

Notat

Mads Berg
Tormod Wergeland Haug

95a/2016

STRATMOD

D1.2 Case Moss og effekter av Follobanen



Forord

Prosjektet *STRATMOD* er et samarbeid mellom Ruter, Jernbanedirektoratet, Vegdirektoratet, Urbanet Analyse, SINTEF, NTNU og VTI. Prosjektet er finansiert av det Regionale Forskningsfondet Hovedstaden RFFH. Hensikten med prosjektet har vært å utvikle et strategisk modellverktøy for kunne gjennomføre bedre analyser av ulike transportscenarier i byområdene.

STRATMOD består av tre delmoduler; storsonemodellen, finansieringsmodellen og optimaliseringsmodellen. De tre delmodellene er dokumentert i hvert sitt dokumentasjonsnotat. Optimaliseringsmodellen er under utvikling og er ikke benyttet i analysene i dette prosjektet.

I tillegg består leveransen av et overbygningsnotat, med hensikt å beskrive helheten av modellverktøyet. Det er dessuten gjort tre caseanalyser i prosjektet:

1. Togreisen fra dør til dør: Hvordan inkludere tilbringerreisen og knutepunktet i analysene? Case Moss og Follobanen.
2. Oslo backcasting: hvilke modeller forklarer best den faktiske veksten i kollektivreiser?
3. Overførbarhet til Stockholm: hvilke tiltak er mest effektive for å endre transportmiddelfordelingen innenfor gitte budsjetttrammer?

Oppsummert består leveransen av følgende notater:

- D1.1 Overordnet beskrivelse av STRATMOD
 - D1.2 Case Moss Follobanen
 - D1.3 Case Oslo
 - D1.4 Case Stockholm
- D2.1 Beskrivelse av storsonemodellen
 - D2.2 Dokumentasjon av STRATMOD-verktøyet i Cube
- D3.1 Beskrivelse av finansieringsmodellen
- D4.1 Beskrivelse av optimaliseringsmodellen
- SINTEF-rapport: Etablering av datakilder

Bård Norheim (Urbanet Analyse) har vært prosjektleder for oppdraget. Arbeidsgruppa som har stått for selve utviklingen av modellen og gjennomføring av caseanalysene har bestått av en rekke representanter fra Urbanet Analyse, SINTEF, VTI og NTNU. Videre har Ruter, Jernbanedirektoratet og Vegdirektoratet fulgt prosjektet tett gjennom løpende prosjekt- og styringsgruppemøter.

Oslo, 2017



Innhold

Sammendrag	I
1 Bakgrunn og testing av STRATMOD	1
1.1 Bakgrunn for modellutviklingen	1
<i>Et stadig mer komplekst marked stiller nye krav til analyseverktøyet</i>	1
<i>Tradisjonelle verktøy undervurderer effekten av kollektivtiltak</i>	2
<i>Tradisjonelle verktøy overvurderer effekten av økt vegkapasitet</i>	3
<i>Tidsverdssettingene vil øke fremover</i>	4
<i>STRATMOD er et viktig supplement til de tradisjonelle modellene</i>	4
1.2 Kort om strukturen i STRATMOD.....	5
2 Strukturen i Jernbanemodellen	8
2.1 Prinsippene fra Storsonmodellen ligger i bunn	8
2.2 Andre modeller som omhandler togreiser i dag	10
<i>Oppsummering</i>	12
3 Kalibrering og bruk av modellen i case Moss	13
3.1 Soneinndeling	13
3.2 LOS data for tog, buss og bil	15
3.2.1 Matriser for tilbringerreiser til og fra stasjon	15
3.3 Tidsverdier og andre modellforutsetninger	21
3.3.1 Gjennomsnittstaksten	23
3.3.2 Forsinkelse	24
<i>Datagrunnlag for forsinkelse for tog i modellen</i>	24
<i>Forsinkelse for buss og bil</i>	28
3.4 Generalisert reisekostnad i Jernbanemodellen	28
<i>Etterspørselsberegning</i>	29
<i>Priselastisitet for tog</i>	30
4 Referansesituasjonen for analysen	31
<i>Befolkningen i Moss og reiser til Oslo</i>	31
<i>Dagens kollektivtilbud i Moss og togtilbud til Oslo</i>	31
<i>Den generaliserte kostnaden for en reise til Oslo fra Moss</i>	33
<i>Reisemiddelfordelingen for reiser til Oslo</i>	35
<i>Konkurransen mellom transportmidlene</i>	36
5 Follobanens innvirkning på togtilbudet i Moss	38
<i>Innvirkning på den generaliserte kostnaden</i>	39
<i>Forsinkelsen kan reduseres som følge av Follobanen</i>	40
<i>Follobanen styrker konkurransekraften til toget</i>	42
<i>Follobanen trekker Moss nærmere Oslo</i>	44
5.1 Utvikling av kollektivknutepunktet Moss stasjon	45
<i>Forbedret kollektivtilbud i Moss</i>	46
<i>Forbedring av Moss stasjon som knutepunkt</i>	48
<i>Utvikling av tilbringertransporten og knutepunktet Moss stasjon styrker toget</i>	50
6 Hvorfor det er viktig å få med seg hele reisen	53
7 Videre utvikling av modellen	55

Referanser.....	57
Vedlegg 1: Kort om struktur i Storsonmodellen	59
V.1 Dataflyt og modellstruktur.....	59
V.1.1 Dataflyt.....	59
V.1.2 Modulene som benytter spesialisert programvare	60

Sammendrag

- **STRATMOD-verktøyet gjør det mulig å gjennomføre en rekke tiltaksanalyser på relativt kort tid sammenlignet med tradisjonelle transportmodeller.** Dette gjør at vi effektivt kan sammenligne hvilken effekt tiltak har på etterspørsel, reisemiddelfordeling og konkurranseflater. Videre gjør modellverktøyet det mulig å benytte lokale verdsetninger og inkludere reisekvalitetsfaktorer som for eksempel trengsel og forsinkelse.
- **Ved å skille på ulike kollektive driftsarter og inkludere tilbringerdelen av reisen utvides mulighetsrommet for analyser.** Ved å utvide den generaliserte reisekostnaden for tog med tilbringerreisen, enten den foregår til fots eller med kollektivtransport, kan vi gjennomføre analyser av tiltak ment til å forbedre jernbanestasjoner som knutepunkt. Dette kan være tiltak som økt kvalitet på kollektivtilbudet som fungerer som tilbringertransport til stasjonen, eller tiltak på selve stasjonen som reduserer ulempen ved å bytte kollektiv transportmiddel.
- **Effekten av positive tiltak på jernbanen underestimeres dersom kvalitative faktorer som for eksempel forsinkelse ikke inkluderes.** Endringer i trengsel og forsinkelser har konsekvenser for den beregnede effekten av et tiltak. I de tradisjonelle transportmodellene blir kun effekten av redusert ventetid eller reisetid beregnet. Dersom tiltaket også reduserer forsinkelsen blir ikke dette med i beregningen. Forsinkelse er en stor ulempe for trafikantene, og dersom dette tas hensyn til i analysen så vil det påvirke effekten av tiltaket. I case Moss og Follobanen er både forsinkelse og tilbringertransporten inkludert i den generaliserte reisekostnaden (GK). Effekten av det forbedrede tilbudet som følge av Follobanen fører til en etterspørselseffekt på 21 prosent, inkludert at forsinkelsen fjernes helt. Tilsvarende er effekten kun på 12 prosent dersom tilbringerreisen og forsinkelse holdes utenfor GK, slik som i tradisjonelle jernbanerelaterte modeller.
- **Forbedret kollektivtilbud lokalt og tiltak på Moss stasjon for å forbedre knutepunktet gir ytterligere økt effekt.** Utviklingen av stasjonsbyene langs IC-strekningene er en viktig strategi dersom man ønsker å gjøre disse stedene til attraktive boområder som kan avlaste Oslo. Forbedringer i form av økt frekvens for tilbringertilbudet og utvikling av jernbanestasjonen gir ytterligere gevinster i form av forbedret konkurranseforhold for tog sammenlignet med bil, og et økt antall reiser med tog. Disse forbedringene gjør at GK for en togreise til Oslo i rush forbedres med ytterligere 7 prosent sammenlignet med kun effekten av Follobanen og fjernet forsinkelse. Totalt fører dette til en reduksjon i GK på 18 prosent sammenlignet med referansen. Totalt gir denne forbedringen en økning i etterspørselen på omtrent 34 prosent. Tilsvarende er effekten kun på 12 prosent dersom

tilbringerreisen og forsinkelse holdes utenfor GK, slik som i tradisjonelle jernbanerelaterte modeller.

- **Nytten av tiltak for trafikantene øker dersom man inkluderer flere faktorer i analysen.** Forskjellen i den beregnede effekten av tiltakene i analysen er stor sammenlignet med beregningene som kun inkluderer tilbudsfaktorene for toget. Dette påvirker også nytten av tiltakene i et samfunnsøkonomisk perspektiv. Når Jernbanemodellen inkluderer alle relevante effekter i analysen er trafikantnyttens omtrent 3,9 millioner høyere per år enn dersom disse effektene utelates. Dette utgjør en forskjell på omtrent 170 prosent, og kan påvirke rangering av tiltak i en samfunnsøkonomisk analyse.

1 Bakgrunn og testing av STRATMOD

1.1 Bakgrunn for modellutviklingen

STRATMOD-prosjektet er et samarbeid mellom Ruter, Jernbaneverket, Vegdirektoratet, Urbanet Analyse, SINTEF, NTNU og VTI. Prosjektet er finansiert av det Regionale Forskningsfondet Hovedstaden RFFH. Hensikten med prosjektet er å utvikle et strategisk modellverktøy for kunne gjennomføre bedre analyser av ulike transportscenarier i byområdene.

Bakgrunn og metodeutvikling er beskrevet i andre deler av dette prosjektet. Her vil vi gå nærmere inn på konkret testing av hvilken nytte et slikt modellverktøy kan gi sammenliknet med de regionale transportmodellene. I dette dokumentet ser vi på IC-markedet, med Moss som spesifikt case, mens de to andre dokumentene ser på case Oslo og case Stockholm.

Et stadig mer komplekst marked stiller nye krav til analyseverktøyet

Det er et økende fokus på miljøvennlige løsninger i samfunnet, og gjennom nullvekstmålet er det satt nasjonale mål for utslipp og trafikkutvikling. Samtidig blir markedet mer komplisert, trafikantene har flere valg, og tettere byer skaper mer trengselsproblemer. Disse utviklingstrekkene stiller krav til analyseverktøyet som skal benyttes for å analysere effekten av ulike virkemidler og scenarier for transportutvikling.

- Ambisiøse målsetninger om reduksjon i klimautslipp og bilreiser krever brudd i den bilbaserte trendutviklingen. Boligmarkedet og infrastrukturen er allerede presset i byområdene, og et økende miljøfokus i samfunnet forutsetter at sykkel, gange og kollektivtransport må ta en vesentlig del av den fremtidige transportveksten.

STRATMOD kan sortere mellom ulike virkemidler og strategier for å synliggjøre hvilke tiltak som er mest effektive for å sikre måloppnåelse.

- Trafikantene er blitt mer kravstore og de har større valgfrihet. De er blitt mer «utro» i den forstand at de ikke alltid benytter det samme transportmiddelet. Samtidig øker deres krav til kvalitet og komfort, og daglig tidspress gjør at verdsetting av tid øker og tidsverdiene endres ulikt på tvers av byområdene. Det betyr at dagens transportløsninger raskt kan bli uegnet for å møte morgendagens kunder.

STRATMOD belyser konsekvensene av virkemiddelbruk for trafikantgrupper med ulik verdsetting av tid, og gjør det mulig å analysere effekten av økende verdsettinger.

- Markedet blir mer komplisert. Byene blir tettere, noe som gjør at kø og trengsel er større problemer for trafikantene enn før. For å sikre et attraktivt kollektivtilbud, som skal kunne

ta en stor del av fremtidig transportvekst, må en vite hvilke tiltak som mest effektivt reduserer ulempene knyttet til disse mer kvalitative faktorene.

STRATMOD inkluderer kvalitative faktorer og kan beregne etterspørseffekten av tiltak som gir mindre trengsel og forsinkelser i transportsystemet.

- Beslutningstakerne blir flere og budsjettansvaret mer oppstykket. Dette skaper et behov for mer informasjon og kunnskap om de økonomiske konsekvensene av ulike tiltakspakker. I den politiske diskusjonen rundt prioritering av offentlige ressurser, er det viktig å vise til at investeringene som gjennomføres gir god avkastning til samfunnet som helhet.

STRATMOD inkluderer de økonomiske konsekvensene av ulike tiltakspakker, og kan beregne kostnader til investering og drift for ulike aktører.

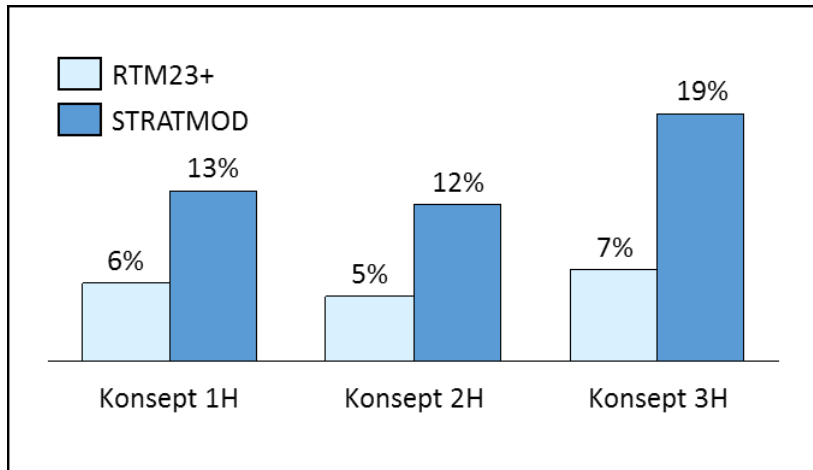
Tradisjonelle verktøy undervurderer effekten av kollektivtiltak

Et problem med dagens analyseverktøy er at en del sentrale tiltak gir begrensede effekter siden en rekke kvalitetsfaktorer, som eksempelvis trengsel og forsinkelser, ikke er inkludert. De kvalitative faktorene kan få relativt store konsekvenser for den beregnede effekten av tiltak som påvirker de mer miljøvennlige transportmidlene.

Ruteeffektivisering er et eksempel på et kollektivtiltak som typisk vil få undervurdert effekt i de tradisjonelle modellene. Dersom en ser for seg en omfordeling av ruteproduksjon fra mindre trafikkerte linjer til de tyngste linjene vil effekten være økt gangtid og økt frekvens (reduert ventetid). Tidligere analyser av stamnett i Oslo har vist at disse effektene vil balansere hverandre slik at kollektivtilbudet oppfattes som omtrent like bra før og etter omleggingen. Samtidig vil et forenklet linjenett med vesentlig færre linjer øke mulighetene for å prioritere kollektivtransporten i vegbanen. Det er derfor rimelig å anta at framkommeligheten kan bedres med økt hastighet og færre forsinkelser for trafikantene. Selv en halvering av forsinkelsene vil kunne gi mellom 7 og 9 prosent flere passasjerer i Osloområdet (Norheim, Kjørstad, Betanzo, Berg, & Ellis, 2015). Denne effekten er ikke inkludert i de tradisjonelle modellene, og dermed vil gevinstene av et stamnett undervurderes.

I Figur 1.1 viser vi et eksempel fra analyser av etterspørseffekten av ulike konsepter i Oslopakke 3 (Haug & Ruud, 2011). Analysene ble gjort ved hjelp av tradisjonelle transportmodeller (RTM 23+), og deretter også ved å inkludere de kvalitative faktorene som er inkludert i STRATMOD. Når vi inkluderte disse faktorene i analysene ble effekten av de ulike konseptene mer enn fordoblet. Resultatene tyder på at det kan være en vesentlig feilkilde å ikke ta hensyn til de mer kvalitative faktorene knyttet til en kollektivreise. Dette poenget er spesielt relevant i byområder preget av trengsel, forsinkelse eller køer i vegsystemet, slik som i Oslo. I områder som ikke har disse «problemene» vil resultatet fra STRATMOD i større grad samsvare med resultatene fra de mer tradisjonelle modellkjøringene.

I case Moss og Follobanen ønsker vi å dekomponere effektene av ulike egenskaper som inkluderes i modellene, både effekten av å inkludere flere kvalitative faktorer i analysene og synergigevinster av tiltak.



Figur 1.1: Etterspørseffekt gitt ulike konsepter i Oslopakke 3 ved bruk av RTM 23+ og STRATMOD i kombinasjon med RTM 23+. Kilde: UA-notat 42/2011

Tradisjonelle verktøy overvurderer effekten av økt vegkapasitet

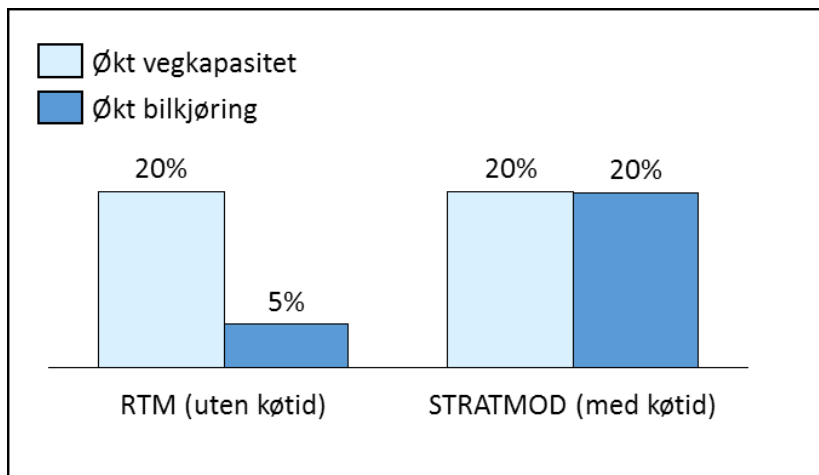
Betydningen av trengsel og køer på vegene vil også påvirke etterspørseffekten i modellene. I forbindelse med E18-planene var det en stor debatt i Aftenposten hvor det ble stilt spørsmål om økt vegkapasitet skaper økt biltrafikk som fyller opp den nye kapasiteten (blant annet Aftenposten 7.7.15 og 21.7.17). Det sentrale spørsmålet er om køer i seg selv er et restriktivt virkemiddel, som begrenser bilbruken mer enn bare reisetiden. I dagens transportmodeller skiller det ikke på tidskostnader for kjøretid i kø og ved fri flyt, til tross for at de fleste tidsverdiundersøkelser viser noe annet.

TØI anbefaler en vekt på 3,5 ganger vanlig kjøretid (Østli, Halse, & Killi, 2015). Både ulempen ved mulige forsinkelser og stresset ved å kjøre i kø er langt høyere enn vanlig reisetid og har dermed betydning for hvor og når folk velger å kjøre. For å illustrere dette poenget har vi tatt utgangspunkt i en gjennomsnittlig biltur i Oslo på 16 km, som tar 28,3 minutter hvorav 7,8 minutter køtid. Vi har sett på et eksempel med 20 prosent økt veikapasitet og en reisetidselastisitet på -1,5. Hvis vi tar hensyn til at køtid har 3,5 ganger større ulempe enn kjøretid vil den økte veikapasiteten spises opp av flere bilturer, mens prognoser uten hensyn til vektlegging av køtid vil gi ca. 25 % av denne etterspørseffekten (jf. Figur 1.2).

Siden transportmodellene ikke tar hensyn til ulik vektlegging av kjøretid i kø er de lite egnet til å beregne effekten av tiltak som fører til endret køtid for bilistene. STRATMOD-verktøyet skiller mellom tidskostnader i kø og fri flyt, noe som gjør at vi bedre kan ta hensyn til effekten av økt veikapasitet. Det er ikke sikkert at beregningene gir det riktige svaret på sammenhengen mellom vegkapasitet og biltrafikk, men det er i hvert fall sikkert at modeller som ikke tar hensyn til kø vil overvurdere gevinsten av økt vegkapasitet.

Selv om Case Moss og Follobanen ikke skal omhandle endret vegkapasitet så er dette fortsatt et sentralt punkt siden det påvirker konkurranseflatene mellom kollektivtransporten og bilen. Dersom tiden i kø verdsettes for lavt vil bilen fremstå som mer attraktiv enn det som er tilfelle. Et stort fortrinn for toget er at det unngår å stampe i samme kø som bilen og

dermed har et stort konkurransefortrinn på reisetid på noe lengre reiser. Dersom ikke dette tas hensyn til i modellene så kan det overvurdere bilens konkurransefortrinn



Figur 1.2: Sammenhengen mellom økt vegkapasitet og økt biltrafikk. Modellberegnet med og uten hensyn til høyere verdsetting av køtid.

Tidsverdsettingene vil øke fremover

En sammenligning av tidsverdier i Osloområdet viser at trafikantenes realprisjusterte verdsetting økte fra 2002 til 2010 (Ellis, Ruud, & Norheim, 2010). Mulige årsaker til dette kan være at trafikantenes krav til standard og komfort påvirkes av den generelle velstandsøkningen i samfunnet, og at passasjersammensetningen endret seg. Og dersom nullvekstmålet nås vil stadig nye trafikantgrupper benytte seg av kollektivtransporten. Verdsettingen av tid kan forventes å øke også i årene som kommer som følge av inntektsvekst og nye trafikanter med høyere krav til kollektivtilbudet. I prognosene for 2040 viser ASEK en forventet økning i tidsverdsettingene på 47 prosent fra 2014-2040 målt i faste priser (Trafikverket, 2016). Det betyr at effekten av standardforbedringer vil bety mer enn takstendringer fremover.

For å illustrere dette har vi beregnet etterspørselseffekten av 20 prosent økt frekvens med dagens og morgendagens tidsverdier. Disse beregningene viser at økt verdsetting av tid kan øke etterspørselseffekten med omtrent 50 prosent fra 9,6 % til 14,5 % flere kollektivreiser. Det blir derfor ekstra viktig å ha et verktøy som inkluderer de kvalitative faktorene og som er fleksibelt i valg av tidsverdier. Ved hjelp av STRATMOD-verktøyet kan man gjennomføre analyser basert på ulike forutsetninger om trafikantens verdsetting av tid, og på den måten representere morgendagens trafikanter på en bedre måte enn de tradisjonelle modellene.

I caseanalysene for Moss og Follobanen vil vi ta utgangspunkt i dagens tidsverdier for togreisende, men disse kan korrigeres dersom man gjør analyser med endret realinntekt. STRATMOD-modellene er konstruert med tanke på å være fullstendig fleksible i valg av tidsverdier.

STRATMOD er et viktig supplement til de tradisjonelle modellene

STRATMOD er ingen konkurrent til RTM, men et viktig supplement for å kunne belyse sentrale effekter av en mer bærekraftig transportpolitikk. Så lenge effekten av kollektivtiltak

undervurderes og vegtiltak overvurderes kan det lett føre til at feil tiltak prioriteres. Det kan også gjelde prioriteringer mellom ulike kollektivtiltak og spørsmålet om hvor kraftige kollektivtiltak som må iverksettes for å få ønsket effekt.

1.2 Kort om strukturen i STRATMOD

Utgangspunktet for modellutviklingen er en strategisk modell som Urbanet Analyse har utviklet (UA-modellen), for å belyse ulike problemstillinger og avveininger i transportpolitikken. UA-modellen, eller Storsonmodellen, aggregerer data fra transportmodellene til storsoner og kan blant annet benyttes til å beregne effekten av flere kvalitative faktorer for kollektivtransporten. I tillegg kan modellene benyttes til å vise sammenhengen mellom areal og transport, og nettverksgevinster av bedre fremkommelighet for kollektivtransporten.

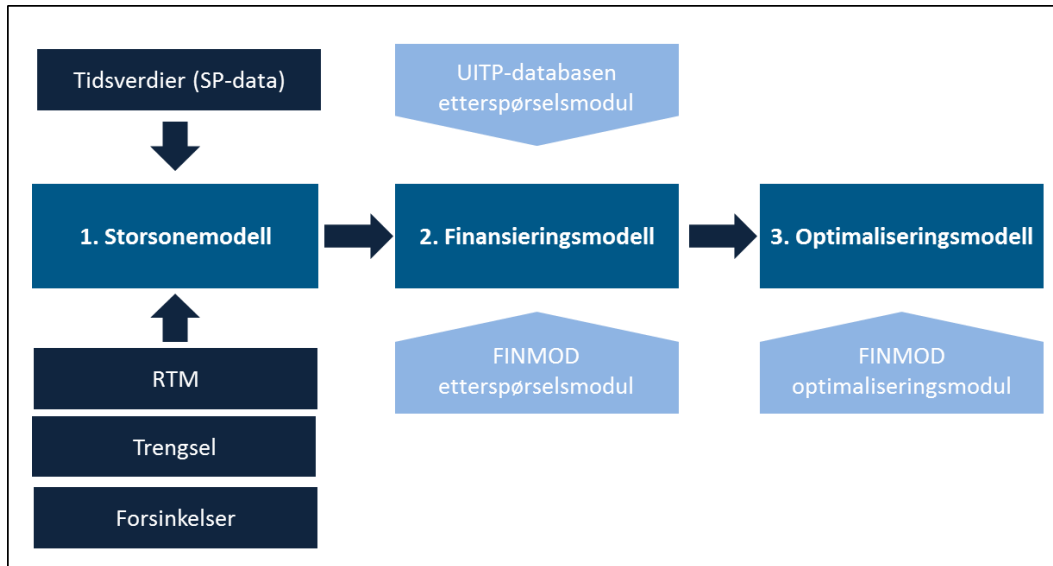
Beregningene i Storsonmodellen gjøres i et regneark på sonenivå, mens analysene av kollektivtilbudet er kodet inn i modellverktøyet Cube¹. Dette gir en stor fleksibilitet i å aggregere nettverksdata opp på et hensiktsmessig sonenivå, og gjør at en kan gjennomføre etterspørselsanalyser på et overordnet nivå uten at en trenger å kjøre de tradisjonelle transportmodellene for hvert scenario en ønsker å analysere. I tillegg gjør det aggregerte storsonenivået det mulig å inkludere mer kvalitative data, som trengsel og forsinkelse, som ikke er inkludert i de tradisjonelle modellene.

I utviklingen av STRATMOD har videreutvikling av storsonmodellen vært et sentral ledd. I tillegg er det også utviklet en del nye moduler, for å kunne inkludere effekten på offentlige budsjetter av ulike scenarier for transportutvikling.

Oppsummert består modellen av tre moduler:

1. Storsonmodell (dokumentert i D2.1 Beskrivelse av storsonmodellen)
2. Finansieringsmodell (dokumentert i D3.1 Beskrivelse av finansieringsmodellen)
3. Optimaliseringsmodell (dokumentert i D4.1 Beskrivelse av optimaliseringsmodellen)

¹ Samme modellverktøy som den regionale transportmodellen (RTM) benytter.



