johansson-Stenman (2008): *The behavioural economics of climate change*. Working papers in economics 305. School of Business, Economics and Law, University of Gothenburg.

Cui, Shenghui, Hongin Niu, Wei Wang, Guoqin Zhang, Lijie Gao og Jianyi Lin (2010): *Carbon footprint analysis of the Bus Rapid Transit (BRT) system: a case study of Xiamen City*. International Journal of Sustainable Development & World Ecology. Vol. 17 No. 4 (august 2010).

Currie, Graham (2005): *The demand performance of bus rapid transit*. Journal of Public Transportation Vol. 8 No. 1. Center for Urban Transportation Research. Tampa.

Deng, Taotao og John, D. Nelson (2011): *Recent development in bus rapid transit: a review of the literature*. Transport Reviews Vol. 31 No. 1. Aberdeen, UK. Routledge.

Dréze, Jean and Nicholas Stern (1987): *The theory of cost-benefit analysis*. Chapter 14. In Alan J. Auerbach & Martin Feldstein: Handbook of public economics. Vol. II (s. 909-990). North-Holland – Amsterdam – New York – Oxford – Tokyo. Elsevier Science Publishers B.V.

Finansdepartementet (2005): *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. Kopi- og distribusjonsservice.

Fearnley, Nils, Kåre Riseng, Jan Usterud Hanssen, Åse Nossun og Gustav Nielsen (2008): *Superbuss: Muligheter for høystandard bussløsninger i Norge*. TØI rapport 962/2008. Oslo.

Fearnely, Nils, Karen Evelyn Hauge og Marit Killi (2010): *Veileder: Nyttekostnadsanalyse av enklere kollektivtransporttiltak. Revidert 2010*. TØI rapport 1121/2010. Oslo.

Forsund, Finn R. (2007): *Hydropower Economics*. Springer.

Galí, Jordi (2008): *Monetary policy, inflation, and the business cycle. An introduction to the New Keynesian Framework*. Princeton – Oxford. Princeton University Press.

- Griffin, Trevor, David Catling, Nils Jänig, Johan van Ieperen, Marc Perez, Per Andersson, Daniel Svanfeldt, Martin Higginson og Gradimir Stefanovic (2005): *Best practice guide 4. Public transport – mode options and technical solutions*. HiTrans 2005.
- Hagman, Rolf og Viggo Jean Hansen (2001): *Superbuss fra Majorstuen til Fornebu*. TØI og TI. Oslo
- Hensher, David A. og Thomas F. Golob (2008): *Bus rapid transit systems: a comparative assessment*. Transportation Vol. 35 No. 4. Springer
- International Energy Agency (2002): *Bus systems for the future. Achieving sustainable transport worldwide*. Paris. IEA Publications.
- International Energy Agency (2009): *Transport, energy and CO2. Moving toward sustainability*. Paris. IEA Publications.
- Jarzab, James T., James Lightbody og Eugene Maeda (2002): *Characteristics of bus rapid transit projects: an overview*. Journal of Public Transportation Vol. 5 No. 2. Tampa, USA. National Center for Transit Research. Center for Urban Transportation Research.
- Johansen, Leif (1977): *Samfunnsøkonomisk lønnsomhet. En drøfting av begrepets bakgrunn og innhold*. Oslo. Tanum-Norli.
- Johansson, Per-Olov (1993): *Cost-benefit analysis of environmental change*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Levinson, Herbert S., Samuel Zimmermann, Jennifer Clinger og C. Scott Rutherford (2002): *Bus rapid transit: an overview*. Journal of Public Transportation Vol. 5 No. 2. Tampa, USA. National Center for Transit Research. Center for Urban Transportation Research.
- Magnussen, Kristin, Ståle Navrud og Orland San Martin (2010): *Den norske verdsetningsstudien: Verdsetting av tid, sikkerhet og miljø i transportsektoren: Luftforurensning*. TØI rapport 1053d/2010. Oslo.
- Minken, Harald, Knut S. Eriksen, Hanne Samstad og Kjell Jansson (2001): *Nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak. Veileder*. TØI rapport 526a/2001. Oslo.
- Mishan, Ezra J. og Euston Quah (2007): *Cost-benefit analysis*. 5th edition. London – New York. Routledge.
- Nenseth, Vibeke og Gustav Nielsen (2009): *Indikatorer for miljøvennlig bytransport – en kunnskapsstatus*. TØI rapport 1029/2009. Oslo.
- Norges Offentlige Utredninger (1997): *NOU 1997:27. Nytte-kostnadsanalyser. Prinsipper for lønnsomhetsvurderinger i offentlig sektor*. Oslo. Statens Forvaltningstjeneste, Statens Trykning.
- Nyborg, Karine (2002): *Miljø og nyttekostnadsanalyse. Noen prinsipielle vurderinger*. Rapport 5/2002. Stiftelsen Frischsenteret for samfunnsøkonomisk forskning. Oslo.

Perman, Roger, Yue Ma, James McGilvray og Michael Common (2003): *Natural resource and environmental economics*. 3rd edition. Harlow, England. Pearson Education Limited.

Presterud, Christine (2010): *Fremkommelighet for trikk og buss i Oslo og Akershus 2010*. PROSAM-rapport 186. Oslo.

Ruter (2011a): *Trikkestrategi*. Ruterrapport 2010:16. Versjon 4 fra 20.5.2011. Ruter AS. Oslo

Ruter (2011b): *Superbussmateriell. Utredning av mulig bruk av lange toleddsbusser mellom Fornebu, Oslo sentrum og Tonsenhagen*. Ruterrapport 2011:14. Versjon 1.0 fra 19.8.2011. Ruter AS. Oslo.

Ruter (2011c): *Rutetider buss. Groruddalen*. Ruter AS. Oslo.

Ruter (2011d): *Stoppstedstrategi. Kvalitetsnivå og ansvar for lehus, annet utstyr og trafikantinformasjon på stasjoner og stoppesteder*. Ruterrapport 2010:17. Versjon 2.0 fra 14.4.2011. Ruter AS. Oslo

Ruter (2011e): *Universell utforming. Tilgjengelighetsstrategi og handlingsprogram*. Ruterrapport 2011:2. Versjon 1.2 fra 14.4.2011. Ruter AS. Oslo

Ruter (2011f): *Kollektivtrafikkbetjening av Fornebu. Sluttrapport trasé- og konsekvensutredning*. Ruterrapport 2011:5. Versjon 1.0 fra 13.4.2011. Ruter AS. Oslo

Ruter (2011g): *Ruter Årsrapport 2010*. Ressurs AS. Oslo

Ruter (2011h): *Linjeprofil for linje 31 heldøgn ukedager, lørdager og søndager uke 41-43 2010*. Excel-filer Lp_31_heldøgn_uke_41-43_2010.xls, Lp_31_lørdager_uke_41-43_2010.xls, Lp_31_søndager_uke_41-43_2010.xls oversendt etter kommunikasjon med Stein Salomonsen (Utviklingsavdeling Ruter AS), 18.11.2011.

Ruud, Alberte, Inngunn Opheim Ellis og Bård Norheim (2010): *Bedre kollektivtransport. Trafikantenes verdsetting av ulike egenskaper ved tilbudet i Oslo og Akershus*. PROSAM-rapport nr. 187. Oslo. Ruter# ved Truls Angell.

Sandberg, Lars (2011): *BRT – et virkemiddel for å løse kollektivtrafikkens utfordringer*. Transportforum Nr. 3 (15. juni 2011). Transportens Landsforening. Oslo.

Senter for statlig økonomistyring (2010): *Håndbok for samfunnsøkonomiske analyser. Veileder*. SSØ 10/2010.

Solli, Christian, Marte Reenaas, Anders Hammer Strømman og Edgar G. Hertwich (2009): *Life cycle assessment of wood-based heating in Norway*. The International Journal of Life Cycle Assessment (2009), Vol. 14, No. 6. Springer.

Unibuss (2011): Kommunikasjon med Per Christian Bing (Personalsjef, driftssjef Alnabru, Unibuss AS) og Geir Leite (Gruppeleder, Unibuss AS), 1. og 2.12.2011.

Urbanet Analyse (2012): *Erfaringer med Bus Rapid Transit og bussprioritering gjennom rundkjøring. Oppsummering av litteratursøk*. Upublisert notat.

Varian, Hal R. (1992): *Microeconomic analysis*. 3rd edition. New York – London. W.W. Norton & Company.

Veisten, Knut, Stefan Flügel og Rune Elvik (2010): *Den norske verdsettingsstudien. Ulykker - Verdien av statistiske liv og beregning av ulykkenes samfunnskostnader*. TØI rapport 1053c/2010. Oslo.

Wöhrensimmel, Henry, Miriam Zuk, Gerardo Martínez-Villa, Julia Cerón, Beatriz Cárdenas, Leonora Rojas-Bracho, Adrián Fernández-Bremauntz (2008): *The impact of a bus rapid transit system on commuters' exposure to Benzene, CO, PM_{2.5} and PM₁₀ in Mexico City*. Atmospheric Environment Vol. 42 No. 35. Elsevier.

Wright, Lloyd and Walter Hook (2007): *Bus rapid transit planning guide*. 3rd edition. New York. Institute for Transportation and Development Policy.

WSP Analys&Strategi (2011): *Sammanfatning av rapporten: Buss, BRT och spårväg – en jämförelse*. Rapport 2011:1. Stockholm.

