

**SINTEF Teknologiledelse**

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: S P Andersens veg 5
Telefon: 73 59 03 00
Telefaks: 73 59 03 30

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Punktlighet og antall reisende - Hvordan punktlighet påvirker antall reisende

FORFATTER(E)

Mads Veiseth, Morten Indbryn, Nils Olsson og Inger Anne F. Sætermo.

OPPDRAGSGIVER(E)

NSB

RAPPORTNR.	GRADERING	OPPDRAGSGIVERS REF.	
	Åpen (etter 11.11.11)	Tony Clay	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG
Åpen		382528	45+25
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)
Punktl_antallreisende_rapport_v3.doc		Mads Veiseth	Lars Harald Vik (Sign.)
ARKIVKODE	DATO	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)	
	2003-11-28	Bjørn Andersen, Forskningsjef	

SAMMENDRAG

Målsetningen med prosjektet "Punktlighet og antall reisende" har vært å stadfeste hvordan og i hvilken grad punktlighet påvirker antall reisende. Det har også vært en målsetting å utvikle en metode der denne sammenhengen kartlegges og analyseres. For å nå denne målsetningen har et omfattende litteraturstudie samt kvantitative analyser blitt gjennomført.

Litteraturstudiet har ikke avdekket tidligere publiserte resultater fra analyser av sammenheng mellom punktlighet og utvikling av antall reisende. De reisendes vurderinger av forsinkelsestid er brukt for å finne hvilke reisende som vurderer forsinkelser som en stor ulempe. I de kvantitative analysene som er utført har en benyttet statistiske metoder og verktøy for å utvikle en metode der sammenhengen mellom punktlighet og antall reisende blir undersøkt. Metoden resulterer i modeller som beskriver antall reisende ved en banestrekning pr uke for hvert tognummer. For å utvikle metoden og modellene har data fra mellomdistanse Dovrebanen for høsten 2002 blitt analysert. For morgenrush samsvarer modellen godt med virkeligheten. For ettermiddagsrush er det antydning til samsvar, mens en ikke finner samsvar for tog mellom rush og for kveldstog. Dette kan bety at punktlighetens påvirkning på antall reisende er størst i morgenrush.

Resultatene fra analysene tyder på at punktlighet påvirker antall reisende. Både resultatene fra analysene og litteraturstudiet indikerer også at det er andre faktorer som påvirker dette tallet. I tillegg støtter begge deler at påvirkningen er størst i rushtrafikken.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Samferdsel	Transport
GRUPPE 2	Elastisitet	Elasticity
EGENVALGTE	Tog	Train
	Punktlighet	Punctuality
	Antall reisende	Number of travellers

INNHALDSFORTEGNELSE

Sammendrag	3
1 Innledning	5
2 Metode	5
2.1 Innledende avklaringer og avgrensninger	5
2.1.1 Valg av tog og strekning for kvantitative analyser	6
2.2 Litteraturstudium	6
2.3 Kvantitative analyser	6
2.4 Kommunikasjon av resultater	7
3 Litteraturstudium	8
3.1 Forsinkelsestid er en større ulempe enn reisetid	8
3.2 Forretningsreisende og pendlere kan betale mest for å unngå forsinkelser	9
3.3 Store forsinkelser er verre pr. minutt enn mindre forsinkelser	10
3.4 Ulempe av faktisk forsinkelse og sannsynlighet for forsinkelse	10
3.5 Forsinkelser skaper variasjon i reisetid	10
3.6 Elastisiteter	10
3.7 Oppsummering av litteraturstudiet	11
4 Utvikling av metode og drøfting av resultater	12
4.1 Morgenrush inn til Oslo	15
4.1.1 Innledende undersøkelser	15
4.1.2 Kryssplott	16
4.1.3 Kryssplott med tidsvridninger	17
4.1.4 Krysskorrelasjons plott	18
4.1.5 Autokorrelasjonsanalyse	20
4.1.6 Modellbygging	21
4.1.7 Tog med over 12 minutters forsinkelse og innstilte tog	27
4.1.8 Konklusjoner for morgenrush	28
4.2 Mellom rush inn til Oslo	29
4.2.1 Innledende undersøkelser	29
4.2.2 Konklusjoner for mellom rush	30
4.3 Ettermiddagsrush fra Oslo	31
4.3.1 Innledende undersøkelser	31
4.3.2 Konklusjoner for ettermiddagsrush	32
4.4 Kveldstog fra Oslo	33
4.4.1 Innledende undersøkelser	33
4.4.2 Konklusjoner for kveldstog	34
4.5 Oppsummering av metode og modeller	35
4.5.1 Sammendrag av modellene for Dovrebanen, høst 2002	36
4.6 Vurdering av modellene som er utviklet	41
4.6.1 Faktorer som kan ha påvirket analysene	41
5 Funn i litteraturen opp mot funn i analysene	42
6 Konklusjoner	43
6.1 Videre arbeid	43
Referanser	44

Sammendrag

Målsetningen med prosjektet ”Punktlighet og antall reisende” har vært å:

1. stadfeste hvordan og i hvilken grad punktlighet påvirker antallet reisende
2. utvikle en metode der sammenhengen kartlegges og analyseres

Gjennom prosjektet har det blitt utviklet en metode for å avdekke sammenhenger mellom punktlighet og antall reisende. Metoden resulterer i en modell som beskriver antall reisende som en funksjon av punktligheten.

Dette blir gjort for å

- forstå hvilken kortsiktig effekt punktlighet har på antall reisende
- kunne benytte dette i prioriteringen av tilgjengelige midler og tiltak
- eventuelt kunne benytte resultatene inn i etterspørselsmodeller

Følgende hovedaktiviteter har blitt gjennomført i løpet av prosjektet:

- Innledende avklaringer og avgrensinger
- Litteraturstudium
- Kvantitative analyser: Innhenting av data, analyse og verifisering
- Kommunikasjon av resultat. Rapportskrivning og presentasjon

Litteraturstudiet har ikke avdekket tidligere publiserte resultat fra analyser av sammenheng mellom punktlighet og utvikling av antall reisende. Vi har derfor valgt å studere hvordan ulempen med forsinkelser blir vurdert av de reisende for å se om man ut i fra dette kan finne antagelser om sammenheng mellom punktlighet og utvikling av antall reisende. Følgende har blitt avdekket:

- Det kan forventes å være en sammenheng mellom punktlighet og utvikling av antall reisende da ulempen med forsinkelser vurderes høyt av de reisende.
- Det er, i tillegg til punktlighet, også er andre faktorer som påvirker antall reisende.
- Det kan forventes en større effekt i rush enn på dagen og kvelden, fordi forretningsreisende og pendlere vurderer ulempen med forsinkelser høyere enn de som reiser på fritiden.
- Basert på resultater for bilister i Stockholm kan også en større følsomhet for forsinkelser forventes i morgenrush enn i ettermiddagsrush.
- Store forsinkelser forventes å gi større effekt i form av reduksjon av antall reisende enn flere småforsinkelser.

I de kvantitative analysene har en benyttet statistiske metoder og verktøy for å utvikle en metode som kartlegger og analyserer sammenhengen mellom punktlighet og antall reisende. Metoden resulterer i modeller som beskriver antall reisende pr tognummer ved en banestrekning pr uke. Metoden består av seks trinn:

1. Datafangst
2. Databearbeiding
3. Analyse av data
4. Modellbygging

5. Grafisk modellsjekk
6. Vurdering, konklusjon og oppsummering

Analysedata til modellene er hentet fra mellomdistanse Dovrebanen for høsten 2002. Metoden som presenteres er derfor en metode som undersøker korttidseffekter av punktligheten. Når det gjelder antall reisende har data fra tellepunkt Hamar (for tog inn mot Oslo) og tellepunkt Oslo S (for tog fra Oslo) blitt benyttet. Som punktlighetsdata har antall minutters forsinkelse til og fra Oslo S blitt benyttet.

I analysene blir regresjonsanalyse benyttet for å lage modellene. Kryssplott og korrelasjonsanalyse i ulike varianter har blitt benyttet for å avdekke hvilke forklaringsvariable som bør være med i modellen. Modellene for antall reisende i en uke består av fem ledd og beskrives av: antall reisende i uken før, punktlighet i uken før, punktlighet to uker før, en konstant samt et restledd.

For morgenrush samsvarer modellen godt med virkeligheten. For ettermiddagsrush er det antydning til samsvar mens en for kveldstog og mellom rush ikke finner samsvar. Dette kan bety at punktlighetens påvirkning på antall reisende er størst i morgenrush, når det gjelder korttidseffekter. Modellene som er laget for tog i morgen- og ettermiddagsrush på Dovrebanen, forteller at ett minutt forsinkelse i gjennomsnitt gir tap av en passasjer, og at i de fleste tilfellene ligger dette tallet mellom 0 og 3 passasjerer for disse togene. Det må presiseres at en muligens vil få bedre modeller dersom en trekker inn flere faktorer i modellen.

Regresjonsmodellenes resultater må tolkes med stor forsiktighet og de kan svikte på to måter. Det ene er at selve modellen ikke treffer (det vil si at modellen ikke samsvarer med virkeligheten). Det andre er at modellen virker dårlige, selv om de ser ut til å treffe bra (det vil si at antageligvis er viktige forklaringsvariabler unnlatt i modellen). Grovt sett kan man si at modellen som er laget gir akseptable resultater for noen tog, men at de bør brukes med en viss forsiktighet. Samtidig har en andre tog der en ser at en må utvide modellen før en kan betraktes den som god nok.

Både litteraturstudiet og resultatene fra analysene tyder på at punktlighet påvirker antall reisende. Men begge indikerer også at det er andre faktorer som påvirker dette tallet. I tillegg støtter begge deler at påvirkningen er størst i rushtrafikken. Basert på litteraturstudiet kunne vi forvente at store forsinkelser skulle gi større effekt i form av reduksjon av antall reisende enn flere små forsinkelser. I våre analyser finner vi ikke en slik sammenheng, men det må presiseres at det er for få store forsinkelser i den analyserte perioden for å kunne trekke konklusjoner rundt dette.

Det å raffinere modellen for å se om effekten kan fanges opp mer korrekt, kan være en måte å arbeide videre med problemstillingen. I tillegg kan det være lønnsomt å undersøke om det å ha flere andre faktorer inn i modellen, øker forklaringsgraden av virkeligheten.

1 Innledning

Styringsgruppen for rammeavtalen mellom NSB og SINTEF Teknologiledelse besluttet 19.5.2003 at det resultatrettede prosjektet høsten 2003 skulle undersøke sammenhengen mellom punktlighet og utviklingen i antall reisende. Denne rapporten oppsummerer funnene i prosjektet ”Punktligheit og antall reisende - hvordan punktlighet påvirker antall reisende” som er utført av SINTEF i samarbeid med og for NSB, høsten 2003.

Gjennom prosjektet har det blitt utviklet en metode for å avdekke sammenhenger mellom punktlighet og antall reisende. Dette resulterer i en modell som beskriver antall reisende som en funksjon av punktligheten.

Dette blir gjort for å

- forstå hvilken kortsiktig effekt punktlighet har på antall reisende
- kunne benytte dette i prioriteringen tilgjengelige midler og tiltak
- eventuelt kunne benytte resultatene inn i etterspørselsmodeller

Leveransen fra prosjektet er en rapport og en presentasjon, som beskriver:

- Forslag til metode for å analysere sammenhengen mellom utviklingen av punktligheten og utviklingen av antall reisende.
- Utført analyse i henhold til foreslått metode og de valg som ble fattet.

2 Metode

I dette kapitlet forklares kort hvilken fremgangsmåte som er benyttet i prosjektet, begrunnelse for hvilke strekninger og tog en har valgt å analysere, samt hvilke statistiske metoder som er benyttet.

Følgende hovedaktiviteter har blitt gjennomført i løpet av prosjektet:

- Innledende avklaringer og avgrensinger
- Litteraturstudium
- Kvantitative analyser: innhenting av data, analyse og verifisering
- Kommunikasjon av resultat. Rapportskrivning og presentasjon

Disse hovedaktivitetene beskrives kort i dette kapitlet før kapittel 3 går inn på litteraturstudiet og kapittel 4 utførelig beskriver de kvantitative analysene.

2.1 Innledende avklaringer og avgrensninger

Prosjektet ble innledet med en avklaring av tilgjengelige data og vurdert arbeidsmengde for ulike presisjonsnivåer og fremgangsmåter. Basert på dette, sammen med prosjektets økonomiske rammer, ble analysemetoder samt omfanget av analysen bestemt.

Det ble besluttet at prosjektet skulle inneholde både en litteraturred og en del med kvantitative analyser. Hensikten med de kvantitative analysene var dels å utvikle og

viser en metode for å analysere punktlighet og antall reisende, dels å gjennomføre en analyse på en gitt strekning.

Det var fra NSB side ønske om medvirkning i prosessen, og det ble derfor laget en referansegruppe bestående av relevant personell fra NSB og forskere fra SINTEF. Det ble gjennomført to workshops/møter i denne gruppen, samt involvering i løpet av prosjektet.

2.1.1 Valg av tog og strekning for kvantitative analyser

Da det er flere faktorer som påvirker antall reisende i tillegg til punktlighet, var det et ønske å velge en strekning der de andre påvirkningsfaktorene var mest mulig stabile. I tillegg var det viktig å velge en strekning der en hadde tilgang til gode data, både når det gjaldt antall reisende og punktlighetsdata. På bakgrunn av dette ble mellomdistansetog på Dovrebanen valgt: Lillehammer-Oslo S, og Oslo S-Lillehammer.

