



STRATMOD til transportplanlegging i by, case Trondheim

Ola Skatvedt

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2018

Hovedveileder: Trude Tørset, IBM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet våren 2018 ved institutt for bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Masteroppgaven utgjør 30 studiepoeng, og er det avsluttende emnet innenfor studieretningen transport ved den femårige sivilingeniørutdanningen på linjen bygg- og miljøteknikk.

Oppgaven er delt inn i to deler, hvor del 1 er en prosessrapport og del 2 er en vitenskapelig artikkel. Artikkelen "*Evaluating the STRATMOD transport model*" skal presenteres ved *Trafikdage* på Aalborg universitet den 28. august. Prosessrapporten er skrevet som et tillegg til artikkelen, og er ment å være noe mer utfyllende slik at oppgaven får et likt omfang som en tradisjonell masteroppgave.

Jeg ønsker å takke alle som har bidratt i arbeidet med masteroppgaven. Takk til May-Berit Eidsaune og Tore Moan for tilgang til RTM modeller. Takk til Erling Bjerkvik i AtB for oversending av sanntidsdata og Erlend Dahl i SINTEF for hjelp med bearbeiding av disse. Takk til Ola Rennemo i SINTEF for hjelp med eldre RTM modeller. Til slutt rettes en meget stor takk til veileder Trude Tørset som har gitt ukentlig veiledning i hele masterhalvåret.

Trondheim, 7. juni 2018



Ola Skatvedt

Sammen drag

Denne masteroppgaven er delt inn i tre deler: 1) prosessrapport, 2) vitenskapelig artikkel og 3) vedlegg. Prosessrapporten er ment som en mer gjennomgående beskrivelse av arbeidet, med en grundigere beskrivelse hvordan modellen ble opprettet. Artikkelen skal være mer presis og komprimert beskrivelse av arbeidet. I vedlegg inkluderes bilder og annet som ikke fikk plass selve oppgaveteksten.

På grunn av nullvekstmålet for personbiltrafikken i byene er det viktig med gode transportmodelleringsverktøy for å undersøke virkningen av ulike tiltak og prosjekt. I dag brukes den regionale transportmodellen (RTM) som hovedverktøy for transportmodellering i byområder. RTM har mangler for modellering av kollektivtransport, noe som gjør at analyser for byområder ofte kan bli noe upresise, da kollektiv er en viktig del av transportbildet.

STRATMOD er en relativt ny transportmodell utviklet av Urbanet Analyse som tar sikte på å inkludere flere forklaringsfaktorer for kollektivtransporten, for å gi et riktigere bilde av utviklingen her. I denne studien er det laget en STRATMOD-modell for Trondheim, og denne er brukt for å undersøke hhv. metrobussprosjektet og analysene i Byutredningene, for å se om modellen vil vise andre resultater enn RTM. Videre diskuteres den potensielle nytten av STRATMOD, og om modellen bør benyttes i større grad til analyser i byområder fremover.

Det teoretiske grunnlaget i oppgaven er funnet gjennom et litteraturstudie, der det er fokusert på transportmodellering i byområder og hva som påvirker etterspørselen etter kollektivtransport. Videre er det benyttet modellering som metode, og Trondheim er benyttet som caseområde.

Denne studien viser at det kan være et større potensiale i metrobussprosjektet enn det RTM viser. RTM gir ingen store endringer i etterspørselen etter kollektivtransport når det innføres metrobuss i Trondheim. Når en antar en reduksjon i forsinkelser og andre kvalitative faktorer som følge av den nye rutestrukturen viser STRATMOD at det kan være potensial for økning av kollektivbruken i Trondheim mellom 5% og 8% på relativt kort sikt. RTM kan per i dag ikke belyse disse endringene.

Videre diskuteres hvilke fordeler og ulemper det er ved bruk av STRATMOD. Modellen kan være meget nyttig for analyser i by der de kvalitative faktorene for kollektivtransport forventes endret, men at modellen har en god del usikkerhet knyttet til etterspørselsberegninger. Disse usikkerhetene kommer av at modellen beregner etterspørsel med bruk av elastisiteter, og at disse er lite undersøkt of vanskelig å fastslå.

Abstract

This masters thesis is divided into three parts: 1) Process-report (written in Norwegian), 2) scientific paper and 3) appendix. The process report is a more thorough description of the work and includes a bigger section of literature study. The article is more relevant and precise. In the appendix there are attached relevant pictures and tables that did not fit into the main texts.

Because of the 'zero growth target' for personal car traffic in the cities of Norway it is important to have good transport modelling tools to examine the effects of different transport measures and projects. The modelling tool mainly used in cities in Norway today is the Regional Transport Model (RTM). RTM lack some explanatory factors for public transport (PT), and simplifies the PT-system, making it unprecise especially in cities where public transport is an important component of the transport system.

STRATMOD is a new model, developed by Urbanet Analyse and aims to include more explanatory factors for public transport, to better represent the development of the PT-system. In this study a STRATMOD-model is made for the city of Trondheim, and this model is used to examine the metrobus-project and some of the measures suggested in 'Byutredningene'. Byutredningene is a study that aims to understand what measures need to be done in the biggest cities in Norway to be able to reach the zero growth target.

The theoretical foundation for this study is found through a literature study, where the main focus has been transport modelling in cities and demand factors for public transport. Modelling is used as a method in this study, and the city of Trondheim is used as a case study.

The study show that the metrobus project in Trondheim can have a bigger potential than what is shown through modelling with RTM. RTM gives no demand change when the metrobus project is modelled, but the analysis show that there can be a potential for a short term growth if the project manages to reduce delays, crowding and comfort factors, of about 5% to 8%.

Furthermore, strength and weaknesses of the model is discussed. STRATMOD can be very useful when examining changes in comfort factors for public transport. It does however have some weaknesses, especially related to input elasticities which are hard to establish with a high degree of certainty.

Innhold

| | | |
|----------|---|-----------|
| I | Prosessrapport | xv |
| 1 | Introduksjon | 1 |
| 1.1 | Bakgrunn | 1 |
| 1.1.1 | Klima og bærekraft | 1 |
| 1.1.2 | Målsetninger i transportsektoren | 2 |
| 1.1.3 | Bymiljøavtalen i Trondheim | 2 |
| 1.2 | Hvorfor transportmodeller | 3 |
| 1.2.1 | Om STRATMOD | 4 |
| 1.3 | Casestudie | 5 |
| 1.4 | Forskningsspørsmål | 5 |
| 1.5 | Formål med masteroppgaven | 6 |
| 1.6 | Begrensninger | 6 |
| 2 | Transportmodellering | 7 |
| 2.1 | Om transportmodeller | 7 |
| 2.2 | Bruk av transportmodeller | 8 |
| 2.3 | Firestegsmodellen | 8 |
| 2.3.1 | RTM | 9 |
| 2.4 | Tiltak i norske byer | 10 |
| 2.5 | Transportmodellering av tiltak i byområder | 10 |
| 2.6 | Mangler i dagens transportmodelleringsverktøy | 11 |
| 2.6.1 | Treffsikkerheten i byområder | 11 |
| 2.6.2 | Transportmodellenes styrker og svakheter | 12 |
| 3 | Teori | 15 |
| 3.1 | Grunnleggende konsepter | 15 |
| 3.1.1 | Generaliserte kostnader | 15 |
| 3.1.2 | Elastisiteter | 16 |
| 3.1.3 | Tidsverdier | 17 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.2 | Etterspørsel etter kollektivtransport | 18 |
| 3.2.1 | Takster | 19 |
| 3.2.2 | Reisetid | 20 |
| 3.2.3 | Fremkommelighet | 20 |
| 3.3 | 'Myke' kvalitetsfaktorer | 21 |
| 3.3.1 | Punktlighet, forsinkelse og forutsigbarhet | 21 |
| 3.3.2 | Trengsel | 22 |
| 3.3.3 | Byttemotstand | 22 |
| 4 | Metoder | 23 |
| 4.1 | Etablering av inngangsdata til storsonemodellen | 24 |
| 4.1.1 | Nødvendig datagrunnlag | 24 |
| 4.1.2 | Inndeling av storsoner | 25 |
| 4.1.3 | Eksport fra TNext | 25 |
| 4.1.4 | Kjøring av RTM | 26 |
| 4.2 | Oppsett av storsonemodellen | 26 |
| 4.2.1 | Elastisiteter | 26 |
| 4.2.2 | Tidsverdier | 27 |
| 4.2.3 | LOS-data for kollektiv | 28 |
| 4.2.4 | Parkeringskostnader | 30 |
| 4.3 | Hovedtrekk ved modellen | 31 |
| 5 | Resultat | 35 |
| 5.1 | Beregnete elastisiteter | 35 |
| 5.2 | Sensitivitetsanalyser | 35 |
| 5.2.1 | Kollektivelastisitet | 36 |
| 5.2.2 | Bensinpriselastisitet | 37 |
| 5.3 | Backcasting | 38 |
| 5.4 | Metrobuss | 39 |
| 5.4.1 | Stegvis analyse av metrobuss med STRATMOD | 40 |
| 5.5 | Byutredningene | 43 |
| 5.5.1 | Grunnlag og virkemiddelpakker | 43 |
| 5.5.2 | Aggregering av RTM-resultater | 44 |
| 5.5.3 | Endring av kvalitative faktorer i virkemiddelpakke 1 | 45 |
| 6 | Diskusjon | 49 |
| 6.1 | Forskningsspørsmål | 49 |
| 6.2 | Diskusjon av GK-elementer | 51 |
| 6.3 | Styrker og svakheter med STRATMOD | 52 |
| 6.4 | Modellens bruksområde og potensial | 53 |

| | | |
|--------------------|--|-----------|
| 6.4.1 | Forslag til videre modellutvikling | 53 |
| 6.5 | Videre arbeid | 54 |
| Referanser | | 55 |
| | | |
| II Artikkel | | |
| | Abstract | 1 |
| 1 | Introduction | 1 |
| 2 | Methods | 2 |
| 3 | The Stratmod-model | 3 |
| | 3.1 Early experiences with the model | 3 |
| 4 | Study area | 4 |
| 5 | Literature | 4 |
| | 5.1 Calculations | 5 |
| 6 | Results | 7 |
| | 6.1 Sensitivity analysis | 7 |
| | 6.2 Analysis on metrobus-system | 7 |
| 7 | Discussion | 9 |
| | Report references | 14 |
| | | |
| III Vedlegg | | |
| A.1 | Oppgavebeskrivelse | I |
| B.1 | Oppsett av STRATMOD | IV |
| B.2 | Data fra AtB | IX |

Figurer

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | Utslipp og fordeling av klimagassutslipp (Miljødirektoratet, 2016) . . . | 1 |
| 1.2 | Resultater Miljøpakken (Langmyhr, 2017) | 3 |
| 1.3 | Tidshorisont ulike transportmodeller (Tørset et al., 2015) | 4 |
| 1.4 | Ulike steg i Stratmod-modellen (Betanzo et al., 2016a) | 5 |
| 2.1 | Firestegmodellen (McNally, 2008) | 9 |
| 2.2 | Oppbygging av RTM versjon 3 (Tørset et al., 2015) | 10 |
| 3.1 | Typisk fordeling av GK for kollektivreise. (Norheim, 2017) | 16 |
| 3.2 | Verdsetting av reisetid med sitteplass. (Ellis and Øvrum, 2014) | 19 |
| 3.3 | Etterspørselseffekt av fremkommelighetsforbedringer (Norheim, 2017) | 21 |
| 3.4 | Forsinkelser for busser i Trondheim, 2013 og 2014 (AtB, 2014) | 22 |
| 4.1 | Storsoneinndeling Trondheim og Trondheimsområdet. | 25 |
| 4.2 | Beregnete elastisiteter ved å øke kollektivsatsene i RTM med 10%. . . | 26 |
| 4.3 | Beregnete elastisiteter ved å øke kilometerkostnadene i RTM med 10%. | 27 |
| 4.4 | Eksempel på gjennomsnittlig forsinkelsesutvikling | 29 |
| 4.5 | Kostnader ved offentlige parkeringsplasser | 30 |
| 4.6 | Skjermdump av analysearket i STRATMOD, 1/2 | 32 |
| 4.7 | Skjermdump av analysearket i STRATMOD, 2/2 | 33 |
| 5.1 | Reisemiddelendringer ved forskjellig valg av kollektivpriselastisitet . . | 36 |
| 5.2 | Reisemiddelendringer ved forskjellig valg av bensinpriselastisitet . . . | 37 |
| 5.3 | Utvikling av kollektivreiser per person i Oslo, sammenlignet med fak- tisk utvikling (Betanzo et al., 2016a) | 38 |
| 5.4 | Nye metrobuslinjer, planlagt innført august 2019. (Miljøpakken, 2018) | 39 |
| 5.5 | Endring av GK ved innføring av metrobuss i 2016 med nasjonale tidsverdier, uten inkludering av kvalitative faktorer. | 40 |
| 5.6 | Endring av GK ved innføring av metrobuss i 2016 med nasjonale tidsverdier, og endring i kvalitative faktorer. | 41 |

| | | |
|-------|--|------|
| 5.7 | Endring av GK ved innføring av metrobuss i 2016 med lokale tidsverdier, og forbedring av kvalitative faktorer. | 43 |
| 5.8 | Forskjeller i GK for kollektivtransport, ren RTM-aggregering | 44 |
| 5.9 | Forskjeller i GK for bil, ren RTM-aggregering | 45 |
| 5.10 | Foreslåtte nye metrobuslinjer i byutredningene | 47 |
| 5.11 | Endringer i GK med antatte endringer i virkemidelpakke 1 | 48 |
| 1 | Overview of data- and calculation order in STRATMOD | 3 |
| 2 | Development in public transport trips per person in Oslo with STRATMOD | 4 |
| 3 | Change in GC after aggregating RTM results from the metrobus project. | 8 |
| 4 | Change in GC after step 2 of STRATMOD, including quality factors | 9 |
| 5 | Change in GC after step 3 of STRATMOD, including quality factors and local values of time | 10 |
| B.1.1 | Del 1 av arkfanen ”forutsetninger” i STRATMOD | IV |
| B.1.2 | Del 2 av arkfanen ”forutsetninger” i STRATMOD | V |
| B.1.3 | Del 3 av arkfanen ”forutsetninger” i STRATMOD | VI |
| B.1.4 | Større oversikt over storsoner brukt i oppgaven | VII |
| B.1.5 | Parkeringskostnader til GK ulike scenario byutredningene | VIII |
| B.2.6 | Eksempel på rådata fra AtB, .csv format | IX |

Tabeller

| | | |
|------|---|----|
| 2.1 | Eksempler på tiltak som ikke håndteres av transportmodeller | 13 |
| 3.1 | Elastisitetsverdier for buss (Balcombe et al., 2004) | 19 |
| 4.1 | Ulike tidsverdier brukt i analysene, 2016-kroner (Betanzo et al., 2016a) | 28 |
| 5.1 | GK-elastisiteter benyttet i beregningene | 35 |
| 5.2 | Tiltak ved sensitivitetsanalyser | 35 |
| 5.3 | Endringer i reisemiddelfordeling ved forskjellige valg av kollektivpris- elastisitet | 36 |
| 5.4 | Endringer i reisemiddelfordeling ved forskjellige valg av bensinpris- elastisitet | 37 |
| 5.5 | Reisemiddelendring i Trondheim kommune ved innføring av metro- buss, aggregerte resultater fra RTM. | 40 |
| 5.6 | Antatt mulig endring av kvalitative faktorer ved innføring av metro- buss, 30% reduksjon av dagens ulemper | 41 |
| 5.7 | Ulike tidsverdier brukt i analysene, 2016-kroner (Betanzo et al., 2016a) | 42 |
| 5.8 | Reisemiddelendringer i Trondheim kommune ved innføring av metro- buss med lokale tidsverdier og inkludering av kvalitative faktorer. . . | 42 |
| 5.9 | De tre virkemiddelpakkene fra byutredningene (Vegvesen, 2017). . . | 43 |
| 5.10 | Reisemiddelendringer i Trondheim kommune, virkemiddelpakke 1 fra byutredningene | 46 |
| 5.11 | Antatt mulig endring av kvalitative faktorer ved forbedring tilsvaren- de virkemiddelpakke 1 i byutredningene | 47 |
| 5.12 | Reisemiddelendringer i Trondheim kommune, virkemiddelpakke 1 fra byutredningene etter inkludering av endring i kvalitative faktorer . . | 48 |
| 1 | Measures in the sensitivity analysis | 2 |
| 2 | Values of time | 6 |
| 3 | Variation in demand changes with different PT-fare elasticities | 7 |
| 4 | Variation in demand changes with different fuel price elasticities . . . | 7 |

| | | |
|---|---|---|
| 5 | Assumed potential reduction in quality factors when with metrobus, 30% reduction | 8 |
|---|---|---|

Del I

Prosessrapport

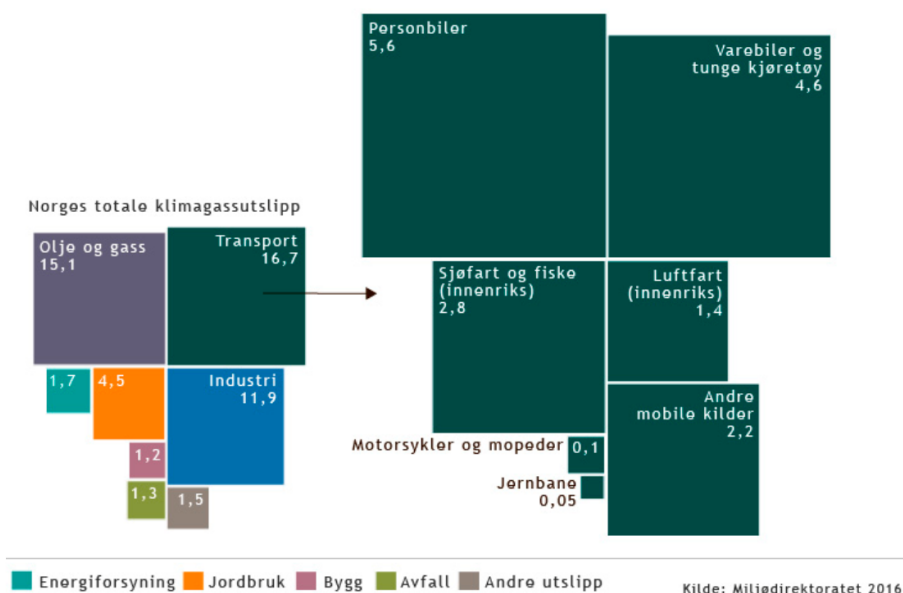
1. Introduksjon

I dette kapittelet introduseres oppgavens tema, og hvilken hensikt arbeidet har. Status for Trondheim sitt arbeid innen transport og reisemiddelvalg presenteres kort, siden Trondheim benyttes som case i oppgaven. Til slutt presenteres oppgavens forskningsspørsmål og formål.

1.1 Bakgrunn

1.1.1 Klima og bærekraft

Gjennom Paris-avtalen har Norge forpliktet seg til å kutte i klimagassutslipp i et forsøk på å holde den globale temperaturstigningen under 2°C (UNFCCC, 2015). Norges største kilde til klimagassutslipp kom i 2015 fra transportsektoren, som vi ser til venstre i figur 1.1. Videre ser vi at personbilen bidrar til en stor andel av utslippene fra vegsektoren.



Figur 1.1: Til venstre: Norges klimagassutslipp i 2015, mill. tonn CO₂. Til høyre: fordelingen av utslipp i transportsektoren. (Miljødirektoratet, 2016)

1.1.2 Målsetninger i transportsektoren

Som et av tiltakene for å redusere utslippene fra personbilene har en i Norge valgt å vedta såkalte nullvekstmål, der det er vedtatt at *all persontransportvekst i byområdene skal tas med kollektivtransport, sykling og gåing*. Omtrent 50 % av utslippene fra veitrafikken kommer fra byene og områdene rundt byene, og en stans av veksten i biltrafikken her, vil sammen med bedre kjøretøyteknologi gjøre det mulig å få ned utslippene fra personbiltrafikken (Aksnes, 2014). En begrensning av biltrafikken i byene vil også være positivt for andre aspekter enn klimagassutslipp: Det vil gjøre det enklere for gående og syklene å ferdes, gjøre byene tryggere for barn og unge, gi mindre støy, og redusere lokale forurensninger som for eksempel NO_x -gasser og støvpartikler. (NTP, 2010)

For å samle areal- og transportutviklingen i byområder er det de siste årene blitt inngått såkalte *bypakker* eller *byvekstavgifter* mellom byene og staten. Disse er ment for å samkjøre planleggingen, slik at en med større sannsynlighet klarer å oppnå nullvekstmålet. Nullvekstmålet innebærer at det ikke skal være vekst i antall kjøretøykilometer med personbil. I tillegg er det andre målindikatorer som endring av ÅDT på vegnettet, endring av transportmiddelfordeling, endring i antall kollektivreiser og utviklingen av CO_2 utslipp fra vegsektoren. Resultatene byene oppnår på målindikatorerne avgjør om kommunen/byen får alle belønningsmidlene som ligger til grunn i avtalen. Disse fungerer som en slags 'gulrot' for byen; klarer ikke byen å nå målsetningene får den heller ikke mer penger til å gjennomføre flere tiltak. (Aksnes, 2014).

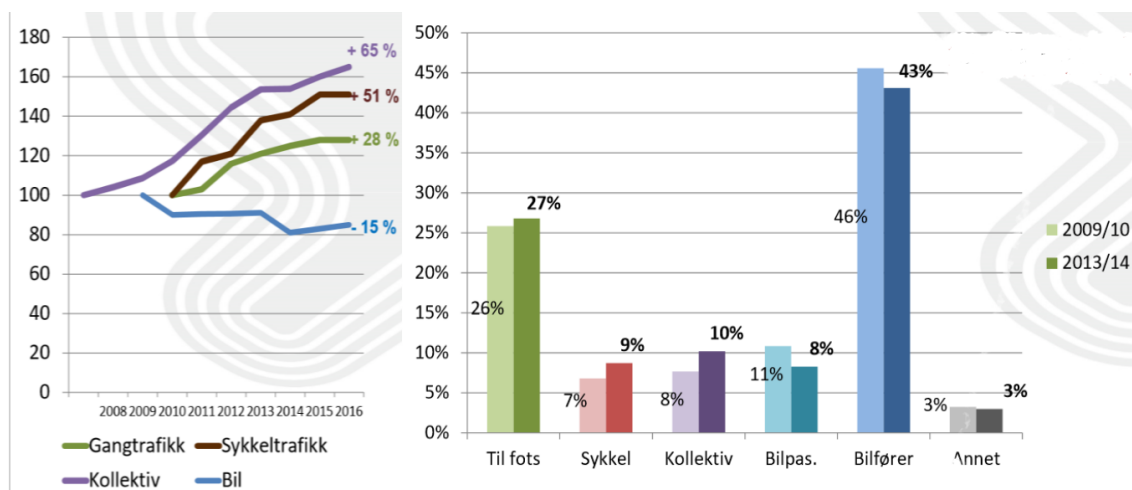
I 2016 fikk Statens vegvesen og jernbaneverket i oppdrag å *"gjennomføre egne byutredninger der kapasitetsbehovet og fremtidige transportstrømmer kobles til det overordnede målet for storbyområdene"* (SVV, 2017). Dette arbeidet ble kalt Byutredningene. Hensikten var å kartlegge kostnader og virkemiddelbruk for å klare nullvekstmålet i byene, være et grunnlag for neste versjon av Nasjonal transportplan samt å gi en mulighet for å ha en helhetlig bystrategi for senere NTPer. I disse utredningene er transportmodellering sentralt for å analysere transportutviklingen.

1.1.3 Bymiljøavtalen i Trondheim

Forløperen til dagens byvekstavgift i Trondheim ble iverksatt rundt 2009, med en 4-årig avtale der kommunen fikk belønningsmidler hvis den klarte målsettingene den inngikk med staten. Tidlige tiltak inkluderte blant annet en ny bomring, og kollektivfelt i Elgesetergate. Som vi ser av figur 1.2 har Miljøpakken gitt gode resultater, men biltrafikken har hatt en liten oppgang de siste årene.

Gjeldende bymiljøavtale ble underskrevet i 2016, og gjelder frem til 2023, der det står

at ”Prosjektene og tiltakene i bymiljøavtalen skal bidra til å nå nullvekstmålet...” (Trondheim, 2016). Bymiljøavtalen inneholder blant annet; ny rutestruktur for kollektivtransporten, å bedre tilbudet for syklende og gående, tiltak for bedre arealbruk osv.



Figur 1.2: Utvikling for ulike transportmidler i Trondheim, og reisemiddelfordeling ved de to siste RVU (Langmyhr, 2017)

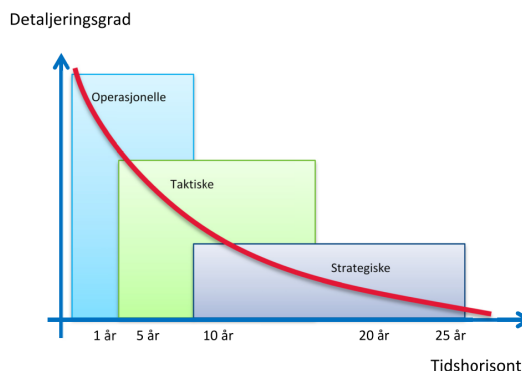
1.2 Hvorfor transportmodeller

For å kunne forutse utviklingen av transportsystemet, og for å avgjøre hvilke tiltak som bør gjennomføres for å på best mulig måte nå målsetningene en setter seg, blir en transportmodell et viktig verktøy. Som et alternativ kunne en se for seg å kun bruke statistiske utviklinger og faglig erfaring til å si noe om hvilke effekter ulike tiltak ville ha. Dette kan være mulig på enkelte små prosjekt eller liknende, men når analysene blir landsomfattende og veldig komplekse blir det helt nødvendig med transportmodeller.

”En transportmodell er en sterk forenkling av sammenhengen mellom transporttilbudet og etterspørselen etter transport” (Tørset et al., 2013). Den nødvendige forenklingen i transportmodellene skyldes de mange detaljene i transportsystemet som det er vanskelig å modellere. Det er for eksempel vanskelig å si hvilke effekt renhold av bussen har for etterspørselen, og det er like vanskelig å samle inn data for renhold som en kan inkludere i modellen. Siden det er umulig å ha kontroll på alle aspekter, blir det dermed enda viktigere å ha kontroll på de viktigste sammenhengene. Disse kan for eksempel være kapasitet på vegnettet, kvaliteten på kollektivtilbudet, bilholdet til befolkningen osv.

1.2. HVORFOR TRANSPORTMODELLER

En skiller gjerne mellom strategiske, taktiske og operasjonelle transportmodeller. Som vist i figur 1.3 er strategiske transportmodeller de med lavest detaljeringsgrad, men som skal kunne predikere transportutviklingen over lengst tidshorisont. Et viktig element med strategiske modeller er at etterspørselen beregnes i modellen, hvor reisefrekvens, destinasjonsvalg, reisemiddelvalg og rutevalg er elementer som brukes i denne beregningen. I taktiske modeller er etterspørselssiden delvis bestemt på forhånd, ved at det totale antall reiser og kjøretøy er konstant. Disse modellene brukes for mer kortsiktige prognoser, gjerne 5-15 år. Operasjonelle transportmodeller brukes som regel til kortsiktige og detaljerte trafikkavviklingsanalyser og er ofte detaljert helt ned på avvikling i enkelte kryss osv (Flügel et al., 2014).



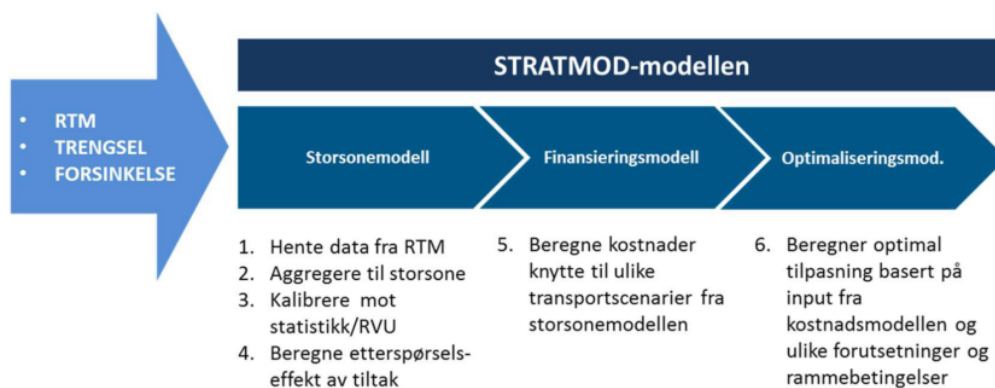
Figur 1.3: Tidshorisont strategiske, taktiske og operasjonelle verktøy. (Tørset et al., 2015)

1.2.1 Om STRATMOD

STRATMOD er en relativt ny transportmodell utviklet av Urbanet Analyse i samarbeid med Ruter, Jernbaneverket, Vegdirektoratet, Urbanet Analyse, SINTEF, NTNU og VTI. STRATMOD er en strategisk transportmodell for byområder, med den hensikt å gi et mer korrekt bilde av effekten av kollektivtiltak i byområder sammenlignet med hva dagens hovedverktøy, RTM, klarer. Siden dagens transportmodeller har en tendens til å undervurdere virkningen av kollektiv og sykkeltiltak, er det viktig å utvikle dagens modeller her, blant annet med inkludering av kvalitative faktorer. (Tørset et al., 2015)

Som sagt er STRATMOD ment for å være en strategisk modell, dvs. en modell med lang tidshorisont og lav detaljeringsgrad. Hensikten med modellen er å kunne undersøke tiltak og tiltakspakker relativt raskt, uten å måtte gå gjennom mange runder med kvalitetssikring, feilsøking og modellkjøringer som ofte er tilfellet ved RTM-analyser. Modellen skal kunne undersøke utviklingen av reisemiddelfordelinger og se utviklingen på et overordnet nivå. Den raske kjøretiden og lave detaljeringsgraden medfører at modellen er uegnet for analyser av for eksempel trafikkavvikling eller liknende. Den er ment for å analysere reisemiddelfordelinger og effekter opp mot kostnader, primært for kollektivtiltak.