Elektroniske kilder: (lesedatoen er oppgitt i parentes etter lenken)

Akershus fylkeskommune og Oslo kommune (2010): *Befolkningsframskriving for Akershus og Oslo 2011-2030*:

<http://www.utviklings-og-kompetanseetaten.oslo.kommune.no/oslostatistikken/befolkning/befolkningsframskrivninger/article166649-41866.html>. (16.8.2011)

Asplan Viak (2011): *Samferdselssjefene. Normtall for bussdriftskostnader. Oppdatert av Alfa-systemet for 2012*:

<http://www.bussanbud.no/Filer/Normtall/ALFAoppdat2012.pdf> (22.11.2011).

Daimler (2006): *Mercedes-Benz Capa-City: Series production of high-capacity bus to commence in 2007*:

<http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-656660-1-826936-1-0-0-0-1-11701-854946-0-1-0-0-0-0.html?TS=1317735324202>. (4.10.2011)

Daimler (2011): *Bus rapid transit (BRT). The flexible urban transport concept*:

http://brt.mercedes-benz.com/content/brt/mpc/mpc_brt_website/en/home_mpc/brt/home/about_brt/more_about_BRT/fascination/pictures.flash.html (10.10.2011)

Inflation.eu (2011): *Historic inflation Norway*.

<http://www.inflation.eu/inflation-rates/norway/historic-inflation/cpi-inflation-norway.aspx>

(8.11.2011)

Klima- og forurensningsdirektoratet (2011a): *Klimagasser*:

<http://www.miljostatus.no/Tema/Klima/Klimagasser/>. (6.10.2011)

Klima- og forurensningsdirektoratet (2011b): *Forurensende partikler og gasser*:

<http://www.miljostatus.no/Tema/Luffforurensning/Lokal-luffforurensning/Forurensende-stoffer/>. (6.10.2011)

Miljøverndepartementet (2007): *St.meld. nr. 34 (2006-2007). Norsk klimapolitikk*:

<http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/regpubl/stmeld/2006-2007/Stmeld-nr-34-2006-2007-.html?id=473411>. (16.8.2011)

Norges Bank (2011a): *Valutakurs for amerikanske dollar (USD)*:

<http://www.norges-bank.no/no/prisstabilitet/valutakurser/usd/aar/> (8.11.2011)

Norges Bank (2011b): *Valutakurs for euro (EUR)*:

<http://www.norges-bank.no/no/prisstabilitet/valutakurser/eur/aar/> (8.11.2011)

Oslopakke 2 (2005): *Buss linje 31*:

<http://www.oslopakke2.no/filestore/hele31lav.pdf> (18.11.2011)

PointCarbon (2011): *Globally Carbon Markets Gain One Percent in Value from 2009 to 2010*:

<http://www.pointcarbon.com/aboutus/pressroom/pressreleases/1.1496966> (8.11.2011)

Samferdselsdepartementet (2009): *St.meld. Nr. 16 (2008-2009). Nasjonal transportplan 2010-2019*:

<http://www.regjeringen.no/nb/dep/sd/dok/regpubl/stmeld/2008-2009/stmeld-nr-16-2008-2009-.html?id=548837>. (16.8.2011)

Ringlund, Guro Børnes, Audun Rosland og Ida Bjørkum (2009): *Vurdering av framtidige kvotepriser. En rapport fra etatsgruppen Klimakur 2020*. TA-Nr. TA-2545/2009:

<http://www.klif.no/no/Publikasjoner/Publikasjoner/2009/Februar/Vurdering-av-framtidige-kvotepriser--En-rapport-fra-etatsgruppen-Klimakur-2020/> (7.11.2011)

Statistisk sentralbyrå (2011): *Befolkningsstatistikk. Befolkningsendringer i kommunene, 1951-2011. Fylkesvise EXCEL-tabeller*:

<http://www.ssb.no/emner/02/02/folkendrhyst/tabeller/>. (16.8.2011)

Transportøkonomisk Institutt (2010): *Trafikksikkerhetshåndboken. Kapittel 3.18 Sambruksfelt, kollektivfelt og kjørerestriksjoner for tunge kjøretøy:*

<http://tsh.toi.no/?22235#2223510> (22.11.2011)

Trikken (2010): *Årsrapport 2009.*

http://www.trikken.no/Images/File/Aarsrapport_%202009_web_ny.pdf (8.11.2011)

UNFCCC (2010): *AM0031: Baseline Methodology for Bus Rapid Transit Projects – Version 3.1.0:*

<http://cdm.unfccc.int/filestorage/L/I/U/LIUC1AH2D8Q0EWX96MZ5YROJN4K7GV/Baseline%20Methodology%20for%20Bus%20Rapid%20Transit%20Projects.pdf?t=Vmp8bHZteWtufDBtlqMqdM50HXH0hu9NvtBZ> (3.12.2011)

United States Department of Labor (2011): *Table Containing History of CPI-U U.S. All Items Indexes and Annual Percent Changes From 1913 to Present.*

<ftp://ftp.bls.gov/pub/special.requests/cpi/cpiiai.txt> (7.10.2011)

Vedlegg

Vedlegg 1 - Befolkningsstatistikk Oslo og Akershus

fylke	Akershus	Oslo	Akershus & Oslo
År	Folkemengde 1. januar	Folkemengde 1. januar	Folkemengde 1. januar
1951	183 116	434 365	617 481
1952	187 016	437 184	624 200
1953	190 281	440 674	630 955
1954	195 267	444 041	639 308
1955	200 357	447 064	647 421
1956	206 403	451 247	657 650
1957	211 941	455 113	667 054
1958	216 863	461 591	678 454
1959	221 878	465 711	687 589
1960	226 948	471 511	698 459
1961	234 323	475 663	709 986
1962	241 450	480 461	721 911
1963	249 692	482 324	732 016
1964	257 647	484 711	742 358
1965	266 148	483 549	749 697
1966	274 436	483 757	758 193
1967	282 062	487 524	769 586
1968	290 643	488 231	778 874
1969	300 804	488 329	789 133
1970	312 235	487 363	799 598
1971	324 390	481 548	805 938
1972	332 561	475 563	808 124
1973	340 281	472 609	812 890
1974	345 894	468 514	814 408
1975	350 472	465 337	815 809
1976	354 975	463 022	817 997
1977	357 866	462 497	820 363
1978	361 253	460 377	821 630
1979	364 614	457 446	822 060
1980	366 673	454 872	821 545
1981	369 193	452 023	821 216
1982	372 347	450 386	822 733
1983	376 202	448 775	824 977
1984	380 258	447 257	827 515
1985	386 278	447 351	833 629
1986	393 239	449 395	842 634
1987	399 545	451 345	850 890
1988	405 991	453 730	859 721
1989	410 881	456 124	867 005
1990	414 503	458 364	872 867
1991	418 114	461 644	879 758
1992	421 440	467 441	888 881
1993	424 935	473 454	898 389
1994	429 595	477 781	907 376
1995	434 451	483 401	917 852
1996	439 928	488 659	928 587
1997	446 296	494 793	941 089
1998	453 490	499 693	953 183
1999	460 564	502 867	963 431
2000	467 052	507 467	974 519
2001	471 988	508 726	980 714
2002	477 325	512 589	989 914

2003	483 283	517 401	1 000 684
2004	488 618	521 886	1 010 504
2005	494 218	529 846	1 024 064
2006	501 125	538 411	1 039 536
2007	509 177	548 617	1 057 794
2008	518 567	560 484	1 079 051
2009	527 625	575 475	1 103 100
2010	536 499	586 860	1 123 359
2011	546 289	598 650	1 144 939
2012	555 412	609 633	1 165 045
2013	564176	620161	1 184 337
2014	572556	630692	1 203 248
2015	580443	641416	1 221 859
2016	588142	652268	1 240 410
2017	596009	662807	1 258 816
2018	603934	673224	1 277 158
2019	612269	683121	1 295 390
2020	620633	692875	1 313 508
2021	628 914	702 529	1 331 443
2022	636 669	712 430	1 349 099
2023	643 956	722 554	1 366 510
2024	650 857	732 580	1 383 437
2025	657 944	742 066	1 400 010
2026	665 302	750 774	1 416 076
2027	672 094	759 703	1 431 797
2028	677 920	769 106	1 447 026
2029	686 765	775 215	1 461 980
2030	694 825	781 696	1 476 521

Tabell 8: Framskrivning befolkningstall i Oslo og Akershus

Tall for 1951-2010 er hentet fra SSB (2011). Tall for 2011-2030 er hentet fra Akershus fylkeskommune og Oslo kommune (2010). Tabellen viser utviklingen til befolkningstall i Oslo og i Akershus. Siste kolonne viser summen for begge delregionene.

Vedlegg 2 – Mer om diskonteringsrenten

Fra det første alternativet for utledningen av diskonteringsrenten (konsumbasert) følger Ramsey-regelen. Den kan utledes av antakelsen om en representativ (udødelig) husholdning som maksimerer sin forventede nyttefunksjon gitt en budsjettrestriksjon og en solvensrestriksjon, som for eksempel vist i Galí (2008), kapittel 2.⁵²

La optimaliseringsproblemet være gitt ved:

$$\begin{aligned} \text{maks} \quad & E_t \sum_{k=0}^{\infty} \beta^k U(C_{t+k}, N_{t+k}) \\ \text{under} \quad & P_t C_t + Q_t B_t \leq B_{t-1} + W_t N_t - T_t \quad (\text{budsjettrestriksjon}) \\ & \lim_{T \rightarrow \infty} E_t [B_T] \geq 0 \quad (\text{solvensrestriksjon}) \\ \text{med hensyn på} \quad & C_t, N_t, B_t. \end{aligned}$$

Nytten U er avhengig av de endogene variablene C_t som konsum i periode t , og henholdsvis N_t som arbeidsinnsats. Gjennom restriksjonen blir også B_t , mengden av en risikofri én-periode-obligasjon kjøpt i t og solgt i $t + 1$, en endogen variabel.