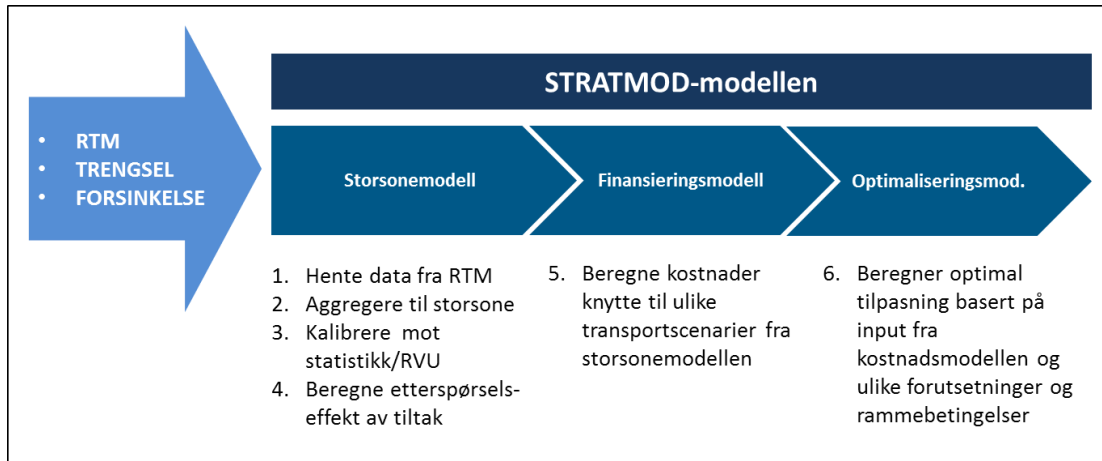
Figur 1.3: Illustrasjon av de ulike delmodellene i STRATMOD-modellen

Storsonemodellen bygger videre på de dataene som ligger inne i dagens transportmodeller, slik at det er konsistens i analysegrunnlaget, men forenkler noen deler av etterspørselsmodellene slik at de kan inkludere flere endogene forklaringsfaktorer. I denne modulen kan en både aggregere resultater for en referansesituasjon og beregne etterspørselseffekter av ulike tiltak, strategier eller virkemidler.

Finansieringsmodellen henter data fra storsonemodellen og beregner kostnader knyttet til transportsituasjonen. Dersom en i storsonemodellen beregner effekten av ulike tiltak kan finansieringsmodellen benyttes til å beregne kostnader knyttet til transportutviklingen som følge av tiltaket. Modellen kan også beregne kostnader knyttet til en gitt transportsituasjon og vise hvordan denne situasjonen kan nås ved ulik virkemiddelbruk, og hvordan dette vil påvirke kostnadene.

Optimaliseringsmodellen henter aggregerte data fra finansieringsmodellen for å gjøre en overordnet optimalisering gitt ulike beskrankninger. For eksempel kan en anslå den optimale tilpasningen gitt en budsjettbeskrankning. Arbeidet med denne modulen er under utvikling, og er ikke inkludert i case-analysene.

De tre delmodellene er knyttet sammen og analyser av et transportsenario kan analyseres stegvis gjennom alle modulene, som illustrert i figuren under:



Figur 1.4: Illustrasjon av ulike steg i STRATMOD-modellen.

2 Strukturen i Jernbanemodellen

Formålet med case Moss og Follobanen er å teste modellverktøyet utviklet i STRATMOD på jernbanemarkedet. Toget skiller seg fra andre kollektive transportmidler med en høyere fremføringshastighet, høyere transportkapasitet og ved å ha en helt egen infrastruktur. I tillegg har man bedre mulighet til å benytte reisetiden om bord til andre formål, som for eksempel arbeid (Krogstad, Christiansen, & Øksenholt, 2016).

I Meld. St. 26 (2012-2013) Nasjonal transportplan 2014-2023 (Det Kongelige Samferdselsdepartementet, 2013) la daværende regjering frem en strategi for utbygging av IC-strekningene til Skien, Halden og Lillehammer. Formålet med IC-utbyggingen er redusere reisetiden og øke antallet avganger for å knytte jernbanebanene på strekningene nærmere hverandre. Stortingsmeldingen er også klar på at for at strategien skal lykkes så må den «[...] følges opp gjennom at arbeidsplasser og boliger i større grad etableres rundt stasjoner, og at knutepunkt og tilbringertilbud utvikles slik at det støtter opp under togtilbudet. Det er derfor viktig at lokale myndigheter støtter opp under IC-satsingen» (Det Kongelige Samferdselsdepartementet, 2013, s. 62). InterCity-utbyggingen er fulgt opp i den inneværende nasjonale transportplanen, NTP 2018-2029. I planen pekes det på at det forbedrede togtilbudet vil føre til at flere pendlere velger toget fremfor bilen, og at byene i IC-området vil bli mer attraktive regionsentra for både bo- og arbeidsformål, og i tillegg avlaste Oslo (Det Kongelige Samferdselsdepartement, 2017).

Den store satsingen på jernbanen stiller krav til analyseverktøyene som benyttes, og hvilke effekter verktøyene kan fange opp og beregne effekter av.

2.1 Prinsippene fra Storsonmodellen ligger i bunn

Utgangspunktet for Jernbanemodellen er Storsonmodellen utviklet i STRATMOD (Berg, Høyem, & Haug, 2017). Modellene deler det meste av både struktur og teoretisk rammeverk, men det er likevel noen vesentlige forskjeller. En kort beskrivelse av Storsonmodellen finnes i vedlegg 1. For en mer detaljert beskrivelse henvises det til notat om Storsonmodellen. I dette avsnittet skal vi kort gjennomgå de mest sentrale likhetene og ulikhetene.

Oppløsningsnivå for modellen

Jernbanemodellen, i likhet med Storsonmodellen, baserer seg på storsoner. En storson er en aggregeringen av et utvalg grunnkretser som geografisk hører sammen og er valgt av brukeren av modellen. En sentral forskjell mellom modellene er at soneinndelingen i Jernbanemodellen tar utgangspunkt i en togstasjon og omliggende område.

I Jernbanemodellen må første storsoner i et naturlig område rundt en stasjon være selve stasjonen og denne må være så liten og tett på stasjonen som mulig (gjerne kun grunnkretsen stasjonen ligger i). Dette er nødvendig for å kunne slå sammen de ulike inndataene som er nødvendig for Jernbanemodellen.

Inndata og kollektivtransport fordelt på driftsart

Den største forskjellen mellom Jernbanemodellen og Storsonmodellen er hvordan kollektivtransporten behandles. I Storsonmodellen er kollektivtransporten presentert som kollektivtransport og det skiller ikke på hvorvidt det er buss, tog, trikk eller bane som er benyttet mellom storsonene. Dette er fordi i rutevalgsprosessen i RTM så velges en rute mellom to destinasjoner basert på en forhåndsbestemt algoritme. Her kan en kollektivreise bestå av en gangtur til holdeplass, og flere ulike kollektive reisemidler, f.eks. først en busstur, deretter en togtur, og så til slutt enda en busstur. Når data om dette rutevalget omdannes til sonevisedata som skal inn til etterspørselsmodellen Tramod_by blir imidlertid disse dataene slått sammen. F.eks. ved at all tiden om bord på et kollektiv reisemiddel blir slått sammen til kategorien ombordtid. Dette er også tilfelle dersom det er flere mulige ruter mellom grunnkretsene. I et slikt tilfelle vil RTM beregne en sannsynlig fordeling av trafikantene mellom rutene og presentere det som en gjennomsnittlig kollektivreise. På denne måten mister man noe informasjon, men man sparer også nødvendig lagringskapasitet og beregningstid.

Jernbanemodellen fokuserer på konkurranseflatene mellom tog, buss og bil og det er derfor nødvendig å kunne separere egenskapene for de kollektive driftsartene. På denne måten kan vi beregne ulike GK basert på ulike tidsverdier for ulike driftsarter. Inndataene som beskriver transporttilbudet, reiser og befolkning som benyttes i modellen er, i likhet med storsonmodellen, hentet fra RTM. Det som utgjør forskjellen er at for å kunne skille mellom tog, buss og bil på hoveddelen av reisen så må inndata hentes fra en annen applikasjon i RTM, Jernbaneverket_v2. Resultatene fra denne applikasjonen gir oss egenskaper for tog og buss mellom stasjoner. Dette slås deretter sammen med resultater for tilbringertransport til og fra stasjon, som ikke er fordelt på driftsart, og egenskapsdata for bil fra STRATMOD-applikasjonen for aggregering til storsoner. Metoden er nærmere beskrevet i kapittel 3.2.

Etterspørselsberegninger

Jernbanemodellen benytter identisk struktur og oppsett som Storsonmodellen når det gjelder beregningen av etterspørselseffekter. Beregningen foregår for samme analyseår, og det beregnes ikke vekst i trafikken til et annet analyseår enn det grunnlaget som er hentet fra RTM. Utgangspunktet for beregningen er generaliserte reisekostnader (GK) per transportmiddel per storsoner, og endringer i GK som følge av tiltak. Tiltakene kan enten være nye LOS-data fra en tiltakskjøring i RTM eller relative endringer i egenskapsdata for de ulike transportmidlene.

Etterspørselen og overføring beregnes med samme metodikk som i Storsonmodellen. Endringen tar utgangspunkt i referansetrafikken slik den er hentet fra RTM, og endringer beregnes per sonerelasjon. Trafikknivået i referansen er fordelt på transportmiddel, men ikke

på reisehensikt. Modellen beregner derfor kun endringer i etterspørsel samlet for tog, buss eller bil. Sammensetningen av trafikken representeres istedenfor gjennom tidsverdien som kan vektet etter reisehensikt. Dette beskrives mer detaljert i kapittel 3.4 i denne rapporten. Etterspørselsberegningen gir førsteordenseffekten av tiltakene, og modellen er ikke en likevektsmodell, som oppnår likevekt ved å beregne over flere iterasjoner.

Tidsverdier og kalibrering

Tidsverdiene i som benyttes i Jernbanemodellen kan overstyres og skal tilpasses enhver analyse. Tidsverdien per driftsart er en gjennomsnittsverdi, og kan for eksempel være vektet basert på sammensetningen av reiseformål og -avstand. Vektene til modellen skal på lik linje vurderes i enhver analyse. Dette følger prinsippet fra Storsonmodellen som gjør modellene anvendbare i alle analyseområder.

Modellen kalibreres med tidsverdier og vekter, takster, forsinkelse og eventuelt andre egenskaper ved transporttilbudet som ikke hentes fra RTM på lik linje med Storsonmodellen. Kalibreringen av modellen i denne analysen er beskrevet i kapittel 3.

2.2 Andre modeller som omhandler togreiser i dag

Det er flere offisielle transportmodeller tilgjengelige i dag som håndterer analyser av tilbudsendringer for tog, enten som en del av et samlet kollektivtilbud eller mer spesifikt med hovedfokus på tog. Noen av de mest sentrale modellene er den Regionale transportmodellen (RTM), og Jernbanedirektoratets modeller Merklin og Trenklin. Den påfølgende gjennomgangen er ikke et forsøk på å klassifisere eller detaljert beskrive disse modellene. Hensikten er å fremstille den sentrale forskjellen mellom Jernbanemodellen beskrevet i denne rapporten og disse modellene.

Regional transportmodell (RTM)

Den regionale transportmodellen (RTM) inkluderer tog som kollektivt transportmiddel og beregner etterspørsel etter togreiser som del av beregningen av etterspørsel etter kollektivtrafikk. RTM er en strategisk transportmodell der transportaktiviteten beregnes på grunnkrets nivå. Togtilbudet inngår som del av inndataene og endringer i togtilbudet kan beregnes ved å beregne ulike scenarier basert på ulikt tilbud. Avhengig av reiserelasjonen kan toget inngå som en del av en reisekjede der andre kollektive transportmidler inngår, som for eksempel til og fra togstasjonen. Jernbanemodellen tar utgangspunkt i dataene og resultatene fra RTM i sin modellstruktur.

Utfordringen med RTM er at resultatene ikke skiller mellom driftsartene slik de foreligger i dag. Videre kan modellen være svært ressurs- og tidkrevende å benytte. Dette gjelder spesielt modellen som er utviklet for å dekke IC-markedet (DOM_IC)². Dette kan være en utfordring

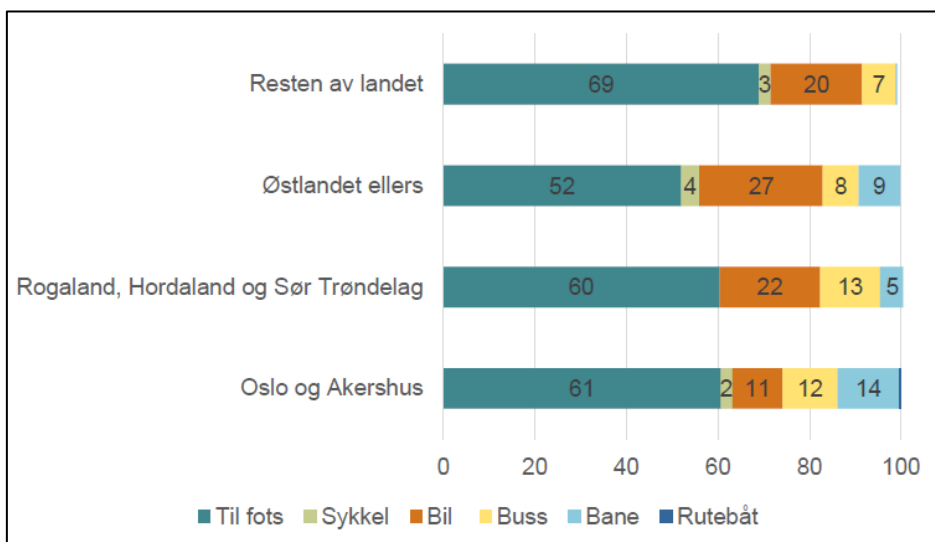
² Erfarte beregningstider varierer mellom 2 dager til en uke avhengig av brukerstyrte valg for beregningen.

dersom man ønsker å gjennomføre overordnede effektberegninger av endringer i togtilbudet og tilbringertransporten på kort tid. Dette kan være nyttig dersom man for eksempel ønsker å grovsortere potensielle tiltak uten å detaljkode og beregne dette i transportmodellen.

Merklin og Trenklin – Jernbanedirektoratets modeller

Merklin-modellen er Jernbanedirektoratets regnearkmodell for samfunnsøkonomiske analyser av tiltak på jernbanen (Jernbaneverket, 2015). Modellen er konstruert for å beregne effekter av et utbyggingsscenario sammenlignet med et referansescenario. Modellen kan benyttes ved å hente data fra RTM via applikasjonen «Jernbaneverket v2», eller ved å benytte en forenklet elastisitetmodell som beregner etterspørsel på bakgrunn av endringer i GK (Jernbaneverket, 2015, s. 61). Dersom modellen benyttes med data fra RTM så vil ikke tilbringertid inngå som en del av beregningen, da dette ikke er inkludert i resultatene fra «Jernbaneverket v2». Modellen håndterer konkurrerende transportmidler ved at endringen i antall reiser i en tiltakssituasjon blir overført fra eller til bil eller buss med faste andeler. Det beregnes ingen GK for disse transportmidlene.

I beregningen basert på GK for tog inngår tilbringertid definert som gangtid i minutter. Tilbringerturen kan dermed inkluderes, men det forutsettes også da at alle trafikanter går til stasjonen. Figur 2.1 viser at selv om mer enn halvparten av tilbringerreisene foregår til fots, er det fortsatt en stor andel som gjennomføres med andre driftsarter. Dersom man antar at alle tilbringerreiser foregår til fots vil man utelate viktig informasjon om en gjennomsnittlig togreise.



Figur 2.1: Prosentfordeling av andre transportmidler i reisekjeden hvor hovedtransportmiddel er tog (RVU 2013/14). Kilde: Figur 4 s. 4 i Krogstad, Christiansen & Øksenholt (2016).

Trenklin omtales som en taktisk transportmodell som benytter en avansert elastisitetmodell som søker å beregne en likevektssituasjon mellom etterspørsel etter togreiser og trengselsnivå på togene (Flügel & Hulleberg, 2016). Samme rapport påpeker også at Trenklin er den eneste transportmodellen i Norge som beregner en likevekt mellom etterspørsel og trengselsnivå på tog. Modellen beregner generaliserte kostnader i et referanse- og tiltaksscenario, samt

trafikanntytte. Modellen beregner ikke GK for andre transportmidler, og ikke overføring av trafikk fra andre transportmidler.

Når det gjelder tilbringerdelen av togreisen så inngår dette i Trenklin i form av matriser med tilbringertider mellom alle stasjoner i referanse- og tiltaksscenario (Flügel & Hulleberg, 2016, s. 9). Rapporten går ikke inn på hvordan tilbringermatrisene er etablert, men det antas at det er faste matriser gitt i minutter.

Oppsummering

Jernbanemodellen har både likheter og ulikheter med modellene som er presentert ovenfor. Jernbanemodellen er mer overordnet enn RTM siden den aggregerer resultater til et mer overordnet nivå (storsoner). Videre er formelverket til etterspørselsberegningen forenklet og håndterer kun førsteordenseffekten. Det Jernbanemodellen gjør annerledes enn RTM er at den gir muligheter til å inkludere flere relevante elementer i beregningen av GK både for kollektiv og bil. Dette gjelder spesielt forsinkelse for kollektiv og at kjøring i kø for bil får en høyere belastning for trafikanten enn kjøretid utenfor kø.

Sammenlignet med Merklin så er Jernbanemodellen først og fremst en etterspørselsmodell, og det er i denne versjonen ikke inkludert beregning av samfunnsøkonomiske effekter. Begge modellene benytter en elastisitetsmodell basert på en beregnet GK-elasticitet, og beregner endringer i etterspørsel på bakgrunn av endringer i GK mellom et referanse- og tiltaksscenario. Jernbanemodellen beregner dette per storsoner i analyseområdet. I Merklin beregnes kun endringer på et helt overordnet nivå dersom elastisitetsmodellen benyttes, f.eks. en hel jernbanestrekning. Trenklin tar utgangspunkt i stasjonsrelasjoner og benytter en mer detaljert elastisitetsmodell enn både Merklin og Jernbanemodellen. Trenklin beregner også en likevektssituasjon basert på etterspørsel og trengsel om bord på togene. Det Jernbanemodellen gjør annerledes enn både Trenklin og Merklin er at tilbringerreisen detaljeres og kan foregå enten til fots eller med kollektiv (buss, trikk, bane). Dette gjør at det kan beregnes effekter av tiltak som påvirker tilbringertransporten, som for eksempel knutepunktforbedringer. Konkurrerende transporttilbud, som ekspressbuss og bil, inngår også i modellen med GK, og det er mulig å beregne effekter av tiltak for disse også. Overføringen av trafikk fra andre transportmidler beregnes per sonerelasjon basert på relative markedsandeler, og ikke med statiske andeler slik som i Merklin. Unntaket her er andelen av etterspørselsendringen som er nyskapt trafikk, hvor brukeren kan definere denne andelen selv.

3 Kalibrering og bruk av modellen i case Moss

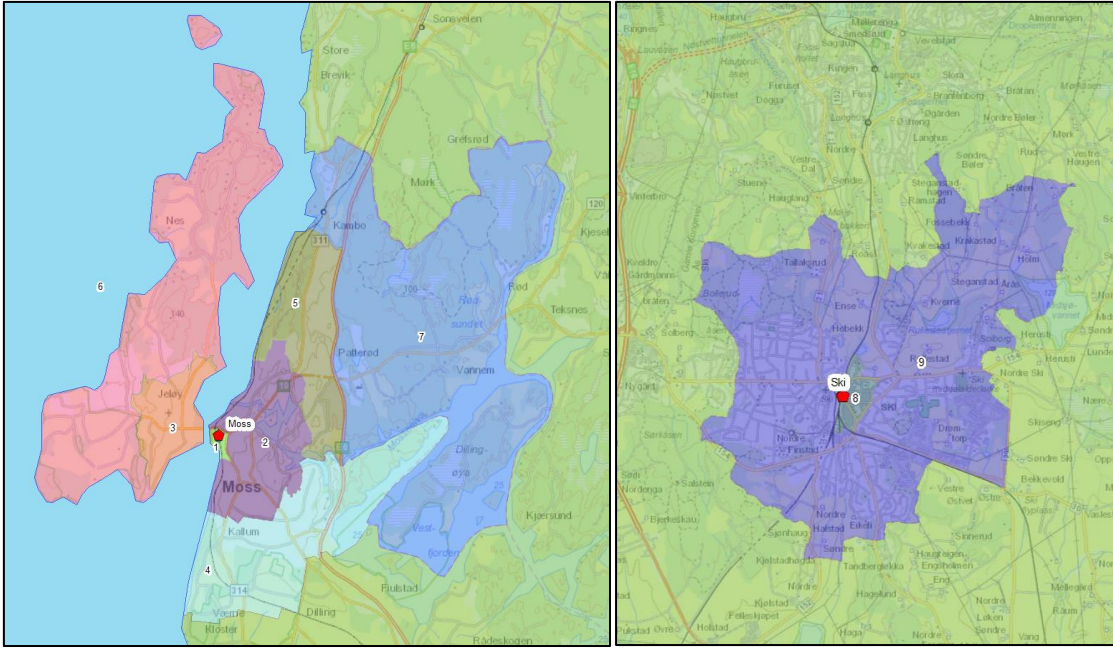
Dette kapittelet tar for seg kalibreringen av modellen i case for Moss. Modellen er i utgangspunktet generell og må kalibreres til analyseområdet. Dette gjelder spesielt faktorer som tilbringerdelen av reisen, tidsverdier, takst, forsinkelse og priselastisitet. Disse faktorene har hver for seg stor innvirkning på den generaliserte kostnaden (GK) og etterspørselsberegningen, slik at det er viktig å kalibrere modellen så riktig som mulig.

3.1 Soneinndeling

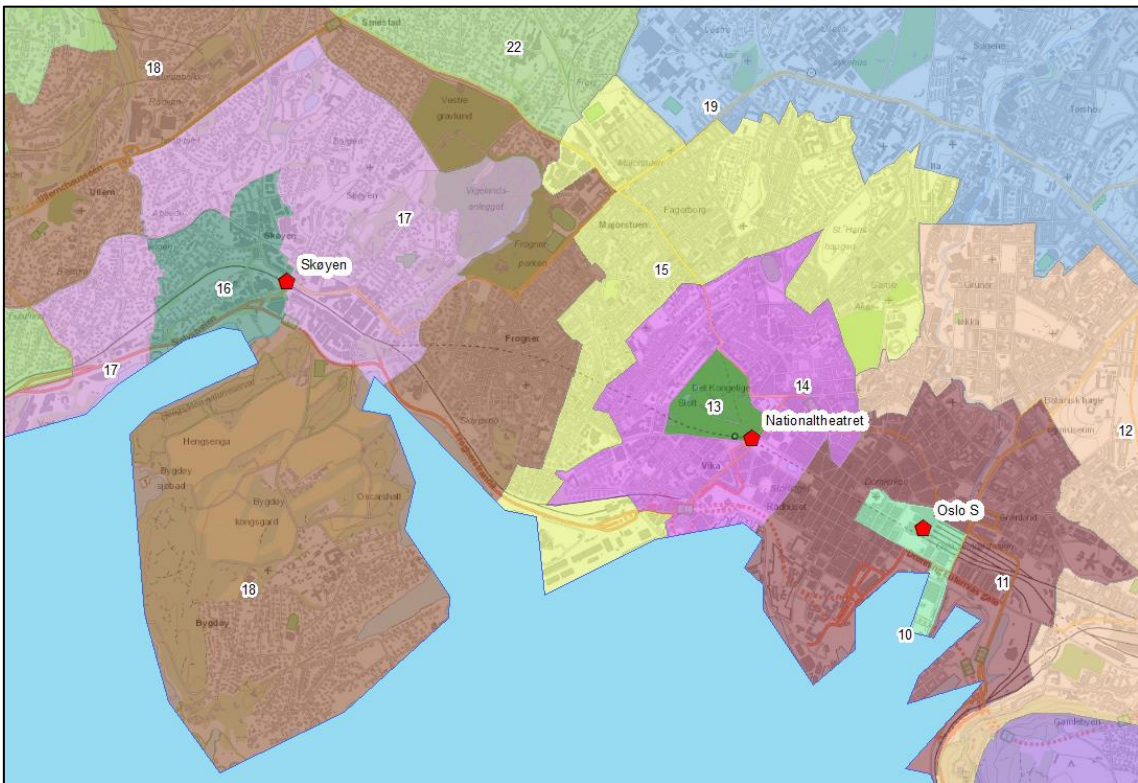
Modellen i denne analysen er bygget opp rundt en spesifikk soneinndeling i IC-området som omfatter Moss, Ski og sentrale deler av Oslo. Modellen er laget for å analysere Moss som en del av IC-markedet for tog og effekter av sentrale tilbudsparametere som endret togtilbud, knutepunktutvikling, tilbringerreiser til stasjon og effekten av endringer i forsinkelser. Selv om denne modellen er skreddersydd til en analyse av Moss, er oppbyggingen av modellen overførbart til andre stasjonsbyer i Norge.

Analysen foregår aggregert i storsoner og tar utgangspunkt i en konstruert soneinndeling tilpasset analysen. Antallet storsoner er lavt og fokuserer kun på sentrale reiserelasjoner, hovedsakelig mellom Moss og områder nær Oslo S, Nationaltheatret og Skøyen. Prinsippene for modellen er skalerbar til en annen storsonelinndeling og/eller større område, men implementeringen krever tilpasninger spesielt med tanke på tilbringerdelen av modellen.

Figur 3.1 viser soneinndelingen i Moss og Ski. Moss er delt inn i seks soner, og Moss stasjon (rødt punkt) ligger i sone 1. Sone 4 som også inngår i analysen ligger i Rygge kommune, men den ligger også såpass nær stasjonen at det er naturlig å inkludere den i analysen. Soneinndelingen i Ski består av to soner (sone 8 og 9) Figur 3.2 viser soneinndeling i sentrale deler av Oslo. Analysen omfatter områder rundt stasjonene Oslo S (sone 10 – 12), Nationaltheatret (sone 13 - 15) og Skøyen (sone 16 - 18). Sone 19 - 22 er ikke inkludert i denne analysen selv om de vises på kartet.



Figur 3.1: Figuren til venstre viser storsoner i Moss (sone 1-7). Moss stasjon (rødt punkt) ligger i sone 1. Figuren til høyre viser soneinndeling i Ski (sone 8 og 9).



Figur 3.2: Soneinndeling i sentrale deler av Oslo. Analysen omfatter områder rundt stasjonene Oslo S, Nationaltheatret og Skøyen. Sone 19 og 22 er ikke inkludert i denne analysen selv om de vises på kartet.

3.2 LOS data for tog, buss og bil

LOS-data til modellen kommer fra to ulike uttak i RTM, et eget STRATMOD aggregeringsverktøy i Cube og JBV-applikasjonen som følger med RTM. STRATMOD-uttaket i Cube er utviklet som en del av prosjektet, og JBV-applikasjonen er utviklet som et verktøy innunder RTM-modellen (Jernbaneverket v2).

JBV-applikasjonen er en applikasjon som følger med RTM og henter ut reiser (ÅDT) og LOS-data for tog, buss og bil fordelt på rush- og lavtrafikkperioden. Data gjelder på stasjonsnivå (mellom togstasjoner) og inneholder ikke data for tilbringerdelen av reisen. En utfordring med uttaket fra applikasjonen Jernbaneverket_v2 er at busstilbudet som beskrives ikke nødvendigvis er mellom stasjonene, men mellom holdeplasser i nærheten av stasjonen. Det er derfor mulig at tilbringerreisen for dette busstilbudet slik det er beskrevet i denne utgaven av modellen under- eller overvurderes. Det er ikke forsøkt kartlagt i hvor stor grad dette er tilfelle. Data på stasjonsnivå må deretter omgjøres til strukturen med storsoner som benyttes i modellen.