Som vi ser av figur 1.4 bygger STRATMOD på en RTM-kjøring, som sammen med



Figur 1.4: Ulike steg i Stratmod-modellen (Betanzo et al., 2016a)

trengsel og forsinkelse utgjør inputdata. RTM aggregerer data til storsoner og beregner reiser mellom disse storsonene. Når modellen er satt opp kan en beregne etterspørselseffekter av ulike tiltak. Disse beregnes vha. elastisitetsverdier og tidsverdier. Her blir det altså viktig å ha gode grunnlag for disse faktorene.

1.3 Casestudie

I denne oppgaven brukes Trondheim som case. Arbeidet med Byutredningene gjør Trondheim til et egnet caseområde, da modeller og resultater derfra kan brukes og sammenlignes direkte (Vegvesen, 2017). STRATMOD er ikke brukt i Trondheim før, så modellen må bygges og kalibreres. Trondheim er en relativt stor by i norsk sammenheng, og bør belyse modellens potensielle bruksområde godt.

1.4 Forskningsspørsmål

- **Hvilke indikasjoner gir STRATMOD på måloppnåelsen metrobussprosjektet i Trondheim ?**

Trondheim må oppnå nullvekst i personbiltrafikken for å motta økonomisk støtte for fremtidige samferdelsprosjekter fra staten. RTM brukes som analyseverktøy for å undersøke om samferdeltiltak oppnår de målene man ønsker. En undersøkelse med STRATMOD vil være en litt annen tilnærming, og vil muligens gi andre indikasjoner enn det RTM gjør.

- **Gir STRATMOD en mer realistisk representasjon av utviklingen i kollektivsektoren enn RTM?**

Forskjeller mellom STRATMOD og RTM bør undersøkes, både resultatmessig og i bruk, for å undersøke nytten av STRATMOD. Er det plass til, og behov for

en ekstra modell i arbeider med byområder? Vil STRATMOD være et bedre egnet verktøy for strategiske analyser med lang tidshorisont i fremtiden?

- **Er STRATMOD en nøyaktig nok modell i praktisk bruk?** Eller er det for store usikkerheter og for høy grad av aggregering, slik at modellen blir unøyaktig?

1.5 Formål med masteroppgaven

Formålet med denne oppgaven er å undersøke om det kan være effekter av transporttiltak i Trondheim som vil belyses bedre med STRATMOD enn med RTM. Videre er det et mål å undersøke om STRATMOD er en nyttig modell for fremtidig arbeid for strategisk planlegging i byområder, og om det er hensiktsmessig å bruke flere modeller i arbeidet, i motsetning til i dag hvor det bare stort sett er RTM som er brukt. Det vil i årene fremover bli et enda større behov for gode verktøy for å undersøke hvilke tiltak som kreves for å nå målsetninger i transportsektoren. Et mål med oppgaven er å diskutere om STRATMOD kan være en hensiktsmessig modell å benytte seg av for planleggere, i større grad enn den er i bruk i dag.

1.6 Begrensninger

Denne oppgaven skal i størst mulig grad handle om å evaluere STRATMOD og diskutere tiltak i Trondheim. Dette vil si at enkelte inputparametre ikke er undersøkt nøye og at det her kan oppstå feilkilder. Eksempler på dette er forsinkelse og tidsverdier. Dette er store tema som kunne vært egnede masteroppgaver i seg selv å undersøke for Trondheimsområdet. For disse parametre må det dermed gjøres relativt raske antagelser, men disse diskuteres i oppgaven.

Videre er det stor usikkerhet i effekten av tiltakene diskutert i oppgaven. Dette kommer av at målsettingen på faktorer som undersøkes i oppgaven ofte ikke bli kvantifisert, noe som gjør at de må antas i dette arbeidet. Dette gjelder for eksempel reduksjon i forsinkelser etter innføring av metrobussen i Trondheim.

2. Transportmodellering

I følgende kapittel diskuteres hvorfor vi trenger transportmodeller, og kort hvordan transportmodeller fungerer. Videre diskuteres hvilke styrker og svakheter transportmodellene har i dag, og hvilke endringer som kunne gjort dem mer nyttige.

2.1 Om transportmodeller

For at en by skal fungere godt både sosialt og økonomisk er det meget viktig med et transportsystem som fungerer (Meyer and Miller, 2001). Transportsystemet utvikles for å sikre effektive løsninger for brukerne, og for å utvikle byene i en ønsket retning.

For å kunne predikere hvilken effekt en har av tiltak i transportsektoren er det helt nødvendig med gode transportmodelleringsverktøy. Transportmodeller ble tatt i bruk i Norge allerede på 1960-tallet, men resultatene varierte såpass at man må ut på 1990-tallet for å finne modeller hvor resultatene ble forventet å ha en viss sikkerhet (Arge et al., 2000). De siste tiårene har transportproblemene og utfordringene blitt mer komplekse enn de var tidligere, noe som gjør at modellene får en viktigere rolle når effekter skal undersøkes (Ortúzar and Willumsen, 2011). En har gått fra problemstillinger i persontransporten hvor fokuset har vært utvidelse av motorvegnettet, til å forsøke å utvikle effektive transportløsninger for alle trafikkgrupper (Meyer and Miller, 2001). Dette har ført til at det kreves mer av transportmodellene enn tidligere.

Transportmodeller brukes for å analysere prosjekter og endringer i transportnettverket, for å undersøke hvilke effekter en har av tiltak. Dette kan være mange forskjellige typer prosjekt. Alt fra nye vegstrekninger eller økt vegstandard for å forkorte reisetid, vegprising for å få ned trafikken i byene, eller endrede takster og tilbud innenfor kollektivtransporten.

2.2 Bruk av transportmodeller

I de fleste urbane transportprosjekter er transportmodeller en viktig del av planleggingsarbeidet. Allikevel er det en vanlig å benytte seg av modeller som man ikke forventer skal gi et 'korrekt' resultat, og at man velger å se bort fra resultatene som modellen gir (Hatzopoulou and Miller, 2009). Modellene blir sett på som unøyaktige, og man velger ofte å anta flere effekter av tiltak enn resultatene modellene gir når man skal ta avgjørelser.

Givoni et al. (2016) har undersøkt nytten av resultater fra transportmodeller for politiske avgjørelser, og har konkludert med at de må gjøres enklere for å ha den nytten man ønsker. Givoni et al. (2016) sier at transportmodeller må være forståelige, pålitelige, brukervennlige, effektive og fleksible for å kunne bistå i avgjørelser, men at den økende graden av inkludering av forklaringsfaktorer og kompleksitet gjør at modellene blir enda mindre tilgjengelige og forståelige for de som skal ta avgjørelsene.

Jonsson et al. (2011) har gjennomgått nytten og svakheten for transportmodellene i Sverige. Her blir det blant annet diskutert problemene en har med beregningstiden for de store transportmodellene. Ved gjennomgang av resultater er det ofte slik at en finner feil som gjør at analysene må kjøres på nytt, noe som gjerne tar mange dager for tunge og komplekse modeller. Dette kan ofte gjøre at analyser på spesifikke prosjekt tar mange måneder.

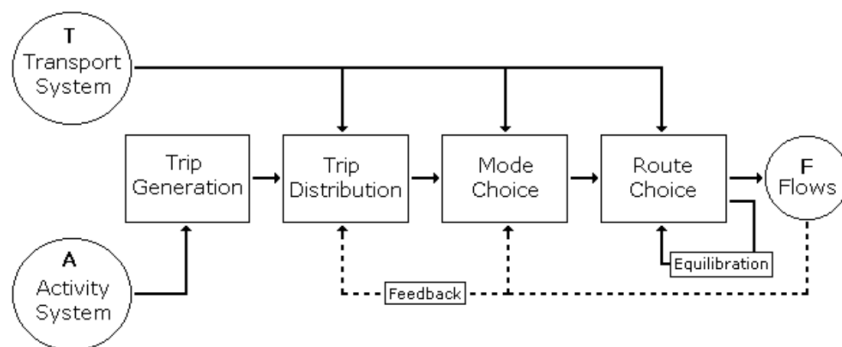
I Norge brukes transportmodeller i forbindelse med de fleste større samferdelsprosjekt. RTM er den eneste modellen som brukes når en forventer endringer i etterspørsel og reisemiddel, mens modeller som Aimun og Sidra brukes mye når en undersøker avvikling på et mer detaljert nivå (Tørset et al., 2015).

I Norge brukes modellen TRENKLIN til jernbaneanalyser. Modellen fungerer i prinsippet relativt likt som STRATMOD og bruker elastisiteter sammen med generaliserte kostnader til å beregne etterspørselsendringer (Ranheim, 2017). I motsetning til STRATMOD som baserer seg på RTM-kjøringer som basis, bruker TRENKLIN faktiske passasjerdata. I likhet med STRATMOD tar den hensyn til trengsel og kvalitetsdata. Flügel and Hulleberg (2016) oppsummerer at TRENKLIN er godt egnet til å beregne kvalitetsendringer i togtransporten, men at den bør inkludere transportmiddelvalg for å gi en riktigere vurdering av langsiktige prosjekter.

2.3 Firestegsmodellen

De fleste transportmodeller som skal predikere utviklingen i transportsystemet benytter i dag prinsippene fra en såkalt firestegsmodell (engelsk: four step model). Selv

om det i dag er et mer komplekst modelldesign med en større integrasjon mellom de ulike stegene, følges i prinsipp beregningsrekkefølgen i figur 2.1. Her er befolkningens ønske etter transport (engelsk: activity system) og transportsystemet inputdata, og modellen finner balansen mellom tilbud og etterspørsel til transportsystemet (McNally, 2008).



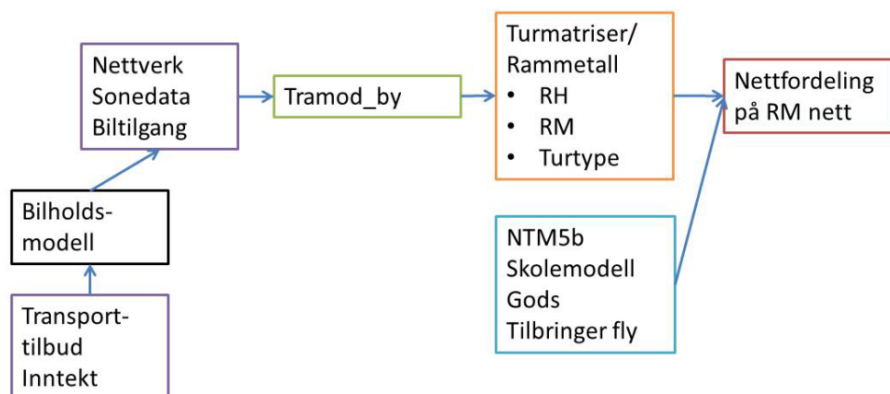
Figur 2.1: Firestegmodellen (McNally, 2008)

I trinn 1 (*'trip generation'*) blir det totale antall turer for analyseåret bestemt, basert på befolkningens behov eller ønske etter transport. Deretter blir reisene trinn 2 (*'trip distribution'*) bli fordelt utover i turmatriser som representerer transportnettverket, basert på tilknytningen beregnet mellom de ulike sonene. I trinn 3 (*'mode choice'*) blir turmatrisene fordelt på ulike reisemiddel. Så blir reisene inkludert reisemiddel i trinn 4 (*'route choice'*) fordelt på transportnettverket og en får generert reisemiddelspesifikke nettverk. (McNally, 2008)

2.3.1 RTM

I dag er det i hovedsak den regionale transportmodellen (RTM) som benyttes for å undersøke tiltak i Norge. Den bygger som mange andre større modeller på prinsippene fra firestegsmodellen. RTM ble utviklet på begynnelsen av 2000-tallet for å ha et verktøy for "strategisk tverrsektoriell planlegging". RTM ble utviklet for bruk til analyser i forbindelse med arbeidet rundt den nasjonale transportplanen (NTP), men har i dag fått et mye større bruksområde og er i praksis den eneste transportmodellen som benyttes i transportanalyser i Norge (Tørset et al., 2013). Oppbygningen av RTM vises i figur 2.2.

RTM benytter en etterspørselsmodell (Tramod_by) til å generere turer mellom ulike soner fordelt på reisehensikt og reisemiddel. Norge er delt inn 14000 ulike soner, og alle reiser i modellen blir foretatt mellom disse (Tørset et al., 2013). Sonene følger inndelingene til SSBs grunnkretser. Tramod_by bruker transportnettverket og sonedata med befolkning, arbeidsplasser, inntekt osv og genererer turmatriser. I



Figur 2.2: Oppbygging av RTM versjon 3 (Tørset et al., 2015)

disse turmatrisene får en oversikt over reisemiddel, reisehensikter og turtyper som fordeles på transportnettet. I STRATMOD blir disse matrisene aggregert og brukt som inngangsdata.

2.4 Tiltak i norske byer

Det er i dag den nasjonale transportplanen (NTP) som beskriver de langsiktige planene innen transportsektoren. Her samarbeider Avinor, Kystverket, Jernbanedirektoratet og Statens Vegvesen, og setter sammen en prioritert landsdekkende plan. Deretter blir denne planen etter revisjon fra regjeringen presentert for stortinget. Sentralt for byområder i NTP er nullvekstmålet, noe som gjør at de større byene må legge dette til grunn i sin planlegging.

Med nullvekstmålet har det vært nødvendig med målrettede tiltak i byområdene. For å nå nullvekstmålet har for eksempel Trondheim vedtatt Bymiljøavtalen. Her er økte bomkostnader, nye kollektivløsninger og tiltak for myke trafikanter eksempler på tiltak som har vært gjennomført.

Byutredningene er utredninger i de 8 største byområdene i Norge for å undersøke hvilke tiltak som kreves fremover for å klare å nå nullvekstmålet, med unntak av Oslo som har gjennomført KVU Oslo-navet. Utredningen viser at det vil kreve relativt drastiske tiltak i Trondheim, med eksempelvis en fire ganger økning av bompenger sammen med store kollektivinvesteringer (Vegvesen, 2017).

2.5 Transportmodellering av tiltak i byområder

For at en skal kunne planlegge for nullvekst i byområder, trengs det verktøy som gjør det mulig å analysere effektene av ulike tiltak for å kunne si noe om hvilke grad av måloppnåelse en kan forvente å få av tiltakene. Avhengig av tidshorisont og hvilke

utfordringer en ønsker å besvare velger enten strategiske modeller, elastisitetsmodeller eller avviklingsmodeller. Tørset et al. (2015) sier at en kan velge verktøy ut i fra følgende spørsmål:

1. Hvor detaljerte resultater er etterspurt? Eller kan resultatene aggregeres, og i så fall hvor mye?
2. Hvor stort avvik tåles det på de ulike resultatene?
3. Trenger vi å inkludere flere forklaringsfaktorer for etterspørselen etter kollektivturer?
4. Vil trafikkavvikling være en viktig del av analysen?
5. Hvilket datagrunnlag er tilgjengelig?
6. Hvor mye ekstra datagrunnlag kan skaffes?

Hvis analysesituasjonen gjør at man kan forvente endringer i etterspørselen, har RTM vært den eneste modellen i Norge som er egnet til analyser. Hvis RTM skal brukes til å analysere endringer for kollektivtrafikanter, må det gjøres vurderinger om det kan forventes endringer utover de som beregnes av RTM. Dette gjelder spesielt dersom kollektivtrafikanterne vil få endringer i komfort, pålitelighet eller trengsel om bord (Tørset et al., 2015). Dette betyr at hvis en benytter RTM alene for eksempel i byutredningene, må en anta at RTM ikke klarer å fange opp alle endringer. Med bakgrunn i dette har *Urbanet analyse* utviklet STRATMOD, for å kunne inkludere flere forklaringsfaktorer for kollektivtransporten.

2.6 Mangler i dagens transportmodelleringsverktøy

2.6.1 Treffsikkerheten i byområder

RTM har flere svakheter for byområder, men er i dag hovedverktøyet til analyser her. I en by med et godt kollektivtilbud vil det være viktig med et verktøy som beskriver kollektivtilbudet på en representativ måte. RTM forenkler tilbudssiden til kollektivtilbudet og beskriver rutetilbudet med 'headway' og ikke som en rutetabell. Den får dermed en dårlig representasjon av turer gjennom systemet, og en vil dermed ikke kunne beskrive koordinerte tilbud eller ulike rutevalg. Det kan for eksempel være to ulike rutetilbud for en reise, men dette vil ikke RTM kunne ta hensyn til (Tørset et al., 2015). RTM fungerer i dag også dårlig til å beregne kjøretider i byområder med købelastning, der den ikke fanger opp alle de dynamiske effektene køene har på biltrafikken (Flügel et al., 2014).

RTM vil undervurdere effekten av kollektivtiltak og overvurderer effekten av økt vegkapasitet. Den vil blant annet ikke vise alle fordeler med ruteeffektiviseringer, da

den ikke klarer å fange opp alle effekter av et tilbud med mindre forsinkelser. For biltrafikken vil RTM vekte ulempene ved køkjøring likt som kjøring med fri flyt, noe som gjør at den vil overvurdere gevinsten av den økte vegkapasiteten (Betanzo et al., 2016a).

Tørset et al. (2015) gir mange anbefalinger for videreutvikling av RTM. Noen viktige mangler for kollektivmodelleringen sånn RTM fungerer nå er:

- Kollektivtilbud som 'headway' gjør at det ikke er mulig å beskrive koordinerte kollektivtilbud.
- Tilbringer til holdeplass er dårlig beskrevet, og beskriver kun gange. Sykkel er ikke inkludert her.
- Kollektivtakster er unøyaktig modellert, det er blant annet dårlig beskrevet i forhold til rabatter og priser på periodebilletter mot vanlig takst.

2.6.2 Transportmodellenes styrker og svakheter

RTM har vist seg å gi relativt gode resultater på typiske 'vegprosjekter' som bompengetiltak eller økning av vegstandard. Modellen har blitt brukt til slike analyser siden rundt 2000, og er nå på et nivå hvor man forventer relativt korrekte resultater. Blant annet viser Odeck and Welde (2017) en gjennomsnittlig forskjell mellom trafikkprognoser og faktisk trafikk på 4% ved undersøkelser av bompengeprojekt.

For kollektiv er RTM foreløpig ikke på et nivå hvor man forventer høy treffsikkerhet av analyser, på samme nivå som for typiske bilprosjekter. Her er tilbudssiden ganske forenklet hvor rutenettet er beskrevet med headway, og den mangler viktige forklaringsfaktorer som kapasitet, trengsel og forsinkelse. Dette gjør at man mister mange nyanser i systemet, og resultatene av modellen blir usikre.

Under arbeidet med Byutringene har RTM vært hovedverktøyet for analyser. Underveis i arbeidet har vegvesenet merket seg noen svakheter med RTM som er oppsummert i tabell 2.1.

Tabell 2.1: Eksempler på tiltak som ikke håndteres av transportmodeller. Kopiert fra Byutredningene for Trondheim (Vegvesen, 2017)

| Tiltak, kategori | |
|------------------|--|
| Bil | <ul style="list-style-type: none"> • For bompenger vil ikke modellen kunne gi svar på «månedstak» på antall passeringer i måneden. Alle bilturer blir uansett belastet. |
| Kollektiv | <ul style="list-style-type: none"> • Sanntid (nyttjen passasjer har av å sjekke dette og tilpasse ventetiden) • Kapasitetsproblem på buss/tog (sitteplasser vs ståplasser) • Div brukervennlige betalingsystemer • Forhold som angår holdeplass og fasiliteter |
| Sykkel | <ul style="list-style-type: none"> • Helår isfri sykkelfelt (bar strategi) • Standard på sykkel/g vegene. • Parkering • Fasiliteter på arbeidsplass osv mht. sykklister |
| Næringstransport | <ul style="list-style-type: none"> • Bedre samordning mellom transportører • Bedre koordinering i varemottak • Flere laste- og lossesoner i Midtbyen • Parkeringsmuligheter for håndverkere og off. tjenesteytere |

3. Teori

I følgende kapittel presenteres litteraturen som underbygger ulike parametre og valg som er gjort i arbeidet med modelloppbyggingen av STRATMOD. Den første delen er grunnleggende konsepter innen transportmodellering, som de fleste med erfaring med transportanalyser bør kjenne godt til. Deretter er det en del som tar for seg ulike aspekter ved etterspørselen etter kollektivtransport.

3.1 Grunnleggende konsepter

3.1.1 Generaliserte kostnader

Når en reisende skal velge reiserute og reisemiddel vil en i transportmodellering anta at den reisende ønsker å minimere sin 'ulempe' ved reisen, dvs. å velge det alternativet som de synes virker best for dem. For å kunne vurdere denne ulempen bruker en i transportmodellering å summere alle kostnader for reiseelementene ved for en reise, både direkte og indirekte, og kalle disse for *generaliserte kostnader* (GK) (Balcombe et al., 2004). Dette gjør det mulig å sammenligne ulike turalternativer etter hvilke kostnader turene har, samt å anta at flere vil velge de billigere turalternativene enn de dyre. Formel for generaliserte kostnader:

$$GC = a_0 + p + \sum a_i q_i \quad (3.1)$$

hvor

GC Generalisert kostnad

p Direkte kostnad av reise

a_i Tidsverdi (Value of time)

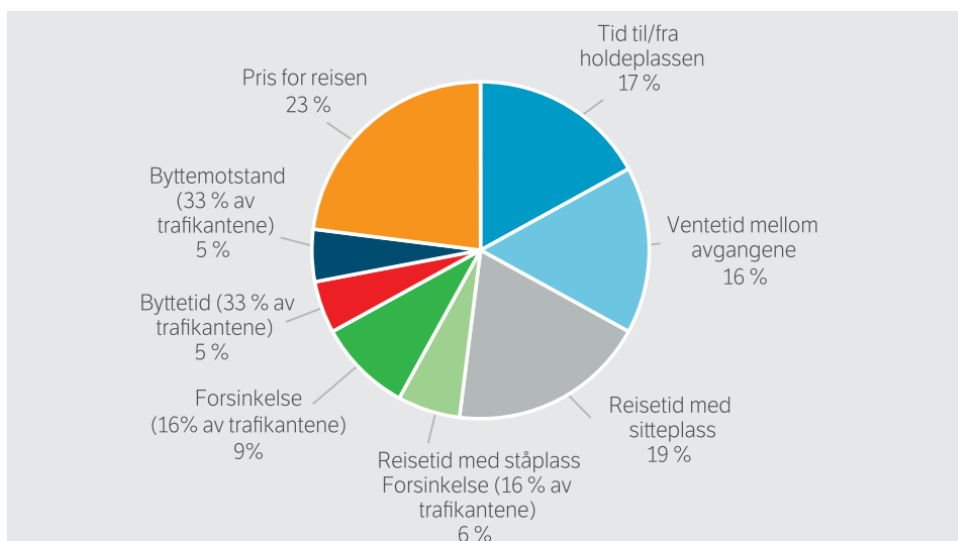
a_0 'Reisemiddelspesifik kostnad'

q_i 'Reisemiddelspesifik tid'

En typisk oppbygning av generaliserte kostnader for kollektivreiser vises i figur 3.1. Det er i teorien mulig å inkludere alle aspekter ved en reise i GK, men små element som er vanskelige å måle utelates ofte. Eksempler på dette er renslighet, vennligheten

3.1. GRUNNLEGGENDE KONSEPTER

til betjening osv. I figur 3.1 ser vi at takst står for ca. 25% av den generaliserte kostnaden.



Figur 3.1: Gjennomsnittlig fordeling av generalisert kostnad for en typisk kollektivreise i Oslo/Akershus (Norheim, 2017)

3.1.2 Elastisiteter

For å kunne kvantifisere responsen til systemet ved en endring i en kostnadskomponent, bruker en ofte elastisiteter. Disse gjør det mulig å beregne endringene i etterspørsel basert på endringene i tilbudet (Balcombe et al., 2004). Som regel er det priselastisitet som er enklest å observere.

$$\varepsilon_p = \frac{\text{Relativ endring i etterspørsel}}{\text{Relativ endring i pris}} = \frac{\% \Delta Q}{\% \Delta P} \quad (3.2)$$

For å kunne undersøke etterspørselseffekter av kvalitetshevende tiltak må en gå veien om implisitte elastisiteter. Dette fordi en ikke klarer å observere elastisitetene direkte, ved for eksempel forsinkelsesreduksjon eller en bedre rutestruktur. For å beregne implisitte elastisiteter bruker man en kjent elastisitet, og en kjent verdsetting av av endringer en beregner elastisiteten på (Fearnley et al., 2015). Her vist ved beregning av elastisitet for forsinkelse:

$$\varepsilon_{\text{forsinkelse}} = \varepsilon_{\text{pris}} \times \frac{\text{minutter forsinkelse} \times \text{verdsetting av forsinkelse}}{\text{Pris}} \quad (3.3)$$

En annen liknende utregning er å basere seg på de generaliserte kostnadene i beregningene. Dette brukes mye i STRATMOD-modellen (Berg et al., 2017):

$$\text{Kollektiv : } \varepsilon_{GK} = \frac{\varepsilon_{\text{takst}}}{\frac{\text{Takst}}{\Sigma GK}} \quad \text{Bil : } \varepsilon_{GK} = \frac{\varepsilon_{\text{bensinpris}}}{\frac{\text{Sum avstandskostnad}}{\Sigma GK}} \quad (3.4)$$

Når det er beregnet GK-elasticiteter kan man deretter beregne etterspørselsendringer på alle faktorer som inngår i GK. Her er det lagt inn ganske mange forenklinger og antagelser, så det vil være usikkerheter med disse beregningene. Beregningene baserer seg blant annet på elasticitetsverdier som har vist seg å ha ganske stor variasjon i mange undersøkelser.

Det finnes gode internasjonale erfaringstall for etterspørselseffekter ved endringer i tilbudet for kollektivtransporten. Paulley et al. (2006) er en metastudie hvor effekten av billettpriser, kvalitet på tilbudet, inntekt og bileierskap er undersøkt. Resultatene viser at en kan forvente en korttidselastisitet rundt -0.4 og en langtidselastisitet rundt -1.0. Litman (2004) sier at en kan forvente kollektivtakstelastisitet mellom -0.2 og -0.5 over en kort tidsperiode og -0.6 og -0.9 over et langt tidsperspektiv (over 5 år).

Det ble gjennomført flere undersøkelser på begynnelsen av 2000-tallet som indikerte kollektivtakstelastisitetene i Trondheim. Vibe et al. (2005) indikerer at elasticitetene i Trondheim (samt i Oslo- og Akershusområdet) ligger noe lavere enn den vanlige antagelsen på -0.4. Dette betyr at trafikantene er mindre prisfølsomme i disse områdene.

Internasjonale studier sier at bensinpriselasticiteten ligger rundt -0.1 på kort sikt og -0.3 på lang sikt (Goodwin et al., 2004) (Balcombe et al., 2004), men det er vanskelig å finne litteratur som med større sikkerhet bestemmer denne.

Odeck and Johansen (2016) har undersøkt drivstoffelasticiteter i Norge mellom 1980 og 2011. Her finner man en korttidselastisitet rundt -0.11. Fridstrøm (1998) finner også en korttidselastisitet på -0.11, samt en langtidselastisitet på -0.26. Fridstrøm and Alfsen (2014) har gått gjennom flere eldre norske studier og funnet at drivstoffelasticitetene har variert i området -0.08 til -0.18 på kort sikt, og -0.17 og -0.27 på lang sikt.

3.1.3 Tidsverdier

Tidsverdier (engelsk: Value of time) er nøkkelfaktorer for å bestemme de generaliserte kostnadene til ulike reiser. De er også nødvendig for å beregne GK-elasticiteter. Fordi trafikantene verdsetter ulike elementer av en tur ulikt, må dette hensyntas i beregningene. Høy verdsetting av tid i denne sammenheng betyr at trafikantene har høy betalingsvilje for å redusere tiden, ikke at de verdsetter tiden for eksempel på bussen høyt i positiv forstand (Ellis and Øvrum, 2014).

I Norge er det gjennomført et knippe tidsverdistudier de siste 10 årene. Den viktigste er mest sannsynlig ”Den norske verdsettingsguiden - tid” (Ramjerdi et al., 2010). Her er det gjennomført en spørreundersøkelse der respondenten skulle velge mellom ulike alternative kombinasjoner av reisetid og kostnader for reiser. Med bakgrunn i disse valgene kunne en beregne tidsverdier.

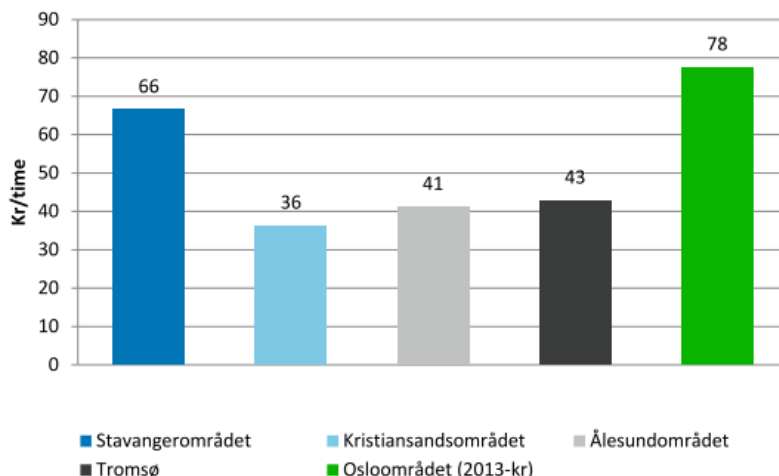
Det har vist seg at det er relativt store lokale forskjeller i tidsverdier, spesielt mellom gjennomsnittlige nasjonale verdier og de største byene. Undersøkelser i Oslo/Akershus viser en 50 prosent høyere verdsetting av reisetid med sitteplass versus undersøkelsene på landsbasis (Norheim, 2012). Disse forskjellene skyldes mange faktorer, men noen av de viktigste kan være: 1) De kollektivreisene i Oslo har ca 20% høyere gjennomsnittlig inntekt enn resten av landet. 2) Det er en større andel av yrkesaktive og folk med høyere utdanning blant de kollektivreisene i Oslo. 3) Undersøkelsen til Ramjerdi et al. (2010) har et utvalg med en overvekt av personer som benytter kollektivtransport i utgangspunktet noe som kan gi generelt lavere tidsverdier enn et mer representativt utvalg.