Videre er E_t forventningsoperatøren, β er husholdningens tidsdiskonteringsfaktor, P_t er prisen for konsumgodet, Q_t prisen for obligasjonen, W_t er nominallønn. T_t er en lump-sum transfer.

I Galí (2008) blir en separabel nyttefunksjon antatt i form av:

$$U(C_t, N_t) = \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\varphi}}{1+\varphi}$$

hvor $\frac{1}{\sigma}$ er den intertemporale substitusjonselastisiteten. Elastisiteten gjenspeiler hvor mye en bryr seg om framtiden. Jo lavere σ -verdien er, desto mer bryr husholdningen seg om framtiden. Brekke&Johansson-Stenman (2008) skriver at «the larger the σ , the lower weight to the future, provided that they are richer than we are.» (Brekke&Johansson-Stenman, 2008, s. 13) Henholdsvis er $\frac{1}{\varphi}$ lønnselastisiteten, dvs. hvor stor arbeidsinnsatsen øker i prosent, dersom lønnen øker med 1 prosent.

Lagrangefunksjonen er:

$$L(C_t, N_t, B_t) = E_t \sum_{k=0}^{\infty} \beta^k \left[\frac{C_{t+k}^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_{t+k}^{1+\varphi}}{1+\varphi} - \lambda_{t+k} (P_t C_t + Q_t B_t - B_{t-1} - W_t N_t + T_t) \right]$$

Solvensrestriksjonen utelates her siden den er en nonnegativitetsbetingelse.

⁵² Jeg har valgt å bruke variable i henhold til Galí (2008), og jeg gjør oppmerksom på at variablene B_t , C_t og W_t , som blir brukt i vedlegget, ikke har samme betydning som før. Det gjelder imidlertid bare i sammenheng med utledningen av Ramsey-regelen her i vedlegg 2.

Førsteordensbetingelser er:

$$\frac{\partial L}{\partial C_t} = C_t^{-\sigma} - \lambda_t P_t = 0 \quad \text{for } C_t > 0 \quad (\text{a})$$

$$\frac{\partial L}{\partial N_t} = -N_t^\varphi + \lambda_t W_t = 0 \quad \text{for } N_t > 0 \quad (\text{b})$$

$$\frac{\partial L}{\partial B_t} = -\lambda_t Q_t + E_t[\beta \lambda_{t+1}] = 0 \quad \text{for } B_t > 0 \quad (\text{c}).$$

Fra (a) følger:

$$\lambda_t = C_t^{-\sigma} P_t^{-1} \quad (\text{d})$$

Slik at:

$$E_t[\lambda_{t+1}] = E_t[C_{t+1}^{-\sigma} P_{t+1}^{-1}] \quad (\text{e}).$$

Fra (a) og (b) følger:

$$\frac{W_t}{P_t} = C_t^\sigma N_t^\varphi \quad (\text{den intratemporele optimalitetsbetingelse}) \quad (\text{f}).$$

Ved bruk av (d) og (e) følger for (c):

$$Q_t = \beta E_t \left[\frac{C_{t+1}^{-\sigma}}{C_t^{-\sigma}} \Pi_{t+1}^{-1} \right] \quad (\text{den intertemporele optimalitetsbetingelse}) \quad (\text{g}).$$

$$\text{Hvor } \Pi_{t+1}^{-1} = \frac{P_t}{P_{t+1}}$$

Loglinearisering av (g) og noe flytting av variabler fører til:

$$c_t = E_t[c_{t+1}] - \frac{1}{\sigma} (i_t - \rho - E_t[\pi_{t+1}]) \quad (\text{h}).$$

hvor $c_t = \log C_t$, og $E_t[c_{t+1}]$ henholdsvis, slik at $E_t[c_{t+1}] - c_t$ er konsumvekstraten mellom periode t og $t + 1$. Den (risikofrie) kapitalavkastningsrenten er $i_t \equiv \log Q_t$, siden Q_t er prisen for en risikofri obligasjon som beskrevet ovenfor. Definerer man derimot Q_t som pris for en gjennomsnittlig risikabel obligasjon, vil i_t gjenspeile den gjennomsnittlige kapitalavkastningsrenten som krevet av Finansdepartementet (2005). I henhold til tidsdiskonteringsfaktoren β , beskriver $\rho \equiv -\log \beta$ husholdningens tidsdiskonteringsrente. Den forventede inflasjonsraten mellom to perioder t og $t + 1$ er gitt ved $E_t[\pi_{t+1}]$ siden $-E_t[\pi_{t+1}] = E_t[\log(\frac{P_{t+1}}{P_t})^{-1}]$. Fordelen med å loglinearisere en sammenheng av variabler er at ikke-lineære sammenhenger lineariseres, og små endringer da kan tolkes som prosentvise endringer.

Dersom man definerer diskonteringsrenten som realrente, altså som differens mellom kapitalavkastningsrente og inflasjonsrate, følger med:

$$r_t \equiv i_t - E_t[\pi_{t+1}] \quad (\text{i}).$$

Av (h) og noe flytting av variabler:

$$r_t = \rho + \sigma(E_t[c_{t+1}] - c_t) \quad (\text{j})$$

Og ved å sette $g_t = E_t[c_{t+1}] - c_t$ følger Ramsey-regelen:

$$r_t = \rho + g_t \sigma \quad (\text{k})$$

Ligning (k) viser r , diskonteringsrenten, som sum av ρ , den rene tidsdiskonteringsrenten og produktet av g_t , konsumvekstraten mellom periode t og $t + 1$, og σ , den inverse av den intertemporale substitusjonselastisiteten. Dersom vi antar at g_t er konstant for alle perioder, følger også at r_t er konstant. Endelig får vi:

$$r = \rho + g \sigma \quad (\text{l}).$$

Vedlegg 3 – Luftforurensende stoffer og klimagasser

Luftforurensning er en følge av utslipp av forskjellige gasser og partikler, og den kan variere sterkt lokalt og med tid (Klif, 2011b). Spesielt utslipp av svevestøv og nitrogendioksid kan gi helsemessige virkninger (Klif, 2011b). Svevestøv, som har forkortelse PM_{10} for particulate matter med diameter under $10\ \mu m$, består bl.a. av forbrenningspartikler, $PM_{2,5}$, som har en diameter under $2,5\ \mu m$, kalles for finpartikler. «Hovedkildene til svevestøv i byer i Norge er veitrafikk og vedfyring» (Klif, 2011b). Nitrogenoksider (NO_x), hvorav nitrogendioksid (NO_2) er mest helsefarlig, dannes også under forbrenningsprosesser. «Hovedkilden til NO_2 er veitrafikk, og tunge dieselmotorer bidrar mest» (Klif, 2011b). Andre forurensende gasser er svoveldioksid (SO_2), benzen, karbonmonoksid (CO), polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og ozon (O_3). Med unntak av O_3 er stoffene i stor grad sluttprodukter av forbrenningsprosesser som også kjennetegner vegtrafikk (Klif, 2011b).

Det finnes naturlige og menneskeskapt klimagasser. Karbondioksid (CO_2), metan (CH_4) og lystgass (N_2O) regnes som de viktigste naturlige klimagassene, hvorav CO_2 bidrar mest til drivhuseffekten (Klif, 2011a). CO_2 er til dels også en menneskeskapt klimagass siden forbrenning av fossile brensel gjennom drivstoff fører til en økning av CO_2 -konsentrasjonen i atmosfæren (Klif 2011a). Andre menneskeskapt klimagasser er fluorgasser som fremstilles industrielt og som regnes blant «de sterkeste kjente klimagassene» (Klif, 2011a).

Siden klimagasser bidrar til drivhuseffekten, er de primært et globalt problem (Klif 2011a), mens forurensende partikler og gasser danner luftforurensning som først og fremst er et lokalt problem (Klif 2011b).