Aggregeringsverktøyet som er utviklet i Stratmod-prosjektet benyttes til å ta ut egenskapsdata for bil, kollektiv (samlet og ikke fordelt på driftsart), sykkel og gange på storsonenivå. Dette uttaket benyttes til å ta ut egenskapsdata for bilreiser mellom storsonene i analyseområdet og tilbringerreiser til og fra stasjon, enten til fots eller med et kollektiv transportmiddel. Dette uttaket benyttes også til å hente ut kollektivreiser samlet (YDT). For å splitte kollektivreisene mellom tog og buss, benyttes ÅDT-andelen fra JBV-applikasjonen. Som en forenkling benyttes samme andel i rush- og lavperioden. Aggregeringsverktøyet er dokumentert i Berg (2017).

- Referansesituasjonen er aggregert fra en DOM_IC kjøring med inndata for 2014
- Tiltakssituasjonen med Follobanen er aggregert fra en DOM_IC kjøring med inndata der Follobanen er kodet inn

Alle resultater er basert på et 2014-estimat fra RTM.

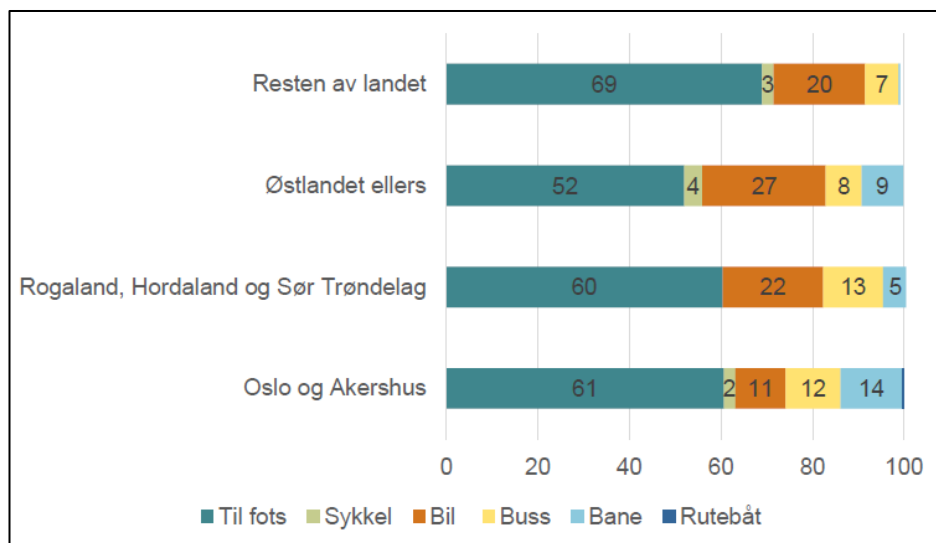
Sammenkoblingen av disse dataene er til en viss grad utfordrende å gjøre manuelt, spesielt for analyseområder med mange soner. En egenutviklet applikasjon i Cube som kan benytte datagrunnlaget til de ulike applikasjonene for å hente ut data på et enklere format vil kunne redusere avhengigheten av beregninger i selve Jernbanemodellen, for eksempel fordelingen av tilbringerreiser omtalt i neste delkapittel. En slik applikasjon bør være prioritert i eventuell fremtidig videreutvikling av modellen. Dette er nærmere omtalt i kapittel 7.

3.2.1 Matriser for tilbringerreiser til og fra stasjon

Tilbringerreisen til og fra togstasjonen kan foregå på flere måter. En trafikant kan gå, sykle, kjøre selv eller bli kjørt og ta buss, trikk eller bane avhengig av tilgjengelighet. Komplexiteten i tilbringerturen øker dersom sykkel eller bil som sjåfør benyttes. Årsaken til dette er at parkering og parkeringstilgjengelighet ved stasjonen både for bil og sykkel blir en del av ulempen/kostnaden trafikantene må ta hensyn til. Dette er sentrale elementer å inkludere i

GK-beregningen for disse tilbringerreisene. Modellen er kapabel til å inkludere disse elementene, men vi mangler gode tall på parkeringskapasitet, -kostnad og letetid. På grunn av dette har vi valgt å ikke inkludere bil eller sykkel som mulig valg for tilbringerreisen. Dette er likevel et viktig punkt for å videreutvikle modellen.

Figur 3.3 viser fordelingen av transportmidlene på tilbringerreiser der tog er hovedtransportmiddelet. Figuren viser at for Oslo og Akershus og Østlandet ellers er andelen til fots på henholdsvis 61 prosent og 52 prosent. Av de motoriserte tilbringerreisene er det bil som er hovedtransportmiddel, og buss ligger på rundt 10 prosent. Resultatene fra RVU 2013/14 viser dermed at vi ikke beskriver tilbringerreisen nøyaktig ved å utelate bil og sykkel.

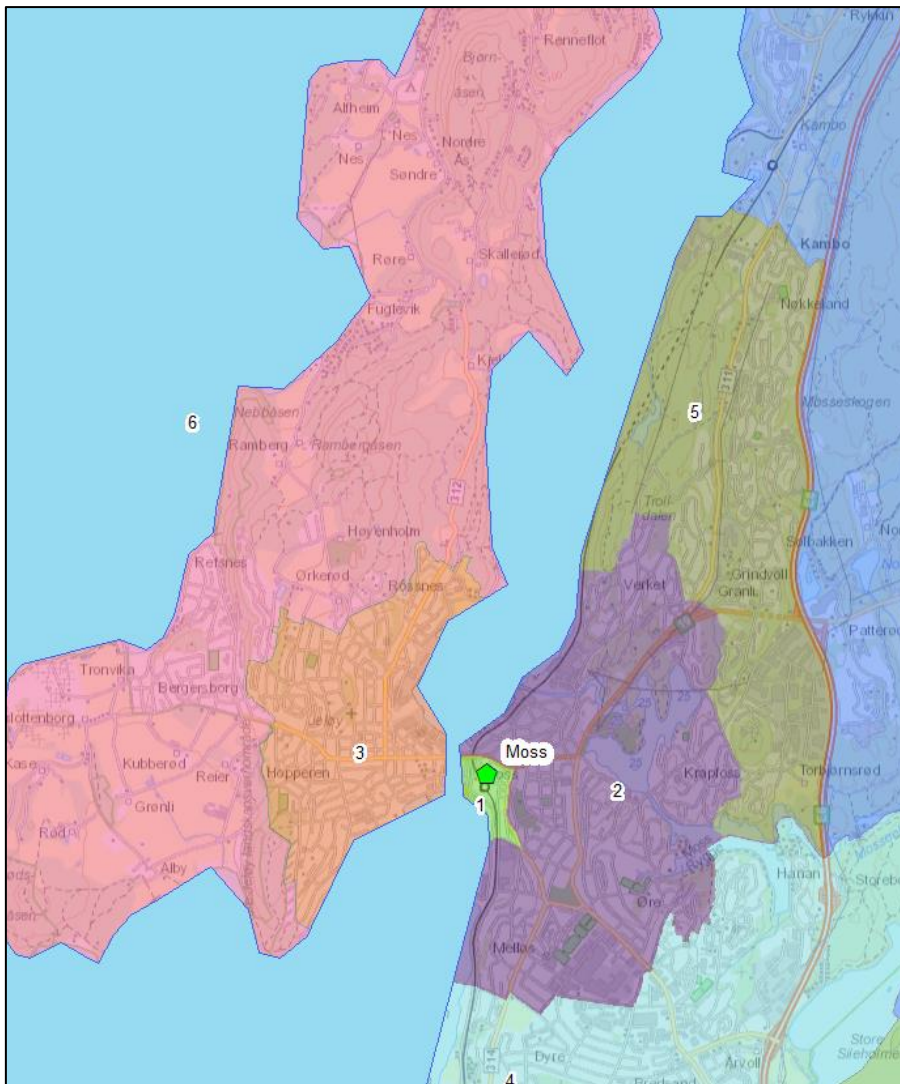


Figur 3.3: Prosentfordeling av andre transportmidler i reisekjeden hvor hovedtransportmiddel er tog (RVU 2013/14). Kilde: Figur 4 s. 4 i Krogstad, Christiansen & Øksenholt (2016).

En sentral, men utfordrende del av etableringen av modellen, er å etablere tilbringerturene til og fra stasjonen. Tilbringerdelen hentes ikke ut av JBV-uttaket som følger med RTM. I de vanlige uttakene fra RTM skiller det ikke på kollektive transportmidler når det gjelder reisematriser eller LOS-data. Det betyr at de standardiserte uttakene ikke direkte kan benyttes til dette formålet.

For å løse dette benytter vi Cube-uttaket som aggregerer reiser og egenskapsdata fra RTM til storsonemodellen. Vi ønsker å isolere kollektiv- og gangreiser med start- og endepunkt nær togstasjonen, og benytter derfor en tett soneinndeling rundt togstasjonene. Dette kan for eksempel være bare grunnkretsen stasjonen ligger i. Figur 3.4 viser noen av sonene i Moss som inngår i analysen. Moss stasjon er markert med et grønt punkt, og ligger i sone 1. Sone 1 består kun av grunnkretsen som Moss stasjon ligger i. Når vi aggregerer opp data fra RTM med en slik soneinndeling, får vi gang- og kollektivreiser som går fra de øvrige storsonene til området rundt stasjonen. Selv om vi ikke får skilt ut hvilke av disse reisene som faktisk reiser videre med toget, er det sannsynlig at togtrafikantenes tilbringerreiser har samme egenskapsdata som de reisende som har denne grunnkretsen som destinasjon. Tilbringerreisene regnes om til GK-verdier ved å bruke tidsverdi og vekter for de respektive transportmidlene. Det betyr at en tilbringertur til fots til togstasjonen benytter tidsverdi og gangtidsvekt for tog. Tilsvarende tur

til busstasjonen benytter tidsverdi og vekt for buss.



Figur 3.4: Oversikt over soneinndelingen i Moss. Sone 1 inneholder Moss stasjon. Kilde: GIS

For storsonene som ligger nærmest stasjonen er det også sannsynlig at det er en blanding av trafikanter som går og benytter kollektiv på tilbringerreisen. Dette er tatt høyde for i modellen ved at vi benytter konkurranseforholdet mellom kollektivtransport og gange til å fordele trafikantene mellom de. Hvordan disse turene fordeles bør vurderes i ethvert prosjekt, og ideelt sett så burde informasjonen komme direkte fra rutevalget i RTM. Den valgte tilnærmingen i denne analysen er ment som en illustrasjon som tar høyde for at jo lenger start- eller endepunkt for reisen er fra stasjonen, jo større andel av tilbringerturen foregår med kollektiv. Dette er fordi gangturer konkurrerer bedre på korte avstander i et GK-perspektiv, blant annet fordi kollektivtransport har flere reisetidselementer. Utgangspunktet er at dersom gange og kollektiv konkurrerer likt så vil trafikantene foretrekke kollektiv. Etter hvert som kollektiv konkurrerer dårligere med gange, så øker gangandelen. Formelverket presentert nedenfor er relativt fleksibelt slik at i en annen analyse kan man velge en annen fordelingsnøkkel basert på konkurranseindeksen.

Konkurransforholdet mellom gange og kollektiv måles med forholdet mellom GK for kollektiv og GK for gange. GK for kollektiv består av alle standard GK-elementer med unntak av takst, og GK for gange består kun av gangtiden. Det forutsettes at taksten ikke påvirker hvorvidt trafikantene går eller benytter kollektiv, da det antas at lokale overganger er inkludert i togbilletten. For gangreiser er det lagt en begrensning på at ingen velger å gå mer enn 25 minutter til eller fra togstasjonen. Denne begrensningen er brukerstyrt og 25 minutter er valgt for å få et større antall soner hvor det også forekommer gangreiser til stasjonen. Beregningen skjer separat for rush- og lavtrafikkperioden.

Formlene under illustrerer hvordan GK er beregnet for kollektiv og gange for å beregne konkurranseindeksen.

$$GK_{i,j}^{kollektiv} = \sum p_a \times x_a^{ij},$$

der x_a^{ij} er reisetidselement og p_a er tidsverdi for reisetidselementet. Denne tidsverdien er forutsatt justert med relevante vektorer i forhold til tid ombord. For kollektiv inngår ombordtid, ventetid, gangtid, ventetid ved bytte, gangtid ved bytte og antall bytter.

$$GK_{i,j}^{gangtur} = \sum p_b \times x_b^{ij}$$

der x_b^{ij} er gangtid mellom soner ij og p_b er tidsverdi for gangtid.

Indikatoren for om gange er tilgjengelig som tilbringertransport (ω^{ij}) avhenger av det brukerstyrte valget om maksimal tillatt gangtid (φ). I modellen i denne analysen er φ satt til 25 minutter.

$$\omega^{ij} = \text{Hvis}(x_b^{ij} < \varphi; 1; 0)$$

Formelen sier dermed at dersom gangtiden mellom soneparet er mindre enn φ så får soneparet en verdi på 1, og dersom gangtiden er større får soneparet verdien 0. Konkurransforholdet presenteres som en indeks der en verdi på 1 betyr at kollektiv og gange konkurrerer like bra som tilbringertransport. Konkurranseindeksen beregnes på følgende måte

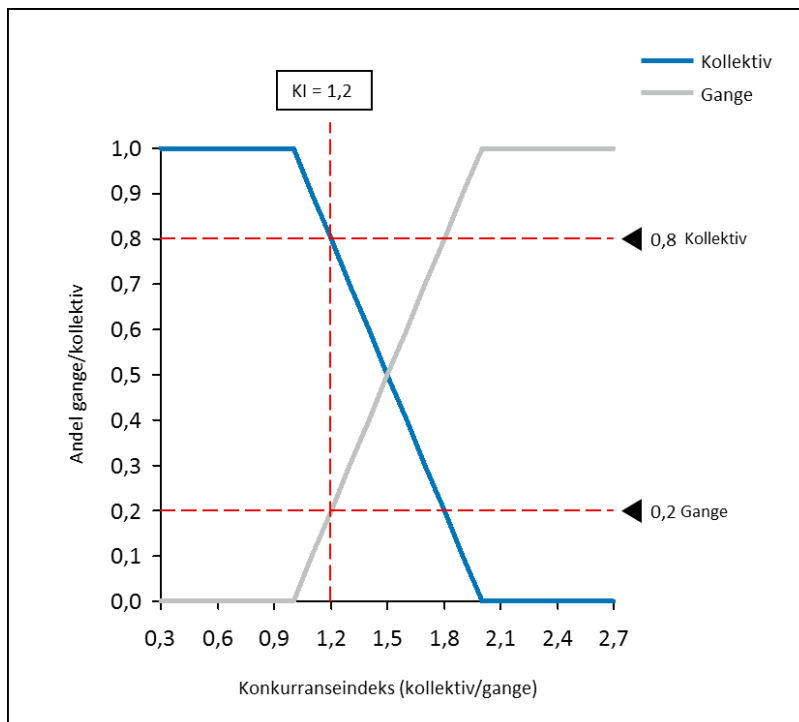
$$KI^{ij} = \frac{GK_{ij}^{kollektiv}}{GK_{ij}^{gange}}$$

En KI under 1 betyr at kollektiv konkurrerer bedre enn gange, og for KI over 2 er kollektiv to ganger så belastende som gange. I de tilfellene der kollektiv utkonkurrerer gange (indeks under 1) og gange utkonkurrerer kollektiv (indeks over 2), fordeles tilbringerreisene fullt og helt til det beste transportmiddelet. I de tilfellene der konkurranseindeksen ligger mellom 1 og 2 fordeles tilbringerurene lineært etter konkurranseforholdet. Beregningen av fordelingen avhenger også av indikatoren for gangtiden. Formelen for beregning av kollektiv til/fra stasjonen er da som følger,

$$\epsilon_{ij}^{kollektiv} = Hvis(\omega^{ij} = 1; Hvis(Elter(KI^{ij} > 2; KI^{ij} = 0); 0); HVIS(KI^{ij} < 1; 1; 2 - KI^{ij}); 1)$$

Formelen over er skrevet på formatet som benyttes i Excel og sier at andelen kollektivreiser fra utgangspunkt til stasjonen ($\epsilon_{ij}^{kollektiv}$) er 1 dersom gangindikatoren (ω^{ij}) er 0. Dersom indikatoren derimot er 1, altså at gange er tilgjengelig for tilbringerturer, så beregnes andelen som foregår med kollektiv ved at hvis KI er større eller lik 2 eller er lik 0, så settes andelen til 0. KI kan være 0 dersom det i RTM ikke beregnes kollektivturer mellom sonene, noe som kan være tilfelle dersom soneparene ligger veldig nær hverandre. Dersom KI ikke er større eller lik 2 eller 0, så sier den neste hvis-funksjonen at dersom KI er mindre 1 så settes verdien 1, altså at alle turene foregår med kollektiv. Dersom dette ikke er tilfelle, og da KI per definisjon må være mellom 1 og 2 så beregnes andelen som skal foregå med kollektiv ved leddet $2 - KI$. For eksempel i et tilfelle der konkurranseindeksen er på 1,44, altså at GK for kollektiv er 44 prosent høyere enn GK for gange, fordeles 56 ($2 - 1,44 = 0,56$) prosent av tilbringerturene til kollektiv og 44 prosent til gange. I det motsatte tilfellet, for eksempel med en KI på 1,56, så ville 44 prosent av turene være kollektiv ($2 - 1,56 = 0,44$) og 56 prosent være gange.

Beregningen per sone kan også vises illustrativt som i Figur 3.5. Figuren viser konkurranseindeksen på x-aksen og andel kollektiv eller gange på y-aksen. Den blå linjen viser andel kollektivturer og den grå linjen viser andel gangturer. For KI opp til 1 foregår alle turene med kollektiv, og for KI over to foregår alle turene til fots. Dette representeres ved at linjene flates ut over/under disse verdiene på x-aksen. I figuren vises et eksempel der konkurranseindeksen er på 1,2. Av figuren kan vi da se at det vil gi en gangandel på 0,2 og en kollektivandel på 0,8.



Figur 3.5: Illustrasjon av beregningen av tilbringer med kollektiv eller gange.

Formen på LOS-matrisene for tilbringerreisene blir annerledes enn en vanlig LOS-matrise, der verdiene representerer f.eks. ombordtid på en reise mellom sone X til sone Y. Det øverste nivået på LOS og reisematrisene for tog og buss er mellom stasjoner, med stasjonene som soner i disse matrisene. Det betyr at vi må omgjøre LOS-dataene for tilbringerreiser til å passe dette formatet. Figur 3.6 viser en matrise for ombordtid i rush for kollektiv i Moss, som er sone 1-7 i analysen. Sone 1 er sonen som stasjonen ligger i, og cellene som er skravert er for reiser internt i Moss, og ikke relevante i denne analysen.

OmbordtidR	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
1.00	-	4.62	2.57	6.98	11.56	5.21	7.78
2.00	5.92	4.73	6.72	7.14	9.67	8.31	14.85
3.00	3.26	5.17	2.95	9.57	12.54	4.05	8.98
4.00	7.86	8.56	11.80	4.11	18.68	14.47	14.33
5.00	10.74	10.21	14.19	18.22	7.88	16.95	11.35
6.00	6.96	8.20	6.62	14.56	18.11	6.81	15.82
7.00	6.68	13.06	7.85	15.74	7.31	12.80	-

Figur 3.6: Eksempel på matrise med ombordtid for kollektiv i Moss (sone 1-7) slik den er aggregert fra RTM.

For en reiser som starter i Moss og skal videre enten med tog eller buss, så vil kolonnen til sone 1 være representativ for ombordtiden med tilbringertransport. En trafikant som er bosatt i sone 3 og tar bussen til stasjonen har en ombordtid på 3,26 minutter. For en reise til Oslo via Oslo S (sone 1) vil derfor matrisene som inneholder tilbringerturer til stasjonen inneholde verdien 3,26 i celle 3/10 (fra sone 3 til sone 10) jf. Figur 3.7.

OmbordtidR Fra	#	#	#	#	#	#	#	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00
1.00								-	-	-	-	-
2.00								5.92	5.92	5.92	5.92	5.92
3.00								3.26	3.26	3.26	3.26	3.26
4.00								7.86	7.86	7.86	7.86	7.86
5.00								10.74	10.74	10.74	10.74	10.74
6.00								6.96	6.96	6.96	6.96	6.96
7.00								6.68	6.68	6.68	6.68	6.68

Figur 3.7: Utsnitt av omgjort tilbringermatrise for ombordtid i rush for reiser fra en sone i Moss til soner i Ski (8 og 9) og rundt Oslo S (10,11 og 12).

Modellen har separert LOS-data for tilbringerreiser til og fra soner over jernbanestasjonen. Den tilsvarende matrisen for en reisen fra Oslo til Moss blir dermed slik som i Figur 3.8.

OmbordtidR Til	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
1.00							
2.00							
3.00							
4.00							
5.00							
6.00							
7.00							
8.00	-	4.62	2.57	6.98	11.56	5.21	7.78
9.00	-	4.62	2.57	6.98	11.56	5.21	7.78
10.00	-	4.62	2.57	6.98	11.56	5.21	7.78
11.00	-	4.62	2.57	6.98	11.56	5.21	7.78
12.00	-	4.62	2.57	6.98	11.56	5.21	7.78

Figur 3.8: Utsnitt av omgjort tilbringermatrise for ombordtid i rush for reiser fra en sone i Ski (8 og 9) og rundt Oslo S (10-12) til soner i Moss (1-7).

Siden dette uttaket er for kollektivtrafikk generelt så inkluderer det også i noen få tilfeller bytter mellom start-/endepunkt og stasjonen. Dette gir verdier for ventetid ved bytte og bytte, men disse verdiene er lave. I utgangspunktet så kan man anta at de som reiser til stasjonen vil ta en direkterute til stasjonen. Vi har valgt å ikke ta ut disse verdiene da de ikke utgjør en stor del av GK.

3.3 Tidsverdier og andre modellforutsetninger

Jernbanemodellen er fullstendig fleksibel med tanke på hvilke tidsverdier og vekter som benyttes. Modellen er konstruert slik at alle verdier kan endres av brukeren. I denne analysen har vi benyttet tidsverdier hentet fra Jernbanedirektoratets metodehåndbok for samfunnsøkonomiske analyser (Jernbaneverket, 2015), og Statens vegvesen sin håndbok V712 Konsekvensanalyser (Vegdirektoratet, 2014).

Modellen benytter tidsverdier for ombord-/kjøretid og vekter i forhold til verdien av tid ombord for de andre egenskapene. Det inngår kun en tidsverdi per transportmiddel da reisetallene i modellen ikke er fordelt på reisehensikt. Tidsverdien må derfor vektet etter reisehensikt. Tidsverdiene, og enkelte av vektene, er ulike for reiser over og under 50 km. Moss stasjon ligger 60 kilometer fra Oslo S, og kan sies å ligge i pendlingsavstand fra Oslo. Som en forenkling har vi derfor valgt å kun benytte tidsverdiene for reiser under 50 kilometer istedenfor å vekte de etter avstandsintervaller i dette caset. Dette forenkler beregningen av ventetidsvekten. Tabell 3.1 viser tog-, buss- og bilreiser fordelt på reisehensikt etter andeler i analyseområdet. Utformingen av analyseområdet, som inkluderer interne reiser i Oslo sentrum, påvirker andelene i stor grad.

Tabell 3.1: Tog-, buss- og bilreiser fordelt på reisehensikt etter andeler. Basert på analyseområdet som omhandler Moss, Ski og store deler av Oslo sentrum. Kilde: RTM

	Tog	Buss	Bil
Arbeid	45 %	44 %	19 %
Tjeneste	12 %	10 %	8 %
Fritid	42 %	46 %	73 %
Sum	100 %	100 %	100 %

Tabell 3.2 viser tidsverdiene fra metodehåndboken til Jernbanedirektoratet fordelt på reisehensikt og vektet etter andelene i Tabell 3.1. I metodehåndboken er verdiene oppgitt i 2013-kr, og verdiene er kun skrevet frem med KPI til 2016 (8 prosent). Det er ikke foretatt en realprisjustering av verdiene mellom disse årene.

Tabell 3.2: Tidsverdier for ombordtid/reisetid per time for tog, buss og bilreiser. Vektet tidsverdi er verdien benyttet i analysen vektet etter andeler for reisehensikt.

2013-kr	Tog	Buss	Bil
Arbeid	65,4	65,4	98,1
Tjeneste	443,7	443,7	443,7
Fritid	51,4	51,4	81,7
Vektet tidsverdi	106,4	97,1	113,6
Vektet verdi 2016-kr	114,9	104,9	122,7

For tog og bil er det benyttet de samme vektene fra Metodehåndboken for reisetidskomponentene, og de er hentet fra kategorien reiser under 50 km som diskutert ovenfor. Vektene er stilt opp i Tabell 3.3 og er i forhold til verdien av tid ombord.

Tabell 3.3: Vekter for reisetidselementer for tog og buss i forhold til tid ombord på transportmiddelet. Kilde: Jernbaneverket (2015).

Reisetidselement	Tog		Buss	
Gangtid/gangtid ved bytte	1,4		1,4	
Forsinkelse	2,8		2,8	
Minutter per bytte	10		10	
Ventetid/ventetid ved bytte (intervaller for ventetid)	0-15	2	0-15	2
	16-30	1	16-30	1
	>30	0.5	>30	0.5

For bilreiser er vekt for forsinkelse på 3,5 ganger reisetiden hentet fra Håndbok V712. Den opplevde avstandskostnaden er hentet fra transportmodellen RTM og justert til 2016-kr. Avstandskostnaden er 2,15 kr per kilometer. Bomkostnadene kommer fra RTM og fremskrevet fra 2001-kr til 2016-kr.

Parkeringskostnadene tar utgangspunkt i de som er kodet i sonedataene til RTM, og for arbeidsreiser beregnes denne basert på både andel og langtidskostnad fra disse dataene. For fritidsreiser og tjenestereiser angir brukeren andel som betaler og gjennomsnittlig parkeringstid. I dette tilfellet er andelen satt til 35 %, som er et uvektet snitt mellom andelene i Stavanger, Trondheim og Bergen fra rapporten *Parkering som virkemiddel. Trafikantenes vektlegging av ulike parkeringsrestriksjoner* (Ellis & Øvrum, 2015). Gjennomsnittlig parkeringstid for disse trafikantene er satt til 1 time. Disse forutsetningene fører til at parkeringskostnadene i modellen er usikre, og et er forbedringspunkt i framtidige analyser.

Overgang ved stasjon

Et viktig virkemiddel for å økt andelen reiser med kollektiv transport og samtidig avlaste det pressede boligmarkedet i sentrale deler av Oslo, er å forsterke knutepunkter i stasjonsbyer slik som Moss. Ved å gjøre kollektivtilbudet mellom Moss og Oslo så godt som mulig, inkludert tilbringertransporten og knutepunktet Moss stasjon, så vil det kunne bidra til å gjøre Moss til et attraktivt sted å bo dersom man jobber i Oslo.

For å kunne analysere knutepunktutvikling basert på modelldata så har vi i jernbanemodellen isolert overgangene mellom tilbringertransporten med buss og tog på togstasjonen. Denne overgangen verdsettes på samme måte som andre bytter/overganger i løpet av reisen. Ved å isolere denne overgangen kan vi foreta endringer i ulempen ved å stige om på stasjonen for å illustrere effekter av knutepunktutvikling. For eksempel kan man tenke seg at dersom en togstasjon utvikles for slik at trafikantene føler at det er lettere/mindre belastende å gjennomføre overgangen, så reduseres ulempen i den generaliserte kostnaden. Dette diskuteres nærmere i kapittel 5.1.