Det ble besluttet å gruppere togene i fire bolker i tillegg til å analysere hvert enkelt tognummer. Disse bolkene var: Morgenrush, mellom rush, ettermiddagsrush og kveldstog. Gjennom analyser i hver enkelt bolk ble metoden og modellen utviklet.

2.2 Litteraturstudium

Litteraturstudiet er basert på flere kilder:

- Fagdatabaser ved NTNU med vitenskaplige publikasjoner
- Kjente transportjournaler, eksempel Transportation Research
- Kjente hjemmesider, spesielt SIKA (<http://www.sika-institute.se/>) og <http://www.Transek.se/>
- Pensum ved NTNU i fag relatert til Transportøkonomi
- Studentprosjekter og hovedoppgaver ved NTNU
- Metodehåndbøker for kost/nytteanalyser (Jernbaneverket, Statens Vegvesen)
- Oppfølging av referanser fra alle ovenstående

Totalt er ca. 70 kilder (bøker, papers, rapporter, etc.) vurdert. Vår erfaring tilsier at det innenfor jernbanefaget finnes mye upubliserte resultater hos jernbaneforvaltninger, operatører og konsultantselskaper. Dette er en type kunnskap som ikke er systematisert eller offentlig tilgjengelig og som derfor er dårlig dekket i vårt litteraturstudium.

Det fremgår av litteraturstudiet at det ikke finnes en etablert metode for ”punktlighetselastisitet”. I valg av metode ønsket vi derfor å bruke en enkel beregningsmåte i utgangspunktet, for å eventuelt kunne utvikle denne etter hvert.

Litteraturstudiet er nærmere beskrevet i kapittel 3: Litteraturstudium.

2.3 Kvantitative analyser

For data over antall reisende har NSB passasjertellinger utført av konduktør for alle togavganger på mellomdistanse og langdistanse. På mellomdistanse Dovrebanen gjennomføres det tre tellinger pr. avgang. Vi valgte i dette prosjektet å benytte tellingen etter Hamar stasjon på tog i retning inn til Oslo, mens telling etter Oslo S,

for tog i retning fra Oslo. Eksempel på data over antall reisende er gitt i Vedlegg A, tabell A.1.

Når det gjelder punktlighetsdata, vurderte vi i utgangspunktet flere alternativer:

1. TIOS: Minutters forsinkelser for hvert tognummer på hver stasjon
2. Tradisjonell punktlighetsstatistikk: Sammenstillinger pr banestrekning, over andel tog som er forsinkede mindre enn til enhver tid definert toleransegrense.
3. Minutters forsinkelse til og fra Oslo S

Punkt 2 ble valgt bort da tradisjonell prosentvis fremstilling av punktlighet pr banestrekning, eller pr tognummer, ble for grovt for analysene. Vi gjorde et forsøk på å benytte oss av Jernbaneverkets database TIOS (punkt 1), men det ble avdekket at denne var for lite komplett og inneholdt for store hull, for at denne kunne benyttes. Dette kommer av at TIOS ikke er ferdig utviklet og i løpet av høsten har vært gjennom en testperiode.

Valget falt derfor på alternativ 3 som er minutters forsinkelse til og fra Oslo S for hvert enkelt tog. Et eksempel på oversikt over denne dataen er gjengitt i Vedlegg A, tabell A.2.

Det ble besluttet å bruke kryssplott og korrelasjonsanalyse i analysene. Statistikkverktøyet SPSS ble benyttet til dette arbeidet. Dette valget ble begrunnet i at det er de mest hensiktsmessige analysemetodene å benytte og at mer omfattende metoder ikke var mulig i henhold til de tids- og økonomiske rammene prosjektet har hatt. Det ble besluttet å konsentrere seg om data fra høsten 2002 slik at en fikk vasket bort årseffekter og deler av sesongeffektene.

For nærmere beskrivelse av analyser og metoder, se kapittel 4: Utvikling av metode og drøfting av resultater.

2.4 Kommunikasjon av resultater

Arbeidet i prosjektet, metoden som er utviklet, samt resultater fra litteraturstudiet og analysene er dokumentert i denne rapporten. I tillegg blir det laget en presentasjon som vil bli holdt på NSB/SINTEF seminaret våren 2004.

3 Litteraturstudium

Litteraturstudiet har fokusert på to områder:

- Punktlighetens påvirkning på etterspørsel
- Vurdering av forsinkelsestid

Det er funnet lite forskning som ser på hvordan punktligheten påvirker etterspørselen. Vi har derfor også studert hvordan ulempen med forsinkelser blir vurdert av de reisende. Dette er et område der det er utført forskning. Informasjon om hvordan de reisende vurderer forsinkelser brukes for å finne forventede sammenheng mellom punktlighet og utviklingen i antall reisende.

Som underlag for samfunnsøkonomiske analyser, typisk kost/nytte-analyser av investeringer, er det etablert metoder for å måle og vurdere hvordan folk vurderer tiden sin. Dette måles oftest som betalingsviljen for reduksjon av reisetid, forsinkelser, endret frekvens etc. Jernbaneverket bruker denne type verdier for reisetid og forsinkelser når det lages kost/nytteanalyser av planlagte investeringer [1].

SIKA i Sverige fikk i 2002 laget flere rapporter om vurdering av reisetid og forsinkelser i tilknytning en gjennomgang av samfunnsøkonomiske kalkyler i transport [2] [3] [4] [5] [6]. I tillegg inneholder Transportation Research Part E no. 37, 2001 flere papers om "Valuation of Travel Time Savings" [7] [8] [9].

Litteraturstudiet fokuserer på persontrafikk med tog, men en del litteratur omfatter også annen kollektivtrafikk eller bilreiser. De fleste studiene av vurdering av reise- og forsinkelsestid er såkalte Stated Preference-studier (SP), som baserer seg på at utvalgte personer svarer på spørsmål om hvor mye man er villig å betale for ulike reisealternativer (med eksempelvis mer eller mindre forsinkelser). Vår analyse av hvordan punktligheten påvirker antall reisende er basert på faktiske valg som de reisende har gjort (i praksis en Revealed Preference-studie, RP). Begge typer av studier er nå aksepterte som forskningsmetoder.

3.1 Forsinkelsestid er en større ulempe enn reisetid

Vi har i Tabell 1 laget en sammenstilling av hvor mye større ulempen med (eller betalingsviljen for å unngå) forsinkelser er i forhold til ren reisetid¹. Det viser seg at de reisende er villige å betale mellom 1,5 og 3 ganger så mye for å unngå et minutt forsinkelsestid som for å redusere reisetiden med et minutt. Dette viser at forsinkelser blir vurdert som en større ulempe en ren reisetid. Man kunne derfor forvente at endringer i forsinkelsene påvirker antall reiser og valg av reisemiddel.

¹ Fordelen ved å se på vurderingene relatert til reisetid er lett å sammenligne ulike studier. Man slipper å konvertere mellom valuta, kompensere for inflasjon og justere for ulikt kostnadsnivå i ulike land.

Kilde	Vurdering av Forsinkelsestid/Reisetid	Kommentar
Wardman (2001) [7]	Middelverdi 7,40 standardavvik 3,86	Sammenstilling av flere studier for ulike typer transportslag
Bates et al. (2001) [9]	3	Omtalt som ”typisk” forhold
JBV (2001) [1]	3,0 (korte reiser) 1,5 (lange reiser)	
Banverket	2	Basert på [10]
British Rail Passenger Forecasting handbook (1985), (UK)	2,5	Basert på [11]
SIKA (2002) [5]	1,96	Regionale forretningsreiser med tog
Eliasson (2002) [2]	3	Generelt i transport. Anbefaling basert på litteraturstudie

Tabell 1: Verdien av forsinkelsestid delt med reisetid. Tallet 3 innebærer eksempelvis at forsinkelsestid vurderes 3 ganger høyere enn reisetid.

3.2 Forretningsreisende og pendlere kan betale mest for å unngå forsinkelser

I litteraturstudiet har vi også sett på vurderingen av forsinkelser målt i penger. Det viser seg her at forretningsreisende er beredt å betale mer for å unngå forsinkelser enn øvrige reisende. De som reiser til og fra arbeid er beredt å betale mer enn fritidsreisende, men mindre enn forretningsreisende for å unngå forsinkelser. En sammenstilling av vurderinger av forsinkelser finnes i Vedlegg B, tabell B.1.

Vurdering av reisetid og forsinkelser kan relateres til de reisendes inntekt. For fritidsreisende på langdistansetog oppgis verdien av reisetid pr tidsenhet, eksempelvis time til å være i størrelsesorden 54-69 prosent av vedkommendes inntekt før skatt målt i samme tidsenhet [12]. Personer med en inntekt på 200 kroner pr. time skal da være villige til å betale ca. 120 kroner for å redusere reisetiden med en time. Basert på Tabell 1 er betalingsviljen for å unngå en times forsinkelse ca. det doble.

Forretningsreisende og pendlere vurderer forsinkelser som en større ulempe enn øvrige reisende. Ulempen med forsinkelser vurderes også høyere av de med høy inntekt enn de med lavere inntekt. Man kan derfor forvente at forsinkeshistorikken påvirker utviklingen i antall reisende mest for tog og togprodukter med høy andel forretningsreisende, pendlere og personer med høy inntekt.

En nylig gjennomført analyse av ulempen av forsinkelser ved bilreiser i Stockholm viser at betalingsviljen for å unngå forsinkelser er større ved reiser i morgenrush enn i ettermiddagsrush [10]. Et unntak er reisende som har barn.

Det er også vist at ulempen med forsinkelse vurderes større for forsinkelse på stasjon enn på tog [13].

3.3 Store forsinkelser er verre pr. minutt enn mindre forsinkelser

De fleste studier og metodehåndbøker bruker en konstant koeffisient eller verdi for ulempen av forsinkelse. En studie ved KTH er et unntak [13]. De har funnet 20% høyere betalingsvillighet for å redusere lange forsinkelser (16-30 min) enn korte forsinkelser (6-15 min). Vi har ikke funnet andre studier som skiller på størrelsen av forsinkelser for togreiser. Det kan nevnes at bilister i Stockholm er beredt å betale mer for å unngå lange (5 - 45 min) forsinkelser enn for å unngå mer generell reisetidsusikkerhet ("korte forsinkelser", +/- 1 til 16 min) [10].

3.4 Ulempe av faktisk forsinkelse og sannsynlighet for forsinkelse

Det er stor enighet i teorien om at ulempen av forsinkelser (eller variasjon i reisetid) i transport er avhengig av:

- faktisk forsinkelse
- sannsynlighet for forsinkelse
- for tidlig ankomst

Ulempen av for tidlig ankomst er ikke så aktuell for kollektivtrafikk og vi har ikke fulgt opp dette.

Den generelle risikoen for forsinkelser ser ut å være en større ulempe enn de faktiske forsinkelsesminuttene. Studien ved KTH [13] viste at betalingsviljen for å unngå en forsinkelse er ca 3 ganger reisetiden, men betalingsviljen for å unngå risiko for forsinkelser er ca. 16 ganger reisetiden.

3.5 Forsinkelser skaper variasjon i reisetid

Det er vanlig å se på variasjon av reisetid, ikke bare forsinkelser [9] [14] [15]. Mange internasjonale studier av spesielt vegtrafikk har vurdert reisetidens variasjon. Dette innebærer at man tar hensyn til at forsinkelser av ulik størrelse forekommer med ulik hyppighet. Korte forsinkelser er oftest vanligere enn lange. Det ser ut å være en utvikling mot å uttrykke forsinkelsesverdien også for togtransport ved bruk av standardavvikelser (som er et mål på variasjon i reisetid) [16]. Vedlegg B, tabell B.2 viser resultatene fra noen sammenstillinger og studier av vurdering av variasjon i reisetid.

3.6 Elastisiteter

Elastisiteter viser hvordan en endring i en variabel (eksempelvis pris) påvirker etterspørselen (eksempelvis etter togreiser). En priselastisitet på -0,3, som har vært en vanlig tommelfingerregel i kollektivtransport [19], innebærer at en prosent økning i pris gir en reduksjon i antall reisende på 0,3 prosent.

Det er utført omfattende forskning på priselastisitet i kollektivtransport. Det er også utført flere studier som inkluderer serviceelastisitet som ofte defineres som hastighet/reisetid, frekvens og behov for togbytte. I tillegg er det forsket på hvordan etterspørselen påvirkes av konkurransesituasjon og makroøkonomiske forhold som BNP og lønnsutvikling. Oppsummeringer av dette arbeid finnes blant annet [12] og [19].

Vi har ikke funnet publiserte resultater fra analyser av punktlighetselastisitet. En oversiktsrapport [14] sier at det ikke er utført forskning på hvordan variasjon i reisetidens pålitelighet påvirker valg av reisemiddel.

3.7 Oppsummering av litteraturstudiet

Litteraturstudiet har ikke avdekket tidligere publiserte resultat fra analyser av sammenheng mellom punktlighet og utvikling av antall reisende. Vurderinger av reise- og forsinkelsestid er brukt for å finne hvordan punktligheten forventes å påvirke utviklingen av antall reisende.

Det kan forventes å være en sammenheng mellom punktlighet og utvikling av antall reisende, da ulempen med forsinkelser vurderes høyt av de reisende. Likevel er det neppe en åpenbar effekt. Det er mange faktorer som påvirker etterspørselen.