Vedlegg 4 – Støtteberegninger

I den etterfølgende argumentasjonen har jeg utelatt indeks t der det ikke kan føre til misforståelser. Jeg har brukt følgende indekser for å skille mellom andre kriterier:

$k = \text{rush, utenom, helg, år}$ driftsperiode

$i = \text{basis, BRT, LRT}$ transportalternativ

Parameterne er beregnet som følger:

Linjelengde: kan slettes (endre nummerering i så fall!)

$$S_{linje} = \frac{S_{tur} + S_{retur}}{2} \quad (a)$$

Rutelengde:

$$S_{rute} = 2 \cdot S_{linje} \quad (b)$$

Gjennomsnittlig avstand mellom stasjoner/ holdeplasser og antall stasjoner/ holdeplasser:

$$S_{stasj,basis} = \frac{S_{linje}}{N_{stasj,basis}} \quad \text{basialternativet} \quad (c1)$$

$$N_{stasj,i} = \frac{S_{linje}}{S_{stasj,i}} \quad \text{for BRT og LRT} \quad (c2)$$

Antall reisende i driftsperiode k er utledet for strekning Snarøya – Grorud (SG). Beregningen for strekning Fornebu – Tonsenhagen er tilsvarende. Følgende passasjertall per time er gitt (kildene er opplyst i tabell 5, variasjoner skyldes avrundingsfeil):

$$N_{-1,rush}^{SG} = \frac{4475}{\tau_{rush}^{SG}} = 895,$$

$$N_{-1,utenom}^{SG} = \frac{20253 - 4475}{\tau_{utenom}^{SG}} = 830,$$

$$N_{-1,helg}^{SG} = \frac{1}{\tau_{helg}^{SG}} \cdot \left(\frac{52}{135} \cdot N_{2010,l\ddot{o}rdag}^{SG} + \frac{83}{135} \cdot N_{2010,s\ddot{o}ndag}^{SG} \right) = 471$$

For passasjertallet for 2010 (periode -1) blir verdien da:

$$N_{-1,\Sigma}^{SG} = 6182880$$

Det følger for passasjertallet per time i driftsperiode k i periode t

$$N_{t,k}^{SG} = \frac{N_{-1,k}^{SG}}{N_{-1,\Sigma}^{SG}} \cdot N_{t,\Sigma} \quad (d)$$

$N_{t,\Sigma}$ er bestemt i henhold til trenden i figur 8 med:

$$N_{t,\Sigma} = 596026 \cdot t + 11324491 \quad (e)$$

med $t = -1, \dots, 24$ (2010 til 2035)

Ståplasser om bord i et kjøretøy av alternativ i:

$$\kappa_{st\hat{a},k,i} = \kappa_{k,i} - \kappa_{sitte,k,i} \quad (f)$$

Formelen som jeg har lagt inn i Microsoft Excel for å beregne antall avganger i timen begge retninger, eksempel på minst 10 avganger:

$$avg_{k,i} = \text{hvis}\left(\frac{N_k}{\kappa_{k,i}} > 10; \text{heltall}\left(\frac{N_k}{\kappa_{k,i}}\right) + 1; 10\right) \quad (g)$$

Nødvendig vognpark i henhold til Bekken (2004), s. 27:

$$N_{vogn,k,i} = \text{heltall}\left(1 + \frac{ovdim_i \cdot pos_i \cdot S_{linje} \cdot avg_{k,i}}{v_{gjsn,k,i}}\right) \quad (h)$$

Parameterne $ovdim$ og pos antatt i henhold til Bekken (2004), s. 22 (BRT lik buss). I beregningen av $S_{kj\ddot{o}rt,t,i}$ har jeg utelatt $ovdim$ (påslagsfaktor for reserve).

Strekning kjørt i løpet av et døgn:

$$S_{kj\ddot{o}rt,k,i} = \tau_t \cdot v_{gjsn,k,i} \cdot N_{vogn,k,i} \quad (i)$$

Strekning kjørt i løpet av et år:

$$S_{kj\ddot{o}rt,\ddot{a}r,i} = 230 \cdot (S_{kj\ddot{o}rt,rush,i} + S_{kj\ddot{o}rt,utenom,i}) + 135 \cdot S_{kj\ddot{o}rt,helg,i} \quad (j)$$

Estimert drivstofforbruk (l/km) for basisalternativet og BRT i henhold til Bekken (2004), s. 20:

$$EC_{k,i} = (0,39 + 0,0084 \cdot \kappa_{k,i}) \cdot (0,57 - 0,006 \cdot v_{gjsn,k,i}) \quad (k1)$$

Estimerte drifts- og vedlikeholdskostnader for basisalternativet og BRT i henhold til Bekken (2004), s. 15, men justert til 2011-priser:

$$c_{vogndrift,k,i} = (c_{pers,k,i} + c_{andre,k,i} + c_{ren}) \prod_{t=2004}^{2010} (1 + \pi_t) + EC_{diesel,k,i} \cdot P_{driv} \quad (k2)$$

der personalkostnader $c_{pers,k,i} = 8,9 \cdot \left(\frac{23}{v_{gjsn,k,i}}\right)^{1,5}$

andre kostnader $c_{andre,k,i} = (1,48 + 0,0186 \cdot \kappa_{k,i}) \cdot (1,33 - 0,0075 \cdot v_{gjsn,k,i})$

rengjøringskostnader $c_{ren} = 0,64$

inflasjonsrate i periode t π_t i henhold til Inflation.eu (2011)

Estimert strømforbruk (kWh/km) for LRT i henhold til Trikken (2010), s. 15 (uavhengig av driftsperioden):

$$EC_{k,LRT} = \frac{137,6 \cdot 0,15}{3,9} = 5,29 \quad \text{for alle } k = \text{rush, utenom, helg} \quad (l)$$

Gjennomsnittlig ventetid i henhold til Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 29:

$$\tau_{vente,k,i} = \frac{1}{2} \cdot \frac{60}{\frac{1}{2} \cdot avg_{k,i}} \quad (m)$$

der $avg_{k,i}$ er definert i henhold til formel (g)

Gjennomsnittlig reisetid om bord i kjøretøyet:

$$\tau_{ombord,k,i} = \frac{S_{reise,k}}{v_{gjsn,k,i}} \cdot 60 \quad (n)$$

Der $S_{reise,k}$ er den gjennomsnittlige reiselengden i henhold til Ruter (2011h).

Forsinkelsestid i henhold til Presterud (2010), s. 87; for BRT og LRT antatt:

$$\tau_{forsink,k,basis} = 0,2 \cdot \tau_{ombord,k,basis} \quad (o)$$

$$\tau_{forsink,k,i} = 0,1 \cdot \tau_{ombord,k,i} \quad \text{med } i \neq \text{basis} \quad (p)$$

Den totale reisetiden er:

$$\tau_{reise,k,i} = \tau_{gang,k,i} + \tau_{vente,k,i} + \tau_{ombord,k,i} + \tau_{forsink,k,i} \quad (q)$$

Der $\tau_{gang,k,i}$ er gangtid til og fra holdeplass i henhold til Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 22.

Verdsetting av reisetidselementer i henhold til Ruud, Ellis og Norheim (2010) per minutt (i kroner 2010-priser):

$$P_{gang} = \frac{73}{60} \quad (\text{s. 29}) \quad (r)$$

$$P_{vente} = \frac{115}{60} \quad (\text{s. 7}) \quad (s)$$

$$P_{ombord,i} = \frac{P_{sitte,i} \cdot 0,83 + P_{st\ddot{a},i} \cdot 0,17}{60} \quad (\text{s. 25 og 52}) \quad (t)$$

$$P_{forsink} = 6,3 \quad (\text{s. 52}) \quad (u)$$

$$P_{skinne,basis} = 6,2 \quad (\text{s. 48}) \quad (v)$$

$$P_{skinne,BRT} = 3,1 \quad (\text{antatt \AA} \text{ v\AA} \text{re 50 prosent av vanlig buss - dagens}) \quad (w)$$

$$P_{skinne,LRT} = 0 \quad (x)$$

Kvotepreisbanene er beregnet på grunnlag av Ringlund, Rosland og Bjerkum (2009), kapittel 4 og Magnussen, Navrud og San Martin (2010), kapittel 8.4:

$$P_t^{lav} = \frac{4 \cdot (t-1) + 128}{1000} \quad (y1)$$

$$P_t^{middels} = \frac{22 \cdot (t-1) + 144}{1000} \quad (y2)$$

$$P_t^{høy} = \frac{35 \cdot (t-1) + 200}{1000} \quad (y3)$$

med $t = 1, \dots, 24$ for alle tre kvotepreisbanene.

Den avhengige variabelen P_t er kvotepreisen i periode t , argumentet t er periode t . Legg merke til at t her løper fra 1 til 24 (år 2012 til 2035), siden prisene for 2010 og 2011 er gitt.