Tidsverdier for Trondheimsområdet

For Trondheim har det ikke blitt publisert noen lokale tidsverdier de siste årene. Ellis and Øvrum (2014) har undersøkt *verdsettingen av tid i fem byområder*. Resultatene vises i figur 3.2, hvor Stavanger, Kristiansand, Ålesund, Tromsø og Osloområdet ble undersøkt. Resultatet viser en klart høyere tidsverdi i de største byene. Det er ikke undersøkt nærme hvilke årsaker de store forskjellene i tidsverdier kan skyldes. Ellis and Øvrum (2014) mener det kan komme av at brukerne av kollektivtransport i Oslo er en mye mer heterogen gruppe enn brukerne i de andre områdene, og at det er en større andel brukere med høy inntekt. Dette vil sannsynligvis være ganske tilsvarende for Trondheimsområdet, men ikke i like stor grad som i Oslo/Akershus. Det antas derfor at Trondheim ligger på et nivå med de fire byene i Ellis and Øvrum (2014) og at snittet for disse kan benyttes som tidsverdier i Trondheim, i mangel på en lokal undersøkelse.

3.2 Etterspørsel etter kollektivtransport

Fearnley et al. (2015) velger å skille mellom *harde* og *myke* kvalitetsfaktorer for kollektivtransporten. De harde faktorene er gjerne de som er relativt enkle både å måle og å inkludere i transportmodellene, og inkluderer gjerne pris, alle reisetidselementer, frekvens og bytte. De myke kvalitetsfaktorene blir alle resterende faktorer som trygghet, sjåføregenskaper/kjørestil, informasjon, sitteplass, informasjon, holdesplasskvalitet, renhold, sikkerhet, punktlighet, trengsel og forutsigbarhet. Det er ingen



Figur 3.2: Verdsetting av reisetid om bord med sitteplass (kr/time) blant kollektivtrafikanter i fem byområder, 2013-kroner (Ellis and Øvrur, 2014)

tvil om at de myke faktorene har en etterspørselseffekt, men det er vanskeligere å si i hvor stor grad. De myke kvalitetsfaktorene har tidligere ikke blitt implementert i transportmodeller fordi etterspørselseffekten har blitt sett på som såpass liten at de har druknet i støy fra naturlige etterspørselssvingninger. Samtidig har det vært gjort relativt få vitenskapelige undersøkelser av faktorene (Fearnley et al., 2015). Faktorene er diskutert i avsnitt 3.3.

3.2.1 Takster

Billettpriser er ofte ca. 25% av generalisert kostnad og dermed en av de viktigste etterspørselsfaktorene. Balcombe et al. (2004) skiller mellom kort-, mellom- og langtidselastisiteter. Disse er oppsummert i tabell 3.1, hvor vi ser at elastisitetene for buss varierer fra -0.42 til -1.01 avhengig av tidshorisont. Denne utviklingen over tid

| Tidshorisont | Priselastisitet |
|-------------------|-----------------|
| Kort- (< 12 mnd.) | -0.42 |
| Mellom- (1-4 år) | -0.56 |
| Langtid (> 4 år) | -1.01 |

Tabell 3.1: Elastisitetsverdier for buss (Balcombe et al., 2004)

skyldes to hovedgrunner. For det første vil en over lengre tid kunne forvente at flere responderer på prisendringen og at en får med seg andre langtidseffekter, for eksempel at folk bytter jobb eller flytter. For det andre vil en på lang sikt ha en endring i kundegruppen som benytter seg av kollektivtransporten. De som slutter å ta kollektivtransport trenger ikke nødvendigvis å ha de samme preferansene som de nye brukerne (Balcombe et al., 2004). Merk også at disse forskjellene i elastisitet er viktig for beregning i GK-elastisiteter, som beskrevet i kapittel 3.1.2.

Når en skal finne et optimalt prisnivå er det viktig å huske at takstnivået har inn-

virkning på rutetilbudet. Et lavere takstnivå vil naturlig nok gi lavere inntekter, noe som vil gå ut over tilbudet. Kostnadene for å få flere til å bruke kollektivtransport er avhengig av om disse vil reise i rush eller utenfor rush, da flere rushtidsreiser kan være dobbelt så dyre for tilbydereren enn de som reiser utenfor rush. Dette kommer av at størrelsen på vognparken er direkte avhengig av tilbudet i rushtiden (Norheim, 2017). Betanzo et al. (2016b) viser at det er mulig å redusere kostnadene for kollektivtransporten i Oslo ved å redusere takstene utenfor rushtid og øke dem i rushtid, altså rushtidstillegg for kollektivtakstene.

3.2.2 Reisetid

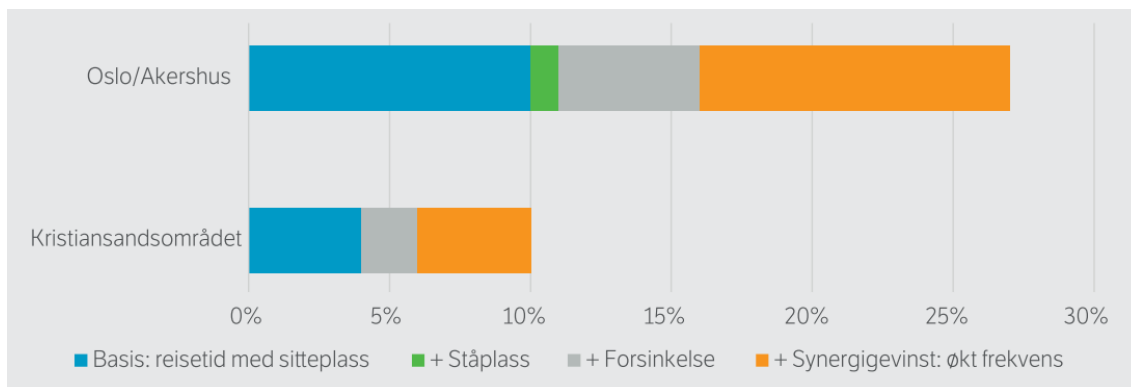
Reisetid er en viktig faktor som avgjør om kollektivtransporten klarer å konkurrere med bilen. I Oslo ser en at i områder der hastigheten på kollektivtransporten er over 20 km/t klarer den å oppnå en reisemiddelandel på nesten 50 %, mens i områder med hastigheter under 10 km/t er andelen nede i 15 % (Engebretsen, 2003). Tilsvarende ser en i Trondheim der kollektivandelene er klart størst nær de gjennomgående linjene som har relativt høye hastigheter og med en høyfrekvent tilbud.

Flere studier viser at reisetidselastisitetene for buss ligger i området -0.3 til -0.6 (Hensher, 2008; Balcombe et al., 2004). Dette betyr at hvis en klarer å redusere reisetiden på en strekning fra 20 til 18 minutter, altså 10 %, vil en kunne forvente mellom 3 % til 6 % flere reisende.

3.2.3 Fremkommelighet

Mange byer, inkludert Trondheim, har i dag en lavere fremkommelighet på bussene enn det som ville vært tilfellet hvis bussene fikk full prioritet i alle kryss og veglenker. Dette gjelder spesielt i rushtiden. Fremkommelighetsproblemene gir de reisende både en direkte ulempe pga. lengre reisetid, men gjør også at rutetabellen må planlegges etter tidene på døgnet med rush, for å gi brukerne den forutsigbarheten som er nødvendig. Dette betyr at hvis fremkommeligheten for bussene i rushtid forbedres, så vil det også være mulig å gjøre rutetabellen 'strammere' også resten av døgnet (Norheim, 2017).

Flere studier er gjennomført for å undersøke hvilke effekter en vil få ved å forbedre fremkommeligheten for buss og trikk. Balcombe et al. (2004) viser til at det er stor variasjon i hvorvidt målrettede fremkommelighetstiltak gir flere passasjerer. Dette kommer av at mange tiltak, som bussprioritering i enkelte lyskryss, kun har begrenset effekt på reisetiden. Ved tiltak hvor en har en klar forbedring ligger reisetidselastisitetene rundt -0.4, men de varierer i området 0 til -1.



Figur 3.3: Etterspørselseffekten av 20 % økt fremkommelighet i Oslo/Akershus og Kristiansandsområdet (Norheim, 2017)

Betanzo and Norheim (2014) viser at en 10 % hastighetsøkning vil kunne gi en reduksjon på driftskostnadene med ca. 9 %. Dette kommer blant annet av at en raskere omløpstid vil gjøre det mulig å redusere antall busser i omløp, eller å kjøre med høyere frekvens med de samme antall busser. Hastighetsforbedringen vil naturligvis også gi en lavere reisetid for trafikantene. Figur 3.3 viser effektene av en 20 % fremkommelighetsforbedring, hvor en ser både de direkte effektene av forbedringen og synergigevinstene.

3.3 'Myke' kvalitetsfaktorer

I STRATMOD er det mulig å inkludere noen kvalitetsfaktorer som transportmodeller i Norge i liten grad har inkludert tidligere. Disse er *punktlighet*, *trengsel* og *forutsigbarhet*.

3.3.1 Punktlighet, forsinkelse og forutsigbarhet

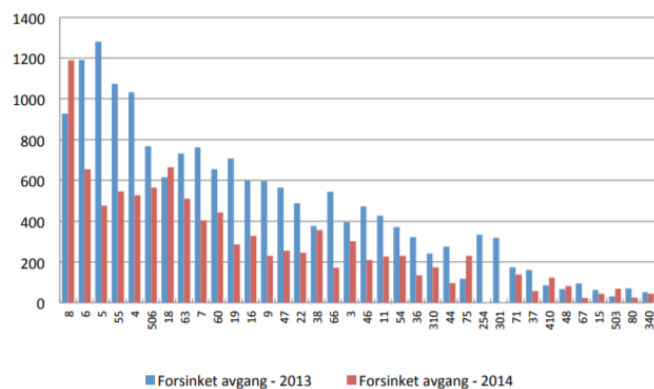
Forsinkelser er en stor ulempe for brukerne av kollektivtransport, og kan være en viktig faktor som bidrar til at enkelte velger andre alternative reisemåter. Undersøkelser viser at trafikantene vekter effektiv forsinkelse mellom 4-7,5 ganger høyere enn reisetid med sitteplass Ellis and Øvrum (2014). Fem minutter forsinkelse vil dermed få en betydelig andel av GK for en tur.

I Trondheim er det betydelige forsinkelser, som vist i figur 3.4. Det er grunn til å tro at en fremkommelighetsforbedring, som igjen vil minske forsinkelsene, vil være til stor nytte for kollektivsystemet i byen.

Forutsigbarhet handler om hvor ofte og regelmessig punktlighet og forsinkelser inntrer slik at brukeren har mulighet til å tilpasse seg til disse elementene eller ikke (Fearnley et al., 2015). Etterspørselseffekten av dette er lite studert i Norge. Redman

3.3. 'MYKE' KVALITETSFAKTORER

et al. (2012) sier at forutsigbarhet er en av de viktigste faktorene for kvaliteten for kollektivsystemet, og at denne bør være hovedfokus sammen med hastighet, når en forsøker gjøre kollektivtransport mer konkurransedyktig mot bil.



Figur 3.4: Antall forsinkede avganger fra startholdeplass for busslinjer i Trondheim i 2013 og 2014. (AtB, 2014)

3.3.2 Trengsel

Grad av trengsel og komfort ombord er viktige faktorer for den reisendes verdisetting av ombordtid. Disse faktorene er ikke inkludert i RTM, men er mulig å inkludere i STRATMOD. Ruud et al. (2010) viser at reisetid med ståplass vektet 1.7 ganger en reise med sitteplass i Oslo. Kundene har en gjennomsnittlig betalingsvilje på 14 kr per reise for å unngå høy trengsel.

3.3.3 Byttemotstand

Bytte av transportmiddel er en betydelig ulempe for trafikantene. Internasjonale studier viser at ulempen av et bytte kan tilsvare 5min til over 30 min i reisetid (Balcombe et al., 2004). Norheim (2012) verdsetter byttemotstanden fra 11kr til 25kr for reiser i Oslo/Akershus. Når Trondheim etter hvert går over til det nye metrobussystemet, vil det bli nødvendig for flere brukere å bytte buss i løpet av reisen. Det blir dermed viktig å bruke en så riktig så byttemotstandfaktor som mulig i modelleringen av det nye metrobuss-systemet.

4. Metoder

Metodene i denne oppgaven er i hovedsak etablering av STRATMOD, samt modellering med denne og den regionale transportmodellen (RTM). For å ha grunnlag for å vurdere kvaliteten både av inngangsdata og resultater er det gjennomført et litteratursøk i forkant av arbeidet med modellen.

Fremgangsmåten for behandling av inngangsdata og oppsett av modellen er i vist i kapittel 4.1 og utover. Den følger i stor grad fremgangsmåten som er beskrevet i dokumentasjonen til STRATMOD, henholdsvis Berg (2017) og Berg et al. (2017).

Arbeidet med modellen begynte med et litteraturstudium. Her ble det undersøkt hvorvidt det er publisert studier på modeller som ligner STRATMOD, dvs strategiske transportmodeller med bruk av elastisiteter for å beregne etterspørselsendringer. Det ble ikke funnet internasjonale studier eller modeller som virker direkte relevant for STRATMOD. Det ble søkt etter litteratur i Oria, Google Scholar og Google. Typiske søkeord var: *transport modelling, urban, simplified transport models, elasticities public transport etc.*

Videre ble det søkt etter litteratur som omhandler hvilke faktorer som er relevant for etterspørselen etter kollektivtransport. Dette for å ha et teoretisk grunnlag i modelleringen. Her er det tatt utgangspunkt i norsk litteratur på området, spesielt rapporter fra TØI og Urbanet analyse, siden disse skriver spesifikt om norske forhold. Litteraturen ble valgt ut i fra om de synes relevant for caseområdet. Dette betyr at tallmateriale bør gjenspeile norske forhold. I tillegg er det viktig å huske at det kan være stor forskjell mellom forhold i norske byer og at resultater fra Oslo ikke nødvendigvis er relevant for Trondheim.

Før arbeidet med modellene ble påbegynt, måtte inngangsdata samles inn. Disse har i stor grad blitt hentet fra Statens vegvesen sitt E-room, eller mottatt fra transportmodelleringsgruppa i Statens Vegvesen Trondheim, som har jobbet med Byutredningen. I tillegg er det mottatt og brukt sanntidsdata fra AtB.

I arbeidet er det i stor grad fokusert på modellen og dens potensiale, og i mindre grad fokusert på detaljer til enkeltparametre. Eksempler på dette er trengsel og

andel sitteplasser på bussene i Trondheim, som kunne vært en masteroppgave i seg selv å undersøke. Dette medfører at det er risiko for feilkilder i arbeidet.

For å undersøke i hvilken grad resultatene fra modellen varierer når en endrer på inngangselastisitetene ble det gjennomført en sensitivitetsanalyse på disse. Dette for å undersøke hvor mye resultatene fra modellen varierer, når en endrer på inngangselastisitetene innenfor et forventet nivå.

Modelleringen av ulike prosjekt og tiltak ble undersøkt ved å kjøre dem i RTM, for deretter å aggregere resultatene og importere dem inn i STRATMOD. Her gjennomføres videre analyser. Det er vanskelig å bestemme hvilke endringer som kan forventes av tiltakene, og i modelleringen er det stort sett brukt en flat prosentvis endring i faktorer. Dette kommer av at det er vanskelig å kvantifisere effekten av ulike tiltak, og at det er gjort få studier som diskuterer hvilken langtidsvirkende effekt et tiltak har på et helt system. Usikkerheten i effekten av tiltakene gir relativt store usikkerheter på resultatene fra modellen.

4.1 Etablering av inngangsdata til storsonemodellen

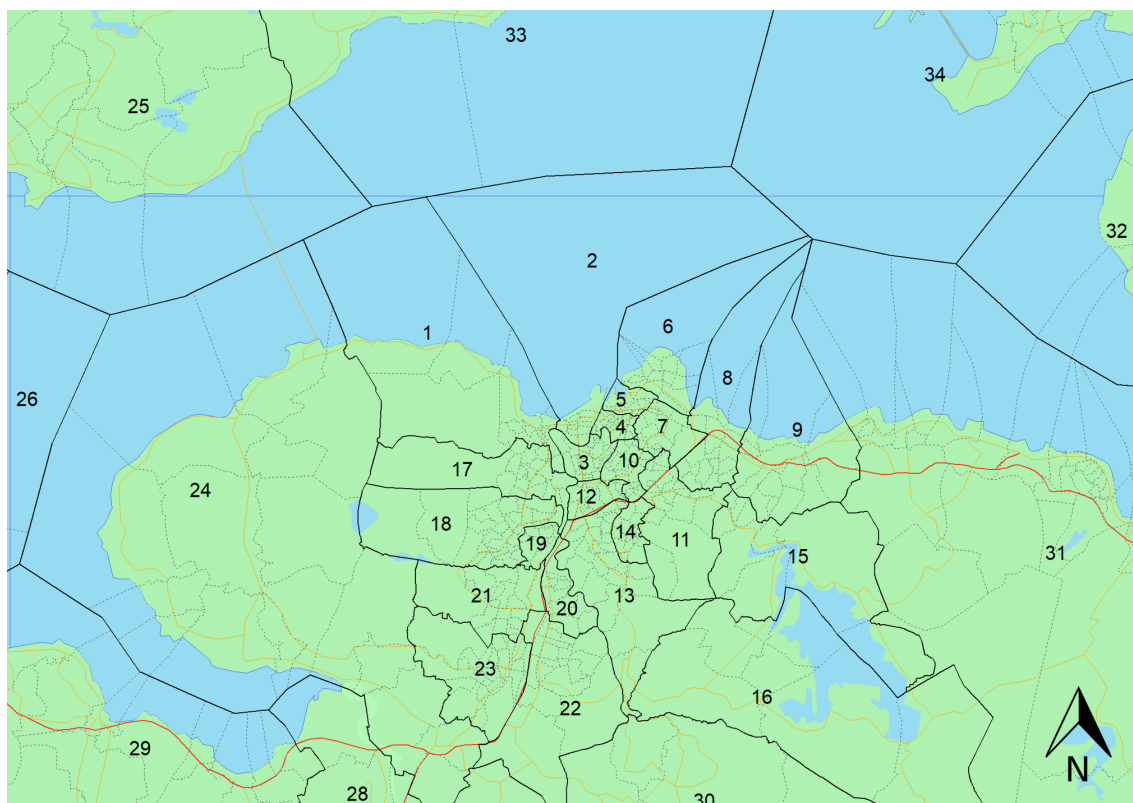
4.1.1 Nødvendig datagrunnlag

For å sette i gang modellen trengs følgende data:

- RTM-modell for aktuelt område, inkludert geodatabaser for TNEExt-eksport
- RTM-scenario både for basis- og eventuelt tiltaksscenario. Disse må kjøres på nytt selv om en har tilgang til ferdige datasett, fordi midlertidige filer må lagres underveis i prosessen for å kjøres i aggregeringsverktøyet.
- UA-aggregeringsverktøy i Cube. Dette er en modul som aggregerer data fra RTM fra grunnkrets til storsonenivå. Verktøyet trenger også en arcmap-databasefil med valgt storsonelinndeling.
- Sanntidsdata og data for trengsel. For å få fullt utbytte av STRATMOD, og benytte seg av dens styrker ved å inkludere kvantitative data er det en stor fordel å ha tilgjengelig sanntidsdata.
- Tilgang til RVU for å kunne kalibrere og justere modellen best mulig.
- Lokale tidsverdier

4.1.2 Inndeling av storsoner

For å kunne aggregere data fra RTM til storsons-nivå og gjøre analyser på disse må grunnkretser samles til større soner. Dette ble gjort ved å dele inn etter det SSB kaller 'delområder', som er en samling av grunnkretser til en noe grovere inndeling. Det er 24 delområder i Trondheim kommune (SSB, 2018). I tillegg ble nabokommunene plassert i separate soner, for enkelt å kunne sammenligne med resultater fra Byutredningene. Inndelingen ble gjennomført i kartapplikasjonen ArcMap. Resultatet av storsoneinndelingen vises i figur 4.1 og i et større kart i vedlegg B.1.4.



Figur 4.1: Storsoneinndeling Trondheim og Trondheimsområdet.

4.1.3 Eksport fra TNExt

For noen av scenarioene i prosjektet, som analysene rettet mot metrobuss, må geodatabasefila for veg- og kollektivnett opprettes. Geodatabasefila som leses av RTM er en fil som definerer vegnett, kollektivnett og svingebevegelser i modellen. Til dette brukes en applikasjon i Arcmap kalt TransportNettExtension (TNExt) utviklet av SINTEF. TNExt tar vegnettet fra Statens vegvesens database og slår dette sammen med kollektivnett definert av brukeren. For noen av de analyserte scenarioene måtte geodatabasefila eksporteres på nytt fra TNExt. Med tilgjengelig data fra Byutredningene ble dette gjort ved å følge Kroksæter and Babri (2017).

4.1.4 Kjøring av RTM

RTM modellen brukt i denne oppgaven er DOM_Nidaros-modellen brukt av Statens vegvesen i Byutredningene. Denne skal være godt kalibrert, og er kjørt med siste versjon av RTM: 3.12.1.

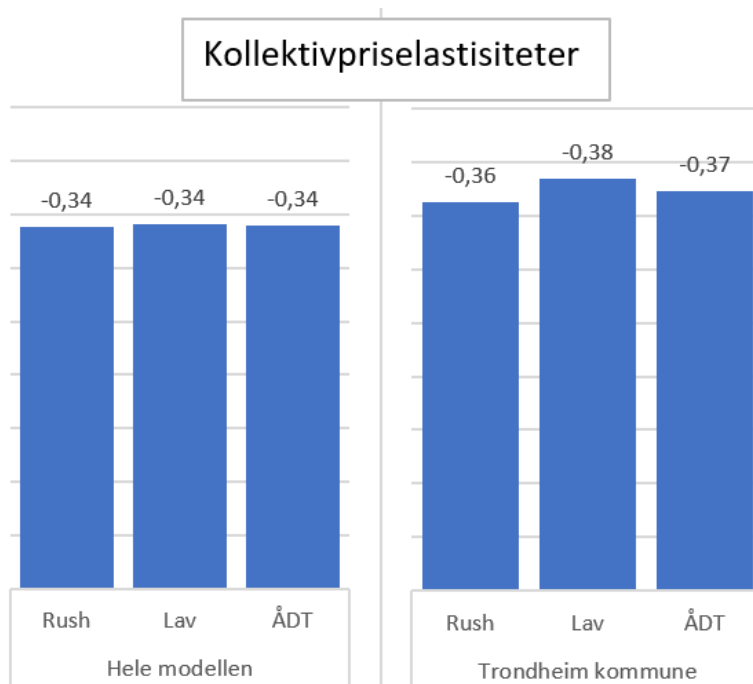
Resterende nødvendig datagrunnlag er funnet på Statens vegvesen sitt E-room for transportanalyse.

Etter kjøring av RTM brukes UA-tillegget i Cube til å aggregere resultatene til storsonenivå. Her aggregeres reisematriser med reisehensikter og reisemiddel fra grunnkrets nivå til storsonenivå. Kollektivtakster, parkering og andre LoS data aggregeres også. Berg (2017) er en grundig gjennomgang av dette verktøyet.

4.2 Oppsett av storsonemodellen

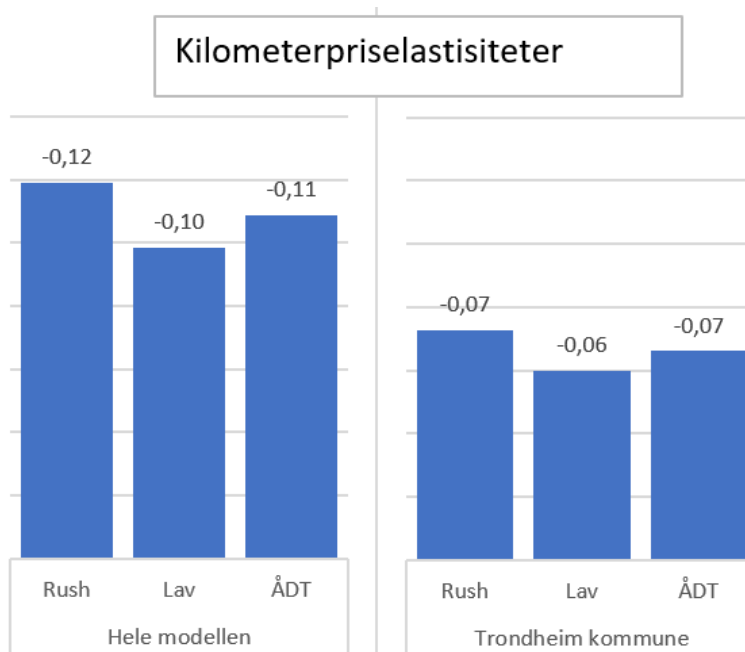
4.2.1 Elastisiteter

Modellen trenger elastisiteter for hhv. kollektivtakst og bensinpris for å beregne etterspørselsendringer som vist i kap 3.1.2. Som vist i kap 3.1.2 ligger korttids-kollektivpriselasititeter i området -0.4 , men de kan variere mellom -0.2 og -0.5 i følge Litman (2004).



Figur 4.2: Beregnede elastisiteter ved å øke kollektivsatsene i RTM med 10%.

For å undersøke elastisitetene nærmere ble kollektivtakstene økt med 10% i RTM og etterspørselsendringene undersøkt, som i Betanzo et al. (2016a). Dette gav en reduksjon i kollektivreiser mellom 3,6 og 3,8%. Dette gir en gjennomsnittlig kollektivpriselasititet på -0,37. Alle elastisiteter vises i figur 4.2. En takstelastisitet på -0.37 gir en GK-elastisitet rundt -1.10, etter beregningsformelen vist i kap 3.1.2.



Figur 4.3: Beregnede elastisiteter ved å øke kilometerkostnadene i RTM med 10%.

Som vist i kap 3.1.2 ligger forventede norske korttidselastisiteter for drivstoff i området -0.08 til -0.18. Som for kollektivtakster ble valget av bensinpriselasititet undersøkt ved å øke kilometerkostnadene i RTM med 10%. Dette gjøres ved å endre på parametre i etterspørselsmodellen. Økningen av kilometerkostnader gir elastisiteter som vist i 4.3. Disse er relativt lave for Trondheim by, men på et forventet nivå for hele modellområdet. Med grunnlag i disse beregningene, velges en bensinpriselasititet på -0.1 i modellen. Dette gir en GK elastisitet for bilfører rundt -0.25 og -0.3 i hhv. rush og lavtrafikk.

4.2.2 Tidsverdier

For å kunne gjøre analyser med lokale tidsverdier, må disse bestemmes. I modellen ligger det inne forskjellige tidsverdier en kan velge mellom, og det er i tillegg mulig å spesifisere de selv. Tabell 4.1 viser de to tidsverdiundersøkelser som ble sett på som mest relevant for Trondheim.

Som en grunnregel ble modellen kjørt i første omgang med de nasjonale tidsverdiene, som generelt har en lav vektning av ulemper forbundet med kollektivreiser. Dette er

4.2. OPPSETT AV STORSONEMODELLEN

Tabell 4.1: Ulike tidsverdier brukt i analysene, 2016-kroner (Betanzo et al., 2016a)

| Tidselement | Nasjonale verdier SVV (Østli et al., 2015) | 4 norske byer (Ellis and Øvrum, 2014) |
|---------------------------------------|---|--|
| Ombordtid, sitteplass | 64,5 | 50,2 - |
| Ombordtid, ståplass (vekt) | 1 | 1,7 |
| Forsinkelse (vekt) | 1,0 | 6,0 |
| Gangtid, til/fra holdeplass (vekt) | 1,0 | 1,6 |
| Gangtid, bytte (vekt) | 1,0 | 1,8 |
| Ventetid første holdeplass (vekt) | 2,3 | 1,2 |
| Ventetid, bytte (vekt) | 3,0 | 1,8 |
| Byttekostnad (kr/ bytte) | 6,5 | 15,9 |

konservativt, så det er i tillegg valgt å bruke tidsverdiene ”gjennomsnitt av norske byer”. Disse er sannsynligvis den beste antagelsen for tidsverdier i Trondheim per dags dato. Modellkjøringer fra Oslo viser at modellens resultater varierer en del etter valgte tidsverdier (Betanzo et al., 2016a). Tidsverdiens betydning bør derfor diskuteres i oppgaven.

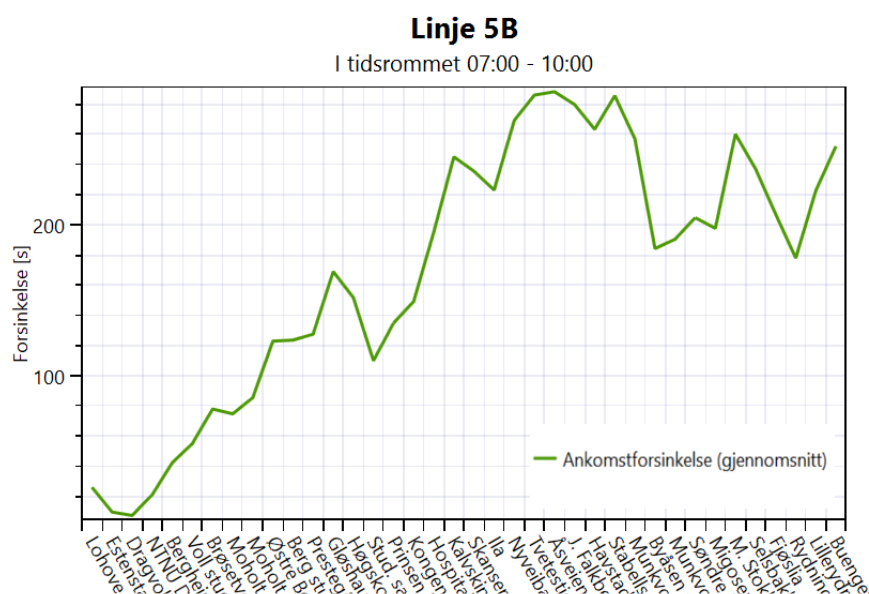
4.2.3 LOS-data for kollektiv

Forsinkelse

For å undersøke hvor mye forsinkelse det er i kollektivsystemet i Trondheim ble sanntidsdata fra AtB gjennomgått. Sanntidsdataene er automatiske registreringer av når bussene ankommer og kjører fra holdeplassene, som sammenstilles med rutetabellen. Dette gjør at man kan beregne forsinkelser.