Det kan forventes en større effekt i rush enn midt på dagen og på kvelden, fordi forretningsreisende og pendlere vurderer ulempen med forsinkelser høyere enn de som reiser på fritiden. Basert på resultatene for bilister i Stockholm kan også en større effekt forventes i morgenrush enn i ettermiddagsrush.

Store forsinkelser forventes å gi større effekt i form av reduksjon av antall reisende enn flere småforsinkelser.

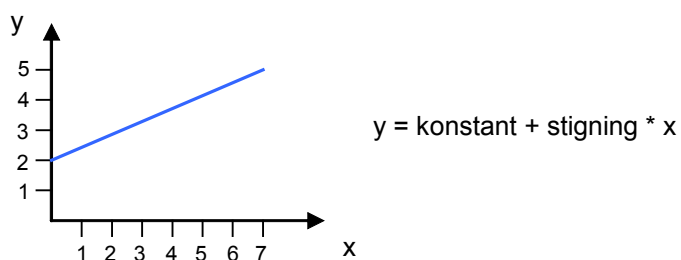
4 Utvikling av metode og drøfting av resultater

I dette kapittelet blir en metode for å avdekke sammenhenger mellom punktlighet og antall reisende presentert. Metoden blir illustrert gjennom at data fra mellomdistanse Dovrebanen for høsten 2002 blir analysert. Metoden resulterer i en modell som beskriver antall reisende pr tognummer som en funksjon av punktligheten. De analyserte togene er gruppert i fire bolker. Analysene utføres for hvert tognummer, men diskusjonen er basert på de fire definerte gruppene av tog:

1. Morgenrush fra Hamar til Oslo. Passasjertellinger er utført rett etter avgangen på Hamar. Ankomsttider er målt på Oslo S. Analyserte tog er: 302, 304 og 306
2. Mellom rush togene fra Hamar til Oslo. Passasjertellinger er utført rett etter avgangen på Hamar. Ankomsttider er målt på Oslo S. Analyserte tog er: 310, 312, 314, 316, 318 og 320
3. Ettermiddagsrush fra Oslo mot Hamar. Passasjertellinger er utført rett etter avgang fra Oslo. Avgangstider er målt på Oslo S. Analyserte tog er: 323, 325 og 327
4. Kveldstog fra Oslo mot Hamar. Passasjertellinger er utført rett etter avgang fra Oslo S. Avgangstider er målt på Oslo S. Analyserte tog er: 329, 331, 333, 335

Analysene tar utgangspunkt i den summerte forsinkelsen for hvert tognummer pr. uke. Det vil si at verdiene fra mandag til fredag er summert sammen og representert som en uke. I tillegg er antall store forsinkelser (over 12 minutter) og innstilte tog analysert. Dette er en forenklet presentasjon av punktlighetsdata, som eksempelvis ikke gjør forskjell på om det er 3 tog i en uke som er 10 minutter forsinket eller om det er ett tog som er forsinket 30 minutter. Metoden gir derimot en god indikasjon på hvilke faktorer som bør inn i en modell. Analyser av data på ikke-aggregert nivå (dags nivå) ble også gjennomført. Dette fikk en derimot ikke noe ut av da det var for mye støy i datasettene til at det var mulig å se noen klare sammenhenger.

Modellen som blir utviklet er bygd opp av flere ledd som uttrykker forventet antall reisende som et resultat av blant annet punktlighet. For å illustrere oppbygningen kan man se på en førstegradsligning slikt vist i Figur 1.



Figur 1: Førstegradsligning

I en førstegradsligning finner en hvor linjen krysser y-aksen samt hvilket stigningstall linjen har. Stigningstallet kalles gjerne koeffisient og verdien på y-aksen der linjen krysser y-aksen kalles konstant. Det samme prinsippet er benyttet i modellen som er utviklet, bare at her har en flere faktorer som gjør modellen mer komplisert.

Gjennom analyser av data har kommet frem til hvilke faktorer som skal være med, samt verdier på koeffisientene. For å unngå å måtte korrigere for årseffekter og deler av sesongeffektene har en valgt å kun analysere data fra et halvår. Dette fører til at en får en modell som kun ser på korttidseffekter av hvordan punktlighet påvirker antall reisende.

Forskjellige typer plott og metoder er benyttet for å avdekke hvilke faktorer som bør være med i modellen og hvilke verdi de forskjellige koeffisientene skal ha samt for å undersøke gyldigheten til de modellene en kommer frem til. Følgende plott og metoder har blitt benyttet:

- **Kryssplott**
I et kryssplott blir verdiene fra en dataserie plottet mot verdiene fra en annen dataserie. I dette prosjektet har kryssplott blitt benyttet for å vise sammenhenger mellom data for antall reisende og punktlighetsdata. Vi har brukt kryssplott med og uten ulike tidsvridninger. Med tidsvridning menes at denne ene tidsrekken (eks punktlighet) blir forskjøvet i tid, i forhold til den andre tidsrekken (eks antall reisende). Eksempel på kryssplott sees i Figur 4.
- **Krysskorrelasjonsplott**
Krysskorrelasjonsplott benyttes for å undersøke om en finner sammenfallende trender eller mønster i to tidsrekker, dersom en tidsforskyver de i forhold til hverandre. I dette prosjektet har krysskorrelasjonsplott blitt anvendt for å undersøke om forsinkelseshistorikken har innvirkning på antall reisende. Ut i fra disse plottene kan en antyde hvilke faktorer/forklaringsvariable som bør være med i en modell. Eksempel på krysskorrelasjonsplott sees i Figur 7.
- **Autokorrelasjonsplott**
Autokorrelasjonsplott benyttes for å avdekke sammenhenger mellom leddene i en tidsrekke. I dette prosjektet har autokorrelasjonsanalyse blitt benyttet for å undersøke sammenhengen mellom antall reisende i en uke og antall reisende i tidligere uker. Eksempel på autokorrelasjonsplott sees i Figur 9.
- **Regresjonsanalyse**
En regresjonsanalyse tar utgangspunkt i en ligning der en faktor (eks antall reisende) blir uttrykt som en funksjon av andre faktorer (eks punktlighet). I dette prosjektet blir regresjonsanalyse brukt for å lage en modell. Regresjonsmodellen bygges ved hjelp av informasjon fra kryssplott og krysskorrelasjonsplott.
- **Plott av output fra modellen mot reelle data**
I dette prosjektet blir output fra modellen plottet mot reelle data for å sjekke hvor godt modellene samsvarer med virkeligheten.

I resten av dette kapittelet blir metoden som benyttes for å lage modeller for de enkelte tog, utviklet og resultatene drøftet. I tillegg blir de ulike metodene og plottene nærmere forklart. Kapittel 4.1 dokumenterer hvordan metoden er utviklet,

forklaringsvariablene som skal inn i modellen blir identifisert, samt at koeffisientene for de ulike togene i morgenrush blir beregnet. I kapittel 4.2, 4.3 og 4.4 er kun en innledning samt konklusjonen rundt tog i de andre bolkene tatt med. Mer detaljerte utregninger for disse togene finnes i Vedlegg C. Kapittel 4.5 oppsummerer metoden og modellene for de ulike togene, mens i kapittel 4.6 er en vurdering av modellene gitt.

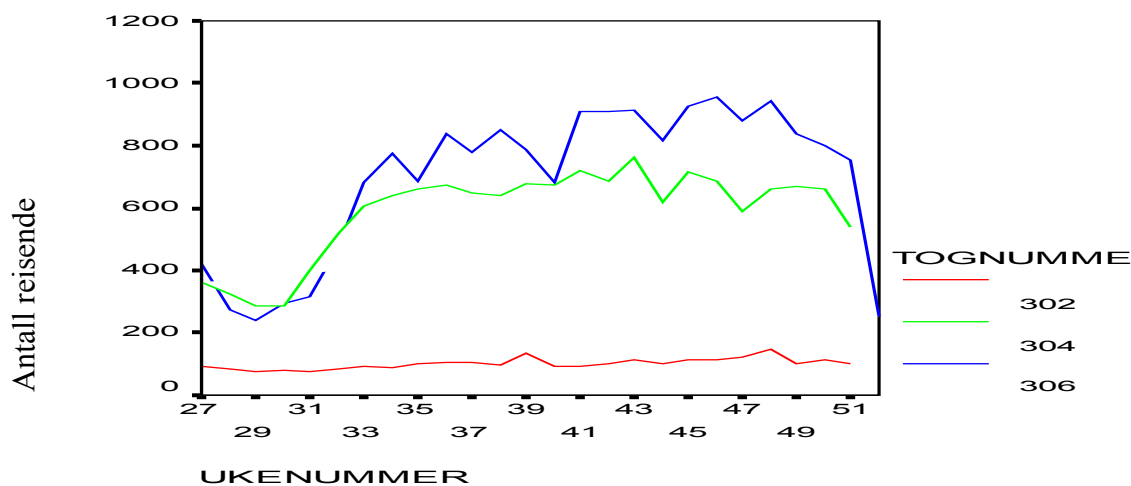
4.1 Morgenrush inn til Oslo

Morgenrushet består av togene 302, 304 og 306. Disse togene har følgende avgangs- og ankomsttider:

- 302 avgang Hamar-04:48 ankomst Oslo-06:12
- 304 avgang Hamar-06:11 ankomst Oslo-07:34
- 306 avgang Hamar-07:08 ankomst Oslo-08:34

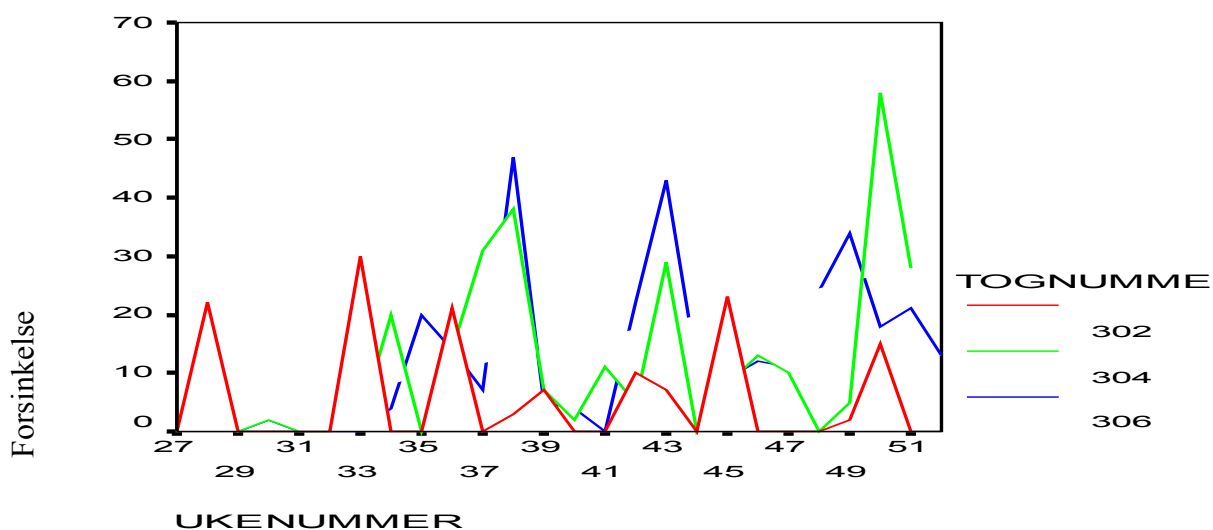
4.1.1 Innledende undersøkelser

Figur 2 viser en oversikt over punktligheten for perioden høsten 2002 for de respektive togene. Figur 3 viser en lignende oversikt over antall passasjerer.



Figur 2: Antall reisende med tog 302, 304 og 306 i perioden Høst 2002

Vi ser at tog 302 har et jevnt og stabilt lavt antall passasjerer i løpet av sesongen. For tog 304 og 306 ser vi at det er en jevn økning fra fellesferien og ut året. Det er verdt å merke seg at det er et plutselig fall i uke 52 for togene, som er juleuken. Vi valgte derfor å fjerne denne uken i de senere analysene.

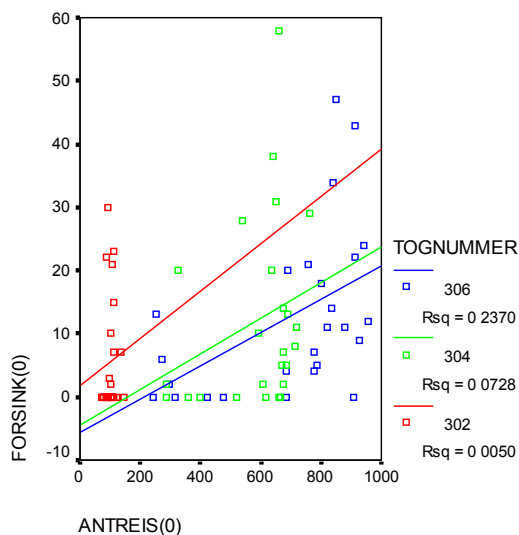


Figur 3: Forsinkelser for togene 302, 304 og 306 i perioden høst 2002

Figur 3 viser at det er store svingninger i forsinkelse for alle tre tog gjennom perioden. Det er viktig å merke seg at tog 302 har et veldig stabilt antall reisende tross variasjonen i forsinkelsene.