Vedlegg 5 – Tabell 9

Parameter (enhet)	Symbol	Gorud - Snarøya			Tonsenhagen - Fornebu			kilde for verdi eller formel
		rush	utenom	helg	rush	utenom	helg	
Indeks k viser til perioden (rush, utenom rush, helg); indeks i blir brukt for å skille mellom transportalternativene (basis, BRT, LRT)								
4.3.1 Kjørebane og strekning								
Linjelengde (km)	S_{linje}	23.52	23.52	23.52	16.90	16.90	16.90	Presterud (2010), s. 83+85
Rutelengde (km); dobbelt linjelengde	S_{rute}	47.04	47.04	47.04	33.80	33.80	33.80	Beregnet
Gjennomsnittlig reiselengde (km)	$S_{reise,k}$	3.23	3.23	3.57	2.78	2.78	2.57	Ruter (2011h)
Antall holdeplasser langs linjen	$N_{stasj,i}$	47	47	47	32	32	32	Ruter (2011c), s. 13
Gjennomsnittlig avstand mellom holdeplasser (km)	$S_{stasj,i}$	0.50	0.50	0.50	0.53	0.53	0.53	Beregnet
4.3.2 Kjøretøy og rutetabell								
Gjennomsnittshastighet (km/t)	$V_{gjsn,k,i}$	20.30	22.05	26.38	20.30	20.48	21.81	Beregnet iht Ruter (2011c) og Presterud (2010)
Plasser per kjøretøy	$K_{k,i}$	133	133	133	133	133	133	Egen feltstudie
Antall sitteplasser inkl. handicaperte plasser og klappseter per kjøretøy	$K_{sitte,k,i}$	38	38	38	38	38	38	Antatt lik i rush/ utenom rush og helg
Antall ståplasser per kjøretøy	$K_{stå,k,i}$	95	95	95	95	95	95	Antatt lik i rush/ utenom rush og helg
Antall avganger per time, begge retninger	$avg_{k,i}$	10	10	10	10	10	8	Beregnet
Driftsdøgn iht rutetabell (t)	$T_{driftsdøgn,k}$	24	24	24	18	18	16	Ruter (2011c), s. 12
Antall timer rush, utenom rush og helg per dag (t)	T_k	5	19	24	5	13	16	Ruter (2011b), s. 15-16
Tid brukt for å kjøre S_{linje} (t)	$T_{linje,k,i}$	1.16	1.07	0.89	0.83	0.83	0.77	Ruter (2011c), s. 10-17
Estimert drivstofforbruk (l/km)	$EC_{k,i}$	0.68	0.66	0.62	0.68	0.67	0.66	Beregnet iht Bekken (2004), s. 20
4.3.3 Passasjertall								
Gjennomsnittlig antall reisende per time rush, utenom rush og helg; 52 lørdager, 83 søn- og helligdager (år 2010)	$N_{-1,k}$	895	830	471	895	854	446	Beregnet iht Ruter (2011h); rushtime: Ruter (2011b)
Sum antall reisende per døgn	$N_{-1,\Sigma,k}$	4 475	15 778	11 295	4 475	11 104	7 129	Beregnet iht Ruter (2011h)
4.3.4 Reisetidselementer								
Gangtid til reisans startholdeplass og fra reisans endeholdeplass (min)	$T_{gang,k,i}$	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 22
Ventetid på holdeplass (min); antatt halvparten av frekvens	$T_{vente,k,i}$	6.00	6.00	6.00	3.00	3.00	3.33	Beregnet iht Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 29
Tid om bord i transportmidlet (min)	$T_{ombord,k,i}$	9.53	8.78	8.11	8.20	8.13	7.06	Beregnet
Forsinkelsestid (min)	$T_{forsink,k,i}$	5.69	-	-	5.69	-	-	Beregnet iht Presterud (2010), s. 87
Samlet reisetid per passasjer (min)	$T_{reise,k,i}$	33.22	26.78	26.11	28.89	23.13	22.40	Beregnet
4.3.5 Priser og marginalkostnader (med unntak av driftskostnader antatt lik i rush/ utenom rush og helg)								
Investeringskostnader per meter dobbeltspor kjørebane (kr/m)	$C_{banelinv,i}$	17 619			17 619			Beregnet iht Griffin et al. (2005), s. 100
Drift- og vedlikeholdskostnader per meter dobbeltspor kjørebane per år (kr/m)	$C_{banedrift,i}$	1 949			1 949			TØI (2010)
Investeringskostnader per holdeplass (kr)	$C_{stasjinv,i}$	539 490			539 490			Ruter (2011e), s. 48+53
Drift- og vedlikeholdskostnader per holdeplass per år (kr); ekskl. C_{ITS}	$C_{stasjdrift,i}$	20 552			20 552			Ruter (2011d), s. 25
Marginalkostnader ITS per holdeplass per år (kr); inkl. inv.-, drifts- og vedlikeholdskostnader (antatt som ikke-eksisterende under dagens situasjon)	$C_{ITS,i}$	-			-			Egen beforing
Drifts- og vedlikeholdskostnader per vognkm (kr)	$C_{vogndrift,k,i}$	24.69	23.04	19.95	24.69	24.51	23.25	Beregnet iht Bekken (2004), s. 15
Gjennomsnittlig drivstoffpris (kr/l)	$P_{drivstoff}$	9.07			9.07			Asplan Viak (2011), s. 5.24.3
Verdsetting gangtid til/ fra holdeplass (kr/min)	P_{gang}	1.25			1.25			Beregnet iht Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 29
Verdsetting ventetid (kr/min)	P_{vente}	1.97			1.97			Beregnet iht Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 7
Verdsetting reisetid om bord i transportmidlet (kr/min); 83% sitter og 17% står	$P_{ombord,i}$	2.16			2.16			Beregnet iht Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 25+52
Verdsetting forsinkelse (kr/min)	$P_{forsink}$	6.47			6.47			Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 52
Skinnefaktor (kr)	$P_{skinne,i}$	6.37			6.37			Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 48

Tabell 9: Variabler og parametere for basisalternativet

Tallene er hentet fra kildene som er opplyst i siste kolonne eller beregnet på grunnlag av formlene vedlagt i vedlegg 4. Priser er justert til 2011-priser.

Vedlegg 6 – Tabell 10

Symbol	Bus Rapid Transit – BRT						Light Rail Transit – LRT						kilde for verdi eller formel
	Grorud - Snarøya			Tonsenhagen - Fornebu			Grorud - Snarøya			Tonsenhagen - Fornebu			
	rush	utenom	helg	rush	utenom	helg	rush	utenom	helg	rush	utenom	helg	
5.1.1 og 5.2.1 Kjørebane og strekning													
S _{linje}	23.52	23.52	23.52	16.90	16.90	16.90	23.52	23.52	23.52	16.90	16.90	16.90	Presterud (2010), s. 83+85
S _{rute}	47.04	47.04	47.04	33.80	33.80	33.80	47.04	47.04	47.04	33.80	33.80	33.80	Beregnet
S _{reise,k}	3.23	3.23	3.57	2.78	2,78	2,57	3.23	3.23	3,57	2.78	2.78	2.57	Ruter (2011h)
N _{stasj,i}	39	39	39	28	28	28	39	39	39	28	28	28	Beregnet
S _{stasj,i}	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	Antatt
5.1.2 og 5.2.2 Kjøretøy og rutetabell													
V _{gjsn,k,i}	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	29.50	29.50	29.50	29.50	29.50	29.50	Antatt iht Griffin et al (2005), s. 104
K _{k,i}	140	140	140	140	140	140	212	212	212	212	212	212	BRT: Ruter(2011b), s.25; LRT: Ruter(2011a), s.17
K _{sitte,k,i}	59	59	59	59	59	59	88	88	88	88	88	88	BRT: Ruter(2011b), s.25; LRT: Ruter(2011a), s.17
K _{stã,k,i}	81	81	81	81	81	81	124	124	124	124	124	124	Beregnet
avg _{k,i}	10	10	10	10	8	10	10	10	10	10	10	8	Lik basisalternativet
T _{driftsdøgn,k}	24	24	24	18	18	16	24	24	24	18	18	16	Lik basisalternativet
T _k	5	19	24	5	13	16	5	19	24	5	13	16	Lik basisalternativet
T _{linje,k,i}	0.87	0.87	0.87	0.63	0.63	0.63	0.80	0.80	0.80	0.63	0.63	0.63	Beregnet
EC _{k,i}	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	BRT: Beregnet iht Bekken (2004), s. 20; LRT: iht Trikken (2010), s. 15 og Solli et al. (2009), s. 517
5.1.3 og 5.2.3 Passasjertall													
N _{1,k}	895	830	471	895	854	446	895	830	471	895	854	446	Bare for å illustrere utviklingen – lik basis
N _{1,2,k}	4 475	15 778	11294	4475	11104	7129	4 475	15 778	11294	4475	11104	7129	Bare for å illustrere utviklingen – lik basis
5.1.4 og 5.2.4 Reisetidselementer													
T _{gang,k,i}	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	Antatt ett minutt lengre enn basisalternativet
T _{vente,k,i}	6.00	6.00	6.00	3.00	3.00	3.33	6.00	6.00	6.00	3.00	3.00	3.33	Lik basisalternativet
T _{ombord,k,i}	7.17	7.17	7.92	6.17	6.17	5.70	6.56	6.56	7.25	5.64	5.64	5.22	Beregnet
T _{forsink,k,i}	2.85	-	-	2.85	-	-	2.85	-	-	2.85	-	-	Antatt 50 prosent av basisalternativet
T _{reise,k,i}	29.01	26.17	26.92	25.01	22.17	22.03	28.40	25.56	26.25	24.49	21.64	21.55	Beregnet
5.1.5 og 5.2.5 Priser og marginalkostnader (lik i rush, utenom og helg)													
C _{baneinv,i}	336 025						359 660						Ruter (2011f), s. 94
C _{banedrift,i}	1 949						2 156						BRT: lik basisalternativet; LRT: Ruter (2011a), s. 13 og Ruter (2011g), s. 85
C _{stasjiniv,i}	2 466 240						2 466 240						Ruter (2011e), s. 48+53
C _{stasjdrift,i}	30 828						30 828						Ruter (2011d), s. 25
C _{rts,i}	15 414						15 414						Ruter (2011d), s. 25
C _{vogndrift,k,i}	19.97						48.30						BRT: beregnet iht Bekken (2004), s. 15; LRT: Ruter (2011a), s. 17
P _{drivstoff}	9.07												Asplan Viak (2011), s. 5.24.3
P _{gang}	1.25						1.25						Beregnet iht Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 29
P _{vente}	1.97						1.97						Beregnet iht Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 7
P _{ombord,i}	1.49						0.82						Beregnet iht Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 25+52
P _{forsink}	6.47						6.47						Ruud, Ellis og Norheim (2010), s. 52
P _{skinne,i}	3.19						-						Antatt 50 prosent av basisalternativet

Tabell 10: Variabler og parametere for transportalternativene BRT og LRT

Tallene er hentet fra kildene som er opplyst i siste kolonne eller beregnet på grunnlag av formlene vedlagt i vedlegg 4. Priser er justert til 2011-priser.