3.3.1 Gjennomsnittstaksten

Taksten som hentes fra RTM er erfaringsmessig et stykke unna den observerte gjennomsnittstaksten, og det er derfor vanlig at denne justeres i ettertid. I hvor stor grad denne justeres avhenger av tilgang på valideringsdata. I dette prosjektet har vi ikke hatt tilgang på billettstatistikk så vi har isteden konstruert en takstmatrise basert på offentlig tilgjengelig informasjon som valideringsgrunnlag.

Valideringsmatrisen tar utgangspunkt i oppgitte billettpriser fra NSB for enkeltbilletter, 7-dagersbilletter og månedskort for stasjonsrelasjonene i analyseområdet³. For å vekte billettprisene har vi benyttet billettinntekter fra Ruters årsrapport for 2016 til å beregne innbyrdes andeler etter billettkategori (Ruter, 2017). Dette blir ikke direkte sammenlignbart da disse tallene ikke inkluderer Ski og Moss, men størsteparten av reisene i modellen foregår internt i Oslo og Akershus. Statistikken gir følgende fordeling på billettkategoriene, 42 prosent enkeltbilletter, 4 prosent 7-dagersbilletter, og 55 prosent 30-dagersbilletter. Det er antatt at en 7-dagersbillett benyttes til 10 reiser i snitt, og en 30-dagersbilletter benyttes til 40 reiser. Resultatet av denne beregningen er oppgitt i Tabell 3.5. Verdiene er i 2016-kr. Tabell 3.4 viser takstmatrisen fra RTM oppgitt i 2001-kr. Dersom vi sammenligner disse så ser vi at de ikke avviker i veldig stor grad. Den største prosentvise differansen er for interne reiser i Oslo. For reiser til og fra Moss er avviket på rundt 5 prosent, selv om de er i helt ulike kroneår. Vi har derfor valgt å beholde takstmatrisen fra RTM uten justeringer.

Tabell 3.4: Beregnet matrise for gjennomsnittstakst for tog i rush. 2001-kr. Kilde: JBV-uttaket.

	Moss	Nationaltheatret	Oslo S	Skøyen	Ski
Moss	0	93.0	91.4	97.0	61.3
Nationaltheatret	93.0	0	21.0	20.0	49.1
Oslo S	91.4	21.0	0	23.0	47.5
Skøyen	97.0	20.0	23.0	0	53.1
Ski	61.3	49.1	47.5	53.1	0

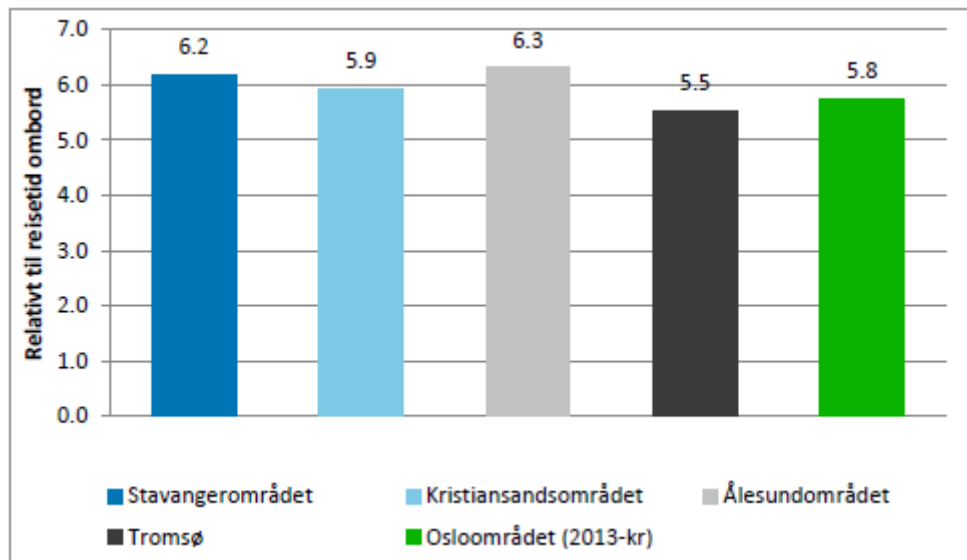
Tabell 3.5: Konstruert takstmatrise for tog basert på enkelttakst og månedskort for tog. 2016-kr. Kilde: Egne beregninger.

	Moss	Nationaltheatret	Oslo S	Skøyen	Ski
Moss	-	88.8	88.8	92.9	60.3
Nationaltheatret	88.8	-	24.3	24.3	40.9
Oslo S	88.8	24.3	-	24.3	40.9
Skøyen	92.9	24.3	24.3	-	40.9
Ski	60.3	40.9	40.9	40.9	-

³ Hentet ut for tirsdag 12.9.2017 etter kl. 06:00

3.3.2 Forsinkelse

Forsinkelser for trafikantene er ofte en stort irritasjonsmoment, enten det er forsinkelser i vegtrafikken eller i kollektivtrafikken. Dette gjenspeiles i at forsinkelsestiden har en høy relativ verdsetting i forhold til reisetiden. Figur 3.9 viser kollektivtrafikanteres verdsetting av effektiv forsinkelse i fem norske byer hentet fra rapporten *Klimaeffektiv kollektivsatsing. Trafikantenes verdsetting av tid i fem byområder* av Ellis & Øvrum (2014). Som figuren viser varierer verdsettingen fra 5,5 i Tromsø til 6,3 i Ålesund. Det betyr at 1 minutt forsinkelse når den oppstår er 6,3 ganger mer belastende en reisetid ombord for en kollektivtrafikanter i Ålesund.



Figur 3.9: Verdsetting av "effektiv forsinkelse", relativt til reisetid ombord med sitteplass, blant kollektivtrafikanter i fem byområder. Faksimile fra Ellis & Øvrum (2014).

I Jernbanedirektoratets metodehåndbok for samfunnsøkonomiske analyser for jernbanen 2015 (Jernbaneverket, 2015) anbefales vektene for forsinkelse på 2,8 og 2,1 for henholdsvis korte og lange reiser. Disse vektene benyttes i beregningen av forsinkelseskostnader for tog- og busstrafikanter. Som påpekt i kapittel 2.1 så er dette valg brukeren har mulighet til å overstyre til enhver analyse.

Datagrunnlag for forsinkelse for tog i modellen

Som en del av STRATMOD-prosjektet er det utviklet en modul, basert på data fra Ruter og tidligere Jernbaneverket, som kan beregne en del gjennomsnittlige egenskapsdata for kollektivtrafikken. Formålet med denne modulen er å etablere et datagrunnlag basert på faktiske registreringer av blant annet forsinkelse og trengsel hentet direkte fra relevante databaser hos Ruter og Bane Nor. Modulen og datagrunnlaget er nærmere beskrevet i (Malmin, Arnesen, & Dahl, 2017). Registreringene for tog baserer seg på data for hele 2014 og januar til september 2016, noe som gir totalt 692 818 togturer.

Antallet togturer som er inkludert i datasettet er dermed høyt og for å kunne beregne gjennomsnittlig forsinkelse er det viktig med utvalg av representative toglinjer for analyseområdet jf. Tabell 3.6. Utvalget tog som passerer både Moss og Ski er relativt

begrenset, men tog som passerer Oslo S, Nationaltheatret og Skøyen er et betydelig større i antall. Det er likevel viktig at alle relasjonene i tabellen får beregnet gjennomsnittlig forsinkelse slik at ikke den gjennomsnittlige GK-verdien for analyseområdet får for lave verdier.

Tabell 3.6: Stasjonsrelasjoner i analyseområdet i Jernbanemodellen. Rader representerer stasjonen det reises fra og kolonnene representerer stasjonen det reises til.

Fra stasjon/Til stasjon	Moss	Nationaltheatret	Oslo S	Skøyen	Ski
Moss	0				
Nationaltheatret		0			
Oslo S			0		
Skøyen				0	
Ski					0

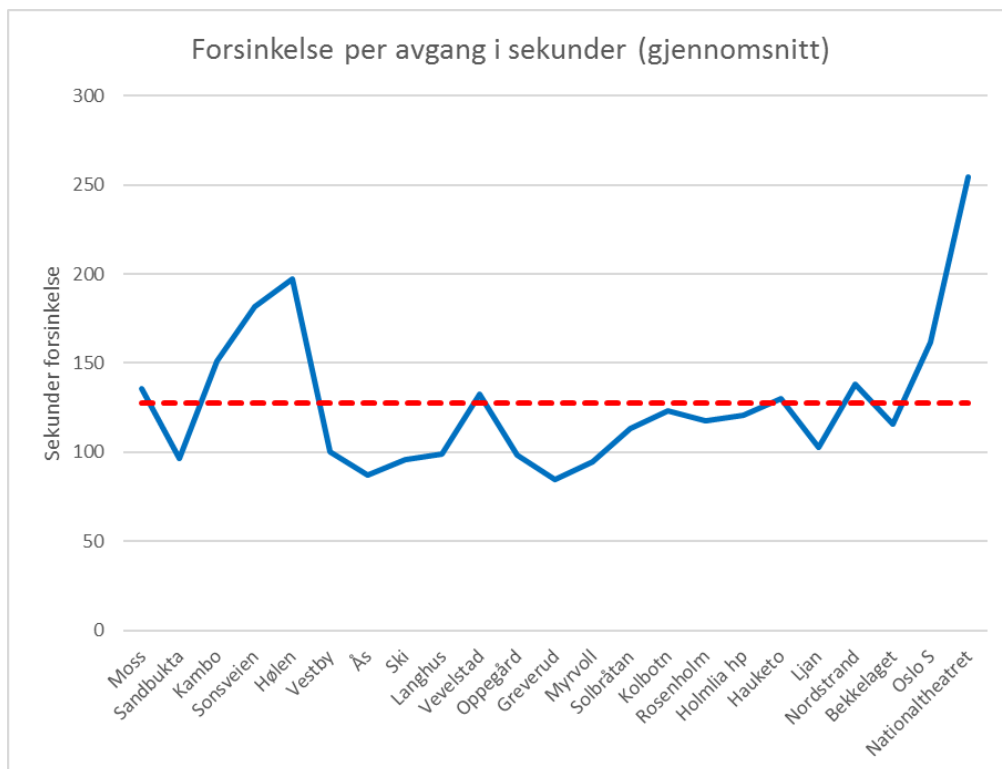
For å håndtere mengden data, og fordi det er utfordringer med datasettet, har vi valgt ut tog som trafikkerer Østfoldbanen for å beregne forsinkelse. Det betyr at det er kun disse togene som benyttes til å beregne forsinkelse mellom Ski, Oslo S, Nationaltheatret og Skøyen. Dette er en forenkling da det er et større antall toglinjer som er tilgjengelige for reiser mellom disse stasjonene (for Ski er alle tog på Østfoldbanens Østre linje utelatt, samt noen tog som starter/terminerer i Ski).

Tabell 3.7: Utvalg av toglinjer som er benyttet til å beregne gjennomsnittlig forsinkelse. Kilde: Stratmod-applikasjonen.

Toglinje	Antall varianter av ruten	Ukentlige turer (sum)
Tidsintervall: 06:00-09:00 (morgenerush)		
Moss – Skøyen	4 i retning Oslo	6 383
	3 i retning Moss	6 056
Moss – Stabekk	4 i retning Oslo	4 585
	2 i retning Moss	3 981
Moss – Oslo	2 i retning Oslo	237
Halden – Oslo	7 i retning Oslo	10 339
	6 i retning Halden	10 033
Ski – Lysaker	2 i retning Oslo	791
Tidsintervall: 15:00-18:00 (ettermiddagsrush)		
Moss – Skøyen	4 i retning Oslo	6 383
	3 i retning Moss	5 336
Moss – Stabekk	4 i retning Oslo	4 585
	2 i retning Moss	3 981
Moss – Oslo	2 i retning Moss	399
Halden – Oslo	9 i retning Oslo	10 641
	7 i retning Moss	10 135
Ski – Lysaker	2 i retning Oslo	782
Tidsintervall: 09:00-15:00 (lavtrafikkperioden)		
Moss – Skøyen	4 i retning Oslo	6 383
	3 i retning Moss	6 056
Moss – Stabekk	4 i retning Oslo	4 585
	2 i retning Moss	3 981
Halden – Oslo	10 i retning Oslo	10 749
	7 i retning Moss	10 135

Tabell 3.7 viser utvalget av toglinjer som er benyttet til å beregne gjennomsnittlig forsinkelse for de relevante relasjonene. De ulike toglinjene har flere varianter som kan avvike i stoppmønster eller start- og termineringsstasjon. I dette tilfellet har vi tatt med alle varianter i beregningen så fremt de har registreringer på de relevante stasjonene. Siden ikke alle toglinjer stopper på alle stasjoner så er antallet togavganger ikke likt for alle stasjoner i beregningen. Forsinkelsene per tur er et gjennomsnitt basert på registreringer for en hel uke, inkludert lørdag og søndag. Inkluderingen av helgedager kan redusere gjennomsnittet, men vi har ikke hatt mulighet til å skille ut hverdagene i en egen beregning. Vi har derfor valgt å benytte tallene som omfatter hele uken. Forsinkelsene kan derimot ta ut på ulike tidspunkt slik at vi får skilt ut det som er definert som rush og lavtrafikkperioden i RTM jf. tidsintervallene i Tabell 3.7.

Figur 3.10 viser de tilgjengelige dataene fra Stratmod-applikasjonen eksemplifisert med en toglinje med startpunkt i Moss og endepunkt i Skøyen (siste stasjon mangler i uttaket). Blå linje er gjennomsnittlig forsinkelse per avgang og rød stiplet linje er et uvektet gjennomsnitt av forsinkelsen. Forsinkelsen som i dette tilfellet oppstår i Moss er forsinket avgang, og for de øvrige stasjonene er det forsinket ankomst.



Figur 3.10: Gjennomsnittlig forsinkelse per avgang målt i sekunder på en toglinje fra Moss til Skøyen. Kilde: Stratmod-applikasjon

I beregningen av forsinkelse er det som en forenkling kun benyttet forsinkelse ved avstigningsstasjonen. I dette tilfellet vil en reise fra Moss til Oslo S og en reise fra Ski til Oslo S oppleve den samme forsinkelsen som i dette tilfellet er 161 sekunder, eller 2 minutter og 41 sekunder i gjennomsnitt.

Som Tabell 3.7 viser er det tatt ut data for tre tidsperioder og forsinkelse til destinasjonsstasjon er vektet etter antall avganger ved på de ulike linjene. Vekting etter antall avganger er gjort fordi det mangler tilhørende passasjertall per toglinje som vil gi en bedre vektning av forsinkelsene. Forsinkelse for lavtrafikkperioden er beregnet på bakgrunn av data i tidsperioden 09:00-15:00. For rushperioden er tallene basert på en vektning mellom morgen- og ettermiddagsperioden basert på en forutsetning om at 80 % av trafikken foregår i dimensjonerende retning. Det betyr at for reiser i retning Oslo er gjennomsnittene basert på at 80 prosent av trafikken foregår i retning Oslo om morgenen og 20 prosent i retning Oslo på ettermiddagen. Det motsatte gjelder for den motsatte retningen. Matrisen er deretter satt sammen av de vektete dataene i retning til og fra Oslo. Grunnen til at det ikke er vektet mellom dimensjonerende og ikke-dimensjonerende retning i samme rushperiode er fordi reisene fra RTM i rushperioden er summert over begge tidsperiodene.

Tabell 3.8 og Tabell 3.9 viser de gjennomsnittlige forsinkelsestallene for henholdsvis rush- og lavtrafikkperioden. Ved å sammenligne tabellene kan vi se at for reiser til Moss øker den gjennomsnittlige forsinkelsen fra 1 minutt til 3 minutter fra lav- til rushtrafikkperioden. For reiser fra Oslo til Ski øker den med 1 minutt. En interessant observasjon i datasettet er forsinkelsen for reiser til Nationaltheatret og Oslo S er omtrent lik i begge periodene. Dette kan ha noe med at Oslo S og spesielt Oslo-tunnelen er en flaskehals for jernbanen, og endringen i antall tog i og utenfor rush ikke påvirker dette i nevneverdig grad. Like interessant er det at for reiser til Skøyen er det hele to minutter forskjell i snitt mellom periodene. En skulle anta at siden tallene for Oslo S og Nationaltheatret er omtrent det samme mellom periodene så burde Skøyen også vise samme mønster gitt at stasjonen kommer etter disse for reiser gjennom Oslo.

Tabell 3.8: Gjennomsnittlig forsinkelse per avgang i lavtrafikkperioden mellom stasjoner i modellen. Kilde: Stratmod-applikasjon og egne beregninger.

	Moss	Nationaltheatret	Oslo S	Skøyen	Ski
Moss	0	3.7	2.5	1.2	1.8
Nationaltheatret	1.0	0	1.4	1.2	1.9
Oslo S	1.0	3.7	0	1.2	1.9
Skøyen	1.0	1.1	1.4	0	1.9
Ski	1.0	3.7	2.5	1.2	0

Tabell 3.9: Gjennomsnittlig forsinkelse per avgang i rushtrafikkperioden mellom stasjoner i modellen. Kilde: Stratmod-applikasjon og egne beregninger.

	Moss	Nationaltheatret	Oslo S	Skøyen	Ski
Moss	0	3.9	2.5	3.5	2.1
Nationaltheatret	2.9	0	1.8	3.5	3.0
Oslo S	2.9	3.9	0	3.5	3.0
Skøyen	2.9	1.7	1.8	0	3.0
Ski	3.0	3.9	2.5	3.5	0

Forsinkelse for buss og bil

For biltrafikken benyttes forsinkelsen som er beregnet i det standardiserte uttaket for LOS-data mellom storsoner, og er differansen mellom kjøretiden i lavtrafikkperioden (som er kapasitetsuavhengig) og rushtrafikkperioden (som er kapasitetsavhengig).

Stratmod-applikasjonen inneholder dessverre ikke busslinjer mellom Oslo og Moss, slik at dette uttaket ikke kan benyttes i analysen. Som en forenkling antar vi derfor at busstrafikken opplever samme forsinkelse som biltrafikken, og benytter de samme gjennomsnittlige forsinkelsene med noen modifikasjoner. Matrisen for kø for biltrafikken er ikke symmetrisk da den tar utgangspunkt i morgenrushet. For Moss og Ski har vi dermed speilet reisetidene slik at det er lik kø inn og ut av Oslo for å reflektere at reisematrixen er sum av morgen- og ettermiddagsrushet. Dette betyr dermed at kø for bil ikke har retningsbalanse i analyseområdet, men har større kø for reiser inn mot Oslo enn ut. Dette er ikke et problem da analysen tar utgangspunkt i en reise i rush mot Oslo.

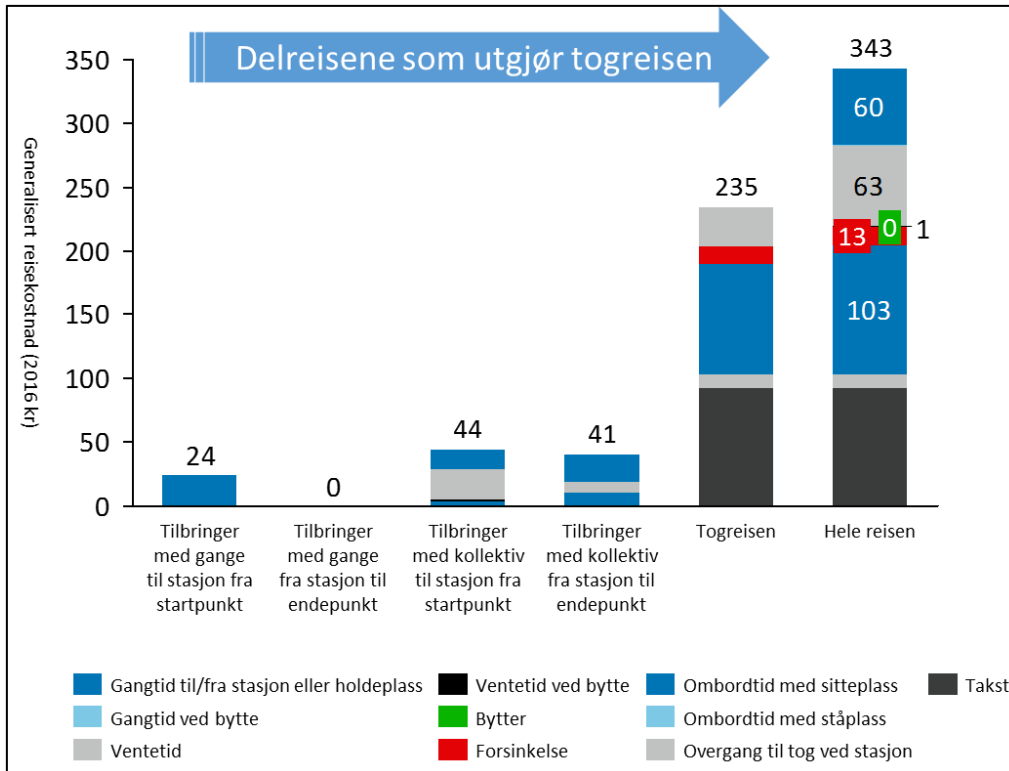
Siden vi tar utgangspunkt i kø for bil så beregnes det ikke kø i lavtrafikkperioden. Den konstruerte forsinkelsesmatrisen for busstrafikk er vist i Tabell 3.10.

Tabell 3.10: Konstruert forsinkelsesmatrise i rush for buss. Kilde: Aggregerte RTM-resultater og egne beregninger.

	Moss	Nationaltheatret	Oslo S	Skøyen	Ski
Moss	0.0	5.7	3.4	5.6	0.1
Nationaltheatret	5.7	0.0	0.0	1.1	2.9
Oslo S	3.4	0.0	0.0	1.2	3.5
Skøyen	5.6	1.9	2.6	0.0	2.9
Ski	0.1	2.9	3.5	2.9	0.0

3.4 Generalisert reisekostnad i Jernbanemodellen

En av fordelene med Jernbanemodellen er at den tar for seg hele reisekjeden og forsøker å beskrive denne, enten det er for tog, buss eller bil på litt lengre reiser. For å illustrere hvordan den generaliserte reisekostnaden for en togreise er satt sammen så kan vi ta utgangspunkt i en reise fra sone 3 i Moss til sone 12 i Oslo. Figur 3.11 viser hvordan de ulike reisekjedene utgjør den totale GK for togreisen. I dette tilfellet så kan vi se at avstanden fra Oslo S til destinasjonen i Oslo er såpass lang at det ikke foregår noen gangturer fra stasjon til endepunktet for reisen. Tilbringerreiser fra startpunkt til stasjonen i Moss er derimot innenfor en avstand som gjør at en andel av trafikantene går og en andel tar buss jf. metoden gjennomgått i kapittel 3.2.1. Den totale GK-verdien for reisen er 343 kroner og taksten er på 91,4 kroner eller 26,6 prosent av GK.



Figur 3.11: Generalisert kostnad for tog for en reise fra sone 3 i Moss til sone 12 i Oslo. Figuren viser hvordan den totale reisekostnaden består av ulike delreiser. Aksene er generalisert reisekostnad i 2016 kr.

Etterspørselsberegning

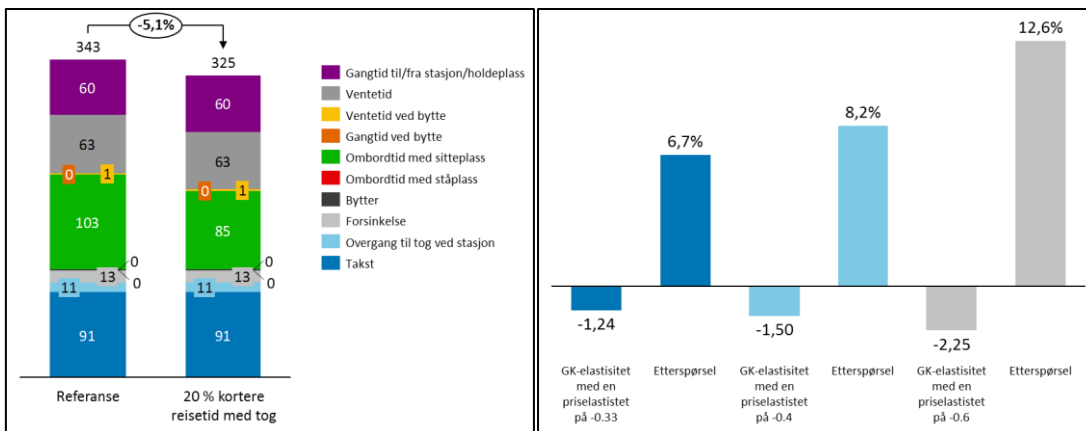
Etterspørselsberegningen i modellen foregår på samme måte som i Storsonemodellen og en detaljert gjennomgang av metoden kan leses i Berg, Høyem og Haug (2017). Sentralt for metoden for etterspørselsberegninger er elastisiteten med hensyn på takst for kollektivreiser (priselastisiteten). Etterspørselsberegningene benytter en GK-elastisitet som skaleres med utgangspunkt i priselastisiteten og takstens andel av GK. Kort oppsummert så gjør denne metoden det mulig å beregne effekter av endringer i ulike elementer av GK, uten å kjenne elastisitetene for alle de ulike GK-elementene. Samme metode benyttes for etterspørselsberegninger for buss og bil. For bil skaleres GK-elastisiteten etter avstandskostnadens andel av GK.

Etterspørselsendringer fører også til at noe trafikk er ny, enten ved at eksisterende trafikanter reiser mer eller at helt nye trafikanter skapes, og noe trafikk overføres fra konkurrerende transportmidler. Av endringen i reiser, etterspørselsendringen, antas 25 prosent å være nyskapt trafikk. Denne andelen er hentet fra Jernbanedirektoratets metodehåndbok (Jernbaneverket, 2015). De øvrige 75 prosentene av endringen i reiser kommer fra de konkurrerende transportmidlene og beregnes etter deres innbyrdes markedsandel. For eksempel dersom det forekommer en etterspørselsendring for tog på en strekning der buss og bil innbyrdes har en markedsandel på henholdsvis 43 og 57 prosent, så vil 75 prosent av endringen i reiser fordeles med 43 prosent overførte busstrafikanter og 57 prosent bilister. Denne metoden er identisk med metoden i Storsonemodellen og er beskrevet i Berg, Høyem og Haug (2017).

Priselastisitet for tog

Priselastisiteter generelt varierer over tid, geografisk område, transportmiddel og reiseformål. Jernbanemodellen er fleksibel i valg av priselastisitet for å skalere GK-elasititeten. Effekten av ulike elastisiteter kan illustreres ved å benytte ulike priselastisiteter i en eksempelberegning. Ved å ta utgangspunkt i GK for reisen mellom Moss og Oslo som vist i Figur 3.11, kan vi vise effekten av ulike priselastisiteter på etterspørselseffekten. Priselastisiteten som testes er ikke nødvendigvis for tog, men er kun ment som et illustrativt eksempel. En priselastisitet for kollektivtrafikk i Norge på -0,33 ble funnet i en undersøkelse av Vibe gjengitt i Kollektivtransporthåndboka (2007-utgaven), og i samme kilde oppgis -0,4 som en tommelfingerregel (Ruud & Norheim, 2007). I TØI-rapport 1459/2015 «Å måle det upresise: Årsaker til og konsekvenser av togforsinkelser» (Halse, Østli, & Killi, 2015) benyttes en priselastisitet på -0,6.