Data for uke 46 (2017) og uke 6 (2018) ble mottatt i .csv format og ble konvertert over i .smdb format. Dermed kunne dataene analyseres i et SQL verktøy, og ’DB browser for SQL’ ble brukt til dette. I tillegg ble det brukt en applikasjon utviklet av SINTEF i forbindelse med STRATMOD prosjektet (Malmin et al., 2017). Applikasjonen STRATMOD-visualizer gir et godt visuelt bilde av utviklingen av forsinkelse for valgte ruter, som vist i figur 4.4. Et eksempel på data fra AtB er vist i vedlegg B.2.6, hvor det er raden ”forsinkelse” som er brukt for å beregne disse.

For å beregne forsinkelsene ble reiser og stopp sortert slik at det var kun var ukedager som ble undersøkt. Videre ble døgnet fordelt i tidspunkt der det forventes å være lav- og rushtrafikk. Rushtrafikken ble antatt å ligge mellom 07:00 og 09:00, samt mellom 15:00 og 17:00. Mellom 09:00 og 15:00 ble det antatt å være lavtrafikk.



Figur 4.4: Eksempel på gjennomsnittlig forsinkelsesutvikling for linje 5 mellom kl 07:00 og 10:00.

Etter dette kunne forsinkelsene til hver enkelt stopp eksporteres til EXCEL, slik at gjennomsnittet kunne beregnes. Ekstremverdier med åpenbare feil ble ekskludert fra beregningene.

Gjennomgang av sanntidsdata viser at gjennomsnittsforsinkelsen for alle stopp i rush var ca. 290 sekunder i Trondheim både for uke 46 (2017) og uke 6 (2018). I lavtrafikk var det ca. 220 sekunder forsinkelse. Dette tilsvarer hhv 4.8 og 3.6 minutter. Med en gjennomsnittlig ombordtid på ca. 15 min og en grov antagelse om at hhv 60% og 40% av passasjerene opplever forsinkelse i rush- og lavtrafikk vil dette gi hhv 12% og 7% andel forsinkelse av ombordtid i Trondheim i rush- og lavtrafikk.

Trengsel og komfort

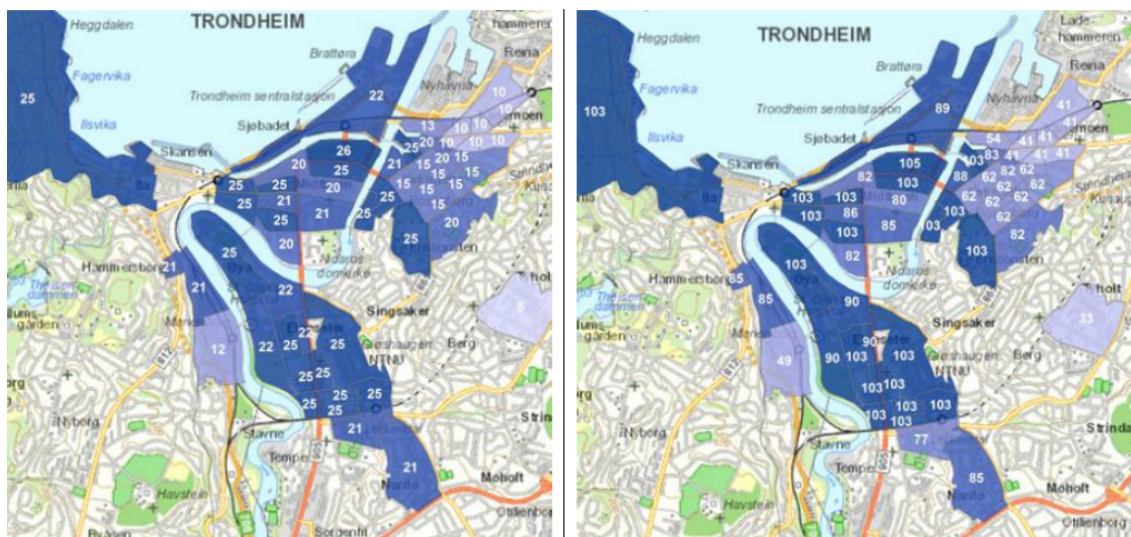
Ellis and Øvrum (2014) har dokumentert trafikantenes verdsetting av trengsel og komfortfaktorer, men ikke for Trondheimsområdet. Her velges samme tilnærming som for tidsverdier, altså en gjennomsnittsverdi av de fire norske byene undersøkt i Ellis and Øvrum (2014). Dette gir en betalingsvillighet for å unngå høy og moderat trengsel på hhv. 11,1 kr/per reise og 4,2 kr/per reise.

Det lykkes ikke å finne undersøkelser på andelen av stå- og sitteplasser i Trondheim. Disse brukes for å kunne gi andelen reisende med ståplass en høyere vekt i GK. Siden verdiene ikke er tilgjengelig for Trondheim er det valgt å bruke verdiene fra Oslo i modelleringen, med hhv 70% og 90% sitteplassandel i rush- og lavtrafikk. Dette er en stor feilkilde i modelleringen, men pga tidsbegrensninger det var ikke

mulig å gjennomføre en undersøkelse på ståplassandel i løpet av arbeidet. Stå- og sitteplassandeler er ikke endret i tiltakene i modelleringen.

4.2.4 Parkeringskostnader

Figur 4.5 viser parkeringskostnadene i Trondheim, slik de er programmert i RTM.



Figur 4.5: Kostnader ved offentlige parkeringsplasser for fritidsreiser t.v. (kr/time) og tjenestereiser t.h. (kr/døgn) (Vegvesen, 2017).

I UA-modulen i Cube aggregeres parkeringskostnadene til storsoner på lik linje med andre LOS-data. Den aggregerer arbeidsreiser direkte fra RTM, mens det for tjeneste- og fritidsreiser må beregnes kostnader ut i fra hvor lenge og hvor mange som betaler for parkering. Gjennomgang av RVU 13/14 viser at tjenestereiser parkerer ca 90 min i snitt i Trøndelag, og at fritidsreiser parkerer i ca. 60 min.

- Antall timer parkert i snitt for fritidsreiser = 60 min
- Antall timer parkert i snitt for tjenestereiser = 90 min
- Andel fritidsreiser som betaler for parkering (i soner med parkeringskostnader) = 0.35
- Andel tjenestereiser som betaler for parkering (i soner med parkeringskostnader) = 0.35

Spesielt andelen av betalende er vanskelig å bestemme, og dette blir dermed en grov antagelse. Den samme antagelsen gjøres i etterspørselsmodellen TRAMOD i RTM. Etter aggregeringen vurderes det om parkeringskostnadene er fornuftige. Disse kan finnes i vedlegg B.1.5.

4.3 Hovedtrekk ved modellen

Forutsetninger

Det første man må gjøre ved oppstart av ny analyse er å fylle ut arkfanen 'forutsetninger'. Disse er vist i vedlegg B.1. Her velger man analyseår, elastisiteter og om modellen skal basere seg på et tiltaksscenario fra RTM, eller benyttes alene og gjøre endringer direkte i modellen. Deretter importeres de aggregerte reisematrixene inn i modellen. Videre velger man hvilke tidsverdier som skal benyttes, og LoS-data for kollektiv legges inn. Til slutt legges parkeringskostnader inn. Her kan man enten benytte aggregerte parkeringskostnader fra RTM, eller legge dem inn selv basert på andre analyser av parkeringskostnadene.

Analyse

Etter at 'forutsetninger' er ferdig utfylt, kan man gå videre til arkfanen 'UA-analyse'. Her kan man legge inn endringer i betingelser som vist i figur 4.6. Dette vil gi utslag i resultatdelen av arkfanen. Her kan man gjøre raske analyser av tiltak, og en vil få etterspørselsendringene umiddelbart, i motsetning til andre modeller hvor en gjerne må vente flere timer på en endring. Eksempler på resultater er vist i figur 4.7.

I tillegg er det mulig å bruke tiltaksscenario fra RTM og beregne tilleggseffekter på disse. For eksempel vil dette gjøre det mulig å legge til forsinkelse, trengsel eller lokale tidsverdier på scenario fra RTM, og undersøke hvilke effekter dette vil få. Dette ble gjort i analysene i dette prosjektet.

Stegvis beregningsrekkefølge

I hele prosjektet er det benyttet beregningsrekkefølge tilsvarende Betanzo et al. (2016a). Disse er som følger:

1. Ren aggregering av RTM resultater. Her får en samlet resultatene fra RTM, og sett de direkte effektene av tiltak som ruteomlegging, nye bomkostnader, nye parkeringskostnader osv.
2. Inkludering og endring av kvalitative faktorer for kollektivtransporten. Dette er endringene som RTM ikke vil kunne inkludere, og som er unikt for STRATMOD i norsk sammenheng.
3. Inkludering av lokale tidsverdier. Ulemper i kollektivtransporten vektet ulikt og har ulik verdi i forskjellige byer, og disse forskjellene kan inkluderes her.

4.3. HOVEDTREKK VED MODELLEN

| Reiser | | Velg resultater for visning | |
|---|-------|-----------------------------|------------|
| Byutredning_1 | | | |
| Endringer i Rammebetingelser | | Relativ | |
| BILFØRER RUSH | | | |
| Bomtakter rush | 0 % | | |
| Kilometerkostnad rush | 0 % | | |
| Kjøretid bil rush | 0 % | | |
| Køtid bil rush | 0 % | | |
| Parkeringskostnader rush | 0 % | | |
| BILFØRER LAV | | | |
| Bomtakter lav | 0 % | | |
| Kilometerkostnad lav | 0 % | | |
| Kjøretid bil lav | 0 % | | |
| Køtid bil lav | 0 % | | |
| Parkeringskostnader lav | 0 % | | |
| KOLLEKTIV RUSH | | | |
| Takst koll | 0 % | | |
| Gangtid første/siste holdeplass rush | 0 % | | |
| Gangtid bytte rush | 0 % | | |
| Ventetid første holdeplass rush | 0 % | | |
| Ventetid bytte rush | 0 % | | |
| Ombordtid Koll rush | -15 % | | |
| Andel som bytter koll rush | -15 % | Referanse | Inkludere? |
| Andel reisende med sitteplass | 70 % | 70 % | |
| Andel reisende med ståplass | 30 % | 30 % | JA |
| Forsinkelse (andel av ombordtid) | 8 % | 12 % | JA |
| Trengselskostnad (kr/reise) | 8 | 11 | JA |
| Endre byttekostnad for tiltaket i rush (kr/reise) | 4,6 | 6,5 | |
| KOLLEKTIV LAV | | | |
| Gangtid første/siste holdeplass lav | 0 % | | |
| Gangtid bytte lav | 0 % | | |
| Ventetid første holdeplass lav | 0 % | | |
| Ventetid bytte lav | 0 % | | |
| Ombordtid Koll lav | -15 % | | |
| Andel som bytter koll lav | -15 % | Referanse | |
| Andel reisende med sitteplass | 90 % | 90 % | |
| Andel reisende med ståplass | 10 % | 10 % | JA |
| Forsinkelse (andel av ombordtid) | 5 % | 7 % | JA |
| Trengselskostnad (kr/reise) | 3 | 4 | JA |
| Endre byttekostnad for tiltaket i lav (kr/reise) | 5 | 6,5 | |
| SYKKEL DØGN | | | |

Figur 4.6: Skjermdump av analysearket i STRATMOD, hvor endringer legges inn

| Reiser per dag (ÅDT) - Hele modellområdet | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---------|-----------|--------------|---------|---------|-----------|------------------------|---------|---------|---------|
| Referanse | | | | Tiltak | | | | Tiltak (endring) | | | |
| Rush | Lav | ÅDT | | Rush | Lav | ÅDT | | Rush | Lav | ÅDT | |
| Bilfører | 289 731 | 306 749 | 596 480 | Bilfører | 271 655 | 293 264 | 564 919 | Bilfører | -18 076 | -13 484 | -31 561 |
| Bilpassasjer | 32 188 | 43 283 | 75 471 | Bilpassasjer | 33 777 | 45 142 | 78 919 | Bilpassasjer | 1 589 | 1 859 | 3 448 |
| Kollektiv | 58 534 | 48 464 | 106 998 | Kollektiv | 69 005 | 54 713 | 123 718 | Kollektiv | 10 471 | 6 248 | 16 719 |
| Sykkel | 33 447 | 28 216 | 61 663 | Sykkel | 35 465 | 29 701 | 65 166 | Sykkel | 2 017 | 1 485 | 3 503 |
| Gange | 70 486 | 91 850 | 162 335 | Gange | 74 024 | 95 235 | 169 259 | Gange | 3 538 | 3 386 | 6 924 |
| Sum | 484 386 | 518 562 | 1 002 947 | Sum | 483 925 | 518 056 | 1 001 981 | Sum | -460 | -506 | -966 |
| Referanse | | | | Tiltak | | | | Tiltak (%-vis endring) | | | |
| Rush | Lav | ÅDT | | Rush | Lav | ÅDT | | Rush | Lav | ÅDT | |
| Bilfører | 60 % | 59 % | 59 % | Bilfører | 56 % | 57 % | 56 % | Bilfører | -6,24 % | -4,40 % | -5,29 % |
| Bilpassasjer | 7 % | 8 % | 8 % | Bilpassasjer | 7 % | 9 % | 8 % | Bilpassasjer | 4,94 % | 4,29 % | 4,57 % |
| Kollektiv | 12 % | 9 % | 11 % | Kollektiv | 14 % | 11 % | 12 % | Kollektiv | 17,89 % | 12,89 % | 15,63 % |
| Sykkel | 7 % | 5 % | 6 % | Sykkel | 7 % | 6 % | 7 % | Sykkel | 6,03 % | 5,26 % | 5,68 % |
| Gange | 15 % | 18 % | 16 % | Gange | 15 % | 18 % | 17 % | Gange | 5,02 % | 3,69 % | 4,27 % |
| Sum | 100 % | 100 % | 100 % | Sum | 100 % | 100 % | 100 % | Sum | -0,10 % | -0,10 % | -0,10 % |

| Reiser per dag (ÅDT) - Interne reiser i valgt område | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|--------------|---------|---------|---------|------------------------|----------|---------|---------|
| Referanse | | | | Tiltak | | | | Tiltak (endring) | | | |
| Rush | Lav | ÅDT | | Rush | Lav | ÅDT | | Rush | Lav | ÅDT | |
| Bilfører | 128 544 | 139 842 | 268 386 | Bilfører | 113 856 | 128 346 | 242 202 | Bilfører | -14 688 | -11 496 | -26 185 |
| Bilpassasjer | 15 812 | 21 686 | 37 499 | Bilpassasjer | 17 387 | 23 476 | 40 863 | Bilpassasjer | 1 575 | 1 790 | 3 365 |
| Kollektiv | 35 435 | 29 856 | 65 291 | Kollektiv | 42 438 | 34 189 | 76 626 | Kollektiv | 7 002 | 4 333 | 11 335 |
| Sykkel | 26 043 | 20 743 | 46 786 | Sykkel | 28 039 | 22 197 | 50 236 | Sykkel | 1 996 | 1 453 | 3 450 |
| Gange | 43 643 | 54 953 | 98 596 | Gange | 47 185 | 58 324 | 105 509 | Gange | 3 542 | 3 371 | 6 913 |
| Sum | 249 478 | 267 080 | 516 558 | Sum | 248 904 | 266 532 | 515 436 | Sum | -574 | -549 | -1 122 |
| Referanse | | | | Tiltak | | | | Tiltak (%-vis endring) | | | |
| Rush | Lav | ÅDT | | Rush | Lav | ÅDT | | Rush | Lav | ÅDT | |
| Bilfører | 52 % | 52 % | 52 % | Bilfører | 46 % | 48 % | 47 % | Bilfører | -11,43 % | -8,22 % | -9,76 % |
| Bilpassasjer | 6 % | 8 % | 7 % | Bilpassasjer | 7 % | 9 % | 8 % | Bilpassasjer | 9,96 % | 8,25 % | 8,97 % |
| Kollektiv | 14 % | 11 % | 13 % | Kollektiv | 17 % | 13 % | 15 % | Kollektiv | 19,76 % | 14,51 % | 17,36 % |
| Sykkel | 10 % | 8 % | 9 % | Sykkel | 11 % | 8 % | 10 % | Sykkel | 7,67 % | 7,01 % | 7,37 % |
| Gange | 17 % | 21 % | 19 % | Gange | 19 % | 22 % | 20 % | Gange | 8,12 % | 6,13 % | 7,01 % |
| Sum | 100 % | 100 % | 100 % | Sum | 100 % | 100 % | 100 % | Sum | -0,23 % | -0,21 % | -0,22 % |

Figur 4.7: Skjermdump av analysearket i STRATMOD. Effekt av tiltak

5. Resultat

5.1 Beregnede elastisiteter

En økning i kollektivtakster på 10% i RTM vil gi en etterspørselsreduksjon på mellom 3,6 og 3,8%. Dette gir en gjennomsnittlig kollektivpriselasititet på -0,37. Denne gir igjen en GK-elastisitet på -1,10, etter beregningsformelen vist i 3.1.2. Dette er en noe større elastisitet enn det som er brukt i STRATMOD case Oslo, som benyttet en kollektivpriselasititet på -0,29 (Betanzo et al., 2016a). Beregnet bensinpriselasititet fra RTM ligger i området -0.12 til -0.06 som vist i 4.3. Det ble derfor benyttet en bensinpriselasititet i -0.1 i beregningene. Alle GK-elastisiteter er oppsumert i tabell 5.1.

Tabell 5.1: GK-elastisiteter benyttet i beregningene

| | |
|----------------|-------|
| Kollektiv rush | -1.10 |
| Kollektiv lav | -1.08 |
| Bil rush | -0.30 |
| Bil lav | -0.25 |

5.2 Sensitivitetsanalyser

For å undersøke hvor mye resultatene i modellen varierer for ulike inngangselastisiteter gjøres en sensitivitetanalyse. Disse er kollektivpriselasititet og bensinpriselasititet, som benyttes direkte til å beregne reisemiddelendringer i modellen slik formelen i kap 3.1.2 viser. Analysene ble utført på 2016 modellen for Trondheim, og tiltakene ble utført direkte i STRATMOD. Eksempeltiltaket har endringer i rammebetingelser som vist i tabell 5.2. Disse tiltakene er ment for å gi et utslag i reisemiddelforelinger, slik at disse kan sammenlignes med forskjellig inngangselastisiteter. Begge tiltakene gir en endring i GK på ca. 9%.

Tabell 5.2: Tiltak ved sensitivitetsanalyser

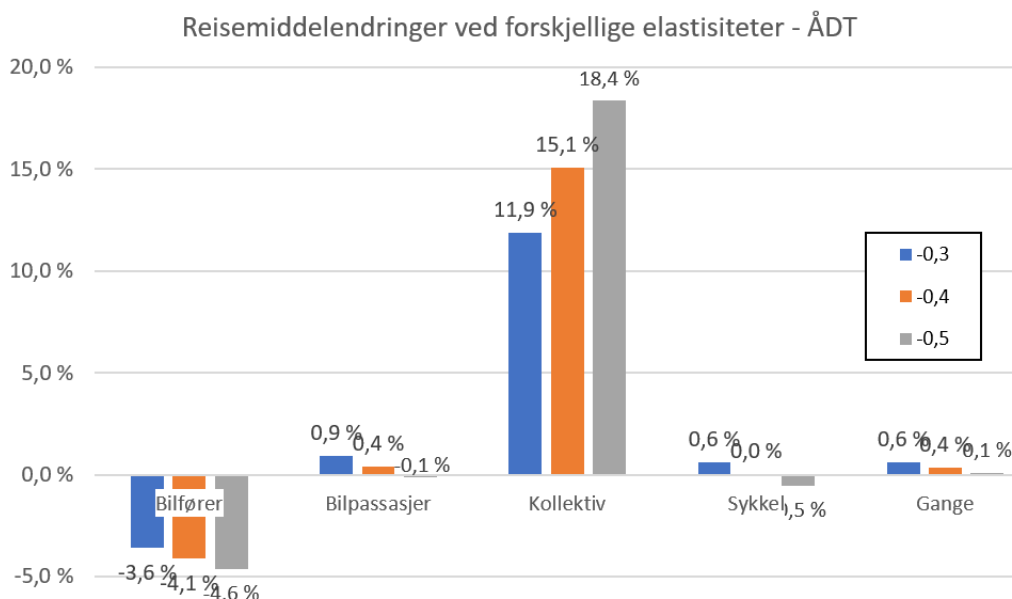
| Tiltak | Endring |
|----------------------|---------|
| Bomtaksst rush | + 40% |
| Parkeringskost. rush | + 40% |
| Bomtaksst lav | + 40% |
| Parkeringskost. lav | + 40% |
| Kollektivtakst | - 20% |
| Ombordtid rush | - 10% |
| Ombordtid lav | - 10% |

5.2.1 Kollektivelastisitet

Balcombe et al. (2004) anslår at elastisitet på kollektivtakst kan variere mellom -0,2 og -1,0, avhengig av tidshorisont. Videre viser en gjennomgang av internasjonale studier en gjennomsnittlig elastisitet på -0,38. Dette er tilnærmet likt den som ble funnet ved å endre kollektivprisen med 10% i RTM ved å endre kollektivprisen. Allikevel er det grunn til å tro at kollektivpriselasisteten kan variere en god del. Det gjennomføres dermed en analyse på tre verdier som vist i tabell 5.3. Resultatene for ÅDT er vist i figur 5.1.

Tabell 5.3: Endringer i reisemiddelfordeling ved forskjellige valg av kollektivpriselasistitet

| | -0.4 - basis | | | -0.3 | | | -0.5 | | |
|--------------|---------------------|--------|--------|-------------|--------|--------|-------------|--------|--------|
| | Rush | Lav | ÅDT | Rush | Lav | ÅDT | Rush | Lav | ÅDT |
| Bilfører | -4,5 % | -3,7 % | -4,1 % | -4,0 % | -3,2 % | -3,6 % | -5,1 % | -4,1 % | -4,6 % |
| Bilpassasjer | 0,3 % | 0,5 % | 0,4 % | 0,8 % | 1,0 % | 0,9 % | -0,3 % | 0,0 % | -0,1 % |
| Kollektiv | 15,1 % | 15,0 % | 15,1 % | 11,9 % | 11,8 % | 11,9 % | 18,4 % | 18,3 % | 18,4 % |
| Sykkel | -0,1 % | 0,2 % | 0,0 % | 0,6 % | 0,7 % | 0,6 % | -0,8 % | -0,3 % | -0,5 % |
| Gange | 0,4 % | 0,4 % | 0,4 % | 0,7 % | 0,6 % | 0,6 % | 0,0 % | 0,1 % | 0,1 % |



Figur 5.1: Reisemiddelendringer ved forskjellig valg av kollektivpriselasistitet, ÅDT

Vi ser at reisemiddelendringen for kollektiv varierer fra 11,9% til 18,4%. Dette gir en relativt liten variasjon i den totale reisemiddelfordelingen, hvor kollektivandelen varierer mellom 16,6% og 17,6% etter innføringen av tiltakene i tabell 5.2.

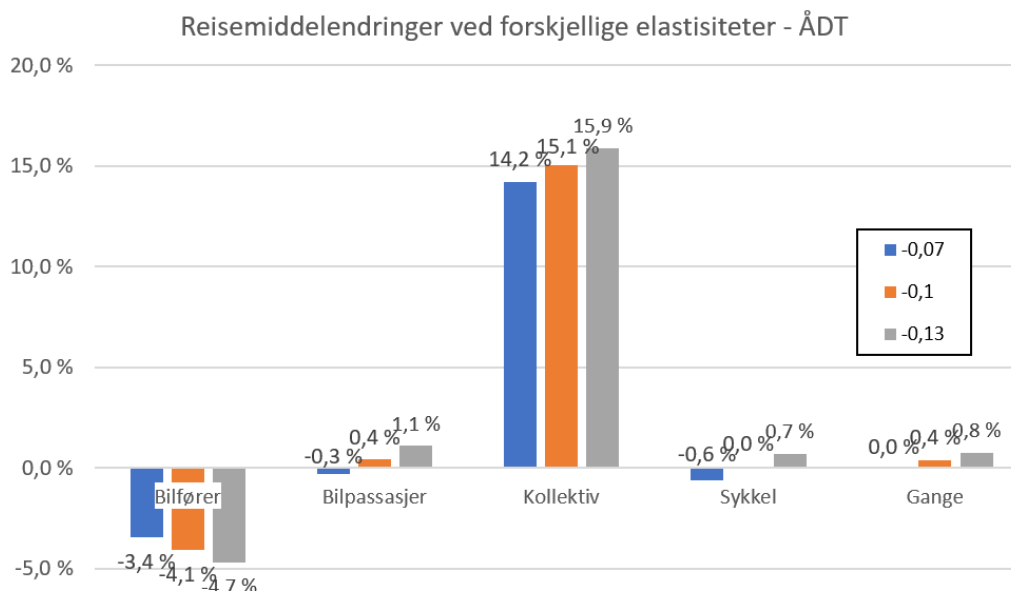
5.2.2 Bensinpriselastisitet

Det er relativt vanskelig å finne gode data på bensinpriselastisitet. Balcombe et al. (2004) sier at den er relativt lav, og i området -0.1 på kort sikt og -0.29 på lang sikt. Som for kollektivpris ble RTM kjørt med 10% økte kilometerkostnader for bil for å undersøke endringen i antall bilreiser. RTM gav en variasjon mellom -0.06 og -0.12 avhengig av om man kun ser på Trondheim kommune eller hele modellen. Dette er noe lavere enn det som forventes av Fridstrøm (1998), og i nedre sjikt av funnene til Odeck and Johansen (2016).

Med tiltak som vist i tabell 5.2 får vi endringene som vist i tabell 5.4. Endringene for ÅDT er videre oppsummert i figur 5.2. Her ser vi at forskjellene er mindre enn for kollektiv, noe som kommer av en mye lavere GK-elasticitet for bil.

Tabell 5.4: Endringer i reisemiddelfordeling ved forskjellige valg av bensinpriselastisitet

| | -0.1 - basis | | | -0.07 | | | -0.13 | | |
|--------------|---------------------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------------|--------|--------|
| | Rush | Lav | ÅDT | Rush | Lav | ÅDT | Rush | Lav | ÅDT |
| Bilfører | -4,5 % | -3,7 % | -4,1 % | -3,8 % | -3,1 % | -3,4 % | -5,2 % | -4,2 % | -4,7 % |
| Bilpassasjer | 0,3 % | 0,5 % | 0,4 % | -0,4 % | -0,2 % | -0,3 % | 1,0 % | 1,2 % | 1,1 % |
| Kollektiv | 15,1 % | 15,0 % | 15,1 % | 14,2 % | 14,2 % | 14,2 % | 16,0 % | 15,8 % | 15,9 % |
| Sykkel | -0,1 % | 0,2 % | 0,0 % | -0,8 % | -0,4 % | -0,6 % | 0,6 % | 0,8 % | 0,7 % |
| Gange | 0,4 % | 0,4 % | 0,4 % | -0,1 % | 0,0 % | 0,0 % | 0,8 % | 0,7 % | 0,8 % |



Figur 5.2: Reisemiddelendringer ved forskjellig valg av bensinpriselastisitet, ÅDT

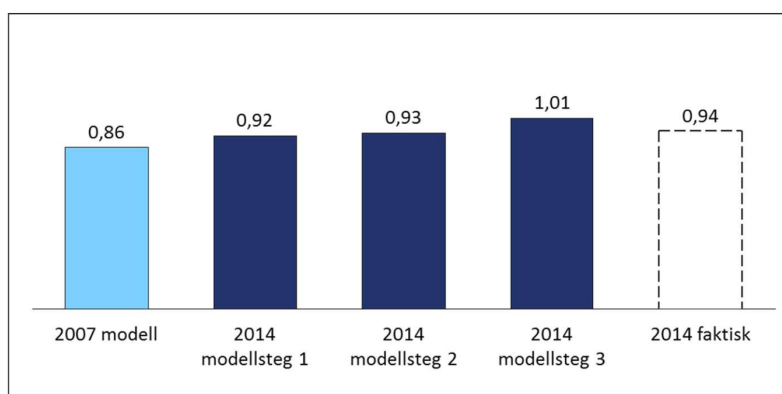
5.3 Backcasting

Gjennom hele prosjektet har det vært et mål å gjennomføre en backcasting for Trondheimsområdet. Trondheim har hatt en stor økning i bruken av kollektivtransport med en vekst på 65% mellom 2007 og 2016. Hypotesen er at RTM ikke vil vise en slik utvikling i perioden, og at STRATMOD vil vise en riktigere utvikling.

Dessverre har det ikke vært mulig å få laget en RTM modell med korrekt kollektivtilbud for 2009 scenario. Dette gjør at analysen vil miste en vesentlig forklaringsfaktor; omleggingen av rutetilbudet i Trondheim rundt 2009, da AtB ble opprettet og den blant annet ble etablert flere nye kollektivfelt. Mangelen på data gjør at backcastingen ikke kunne gjennomføres.

Backcastingen ville vært en viktig del av arbeidet, og validert teorien om at modellen viser riktigere utvikling i byområder enn RTM. Det er mulig at STRATMOD overestimerer effekten av forbedringer av kvalitative endringer i kollektivtransporten, eller at valgte forbedringer i oppgaven er usannsynlig høye. Videre ville det vist om inkluderingen av lokale tidsverdier gir et riktigere resultat eller ikke.