Vedlegg 7 – Beregninger i nytte- og kostnadskategoriene

I mine beregninger bruker jeg støtteligninger fra vedlegg 4, parametere ført i vedlegg 5 og 6 samt følgende indekser:

$t = 0, \dots, 24$ som periodeindeks, der jeg setter periode 0 lik år 2011, periode 1 lik år 2012, periode 2 lik 2013 ...

$i = BRT, LRT$ for beregninger av kostnader av hvert prosjekialternativ BRT, LRT mot basisalternativet med vanlige busser

$k = rush, utenom, helg$ for å skille mellom rushperiode, utenom rushperiode og helg.

Der det er nødvendig, bruker jeg superskript SG for delinjen Snarøya – Grorud og FT for Fornebu – Tonsenhagen.

Prosjektkostnadene på grunn av høyere investeringskostnader for prosjekt i er:

$$C_{t,baneinv,i} = \frac{1}{2} \cdot S_{linje} (C_{baneinv,i} - C_{baneinv,basis}) \quad t = 0, 1 \quad (7.1).$$

Investeringskostnader for kjørebanelen påløper bare i periodene 0 og 1 (byggingsperioden er 2011 og 2012).

Prosjektkostnader på grunn av høyere drifts- og vedlikeholdskostnader for kjørebanelen er formelt gitt ved:

$$C_{t,banedrift,i} = S_{linje} (C_{banedrift,i} - C_{banedrift,basis}) \quad (7.2),$$

men med $C_{banedrift,BRT} = C_{banedrift,basis}$ følger $C_{t,banedrift,BRT} = 0$.

Prosjektkostnader på grunn av høyere investeringskostnader for stasjoner i stedet for holdeplasser er gitt ved:

$$C_{t,stasjinv,i} = \frac{1}{2} ((2 \cdot N_{stasj,i} - 2) \cdot C_{stasjinv,i} - (2 \cdot N_{stasj,basis} - 2) \cdot C_{stasjinv,basis}) \text{ for } t = 0, 1 \text{ og}$$

$$C_{t,stasjinv,i} = -\frac{1}{2} ((2 \cdot N_{stasj,basis} - 2) \cdot C_{stasjinv,basis}) \quad \text{for } t = 12, 13 \quad (7.3).$$

Stasjonene i BRT- og LRT-alternativet har en levetid på 25 år og i basisalternativet på 12,5 år. Planleggeren må altså investere i nye holdeplasser i basisalternativet i periodene 12 og 13, mens han slipper nye investeringer i begge prosjektene (BRT, LRT).

Prosjektkostnader på grunn av høyere drifts- og vedlikeholdskostnader for stasjoner er:

$$C_{t,stasjdrift,i} = 2 \cdot ((N_{stasj,i} - 1) (C_{stasjdrift,i} + c_{ITS,i}) - (N_{stasj,basis} - 1) C_{stasjdrift,basis}) \quad (7.4).$$

Nyttegevinster eller kostnader på grunn av lavere eller høyere dimensjoneringskostnader for vognparken er formelt gitt ved:

$$C_{t,vogndim,i} = (D_{t,vogndim,i}^{SG} + D_{t,vogndim,i}^{FT}) - (D_{t,vogndim,basis}^{SG} + D_{t,vogndim,basis}^{FT}) \quad (7.5).$$

der $D_{t,vogndim,i}$ er årlige dimensjoneringskostnader for transportalternativet i og $D_{t,vogndim,basis}$ for basisalternativet i henhold til formelen i kapittel 4 til Bekken (2004). Jeg har tilpasset Bekkens formel til min egen notasjon som jeg bruker i masteroppgaven. I alle tre tilfeller gjelder generelt:

$$D_{t,vogndim} = 10^6 \cdot ovdim \cdot amort \cdot pos \cdot \frac{S_{linje}}{v_{gjsn,rush}} \{ (avg_{rush} - avg_{utenom}) \cdot (c_0 + c_1 \cdot \kappa_{rush} + c_2 \cdot \kappa_{rush}^2) + avg_{utenom} \cdot (c_0 + c_1 \cdot \kappa_{utenom} + c_2 \cdot \kappa_{utenom}^2) \}.^{53}$$

Nyttegevinster eller kostnader på grunn av lavere eller høyere drifts- og vedlikeholdskostnader for vognparken er formelt gitt ved:

$$C_{t,vogndrift,i} = C_{t,vogndrift,rush,i} + C_{t,vogndrift,utenom,i} + C_{t,vogndrift,helg,i} \quad (7.6).$$

$$\text{der } C_{t,vogndrift,k,i} = (C_{vogndrift,k,i}^{SG} \cdot S_{t,kj\ddot{o}rt,\ddot{a}r,k,i}^{SG} + C_{vogndrift,k,i}^{FT} \cdot S_{t,kj\ddot{o}rt,\ddot{a}r,k,i}^{FT}) - (C_{vogndrift,k,basis}^{SG} \cdot S_{t,kj\ddot{o}rt,\ddot{a}r,k,basis}^{SG} + C_{vogndrift,k,basis}^{FT} \cdot S_{t,kj\ddot{o}rt,\ddot{a}r,k,basis}^{FT})$$

og $C_{vogndrift,k,i}$ for $i = BRT$ gitt i formel (k2), vedlegg 4,

for $i = LRT$ er verdien gitt i Ruter(2011a), s. 17

og $S_{t,kj\ddot{o}rt,\ddot{a}r,k,i}$ beregnet på grunnlag av formel (i), vedlegg 4

Nyttegevinst av innspart reisetid, her for driftsperiode k og transportalternativ i på strekning Snarøya – Grorud (SG) i periode t :

$$B_{t,tid,k,i}^{SG} = N_{t,\ddot{a}r,k}^{SG} [P_{gang} \cdot (\tau_{gang,i}^{SG} - \tau_{gang,basis}^{SG}) + P_{vente} \cdot (\tau_{t,vente,k,i}^{SG} - \tau_{t,vente,k,basis}^{SG}) + (P_{ombord,i} - P_{ombord,basis}) \cdot (\tau_{ombord,k,i}^{SG} - \tau_{ombord,k,basis}^{SG}) + P_{forsink} \cdot (\tau_{forsink,i}^{SG} - \tau_{forsink,basis}^{SG}) + (P_{skinne,i} - P_{skinne,basis})] \quad (7.7).$$

$N_{t,\ddot{a}r,k}^{SG}$ er sum antall reisende i driftsperiode k per år (periode t). Indekser viser når endringer skjer, for eksempel: I henhold til formel (m) ender seg ventetiden dersom antall avganger endrer seg \rightarrow indeks t , i tillegg finnes det forskjeller mellom driftsperiodene.

⁵³ Parameterne $ovdim$, $amort$, pos , c_0 , c_1 og c_2 er antatt i henhold til Bekken (2004), s. 22 (levetid for buss og BRT: 10 år; levetid for LRT: 20 år). Parameter $kapke$ i Bekken (2004) er satt lik 1 og derfor ikke uttrykket eksplisitt.

Nyttegevinst av innspart utslipp av klimagasser er beregnet i henhold til utledningen som følger nedenfor. Den grunnleggende formelen er basert på kvoteprisen i periode t , $P_{t,kvote}$, og mengden av innspart utslipp på grunn av prosjekttimplementering i , $\Delta E_{t,i}$:

$$B_{t,miljø,i} = P_{t,kvote} \cdot \Delta E_{t,i} \quad (7.8).$$

For innspart utslipp på grunn av prosjekttimplementering i , $\Delta E_{t,i}$, viser jeg igjen et eksempel for driftsperiode k og transportalternativ i på strekning Snarøya – Grorud (SG) i periode t :

$$\Delta E_{t,k,i}^{SG} = d_k \cdot S_{t,kj\ddot{o}rt,k,i}^{SG} \cdot N_{t,vogn,k,i}^{SG} \cdot EC_{k,i}^{SG} \cdot EF_{CO_2e,i} - \\ d_k \cdot S_{t,kj\ddot{o}rt,k,basis}^{SG} \cdot N_{t,vogn,k,basis}^{SG} \cdot EC_{k,basis}^{SG} \cdot EF_{CO_2e,basis}$$

Der $P_{t,kvote}$ i henhold til vedlegg 4, formler (y1) til (y3)

$$d_k = 230 \quad \text{for} \quad k = \text{rush, utenom}$$

$$d_k = 135 \quad \text{for} \quad k = \text{helg}$$

$$EF_{CO_2e,i} = 0,21 \quad \text{for} \quad i = \text{LRT}$$

$$EF_{CO_2e,i} = EF_{diesel,CO_2} + EF_{diesel,CH_4} + EF_{diesel,N_2O} = 2,661 + 0,002 + 0,036 \\ \text{for} \quad i = \text{basis, BRT}.$$

Drivstofforbruk og strømforbruk, $EC_{k,i}$, er gitt i formlene (k1) og (l) i vedlegg 4. Beregningen av utslipp har jeg basert på formel (4) i Cui et al. (2010). Utslippsfaktorer er hentet fra UNFCCC (2010), appendix A.