Figur 3.12 viser forskjellen i etterspørselseffekt av sammen endring i GK, tilsvarende 20 prosent kortere reisetid med toget. Dette gir en nedgang i GK på 5,1 prosent. Etterspørselseffekten av denne endringen varierer en del med valg av priselastisitet. Vi ser og at jo større priselastisiteten, eller jo mer prisfølsomme trafikantene er, jo større GK-elasititet og etterspørselseffekt. Dette henger intuitivt sammen. Fordelen med modellen er at priselastisiteten enkelt kan endres for å inkludere den relevante verdien i et hvert analyseområde. I den videre analysen vil vi benytte en priselastisitet på -0,4 for tog og buss.



Figur 3.12: Figuren til venstre: GK for en togreise fra sone 3 i Moss til sone 12 i Oslo. GK-søylen til venstre er utgangspunktet i 2014 og søylen til høyre er med 20 prosent kortere reisetid med toget. Figuren til høyre: GK-elasititet og etterspørselseffekt med tre ulike priselastisiteter (-0.33,-0.4,-0.6). Kilde: Jernbanemodellen

I Jernbanedirektoratets elastisitetsmodell Merklin anbefales GK-elasititetene -1,2 for reiser under 50 km og -1,5 for reiser over 50 km (Jernbaneverket, 2015). Reiser fra Moss til Oslo ligger på rundt 60 km og havner dermed i kategorien der det anbefales en elastisitet på -1,5. Den vektete elastisiteten modellen gir for de relevante relasjonene med takst elastisitet på -0,4 er 1,5. Vi treffer derfor godt med anbefalingen selv om vi benytter tidsverdier for reiser under 50 km i denne analysen.

4 Referansesituasjonen for analysen

Utgangspunktet for analysen er knutepunktet Moss stasjon. I analysen vil vi presentere resultater for reiser fra Moss til Oslo. Innledningsvis vil vi likevel vise noen resultater der vi benytter den vektete GK-en for hele modellen, altså reiser intern og mellom soner i Moss, Ski og sentralt i Oslo jf. soneinndelingen presentert i kapittel 3.1.

Befolkningen i Moss og reiser til Oslo

Tabell 4.1 viser sonene som i analysen er tillagt Moss og tilhørende befolkning i 2014 hentet fra RTM og DOM IC.

Tabell 4.1: Befolkning i Moss (sone 1-3, 5-7) og sone 4 som tilhører Rygge i 2014. Kilde: Befolkningsdata for RTM.

Storsone	Befolkning i 2014
1	611
2	11 606
3	7 508
4	7 100
5	7 043
6	3 835
7	1 073
Sum	38 776

Pendlingsstatistikken fra SSB viser at det er 2310 personer som er bosatt i Moss med arbeidssted i Oslo (Statistisk Sentralbyrå, 2017). Dersom vi antar at disse pendler daglig på hverdager, så gir det 4 620 reiser fra Moss til Oslo og tilbake. Disse reisene kommer for det meste i rushperioden. Dataene som er hentet ut fra RTM og aggregert til storsonene i analyseområdet viser at det er 490 togreiser, 264 bussreiser og 387 bilreiser (tur/retur) mellom Moss og Oslo. Dette er kun en fjerdedel av reisene sammenlignet med pendlerstatistikken. En årsak til dette kan være at analyseområdet vårt kun omfatter områder rundt Oslo S, Nationaltheatret og Skøyen, og at det vi dermed utelukker andre arbeidsplassintensive områder i Oslo. I sonedataene til RTM er det totalt 439 000 arbeidsplasser i alle kategorier som inngår i modellen. Sonene i analysen fanger opp 215 000 av disse, slik at vi utelater litt over halvparten av arbeidsplassene i Oslo.

Dagens kollektivtilbud i Moss og togtilbud til Oslo

Kollektivtilbudet som er kodet i modellen kan avvike fra det faktiske tilbudet i Moss, og avhenger av valg gjort ved etablering av modellen. I dette prosjektet er det ikke gjort en kvalitetssikring av hvorvidt tilbudet i Moss er korrekt representert innenfor rammene av en transportmodell.

Busstilbudet i Moss består av en rekke linjer som trafikkerer til og fra sentrum og til og fra de omliggende områdene. Flere av busslinjene har derfor også en funksjon som tilbringertransport til togstasjonen. Figur 4.1 gir en oversikt over hvordan busstilbudet i Moss er sentrumsrettet fra boligområdene rundt, som er markert i grått. I rush har flere av hovedrutene i 20 eller 30-minutters frekvens (3 eller 2 avganger per time).



Figur 4.1: Oversikt over busslinjer i Moss (rushtrafikk) som viser hvordan tilbudet er sentrumsrettet fra boligområdene rundt sentrum (grått område). Kilde: RTM og DOM IC.

Togtilbudet i modellen som har Moss som et stoppested er beskrevet i Tabell 4.2.

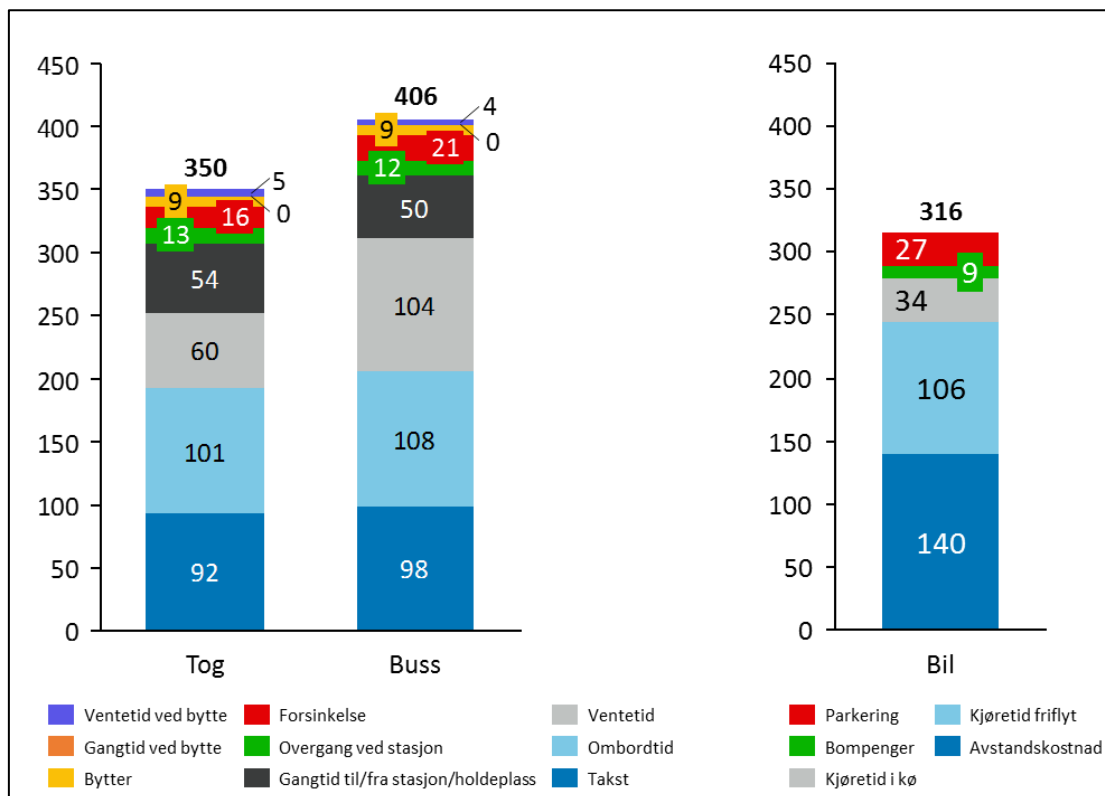
Tabell 4.2: Oversikt over togtilbudet ved Moss stasjon i referansesituasjonen. Kilde: RTM og DOM IC 2014

Tog	Tognummer	Minutter mellom avgangene	
		Rushtrafikkperioden	Lavtrafikkperioden
Oslo S - Halden	206	45	65
Halden-Oslo S	207	45	65
Oslo S - Gøteborg	204	180	540
Gøteborg - Oslo	205	180	540
Skøyen - Moss	208	30	60
Moss - Skøyen	209	30	60
Snitt antall avganger per time Oslo – Moss*		3,3	1,9
Snitt antall avganger per time Moss – Oslo*		3,3	1,9
*Gjennomsnittet er uten togene til Gøteborg			

For bussreiser fra Moss til Oslo er tilbudet representert ved kommersielle ekspressbuss.

Den generaliserte kostnaden for en reise til Oslo fra Moss

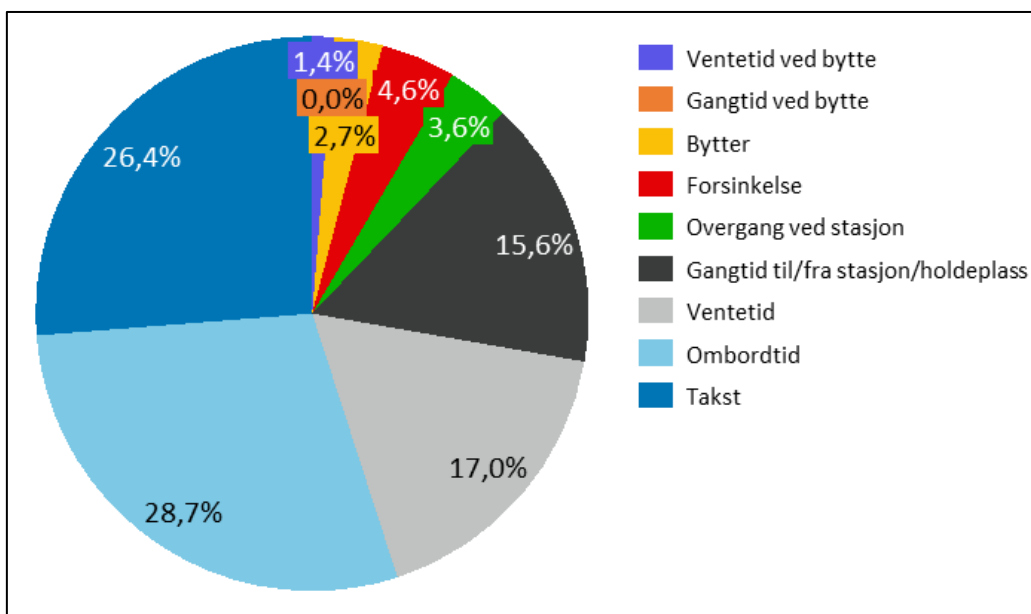
Reisene til Oslo i rush foregår enten med tog, buss eller bil i modellen, og Figur 4.2 viser de ulike generaliserte kostnadene for de ulike transportmidlene. Den minst belastende reisen til Oslo i rush er bilen, fulgt av tog og til sist buss. Figuren viser at målt i GK så er toget omtrent 14 prosent mindre belastende enn bussen, og omtrent 11 prosent mer enn bilen.



Figur 4.2: Vektet generalisert kostnad for en reise med enten tog, buss eller bil fra soner i Moss til soner i Oslo. Reisen foregår i rushperioden. Kilde: Jernbanemodellen.

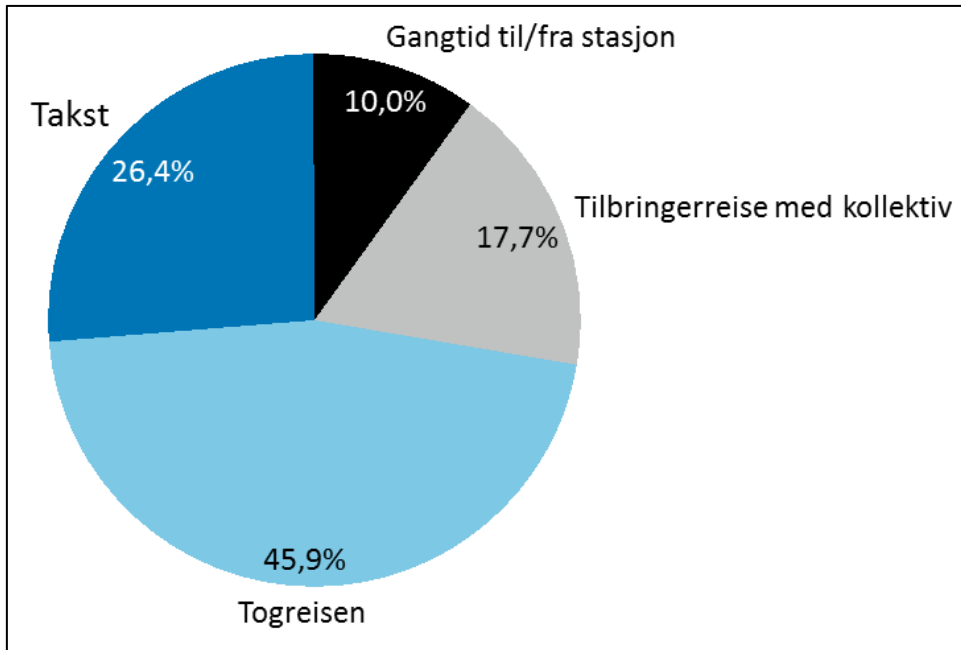
Den store usikkerheten i den generaliserte kostnaden for bil er parkeringskostnaden. Metodikken for hvordan parkeringskostnaden er beregnet er beskrevet i Berg (2017) og i kapittel 3.3, og de brukerstyrte valgene påvirker den gjennomsnittlige kostnaden i stor grad. Ikke alle som reiser med bil betaler for parkering. Dette kan være fordi de har gratis parkering på arbeidsplassen, samtidig som den gjennomsnittlige parkeringstiden er en ukjent faktor. Letetid er heller ikke inkludert, noe som mest sannsynligvis øker i større byer. Det er ikke gjort et eget arbeid på å estimere faktorene i dette prosjektet. Nivået på parkeringskostnader påvirker nivået på GK for bil og videre konkurranseindeksene mot tog. Anslaget for parkeringskostnadene i resultatene må derfor ses på som en verdi med usikkerhet.

De ulike reisetidselementene (gangtid, ventetid osv.) for toget fordeler seg slik som illustrert i Figur 4.3. Billettprisen og den totale ombordtiden (tilbringer og tog) utgjør mer enn halvparten av kostnaden. Dette er naturlig da dette er lengre reiser. Forsinkelsen utgjør i underkant av fem prosent og selve overgangen ved stasjonen, vektet for de som benytter kollektiv som tilbringer, utgjør i underkant av 4 prosent.



Figur 4.3: De ulike reisetidselementenes andel av den totale gjennomsnittlige GK for tog. Kilde: Jernbanemodellen

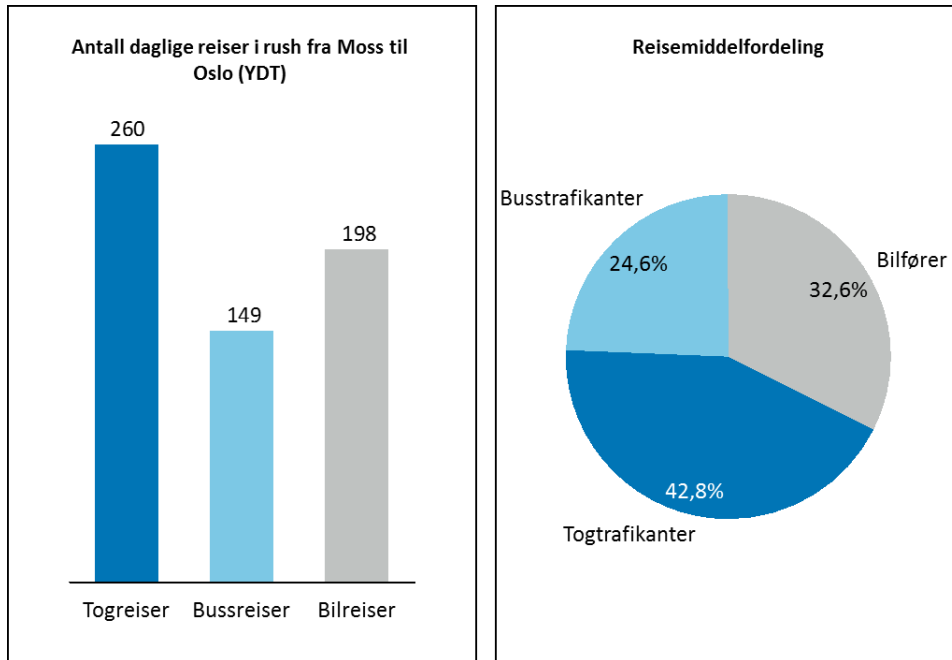
Sammensetningen av den generaliserte kostnaden basert på de ulike delreisene er vist i Figur 4.4. Figuren viser at tilbringerreisen, enten den foregår til fots eller med kollektiv, utgjør nesten en tredjedel av GK for en gjennomsnittlig togreise til Oslo fra Moss. Dette underbygger at tilbringerreisen ikke kan utelates når vi analyserer trafikantenes opplevelse av togreisen.



Figur 4.4: Gjennomsnittlig GK for en togreise i rush fra Moss til Oslo fordelt på delreise og takst. Kilde: Jernbanemodellen.

Reisemiddelfordelingen for reiser til Oslo

Antall hverdagsreiser fra Moss til Oslo i rushperioden (mellom sonene i vår analyse) er på 607 (YDT). Av disse er utgjør omtrent 43 prosent togreiser, 33 prosent bilreiser og 25 prosent bussreiser. Dette tilsier at kollektivtrafikken generelt, og toget spesielt, konkurrer godt med bilen på denne strekningen. I denne utgaven av Jernbanemodellen har vi utelatt bilpassasjerer, men det kan tenkes at det er en viss grad av samkjøring på denne strekningen som ville gitt et høyere antall bilreiser totalt.

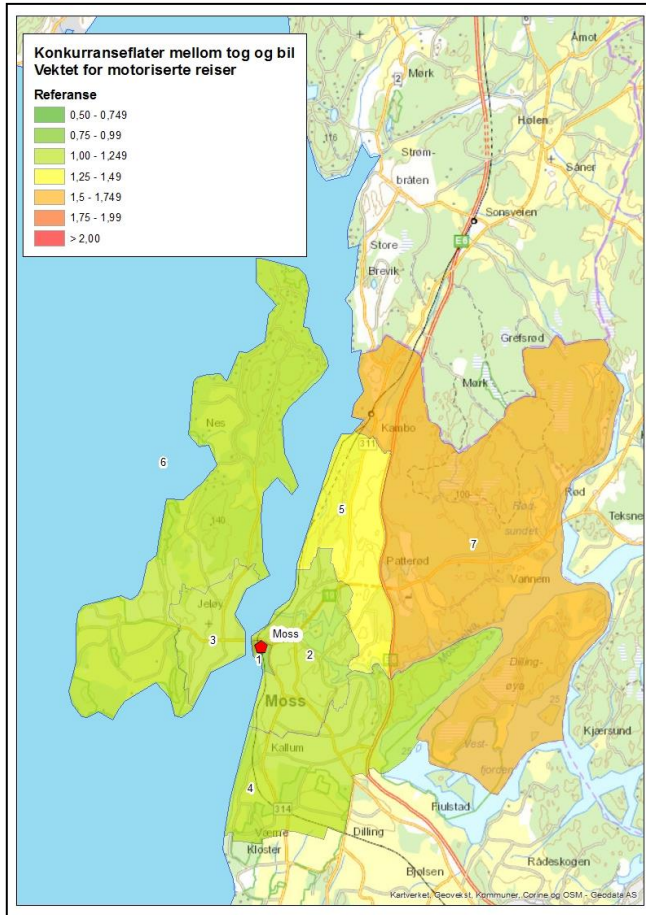


Figur 4.5: Figuren til venstre viser antall daglige rushreiser (YDT) fra Moss til Oslo fordelt på transportmiddel. Figuren til høyre viser reisemiddelfordelingen. Kilde: Jernbanemodellen.

Konkurransen mellom transportmidlene

Konkurransforholdet mellom transportmidlene er en viktig faktor som kjennetegner transportmarkedet i analyseområdet. Konkurransforholdet for reiser mellom enkeltsonepar består av GK for transportmiddel 1 dividert med GK for transportmiddel 2. Dersom vi for eksempel analyserer togets konkurranseforhold mot bil, vil konkurranseindeksen (KI) beregnes ved $KI = GK_{\text{tog}}/GK_{\text{bil}}$. En KI på 1 betyr at tog og bil er likeverdige konkurrenter. En KI under 1 betyr at toget konkurrerer bedre enn bilen og en KI over 1 betyr at bilen konkurrerer bedre enn toget.

Konkurransindeksen er et viktig verktøy når man skal vurdere effekten av hvilke positive eller negative tiltak som skal innføres på de ulike transportmidlene. For eksempel så stadfestet den Nederlandske forskeren Piet Bovy at dersom konkurranseforholdet mellom kollektiv og bil er større enn 2 så vil det ikke bli etterspørselseffekter av tiltak som bedrer kollektivtrafikken. Årsaken til dette er at konkurranseforholdet fortsatt ville være for dårlig til å tiltrekke seg nye kunder (Urbanet Analyse AS, 2017). Samme argumentasjon gjelder også dersom kollektivtrafikken konkurrer veldig godt med bilen, effekten av forbedringer for kollektivtrafikken blir begrenset. Videre fant Bovy at etterspørselseffekten av tiltak er størst der hvor transportmidlene er omtrent like gode, altså der hvor KI ligger i nærheten av 1 (Urbanet Analyse AS, 2017).



Figur 4.6: Konkurransflater mellom tog og bil vektet for reiser til soner i Oslo fra hver enkelt sone i Moss. KI er vektet for motoriserte reiser (tog og bil). Kilde: Jernbanemodellen.

generelt god der hvor de fleste bor. 77 prosent bor i områder der toget konkurrerer veldig godt på reiser til Oslo (intervallet 1.00-1.249).

Tabell 4.3: Bosatte (antall personer og andel) etter konkurranseindeks for reiser fra Moss til soner i Oslo. Vektet etter motoriserte reiser. Kilde: Jernbanemodellen.

Konkurranseindeks	Referansen	
	Antall bosatte	Andel bosatte
0.5 - 0.749	0	0 %
0.75 - 0.99	611	2 %
1.00 - 1.249	30 049	77 %
1.25 - 1.49	8 116	21 %
1.50 - 1.749	0	0 %
1.75 - 1.99	0	0 %
>= 2	-	0 %
Sum	38 776	100 %

Figur 4.6 viser konkurransflatene i Moss for reiser til sonene i Oslo. For hver enkelt sone er konkurranseindeksen vektet for motoriserte reiser (bil+tog). Dette gir en KI som er vektet etter hvor trafikantene faktisk reiser.

Som vi kan se av figuren så konkurrerer sonene nærmest togstasjonen (sone 1 -4 og 6) godt med bilen og konkurranseindeksene ligger i intervallet 1,00 – 1,249. Naturlig nok synker konkurranseindeksen jo lenger fra stasjonen man reiser fra. I disse tilfellene foregår tilbringerreisen med kollektiv, noe som øker den samlede GK for togreisen. Konkurranseindeksen for Moss når vi vektet over alle sonene er på 1,14.

Dersom vi ser på hvordan befolkningen i Moss er bosatt etter den vektete konkurranseindeksen med hensyn på destinasjon, så viser Tabell 4.3 at konkurranseindeksen er

5 Follobanens innvirkning på togtilbudet i Moss

«Follobaneprosjektet er det største samferdselsprosjekt i Norge og får landets hittil lengste jernbanetunnel. Det 22 kilometer lange dobbeltsporet mellom Oslo S og kollektivknutepunktet Ski skal i samspill med Østfoldbanen gi en ny hverdag for togpassasjerene.» (Bane Nor, 2017)

Follobanen strekker seg fra Oslo sentralstasjon til Ski og vil gi regionen en stor endring i togtilbudet. For eksempel så kan Follobanen halvere reisetiden mellom Oslo S og Ski, fra 22 minutter til 11 minutter. I tillegg flyttes de knutepunktstoppende togene til Follobanen fra dagens Østfoldbane, slik at de ikke trafikkerer samme strekning som de fullstoppende togene (Jernbaneverket, 2016).

Tiltaket som er kodet er DOM IC sammenfaller ikke nødvendigvis med de foreliggende planene for Follobanen da dette avhenger av tidspunktet tiltaket ble kodet. Det fremtidige togtilbudet er ikke nødvendigvis endelig fastsatt, og kan variere mellom ulike analyser på ulike tidspunkt i prosjektet. Det kodede tilbudet for Follobanen som er benyttet til denne analysen er basert på at Moss betjenes med samme stasjon og trasé som i dag. Togtilbudet som er kodet i DOM IC er illustrert i Tabell 5.1. Sammenlignet med togtilbudet i referansen (uten Gøteborgtogene) så øker antall avganger i retning Oslo fra 3,3 til 5 i rush (per retning) og fra 2 til 3 (per retning) utenfor rush. Dette gir omtrent en 50 prosent økning i antall avganger over Moss stasjon per retning når Follobanen er på plass.

Tabell 5.1: Oversikt over togtilbudet ved Moss stasjon i tiltakssituasjonen. Kilde: RTM og DOM IC 2014

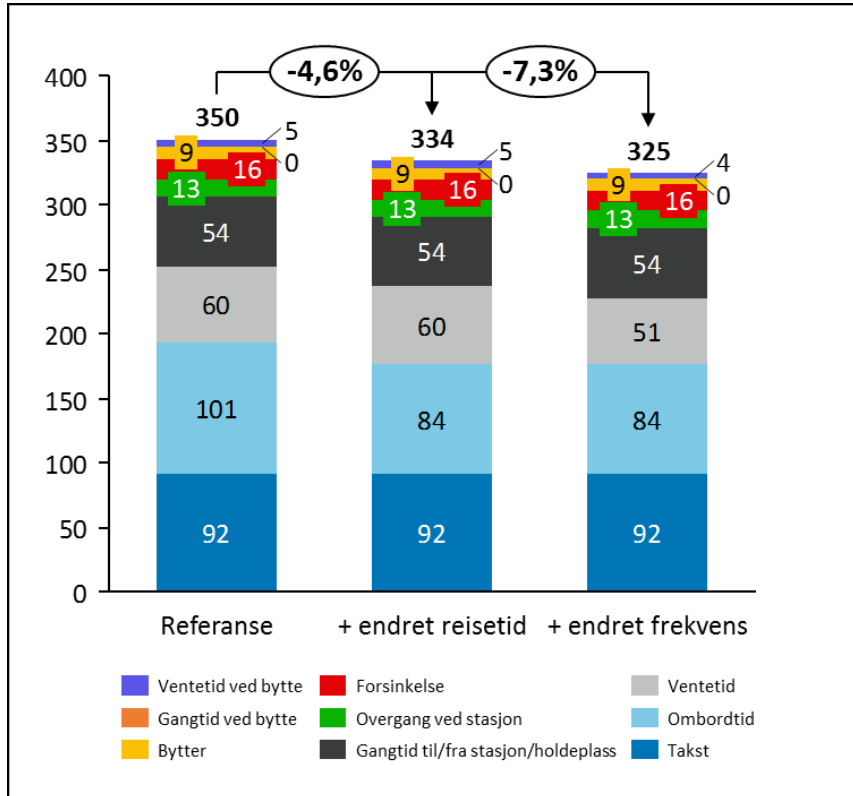
Tog	Tognummer	Minutter mellom avgangene	
		Rushtrafikkperioden	Lavtrafikkperioden
Oslo S - Halden	113	30	60
Halden - Oslo S	123	30	60
Lysaker - Moss	039	30	30
Moss - Lysaker	023	30	30
Oslo S - Moss	032	60	-
Moss - Oslo S	042	60	-
Oslo S - Sarpsborg	045	-	60
Snitt antall avganger per time Oslo-Moss		5	3
Snitt antall avganger per time Moss-Oslo		5	4

Når det gjelder reisetiden så reduseres den for reiser fra Moss til Oslo S med 8 minutter mellom Moss til Oslo S, 9 minutter til Nationaltheatret og 8,5 minutt til Skøyen.