4.1.2 Krysslott

I Figur 4 vises et krysslott av dataene for de tre togene.



Figur 4: Krysslott over forsinkelsen i tiden (t) mot antall passasjerer i tiden (t)

I Figur 4 indikerer (0) på x- og y-aksen at det er et krysslott uten tidsvridning. Dette betyr at hvert punkt i plottet er laget ut i fra ett sett verdier (antall reisende og punktlighet) for et tog i samme uke. I plottene er det trukket regresjonslinjer mellom punktene for de forskjellige togene, samt at det er beregnet en Rsq-verdi for hvert tognummer. Rsq-verdien sier noe om hvor godt punktene treffer på regresjonslinjene som er trukket. Er Rsq-verdien lik 1 ligger alle punkter på regresjonslinjen. Er Rsq-verdien lik 0 er det ingen lineær sammenheng mellom linjen og punktene.

Basert på tidligere analyser kan en forvente at høyt antall reisende i en uke, kan gi stor forsinkelsen i den samme uken. Det er tidligere vist at punktligheten for lokaltog i Oslo til stor del kan forklares ut i fra hvor mange reisende de ulike togene har [20]. Dersom en slik sammenheng forekommer vil en få en regresjonslinje som stiger fra venstre mot høyre i kryssplottet.

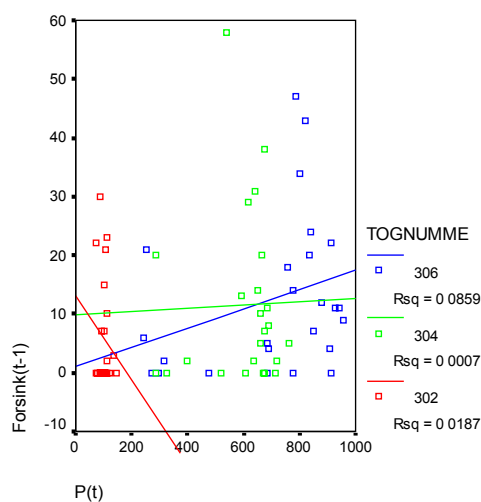
Vi ser av Figur 4 at regresjonslinjene stiger fra venstre mot høyre som forventet. Den lave Rsq-verdien for tog 302 indikerer derimot at det er liten lineær sammenheng mellom linjen og punktene. Dette tyder på at antall reisende har liten påvirkning på forsinkelsen samme uke for dette toget. For de to andre togene er Rsq-verdien høyere, noe som tyder på en større sammenheng.

Resultatet betyr at vi ikke kan benytte forsinkelser i den uken en ser på som en faktor/forklaringsvariabel i modellen som skal utvikles. Dette fordi at den eventuelle effekten at punktligheten påvirker antall reisende ”drukner” i effekten at antall reisende påvirker punktligheten. Vi er derfor nødt til å se på forsinkelsene i de foregående ukene.

Det er også laget tre andre plott der en undersøker sammenhengen mellom punktlighet og antall reisende i samme uke. Disse plottene med tilhørende drøftinger kan sees i vedlegg C.

4.1.3 Kryssplott med tidsvridninger

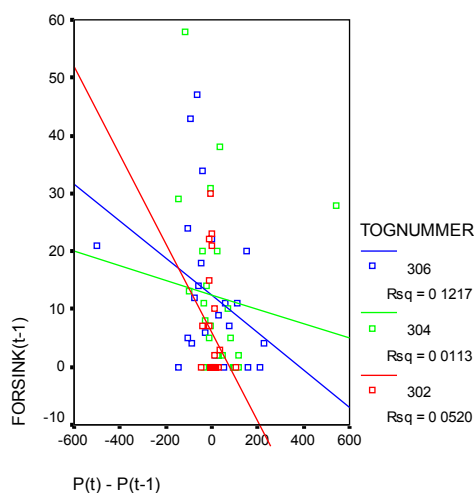
I dette prosjektet blir kryssplott med tidsvridning benyttet for å undersøke hvordan forsinkeshistorikken påvirker antall reisende. Hypotesen er at forsinkelser i tidligere uker reduserer antall reisende i den uken en ser på. I Figur 5 er forsinkelsen en uke tilbake, dvs. uke (t-1), plottet mot antall passasjerer i den aktuelle uken, uke (t) for tog 302, 304 og 306. Ut i fra hypotesen forventer vi at regresjonslinjen vil synke fra venstre mot høyre.



Figur 5: Kryssplott over forsinkelsen i uke (t-1) mot antall reisende i uke (t).

I Figur 5 går ikke regresjonslinjene i den retningen som vi forventer. Punktene er derimot veldig spredde og har lave verdier for R_{sq} . Dette kan komme av støy i datamateriale som for eksempel sesongvariasjoner.

Det å bytte ut antall reisende i den aktuelle uken, $P(t)$, med endringen i antall reisende fra forrige uke, $P(t-1)$, kan være en måte å vaske bort deler av sesongvariasjonene. Med "Endringen i antall reisende" menes [antall reisende denne uke] minus [antall reisende forrige uke], eller $[P(t)-(P(t-1))]$. I Figur 6 er forsinkelsen en uke tilbake, uke $(t-1)$, plottet mot endringen i antall reisende mellom den aktuelle uken og uken før.



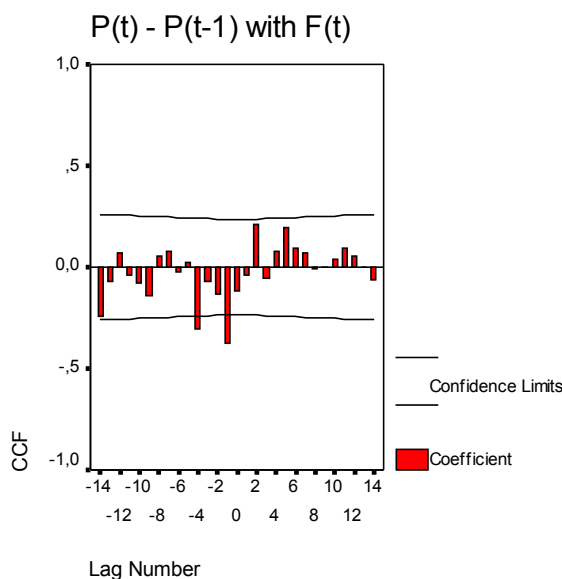
Figur 6: Kryssplott over forsinkelse i uke $(t-1)$ mot endring i antall reisende i uke (t)

I Figur 6 er R_{sq} -verdiene for regresjonslinjene blitt større. Dette betyr at punktene treffer bedre på regresjonslinjen enn det som var tilfellet da en så på nivået av antall reisende (se Figur 5). Regresjonslinjene går i tillegg den veien som vi forventer. Dette kan tyde på at forsinkelse i uken før, uke $(t-1)$, kan være en forklaringsvariabel å ta med i modellen som skal beskrive antall reisende i den aktuelle uken, uke (t) .

Det virker som om det gir et mer korrekt bilde å se på endringen i antall reisende enn ved å se på nivået av antall reisende. I det videre arbeidet med metoden har vi derfor valgt å se på endringer, $P(t)-(P(t-1))$, i passasjertall fremfor nivå på passasjertall $P(t)$.

4.1.4 Krysskorrelasjons plott

I det forrige avsnittet konkluderte vi med at forsinkelser en uke tilbake muligens er en forklaringsvariabel å ta med i en modell. Forsinkelser i forrige uke angis med $F(t-1)$. Det kan også være interessant å se om det kan være flere sammenhenger lenger tilbake i forsinkeshistorikken. Krysskorrelasjonsanalyse er et verktøy en kan benytte seg av for å få en indikasjon om det kan finnes en slik sammenheng. I en krysskorrelasjonsanalyse undersøker en om en det finnes sammenfallende mønster i to tidsrekker ved å tidsforskyve de i forhold til hverandre. I Figur 7 sees et krysskorrelasjonsplott laget ut i fra data fra tog 302, 304 og 306. Forsinkelser i de forskjellige ukene er plottet mot endringen av antall reisende fra forrige uke til den uken en ser på.



Figur 7: Krysskorrelasjon, Endring av antall reisende $[P(t)-(P(t-1))]$ mot Forsinkelsen $[F(t)]$

I Figur 7 angir X-aksen de ulike tids-lag, som betyr hvor mange uker punktlighetsdataen er forskjøvet i tid i forhold til dataen over antall reisende. Y-aksen angir hvor godt ”mønsteret” i de to tidsrekkene passer overens med hverandre, ved de ulike tidsforskyvningene. Dette betyr at søyler på den negative siden av X-aksen indikerer hvordan forsinkelseshistorikken fra de ulike ukene bakover i tid, påvirker antall reisende i den aktuelle uken som en ser på. Søyler på positiv side av X-aksen indikerer hvordan forsinkelsen i den uken en ser på påvirker antall reisende fremover i tid. Det siste kan virke intuitivt ulogisk, men en må huske på at en i krysskorrelasjonsanalyse leter ukritisk etter sammenhenger i mønsteret i datamaterialet! De horisontale, buede linjene på grafen angir om stolpene er signifikante. Som eksempel kan en peke på stolpen med tids-lag lik -1. Denne indikerer hvordan forsinkelsen i forrige uke påvirker antall reisende i den uken en ser på.

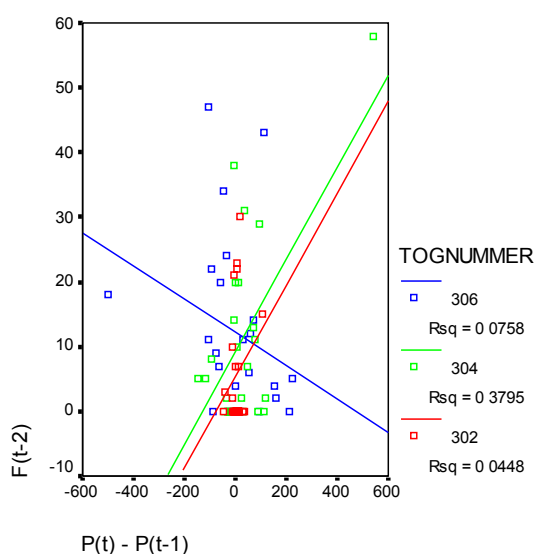
Hypotesen er at forsinkelser i tidligere uker påvirker antall reisende i den uken en ser på. Ut i fra dette forventer en å få stolper som går i negativ retning på den negative delen av X-aksen. En ser fra figuren at dette stemmer for de fleste av de negative tids-lagene.

Figur 7 viser en klar signifikant negativ stolpe for tidslag -1. Dette er en indikasjon om at forsinkelser i forrige uke ($t-1$), påvirker antall reisende i den uken (t) en ser på negativt. Det virker derfor riktig å ta med forsinkelsen i forrige uke ($t-1$) som en forklaringsvariabel i modellen som skal lages. Dette er sammenfallende med det en konkluderte med i forrige kapittel.

I grafen ser en også klare negative søyler for flere andre negative tids-lag. Blant annet ser en at en har en signifikant negativ verdi for tids-lag -4. Modellen blir derimot for omfattende, gitt den datamengden en har, dersom en skal ta med effekter langt tilbake

i tid, samt at en risikerer at modellen blir ustabil. I tillegg kan det hende at negative lag langt tilbake i tid for eksempel skyldes sesongeffekter.

Det kan likevel være hensiktsmessig å ta med forsinkelser for to uker tilbake i tid ($t-2$) som en forklaringsvariabel i modellen, for å få med noen av effektene av forsinkelser ved tidligere uker. I Figur 7 ser en også at en har en negativ verdi for tidslag -2 . For å undersøke dette nærmere har en benyttet kryssplott der forsinkelsen to uker tilbake i tid, $[F(t-2)]$, er plottet mot endringen i antall reisende fra forrige uke til den uken en ser på $[P(t)-(P(t-1))]$ (se Figur 8).



Figur 8: Kryssplott, Forsinkelse i uke ($t-2$) mot endring i antall reisende i uke (t)

I henhold til hypotesen om at forsinkelser gir utslag i færre reisende i fremtiden, vil det være nærliggende å tro at regresjonslinjene skal falle fra venstre mot høyre. Dette stemmer derimot ikke for tog 302 og 304. Tog 304 har i tillegg relativt høy R_{sq} -verdi. Tog 306 går i forventet retning, men har lav R_{sq} -verdi. Dette kan tyde på at forsinkelser i uke ($t-2$) faktisk gir en økning i antall reisende i uke (t).

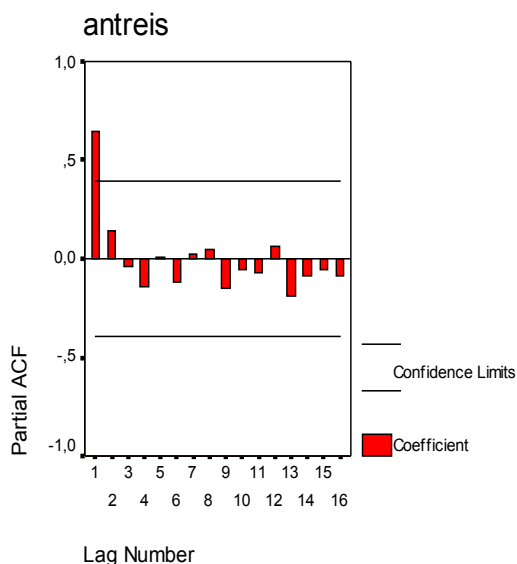
En mulig forklaring for dette kan være en "sirkeleffekt": en forsinkelse to uker tilbake, i uke ($t-2$), fører til færre antall reisende en uke tilbake, i uke ($t-1$), som gir mindre forsinkelser i uke ($t-1$), som til sist igjen fører til flere reisende i den aktuelle uken, uke (t).