Nyttegevinst av oppgradering med ITS på stasjonen er:

$$B_{t,ITS,i} = b_{ITS} \cdot N_{t,\Sigma} \quad \text{med} \quad b_{ITS} = 2,06kr \text{ (2011-priser, Ruter, 2011d, s. 25)} \quad (7.9).$$

Passasjertall i periode t , $N_{t,\Sigma}$, er bestemt i vedlegg 4, formel (e).

Vedlegg 8 – Strøm av neddiskontert nettonytte

i = BRT	0	1	2	3	4	5	6	7
BRT	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
$B_{t, \text{stasj}, i}$	kr -	kr -	kr 23 556 235,56	kr 23 615 273,75	kr 23 625 545,73	kr 23 591 141,98	kr 23 515 891,13	kr 23 403 374,90
$C_{t, \text{vogndrift}, i}$	kr -	kr -	kr 6 624 963,47	kr 6 339 677,96	kr 6 066 677,47	kr 5 805 432,99	kr 5 555 438,27	kr 5 316 208,87
$C_{t, \text{banedrift}, i}$	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
$C_{t, \text{stasjdrift}, i}$	kr -1 623 608,00	kr -1 553 691,87	kr -1 486 786,47	kr -1 422 762,18	kr -1 361 494,91	kr -1 302 865,94	kr -1 246 761,66	kr -1 193 073,36
$C_{t, \text{vogndim}, i}$	kr 1 452 247,71	kr 1 389 710,73	kr 1 329 866,72	kr 1 272 599,74	kr 1 217 798,79	kr 1 165 357,69	kr 1 115 174,83	kr 1 067 152,94
$C_{t, \text{baneinv}, i}$	kr -3 744 381 425,90	kr -3 583 140 120,48	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
$C_{t, \text{stasjinv}, i}$	kr -68 900 580,00	kr -65 933 569,38	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
$B_{t, \text{tid}, i}$	kr -	kr -	kr 154 121 607,30	kr 150 620 556,63	kr 154 575 083,55	kr 154 349 989,82	kr 153 857 645,35	kr 153 121 484,37
$B_{t, \text{miljø}, i}$ (lav)	kr -	kr -	kr -14 388,52	kr -13 886,05	kr -13 974,54	kr -13 754,85	kr -13 528,16	kr -13 295,49
$B_{t, \Sigma, i}$	kr -	kr -	kr 23 556 235,56	kr 23 615 273,75	kr 23 625 545,73	kr 23 591 141,98	kr 23 515 891,13	kr 23 403 374,90
$C_{t, \Sigma, i}$	kr -3 813 453 366,19	kr -3 649 237 671,00	kr 160 575 262,50	kr 156 796 186,09	kr 160 484 090,37	kr 160 004 159,72	kr 159 267 968,62	kr 158 298 477,33
$NB_{t, i}$	kr -3 813 453 366,19	kr -3 649 237 671,00	kr 184 131 498,06	kr 180 411 459,85	kr 184 109 636,10	kr 183 595 301,70	kr 182 783 859,75	kr 181 701 852,23
i = LRT								
$B_{t, \text{stasj}, i}$	kr -	kr -	kr 23 556 235,56	kr 23 615 273,75	kr 23 625 545,73	kr 23 591 141,98	kr 23 515 891,13	kr 23 403 374,90
$C_{t, \text{vogndrift}, i}$	kr -	kr -	kr -152 423 936,65	kr -145 860 226,46	kr -139 579 164,08	kr -133 568 578,06	kr -127 816 821,11	kr -122 312 747,48
$C_{t, \text{banedrift}, i}$	kr -4 860 447,99	kr -4 651 146,40	kr -4 450 857,80	kr -4 259 194,07	kr -4 075 783,80	kr -3 900 271,58	kr -3 732 317,30	kr -3 571 595,50
$C_{t, \text{stasjdrift}, i}$	kr -1 623 608,00	kr -1 553 691,87	kr -1 486 786,47	kr -1 422 762,18	kr -1 361 494,91	kr -1 302 865,94	kr -1 246 761,66	kr -1 193 073,36
$C_{t, \text{vogndim}, i}$	kr -79 115 108,11	kr -75 708 237,43	kr -72 448 074,09	kr -69 328 300,57	kr -66 342 871,36	kr -63 486 001,30	kr -60 752 154,35	kr -58 136 032,87
$C_{t, \text{baneinv}, i}$	kr -4 022 320 765,20	kr -3 849 110 780,10	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
$C_{t, \text{stasjinv}, i}$	kr -68 900 580,00	kr -65 933 569,38	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
$B_{t, \text{tid}, i}$	kr -	kr -	kr 248 308 680,31	kr 248 931 007,83	kr 249 039 285,78	kr 248 676 632,36	kr 247 883 405,47	kr 246 697 360,46
$B_{t, \text{miljø}, i}$ (lav)	kr -	kr -	kr 234 936,72	kr 243 440,97	kr 228 177,29	kr 224 590,08	kr 220 888,70	kr 217 089,64
$B_{t, \Sigma, i}$	kr -	kr -	kr 23 556 235,56	kr 23 615 273,75	kr 23 625 545,73	kr 23 591 141,98	kr 23 515 891,13	kr 23 403 374,90
$C_{t, \Sigma, i}$	kr -4 176 820 509,30	kr -3 996 957 425,17	kr 17 733 962,02	kr 28 303 965,53	kr 37 908 148,93	kr 46 643 505,56	kr 54 556 239,74	kr 61 701 000,88
$NB_{t, i}$	kr -4 176 820 509,30	kr -3 996 957 425,17	kr 41 290 197,58	kr 51 919 239,28	kr 61 533 694,66	kr 70 234 647,55	kr 78 072 130,87	kr 85 104 375,78

Tabell 11: Strøm av neddiskonterte nyttegevinster og kostnader i BRT- og LRT-alternativet

Egen framstilling. I tabellen vises de ni nytte- og kostnadskategoriene som jeg fokuserer på i nyttekostnadsanalysen for hele analyseperioden. Positive verdier beskriver nyttegevinster, negative verdier kostnader. Diskonteringsrenten er $r = 0,045$. Investeringskostnader per kilometer kjørebane er basert på tall fra Ruter (2011f). Jeg bruker den lave kvoteprisbanen i henhold til SFT (2009) i denne beregningen. Nettonåverdiene er gitt på siste siden.

i = BRT	8	9	10	11	12	13	14	15
BRT	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
B _{t,stasj,i}	kr 23 256 942,30	kr 23 079 723,00	kr 22 874 640,02	kr 22 644 421,73	kr 22 391 613,20	kr 22 118 586,89	kr 21 827 552,85	kr 21 520 568,28
C _{t,vognndrift,i}	kr 6 303 376,65	kr 6 031 939,37	kr 8 799 002,74	kr 8 136 878,59	kr 6 550 290,73	kr 7 520 950,06	kr 7 260 175,07	kr 6 184 740,41
C _{t,banedrift,i}	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
C _{t,stasjdrift,i}	kr -1 141 697,00	kr -1 092 533,01	kr -1 045 486,14	kr -1 000 465,20	kr -957 382,97	kr -916 155,95	kr -876 704,26	kr -838 951,44
C _{t,vognndim,i}	kr 2 203 423,79	kr 2 108 539,51	kr 1 028 656,75	kr 2 020 340,10	kr 1 027 605,60	kr 983 354,64	kr 1 848 834,61	kr 975 527,90
C _{t,baneinv,i}	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
C _{t,stasiinv,i}	kr -	kr -	kr -	kr -	kr 14 633 416,89	kr 14 003 269,75	kr -	kr -
B _{t,tid,i}	kr 150 413 965,24	kr 149 267 801,76	kr 144 194 351,93	kr 142 732 535,54	kr 145 340 856,74	kr 140 309 612,33	kr 138 437 380,91	kr 139 858 686,86
B_{t,miljø,i (lav)}	kr 949,55	kr 931,96	kr 37 603,93	kr 31 262,95	kr 10 427,60	kr 27 249,51	kr 25 548,55	kr 11 145,03
B _{t,Σ,i}	kr 23 256 942,30	kr 23 079 723,00	kr 22 874 640,02	kr 22 644 421,73	kr 22 391 613,20	kr 22 118 586,89	kr 21 827 552,85	kr 21 520 568,28
C _{t,Σ,i}	kr 157 780 018,22	kr 156 316 679,59	kr 153 014 129,21	kr 151 920 551,98	kr 166 605 214,59	kr 161 928 280,33	kr 146 695 234,88	kr 146 191 148,76
NB_{t,i}	kr 181 036 960,53	kr 179 396 402,59	kr 175 888 769,24	kr 174 564 973,72	kr 188 996 827,78	kr 184 046 867,23	kr 168 522 787,73	kr 167 711 717,04
i = LRT								
B _{t,stasj,i}	kr 23 256 942,30	kr 23 079 723,00	kr 22 874 640,02	kr 22 644 421,73	kr 22 391 613,20	kr 22 118 586,89	kr 21 827 552,85	kr 21 520 568,28
C _{t,vognndrift,i}	kr -115 829 595,94	kr -110 841 718,60	kr -102 243 068,56	kr -97 129 816,81	kr -92 062 215,88	kr -86 845 084,97	kr -82 171 509,98	kr -77 857 521,35
C _{t,banedrift,i}	kr -3 417 794,74	kr -3 270 616,97	kr -3 129 777,01	kr -2 995 001,92	kr -2 866 030,55	kr -2 742 612,96	kr -2 624 510,01	kr -2 511 492,84
C _{t,stasjdrift,i}	kr -1 141 697,00	kr -1 092 533,01	kr -1 045 486,14	kr -1 000 465,20	kr -957 382,97	kr -916 155,95	kr -876 704,26	kr -838 951,44
C _{t,vognndim,i}	kr -54 450 342,54	kr -52 105 590,94	kr -49 861 809,52	kr -46 678 670,68	kr -44 668 584,39	kr -42 745 056,83	kr -39 996 535,21	kr -38 274 196,38
C _{t,baneinv,i}	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
C _{t,stasiinv,i}	kr -	kr -	kr -	kr -	kr 14 633 416,89	kr 14 003 269,75	kr -	kr -
B _{t,tid,i}	kr 243 404 346,33	kr 241 549 590,55	kr 233 935 443,19	kr 230 161 554,63	kr 226 431 003,23	kr 220 411 007,23	kr 216 353 090,93	kr 212 366 141,86
B_{t,miljø,i (lav)}	kr 227 215,47	kr 223 006,23	kr 266 737,06	kr 270 288,91	kr 276 104,19	kr 287 397,95	kr 293 683,42	kr 297 871,45
B _{t,Σ,i}	kr 23 256 942,30	kr 23 079 723,00	kr 22 874 640,02	kr 22 644 421,73	kr 22 391 613,20	kr 22 118 586,89	kr 21 827 552,85	kr 21 520 568,28
C _{t,Σ,i}	kr 68 792 131,60	kr 74 462 137,25	kr 77 922 039,03	kr 82 627 888,92	kr 100 786 310,53	kr 101 452 764,21	kr 90 977 514,89	kr 93 181 851,30
NB_{t,i}	kr 92 049 073,90	kr 97 541 860,25	kr 100 796 679,05	kr 105 272 310,66	kr 123 177 923,72	kr 123 571 351,11	kr 112 805 067,74	kr 114 702 419,58