Det forutsettes ingen endringer for bil eller buss, eller for tilbringertransporten som følge av Follobanen.

Innvirkning på den generaliserte kostnaden

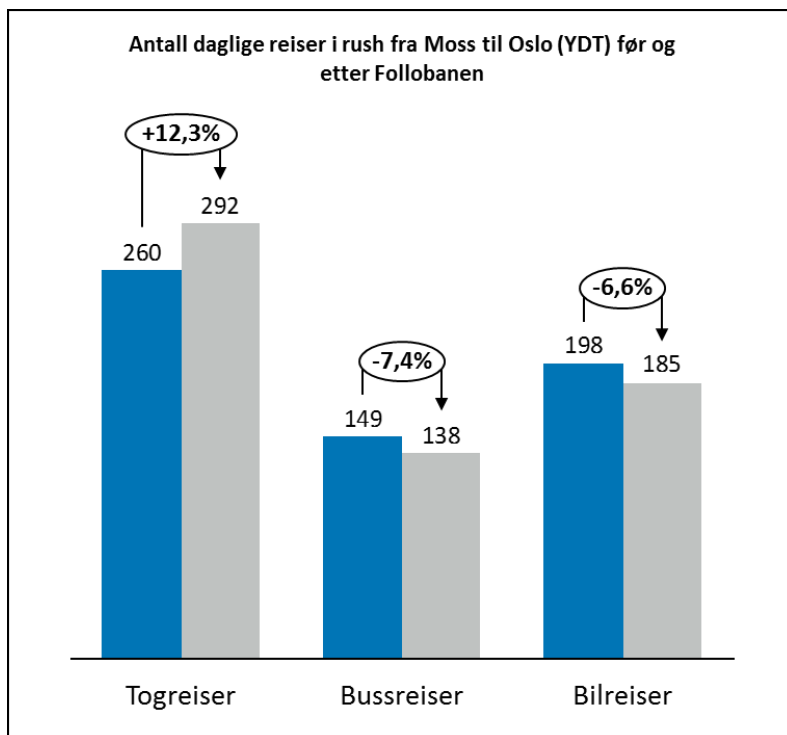
Innføringen av Follobanen fører til redusert reisetid og redusert ventetid basert på endringene gjennomgått ovenfor. Figur 5.1 viser endringene stegvis, hvor reisetiden fører til en reduksjon i GK på 4,6 prosent. Endret frekvens reduserer den med ytterligere 2,7 prosent. Totalt reduseres GK med 7,3 prosent, som tilsvarer 25 kroner.



Figur 5.1: Endring i gjennomsnittlig GK for reiser fra Moss til Oslo som følge av Follobanen. GK til venstre er for referansesituasjonen. I midten er endringen i reisetid inkludert og til høyre er også endringen i ventetid inkludert. Dette er også ny GK med Follobanen. Kilde: Jernbanemodellen.

Figur 5.2 viser hvordan endringene i GK for toget slår ut i endring i antall daglige reiser (YDT) i rush fra Moss til Oslo. Etterspørselsendringen for tog er 32 reiser eller 12,3 prosent.

Reduksjonen i bussreiser er 7,4 prosent og antall bilreiser går ned med 6,6 prosent. Av etterspørselsendringen i togreiser er 25 prosent nyskapede reiser, 40 prosent overføres fra bil og 35 overføres fra buss.

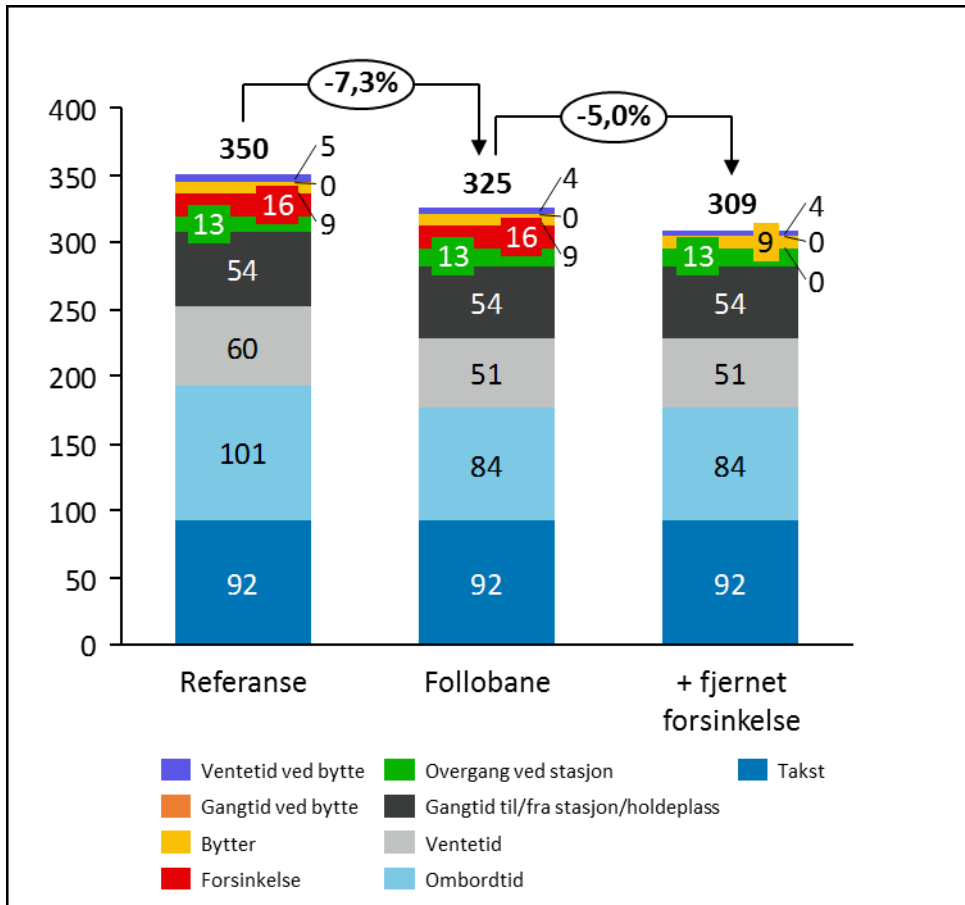


Figur 5.2: Figuren viser etterspørselsendringen i rush (YDT) for tog, buss og bil som følge av forbedringene i togtilbudet med Follobanen (grå søyler) sammenlignet med referansen (blå søyler). Kilde: Jernbanemodellen.

Forsinkelsen kan reduseres som følge av Follobanen

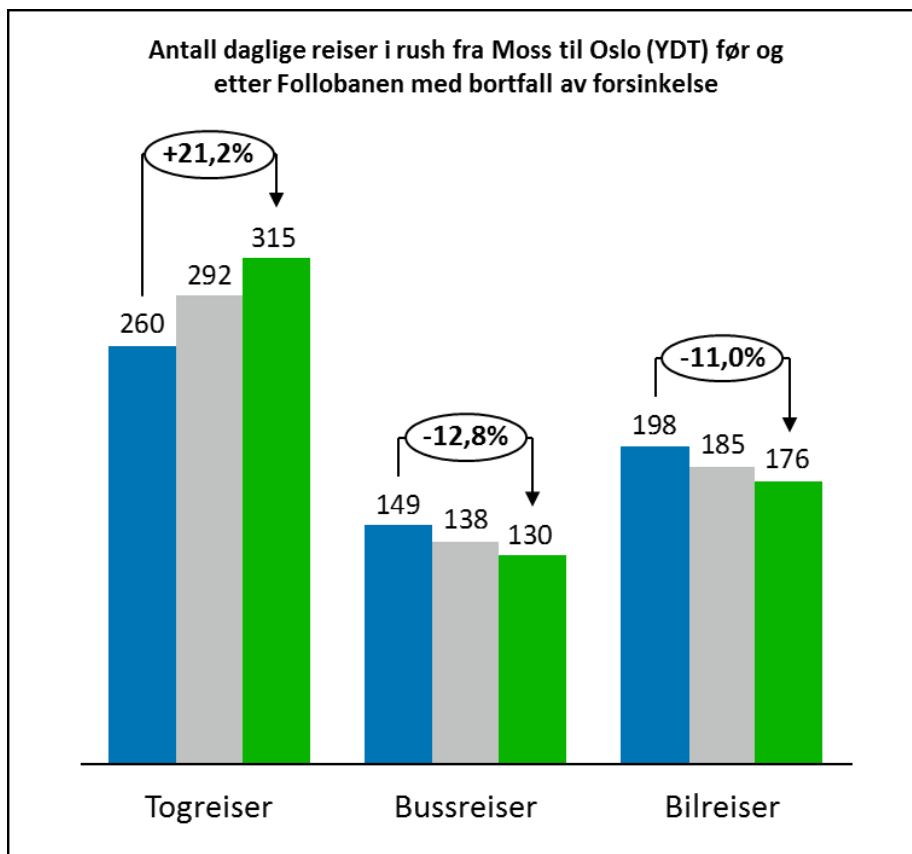
Når de knutepunktstoppende togene fra Moss flyttes fra dagens Østfoldbane mellom Ski og Oslo til Follobanen slipper de å trafikkere samme strekning som lokaltogene som betjener alle stasjoner mellom Ski og Oslo. Sammenblanding av trafikk som stopper hyppig og trafikk som kun betjener et mindre antall større stasjoner øker sjansen for forsinkelser siden hastigheten i stor grad styres av toget som stopper ofte. En kan dermed forvente at forsinkelsene på togene fra Moss går ned som følge av Follobanen. I hvor stor grad forsinkelsene påvirkes av dette tiltaket er usikkert, men for å illustrere effekten for trafikantene antar vi at forsinkelsen bortfaller helt i dette eksempelet.

Figur 5.3 viser at når forsinkelsen fjernes reduseres GK til 309 kr, som er en reduksjon på 12 prosent fra referansesituasjonen og 5 prosent fra tiltaket med Follobanen. Dette fører til en etterspørselseffekt på totalt 21 prosent flere togreiser sammenlignet med referansesituasjonen, og 8 prosent sammenlignet med Follobanetiltaket inkludert forsinkelse.



Figur 5.3: Endring i gjennomsnittlig GK for reiser fra Moss til Oslo som følge av Follobanen og fjernet forsinkelse. GK til venstre er for referansesituasjonen. I midten er endring i reisetid og frekvens som følge av Follobanen. Til høyre vises GK for Follobanen inkludert fjernet forsinkelse. Kilde: Jernbanemodellen

Figur 5.4 viser etterspørseffekten av Follobanen med (grønn søyle) og uten (grå søyle) fjernet forsinkelse sammenlignet med referansen (blå søyle). Sammenlignet med referansen øker etterspørselen etter togreiser med 55 daglige reiser (YDT) eller 21 prosent fra Moss til sentrale Oslo. Sammenlignet med Follobanen med forsinkelse øker etterspørselen med 8 prosent. Antall daglige bilreiser reduseres med 11 prosent sammenlignet med referansen og bussreiser er redusert med 13 prosent. Overføringsandelen forblir uendret, og tiltaket tar fortsatt størst andel reiser fra biltrafikken.

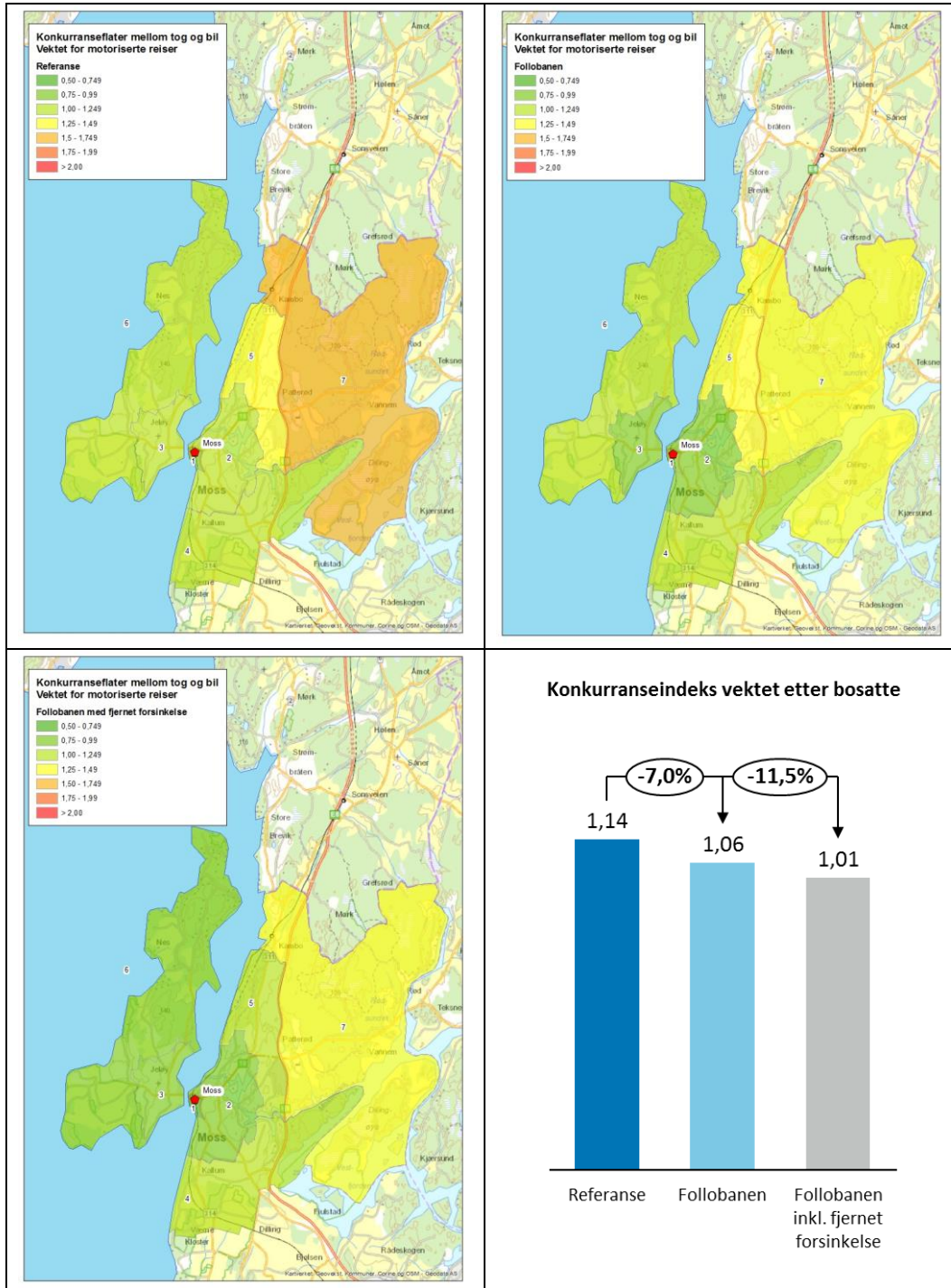


Figur 5.4: Figuren viser etterspørselsendringen i rush (YDT) for tog, buss og bil som følge av forbedringene i togtilbudet med Follobanen (grå søyler) og når forsinkelseeffekten er inkludert (grønne søyler) sammenlignet med referansen (blå søyler). Kilde: Jernbanemodellen

Follobanen styrker konkurransekraften til toget

Endringene i togtilbudet som følge av Follobanen fører til at konkurranseforholdet mellom tog og bil endres i togets favør. Dette er forutsatt at det ikke skjer endringer som påvirker GK for bil. Figur 5.5 viser den gjennomsnittlige konkurranseindeksen for de ulike scenariene. Dersom vi sammenlignet de to øverste kartene, med referansen til venstre og Follobanen til høyre, så er det flere av sonene som får en forbedring i konkurranseflatene. Noen av sonene endrer farge og dermed kategori, og andre endrer seg innenfor samme kategori, men alle får en forbedring. Grafen nederst til høyre i figuren viser at konkurranseindeksen vektet for de bosatte reduseres med 7 prosent fra 1,14 til 1,06.

Når forsinkelsene fjernes reduseres den gjennomsnittlige konkurranseindeksen ytterligere med 4,5 prosentpoeng, til totalt 11,5 prosent reduksjon sammenlignet med referansen. Dette fører til at sone 5 og 6 skifter kategori sammenlignet med Follobanetiltaket (nederst til høyre i Figur 5.5).



Figur 5.5: Konkurransindeks (KI) mellom tog og bil for reiser fra Moss til Oslo i rush. Kartet øverst til venstre viser referansesituasjonen, kartet øverst til høyre viser KI etter innføringen av Follobanen og kartet nederst til venstre viser Follobanen inkludert fjernet forsinkelse. Figuren viser vektet konkurransindeks etter bosatte i Moss, og endringen mellom scenariene. Kilde: Jernbanemodellen.

Tiltakene fører til at en større andel av befolkningen bor i områder der toget konkurrerer godt med bilen. Tabell 5.2 gir en oversikt over antall og andel av de bosatte som bor innenfor ulike intervaller av KI for tog mot bil. Når togtilbudet endres som følge av Follobanen så øker andelen bosatte med KI i intervallet 0,75-0,99 fra 2 prosent til 51 prosent. Follobanen fører dermed til at litt over halvparten bor i et område som utkonkurrerer bilen for reiser fra Moss

til Oslo i rush. Når forsinkelsen fjernes øker andelen i denne kategorien videre til 59 prosent, samtidig som de som bor aller nærmest stasjonen nå er flyttet til kategorien 0,50-0,749. Det betyr at over 60 prosent av befolkningen har tilgang til et togtilbud som utkonkurrer bilen på reiser til sentrale deler av Oslo. 36 prosent bor i områder der toget konkurrer godt med bilen.

Tabell 5.2: Bosatte (antall personer og andel) etter konkurranseindeks for reiser fra Moss til soner i Oslo i referansen, tiltak med Follobanen og Follobanen inkludert fjernet forsinkelse. Vektet etter motoriserte reiser (tog og bil). Kilde: Jernbanemodellen.

	Referanse		Follobane		Follobane inkl. fjernet forsinkelse	
	Antall bosatte	Andel bosatt	Antall bosatte	Andel bosatt	Antall bosatte	Andel bosatt
0.5-0.749	0	0 %	0	0 %	611	2 %
0.75-0.99	611	2 %	19 725	51 %	22 949	59 %
1.00-1.249	30 049	77 %	10 935	28 %	14 143	36 %
1.25-1.49	8 116	21 %	8 116	21 %	1 073	3 %
1.50-1.749	0	0 %	0	0 %	0	0 %
1.75-1.99	0	0 %	0	0 %	0	0 %
>= 2	0	0 %	0	0 %	0	0 %
Sum	38 776	100 %	38 776	100 %	38 776	100 %

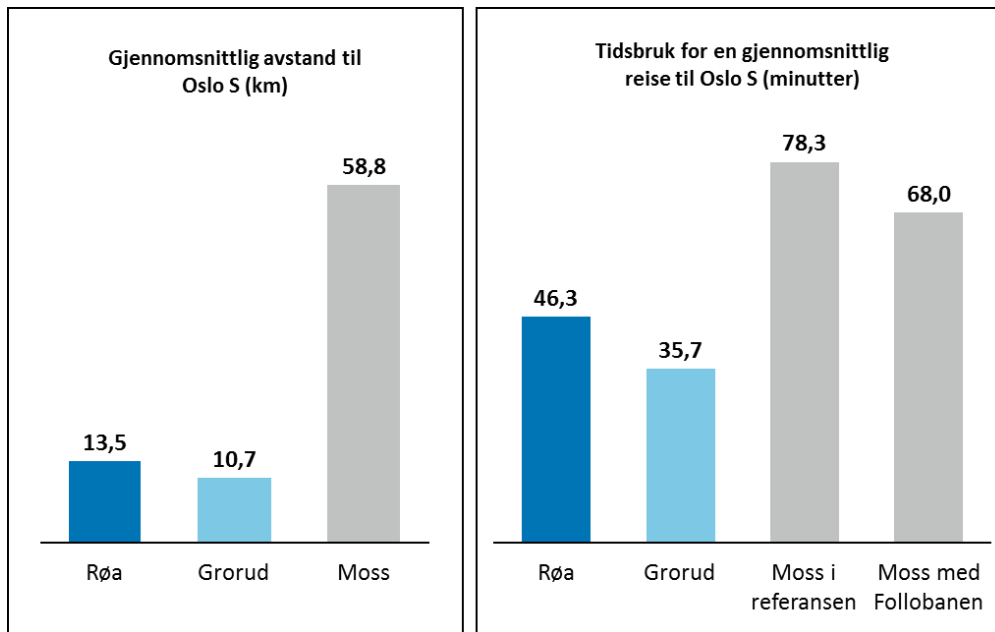
Konkurranseindeksen for de fleste reisene ligger dermed i det området som sannsynliggjør at etterspørselseffekten vil inntreffe jf. funnene til forskeren Piet Bovy omtalt i «Kollektivtransport. Utfordringer, muligheter og løsninger for byområder» (Urbanet Analyse AS, 2017).

Follobanen trekker Moss nærmere Oslo

For å illustrere hvordan Follobanen trekker Moss nærmere Oslo, har vi sett på tidsbruken fra Moss og to alternative boområder i Oslo. Når tilgjengeligheten til Oslo øker så vil dette bidra til å gjøre Moss mer attraktivt som bosted for de som pendler. Områdene vi sammenligner Moss med er Røa og Grorud, og vi ser på tidsbruken for reiser til Oslo S. Den totale tidsbruken som benyttes her er ventetid, gangtid og ombordtid. Forsinkelse og omstigningsulempa holdes utenfor i denne illustrasjonen.

Figur 5.6 viser at avstanden fra Moss til Oslo S er betydelig større enn fra Røa og Grorud. Avstanden fra Moss er 45,3 km lenger enn fra Røa og 51,1 km lenger enn fra Grorud. Likevel så viser grafen til venstre at forskjellen i tidsbruken ikke er like dramatisk. I referansesituasjonen er en reise fra Moss 32 minutter lenger enn fra Røa (70 prosent) og 43 minutter lenger enn fra Grorud (119 prosent). Den høye gjennomsnittshastigheten til toget bidrar til å redusere «avstanden» målt i tidsbruk.

Når Follobanen kommer på plass og togtilbudet endres, reduseres tidsbruken fra Moss til Oslo S med 10 minutter eller 13 prosent. Dette trekker Moss nærmere Oslo, og forskjellen i tidsbruken fra Moss til Oslo S sammenlignet med Røa og Grorud reduseres til henholdsvis 22 minutter og 33 minutter. Dette gjør at reisetiden nå er 47 prosent lenger enn fra Røa og 90 prosent lenger enn fra Grorud.



Figur 5.6: Figuren til venstre: Gjennomsnittlig total reiseavstand (km) fra Røa, Grorud og Moss til Oslo S. Figuren til høyre viser den gjennomsnittlige tidsbruken fra de samme områdene og Moss før og etter Follobanen. Tidsbruken består av tid ombord, ventetid og gangtid. Kilde: Jernbanemodellen.

5.1 Utvikling av kollektivknutepunktet Moss stasjon

I forrige delkapittel så vi på effektene av endringene av togtilbudet som følge av at Follobanen åpnes. Endringen fører til at togtilbudet blir mer attraktivt og konkurrerer bedre med bilen. Attraktiviteten til toget kan økes ytterligere ved at det bygges opp under Moss stasjon som et knutepunkt. Dette kan bidra til å gjøre Moss til et attraktivt sted å bosette seg for de som arbeider i Oslo.

Hvilke tiltak som forbedrer byttepunktene avhenger av de reisendes preferanser og hvilket formål de har med reisen. I rapporten «Hvordan får til effektive kollektivbyttepunkt – for reisende og operatører» (Krogstad, Christiansen, & Øksenholt, 2016) oppsummeres viktige faktorer for de reisendes tilfredshet med kollektivtilbudet ved et utvalg togstasjoner⁴. Flere av stasjonene har også høy oppgitt bytteandel i prosjektet, hvorav reisende på Lysaker og Lillestrøm har oppgitt at 60 prosent bytter fra et kollektivt transportmiddel til et annet.

Tabell 5.3 gir en oversikt over faktorene som betyr mye for de reisendes tilfredshet ved kollektivtilbudet ved stasjonene. Endringen i togtilbudet som følge av Follobanen bidrar til at flere av de viktige punktene kan sies å bli oppfylt. Antallet avganger øker, reisetiden reduseres og potensialet for reduserte forsinkelser øker.

⁴ Lysaker, Lillestrøm, Hamar, Lagunen, Trondheim S og Kristiansand S.

Tabell 5.3: Faktorer som er viktige for de reisendes tilfredshet. Kilde: Tabell 15 i Krogstad, Christiansen & Øksenholt (2016).

	Veldig viktig	Viktig
Fornøyd med reisen <i>Kollektivtilbudet</i>	Sjelden forsinkelser Raskt å reise kollektivt	Mange avganger Lite trengsel Ikke for mange bytter I liten grad en omvei
Uproblematisk å bytte <i>Byttesituasjonen</i>	Lett å finne frem Lite stress knyttet til byttet	Måtte ikke vente for lenge Kort å gå
Fornøyd med stasjonen <i>Utforming av stasjonen</i>	Beskyttelse mot vær og vind Trygghet Hyggelig miljø	Bra servicetilbud Lett å finne informasjon

For å illustrere en forbedring av knutepunktet Moss stasjon skal vi innføre to tiltak,

- Dobling av frekvensen på busstilbudet i Moss (tilbringer)
- Halvering av kostnaden ved å stige om fra buss til tog ved Moss stasjon

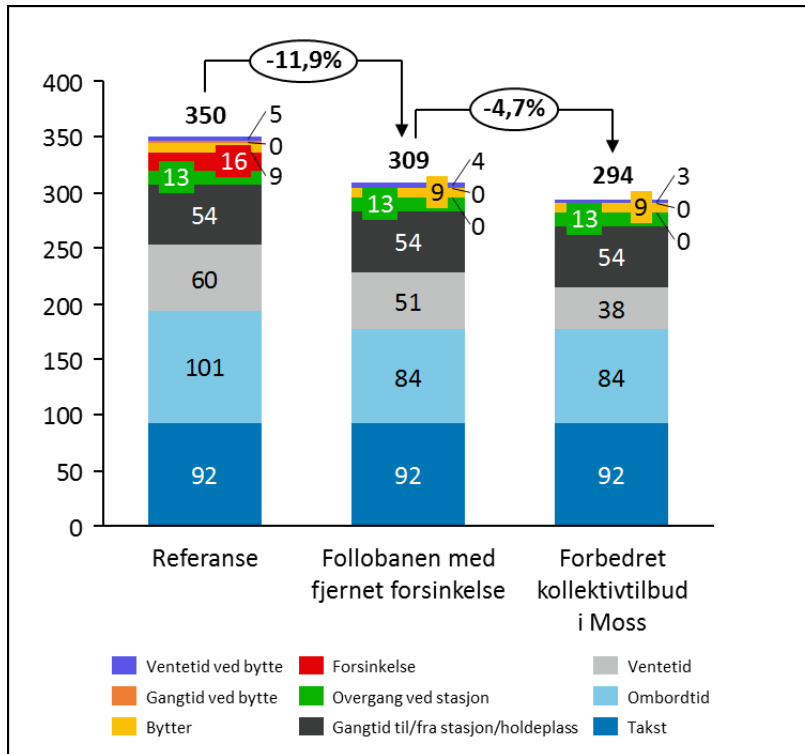
Doblingen av frekvensen i Moss er et tiltak som enkelt kan beregnes i modellen, samtidig som tidsverdiene som er benyttet gjør at vi kan beregne hvordan trafikanten vil reagere på et slikt tiltak. Halveringen av kostnaden ved å stige om fra buss til tog ved Moss stasjon må ses på som en illustrasjon på at ulempen ved å stige om ved et godt utviklet knutepunkt er mindre belastende enn ved et uoversiktlig knutepunkt. Vi har ikke data på hvordan de ulike faktorene i

Tabell 5.3 verdsettes individuelt og hvordan de påvirker trafikantene gjennom GK. Bytteulempen i modellen benyttes derfor som en tilnærming til å beregne et forbedret byttepunkt.