Urbanet har gjennomført en backcasting i sitt prosjekt for Oslo (Betanzo et al., 2016a). Her viser modellen gode resultater ved inkludering av kvalitative faktorer, men en overestimasjon når det brukes lokale tidsverdier. Figur 5.3 viser utviklingen av kollektivreiser per person i Oslo etter forskjellige modellsteg i STRATMOD. Vi ser her at modellsteg 2 gir det riktigste bildet, hvor det inkluderes endring av kvalitative faktorer, men ikke lokale tidsverdier, som er modellsteg 3.

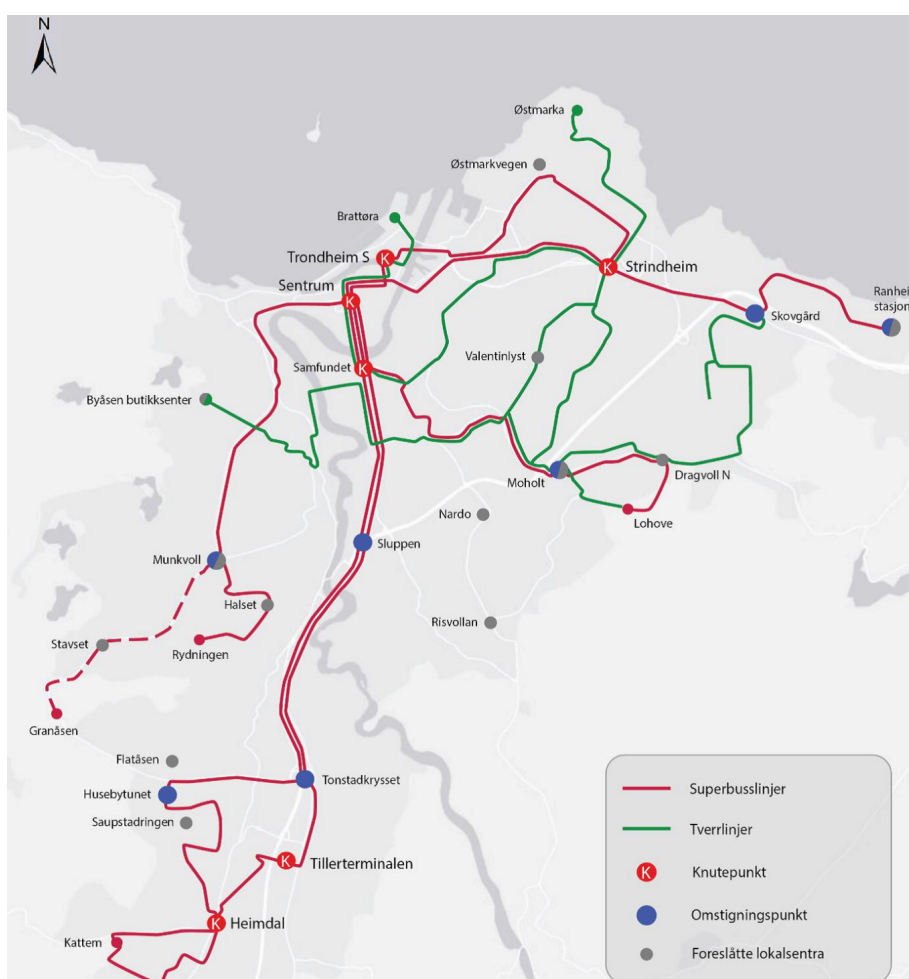


Figur 5.3: Utvikling av kollektivreiser per person i Oslo, sammenlignet med faktisk utvikling (Betanzo et al., 2016a)

5.4 Metrobuss

Fordi RTM ofte undervurderer kollektivtiltak er det interessant å se nærmere på metrobussprosjektet i Trondheim. Dette fordi prosjektet berører mange av de aspekter som RTM ikke klarer å belyse.

Metrobussen er lagt opp med 3 hovedruter, som skal fungere som et stamnett for resten av kollektivsystemet i Trondheim. Metrobussene skal ha nye holdeplasser med noe lengre avstand enn dagens holdeplasser. Dette skal øke hastigheten på bussene, men vil også gi noe lengre gangavstander. Samtidig vil mating fra vanlige busser til stamlinjene gi et større antall bytter. De nye metrobusslinjene vises i figur 5.4



Figur 5.4: Nye metrobusslinjer, planlagt innført august 2019. (Miljøpakken, 2018)

For at metrobussprosjektet skal gi en høyere kollektivandel og redusere biltrafikken, antas det at ulempene med flere bytter og større gangavstand må tas opp av høyere hastighet og høyere komfort i bussene. Disse faktorene er vanskelig å analysere med RTM, men STRATMOD bør være egnet verktøy.

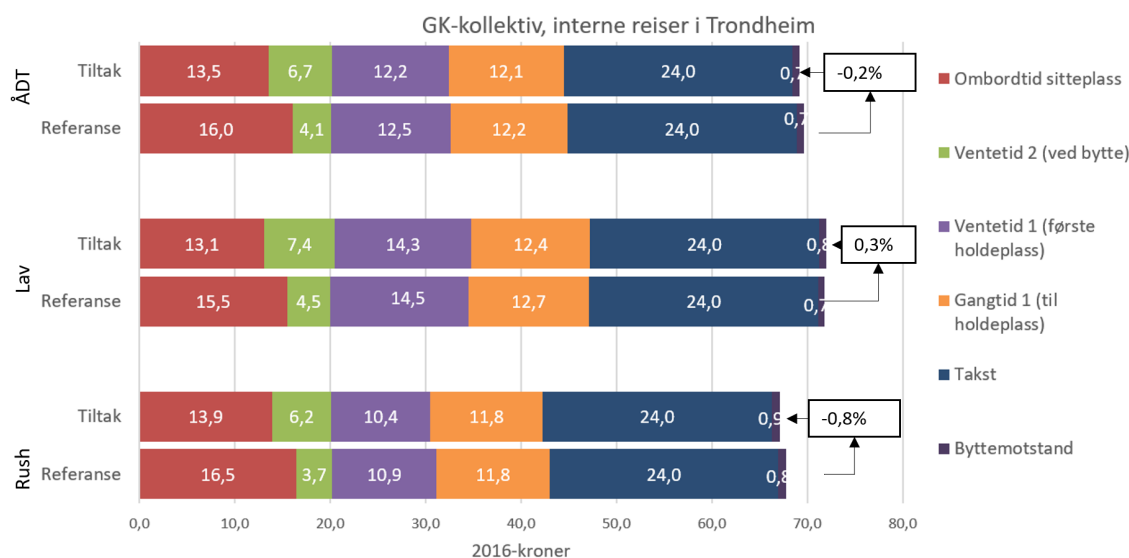
5.4.1 Stegvis analyse av metrobuss med STRATMOD

Steg 1: STRATMOD-aggregering

For å holde andre variable konstant, kjøres DOM_Nirdaros 2016 først som basisscenario og deretter legges det nye kollektivtilbudet inn uten å endre på andre parametre. Dette for å sikre at det kun er endringen i kollektivnettet som gir reisemiddelendringer. Nøkkeltall fra RTM kjøringene vises i tabell 5.5. Vi ser at aggregerte RTM-data gir en svak nedgang i antall kollektivreiser, og en liten økning i bilreiser.

Tabell 5.5: Reisemiddelendring i Trondheim kommune ved innføring av metrobuss, aggregerte resultater fra RTM.

| | Referanse | | | Tiltak | | | Tiltak (%-vis endring) | | |
|--------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------|---------|---------|
| | Rush | Lav | ÅDT | Rush | Lav | ÅDT | Rush | Lav | ÅDT |
| Bilfører | 106193 | 112741 | 218934 | 107146 | 113789 | 220935 | 0,90 % | 0,93 % | 0,91 % |
| Bilpassasjer | 14304 | 19244 | 33547 | 14075 | 18953 | 33028 | -1,60 % | -1,51 % | -1,55 % |
| Kollektiv | 31368 | 25864 | 57231 | 31114 | 25451 | 56565 | -0,81 % | -1,60 % | -1,16 % |
| Sykkel | 18443 | 15266 | 33709 | 18224 | 15130 | 33354 | -1,19 % | -0,89 % | -1,05 % |
| Gange | 40624 | 50250 | 90874 | 40460 | 50116 | 90576 | -0,40 % | -0,27 % | -0,33 % |
| Sum | 210930 | 223364 | 434295 | 211019 | 223439 | 434458 | 0,04 % | 0,03 % | 0,04 % |



Figur 5.5: Endring av GK ved innføring av metrobuss i 2016 med nasjonale tidsverdier, uten inkludering av kvalitative faktorer.

Innføringen av metrobuss medfører endring i GK som vist i figur 5.5. Metrobussen vil ikke gi de store endringene i tilbudet hvis en ser på en ren aggregering av RTM-resultater. Vi ser at ombordtiden går opp og ventetiden går ned, som forventet ved metrobusstilbudet. Dette er også i tråd med resultatene fra byutredningene hvor Vegvesen (2017) kommer frem til at en ren innføring av metrobuss uten andre supplerende tiltak vil ha små virkninger for å få flere over på kollektivtransport.

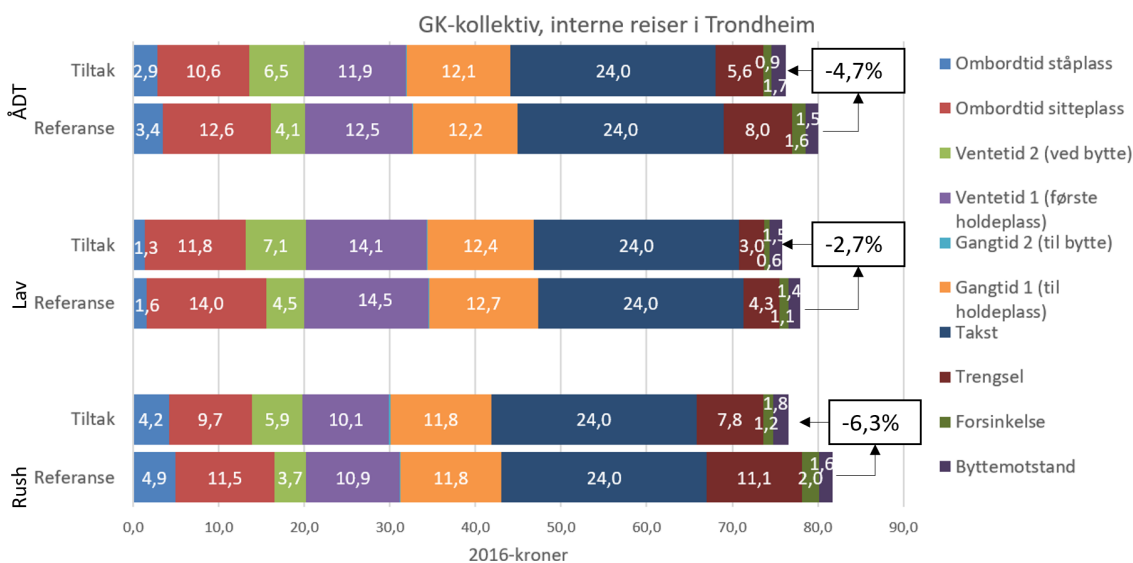
Steg 2: Inkludering og endring av kvalitative faktorer

Kvalitative faktorer som trengsel, forsinkelse og noen ulemper ved bytte inkluderes ikke i RTM. Metrobussen skal være et stamlinjenett hvor bussene vil bli minimalt forsinket sammenlignet med i dag. Det investeres også i nytt materiell med en mer moderne utforming som vil oppleves som mer åpen for brukeren. I tillegg skal omstigningspunktene forbedres slik at ulempen ved bytter blir mindre.

Det forventes at metrobussene vil få høyere prioritet på vegnettet, slik at forsinkelsene vil bli mindre enn i dag. Ved å redusere forsinkelsen, trengselskostnaden og byttekostnaden som vist i tabell 5.6 vil GK for kollektivtransporten endres vist i figur 5.6. Dette er meget usikre verdier, fordi det er vanskelig å fastslå hvilken total effekt en vil ha av utbedringene i forbindelse med metrobussinnføringen. Det bør allikevel kunne forventes en forbedring på alle de kvalitative slik at den totale reduksjonen i GK etter endringene bør være ganske representativ. Vi ser her at det blir en reduksjon i GK med antatt endring i kvalitative faktorer, og at reduksjonen for ÅDT på 4.7% vil medføre en økning i antall kollektivreiser på ca. 5.2% med en GK-elasticitet på -1.10.

Tabell 5.6: Antatt mulig endring av kvalitative faktorer ved innføring av metrobuss, 30% reduksjon av dagens ulemper

| Kvalitativ faktor | Basis | Tiltak |
|----------------------------------|-------|--------|
| Forsinkelse rush, % av ombordtid | 11.1% | 7.5% |
| Trengselskostnad rush (kr/reise) | 7kr | 5kr |
| Byttekostnad rush | 6.5kr | 4.5kr |
| Forsinkelse lav, % av ombordtid | 4.3% | 3,0% |
| Trengselskostnad lav (kr/reise) | 4kr | 3kr |
| Byttekostnad lav | 6.5kr | 4.5kr |



Figur 5.6: Endring av GK ved innføring av metrobuss i 2016 med nasjonale tidsverdier, og endring i kvalitative faktorer.

Steg 3: Lokale tidsverdier

I de nasjonale tidsverdiene er ulempene ved ombordtid med ståplass, forsinkelse og gangtid vektet likt som ombordtid med sitteplass. Dette er meget konservativt, og har mest sannsynlig en høyere verdi for brukerne. I STRATMOD vektet tidsselementene for å gi et riktigere bilde av disse. Velger å bruke tidsverdiene ”4 norske byer gjennomsnitt”, som har en mye høyere vektning av ståplass, forsinkelse osv. enn de nasjonale verdiene. Tidsverdiene vises i tabell 5.7.

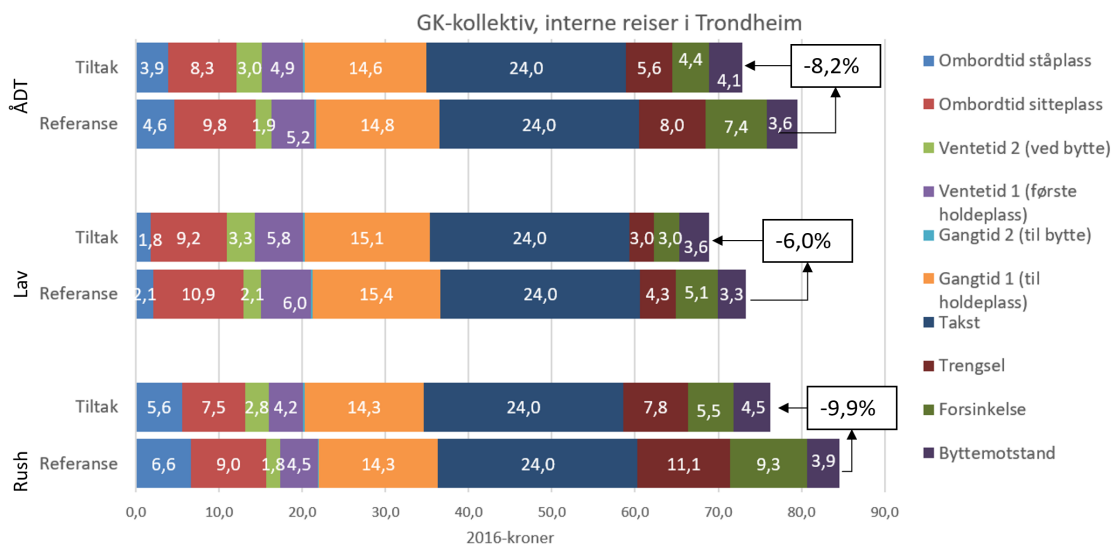
Tabell 5.7: Ulike tidsverdier brukt i analysene, 2016-kroner (Betanzo et al., 2016a)

| Tidselement | Nasjonale verdier SVV (Østli et al., 2015) | 4 norske byer (Ellis and Øvrum, 2014) |
|------------------------------------|---|--|
| Ombordtid, sitteplass | 64,5 | 50,2 - |
| Ombordtid, ståplass (vekt) | 1,0 | 1,7 |
| Forsinkelse (vekt) | 1,0 | 6,0 |
| Gangtid, til/fra holdeplass (vekt) | 1,0 | 1,6 |
| Gangtid, bytte (vekt) | 1,0 | 1,8 |
| Ventetid første holdeplass (vekt) | 2,3 | 1,2 |
| Ventetid, bytte (vekt) | 3,0 | 1,8 |
| Byttekostnad (kr/ bytte) | 6,5 | 15,9 |

Med nye tidsverdier ser vi i figur 5.7 at spesielt ventetid og forsinkelse utgjør en større del av GK. Når disse i tillegg antas forbedret som i steg 2, slår dette ut i en redusert GK sammenlignet med basisscenario. I rush vil være en reduksjon i GK på 8,9%, som igjen vil gi en etterspørselsendring på 11,4%. For ÅDT vil GK reduseres med 7,0%, som vil medføre en endring på 8,4%. Nye reisemiddelendringer ved vises i tabell 5.8, som kan sammenlignes med endringene fra RTM i tabell 5.5.

Tabell 5.8: Reisemiddelendringer i Trondheim kommune ved innføring av metrobuss med lokale tidsverdier og inkludering av kvalitative faktorer.

| | Referanse | | | Tiltak | | | Tiltak (%-vis endring) | | |
|--------------|------------------|---------|---------|---------------|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|
| | Rush | Lav | ÅDT | Rush | Lav | ÅDT | Rush | Lav | ÅDT |
| Bilfører | 106 193 | 112 741 | 218 934 | 104 320 | 112 580 | 216 900 | -1,76 % | -0,14 % | -0,93 % |
| Bilpassasjer | 14 304 | 19 244 | 33 547 | 13 707 | 18 742 | 32 449 | -4,17 % | -2,61 % | -3,27 % |
| Kollektiv | 31 368 | 25 864 | 57 231 | 35 657 | 27 411 | 63 069 | 13,68 % | 5,98 % | 10,20 % |
| Sykkel | 18 443 | 15 266 | 33 709 | 17 695 | 14 965 | 32 660 | -4,05 % | -1,97 % | -3,11 % |
| Gange | 40 624 | 50 250 | 90 874 | 39 958 | 49 877 | 89 835 | -1,64 % | -0,74 % | -1,14 % |
| Sum | 210 930 | 223 364 | 434 295 | 211 337 | 223 576 | 434 913 | 0,19 % | 0,09 % | 0,14 % |



Figur 5.7: Endring av GK ved innføring av metrobuss i 2016 med lokale tidsverdier, og forbedring av kvalitative faktorer.

5.5 Byutredningene

5.5.1 Grunnlag og virkemiddelpakker

I Byutredningene ble det satt sammen tre ulike virkemiddelpakker som vises i tabell 5.9. Her ble RTM brukt i flere iterasjoner for å finne ut hvilke tiltak som var nødvendig for å klare nullvekstmålet. Virkemiddelpakkene innebærer relativt drastiske tiltak, med store økninger i bom og parkeringskostnader, sammen med store investeringer for kollektiv og sykkel. Resultatene fra byutredningene viser at alle de tre virkemiddelpakkene ligger på et nivå med nullvekst.

Tabell 5.9: De tre virkemiddelpakkene fra byutredningene (Vegvesen, 2017).

| | 1 | 2 | 3 |
|--|---|---|---|
| Arealbruksalternativ "kollektiv" | X | X | X |
| Gang- og sykkeltiltak | X | X | X |
| Kollektiv Økt metrobuss | X | X | X |
| Økt metrobuss og jernbanetiltak | | X | X |
| Økt metrobuss, jernbanetiltak og bybane | | | X |
| Økonomi Økt bomavgift (4x) | | | X |
| Økt bomavgift (2x) og parkeringstiltak | | X | |
| Økt bomavgift (2x) og ytterligere parkeringstiltak | X | | |

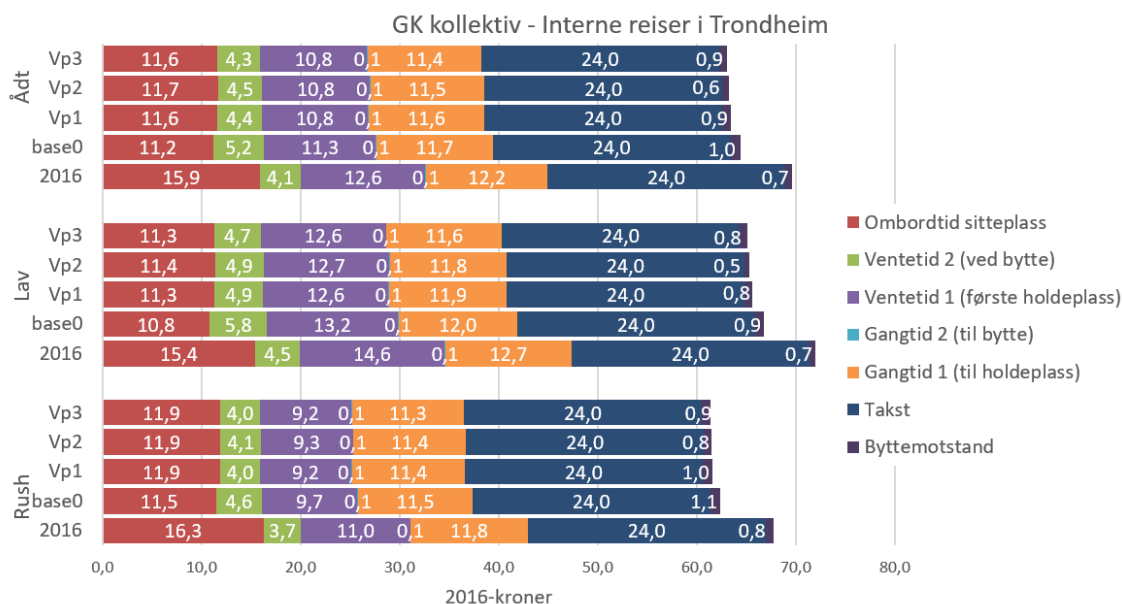
For å belyse aspekter som ikke RTM klarer å fange opp, er alle virkemiddelpakkene gått gjennom på nytt i STRATMOD med basisscenario for byutredningene

(base0) som grunnlag. Ved bruk av STRATMOD vil man typisk kunne gjennomføre analysene av virkemiddelpakkene meget raskt.

5.5.2 Aggregering av RTM-resultater

Kollektiv

En ren aggregering av RTM viser små forskjeller i GK mellom de tre virkemiddelpakkene fra byutredningene. Det er en klar forskjell mellom 2016 og basisscenario for 2030, hvor spesielt ombordtidene blir en del lavere ved innføring av superbuss. Videre er det en veldig liten forskjell mellom de tre virkemiddelpakkene og basisscenario, selv om disse innebærer store investeringer.



Figur 5.8: Forskjeller i GK for kollektivtransport, ren RTM-aggregering

Spesielt det at det ikke er forskjell i GK mellom basisscenario og virkemiddelpakke 3 er interessant, og viser at RTM ikke klarer å fange opp forbedringer i kollektivsystemet. I dette scenarioet er det innført bybane fra Overvik, forbi Strindheim og gjennom Sentrum. En meget stor investering, men som allikevel ikke gir store utslag i RTM. Eksempelvis gir tiltaket kun en endring i GK for kollektiv mellom 4% - 5% for reiser mellom Midtbyen og storsonene Charlottenlund/Jakobsli og Berg/Tyholt.

Ombordtidene går betraktelig ned fra 2016 til basisscenario 2030 noe som bør gi økt etterspørsel etter kollektivtransport. I virkemiddelpakke 1 er det innført tre nye metrobuslinjer og 24 km med kollektivfelt Vegvesen (2017). Allikevel er slår ikke dette ut i de aggregerte RTM-resultatene. Det burde gitt utslag både i ombordtider

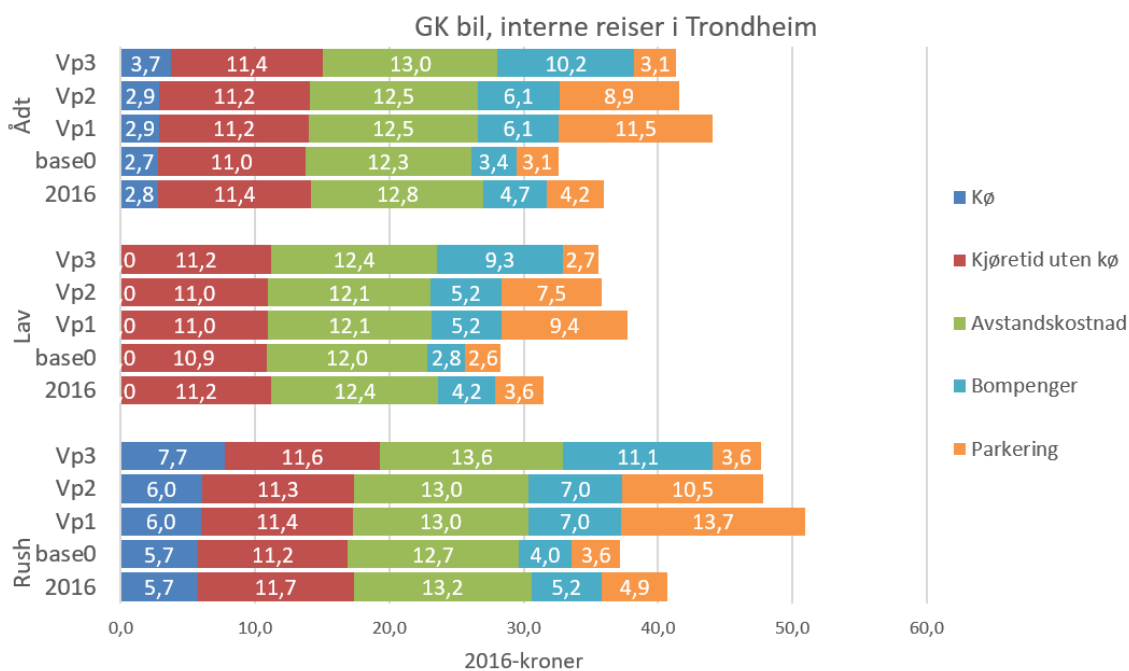
og ventetider, da metrobussene skal kjøre fortere enn eksisterende tilbud i disse områdene samt at flere busser burde gi mindre ventetid.

Bil

De bilregulerende virkemidlene viser større utslag i GK for de ulike virkemiddelpakene enn for kollektivtiltakene. Her er RTM et godt verktøy, og spesielt bompenger er en type tiltak som modellen takler godt. Vi ser at økningen i parkeringskostnader også gir store utslag. Forskjellen i GK mellom basisscenario og virkemiddelpakke 2 vil gi en økning i GK i rush på 28.1%. Dette vil gi en reduksjon i bilbruk på 8.4%.

Figur 5.9 viser en reduksjon i GK for bil fra 2016 til basisscenario i 2030. Dette skyldes at bom og parkeringskostnadene i modellen vil gå ned i perioden. Dette kommer av at flere av bominnkrevingspunktene er planlagt avsluttet i perioden frem mot 2030.

Aggregerte data viser at alle interne turer mellom sone en og syv vil slippe bompenger. Dette kan tyde på at det vil være hensiktsmessig å innføre en indre bomring i Trondheim, alik at også turer mellom de mest sentrumsnære sonene blir berørt.



Figur 5.9: Forskjeller i GK for bil, ren RTM-aggregering

5.5.3 Endring av kvalitative faktorer i virkemiddelpakke 1

Siden det er så liten forskjell mellom basisscenario 2030 og virkemiddelpakkene for kollektivtransporten, er det interessant å se videre på om en antatt forbedring i kva-

5.5. BYUTREDNINGENE

litative faktorer i disse virkemiddelpakkene vil gi større reisemiddelendringer. Aggregering av RTM resultater viser at denne virkemiddelpakken vil redusere biltrafikken med 8,5% og øke kollektivbruken med 8,6% i Trondheim kommune. Reisemiddelendringene vises i tabell 5.10. Disse endringene skyldes i meget stor grad endringer i bom- og parkeringskostnader. Virkemiddelpakke 1 undersøkes her nærmere, siden dette er det enkleste alternativet mtp tiltak, og blir sett på det som er mest sannsynlig å få gjennomført innen 2030.