i = BRT	16	17	18	19	20	21	22	23
BRT	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
B _{t,stasj,i}	kr 21 199 546,57	kr 20 866 265,93	kr 20 522 377,45	kr 20 169 412,72	kr 19 808 791,15	kr 19 441 826,67	kr 19 069 734,29	kr 18 693 636,13
C _{t,vognndrift,i}	kr 7 586 267,75	kr 7 259 586,37	kr 5 997 702,99	kr 7 200 965,15	kr 6 222 237,57	kr 5 122 452,59	kr 7 244 461,18	kr 6 346 573,39
C _{t,banedrift,i}	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
C _{t,stasjdrift,i}	kr -802 824,35	kr -768 252,96	kr -735 170,30	kr -703 512,25	kr -673 217,46	kr -644 227,24	kr -616 485,40	kr -589 938,18
C _{t,vognndim,i}	kr 1 764 842,42	kr 1 688 844,42	kr 920 609,62	kr 1 609 451,57	kr 1 540 145,05	kr 864 350,45	kr 1 465 498,92	kr 1 402 391,31
C _{t,baneinv,i}	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
C _{t,stasiinv,i}	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
B _{t,tid,i}	kr 134 165 504,75	kr 132 971 708,00	kr 133 500 227,57	kr 128 254 010,82	kr 126 705 770,33	kr 126 568 610,08	kr 121 722 592,84	kr 119 931 179,92
B_{t,miljø,i} (lav)	kr 34 759,57	kr 33 970,47	kr 15 507,75	kr 37 388,26	kr 24 717,91	kr 7 512,71	kr 45 389,39	kr 33 328,16
B _{t,Σ,i}	kr 21 199 546,57	kr 20 866 265,93	kr 20 522 377,45	kr 20 169 412,72	kr 19 808 791,15	kr 19 441 826,67	kr 19 069 734,29	kr 18 693 636,13
C _{t,Σ,i}	kr 142 748 550,15	kr 141 185 856,29	kr 139 698 877,63	kr 136 398 303,56	kr 133 819 653,39	kr 131 918 698,59	kr 129 861 456,93	kr 127 123 534,60
NB_{t,i}	kr 163 948 096,72	kr 162 052 122,23	kr 160 221 255,08	kr 156 567 716,28	kr 153 628 444,54	kr 151 360 525,25	kr 148 931 191,22	kr 145 817 170,73
i = LRT								
B _{t,stasj,i}	kr 21 199 546,57	kr 20 866 265,93	kr 20 522 377,45	kr 20 169 412,72	kr 19 808 791,15	kr 19 441 826,67	kr 19 069 734,29	kr 18 693 636,13
C _{t,vognndrift,i}	kr -72 836 949,24	kr -69 700 429,89	kr -66 019 405,73	kr -61 714 928,37	kr -59 057 347,72	kr -55 918 703,25	kr -51 168 128,14	kr -48 964 715,92
C _{t,banedrift,i}	kr -2 403 342,43	kr -2 299 849,21	kr -2 200 812,64	kr -2 106 040,81	kr -2 015 350,05	kr -1 928 564,64	kr -1 845 516,41	kr -1 766 044,41
C _{t,stasjdrift,i}	kr -802 824,35	kr -768 252,96	kr -735 170,30	kr -703 512,25	kr -673 217,46	kr -644 227,24	kr -616 485,40	kr -589 938,18
C _{t,vognndim,i}	kr -35 794 702,35	kr -34 253 303,68	kr -32 778 281,04	kr -30 638 290,68	kr -29 318 938,45	kr -28 056 400,43	kr -26 209 860,77	kr -25 081 206,48
C _{t,baneinv,i}	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
C _{t,stasiinv,i}	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -
B _{t,tid,i}	kr 205 591 368,12	kr 202 359 241,35	kr 198 252 513,31	kr 191 892 620,89	kr 188 461 652,35	kr 184 336 722,42	kr 178 385 095,36	kr 174 866 939,08
B_{t,miljø,i} (lav)	kr 315 103,69	kr 307 950,26	kr 310 713,26	kr 325 646,75	kr 317 856,15	kr 319 324,87	kr 349 350,70	kr 340 614,57
B _{t,Σ,i}	kr 21 199 546,57	kr 20 866 265,93	kr 20 522 377,45	kr 20 169 412,72	kr 19 808 791,15	kr 19 441 826,67	kr 19 069 734,29	kr 18 693 636,13
C _{t,Σ,i}	kr 94 068 653,44	kr 95 645 355,85	kr 96 829 556,86	kr 97 055 495,53	kr 97 714 654,81	kr 98 108 151,74	kr 98 894 455,35	kr 98 805 648,66
NB_{t,i}	kr 115 268 200,01	kr 116 511 621,78	kr 117 351 934,31	kr 117 224 908,26	kr 117 523 445,96	kr 117 549 978,40	kr 117 964 189,64	kr 117 499 284,80

i = BRT	24	Summer alle	
BRT	2035	perioder	
$B_{t, \text{stasj}, i}$	kr 18 314 567,18	kr 499 107 669,43	
$C_{t, \text{vogndrift}, i}$	kr 6 126 047,69	kr 151 602 047,33	
$C_{t, \text{banedrift}, i}$	kr -	kr 0,00	
$C_{t, \text{stasjdrift}, i}$	kr -564 534,14	kr -25 158 582,64	
$C_{t, \text{vogndim}, i}$	kr 1 392 496,41	kr 34 854 822,22	
$C_{t, \text{baneinv}, i}$	kr -	kr -7 327 521 546,38	
$C_{t, \text{stasiinv}, i}$	kr -	kr -106 197 462,74	
$B_{t, \text{tid}, i}$	kr 118 471 253,49	kr 3 213 492 416,12	
$B_{t, \text{miljø}, i}$ (lav)	kr 30 196,57	kr 325 062,26	
$B_{t, \Sigma, i}$	kr 18 314 567,18	kr 499 107 669,43	
$C_{t, \Sigma, i}$	kr 125 455 460,02	kr -4 058 603 243,83	
$NB_{t, i}$	kr 143 770 027,20	kr -3 559 495 574,40	= $NNV_{0, \text{BRT}}$
i = LRT			
$B_{t, \text{stasj}, i}$	kr 18 314 567,18	kr 499 107 669,43	
$C_{t, \text{vogndrift}, i}$	kr -46 692 048,70	kr -2 118 614 662,89	
$C_{t, \text{banedrift}, i}$	kr -1 689 994,65	kr -75 314 966,68	
$C_{t, \text{stasjdrift}, i}$	kr -564 534,14	kr -25 158 582,64	
$C_{t, \text{vogndim}, i}$	kr -26 752 014,31	kr -1 182 980 564,74	
$C_{t, \text{baneinv}, i}$	kr -	kr -7 871 431 545,30	
$C_{t, \text{stasiinv}, i}$	kr -	kr -106 197 462,74	
$B_{t, \text{tid}, i}$	kr 171 343 026,60	kr 5 009 637 729,65	
$B_{t, \text{miljø}, i}$ (lav)	kr 347 683,87	kr 6 445 672,18	
$B_{t, \Sigma, i}$	kr 18 314 567,18	kr 499 107 669,43	
$C_{t, \Sigma, i}$	kr 95 992 118,67	kr -6 363 614 383,16	
$NB_{t, i}$	kr 114 306 685,85	kr -5 864 506 713,73	= $NNV_{0, \text{LRT}}$