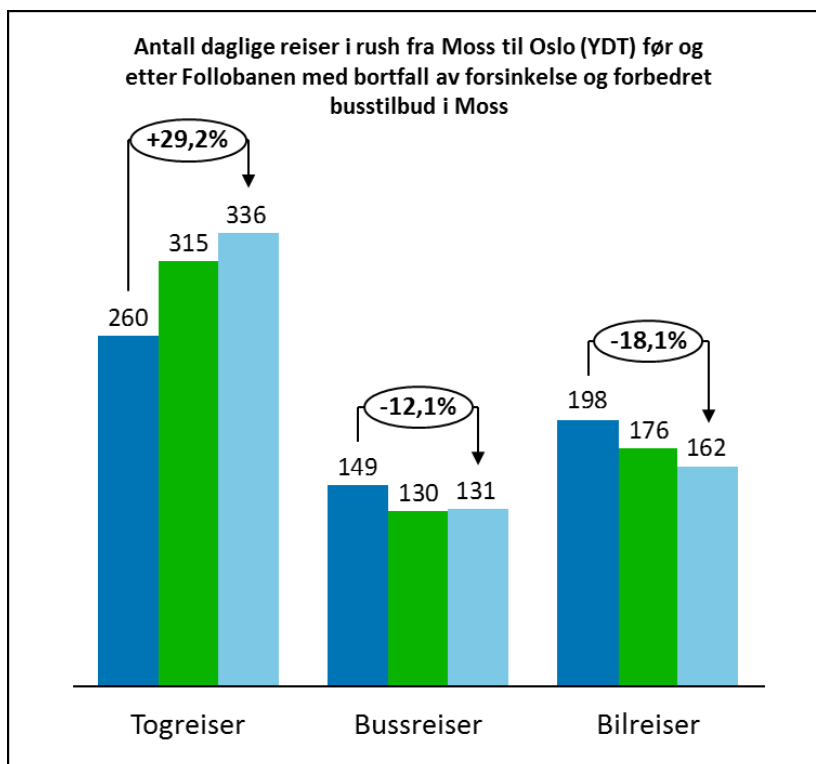
Forbedret kollektivtilbud i Moss

Det forbedrede kollektivtilbudet fører til en ytterligere reduksjon i GK for togreisen som følge av at delen tilbringerreisen utgjør reduseres. Figuren nedenfor viser effekten av det forbedrede busstilbudet på GK og i form av etterspørseffekt. GK for en reise i rushperioden med tog til Oslo reduseres til 294 kroner, noe som er nedgang på 4,7 prosent fra Follobanetiltaket og 16 prosent sammenlignet med referansen. Sammenlignet med referansen fører dette til en økning i antall reiser på 29 prosent.

Forbedringen av busstilbudet kommer ikke bare de som skal videre med tog til gode. De som reiser med kollektiv i Moss vil dra nytte av det forbedrede tilbudet, noe som kan bidra til at flere bruker kollektivt på de lokale reisene. I figuren under ser vi også at antall bussreiser til Oslo øker noe fra Follobanetiltaket. Dette kommer av at de som reiser med buss til ekspressbussen også får et bedre tilbringertilbud.



Figur 5.7: Figuren viser effekten av forbedret busstilbud i Moss sammenlignet med referansen og med Follobanen på den generaliserte kostnaden for en reise fra Moss til Oslo. Kilde: Jernbanemodellen.

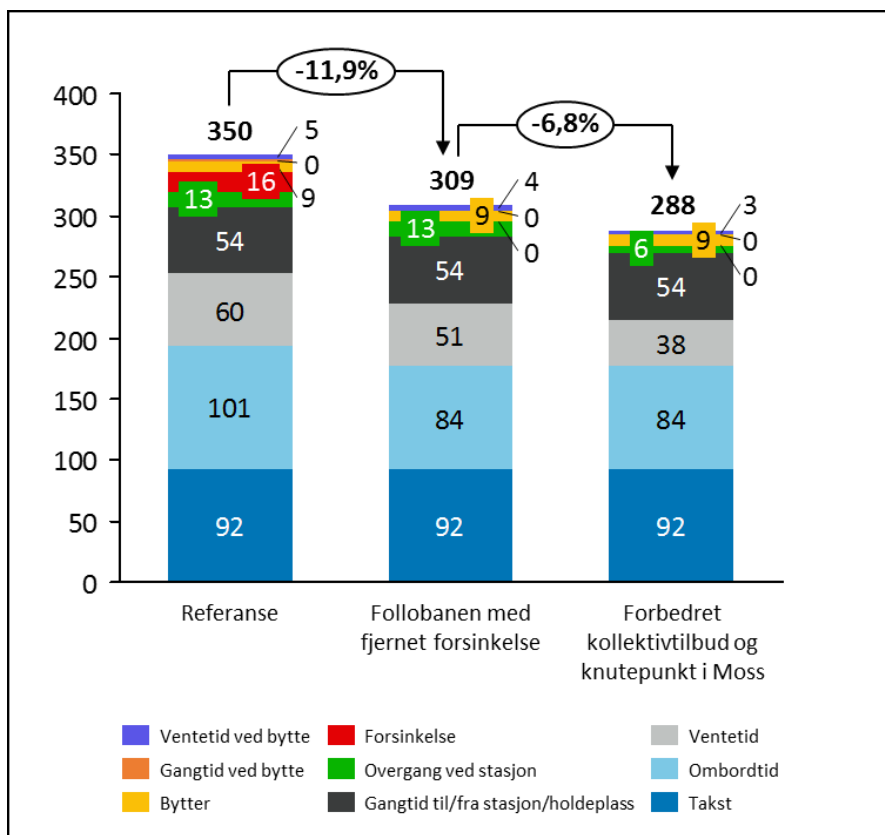


Figur 5.8: Figuren viser etterspørseffekten i rush målt i antall daglige reiser (YDT) som følge av endringene i GK. Blå søyle er referanse, grønn søyle er Follobanen inkl. effekt av fjernet forsinkelse og lyseblå søyle er inkludert effekten av forbedret busstilbud i Moss. Kilde: Jernbanemodellen

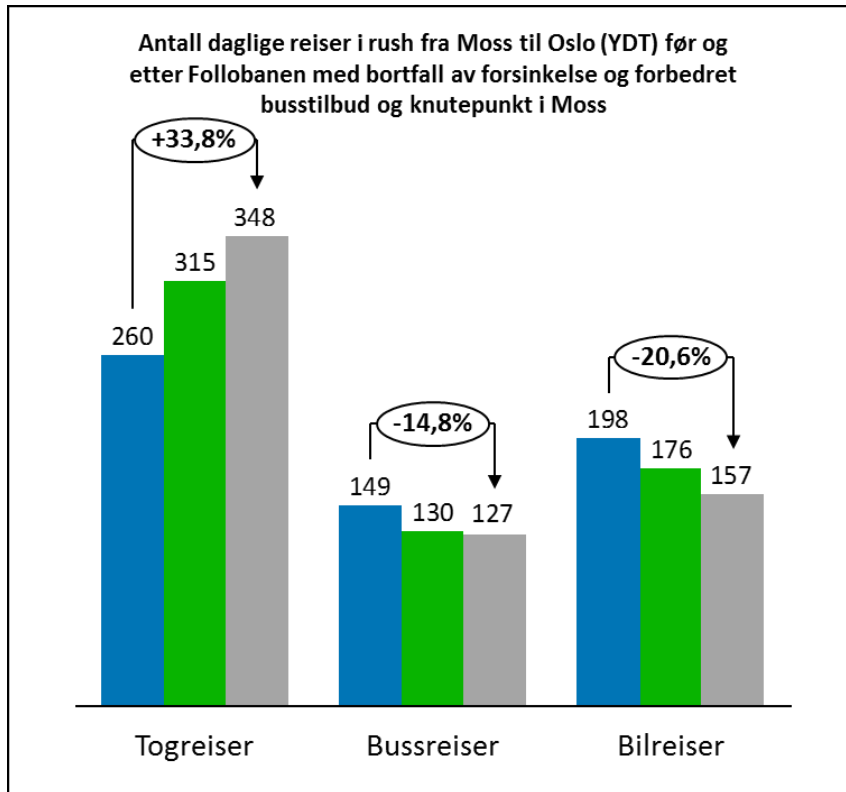
Forbedring av Moss stasjon som knutepunkt

Som beskrevet innledningsvis i kapittelet, er det en del tiltak som forbedrer opplevelsen av å måtte bytte transportmiddel på togstasjoner. For å illustrere en mulig effekt av dette halveres kostanden/ulempen ved å gjennomføre en overgang på stasjonen. Ikke alle som reiser fra Moss opplever en ulempekostnad ved byttet, da dette kun gjelder de som reiser med kollektivt til stasjonen.

Figur 5.9 viser at en halvering av kostnaden knyttet til overgangen ved stasjonene reduserer den gjennomsnittlige GK for togreisen til Oslo til 288 kr fra 309 kr i Follobanetiltaket og 350 kr fra referansen. Dette betyr en nedgang på henholdsvis 7 og 18 prosent. Sammenlignet med referansesituasjonen betyr dette en økning i daglige rushtidsreiser til Oslo på 33 prosent.

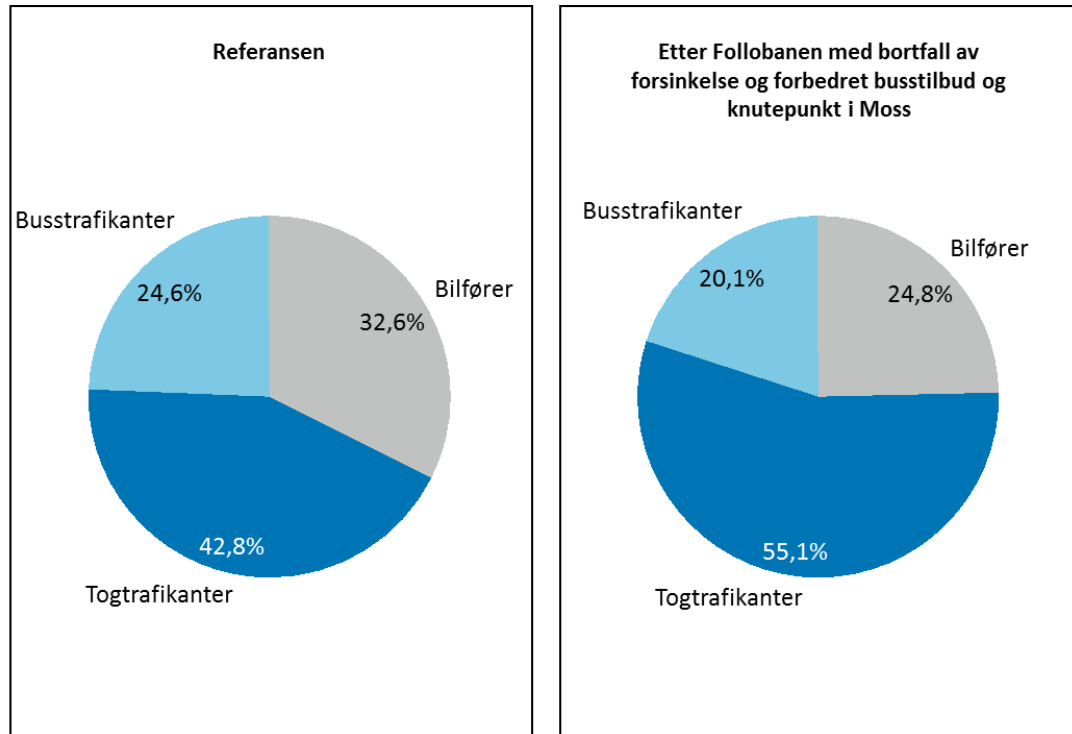


Figur 5.9: Effekten av forbedret busstilbud og knutepunktutvikling i Moss sammenlignet med referansen og med Follobanen. Kilde: Jernbanemodellen.



Figur 5.10: Figuren viser etterspørseffekten i rush målt i antall daglige reiser (YDT) som følge av endringene i GK. Blå søyle er referanse, grønn søyle er Follobanen inkl. effekt av fjernet forsinkelse og lyseblå søyle er inkludert effekten av forbedret busstilbud og halvert ulempe ved omstigning på Moss stasjon. Kilde: Jernbanemodellen

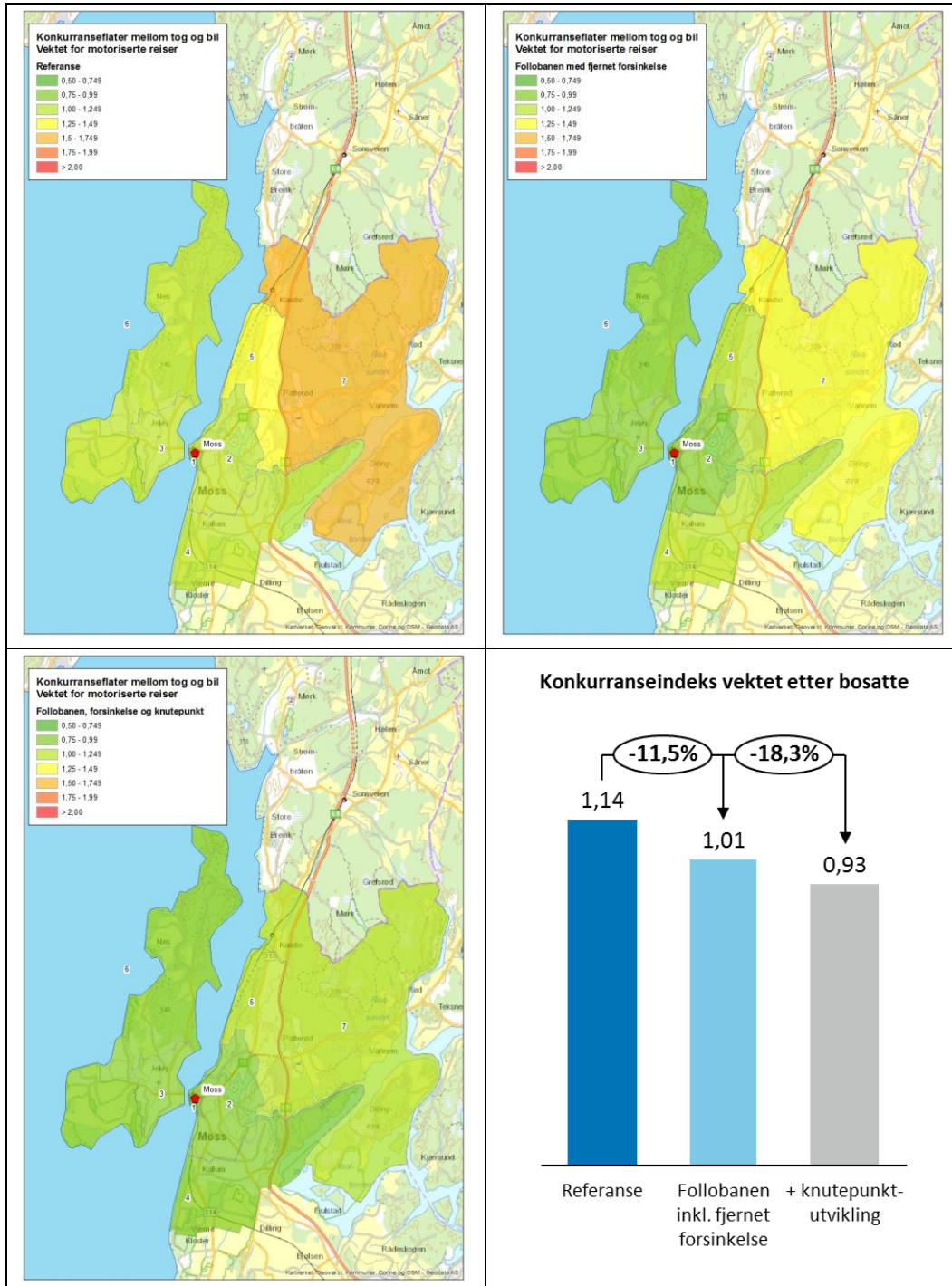
Den totale effekten av alle tiltakene som bygger opp under togtilbudet (Follobane, fjernet forsinkelse og tiltak i Moss) har ført til en stor endring i antall togreiser i rush. Dette påvirker reisemiddelfordelingen og toget har økt sin markedsandel sammenlignet med referansen. Figur 5.11 viser at togets markedsandel i rush har økt med litt over 12 prosentpoeng fra 42,8 til 55,1 prosent. Samtidig har markedsandelen til bilen blitt redusert fra 32,6 til 24,8 prosent, en nedgang på nesten 8 prosentpoeng. Bussen har tapt sin markedsandel med 4,5 prosentpoeng fra 24,6 til 20,1 prosent.



Figur 5.11: Reisemiddelfordelingen i rush for reiser fra Moss til Oslo i referansen og etter at alle tiltak for å styrke toget er implementert. Kilde: Jernbanemodellen.

Utvikling av tilbringertransporten og knutepunktet Moss stasjon styrker toget

Forutsatt at det ikke gjennomføres tiltak som bedrer konkurransekraften til bilen, så vil satsingen i Moss føre til at toget forbedrer sin konkurransekraft på reiser til Oslo. Figur 5.12 viser at styrket busstilbud og forbedret knutepunkt i Moss gjør akkurat dette. Vi ser også at sonene som ligger lengst unna togstasjonen nå endrer farge (intervall), noe som er naturlig når kollektivtilbudet styrkes. Den vektete konkurranseindeksen etter bosatte reduseres ytterligere og har nå en verdi på 0,93, noe som er 18 prosent lavere enn i referansen og 7,9 prosent lavere enn Follobanetiltaket inkl. fjernet forsinkelse. Toget fremstår nå veldig attraktivt, og i sonene nærmest stasjonen utkonkurrerer toget nå bilen (KI under 1).



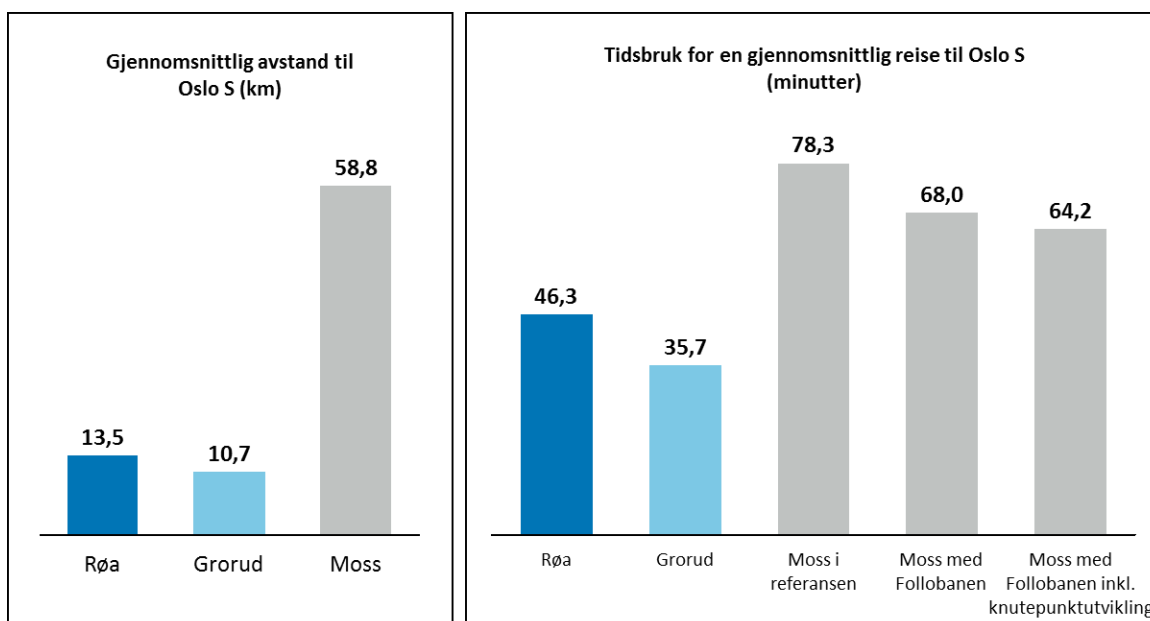
Figur 5.12: Konkurransindeks (KI) mellom tog og bil for reiser fra Moss til Oslo i rush. Kartet øverst til venstre viser referansesituasjonen, kartet øverst til høyre viser KI etter innføringen av Follobanen inkludert fjernet forsinkelse og kartet nederst til venstre viser Follobanen inkludert fjernet forsinkelse, forsterket busstilbud og knutepunktutvikling. Figuren viser vektet konkurranseindeks etter bosatte i Moss, og endringen mellom scenariene. Kilde: Jernbanemodellen.

For de bosatte er effekten av tiltakene i Moss at flere nå bor i soner som konkurrerer likt eller bedre med bilen jf. Tabell 5.4.

Tabell 5.4: Bosatte (antall personer og andel) etter konkurranseindeks for reiser fra Moss til soner i Oslo i referansen, tiltak med Follobanen inkludert fjernet forsinkelse og inkludert effekter av knutepunktutvikling. Vektet etter motoriserte reiser. Kilde: Jernbanemodellen.

	Referanse		Follobane inkl. fjernet forsinkelse		Follobane inkl. fjernet forsinkelse og knutepunktutvikling	
	Antall bosatte	Andel bosatt	Antall bosatte	Andel bosatt	Antall bosatte	Andel bosatt
0.5-0.749	0	0 %	611	2 %	611	2 %
0.75-0.99	611	2 %	22 949	59 %	30 049	77 %
1.00-1.249	30 049	77 %	14 143	36 %	8 116	21 %
1.25-1.49	8 116	21 %	1 073	3 %	0	0 %
1.50-1.749	0	0 %	0	0 %	0	0 %
1.75-1.99	0	0 %	0	0 %	0	0 %
>= 2	0	0 %	0	0 %	0	0 %
Sum	38 776	100 %	38 776	100 %	38 776	100 %

Tiltakene reduserer også den totale tidsbruken på reisen til Oslo, noe som bidrar til at Moss kan utvikles til en mer attraktivt bosted for de som jobber i Oslo. Figur 5.13 viser at forskjellen i tidsbruk fra Røa og Grorud nå kun utgjør henholdsvis 18 og 29 minutter.

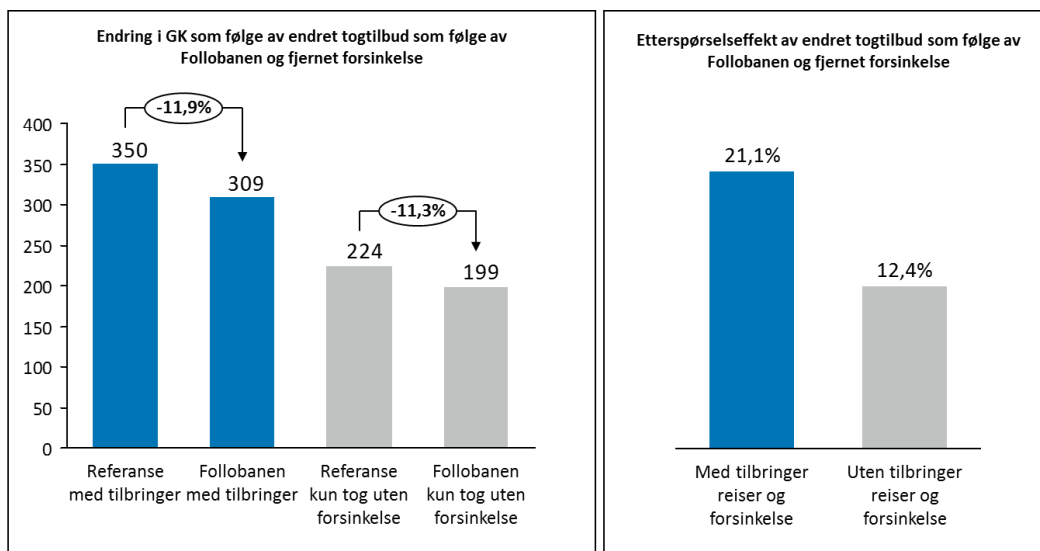


Figur 5.13: Figuren til venstre: Gjennomsnittlig total reiseavstand (km) fra Røa, Grorud og Moss til Oslo S. Figuren til høyre viser den gjennomsnittlige tidsbruken fra de samme områdene og Moss før og etter Follobanen og med utvikling av Moss stasjon som knutepunkt. Tidsbruken består av tid ombord, ventetid og gangtid. Kilde: Jernbanemodellen.

6 Hvorfor det er viktig å få med seg hele reisen

Hvis reisekjeden er ufullstendig beskrevet og man ikke fanger opp alle elementene som en trafikant forholder seg til i løpet av en reise, så kan også effekten av tiltak være ufullstendig beregnet og i verste fall feil. Konsekvensen av dette kan være at den forventede effekten av et tiltak er over- eller undervurdert, og at man i en nyttekostnadsanalyse ikke får et riktig estimat på den endrede nytten av tiltaket.

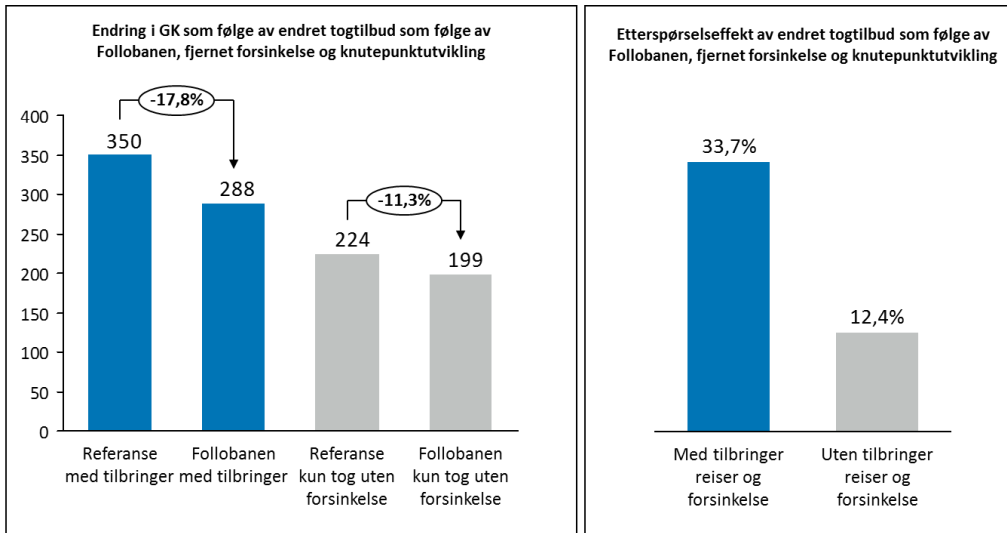
Det første eksemplet på dette er dersom vi sammenligner effekten av Follobanen med og uten tilbringerreiser og forsinkelse som del av GK for en togreise. Figur 6.1 viser at dersom alle elementene fanges opp slik at vi kan fjerne forsinkelsen som del av tiltaket så endrer dette både nytten av tiltaket og etterspørselseffekten. Den gjennomsnittlige reduksjonen i GK i tilfellet der tilbringerreisen og forsinkelsen er tatt med er på 41 kroner sammenlignet med 25 kroner dersom disse er utelatt. Tilsvarende er det stor forskjell i etterspørselseffekten. Med tilbringer og forsinkelse er effekten 21 prosent, mot 12 prosent uten. Modellen gir 260 daglige reiser (YDT) fra Moss i dette tilfellet, som tilsvarer omtrent 85 500 årlige reiser⁵. Forskjellene i reiser etter tiltaket er 103 500 mot 96 000. Nyttene i tilfellet med tilbringer og forsinkelse er på 3,87 millioner kroner per år, sammenlignet med en årlig nytte på 2,27 millioner kroner uten. Forskjellen i beregnet trafikantnytte vil da være på 1,6 millioner kr per år. Dersom effekten av forsinkelsen ikke inkluderes vil den beregnede nytte være omtrent 40 prosent lavere.