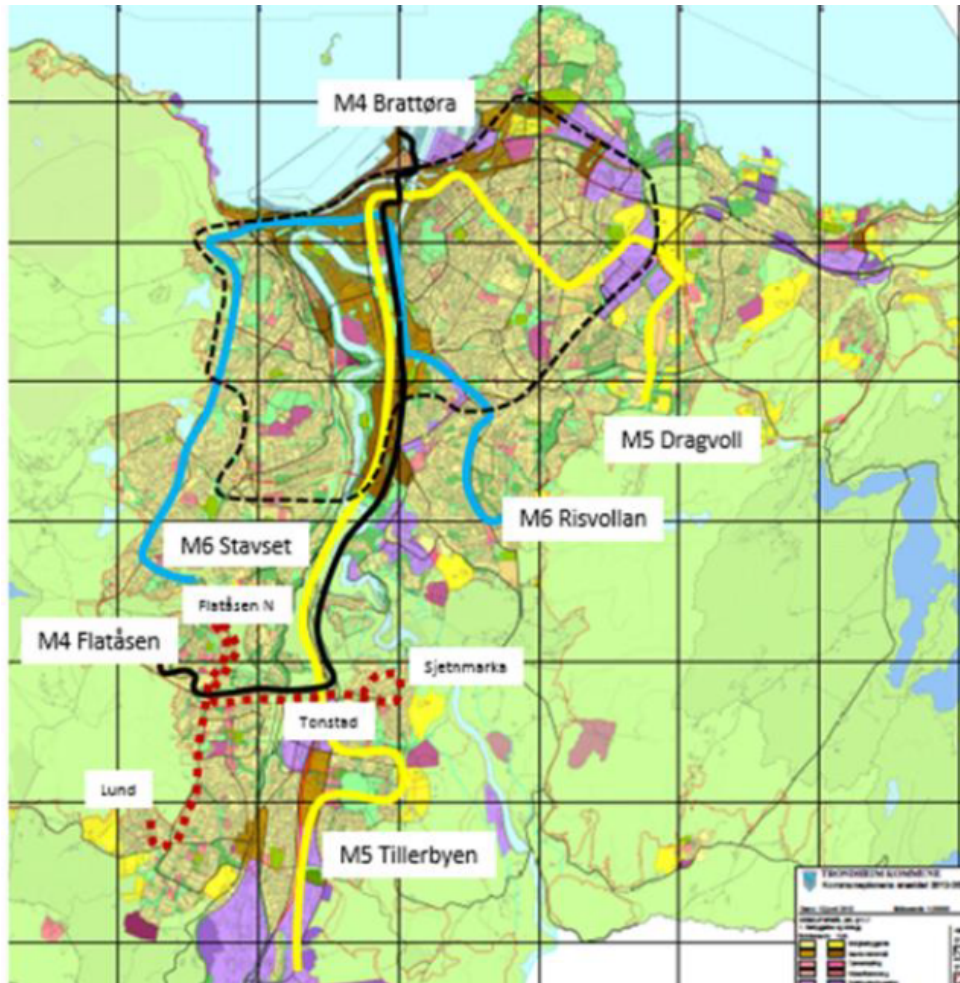
Tabell 5.10: Reisemiddelendringer i Trondheim kommune, virkemiddelpakke 1 fra byutredningene

| | Referanse | | | VP1 | | | Tiltak (%-vis endring) | | |
|--------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|---------|---------|
| | Rush | Lav | ÅDT | Rush | Lav | ÅDT | Rush | Lav | ÅDT |
| Bilfører | 52 % | 52 % | 52 % | 47 % | 49 % | 48 % | -9,7 % | -7,4 % | -8,5 % |
| Bilpassasjer | 6 % | 8 % | 7 % | 7 % | 9 % | 8 % | 11,7 % | 9,1 % | 10,2 % |
| Kollektiv | 14 % | 11 % | 13 % | 16 % | 12 % | 14 % | 9,0 % | 8,0 % | 8,6 % |
| Sykkel | 10 % | 8 % | 9 % | 12 % | 8 % | 10 % | 10,0 % | 8,1 % | 9,2 % |
| Gange | 17 % | 21 % | 19 % | 19 % | 22 % | 21 % | 9,0 % | 6,5 % | 7,6 % |
| Sum | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | -0,34 % | -0,26 % | -0,30 % |

Som for analysene av metrobuss antas det at det vil være forbedringer i kvalitative faktorer for kollektivtransporten i virkemiddelpakkene som ikke fanges opp av RTM. I virkemiddelpakke 1 er det lagt inn tre nye metrobusslinjer som i praksis vil medføre en doubling av tilbudet med metrobuss. De nye linjene, som kommer i tillegg til de som innføres i 2019, vises i figur 5.10.

Det er naturlig å anta at dette vil medføre en høyere andel direkte reiser på metrobuss, altså en lavere bytteandel. Dette antas fordi større deler av byen dekkes av metrobussnettet og at det resterende tilbudet holdes konstant. Videre vil det med ytterligere metrobusslinjer bli flere bytter mellom metrobusser. Dette antas å redusere byttekostnaden noe, da metrobussene har en bedre utforming mtp. bytter. Det er også foreslått 75 nye metrobusstasjoner, noe som bør redusere ulempene ved bytte ytterligere.

Det er i byutredningene foreslått 24km med kollektivfelt i virkemiddelpakkene. Dette bør sammen med flere linjer kunne redusere ombordtidene for brukerne. RTM-aggregeringen viser ikke en slik effekt, noe som muligens kommer av at rutetabellen til de nye metrobusslinjene er modellert med for lave hastigheter. Ved innføring av metrobuss viste RTM en reduksjon i ombordtid på 16%, som vist i figur 5.5. I analysen på virkemiddelpakke 1 med STRATMOD antas det en videre reduksjon i ombordtid på 15%, som en konsekvens av nye linjer og flere kollektivfelt. I tillegg bør kollektivfeltene og videre prioritering av kollektivtransport i byen redusere forsinkelsene. De antatte forbedringene i kollektivtransporten fra dagens kvalitative faktorer oppsummeres i tabell 5.11.



Figur 5.10: Foreslåtte nye metrobusslinjer i byutredningene, i tillegg til de som vises i figur 5.4. (Vegvesen, 2017)

Tabell 5.11: Antatt mulig endring av kvalitative faktorer ved forbedring tilsvarende virkemiddepakke 1 i byutredningene

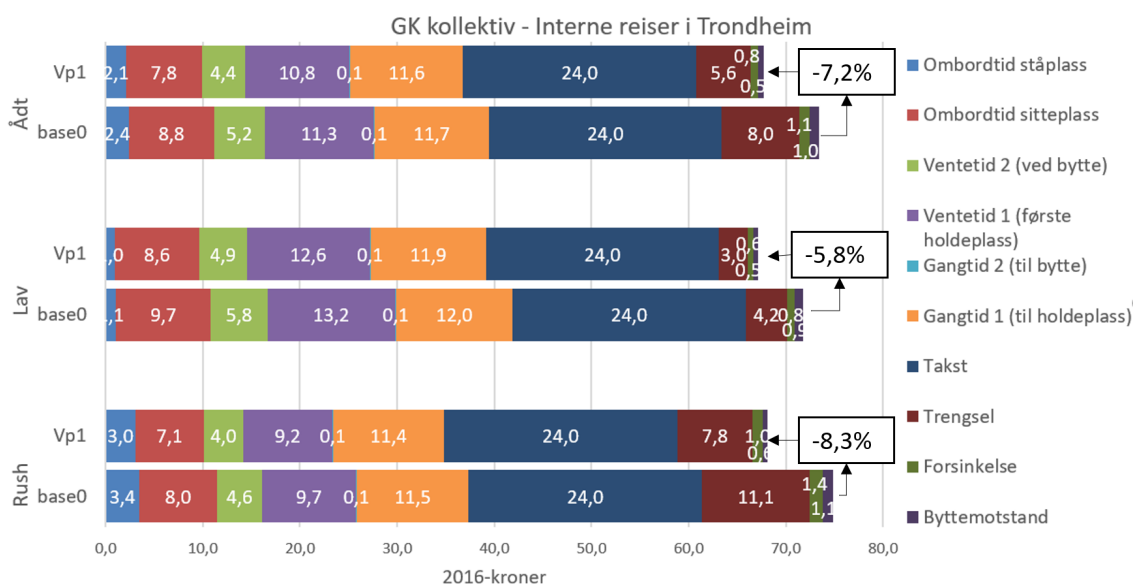
| Tiltak | 2016 | 2030 | VP1 2030 |
|----------------------------------|--------|---------------|---------------|
| | | 15% reduksjon | 30% reduksjon |
| Forsinkelse rush, % av ombordtid | 12% | 10,2% | 8.4% |
| Trengselskostnad rush (kr/reise) | 11,1kr | 9,4kr | 7,8kr |
| Byttekostnad rush | 15,9kr | 13,5kr | 11,1kr |
| Forsinkelse lav, % av ombordtid | 7% | 6,0% | 4,9% |
| Trengselskostnad lav (kr/reise) | 4,0kr | 3,4kr | 2,8kr |
| Byttekostnad lav | 15,9kr | 13,5kr | 11,1kr |
| Ombordtid rush | - | - | -15% |
| Andel som bytter rush | - | - | -15% |
| Ombordtid lav | - | - | -15% |
| Andel som bytter lav | - | - | -15% |

5.5. BYUTREDNINGENE

Effekter ved reduksjon i kvalitative faktorer

Endringene gir en endring i GK som vist i figur 5.11. Her ser vi at ved innføring av nye metrobuslinjer reduseres GK fra 73.5kr til 68.2kr for ÅDT. Dette er en reduksjon på 7.2%, som vil gi en etterspørselsøkning på 7.9% med en GK-elasticitet på -1.10 i tillegg til de som kom fra RTM direkte.

Beregningene viser at kollektivtiltakene i byutredningene har et potensiale til å være mer virkningsfulle enn det RTM-resultatene viser. Nye reisemiddelfordelinger vises i tabell 5.12. Her ser vi en dobling av veksten i for kollektivtransporten, og en noe større reduksjon i biltrafikken, sammenlignet med rene RTM-resultater som vist i tabell 5.10.



Figur 5.11: Endringer i GK med antatte endringer i virkemidelpakke 1

Tabell 5.12: Reisemiddelendringer i Trondheim kommune, virkemidelpakke 1 fra byutredningene etter inkludering av endring i kvalitative faktorer

| | Referanse | | | VP1 | | | Tiltak (%-vis endring) | | |
|--------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|---------|---------|
| | Rush | Lav | ÅDT | Rush | Lav | ÅDT | Rush | Lav | ÅDT |
| Bilfører | 52 % | 52 % | 52 % | 46 % | 48 % | 47 % | -11,58 % | -8,32 % | -9,88 % |
| Bilpassasjer | 6 % | 8 % | 7 % | 7 % | 9 % | 8 % | 9,82 % | 8,17 % | 8,87 % |
| Kollektiv | 14 % | 11 % | 13 % | 17 % | 13 % | 15 % | 20,62 % | 15,17 % | 18,13 % |
| Sykkel | 10 % | 8 % | 9 % | 11 % | 8 % | 10 % | 7,48 % | 6,90 % | 7,22 % |
| Gange | 17 % | 21 % | 19 % | 19 % | 22 % | 20 % | 8,08 % | 6,12 % | 6,99 % |
| Sum | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | -0,22 % | -0,20 % | -0,21 % |

6. Diskusjon

Formålet med denne oppgaven er å undersøke om det kan være effekter av transporttiltak i Trondheim som vil belyses bedre med STRATMOD enn med RTM. Videre er det et mål å undersøke om STRATMOD er en nyttig modell for fremtidig arbeid for strategisk planlegging i byområder. Dette besvares ved først å diskutere de tre forskningsspørsmålene i oppgaven. Deretter diskuteres modellen på et overordnet nivå.

6.1 Forskningsspørsmål

- **Hvilke indikasjoner gir STRATMOD på måloppnåelsen metrobussprosjektet i Trondheim?**

Analysene på metrobussprosjektet viser det at kan være et større potensial i prosjektet enn det RTM viser alene. STRATMOD, inkludert kvalitative faktorer og ved bruk av lokale tidsverdier viser en 10% vekst i kollektivreiser, sammenlignet med resultater fra RTM som ikke viser noen økning. Dette kommer av at metrobussen kan ha effekter som RTM ikke klarer å belyse, hovedsakelig bedre fremkommelighet og en antatt mindre grad av forsinkelse, samt en antatt lavere byttekostnad per bytte.

Analysene på metrobuss med STRATMOD har noen store forbehold som er viktig å belyse. Det er antatt at forsinkelsene i kollektivsystemet synker med rundt 30%. Dette er ambisiøst og vil kreve at bussene prioriteres i høyere grad enn i dag. Det er også antatt en klar reduksjon i byttekostnadene i de generaliserte kostnadene. Dette krever at planene om holdeplassoppgraderinger gjennomføres, og at oppgraderingene blir godt mottatt av brukerne. Bytter må bli sett på som en mindre ulempe enn det de er i dag for at prosjektet skal få ønsket effekt. Videre er det antatt lik sitteplassandel som i dag ved innføring av metrobuss, noe som også er usikkert. Metrobussene er utformet for raske bytter og mange stående, og det er grunn til å tro at det vil bli noe flere stående etter innføringen spesielt i rush. Effektene av tiltaket vist i analysene

i denne oppgaven vil med en sånn antagelse gå noe ned.

Med bakgrunn i resultatene fra backcasting i Oslo er det grunn til å tro at STRATMOD overestimerer endringer når en bruker lokale tidsverdier. Dette gjør at resultatene fra analysene på metrobussprosjektet med lokale tidsverdier sannsynligvis viser for store endringer, og at et mer sannsynlig resultat er de hvor en kun inkluderer og endrer på de kvalitative faktorene. Dette vil gi en økning i kollektivreiser på ca. 5.2%. Denne veksten bør være mulig å oppnå i en tidsperiode på en til tre år, basert på at det i beregningene er brukt korttidselastisiteter.

STRATMOD viser på en annen side at det vil være små reduksjoner i bilbruk når en innfører metrobuss. Dette viser tydelig at det vil være nødvendig med restriktive tiltak for bil for å klare å oppnå nullvekstmålet, noe som er helt i tråd med andre analyser og resultater på nullvekst. Tiltak i kollektivsektoren kan gi vekst her, men bilbrukene endrer ikke reisemiddel uten andre incentiver.

- **Gir STRATMOD en mer realistisk representasjon av utviklingen i kollektivsektoren enn RTM?**

Som vist både i analysene av metrobussprosjektet og Byutredningene kan STRATMOD gi utslag som RTM ikke viser. STRATMOD kan vise flere effekter ved kollektivforbedringer enn det RTM kan. Samtidig er det viktig å understreke at analysene ofte kun gir et *potensial* til endring. Dette kommer av at det er veldig vanskelig å fastslå med sikkerhet hvilken effekt en vil ha på tiltak rettet mot kvalitative faktorer. Hvorvidt analysene vist i denne oppgaven er mer realistiske enn rene RTM resultater må etterprøves, og kan ikke fullt ut besvares før prosjektene er implementert.

STRATMOD har den fordelen at den kan inkludere trengsel, forsinkelse og komfort, så ved prosjekter hvor disse undersøkes eller forbedres har modellen er klar fordel mot RTM. Her vil forbedringer kunne vise etterspørselsendringer, mot ingen endringer i RTM. Videre gjør STRATMOD det enklere å analysere hvilken effekt kollektivtiltak har på ulike elementer av reiser, enn ved bruk av RTM alene. Dette kommer av at STRATMOD i tillegg til å kunne være et transportmodelleringsverktøy i seg selv, også fungerer godt til å aggregere og vise resultater fra RTM. Ved bruk av STRATMOD får man blant annet en god oversikt over hvilken del av reisen som blir forbedret av tiltak, siden den aggregere resultatene og viser GK for ulike reisemiddel.

Modellens nytte vil i stor grad avhenge av om man har gode data på de kvalitative faktorene. I Trondheim, og mange andre norske byer, vil man være

avhengig av å gjøre både spørreundersøkelser og andre målinger for å få gode data på trengsel og komfort, slik at man får fullt utbytte av modellen. Hvis kollektivoperatøren har en sanntidsløsning bør det være mulig å få gode data for forsinkelse her. Hvis trengsel og komfort hadde vært inkludert i RVU kunne man fått klare indikatorer på disse faktorene, og mulighet til å inkludere dem med større sikkerhet i STRATMOD. Da ville man også kunne måle hvilken effekt en har av tiltak på kvalitative faktorer mellom hver RVU-periode.

- **Er STRATMOD en nøyaktig nok modell i praktisk bruk?** Eller er det for store usikkerheter og for høy grad av aggregering, slik at modellen blir unøyaktig?

Som vist i kap

refsec:sensitiv er resultatene i modellen direkte avhengig av inngangselastisitetene på kollektivtakst og bensinpris. Spesielt bilelastisitetene er vanskelige å bestemme, noe som gjør resultatene usikre. Sannsynlige verdier for korttidselastisiteter for bensinpris ligger i området -0.07 til -0.14, men det er vanskelig å finne studier som gir en større sikkerhet enn dette. Dette kommer spesielt av at det er store forskjeller mellom by og land, og forskjeller mellom i regioner. Det virker nødvendig å gjøre nærmere undersøkelser på bensinpriselastisitet eller GK-elastisitet for bil i byområder for å kunne benytte modellen med større sikkerhet.

Grunnet usikkerheten i bilelastisiteter vil STRATMOD være mindre egnet til å se på prosjekter der en først og fremst ser på endringer i betingelsene for bil. Her vil det sannsynligvis være bedre å kun bruke RTM. Tradisjonelle vegprosjekt i rurale strøk er et eksempel på prosjekt hvor det STRATMOD ikke vil kunne tilføre noe 'ekstra' mot det å kun bruke RTM. STRATMOD er primært utviklet for byer og undersøkelser på kollektivtransport, og her fungerer modellen godt.

6.2 Diskusjon av GK-elementer

Modellen gjør det mulig å se på konkurranseindekser mellom kollektiv og bil i valgte soner. Disse viser at lange reiser ofte kommer godt ut for kollektiv i modellen, uten at dagens reisemønster viser at dette er tilfellet. Den høye kostnaden for bil ved lange reiser kommer av at kilometerkostnaden i GK legges inn med en lik sats uavhengig av lengden på turen. Dette fører til at de lange bilreisene får en usannsynlig høy kilometerkostnad sammenlignet med de korte. Avstandskostnaden for bil er hentet fra etterspørselsmodellen TRAMOD i RTM og er muligens for høy til å

inkluderes i GK, siden det i GK også inkluderes kjøretid. Det er grunn til å tro at kilometerkostnaden i RTM vil inkludere element som ikke er relevant for den spesifikke kilometerkostnaden i GK, og at det i STRATMOD til en viss grad vil telles dobbelt. Samtidig er det grunn til å tro at det ikke er en linær sammenheng mellom avstand og kilometerkostnad, og at de første kilometerne har høyere verdsetting enn de siste. Dette vil si at det bør være forskjellige verdier for kilometerkostnader av avhengig lengde på reisen.

Backcasting fra Oslo viser at modellen overestimerer reisemiddeleffekter når det brukes lokale tidsverdier. Bruk av lokale tidsverdier viser relativt store endringer sammenlignet med de nasjonale tidsverdiene også i dette prosjektet. Det er grunn til å stille spørsmålsteget ved om tidsverdiene fra den lokale undersøkelsen er for høy til å inkluderes i transportmodellen, og at de burde reduseres noe før inkludering. Dette kan for eksempel komme av at tidsverdiene som er funnet fra SP-undersøkelsen til Ellis and Øvrum (2014) gir verdier som blir for høye når de inkluderes i STRATMOD. Det er viktig å huske at ”verdsetting er ikke det samme som etterspørselsendringer” som diskutert av Fearnley et al. (2015). Selv om en reduserer ulempene ved en reise vil det ikke nødvendigvis gi de direkte etterspørselendringene som endringene i GK skulle tilsi, blant annet fordi de som verdsetter ulempene høyt kan ha få andre mulige valg av reisemiddel.

6.3 Styrker og svakheter med STRATMOD

Siden nullvekst måles på kjøretøykilometer for privatbil og STRATMOD per i dag ikke direkte måler kjøretøykilometer, er ikke verktøyet direkte egnet for å svare på om Trondheim klarer nullvekstmålet eller ikke. Nullvekst ble i tidligere byvekstavtaler målt på ÅDT (antall turer), noe STRATMOD er bedre egnet til å svare på. I tillegg skal ikke gjennomgangstrafikk inkluderes i nullvekstmålet, noe som også er vanskelig å ekskludere i modellen. Modellen blir dermed noe vanskelig å benytte når en ønsker å finne et direkte ja/nei svar på om en by klarer nullvekstmålet eller ikke.

Modellen mangler per i dag mulighet til å analysere tiltak for sykkel og gange. Sykkel og gange er meget viktige transportmidler i by, og muligheter for å gjøre tiltak for disse bør inkluderes i modellen. Samtidig er modellen såpass aggregert og overordnet at gange sannsynligvis er vanskelig å inkludere på en god måte. Det er satt av plass i modellen for inkludering av sykkeltiltak, så dette vil sikkert inkluderes i fremtiden. Det hadde vært interessant å kunne inkludere kvalitative faktorer for sykkel på lik linje som for kollektivtransport. Ideer kan være trygghetsfølelse, hastighet, trafikkflyt osv.

Det er grunn til å stille spørsmål hvorvidt elastisitetsberegninger er riktig metode å benytte når endringene blir store, spesielt for bilreiser. Ved innføring av bompenger vil en i modellen få en etterspørselsendring fordi GK økes og brukerne velger å benytte andre reisemiddel. Dette betyr at det er antatt at det ikke er noen destinasjonsendring for de reisende fra før til etter innføringen av tiltaket. Bompenger og parkeringskostnader endrer hvor folk kjører, og det er grunn til å tro at en stor økning i bompengene vil føre til at bilførere kjører andre steder enn gjennom bomringen. I så fall er det ikke sikkert en får en like stor effekt i reduksjon av trafikken som det modellen viser. Slike effekter vil ikke vises i STRATMOD hvis man bruker modellen med et tiltaksscenario, da OD-matrisene holdes konstant i beregningene. I slike tilfeller må man gå veien om en RTM kjøring, og benytte reisematrissene fra tiltaksscenarioet, slik at reisemønstrene blir riktige.

6.4 Modellens bruksområde og potensial

Selv om det er usikkerhet i modellen er det et klart behov for STRATMOD. Dette vises tydelig i analysene av metrobuss og byutredningene, som viser reisemiddelenringer som RTM ikke vil kunne vise. For analyser i by med relativt lang tidshorisont og endringer i kvalitative faktorer for kollektiv finnes det ingen alternativ til STRATMOD i Norge per i dag, annet enn å basere seg på erfaringstall. Modellen har dermed et stort potensiale for å være et viktig verktøy i byanalyser, spesielt hvis flere hadde benyttet seg av modellen slik at man fikk flere erfaringstall på hvordan den fungerer.

Modellen er relativt godt dokumentert i Berg et al. (2017) og Berg (2017) og med litt forkunskaper ved bruk av RTM og Excel kan den raskt etableres. Hvis man i tillegg har data for forsinkelse, trengsel og sitteplassandeler, vil modellen være et godt supplement til rene analyser med RTM. Med bruk av modellen vil man kunne få svar på tilleggseffekter ved kvalitetsforbedringer for kollektiv, noe man ikke har mulighet til i RTM.

6.4.1 Forslag til videre modellutvikling

Siden nullvekst i dag måles på kjøretøykilometer og ikke ÅDT som tidligere, bør modellen inkludere denne faktoren. Dette vil gjøre det enklere å analysere prosjekter mot nullvekstmålet. Videre bør det legges inn noen faktorer for gjennomgangs- og næringstrafikk slik at disse også kan ekskluderes fra analysene. Dette burde ganske enkelt kunne legges til ved å angi andelen gjennomgangs- og næringstrafikk i forutsetningsfanen i modellen samt befolkningsvekst, for så å anta at den ekskluderte trafikken vokser i takt med befolkningsveksten.

Det er viktig for modellen å få inkludert sykkel og gange, siden disse reisemidlene er meget viktige i by. Dette vil gjøre at modellen vil oppleves som mer 'komplett', da den vil kunne analysere alle de mest aktuelle reisemidlene i byområder.

6.5 Videre arbeid

Både i arbeid med STRATMOD og i andre sammenhenger er det viktig å få ha en god oversikt over de kvalitative faktorer innenfor kollektivtransporten. Her er det veldig vanskelig å finne gode tall for Trondheim. Ulempene knyttet til komfort, forsinkelse og andre kvalitetsfaktorer bør undersøkes, og en større kunnskap om disse vil komme både operatører, planleggere og andre til gode.

Innføringen av metrobussen vil gi spennende muligheter for å undersøke etterspørselsendringer når man endrer på kvaliteten ved busstilbudet. Undersøkelser før og etter innføring vil kunne gi gode svar på hvilke endringer som kan forventes av kvalitetsforbedringer i fremtiden. Fordelen ved metrobussprosjektet er at det vil bli en form for 'oppdatering' av dagens tilbud, hvor liljene vil gå relativt likt med der de går i dag. Dette skiller seg fra andre andre prosjekt, som for eksempel bybanen i Bergen, som var et helt nytt tilbud med nye linjer og annen type materiell. Det oppfordres derfor sterkt til å gjøre en før/etter-undersøkelse på metrobussprosjektet.

Bibliografi

- Aksnes, L. (2014). Bymiljøavtaler - Et nytt verktøy for samordnet areal- og transportplanlegging i de store byene.
- Arge, N., Stølan, A., and Holmeid, T. (2000). Modeller på randen, bruk av transportmodeller i norske byområder. Technical report, AS Civitas.
- AtB (2014). Årsmelding 2014.
- Balcombe, R., Paulley, NeilMackett, R., Titheridge, H., Preston, J., Wardman, M., Shires, J., and White, P. (2004). The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership. *Transport Policy*, 13(4):295–306.
- Berg, M. (2017). Dokumentasjon av STRATMOD-verktøyet i Cube. Technical report, Urbanet.
- Berg, M., Høyem, H., and Haug, T. W. (2017). STRATMOD - beskrivelse av storsonemodellen. Technical report, Urbanet.
- Betanzo, M., Haug, T. W., and Norheim, B. (2016a). STRATMOD case Oslo. Technical report, Urbanet analyse.
- Betanzo, M. and Norheim, B. (2014). Nullvekstmålet - Kostnadsberegninger knyttet til rolledeling mellom de miljøvennlige transportformene. Technical report, Urbanet Analyse.
- Betanzo, M., Wika, K. H., Ellis, I. O., and Norheim, B. (2016b). Et harmonisert nasjonalt takstsystem Muligheter for økt attraktivitet og bruk av. Technical report, Urbanet analyse.
- Ellis, I. O. and Øvrum, A. (2014). Trafikantenes verdsetting av tid i fem byområder. Rapport 46/2014. Technical report, Urbanet analyse.
- Engebretsen, Ø. (2003). Byreiser. TØI rapport 677. Technical Report september, TØI.

- Fearnley, N., Aarhaug, S., Flügel, S., Eliasson, J., and Madslie, A. (2015). Etter-spørseleffekter av kvalitetshevinger i kollektivtransporten. Technical report, Transportøkonomisk institutt.
- Flügel, S., Flötteröd, G., Kwong, C. K., and Steinsland, C. (2014). Evaluation of Methods for Calculating Traffic Assignment and Travel Times in Congested Urban Areas with Strategic Transport Models. Technical Report TØI Report 1358/2014, Transportøkonomisk institutt.
- Flügel, S. and Hulleberg, N. (2016). Trenklin 2 – Gjennomgang av modellen og drøfting av anvendelsesområde. Technical report, TØI.
- Fridstrøm, L. (1998). Bilhold, bilbruk, ulykker og personsaker. TØI rapport 402. Technical report, Transportøkonomisk institutt.
- Fridstrøm, L. and Alfsen, K. H. (2014). Vegene mot klimavennlig transport, TØI rapport 1321. Technical report, Transportøkonomisk institutt.
- Givoni, M., Beyazit, E., and Shiftan, Y. (2016). The use of state-of-the-art transport models by policymakers – beauty in simplicity? *Planning Theory and Practice*, 17(3):385–404.
- Goodwin, P., Dargay, J., and Hanly, M. (2004). Elasticities of road traffic and fuel consumption with respect to price and income: A review. *Transport Reviews*, 24(3):275–292.
- Hatzopoulou, M. and Miller, E. J. (2009). Transport policy evaluation in metropolitan areas: The role of modelling in decision-making. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(4):323–338.
- Hensher, D. A. (2008). Assessing systematic sources of variation in public transport elasticities: Some comparative warnings. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(7):1031–1042.
- Jonsson, D., Berglund, S., Almström, P., and Algiers, S. (2011). The Usefulness of Transport Models in Swedish Planning Practice. *Transport Reviews*, 31(2):251–265.
- Kroksæter, A. and Babri, S. (2017). Brukerveiledning TransportNettExtension for ArcMap, versjon 2.76. Technical report, SINTEF.
- Langmyhr, T. (2017). Greener Trondheim-partnership for sustainable transport - Presentation NTNU nov. 2017.
- Lervåg, H. (2016). Reiser vaner 2013-24 Trondheim/Trondheimsregionen. Technical report, Miljøpakken.

- Litman, T. (2004). Transit Price Elasticities. *Journal of Public Transportation*, pages 37–58.
- Malmin, O. K., Arnesen, P., and Dahl, E. (2017). Stratmod: Etablering av datakilder. Technical report, SINTEF.
- McNally, M. U. o. C. (2008). *Handbook of transport modelling*. Emerald, Inc., 2 edition.
- Meyer, M. D. and Miller, E. J. (2001). *Urban transport planning, second edition*. McGraw-Hill, second edition.
- Miljødirektoratet (2016). Klimagassutslipp fra transport. <http://www.miljostatus.no/tema/klima/norske-klimagassutslipp/utslipp-av-klimagasser-fra-transport/>.
- Miljøpakken (2018). Miljøpakken - om metrobuss.
- Norheim, B. (2012). Tidsverdi og regional variasjon – er verdsetting av tid blant kollektivtrafikantene i Osloregionen høyere enn resten av landet? UA-notat 46/2011. Technical report, Urbanet Analyse.
- Norheim, B. (2017). *Kollektivtransport - utfordringer, muligheter og løsninger for byområder*. Statens vegvesen.
- NTP (2010). Nasjonal transportplan.
- Odeck, J. and Johansen, K. (2016). Elasticities of fuel and traffic demand and the direct rebound effects: An econometric estimation in the case of Norway. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 83:1–13.
- Odeck, J. and Welde, M. (2017). The accuracy of toll road traffic forecasts: An econometric evaluation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 101:73–85.
- Ortúzar, J. d. D. and Willumsen, L. G. (2011). *Modelling transport, fourth edition*. John Wiley & sons.
- Østli, V., Halse, A. H., and Killi, M. (2015). Verdsetting av tid, pålitelighet og komfort tilpasset NTM6. Technical Report I, TØI.
- Paulley, N., Balcombe, R., Mackett, R., Titheridge, H., Preston, J., Wardman, M., Shires, J., and White, P. (2006). The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership. *Transport Policy*, 13(4):295–306.