Resultatene fra dette kryssplottet tyder på at det kan lønne seg å også ha med som forsinkelser to uker tilbake i tid ($t-2$) som en forklaringsvariabel i modellen som skal beskrive antall reisende i den uken en ser på (t).

4.1.5 Autokorrelasjonsanalyse

Den enkleste måten å modellere utviklingen i en tidsrekke er å si at verdien ved tiden (t) er akkurat det samme som verdien ved tiden ($t-1$). Dette innebærer at antall reisende en aktuell uke kan forklares ut i fra antall reisende i uken før. Dette kan bety at for modellen som skal beskrive antall reisende i uke (t) kan være aktuelt å ta med en faktor som sier noe om antall reisende i uken før ($t-1$).

Gjennom autokorrelasjonsanalyse kan en undersøke om det finnes noen sammenheng mellom leddene i en tidsrekke. I Figur 9 vises et autokorrelasjonsplott for antall reisende (mot seg selv) for de tre togene.



Figur 9: Autokorrelasjonsplott av antall reisende

Selv om den figuren ligner mye på Figur 7, er dette en annen analyse. I Figur 9 angir X-aksen hvilken tids-lag en ser på, det vil si uker bakover i tid i forhold til den uken en ser på. Høyden på søylene på Y-aksen forklarer hvor godt verdien for den uken en ser på, blir forklart av verdien i de ulike ukene tilbake i tid. Som eksempel kan en ta søyle nummer 2: høyden på denne søylen forklarer hvor godt verdien for den uken en ser på blir forklart av verdien for to uker tilbake i tid.

Vi ser av figuren at en får en klar positiv signifikant verdi for lag nummer 1. Dette betyr at antall reisende uken før ($t-1$) gir en god indikasjon på antall reisende i den uken en ser på (t). Dette kan tyde på at det lønner å ha med antall reisende i forrige uke, $P(t-1)$, som en forklaringsvariabel i modellen. Man ser også at antall reisende to uker tilbake i tid (lag nummer 2) ikke virker å ha så stor effekt. Vi velger derfor å ikke inkludere denne i modellen.

4.1.6 Modellbygging

Ut i fra analysene i de foregående kapitlene har vi fått en ide om hvilke forklaringsvariabler en modell som skal beskrive antall reisende i uke (t) bør inneholde. Dette går frem av Tabell 2.

Forklaringsvariabel	Angis i modellen som
Antall reisende i forrige uke	$P(t-1)$
Forsinkelser i forrige uke	$F(t-1)$
Forsinkelser to uker tilbake	$F(t-2)$

Tabell 2: Forklaringsvariabler i modellen

Ved hjelp av en regresjonsanalyse kan en sette opp ”skjelettet” til en modell. I regresjonsuttrykket blir antall reisende i uke (t) uttrykt ved faktorene en ønsker å ha med, multiplisert med en koeffisient ($\beta_1, \beta_2, \beta_3$). I tillegg blir det tatt med ett konstantledd β_0 og et restledd ε for å fange opp ”støy”:

$$P_t = \beta_0 + \beta_1 P_{(t-1)} + \beta_2 F_{(t-1)} + \beta_3 F_{(t-2)} + \varepsilon_{(t)}$$

Det som gjenstår da er å beregne de ulike koeffisientene for de ulike togene, samt å undersøke hvor god modellen blir for det enkelte tog. Regresjonsanalysene for togene 302, 304 og 306 er gitt i Tabell 3, Tabell 4 og Tabell 5. I tabellene for koeffisientene (Coefficients) er det angitt verdier for vektingene. Følgende ”forkortelser” er benyttet:

- β_0 er angitt av Constant
- β_1 er angitt av ANTREI_1
- β_2 er angitt av FORSIN_1
- β_3 er angitt av FORSIN_2

Modell for tog 302

I de følgende kapitler, som omhandler modeller for de ulike tog, vil man finne verdier for koeffisientene oppsummert i tabeller. I tillegg inneholder tabellene opplysninger om hvor ”sikre” verdiene er statistisk sett, i form av blant annet t-verdier. Hvordan en tolker slike verdier blir forklart senere. I Tabell 3 finnes regresjonsverdier for tog 302.

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	60,176	20,887		2,881	,010
	ANTREI_1	,446	,197	,456	2,265	,035
	FORSIN_1	-,410	,395	-,219	-1,038	,312
	FORSIN_2	-,128	,404	-,068	-,317	,755

a. Dependent Variable: ANTREIS

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1674,724	3	558,241	2,077	,137 ^a
	Residual	5106,145	19	268,744		
	Total	6780,870	22			

a. Predictors: (Constant), FORSIN_2, ANTREI_1, FORSIN_1

b. Dependent Variable: ANTREIS

Tabell 3: Regresjonsverdiene for tog 302

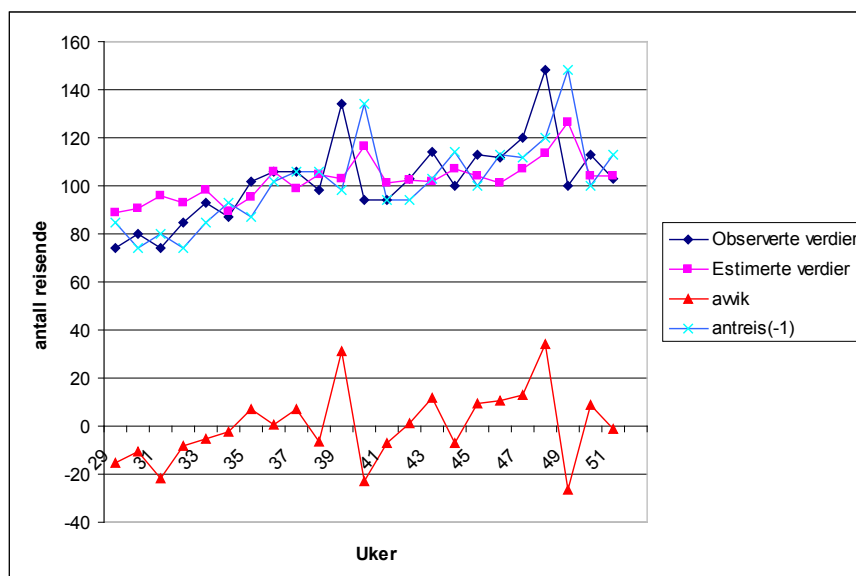
Tabell 3 er delt i to deler. Den første delen (Coefficients) forteller at konstantleddet gir 60 passasjerer. I tillegg ser en at antall reisende forrige uke ANTREI_1 vektet lite, men positivt og de to variablene for forsinkelse (FORSIN_1 og FORSIN_2) vektet også relativt lite, men negativt. Dette vil si at antall reisende i uken før gir et positivt

bidrag til antall reisende, men at en forsinkelse i uken før og to uker før vil virke negativt på antall reisende i den uken en ser på.

Hvor sikker en kan være på at de verdiene en har funnet er gode angis blant annet av presisjonsnivået. Presisjonsnivået til variablene kan sees ut i fra t-verdiene som er angitt i tabellen (kolonne markert t). Vi kan si at presisjonsnivået er godt når vi har t-verdier over 2 eller under -2. Ut i fra tabellen kan vi se at konstantleddet og leddet med antall reisende en uke tilbake (ANTREI_1) har et godt presisjonsnivå. Presisjonsnivået er derimot ikke godt for de to variablene over forsinkelser (FORSIN_1 og FORSIN_2).

ANOVA-tabellen (nederste del av Tabell 3) sier noe om hvor god modellen er som helhet. Signifikansnivået (kolonne merket sign.) bør være under 0,05 for at en skal kunne si at modellen er god. I Tabell 3 ser en at en har et signifikansnivå på 0,137. Man kan da konkludere med at modellen utviklet for tog 302 ikke samsvarer særlig godt med virkeligheten for dette toget. Man sier da at modellen ikke treffer særlig godt.

Likevel er det vanlig å undersøke godheten av modellen videre. Man lager da plott av verdiene fra regresjonsmodellen i tillegg til virkelige verdier (kalles også reelle eller observerte verdier). Plottene for tog 302 vises i Figur 10. I den samme figuren er det også lagt inn et plott av det en kan kalle en naiv modell. Den naive modellen er en enklere modell der antall reisende i en uke kun er basert på antall reisende i uken før. Plottene for den naive modellen er angitt som antreis(-1). I tillegg er det plottet avvikene mellom reelle verdier mot modellens estimerte verdier. Dette er den linjen som går rundt nullpunktet for antall reisende.



Figur 10: Plott for å se kvaliteten av regresjonsmodellen for tog 302

Av Figur 10 ser en at modellen starter med et for høyt antall passasjer. Modellen gir resultater som er en god del mer ”glattet” ut enn de observerte verdiene. Den får ikke

med seg de plutselige høye variasjonene. Derfor blir feilavvikene store når vi har plutselige svingninger.

Målet med denne undersøkelsen er å sjekke om modellen er bedre enn den naive modellen, som er målet. Dersom den er det, vil linjen for de estimerte verdiene (regresjonsmodellen) falle mellom linjen for den naive modellen og de observerte verdiene. En ser at dette stemmer for noen av ukene.

Modell for tog 304

Tabell 4 viser utregninger av konstanter og koeffisienter for tog 304.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	121,600	52,120		2,333	,031
	ANTREI_1	,845	,088	,929	9,632	,000
	FORSIN_1	-2,456	,814	-,289	-3,016	,007
	FORSIN_2	1,065	1,054	,094	1,010	,325

a. Dependent Variable: ANTREIS

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	295308,0	3	98435,990	32,534	,000 ^a
	Residual	57487,508	19	3025,658		
	Total	352795,5	22			

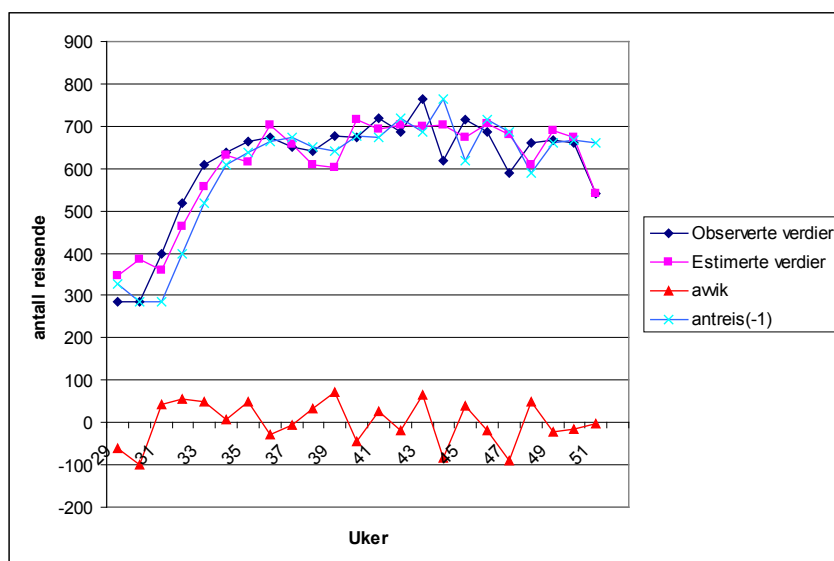
a. Predictors: (Constant), FORSIN_2, FORSIN_1, ANTREI_1

b. Dependent Variable: ANTREIS

Tabell 4: Regresjonsverdiene for tog 304

I tabellen ser en at konstantleddet gir i overkant av 121 passasjerer og at det er relativt gode t-verdier for antall reisende i forrige uke (t-1), og for forsinkelser i forrige uke (t-1), noe som indikerer et godt presisjonsnivå. Antall reisende i uke (t-1) gir et positivt bidrag, mens forsinkelse i uke (t-1) gir et negativt bidrag med høyere vektning enn for tog 302. Vi ser også at forsinkelsen i uke (t-2) gir et positivt bidrag, men at en her har et lavt signifikansnivå, som betyr et dårlig presisjonsnivå.

Vi ser fra ANOVA-analysen at modellen har et høyt signifikansnivå som betyr at modellen treffer punktene i dataene for høsten 2002 veldig bra. Dette blir bekreftet i plottet som vises i Figur 11.



Figur 11: Plott for å se kvaliteten av regresjonsmodellen for tog 304

I figuren ser en at mange av de estimerte verdiene for tog 304 faller mellom de observerte verdiene for tog 304 for høsten 2002, og den naive modellen. Dette betyr at modellen treffer godt for dette toget.

Sammenligner man modellene for tog 302 og 304 kan man, med visse forbehold beskrevet tidligere i rapporten, si at den utviklede modellen for tog 304 treffer bedre enn hva som er tilfelle er for tog 302.