Figur 6.1: Figur til venstre: Endring i GK for togreise fra Moss til Oslo som følge av Follobanen og fjernet forsinkelse. Effekten av forsinkelsen kommer kun med i GK der tilbringer og forsinkelse er tatt med. Figur til høyre: Etterspørselseffekt av det samme tiltaket med og uten fjerning av forsinkelsen. Kilde: Jernbanemodellen.

⁵ Det er benyttet en omregningsfaktor på 0,9 fra YDT til ÅDT. Årlige reiser er dermed beregnet slik: $YDT \cdot 0,9 \cdot 365$

Dersom effekten av knutepunktutvikling i Moss inkluderes, med forbedret busstilbud i Moss og en redusert ulempe ved å bytte fra buss til tog, blir konsekvensen enda mer tydelig. Antall reiser per år etter tiltaket er nå 114 000 reiser sammenlignet med 96 000 uten. Trafikantnytten i tiltaket der knutepunktutvikling er inkludert er på 6,2 millioner per år sammenlignet med referansen. I en beregning av effekten uten tilbringerreiser og forsinkelse, vil ikke fange opp disse effektene, og nytten forblir uendret. Dette fører til at nytten undervurderes med 3,9 millioner kr og er 63 prosent lavere.



Figur 6.2: Figur til venstre: Endring i GK for togreise fra Moss til Oslo som følge av Follobanen, fjernet forsinkelse og knutepunktutvikling. Effekten av forsinkelsen og knutepunktutvikling kommer kun med i GK der tilbringer og forsinkelse er tatt med. Figur til høyre: Etterspørselseffekt av det samme tiltaket med og uten fjerning av forsinkelsen. Kilde: Jernbanemodellen.

Disse eksemplene illustrerer hvor viktig det er å inkludere alle relevante elementer i GK. Dersom man utelater elementer som trafikantene faktisk opplever som en del av reisen og designer tiltak for å forbedre disse, så vil den beregnede effekten på etterspørselen og trafikantnytten kunne være undervurdert. En konsekvens av dette kan være at tiltak som har en god samfunnsøkonomisk lønnsomhet ikke velges fordi hele effekten ikke fanges opp i analysen.

7 Videre utvikling av modellen

Jernbanemodellen ble utviklet som en del av STRATMOD-prosjektet i et forsøk på å utvide strukturen i Storsonmodellen til å kunne skille ut ulike kollektive driftsarter og ikke behandle kollektivtransporten samlet. I denne versjonen av Jernbanemodellen har vi dermed tatt utgangspunkt i eksisterende verktøy for uttak av data fra RTM, Jernbaneverket_v2-applikasjonen og aggregeringsapplikasjonen utviklet i STRATMOD-prosjektet. Med utgangspunkt i dataene som kan hentes ut med disse applikasjonene har vi dermed kunne skille ut tog og ekspressbuss i denne utgaven av modellen.

Utfordringen med å benytte data fra to ulike uttak fra RTM er at de ikke nødvendigvis er innbyrdes kompatible. Med dette mener vi at resultatene kan ha ulike oppløsningsnivå, for eksempel ved at et uttak beregner resultater mellom togstasjoner og et annet beregner resultater mellom storsoner. Avviket mellom resultatnivåene gjør at sammenslåing av data blir utfordrende og det er nødvendig med manuell tilpasning hver gang modellen skal benyttes i et nytt analyseområde. Videre setter det også begrensninger for antall storsoner som bør inkluderes i modellen slik at den ikke blir for uoversiktlig å sette opp. I denne modellutgaven kommer denne problemstillingen tydelig frem når det gjelder etableringen av tilbringermatriser jf. kapittel 3.2.1 .

En løsning på denne utfordringen er å etablere en ny uttaksapplikasjon i Cube for Jernbanemodellen. I den forbindelse vil det også være nødvendig å undersøke om det er mulig å hente ut data fra RTM splittet på kollektiv driftsart direkte fra RTM. For å kunne gjøre dette må man kunne identifisere hvilke valgmuligheter trafikantene får beregnet i RTM og forsøke å skille de som reiser med de ulike kollektive transportmidlene. Figur 7.1 viser rutevalg beregnet av RTM mellom to soner (grunnkretser) i RTM. Start- og endepunkt for reisen er det samme, men valget av kollektive transportmidler varierer mellom valgene. RTM tillegger også vektorer til de ulike rutevalgene slik at LOS-dataene kan vektas. I dette tilfellet er det første rutevalget en situasjon der en trafikant tar bussen til togstasjonen og toget videre. Neste rutevalg er buss direkte uten omstigninger. Det tredje rutevalget er buss til en trikkeholdeplass og deretter trikk videre til destinasjonen. Det siste rutevalget er buss med et bytte til en buss. Med tanke på at disse dataene ligger i RTM så kan det være mulig å se for seg en applikasjon som benytter dette til å hente ut data fordelt på driftsart. En fordel med dette er at alle data ville komme fra samme kilde, uten behov for manuelle tilpasninger. I prosjektet er det ikke denne tilnærmingen vært vurdert og testet. Det betyr at ikke alle sider er belyst og det kan være begrensninger som gjør at denne metoden ikke fungerer i praksis. En utfordring som har vært avdekket er hvordan Cube beregner samlet frekvens over alle tilgjengelige ruter fra en holdeplass og hvordan reisetiden behandles. En annen utfordring er at en slik tilnærming kan være ressurskrevende da det for store modeller er et stort datagrunnlag.

```

REval Route(s) from Origin 1681 to Destination 2239

N: 1681 Mode WaitA TimeA Actual B/XPen Percvd Dist Total Lines(weight)
->134360 100 - 5.18 5.18 - 9.32 0.43 0.43
->118201 2 2.71 7.00 14.89 10.00 30.38 2.75 3.18 112023781(0.385) 112024011(0.513) 112024352(0.103)
->100106 101 - 0.12 15.01 - 30.60 0.01 3.19
->100005 5 3.53 10.00 28.54 10.00 55.89 17.25 20.44 514002133(0.059) 514044023(0.235) 514045023(0.118) 514046042(0.118) 517055025(0.118) 517055028(0.118) 517055029(0.118) 517055035(0.118)
-> 2239 100 - 17.33 45.87 - 87.09 1.44 21.88
Mode TimeA Dist IWaitA XWaitA
 2 7.00 2.75 2.71 0.00
 5 10.00 17.25 0.00 3.53
100 22.51 1.87
101 0.12 0.01
Probability=0.8797

N: 1681 Mode WaitA TimeA Actual B/XPen Percvd Dist Total Lines(weight)
->134360 100 - 5.18 5.18 - 9.32 0.43 0.43
->139656 2 2.71 16.00 23.89 10.00 39.38 22.73 23.16 112024311(1.000)
-> 2239 100 - 18.32 42.21 - 72.36 1.53 24.69
Mode TimeA Dist IWaitA XWaitA
 2 16.00 22.73 2.71 0.00
100 23.50 1.96
Probability=0.0749

N: 1681 Mode WaitA TimeA Actual B/XPen Percvd Dist Total Lines(weight)
->134360 100 - 5.18 5.18 - 9.32 0.43 0.43
->139656 2 2.71 16.00 23.89 10.00 39.38 22.73 23.16 112024311(1.000)
->139719 101 - 6.31 30.20 - 50.74 0.53 23.69
->144008 4 0.94 3.00 34.14 10.00 65.16 0.83 24.52 113000111(0.247) 113000121(0.247) 113000123(0.247) 113000131(0.137) 113000133(0.123)
-> 2239 100 - 4.16 38.30 - 72.64 0.35 24.87
Mode TimeA Dist IWaitA XWaitA
 2 16.00 22.73 2.71 0.00
 4 3.00 0.83 0.00 0.94
100 9.34 0.78
101 6.31 0.53
Probability=0.0347

N: 1681 Mode WaitA TimeA Actual B/XPen Percvd Dist Total Lines(weight)
->134360 100 - 5.18 5.18 - 9.32 0.43 0.43
->139656 2 2.71 16.00 23.89 10.00 39.38 22.73 23.16 112024311(1.000)
->139719 101 - 6.31 30.20 - 50.74 0.53 23.69
->143198 2 0.94 3.00 34.14 10.00 65.16 0.67 24.36 113000542(1.000)
-> 2239 100 - 4.67 38.81 - 73.56 0.39 24.75
Mode TimeA Dist IWaitA XWaitA
 2 19.00 23.40 2.71 0.94
100 9.85 0.82
101 6.31 0.53
Probability=0.0107

```

Figur 7.1: Eksempel på rutevalg generert i RTM mellom to soner (grunnkretser) i DOM_IC.

Dersom denne tilnærmingen ikke skulle være realiserbar så vil det være formålstjenlig å etablere en applikasjon som tar utgangspunkt i dataene fra applikasjonene som er brukt til denne modellen. Dersom man kan automatisere steget hvor dataene sammenslås så kan man bygge en mer fleksibel modell som kan benyttes i et større antall analyseområder.

Referanser

- Bane Nor. (2017, Juni 18). *Follobanen*. Hentet fra Bane Nor:
<http://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/follobanen/>
- Berg, M. (2017). *Dokumentasjon av STRATMOD-verkøtyet i Cube*. UA-notat 96a/2016. Oslo: Urbanet Analyse.
- Berg, M., Høyem, H., & Haug, T. W. (2017). *Dokumentasjon av storsonemodellen*. UA-notat 96/2016. Oslo: Urbanet Analyse.
- Det Kongelige Samferdselsdepartement. (2017). *Meld. St. 33 (2016-2017). Nasjonal transportplan 2018-2029*. Oslo: Fagbokforlaget.
- Det Kongelige Samferdselsdepartementet. (2013). *Meld. St. 26 (2012-2013) Nasjonal transportplan 2014-2023*. Oslo.
- Ellis, I. O., & Øvrum, A. (2014). *Klimaeffektiv kollektivsatsing. Trafikantenes verdsetting av tid i fem byområder*. UA-rapport 46/2014. Oslo: Urbanet Analyse.
- Ellis, I. O., & Øvrum, A. (2015). *Parkering som virkemiddel. Trafikantenes vektlegging av ulike parkeringsrestriksjoner*. UA-rapport 64/2015. Oslo: Urbanet Analyse.
- Ellis, I. O., Ruud, A., & Norheim, B. (2010). *PROSAM rapport 187. Bedre kollektivtransport. Trafikantenes verdsetting av ulike egenskaper ved tilbudet i Oslo og Akershus*. Oslo: PROSAM.
- Flügel, S., & Hulleberg, N. (2016). *Trenklin 2 - Gjennomgang av modellen og drøfting av anvendelsesområde*. TØI rapport 1534/2016. Oslo: Transportøkonomisk Institutt.
- Halse, A. H., Østli, V., & Killi, M. (2015). *Å måle det upresise: Årsaker til og konsekvenser av togforsinkelser*. TØI-rapport 1459/2015. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Haug, T. W., & Ruud, A. (2011). *Grunnlag for langsiktige prioriteringer Oslopakke 3*. UA-notat 42/2011. Oslo: Oslopakke 3-sekretariatet.
- Jernbaneverket. (2015). *Metodehåndbok. Samfunnsøkonomiske analyser for jernbanen 2015*. Oslo: Jernbaneverket.
- Jernbaneverket. (2016). *Follobanen. Størst. Urban. Utfordrende. Raskere*. Oslo: Jernbaneverket.

- Krogstad, J. R., Christiansen, P., & Øksenholt, K. V. (2016). *Hvordan få til effektive kollektivbyttepunkt - for reisende og operatører? TØI-rapport 1509/2016*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Malmin, O. K., Arnesen, P., & Dahl, E. (2017). *Stratmod: Etablering av datakilder*. Trondheim: SINTEF Teknologi og samfunn. Transportforskning.
- Norheim, B., Kjørstad, K. N., Betanzo, M., Berg, M., & Ellis, I. O. (2015). *Effekter av målrettede tiltak. Klimaeffektiv kollektivsatsing. UA-rapport 72/2015*. Oslo: Urbanet Analyse.
- Ruter. (2017). *Årsrapport 2016*. Oslo: Ruter.
- Ruud, A., & Norheim, B. (2007). *Kollektivtransport. utfordringer, muligheter og løsninger for byområder*. Oslo: Statens vegvesen.
- Statistisk Sentralbyrå. (2017, Juli 13). Tabell 03321: Sysselsatte per 4. kvartal. Pendlingsstrømmer etter arbeidsstedskommune, bosatte, tid og statistikkvariabel. Oslo, Norge.
- Trafikverket. (2016). *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden for transportsektorn: ASEK 6.0. Kapitel 7 Värdering av kortare restid och transporttid*. Trafikverket.
- Urbanet Analyse AS. (2017). *Kollektivtransport. utfordringer, muligheter og løsninger for byområder*. Oslo: Statens vegvesen og K2 - nasjonellt kunskapscentrum för kollektivtrafik.
- Vegdirektoratet. (2014). *Håndbok V712 Konsekvensanalyser. Revidert utgave august 2015*. Statens vegvesen.
- Østli, V., Halse, A. H., & Killi, M. (2015). *Verdsetting av tid, pålitelighet og komfort tilpasset NTM6. Rapport 1389/2015*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

Vedlegg 1: Kort om struktur i Storsonemodellen

V.1 Dataflyt og modellstruktur

Storsonemodellen er en regnearkmodell som brukes til overordnede analyser av persontransport i en by eller et annet definert geografisk område. Modellen tar utgangspunkt i resultater fra en transportmodell (SAMPERS/RTM/RTM23+), og benytter resultatene fra denne modellen til etablere reiseaktivitet og transporttilbud i en referansesituasjon med flere elementer.

Hovedpunktene til storsonemodellen kan kort oppsummeres på følgende måte:

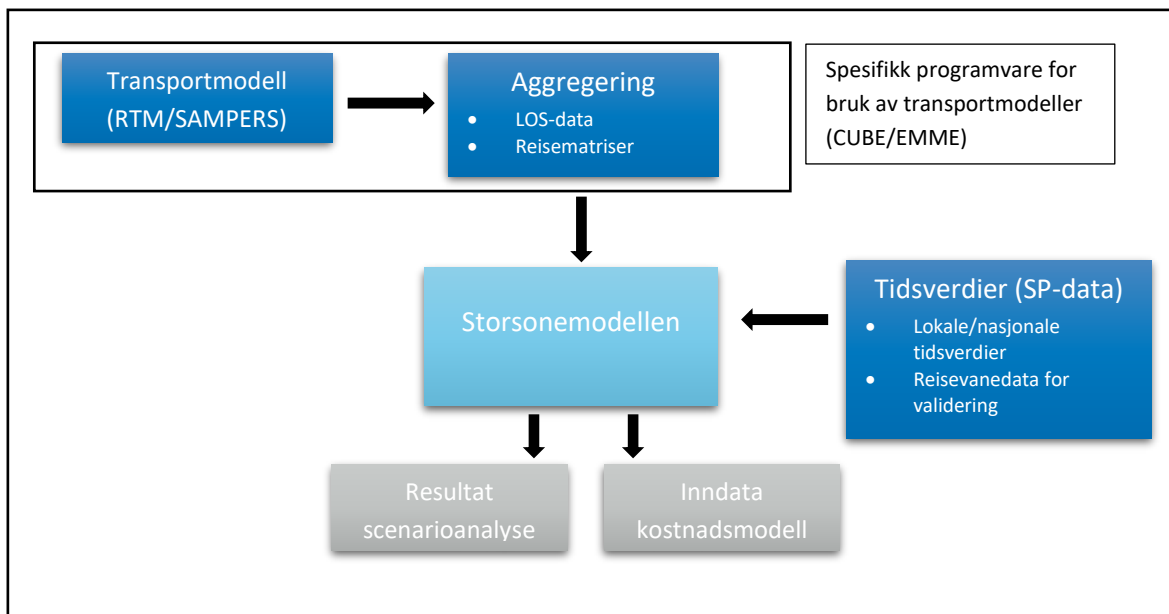
- Modellen kan aggregere modeller med mange soner til brukerdefinerte «storsoner». Dette gjør modellen mer håndterlig og oversiktlig
- Modellen kan «utvide» den generaliserte kostnaden (GK) til trafikantene med elementer som det ikke tas hensyn til i transportmodellene. Dette er for eksempel elementer som trengsel og forsinkelse.
- Modellen beregner etterspørselseffekter uten å kjøre transportmodellen på ny. Dette kan være særdeles tidsbesparende dersom en beregner effekter på overordnet nivå
 - Beregne effekter av endringer i kollektivtilbudet som prosentvise endringer
 - Beregne effekten av to ulike tilbud fra transportmodellen med utvidet GK

Dette kapitlet vil være en generell gjennomgang av storsonemodellen, og ikke en spesifikk gjennomgang av eventuelle tilpasninger som gjort i prosjektene modellen er benyttet i. Det betyr at eksemplene vil være generelle og kun ment som illustrasjoner av funksjonalitet og ikke nødvendigvis sammenfalle med analysene som presenteres for øvrig i notatet.

V.1.1 Dataflyt

Figur V 1 nedenfor viser modellstrukturen for en analyse med storsonemodellen.

- **De mørkeblå boksene** illustrer inndata som benyttes i regnearkmodellen (rød boks).
- **De grå boksene** representerer resultat og utdata som kan benyttes som inndata i andre modeller, f.eks. kostnadsmodellen.
- **De sorte pilene** representere dataflyten mellom de ulike modulene.



Figur V 1: Oversikt over modellhierarkiet og dataflyt.

V.1.2 Modulene som benytter spesialisert programvare

De føreste stegene i modellanalysen foregår i de respektive programvarene som er nødvendige for å benytte transportmodellene.

- Den svenske modellen SAMPERS benytter programvaren EMME som produseres av INRO.⁶
- Den norske modellen RTM benytter programvaren CUBE som produseres av Citilabs.⁷
- Den norske modellen RTM 23+ benytter programvaren EMME som produseres av INRO.⁸

Transportmodell

Utgangspunktet for analysen er resultater fra en transportmodell, enten det er RTM i Norge eller Sampers i Sverige. I transportmodellene gjøres det beregninger basert på et valgt transporttilbud og beregningsår, enten det er en trendsituasjon, tiltakssituasjon eller begge deler.

Selv om storsonemodellen tar utgangspunkt i transportmodellberegninger så er ikke dette en forutsetning for å benytte storsonemodellen. Dersom det er mulig å fremskaffe de samme resultatene som benyttes fra transportmodellen, så kan disse legges inn i modellen og legges det grunn.

For en nærmere beskrivelse av modellsystemene RTM og Sampers vises det til tilgjengelig dokumentasjon.

⁶ <http://www.inrosoft.com/en/products/emme/>

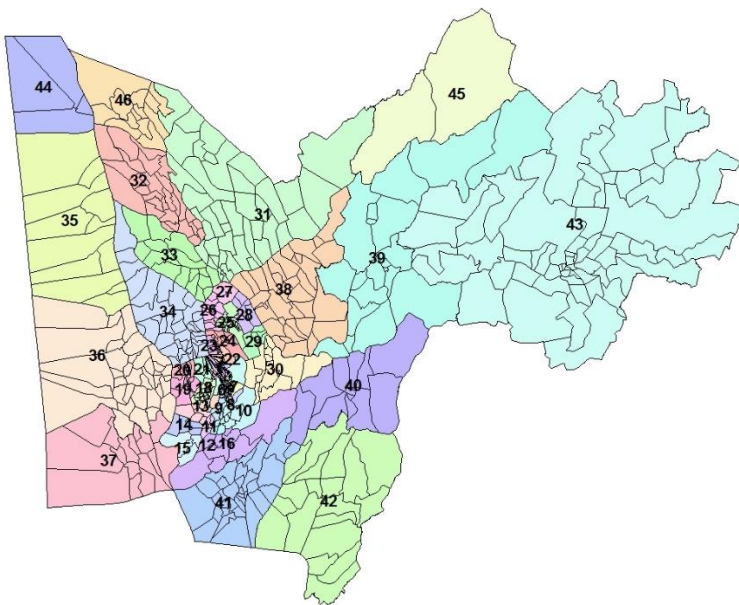
⁷ <http://www.citilabs.com/>

⁸ <http://www.inrosoft.com/en/products/emme/>

Aggregering av data

Modellområdene i SAMPERS og RTM baserer seg på grunnkretser⁹, som er et relativt lite geografisk område. Disse geografiske områdene omtales ofte som modellenes soner. Til overordnede analyser er det ofte en fordel å kunne si noe om områder, eller regioner som er større enn grunnkrets nivå, men som likevel er mindre enn hele modellområdet totalt.

Storsonemodellen tar utgangspunkt i sonene fra modellområdet og aggregerer disse til Storsoner. I kartet i Figur V 2 er det definert 46 soner som er fargelagt i ulike farger, og varierer i størrelser fra mindre storsoner nær sentrum til kommuner i de ytterste storsonene. Sonene, som storsonene er bygget opp av, er definert av de sorte grenselinjene.

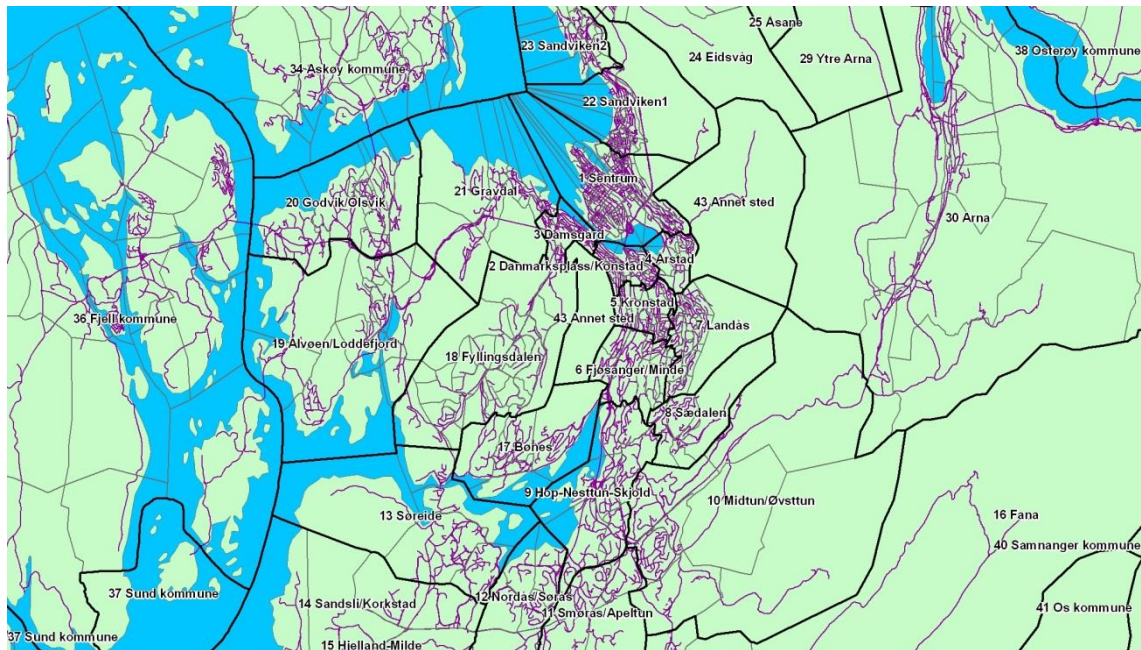


Figur V 2: Storsoneinndeling med utgangspunkt i RTM-DOM Bergen – 46 soner

Størrelsen på sonene kan tilpasses og endres for hvert enkelt prosjekt, og bør lages slik at de fanger opp de vesentlige reisestrømmene, samtidig som antallet soner ikke er høyere enn at

⁹ SAMPERS baserer seg på Sams-soner, som nesten tilsvarer Nyckelkod.

de gir god oversikt over reiseantallet. Regnearkmodellen er begrenset til å håndtere 50 soner, selv om resultatene kan aggregeres til flere storsoner enn dette.



Figur V 3: Soneinndeling i sentrum av Bergen

For reisematriser summeres reisene mellom RTM-sonene opp til storsoner. For LOS-data vil de ulike verdiene bestå av et vektet gjennomsnitt. Disse vektet mot antall reiser for hvert reisemiddel. F.eks. vil gjennomsnittlig avstand for bil vektet mot antall reiser som bilfører, mens avstand for kollektivreiser vektet mot kollektivt.

LOS-data og reisematriser

De ulike scenariene som er kjørt i transportmodellen og aggregert opp til den valgte soneinndelingen produserer et utdatasett som inneholder matriser for LOS-data og matriser for helreiser mellom de aggregerte soneparene.

LOS-data står for «Level of service» og er data som beskriver egenskapene ved tilbudet for en gitt transportform, enten det er for bilfører, kollektivtrafikanter, syklist eller gangturer. Antall egenskaper som er inkludert i beskrivelsen av tilbudene i inndataene til transportmodellen bestemmer hvor mye informasjon vi får fra transportmodellen for de enkelte transportformene. Tabell V 1 gir en oversikt over LOS-elementene som vanligvis hentes fra transportmodellen.

Tabell V 1: Oversikt over LOS-elementer som hentes fra transportmodellen.

Bilfører	Kollektivreisende	Syklist	Gange
Reiseavstand	Reisetid ombord transportmiddelet	Avstand	Avstand
Reisetid utenfor rush	Gangtid til og fra holdeplass	Sykkeltid ¹⁰	Gangtid ¹¹
Reisetid i rush	Gangtid ved bytte		
Bomtakter	Ventetid ved første holdeplass (skjult ventetid)		
Fergetakter	Ventetid ved bytte		
	Antall bytter		
	Takst per reise		

For bilfører hentes reisetiden ut som total reisetid i lavtrafikk og total reisetid i rushtrafikk. Det betyr at køtiden ikke hentes direkte ut fra transportmodellen. I beregningen av køtid antas det at den totale reisetiden i lavtrafikkperioden er tilnærmet friflyt, altså uten begrensninger i vegkapasiteten som skaper kø. Den totale reisetiden i rushperioden beregnes i RTM som kapasitetsavhengig, altså at antall biler på vegen påvirker reisetiden. Køtiden fra transportmodellen beregnes da slik, køtid = totaltid i rushperioden – totaltid i lavtrafikkperioden.

¹⁰ Sykkeltiden er basert på avstandsmatrisen med en statisk hastighet på 15 km/t

¹¹ Gangtiden er basert på avstandsmatrisen med en statisk hastighet på 5 km/t

Urbanet Analyse
EIET AV ASPLAN VIAK

Urbanet Analyse AS
Postboks 337 Sentrum
0101 Oslo

Tlf: [+47] 96 200 700
urbanet@urbanet.no