- Ramjerdi, F., Flügel, S., Samstad, H., and Killi, M. (2010). Den norske verdsettelsesguiden - Tid. Technical report, Transportøkonomisk institutt.
- Ranheim, P. B. (2017). Trenklin versjon 3. Technical report, Jernbanedirektoratet.
- Redman, L., Friman, M., Garling, T., and Hartig, T. (2012). Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. *Transport Policy*, 25:119–127.
- Ruud, A., Ellis, I. O., and Norheim, B. (2010). Bedre kollektivtransport - Trafikan-tenes verdsetting av ulike egenskaper ved tilbudet i Oslo og Akershus. Technical report, PROSAM.
- SSB (2018). SSB - kartapplikasjon. `kart.ssb.no`. dato: 2018-02-10.
- SVV (2017). Om byutredningene, Nullvekstmålet for persontransport med bil.
- Tørset, T., Malmin, O. K., Bang, B., and Bertelsen, D. (2013). CUBE - Regional persontransportmodell versjon 3. Technical report, SINTEF.
- Tørset, T., Meland, S., Levin, T., Haug, T., and Norheim, B. (2015). Verktøy for transportanalyser i by. Technical report, SINTEF Teknologi og samfunn.
- Trondheim (2016). Bymiljøavtale Trondheim kommune , Sør-Trøndelag fylkeskom-mune og Staten.
- UNFCCC (2015). Paris Agreement. <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>.
- Vegvesen, S. (2017). Byutredning Trondheimsområdet. Technical report, Statens vegvesen.
- Vibe, N., Engebretsen, Ø., and Fearnley, N. (2005). Persontransport i norske by-områder Persontransport i norske byområder. Technical report, TØI.

Del II

Artikkel

Abstract

The purpose of this paper is to discuss the usefulness of the transport model 'STRATMOD', a simplified transport model. Transport models are often complex and have long run-times which STRATMOD improves by aggregating travel matrices from a baseline strategic transport model, and using elasticities to calculate the effects of measures. The model is tested with a sensitivity analysis on input-elasticities, and by analysing the metro-bus project in Trondheim. The model is useful, especially when analysing public transport measures with improvements in quality factors such as delay and crowding. It is however a bit inaccurate in practical use, because of insecurities with input-elasticities, and difficulties in deciding what effect the planned measures will have for the quality factors of the public transport system as a whole.

1 Introduction

In Norway the Regional Transport Model (RTM) is used to analyse different measures and policy suggestions. Having been continuously developed since its introduction around two decades ago, RTM still lacks some explanatory factors to be able to accurately represent the development of the transport system, especially with regards to public transport and soft modes. It is not designed to include factors such as reliability, delays, comfort and capacity, and studies show that it often underestimates the impact of public transport measures, especially within cities (Tørset et al., 2015).

The transport-modelling tools used today, both in Norway and in other Scandinavian countries (such as RTM, SAMPERS, OTM or LTM etc.) are often very complex and have long run-times, making them unpractical in the initial strategic planning phases. Here, policy suggestions are analyzed with long time frames, often 10-40 years. Within these long timeframes, simplified models can be used to test a broader range of policy and strategy options (Furnish and Wignall, 2009). STRATMOD (Strategic Model) improves the problem of complexity and run times, by aggregating the initial runs of a baseline transport-model into larger zones, and imports level of service (LoS) data and travel matrices into a spreadsheet model. This reduces the run times drastically. It also requires less transport modelling experience and should be easier to use than the traditional tools, because of its spreadsheet interface.

The model tries to improve some of the weaknesses of RTM, by using input variables such as delay, comfort and capacity. It can also analyze measures and policies on areas such as driving speeds for public transport and improvements for soft mode users. It also includes a cost-module and can be used to analyse project returns,

operation cost reductions and cost-benefit (Berg et al., 2017).

STRATMOD uses general principles and can be developed independent of which source transport model the travel matrices come from. Today it can be run with both RTM (then called STRATMOD) or with SAMPERS (then called HUT-model). Up until now, verification projects of the model give satisfactory results (Betanzo et al., 2016a,b). However, as the model is relatively new, and further verification is needed.

The goal for this project is to test the usefulness of STRATMOD, using projects already analysed with RTM, and reveal additional benefits or weaknesses from using the model. This research will use the city of Trondheim as a case study.

Research questions

- What indications does STRATMOD show on the results of planned transport measures in Trondheim in the coming years?
- Does STRATMOD show a more realistic representation of the development in the public transport sector compared to other tools, mainly the Regional Transport Model?
- Does STRATMOD have a high enough degree of accuracy in order to be representative for use in transport modelling?

2 Methods

This research was initiated by a literature study, mainly focused on transport modelling principles, elasticity based transport models and factors affecting the demand for public transport.

The main method of this study has been modelling with the regional transport model and STRATMOD. The metrobus-project was examined by running RTM with a baseline 2016 scenario, before adding the metrobus as the single measure to keep other variables constant. These scenarios were imported into STRATMOD where further analyses were done, mainly changing quality factors and using local values of time.

To examine how the results of the model vary with different input-elasticities a sensitivity analysis on these parameters are to be done. The analysis is done by running a scenario with

Table 1: Measures in the sensitivity analysis

| Measure | Change |
|--------------------|--------|
| Tolling rush | + 40% |
| Parking cost rush | + 40% |
| Tolling low | + 40% |
| Parking cost low | + 40% |
| PT fare | - 20% |
| On-board time rush | - 10% |
| On-board time low | - 10% |

increased generalized cost, and the variation of the demand changes for different modes is examined. The changes in GC are about 9% for both public transport and car. The measures are shown in table 1.

3 The STRATMOD-model

STRATMOD uses the results from a baseline RTM model and aggregates the travel matrices it into larger zones, and then combines the aggregated data with other inputs, such as relevant data for the public transport system, parking cost etc. The LoS data is then distributed on different travel modes, and the generalized cost (GC) for the different modes are calculated based on local time values. The different GCs makes it possible to analyse the competitive conditions between cars and other transport modes.

In order to calculate the effects of measures, STRATMOD uses elasticities based on input from the user. The change in GC from the reference scenario to the analysis scenario is calculated based on these elasticities, and new competitive conditions between the modes are found. See Figure 1 for an overall description of the calculation order of the model.

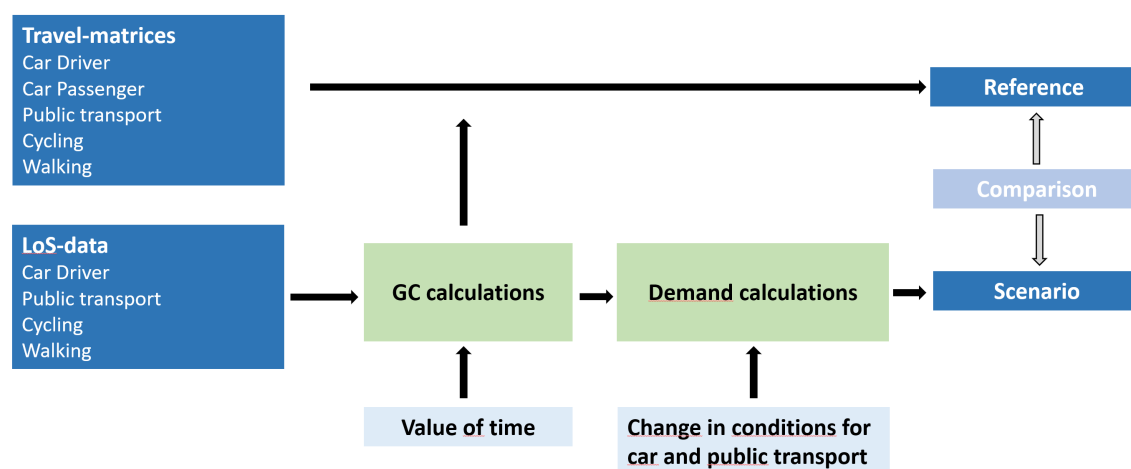


Figure 1: Overview of data- and calculation order in STRATMOD, translated from Berg et al. (2017)

3.1 Early experiences with the model

Urbanet analyse has shown with in their early projects with STRATMOD that the model gives good results in a back-casting scenario for Oslo, where the development from 2007-2014 was investigated (Betanzo et al., 2016a). The model improves the results for public transport from RTM when including the development in quality

factors. The model overestimates the growth in public transport when used with local values of time. The results from the back-casting are shown in figure 2.

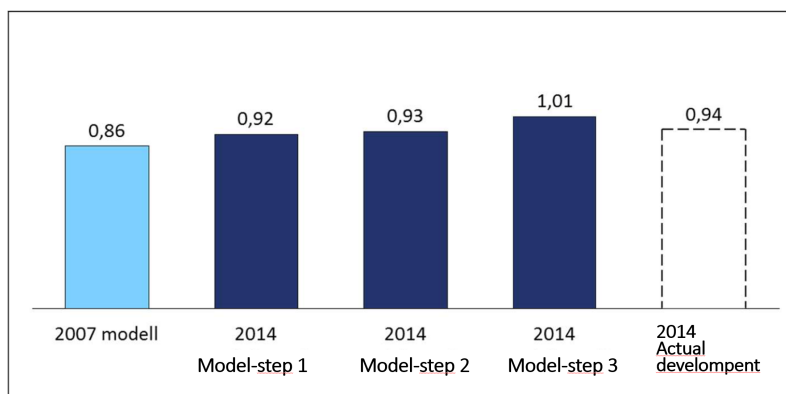


Figure 2: Development in public transport trips per person in Oslo with STRAT-MOD, compared with actual development (Betanzo et al., 2016a) (translated)

4 Study area

Trondheim has approx. 200 000 habitants and is one of the larger cities in Norway. Trondheim has reached the zero growth target since its adaptation in the beginning of 2000s Lervåg (2016), but will need to be even more progressive in it's transport policies to reach the goals in the future (Vegvesen, 2017).

Because of population growth and the zero-growth target Trondheim has decided to introduce a new bus system in order to provide more efficient public transport to the public. The project was originally communicated as Bus Rapid Transit system, but because of lack of separate infrastructure the municipality has decided to name it "metrobus". The project will use some of the concepts from BRT, with high frequency and high capacity lines as trunk bus lines , but will not be fully separated from other buses and cars throughout the city.

5 Literature

Transport models are important for the decision making in the transport sector, but they often lack important explanatory factors and have shown mixed results when forecasting development in urban areas. Hatzopoulou and Miller (2009) state that model results are often not relied on in the decision-making processes, and because of accuracy problems other factors such as historical figures and experience are relied on more than they potentially would if the results from the models where more trustworthy.

Givoni et al. (2016) state that in order for the transport models to be a bigger part in the decision-making transport models must be made simpler in order for the modelling to be more useful. The decision makers need to understand the modelling process (i.e. the data used, assumptions and results) to be able to rely on the results.

5.1 Calculations in STRATMOD

Using generalized cost to estimate demand changes

With STRATMOD, impacts from improvements in the transport system are calculated with generalized cost elasticities, building on price elasticities and valuation of the time components and other quality factors. The method is explained in Balcombe et al. (2004). The generalized cost elasticity is found implicitly through price elasticity, as the generalized cost cannot be measured directly. The approach relies on the assumption that reductions in whatever cost included in generalized cost will give the same relative impact on demand as reductions in price. The elasticity of reduction of price is possible to measure, and price is also included in generalized cost, thus the generalized cost elasticity is scaled according to price elasticity. The general definition of generalized cost is defined in equation 1. The generalized cost elasticity is calculated as the price elasticity divided by the price share of generalized cost, with known levels of price and generalized cost; weighted so that the elements included in generalized cost are expressed in the same units as price. This is presented in equation 2.

$$GC = \text{price} + \Sigma(\text{Hard cost components} \times \text{weight}) + \Sigma(\text{Soft components} \times \text{weight}) \quad (1)$$

$$\text{Public transport} : \varepsilon_{GC} = \frac{\varepsilon_{\text{Fare}}}{\frac{\text{Fare}}{\Sigma GC}} \quad \text{Car} : \varepsilon_{GC} = \frac{\varepsilon_{\text{fuel price}}}{\frac{\text{Sum distance cost}}{\Sigma GC}} \quad (2)$$

These calculations are relatively ‘simple’ in comparison with the typical calculations involved in a traditional four step model-based transport model, making STRATMOD an efficient and quick model in practical use. The strengths and weaknesses of the calculation method when using generalized cost elasticities are discussed in Fearnley et al. (2015), and it is stated that: “If the elements of GC are calculated correct and internally consistent, it is reasonable to assume that a change in GC would yield the same demand change independent of what was causing the change in GC.” However, it is discussed that it might not be a direct link between the value of a travel component and demand. Travelers often value delays quite high, but the demands changes are often small when the delays are reduced. This might be caused by few mode change possibilities for the users.

Elasticities

Short-term fare elasticities for public transport are normally found in the range -0.3 - -0.4 (Balcombe et al., 2004). To examine the elasticities further, the RTM model for Trondheim was run with a 10% increase in public transport fares. The model showed a reduction in public transport demand by -3.7%, indicating a fare elasticity of -0.37 in Trondheim. This value was kept in the further calculations.

Values for fuel price elasticities are less documented than PT-fare elasticities. Goodwin et al. (2004) indicate short term fuel price elasticities of around -0.1. Odeck and Johansen (2016) has estimated fuel price elasticities in Norway between 1980 and 2011, and finds a short term fuel price elasticity of -0.11. Fridstrøm and Alfsen (2014) has examined several Norwegian studies and found elasticities in the range of -0.08 to -0.18. Both Odeck and Johansen (2016) and Fridstrøm and Alfsen (2014) state that the elasticities varies from region to region, and from cities to rural areas. The fuel price elasticities are examined by increasing the distance cost in RTM. A 10% increase in distance cost gives a demand change of 6% to 12%, depending on if the changes are measured in the city of Trondheim or if the areas outside the cities are included. Based on a combination findings in the literature, and the results from the RTM-analysis, the fuel price elasticities for the calculations is set to -0.1.

Valuation of time and comfort values

STRATMOD makes it possible to include local values of time in the analyses. Ellis and Øvrum (2014) has found that the local values of time differ quite significantly from the national values, as shown in table 2. Especially the valuation of comfort factors are found to be higher than used in the national values. This is mainly caused by that inconveniences with lower comfort and delay is not valued in the national values of time.

Table 2: Values of time used in the analysis , [2016 NOK] (Betanzo et al., 2016a)

| Types of time | National values (Østli et al., 2015) | Four norwegian cities (Ellis and Øvrum, 2014) |
|-------------------------------------|---|--|
| On-board time, seated | 64,5 | 50,2 - |
| On-board time, standing (weight) | 1,0 | 1,7 |
| Delay (weight) | 1,0 | 6,0 |
| Walking time, to/from stop (weight) | 1,0 | 1,6 |
| Walking time, interchange (weight) | 1,0 | 1,8 |
| Waiting time first stop (weight) | 2,3 | 1,2 |
| Waiting time, interchange (weight) | 3,0 | 1,8 |
| Interchange cost (NOK/ interchange) | 6,5 | 15,9 |

6 Results

6.1 Sensitivity analysis

To understand how the results of the model vary with different input-elasticities a sensitivity analysis on public transport fare elasticity and fuel elasticity is done as discussed in section 2. As shown in section 5.1 the short-term elasticities for public transport are expected to vary in the range of -0.3 to -0.5. With the measures shown in table 1, the demand changes with a PT-fare elasticity of -0.4 (baseline), -0.3 and -0.5 are shown in in table 3. These changes correspond to a decrease in GC of about 9%.

Table 3: Variation in demand changes with different PT-fare elasticities

| | -0.4 - basis | | | -0.3 | | | -0.5 | | |
|------------------|---------------------|--------|--------|-------------|--------|--------|-------------|--------|--------|
| | Rush | Low | AADT | Rush | Low | AADT | Rush | Lav | AADT |
| Car - driver | -4,5 % | -3,7 % | -4,1 % | -4,0 % | -3,2 % | -3,6 % | -5,1 % | -4,1 % | -4,6 % |
| Car - passenger | 0,3 % | 0,5 % | 0,4 % | 0,8 % | 1,0 % | 0,9 % | -0,3 % | 0,0 % | -0,1 % |
| Public transport | 15,1 % | 15,0 % | 15,1 % | 11,9 % | 11,8 % | 11,9 % | 18,4 % | 18,3 % | 18,4 % |
| Cycling | -0,1 % | 0,2 % | 0,0 % | 0,6 % | 0,7 % | 0,6 % | -0,8 % | -0,3 % | -0,5 % |
| Walking | 0,4 % | 0,4 % | 0,4 % | 0,7 % | 0,6 % | 0,6 % | 0,0 % | 0,1 % | 0,1 % |

The expected fuel price elasticities lie in the range of -0.08 to -0.18. Since the RTM-evaluation of indicated an elasticity as low as -0.06, the elasticities chosen in the sensitivity analysis are -0.1 (baseline), -0.07 and -0.13. The demand changes of a 9% increase in GC for cars, result in the changes shown in table 4

Table 4: Variation in demand changes with different fuel price elasticities

| | -0.1 - basis | | | -0.07 | | | -0.13 | | |
|------------------|---------------------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------------|--------|--------|
| | Rush | Low | AADT | Rush | Low | AADT | Rush | Lav | AADT |
| Car - driver | -4,5 % | -3,7 % | -4,1 % | -3,8 % | -3,1 % | -3,4 % | -5,2 % | -4,2 % | -4,7 % |
| Car - passenger | 0,3 % | 0,5 % | 0,4 % | -0,4 % | -0,2 % | -0,3 % | 1,0 % | 1,2 % | 1,1 % |
| Public transport | 15,1 % | 15,0 % | 15,1 % | 14,2 % | 14,2 % | 14,2 % | 16,0 % | 15,8 % | 15,9 % |
| Cycling | -0,1 % | 0,2 % | 0,0 % | -0,8 % | -0,4 % | -0,6 % | 0,6 % | 0,8 % | 0,7 % |
| Walking | 0,4 % | 0,4 % | 0,4 % | -0,1 % | 0,0 % | 0,0 % | 0,8 % | 0,7 % | 0,8 % |

6.2 Analysis on metrobus-system

The metrobus-project is interesting to analyse because it touches on a lot of aspects where the RTM model lacks some explanatory factors in order to show the expected growth. The project should have the potential of reducing some of the quality factors that STRATMOD is able to analyse, especially delay and crowding, because of improvements in the road network and higher capacity buses.

Step 1: Aggregating results from RTM

In the first step of STRATMOD, results from RTM are aggregated into the spreadsheet model, where the results from RTM are shown. In this analysis the RTM-model is run with a baseline 2016 scenario, and with the public transport system changed to the metrobus lines. The different generalized cost for rush hours, low traffic and AADT are shown in figure 3. Here we see that the GCs are relatively similar in the baseline and metrobus scenario. The only notable changes are the reductions in on-board times and increase in waiting times in the metrobus scenario. This is expected, because the metrobus will have higher speeds but also more interchanges, because of its trunk line design.

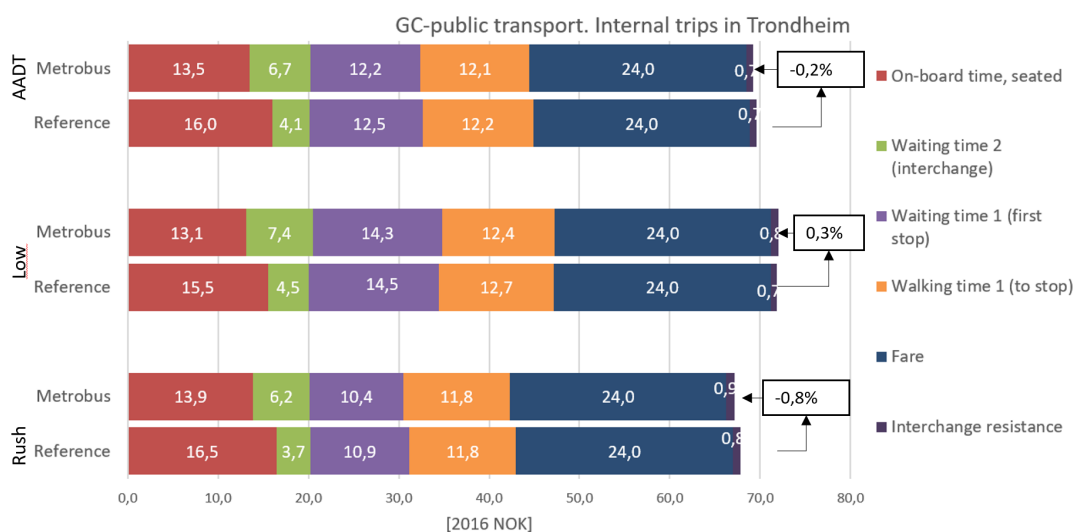


Figure 3: Change in GC after aggregating RTM results from the metrobus project.

Step 2: Including and improving the qualitative factors

With STRATMOD it is possible to include quality factors such as delay, crowding and disadvantages with interchange. The metrobus is assumed to influence all these factors. The buses will have more public transport lanes and be prioritized through intersections. This will reduce the delays. The new buses will have a more modern design, and higher passenger capacity, which should reduce

Table 5: Assumed potential reduction in quality factors when with metrobus, 30% reduction

| Quality factor | Base | Metrobus |
|-------------------------------|-------|----------|
| Delay rush, % on-board time | 11.1% | 7.5% |
| Crowding cost rush (NOK/trip) | 7kr | 5kr |
| Interchange cost rush | 6.5kr | 4.5kr |
| Delay low, % on-board time | 4.3% | 3% |
| Crowding cost low (NOK/trip) | 4kr | 3kr |
| Interchange cost low | 6.5kr | 4.5kr |

the crowding. The bus stops will also be redesigned to better facilitate interchanges. When the quality factors are included and reduced as in table 5 the generalized costs will change as shown in figure 4. We see here that the GC will be reduced by 4.7%, corresponding to a demand increase of 5.2%.

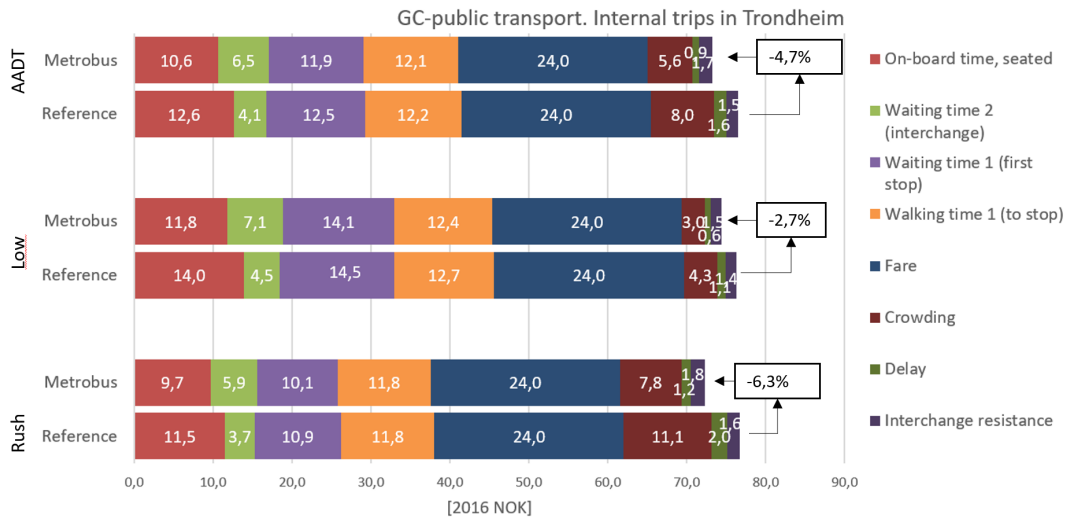


Figure 4: Change in GC after step 2 of STRATMOD, including quality factors

Step 3: Using local values of time

When using the values of time "four Norwegian cities" in table 2 we get the change in GC as shown in figure 5. Here the qualitative factors are valued much higher than with national values of time. The model then estimates a demand increase for public transport by about 9%.

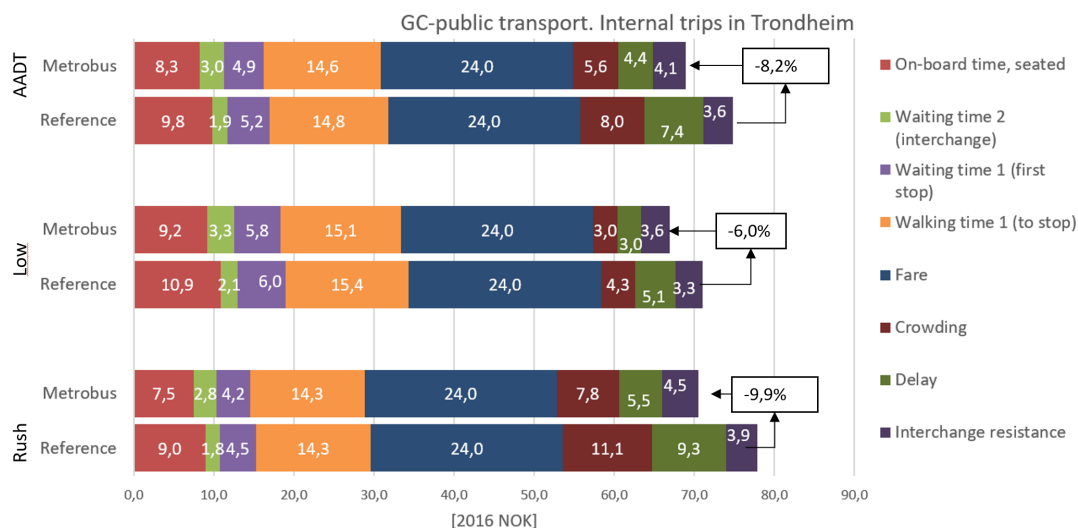


Figure 5: Change in GC after step 3 of STRATMOD, including quality factors and local values of time

7 Discussion

The aim of this study has been to test the usefulness of STRATMOD, and to investigate if it can reveal additional benefits to public transport improvements in Trondheim. The results show that the model is useful when improvements in quality factors for the public transport system are expected, showing demand effects that RTM would not be able to reveal.

Research questions

- **What indications does STRATMOD show on the results of planned transport measures in Trondheim in the coming years?**

This analysis show that there can be a bigger potential in the metrobus-project compared to what the regional transport model (RTM) shows. This difference is a result of an assumed change in quality factors, of which RTM is not able to include.

These analyses does however include major assumptions that must be met to achieve such results. They assume that the delays in the public transport system are reduced by 30%. In practice this means that the metrobus-system must run almost without delays, because the rest of the bus system will have the same priority on the roads as today. If this is realistic or not depends on the success of the improvement in the road network for the metro-buses. The upgrades on the bus stops must also be a success and be appreciated by the

users in order to reduce the "cost" of interchange.

- **Does STRATMOD show a more realistic representation of the development in the public transport sector compared to other tools, mainly the Regional Transport Model?**

As shown in this analysis, STRATMOD is able to show effects on factors that RTM does not include, mainly delay, crowding and comfort. The model does however often only yield a *potential* for changes, because the effects on measures concerning the quality factors are often hard to determine, especially when a whole transport system is considered. This means that the results in this analysis must be re-examined after the implementation of metrobus, in order to fully answer if the model is more realistic than RTM.

The benefit of the model will rely on having representative data on the quality factors. The model would be more reliable if crowding and comfort were included in the national travel surveys, in order to know the development of these factors.

- **Does STRATMOD have a high enough degree of accuracy in order to be representative for use in transport modelling?**

As shown in the sensitivity analysis the results vary quite substantially with different input-elasticities. It seems necessary to do further research on both PT-elasticities and fuel-price elasticities to improve the accuracy of the model. Since the model is a strategic model with a long time span, it might be acceptable with a lower degree of accuracy but the insecurities should be commented on when the model is used.

Application and potential

Even with the uncertainties in input-elasticities there still is a need for STRATMOD, especially in Norway where comfort factors are not implemented in the main modelling tool, RTM. When analysing project with expected improvements in either delay, crowding or reliability there are few alternatives to STRATMOD, other than using experience numbers and 'rules of thumb'.

It seems however necessary to both develop the model further and do more research on some of its input-factors. Both elasticities regarding car-usage, and demand effects when improving quality factors needs further investigation. As discussed by Fearnley et al. (2015) improvements of quality factors in public transport are often not directly linked with demand changes. This also applies to the use of local values

of time: valuation of inconveniences does not directly mean a direct demand change if it the inconveniences are reduced. These effects should be investigated further.

Because RTM was originally designed for road and tolling projects it still has weaknesses when analysing public transport. Combining STRATMOD and RTM improves some of these weaknesses, and can be a great asset when analysing public transport projects. The model can be based on any transport model that produce travel matrices divided into travel purpose and travel mode. In theory it can also be used with data produced through traffic counts and public transport data. It can be used without having full information regarding the quality factors, but to use it with its full potential it is necessary to have information about delay, crowding and comfort factors. The model is at the moment only documented in Norwegian.

References

- Balcombe, R., Paulley, NeilMackett, R., Titheridge, H., Preston, J., Wardman, M., Shires, J., and White, P. (2004). The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership. *Transport Policy*, 13(4):295–306.
- Berg, M., Høyem, H., and Haug, T. W. (2017). STRATMOD - beskrivelse av storsonemodellen. Technical report, Urbanet.
- Betanzo, M., Haug, T. W., and Norheim, B. (2016a). STRATMOD case Oslo. Technical report, Urbanet analyse.
- Betanzo, M., Wika, K. H., and Haug, T. W. (2016b). Eksempel på bruk av HUT-modellen: Case Göteborg. Technical report, Urbanet analyse.
- Ellis, I. O. and Øvrum, A. (2014). Trafikantenes verdsetting av tid i fem byområder. Rapport 46/2014. Technical report, Urbanet analyse.
- Fearnley, N., Aarhaug, S., Flügel, S., Eliasson, J., and Madslie, A. (2015). Eterspørseffekter av kvalitetshevinger i kollektivtransporten. Technical report, Transportøkonomisk institutt.
- Fridstrøm, L. and Alfsen, K. H. (2014). Veggen mot klimavennlig transport, TØI rapport 1321. Technical report, Transportøkonomisk institutt.
- Furnish, P. and Wignall, D. (2009). Making the most of models: Using models to develop more effective transport policies and strategies. *Concrete International*, 2:1–46.
- Givoni, M., Beyazit, E., and Shiftan, Y. (2016). The use of state-of-the-art transport models by policymakers – beauty in simplicity? *Planning Theory and Practice*, 17(3):385–404.
- Goodwin, P., Dargay, J., and Hanly, M. (2004). Elasticities of road traffic and fuel consumption with respect to price and income: A review. *Transport Reviews*, 24(3):275–292.