Modell for tog 306

Tabell 5 viser utregninger av konstanter og koeffisienter for tog 306:

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	125,937	65,168		1,932	,068
	ANTREI_1	,916	,102	1,009	8,991	,000
	FORSIN_1	-2,432	1,663	-,157	-1,463	,160
	FORSIN_2	-1,144	1,528	-,075	-,749	,463

a. Dependent Variable: ANTREIS

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	822746,9	3	274248,974	32,708	,000 ^a
	Residual	159312,7	19	8384,881		
	Total	982059,7	22			

a. Predictors: (Constant), FORSIN_2, FORSIN_1, ANTREI_1

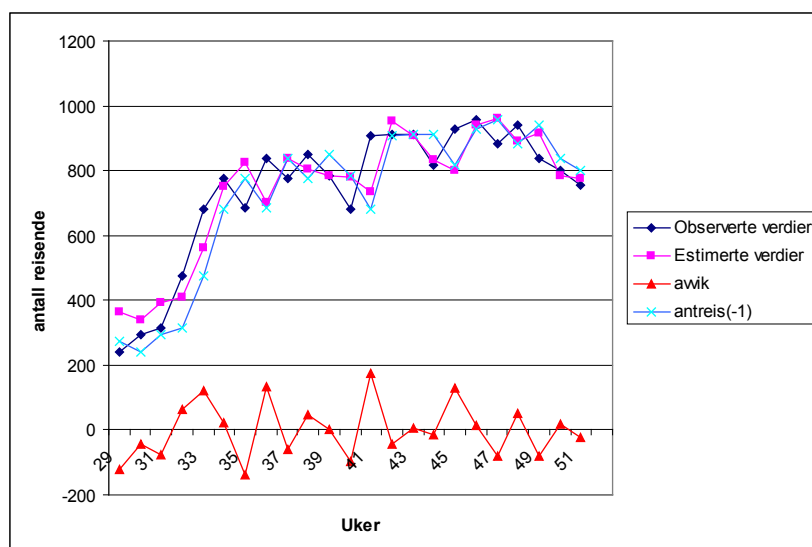
b. Dependent Variable: ANTREIS

Tabell 5: Regresjonsverdiene for tog 306

I tabellen ser en at antall reisende og forsinkelsene vektes relativt mye. I motsetning til modellen for tog 302 og tog 304 virker her både forsinkelsen i uke (t-1), og i uke (t-2), negativt på antall reisende.

Ut i fra ANOVA-testen ser en at modellen som helhet virker ganske god. Dette gir grunnlag til bekymring. Modellen ser ut til å treffe bra (ANOVA-testen gir et svært lavt signifikansnivå: lik 0). Samtidig vektes antall reisende i uke (t-1) med en verdi nær 1 (ANTREIS_1 er lik 0.916). Denne verdien har et høyt presisjonsnivå da t-verdien er 8,991. En slik situasjon er karakteristisk for modeller hvor man ikke har klart å fange opp effektene riktig. Dette gjør at selv om modellen i utgangspunktet virker god, er det sannsynlig at viktige faktorer er utelatt i modellen. For tog 306 kan dette for eksempel være sesongvariasjoner.

I Figur 12 er de estimerte verdiene plottet sammen med de reelle verdiene og den naive modellen.

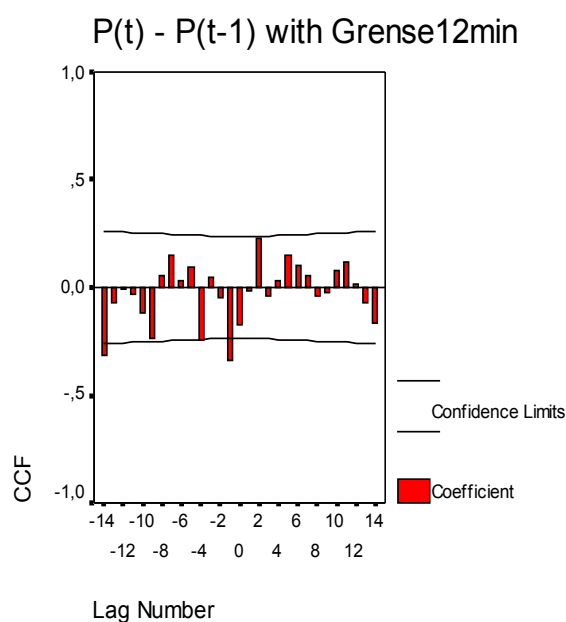


Figur 12: Plott for å se kvaliteten av regresjonsmodellen for tog 306

Av figuren ser en at modellen treffer relativt godt i første delen av grafen. Også her som ved plottene for tog 302 og 304 virker det som at modellen glatter verdiene og dermed ikke tar opp plutselige variasjoner.

4.1.7 Tog med over 12 minutters forsinkelse og innstilte tog

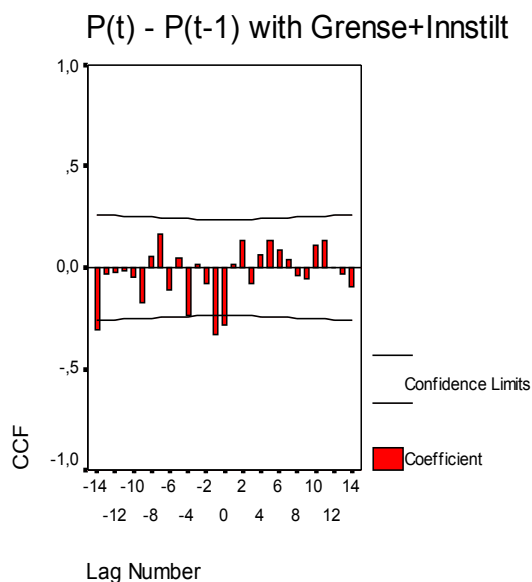
I tillegg til å se på hvordan togenes forsinkelse virker inn på antall reisende har en også i prosjektet sett spesielt på tog med store forsinkelser og innstilte tog. I arbeidet med å se på store forsinkelser har en valgt å analysere påvirkningen av antall tog som er over 12 minutter forsinket, summert opp i ukene en ser på. Det er så foretatt et krysskorrelasjonsplott for dette opp mot antall reisende i de samme ukene. Dette plottet er vist i Figur 13.



Figur 13: Krysskorrelasjonsplott av antall tog over 12minutter mot endringer i reisende

Figuren tyder på at antall forsinkelser over 12 minutter har negativ virkning på antall reisende.

Det antas også at innstilte tog har negativ innvirkning på antall reisende. Vi har derfor sett på effekten av antall innstilte tog + antall tog som er over 12 minutter forsinket. I Figur 14 vises et krysskorrelasjonsplott for dette opp mot endring i antall reisende.



Figur 14: Krysskorrelasjonsplott av antall tog over 12minutter + innstilte mot endringer i reisende

Av Figur 14 ser vi at trenden blir forsterket ved at vi tok med antall innstilte tog. Det virker altså som om innstillingene og de store forsinkelsene har negativ virkning på antall reisende.

4.1.8 Konklusjoner for morgenrush

Modellen som er laget virker å treffe godt for tog 304, men mindre godt for tog 302 og 306.

For tog 302 har modellen en egenskap av å ha mer glattede verdier enn de reelle. Modellen får ikke med seg variasjoner som er store og kommer plutselig. Signifikansnivået til modellen er heller ikke innenfor ett akseptabelt nivå. For tog 304 ser modellen ut til å treffe veldig godt. Avvikene i plottet av regresjonsmodellen viser små utslag. Ut fra variansanalysen er det også et veldig godt signifikansnivå. Variablene Antall reisende i forrige uke (ANTREI_1) og forsinkelse i forrige uke (FORSIN_1) har høye t-verdier. For tog 306 ser modellen i utgangspunktet veldig bra ut. Ut i fra varians analysen var modellen veldig bra signifikansnivå. Men ved nærmere ettersyn er det antall reisende i forrige uke som bestemmer det meste av modellen. Modellen klarer tydeligvis ikke å fange opp effektene riktig.

Det virker som om antall forsinkelser over 12 minutter og antall innstilte tog har en negativ effekt på antall reisende.

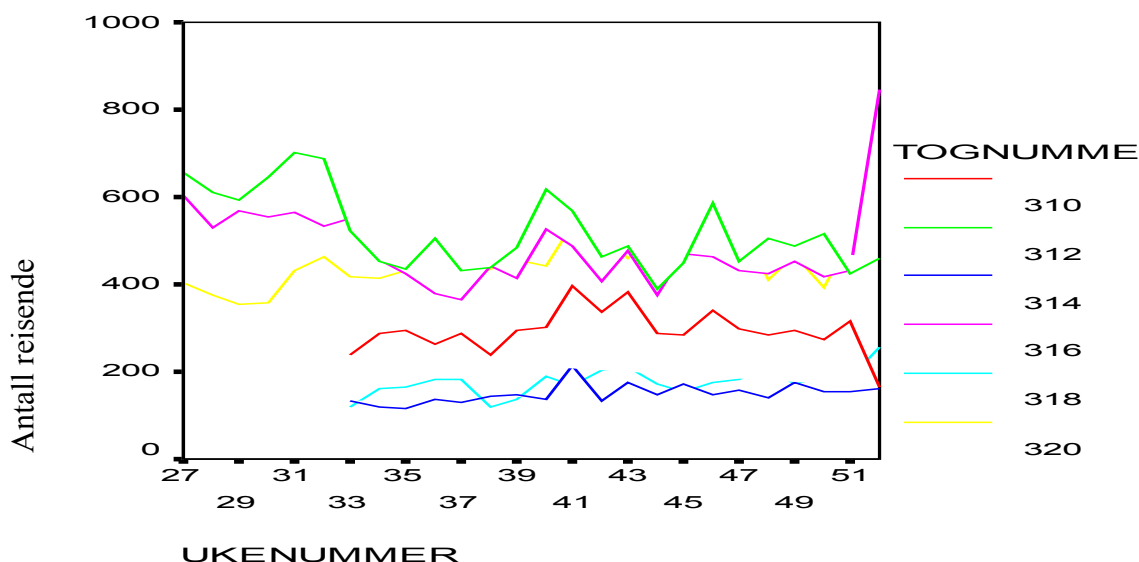
4.2 Mellom rush inn til Oslo

Mellom rush togene består av tog 310, 312, 314, 316, 318 og 320. Disse togene har følgende avgangs- og ankomsttider:

- 310 avgang Hamar-09:04 ankomst Oslo-10:34
- 312 avgang Hamar-10:10 ankomst Oslo-11:34
- 314 avgang Hamar-11:04 ankomst Oslo-12:34
- 316 avgang Hamar-12:11 ankomst Oslo-13:34
- 318 avgang Hamar-13:08 ankomst Oslo-14:34
- 320 avgang Hamar-14:08 ankomst Oslo-15:34

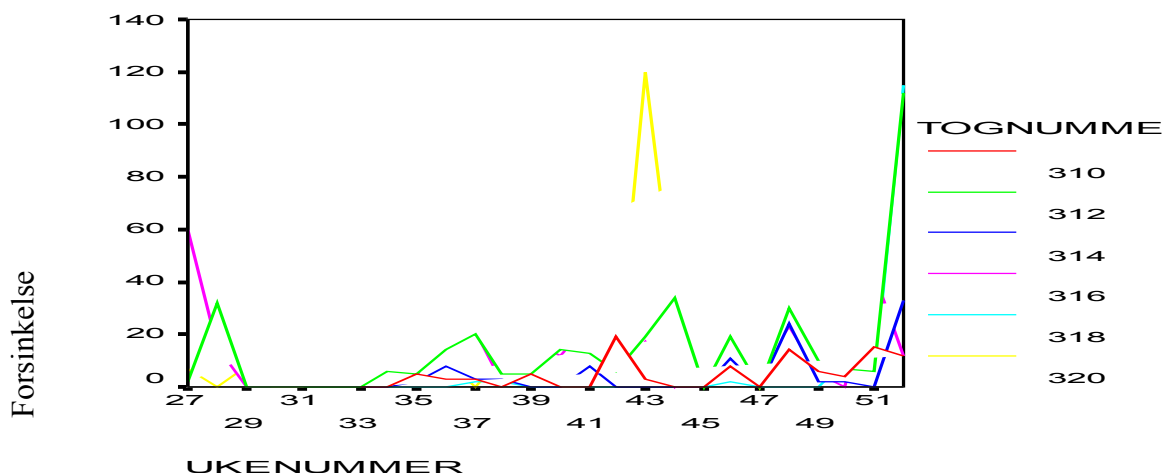
4.2.1 Innledende undersøkelser

Figur 15 viser en oversikt over punktligheten for perioden høsten 2002 for de respektive togene. Figur 16 viser en lignende oversikt over antall passasjerer.



Figur 15: Antall reisende ved togene 310, 312, 314, 316, 318 og 320

Vi ser at togene 310, 314 og 318 mangler verdier for ukene 27 til 33. Dette kommer av at disse togene ikke har gått i denne perioden. En ser også at flere av togene har sterkt avvikende verdier for uke 52, som er juleuken. Vi har derfor valgt å fjerne uke 52 fra analysene.



Figur 16: Forsinkelser for togene 310, 312, 314, 316, 318 og 320

I Figur 16 ser en at det er ett plutselig hopp i forsinkelsene for tog 320 i uke 43. Denne høye verdien for tog 320 stammer fra en dag (onsdag 23.oktober 2002) der forsinkelsen var 104 minutter. Denne store forsinkelsen forskyver skalaen på plottet slik at de andre forsinkelsene virker små i forhold. Likevel er det mindre variasjoner i forsinkelsene for disse togene enn tilfellet var for de tre togene i morgenrush.

I analysene for mellom rush togene er det benyttet samme fremgangsmåte som er beskrevet for morgenrush (kapittel 4.1.2 til 4.1.7). Plott og grafer, samt utvikling av modell for noen av togene finnes i vedlegg C. Konklusjoner basert på disse analysene finnes i kapittelet under.