- Hatzopoulou, M. and Miller, E. J. (2009). Transport policy evaluation in metropolitan areas: The role of modelling in decision-making. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(4):323–338.
- Lervåg, H. (2016). Reiservaner 2013-24 Trondheim/Trondheimsregionen. Technical report, Miljøpakken.
- Odeck, J. and Johansen, K. (2016). Elasticities of fuel and traffic demand and the direct rebound effects: An econometric estimation in the case of Norway. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 83:1–13.
- Tørset, T., Meland, S., Levin, T., Haug, T., and Norheim, B. (2015). Verktøy for transportanalyser i by. Technical report, SINTEF Teknologi og samfunn.
- Vegvesen, S. (2017). Byutredning Trondheimsområdet. Technical report, Statens vegvesen.

Part III

Vedlegg

MASTEROPPGAVE

(TBA4945 transport, masteroppgave)

VÅREN 2018
for
Ola Skatvedt

STRATMOD til transportplanlegging i by, case Trondheim

BAKGRUNN

På grunn av nullvekstmålet for personbiltrafikken i byene er det viktig med gode transportmodelleringsverktøy for å undersøke virkningen av ulike tiltak og prosjekt. I dag brukes den regionale transportmodellen (RTM) som hovedverktøy for transportmodellering i byområder. RTM har mangler for modellering av kollektivtransport, noe som gjør at analyser for byområder ofte kan bli noe upresise, siden kollektiv er en viktig del av transportbildet.

STRATMOD er en relativt ny transportmodell utviklet av Urbanet Analyse som tar sikte på å inkludere flere forklaringsfaktorer for kollektivtransporten, for å gi et riktigere bilde av utviklingen her. I denne studien er den laget en STRATMOD-modell for Trondheim, og denne er brukt for å undersøke hhv. metrobussprosjektet og analysene i byutredningene, for å se om modellen kan vise andre resultater enn RTM. Videre diskuteres den potensielle nytten av STRATMOD, og om modellen bør benyttes i større grad til analyser i byområder fremover.

OPPGAVE

Formålet med denne oppgaven er å undersøke om det kan være effekter av transporttiltak i Trondheim som vil belyses bedre med STRATMOD enn med RTM. Videre er det et mål å undersøke om STRATMOD er en nyttig modell for fremtidig arbeid for strategisk planlegging i byområder, og om det er hensiktsmessig å bruke flere modeller i arbeidet, i motsetning til i dag hvor det bare stort sett er RTM som er brukt. Det vil i årene fremover bli et enda større behov for gode verktøy for å undersøke hvilke tiltak som kreves for å nå målsetninger i transportsektoren. Et mål med oppgaven er å diskutere om STRATMOD kan være en hensiktsmessig modell å benytte seg av for planleggere, i større grad enn den er i bruk i dag.

Forskningsspørsmål

- Hvilke indikasjoner gir STRATMOD på måloppnåelsen metrobussprosjektet i Trondheim?
- Gir STRATMOD en mer realistisk representasjon av utviklingen i kollektivsektoren enn RTM?
- Er STRATMOD en nøyaktig nok modell i praktisk bruk?

GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidingen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på [student ved IBM wikiside](#))
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneholder da de samme punktene som beskrevet over, men der hovedteksten omfatter en vitenskapelig artikkel og en prosessrapport.

Instituttets råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave befinner seg på [student ved IBM wikiside](#)

Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Masteroppgaven regnes ikke som ferdig levert før kandidaten har levert innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i Sentralbygg II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.

Beskrives her når dette er aktuelt. Se [student ved IBM wikiside](#) for avtaleskjema.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarung, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/iv/adm/hms/>. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til kontakt@ibm.ntnu.no

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Oppstart og innleveringsfrist er i henhold til informasjon i DAIM.

Faglærer ved instituttet: Trude Tørset

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU
Dato: 15.01.2018, (revidert: 01.06.2018)

Underskrift



Faglærer

B.1 Oppsett av STRATMOD

Steg 1: Oppsett av modellen

Klargjør modell etter valg av transportmodelltype

Importer LOS og Reismatriser for referansen

Importer LOS data for tiltaksscenario

Importer LOS data for stamlinjesenario

Scenarionavn: [Sett inn scenarionavn her]

| | |
|--|------------------|
| Hvilket år er analyseåret? | 2016 |
| Resultatinndeling fra transportmodellen? (Timer=YDT, Døgn=ÅDT) | Timer |
| Beregne etterspørselseffekt basert på en annen modellkjøring/stamlinenett? | Ja |
| År for rapportering av kroneverdier? | 2016 |
| Realprisjustere tidsverdier dersom analyseåret avviker fra kroneåret? | Nei |
| Prisjustering av historiske tidsverdier ved hjelp av: | KPI |
| Transportmodell som er benyttet | RTM/RTM23+ |
| Software modellen er kjørt i | Cube |
| Kalibrering av etterspørselsberegning | |
| Elastitet for kollektivtakst: Vurderes hver gang. Endres til 0,4 ref Ruud m.fl. 2005 | -0,37 |
| Bensinpriselastisitet: Må vurderes hver gang | -0,1 |
| Elastisitet for sykkelfelt | 0,7 |
| Nyskapt trafikk | 7 % |
| Maksimal GK-elastisitet for kollektiv rush | -3 |
| Maksimal GK-elastisitet for kollektiv lav | -3 |
| Benytt en enkelt elastisitet per tidsperiode for kollektiv og bil? | Ja |
| Skal elastisiteten beregnes basert på: | Avgrenset område |
| Beregnet elastisitet rush - Kollektiv | -1,30 |
| Beregnet elastisitet lav - Kollektiv | -1,13 |
| Beregnet elastisitet rush - Bilfører | -0,30 |
| Beregnet elastisitet lav - Bilfører | -0,25 |
| Direktekostnader for bil | |
| Kroneår for direktekostnader fra transportmodellen (Bom/Ferge)? | 2001 |
| Valuta for direktekostnader | NOK |
| Skal parkeringskostnader også fremskrives? | Nei |
| KPI-justering bompenger, fergekostnader og parkeringskostnader for bil | 33,3 % |
| Rabattfaktor for bompenger og fergetakster - bilfører | 1 |
| Rabattfaktor for bompenger og fergetakster - bilpassasjer | 1 |
| Andre valg | |

Figure B.1.1: Del 1 av arkfanen "forutsetninger" i STRATMOD

Analyse av transporttiltak i Trondheim med Stratmod

| Steg 2: Tidsverdier og kalibrering | | | |
|---|------------------------|-----------------------------------|---------------|
| Velg analyseområde: | 4 norske byer gj.snitt | | |
| Velg tidsverdisegment: | Dagens trafikanter | | |
| Kollektiv | | Forklaring | |
| Ombordtid med sitteplass | 50,2 | Kr per time | |
| Ombordtid med ståplass | 1,7 | Vekt relativ til ombordtid | |
| Effektiv forsinkelse | 6,0 | Vekt relativ til ombordtid | |
| Gangtid til første/fra siste holdeplass | 1,6 | Vekt relativ til ombordtid | |
| Gangtid Bytte | 1,8 | Vekt relativ til ombordtid | |
| Ventetid første holdeplass (Halve tiden mellom avgang) | 1,2 | Vekt relativ til ombordtid | |
| Ventetid ved bytte | 1,8 | Vekt relativ til ombordtid | |
| Byttekostnad | 15,9 | Kr per bytte | |
| Forsinkelse | Referanse | | |
| Andel forsinkelse i rush | 12 % | Andel av ombordtid | |
| Andel forsinkelse i lav | 7 % | Andel av ombordtid | |
| Benytte kø for bil i rush for kollektiv? | NEI | Vennligst velg | |
| Trengselskostnad | Referanse | | |
| Rush | 11,10 | Kr per reise | |
| Lav | 4,25 | Kr per reise | |
| | | Vennligst velg fra nedtrekksliste | |
| Andel sitte- og ståplass RUSH | Referanse | | |
| Andel reisende med sitteplass (snitt) | 70 % | | |
| Andel reisende med ståplass (snitt) | 30 % | | |
| Validering av andeler | OK | | |
| Andel sitte- og ståplass LAV | Referanse | | |
| Andel reisende med sitteplass (snitt) | 90 % | | |
| Andel reisende med ståplass (snitt) | 10 % | | |
| Validering av andeler | OK | | |
| Kalibrer kollektivtaksten? | Nei | Vennligst velg fra nedtrekksliste | |
| Snitt-takst ukalibrert (kroner) | 30,4 | | |
| Snitt-takst for kalibreringsformål (kroner) | | | |
| Justeringsfaktor | 1,0 | | |
| Ny snitt-takst for kontroll | 30,4 | | |
| Gjennomsnittlig reduksjon i takster | 0,0 | | |
| Skalering av bytteelementer (f.eks. fra SP-undersøkelse) | | | |
| Referanse | Rush | Lav | |
| Andel som bytter (for antall bytter) | 50 % | 50 % | |
| Skalering byttetid | 100 % | 100 % | |
| Tiltak | Rush | Lav | |
| Andel som bytter (for antall bytter) | 50 % | 50 % | |
| Skalering byttetid | 100 % | 100 % | |
| NB! Dersom man legger inn egne tidsverdier/vekter i feltene her så byttes formler for interne beregninger som f.eks. KPI- og realprisjustering. Alle verdier må da legges inn i kroneløst man ønsker å presentere resultater for. KPI-justering av bilkostnader påvirkes ikke, og fungerer normalt. | | | |
| Bil | 1,38 | Skaleringsfaktor | |
| Kjøretid | 69,2 | Kr per time | |
| Km kostnad | 2,15 | Kr per kilometer | |
| Køkostnad | 3,5 | Vekt relativ til kjøretid | |
| km kostnad offentlig | 2,75 | Kr per kilometer | |
| Sykkel | | | |
| Sykkeltid | 127,7 | Kr per time | |
| Vekt sykkelfart | 0,75 | Vekt relativ til sykkel | |
| Andeler til beregning av egendefinerte nasjonale tidsverdier | | | |
| | Bilfører | Sykkel | Gange |
| Tjenestereise | 0 % | 0 % | 0 % |
| Til og fra arbeid | 0 % | 0 % | 0 % |
| Fritid | 0 % | 0 % | 0 % |
| | Buss | Tog | T-bane |
| Kollektiv | 0 % | 0 % | 0 % |
| | Buss | Tog | T-bane |
| Tjenestereise | 0 % | 0 % | 0 % |
| Til og fra arbeid | 0 % | 0 % | 0 % |
| Fritid | 0 % | 0 % | 0 % |
| EGENDEFINERTE TIDSVERDIER | | | |
| Kollektiv | | Bil | |
| Ombordtid med sitteplass | 64,50 | Kjøretid | |
| Ombordtid med ståplass | 1,00 | Km kostnad | |
| Effektiv forsinkelse | 1,00 | Køkostnad | |
| Gangtid 1 | 1,00 | km kostnad of | |
| Gangtid Bytte | 1,00 | | |
| Ventetid 1 | 2,30 | | |
| Ventetid ved bytte | 3,00 | | |
| Byttekostnad | 6,50 | | |
| Kroneår | 2016 | | |

Figure B.1.2: Del 2 av arkfanen "forutsetninger" i STRATMOD

| Steg 3: Sonedata | | | | | |
|-----------------------|-------------|----------------------------|-----|-------------|------------|
| Sonenavn og nummer | | Parkeringskostnad per sone | | Befolkning | |
| Sonenavn | Sonennummer | Rush | Lav | Referanseår | Prognoseår |
| Ila-trolla | 1 | 7 | 5 | 6839 | 6839 |
| Midtbyen | 2 | 19 | 13 | 4474 | 4474 |
| Øya-singsaker | 3 | 16 | 10 | 7656 | 7656 |
| Rosenborg-møllenber | 4 | 13 | 10 | 9309 | 9309 |
| Lademoen | 5 | 4 | 3 | 6094 | 6094 |
| Lade | 6 | 2 | 1 | 5482 | 5482 |
| Strindheim | 7 | 0 | 0 | 8648 | 8648 |
| Charlottenlund-jakobs | 8 | 0 | 0 | 9867 | 9867 |
| Ranheim | 9 | 0 | 0 | 8177 | 8177 |
| Berg-tyholt | 10 | 1 | 0 | 9577 | 9577 |
| Åsvang-stokkan | 11 | 0 | 0 | 8842 | 8842 |
| Nardo | 12 | 2 | 2 | 5164 | 5164 |
| Nidarvoll-leira | 13 | 0 | 0 | 9956 | 9956 |
| Risvollan-othilienbor | 14 | 0 | 0 | 7210 | 7210 |
| Jonsvatnet | 15 | 0 | 0 | 1353 | 1353 |
| Bratsberg | 16 | 0 | 0 | 1081 | 1081 |
| Sverresborg | 17 | 0 | 0 | 9757 | 9757 |
| Byåsen | 18 | 0 | 0 | 16943 | 16943 |
| Hallset | 19 | 0 | 0 | 4734 | 4734 |
| Sjetne-okstad | 20 | 0 | 0 | 4784 | 4784 |
| Flatåsen-saupstad | 21 | 0 | 0 | 14225 | 14225 |
| Tiller-hårstad | 22 | 0 | 0 | 8498 | 8498 |
| Heimdal | 23 | 0 | 0 | 13609 | 13609 |
| Byneset-leinstrand | 24 | 0 | 0 | 5075 | 5075 |
| Rissa kommune | 25 | 0 | 0 | 6644 | 6644 |
| Orkdal kommune | 26 | 0 | 0 | 11779 | 11779 |
| Lidtre Gauldal kommu | 27 | 0 | 0 | 6298 | 6298 |
| Melhus kommune | 28 | 0 | 0 | 16096 | 16096 |
| Skaun kommune | 29 | 0 | 0 | 7755 | 7755 |
| Klæbu kommune | 30 | 0 | 0 | 6067 | 6067 |
| Malvik kommune | 31 | 0 | 0 | 13738 | 13738 |
| Stjørdal kommune | 32 | 0 | 0 | 23308 | 23308 |
| Leksvik kommune | 33 | 0 | 0 | 3531 | 3531 |
| Ekstern | 34 | 0 | 0 | 94958 | 94958 |
| Sone 35 | 35 | 0 | 0 | 24 | 24 |
| Sone 36 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 37 | 37 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 38 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 39 | 39 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 40 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 41 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 42 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 43 | 43 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 44 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 45 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 46 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 47 | 47 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 48 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 49 | 49 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sone 50 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Figure B.1.3: Del 3 av arkfanen "forutsetninger" i STRATMOD

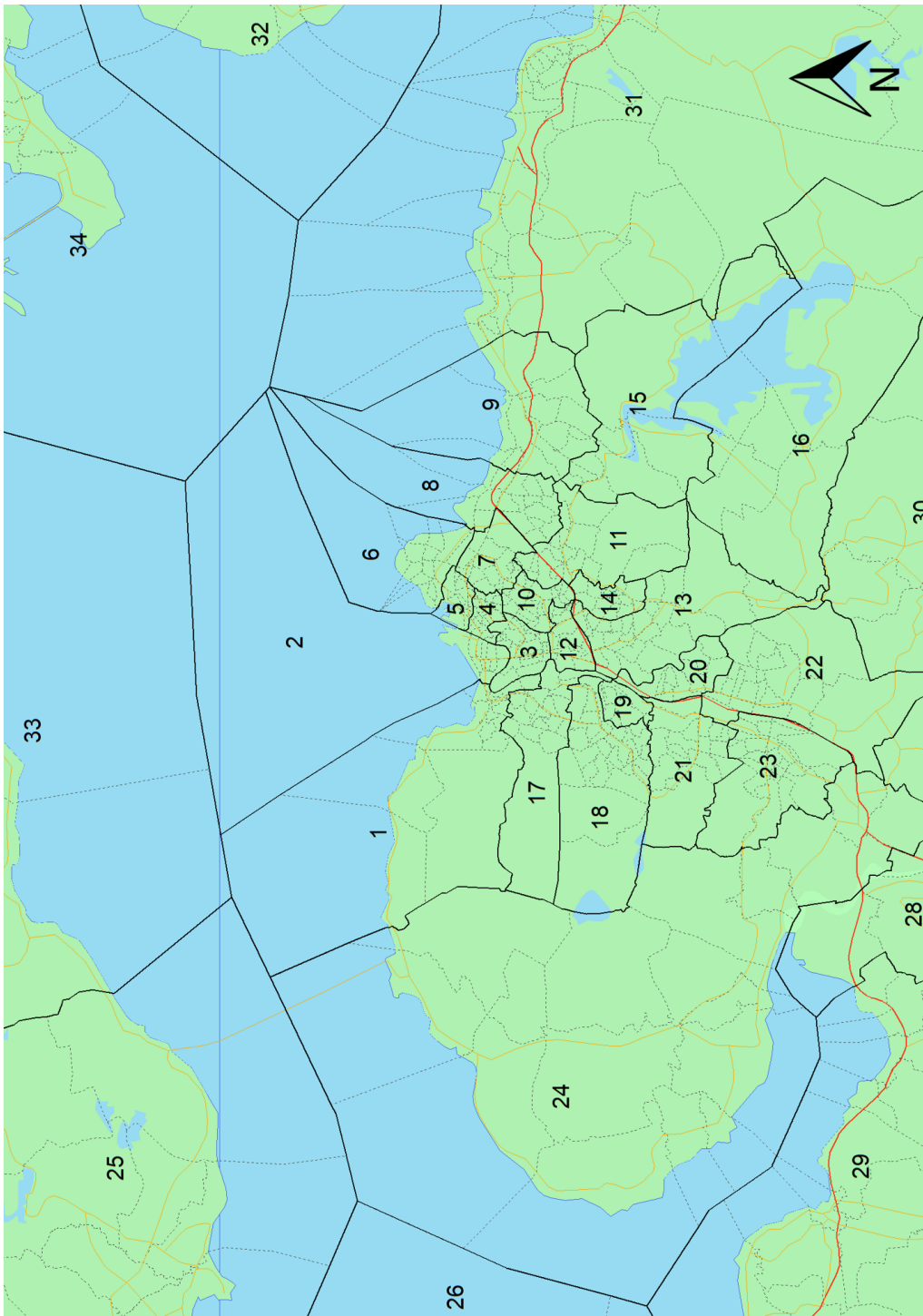


Figure B.1.4: Større oversikt over storsoner brukt i oppgaven. Stiplede linjer er grunnkretser

| | | Parkeringskostnader til STRATMOD - kostnad til GK | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------------------|---|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| Storsone | Navn | 2016 | | 2030_base0 | | Vp 1 | | Vp2 | | Vp3 | | | |
| | | Rush | Lav | Rush | Lav | Rush | Lav | Rush | Lav | Rush | Lav | | |
| 1 | Ila-trolla | 7,09 | 5,10 | 6,89 | 4,89 | 18,58 | 12,35 | 14,43 | 10,01 | 6,88 | 4,95 | | |
| 2 | Midtbyen | 19,80 | 14,54 | 17,99 | 12,90 | 31,84 | 22,19 | 25,71 | 18,20 | 17,88 | 13,08 | | |
| 3 | Øya-singsaker | 16,29 | 11,05 | 15,24 | 10,10 | 22,49 | 14,57 | 17,59 | 11,73 | 15,14 | 10,19 | | |
| 4 | Rosenborg-møllenberg | 14,01 | 10,35 | 13,01 | 9,46 | 20,31 | 14,13 | 16,05 | 11,55 | 12,91 | 9,51 | | |
| 5 | Lademoen | 4,30 | 3,42 | 3,65 | 2,80 | 22,60 | 14,65 | 17,70 | 11,98 | 3,65 | 2,83 | | |
| 6 | Lade | 1,68 | 1,22 | 1,63 | 1,19 | 19,93 | 14,08 | 15,28 | 11,27 | 1,57 | 1,15 | | |
| 7 | Strindheim | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,18 | 11,97 | 12,42 | 9,17 | 0,00 | 0,00 | | |
| 8 | Charlottenlund-jakobsli | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,97 | 3,25 | 3,24 | 2,23 | 0,00 | 0,00 | | |
| 9 | Ranheim | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,84 | 3,88 | 3,68 | 2,62 | 0,00 | 0,00 | | |
| 10 | Berg-tyholt | 0,90 | 0,45 | 0,77 | 0,35 | 19,19 | 12,88 | 14,86 | 10,40 | 0,77 | 0,36 | | |
| 11 | Åsvang-stokkan | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,60 | 5,07 | 5,27 | 3,74 | 0,00 | 0,00 | | |
| 12 | Nardo | 2,12 | 1,94 | 1,89 | 1,67 | 22,38 | 14,32 | 17,23 | 11,54 | 1,88 | 1,65 | | |
| 13 | Nidarvoll-leira | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,49 | 6,98 | 7,58 | 5,20 | 0,00 | 0,00 | | |
| 14 | Risvollan-othilienborg | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,41 | 9,05 | 8,88 | 6,45 | 0,00 | 0,00 | | |
| 15 | Jonsvatnet | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 16 | Bratsberg | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 17 | Sverresborg | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 16,99 | 11,54 | 12,81 | 9,13 | 0,00 | 0,00 | | |
| 18 | Byåsen | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,51 | 6,01 | 6,20 | 4,62 | 0,00 | 0,00 | | |
| 19 | Hallset | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,16 | 2,94 | 3,35 | 2,41 | 0,00 | 0,00 | | |
| 20 | Sjetne-okstad | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 21 | Flatåsen-saupstad | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 22 | Tiller-hårstad | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,48 | 7,33 | 6,90 | 6,01 | 0,00 | 0,00 | | |
| 23 | Heimdal | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 24 | Byneset-leinstrand | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 25 | Rissa kommune | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 26 | Orkdal kommune | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 27 | Midtre Gauldal kommune | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 28 | Melhus kommune | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 29 | Skaun kommune | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 30 | Klæbu kommune | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 31 | Malvik kommune | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 32 | Stjørdal kommune | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 33 | Leksvik kommune | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| 34 | Ekstern | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |

Figure B.1.5: Parkeringskostnader til GK ulike scenario byutredningene

B.2 Data fra AtB

| Linje | besk | Kode | pÅ | Beskrivels | VognlÅ | p | Tur | kjÅ | retÅ | y | Beskrivels | TilhÅ | renc | TilhÅ | renc | Holdeplas | Type | Faktisk ankomst | Planlagt ankomst | Stoppetid | Forsinkels | Actual | Her | Anstand | n | Reisetid | m | Faktisk kjÅ | Avvik | i | reisetid | | | | |
|-------|-------|-------------|------|------------|--------|--------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|-------|---------|-----------|-------|-----------------|------------------|-----------|------------|--------|-----|---------|---|----------|---|-------------|-------|---|----------|--|--|--|--|
| 1 | 1 757 | Lian,-St. O | 5902 | 10081 | T96 | CITARO | Belveder | Holdelas | 16.10.2017 | 16:13 | 16.10.2017 | 16:11 | 00:06 | 02:40 | 16:17 | 15:00 | 01:00 | 00:58 | 00:02 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 757 | Lian,-St. O | 5902 | 10081 | T96 | CITARO | Bygrensen | Holdelas | 16.10.2017 | 16:14 | 16.10.2017 | 16:12 | 00:04 | 02:21 | 16:05 | 15:00 | 01:00 | 00:35 | 00:25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 757 | Lian,-St. O | 5902 | 10081 | T96 | CITARO | Nyvei | Nyveibakk | Holdelas | 16.10.2017 | 16:15 | 16.10.2017 | 16:13 | 00:11 | 02:29 | 14:32 | 15:00 | 01:00 | 01:04 | 00:04 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 757 | Lian,-St. O | 5902 | 10081 | T96 | CITARO | Bergs | Bergsl | gat | Holdelas | 16.10.2017 | 16:16 | 00:06 | 02:37 | 13:58 | 15:00 | 01:00 | 00:57 | 00:03 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 757 | Lian,-St. O | 5902 | 10081 | T96 | CITARO | lla | Holdelas | 16.10.2017 | 16:17 | 16.10.2017 | 16:14 | 00:13 | 03:17 | 13:25 | 15:00 | 01:00 | 00:34 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 757 | Lian,-St. O | 5902 | 10081 | T96 | CITARO | Skans | Holdelas | 16.10.2017 | 16:17 | 16.10.2017 | 16:15 | 00:27 | 02:55 | 13:27 | 15:00 | 00:11 | 00:04 | 00:07 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 757 | Lian,-St. O | 5902 | 10081 | T96 | CITARO | Kalvs | Kalvskinne | Holdelas | 16.10.2017 | 16:19 | 16.10.2017 | 16:16 | 00:00 | 03:30 | 13:35 | 15:00 | 00:20 | 00:15 | 00:05 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 757 | Lian,-St. O | 5902 | 10081 | T96 | CITARO | Hospi | Hospitalsk | Holdelas | 16.10.2017 | 16:20 | 16.10.2017 | 16:17 | 00:12 | 03:02 | 13:10 | 15:00 | 01:00 | 00:32 | 00:28 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 757 | Lian,-St. O | 5902 | 10081 | T96 | CITARO | St. O | St. Olavs | g | Ankomstt | 16.10.2017 | 16:21 | 08:29 | 03:36 | 12:42 | 15:00 | 01:00 | 01:22 | 00:22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | St. O | St. Olavs | g | Avangste | 16.10.2017 | 16:30 | 00:17 | 00:21 | 12:32 | 15:00 | 01:00 | 01:16 | 00:16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Hospi | Hospitalsk | Holdelas | 16.10.2017 | 16:31 | 16.10.2017 | 16:31 | 00:05 | 00:07 | 12:32 | 15:00 | 01:00 | 00:29 | 00:31 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Kalvs | Kalvskinne | Holdelas | 16.10.2017 | 16:32 | 16.10.2017 | 16:32 | 00:07 | 00:01 | 12:37 | 15:00 | 00:19 | 00:19 | 00:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Skans | Holdelas | 16.10.2017 | 16:33 | 16.10.2017 | 16:33 | 00:28 | 00:24 | 11:54 | 15:00 | 00:39 | 00:21 | 00:18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | lla | Holdelas | 16.10.2017 | 16:34 | 16.10.2017 | 16:34 | 00:13 | 00:13 | 12:17 | 15:00 | 01:00 | 00:43 | 00:17 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Bergs | Bergsl | gat | Holdelas | 16.10.2017 | 16:35 | 00:11 | 00:20 | 11:48 | 15:00 | 01:00 | 00:40 | 00:20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Nyvei | Nyveibakk | Holdelas | 16.10.2017 | 16:35 | 16.10.2017 | 16:36 | 00:10 | 00:11 | 11:53 | 15:00 | 01:00 | 00:58 | 00:02 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Bygre | Bygrensen | Holdelas | 16.10.2017 | 16:36 | 16.10.2017 | 16:37 | 00:17 | 00:22 | 10:43 | 15:00 | 01:00 | 00:52 | 00:08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Belved | Belveder | Holdelas | 16.10.2017 | 16:38 | 16.10.2017 | 16:38 | 00:09 | 00:23 | 11:48 | 15:00 | 01:00 | 00:38 | 00:22 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Breid | Breidablik | Holdelas | 16.10.2017 | 16:38 | 16.10.2017 | 16:39 | 00:17 | 00:22 | 10:43 | 15:00 | 01:00 | 00:52 | 00:08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Nordr | Nordre | ht | Holdelas | 16.10.2017 | 16:40 | 00:07 | 00:23 | 08:49 | 15:00 | 01:00 | 01:28 | 00:28 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | SA, ndr | SA, ndre | H | Holdelas | 16.10.2017 | 16:40 | 00:19 | 00:01 | 14:12 | 15:00 | 01:00 | 00:29 | 00:31 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Belved | Belveder | Holdelas | 16.10.2017 | 16:42 | 16.10.2017 | 16:43 | 00:18 | 00:44 | 13:50 | 15:00 | 02:00 | 00:58 | #VALUE! | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Rognh | Rognheim | Holdelas | 16.10.2017 | 16:43 | 16.10.2017 | 16:45 | 01:46 | #VALUE! | 15:43 | 15:00 | 02:00 | 01:05 | 00:55 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Munkv | Munkvoll | Holdelas | 16.10.2017 | 16:43 | 16.10.2017 | 16:46 | 00:21 | 01:07 | 14:08 | 15:00 | 01:00 | 01:42 | 00:42 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Ferst | Ferstad | Holdelas | 16.10.2017 | 16:47 | 16.10.2017 | 16:47 | 00:23 | 01:10 | 14:48 | 15:00 | 01:00 | 00:42 | 00:18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Ugla | Ugla | Holdelas | 16.10.2017 | 16:48 | 16.10.2017 | 16:47 | 00:21 | 01:24 | 14:37 | 15:00 | 01:00 | 00:51 | 00:09 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Kyvan | Kyvanmet | Holdelas | 16.10.2017 | 16:49 | 16.10.2017 | 16:48 | 00:19 | 01:50 | 15:02 | 15:00 | 01:00 | 01:05 | 00:05 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Vestm | Vestmark | Holdelas | 16.10.2017 | 16:50 | 16.10.2017 | 16:49 | 00:21 | 01:44 | 14:55 | 15:00 | 01:00 | 00:35 | 00:25 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 758 | St. O-Lian, | 5902 | 10082 | T96 | CITARO | Herlo | Herlofosen | Holdelas | 16.10.2017 | 16:51 | 16.10.2017 | 16:50 | 04:32 | 00:27 | 15:17 | 15:00 | 01:00 | 00:50 | 00:10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 757 | Lian,-St. O | 5902 | 10089 | T96 | CITARO | Lian, | Lian | Avangste | 16.10.2017 | 16:57 | 16.10.2017 | 16:57 | 00:21 | 00:48 | 16:38 | 15:00 | 01:00 | 01:21 | 00:21 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 757 | Lian,-St. O | 5902 | 10089 | T96 | CITARO | Herlo | Herlofosen | Holdelas | 16.10.2017 | 16:58 | 16.10.2017 | 16:58 | 00:25 | 00:47 | 14:47 | 15:00 | 01:00 | 00:38 | 00:22 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 757 | Lian,-St. O | 5902 | 10089 | T96 | CITARO | Vestm | Vestmark | Holdelas | 16.10.2017 | 16:59 | 16.10.2017 | 16:59 | 00:25 | 00:47 | 14:47 | 15:00 | 01:00 | 00:38 | 00:22 | | | | | | | | | | | | | | | |

Figure B.2.6: Eksempel på radata fra AtB, .csv format