4.2.2 Konklusjoner for mellom rush

Modellene som har blitt laget for tog 310, 312, 314, 316, 318 og 320 ga varierende resultat. Dette er det samme som en så for morgenrush togene. Ut i fra krysskorrelasjonsplottet virker det som om forsinkelsene påvirker antall reisende i liten grad, og mindre enn tilfellet var for togene i morgenrush. For tog 310, 314, 318 og 320 er det dårlig signifikans på modellene ut i fra varians analysene. For tog 312 og 316 er det noe bedre. Se Vedlegg C for flere detaljer.

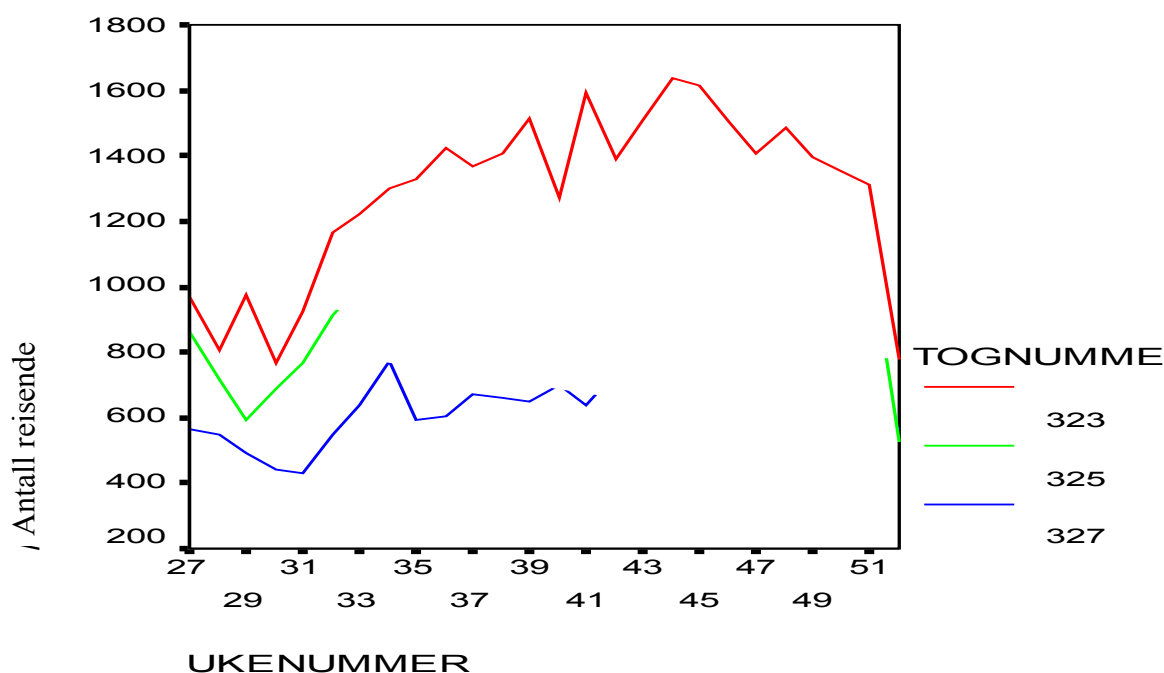
4.3 Ettermiddagsrush fra Oslo

Ettermiddagsrush togene består av tog 323, 325 og 327. Disse togene har følgende avgangs- og ankomsttider

- 323 avgang Oslo - 15:37 ankomst Hamar - 17:04
- 325 avgang Oslo - 16:37 ankomst Hamar - 18:55
- 327 avgang Oslo - 17:37 ankomst Hamar - 19:54

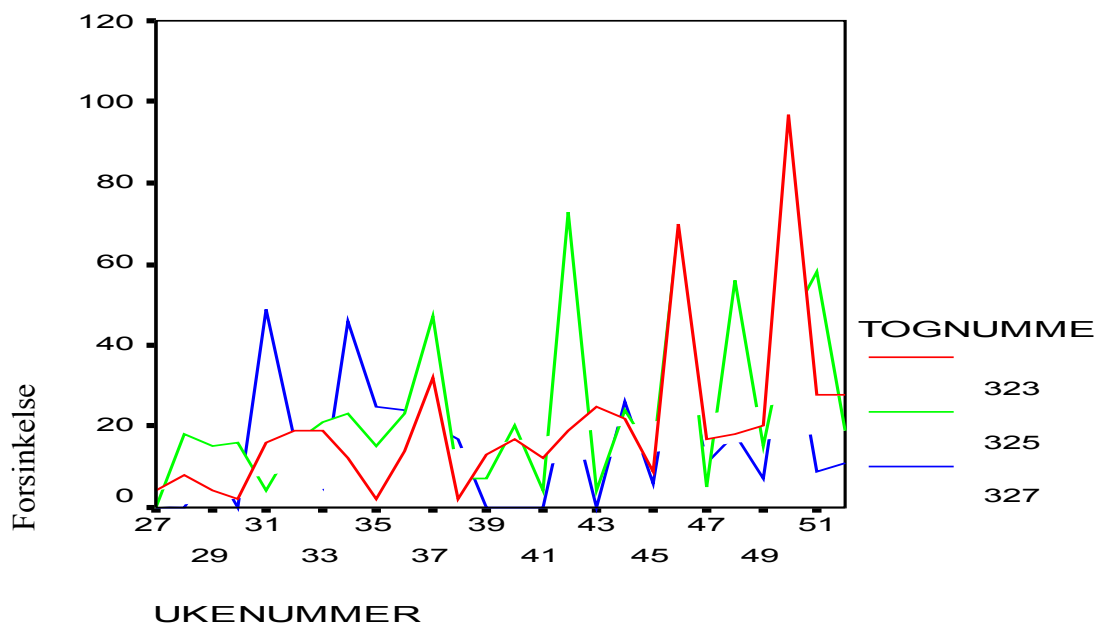
4.3.1 Innledende undersøkelser

Figur 17 viser en oversikt over punktligheten for perioden høsten 2002 for de respektive togene. Figur 18 viser en lignende oversikt over antall passasjerer.



Figur 17: Antall reisende ved togene 323, 325 og 327

Av figuren ser en at det er plutselig fall i antall reisende i uke 52, som er juleuken. Vi har derfor valgt å fjerne uke 52 fra datamaterialet. Figuren viser ellers at det er relativt stor variasjon i antall reisende for disse togene.



Figur 18: Forsinkelser for togene 323, 325 og 327

Av Figur 18 ser en at det er en jevn økning i forsinkelser for tog 323 og til dels tog 325 utover i perioden. Dette er derimot ikke tilfelle for tog 327. Figuren viser ellers at det er større spredning i forsinkelsene enn tilfellet var for mellom rush togene.

I analysene for ettermiddagsrush togene er det benyttet samme fremgangsmåte som er beskrevet for morgenrush (kapittel 4.1.2 til 4.1.7). Plott og grafer, samt utvikling av modeller for disse togene, finnes i vedlegg C. Konklusjoner basert på disse analysene finnes i kapittelet under.

4.3.2 Konklusjoner for ettermiddagsrush

Modellene for alle de tre ettermiddagsrush togene gir gode signifikante verdier i variansanalysene. Det er likevel momenter ved modellene som ikke er bra.

For tog 323 så har antall reisende i uke (t-1) et veldig høyt presisjonsnivå i modellen. Variabelen virker positivt på antall reisende, men påvirkningen er ikke sterk. Forsinkelsen i uke (t-1) påvirker negativt, men lite, mens forsinkelsen for uke (t-2) har en positiv virkning. Presisjonsnivået er veldig lavt for forsinkelsene. Det at modellen kun har ett høyt presisjonsnivå på antall reisende i uke (t-1) kan tyde på at det er viktige momenter modellen for tog 323 ikke har fanget opp.

For tog 325 og 327 er det også de samme faresignalene som for tog 323. Variabelen Antall reisende i uke (t-1) har her et relativt høyt presisjonsnivå i forhold til forsinkelsesvariablene. Det kan derfor tyde på at heller ikke modellene for tog 325 og 327 klarer å fange opp enkelte viktige momenter.

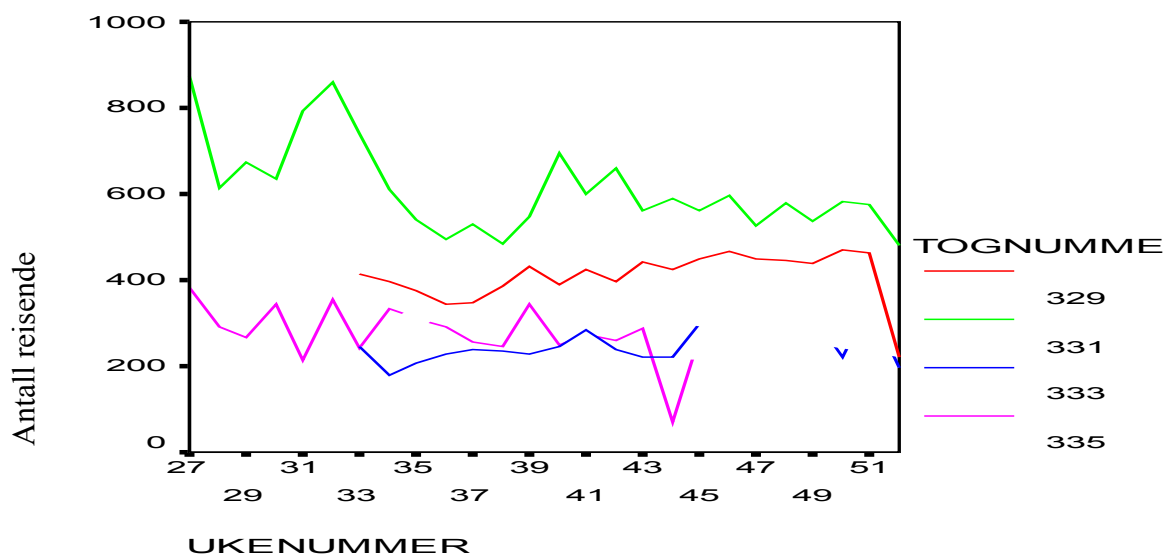
4.4 Kveldstog fra Oslo

Kveldstogene består av tog 329, 331, 333 og 335 Disse togene har følgende avgangs- og ankomsttider:

■ 329	avgang Oslo -18:37	ankomst Hamar - 19:59
■ 331	avgang Oslo -19:37	ankomst Hamar - 20:59
■ 333	avgang Oslo -20:37	ankomst Hamar - 22:06
■ 335	avgang Oslo -21:37	ankomst Hamar - 23:06

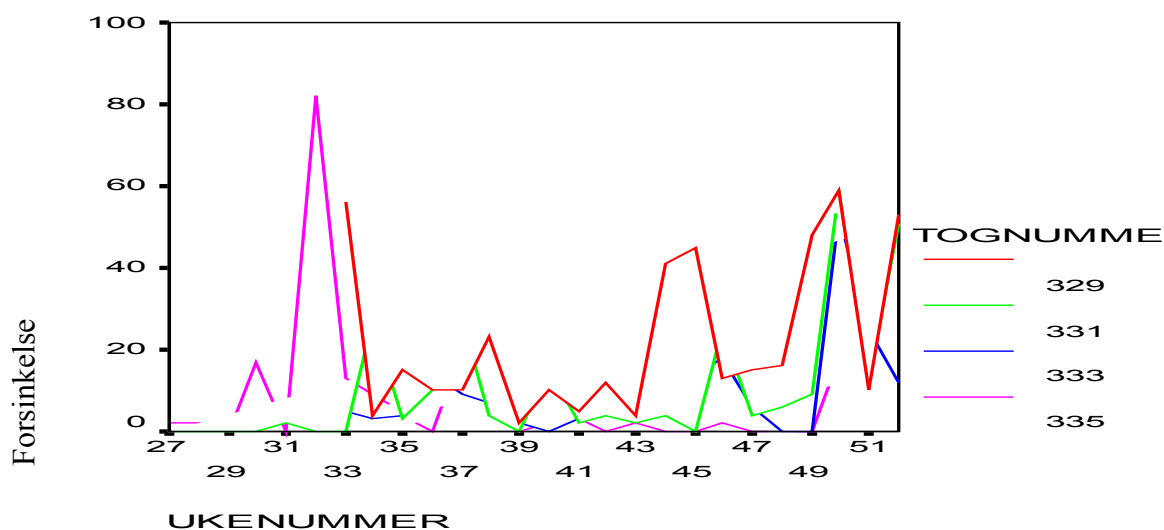
4.4.1 Innledende undersøkelser

Figur 19 viser en oversikt over punktligheten for perioden høsten 2002 for de respektive togene. Figur 20 viser en lignende oversikt over antall passasjerer.



Figur 19: Antall reisende ved togene 329, 331, 333 og 335

Figuren viser det samme fallet i antall reisende for uke 52 som vi har sett tidligere. Uke 52 er derfor også her plukket ut fra analysene. Vi ser også at det er relativt høyt antall reisende på tog 331 i forhold til de andre.



Figur 20: Forsinkelser for togene 329, 331, 333 og 335

Figuren viser at forsinkelsene gjør et hopp i uke 32 for tog 335. Ser en bort fra dette er det mindre variasjoner i forsinkelser for disse togene enn tilfellet var for ettermiddagsrush togene.

I analysene for mellomrush togene er det benyttet samme fremgangsmåte som er beskrevet for morgenrush (kapittel 4.1.2 til 4.1.7). Plott og grafer, samt utvikling av modell for noen av togene finnes i vedlegg C. Konklusjoner basert på disse analysene finnes i kapittelet under.

4.4.2 Konklusjoner for kveldstog

For noen av togene i denne analysebolken traff modellen bra. Retningene på regresjonslinjene varierte derimot mye.

For tog 329 virker det som at modellen treffer rimelig bra. Signifikans nivået ut i variansanalysene er gode og modellen har ett høyt presisjonsnivå for både forsinkelse i uke (t-1) og antall reisende i uke (t-1).

For tog 331 har modellen et relativt bra signifikansnivå fra variansanalysen. Det er derimot kun for antall reisende i uke (t-1) at presisjonsnivået er akseptabelt.

For tog 335 har modellen et relativt dårlig signifikansnivå. I tillegg er det dårlig presisjon på alle variabler for antall reisende og forsinkelser. Det er kun konstantleddet som har høyt presisjonsnivå.

For tog 333 treffer modellen relativt godt. Signifikansnivået for variansanalysen er god. Det samme gjelder presisjonsnivåene til variablene antall reisende i forrige uke (t-1) og forsinkelse i forrige uke (t-1). Det som derimot virker rart med modellen er at også forsinkelsene virker positivt på antall reisende. Dette gjør at det modellen ikke kan karakteriseres som god.

4.5 Oppsummering av metode og modeller

En av målsetningene for prosjektet har vært å utvikle en metode for å kartlegge og analysere sammenhengen mellom punktlighet og antall reisende. Dette kapittelet sammenstiller og oppsummerer denne metoden. I tillegg oppsummeres resultatene (modellene) som metoden har gitt for de tog som har vært analysert.

Metoden for kartlegging og analyse av sammenhengen mellom punktlighet og antall reisende kan oppsummeres i seks trinn:

1. Datafangst

Når det skal lages modeller som skal beregne (estimere) hvordan forsinkelsen påvirker antall reisende må man ha gode data som legges til grunn. Dette er en forutsetning dersom en skal få gode resultater ut. Stort fokus må derfor legges på datainnsamling samt forståelse av datamaterialet. Datafangsten er grunnlaget for databehandlingen, som er trinn 2 i metoden.

2. Databehandling

Datamaterialet som blir samlet inn i datafangsten (punkt 1) må behandles dersom statistikkverktøyene skal ha mulighet til å lese og behandle dataene på rett måte. For den utviklede metoden innebærer det å aggregere data fra dagsnivå til ukensnivå, slette ekstremverdier, samt å sammenstille dataene på rett format.

3. Analyse av data

I den utviklede metoden benyttes ulike analysemetoder og plott. Analysemetodene og plottene benyttes for å identifisere hvilke forklaringsvariable (for eksempel antall reisende forrige uke) en modell for det enkelte tog skal inneholde. Analysemetoder og plott som blir benyttet er:

- **Kryssplott av forsinkelser i uke (t) mot antall reisende i uke (t)**
Plottene blir tatt for å se om det er sammenhenger mellom forsinkelser og antall reisende på samme tid. Det blir også undersøkt om man kan filtrere bort underordnet støy ved å se på differanser for antall reisende og forsinkelse. Med forsinkelser menes differansen mellom forrige uke (t-1) og den uken en ser på (t) til en hver tid. Hvis de underliggende faktorene blir borte skal punktene samles mer og trenden bli klarere. Ved gode treff får en store R^2 -verdier.
- **Krysskorrelasjonsplott**
Disse plottene blir laget for å avdekke mulige sammenhenger mellom forsinkelser og antall reisende i tidligere uker.
- **Kryssplott med differensiering av tider**
Disse plottene blir laget for å undersøke om det er sammenheng mellom forsinkelser for en og to uker siden og antall reisende i den uken en ser på. Også her beregnes det for differanser for antall reisende og forsinkelse for å se om dette tar bort underliggende faktorer og trender.
- **Autokorrelasjonsplott**
Disse plottene blir benyttet for å undersøke sammenhengen mellom antall reisende i en uke og antall reisende i tidligere uker.

4. Modellbygging

Basert på identifikasjonen av de forklaringsvariablene en skal ha med i modellen, bygger en nå en modell for hvert enkelt tognummer. Modellene blir basert på regresjonsanalyse samt og de reelle data som en har samlet inn og behandlet gjennom trinn 1, 2 og 3 i metoden. I modellen ønsker en å beregne/estimere antall reisende i uke t , det vil si antall reisende i den uken en ser på. Ut fra sammenhenger som man ser i kryssplottene som er utført i trinn 3 velger man ut hvilke variable man skal ta inn i modellen. Hjelpemidler for å se sammenhenger er R^2 -verdiene og hvilken retning regresjonslinjene i kryssplottene peker. Variable som har blitt brukt gjennomgående i dette prosjektet er: forsinkelsen i uke $(t-1)$, forsinkelsen i uke $(t-2)$ og antall reisende i forrige uke $(t-1)$.

5. Grafisk modell sjekk

Det neste steget i metoden er å undersøke hvor godt modellen som er laget treffer med virkeligheten. Det blir laget et plott over observerte antall reisende i den perioden man beregner for. Dette plottet blir i samme graf sammenlignet mot et plott av de verdiene som modellen beregner. Ut i fra dette kan man se avvikene mellom observerte verdier og de som modellen har beregnet. For å ha en enkel modell å sammenligne den mer avanserte regresjonsmodellen mot, plottes forrige ukes antall reisende $P(t-1)$. Denne modellen kaller vi for en naiv modell. Regresjonsmodellens verdier bør ligge mellom de observerte verdiene og verdiene til den naive modellen.

6. Vurdering, konklusjon og oppsummering

Basert på gjennomført analyser kan man så trekke konklusjoner ut i fra de modellene som er laget. Dette gir modeller, som med visse forbehold, kan benyttes.

4.5.1 Sammendrag av modellene for Dovrebanen, høst 2002

Ut i fra modellene for tog i morgen- og ettermiddagsrush ser en at ett minutt forsinkelse i gjennomsnitt gir tap av en passasjer. I de fleste tilfellene mister en mellom 0 og 3 passasjerer for hvert forsinkelsesminutt, noe som gjør at en med relativ stor sannsynlighet kan si at en slik verdi for Dovrebanen skal ligge mellom 0 og 3. Det må likevel presiseres at det er nødvendig å teste modellen ut på et større datasett, samt over et lengre tidsspenn, for å kunne konkludere med dette. Når det gjelder tog mellom rush og for kveldstog er resultatene mer sprikende. Dette kan tyde på at en forsinkelse har mindre påvirkning på antall reisende for disse togene. Det må også her presiseres at det er behov for flere analyser for å konkludere endelig.

I tabellen under er det laget et sammendrag og vurdering av modellene for de enkelte tog som har blitt analysert. I tabellene blir det benyttet følgende angivelser av variabler:

- $P_{(t)}$ = Antall reisende i tiden t . Denne beregnes i regresjonsmodellen
- $P_{(t-1)}$ = Antall reisende i tiden $(t-1)$. Denne er en uavhengig variabel i modellen
- $F_{(t-1)}$ = Forsinkelsen i tiden $(t-1)$. Denne er en uavhengig variabel i modellen
- $F_{(t-2)}$ = Forsinkelsen i tiden $(t-2)$. Denne er en uavhengig variabel i modellen

Bolk	Tog nr	Modellens parametere	Samsvar med virkeligheten ut i fra modellsjekk	Modellens gyldighet (signifikans)	Usikkerhet i modellen. De enkelte variable	Svakheter i modellen	Konklusjon
Morgenrush inn til Oslo	302	$P(t)=60.2+0,45*P(t-1) - 0,41*F(t-1) - 0,13*F(t-2)$	Modellen begynner for høyt og treffer dårlig ut sesongen. Store variasjoner tar modellen opp til en hvis grad.	Modellen treffer ikke godt. Det virker som det er underliggende faktorer som modellen ikke fanger opp.	Det er bare presisjon på variabelen P(t-1) i modellen. Variablene for forsinkelse treffer dårlig.	Svakheterne er at modellen kun har presisjon på variabelen P(t-1). Det er derfor trolig underliggende faktorer i dataene som modellen ikke fanger opp. Det burde kanskje være flere variable i modellen.	Ut i fra kryssplottene så vi at toget hadde retninger på regresjonslinjene som ikke var forventet. I tillegg traff punktene i kryssplottet dårlig i forhold til regresjonslinjen.
	304	$P(t) = 121.6 + 0,85P*(t-1) - 2,46*F(t-1) + 1,07*F(t-2)$	Modellen treffer veldig godt. Den treffer i stor grad mellom den enkle (naiv) modellen og de observerte verdiene, noe som er ønskelig.	Modellen har en høy presisjon.	Modellen har god presisjon for variabelen P(t-1) og F(t-1). I denne modellen klarer man å estimere hvordan forsinkelsen virker inn på grunn av presisjonsnivået for forsinkelsen. For F(t-2) er det liten presisjon.	Modellen synes å ha få svakheter. Det er dog liten presisjon for variabelen F(t-2).	Modellen er god. Den treffer bra både ved kryssplott og i regresjonsmodellen.
	306	$P(t) = 125,9 + 0,92*P(t-1) - 2,43*F(t-1) - 1,14*F(t-2)$	Modellen følger de observerte verdiene, men klarer ikke å få med seg større variasjoner.	I utgangspunktet treffer modellen bra. Men det er noen svakheter med denne modellen.	Modellen har kun god presisjon på forrige ukes antall reisende. Forsinkelsesvariablene treffer dårlig.	Modellen har ikke klart å fange effektene riktig fordi det bare er P(t-1) som spiller inn i modellen.	Modellen er tvilsom.

Bolk	Tog nr	Modellens parametere	Samsvar med virkeligheten ut i fra modellsjekk	Modellens gyldighet (signifikans)	Usikkerhet i modellen. De enkelte variable	Svakheter i modellen	Konklusjon
Mellom rush inn til Oslo	312	$161,60 + 0,66*P(t-1) - 1,55*F(t-1) + 2,42*F(t-2)$	Modellen ser ut til å følge de observerte verdiene bra. Den ligger oftest mellom de observerte verdiene og den naive modellen.	Modellen har en høy presisjon.	Modellen ser ut til å fange opp effektene fra P(t-1) med en høy presisjon. Forsinkelsene er litt mindre presise.	Modellen ser ut til å vekte variablene for forsinkelsen høyt, men de har lav presisjon.	Tvilsom modell.
	316	$215,70 + 0,53*P(t-1) - 1,38*F(t-1) + 0,873*F(t-2)$	Modellen begynner lavt. Verdiene fra den virker også å være en god del mer glattet ut enn de som er observerte.	Modellen ser ut til å treffe bra ut i fra variansanalysene.	Modellen har dårlig presisjon for forsinkelsesvariable ne.	Modellen er som for tog 312 med usikkerhet i variablene for forsinkelsene.	Toget har forventede retninger og punktene i kryssplottene og treffer bra i forhold til de andre mellom rush togene. Modellen har bra presisjon.
	310	$220,8 + 0,29*P(t-1) + 0,663*F(t-1) - 1,84*F(t-2)$	Modellen er veldig utglattet i forhold de observerte verdiene. Den fanger ikke opp effektene.	Modellene treffer dårlig ut i fra variansanalysene.	Modellene har veldig dårlig presisjon på både variablene for forsinkelse og antall reisende	Enkelte av modellen sier at forsinkelser virker positivt på antall reisende.	Tvilsumme modeller.
	314	$168,2 - 0,12*P(t-1) + 0,45*F(t-1) + 0,06*F(t-2)$	Koeffisientene for variablene sier at verdiene for regresjonsmodellen kommer til å være veldig glattet. Det vises også i grafen for modellsjekk.				
	318	$124,2 + 0,316*P(t-1) - 0,50*F(t-1) - 0,529*F(t-2)$	Modellen treffer ikke bra. Det er likevel verdt å merke seg at det var store variasjoner for antall reisende for dette toget				
	320	$282,96 + 0,356*P(t-1) + 0,73*F(t-1) + 0,12*F(t-2)$	Modellen treffer relativt bra i forhold til de reelle verdiene i modellsjekken.				

Bolk	Tog nr	Modellens parametere	Samsvar med virkeligheten ut i fra modellsjekk	Modellens gyldighet (signifikans)	Usikkerhet i modellen. De enkelte variable	Svakheter i modellen	Konklusjon
Ettermiddagsrush fra Oslo	323	$P(t)=413,4 + 0,674*P(t-1) - 0,13*F(t-1) + 2,57*F(t-2)$	Modellene følger de observerte verdiene veldig bra.	Modellene treffer også veldig bra ut i fra variansanalyser.	Modellene har bare høy presisjon for antall reisende i forrige uke. Forsinkelsesvariablene har veldig dårlig presisjon.	Svakheten er at modellene kun har presisjon for variabelen P(t-1).	Modellen ser tilsynelatende bra ut men den fanger sannsynligvis ikke opp alle effektene som ligger i datamaterialet
	325	$P(t) = 170,3 + 0,84*P(t-1) + 1,16*F(t-1) - 0,49*F(t-2)$					Modellen ser tilsynelatende bra ut, men den fanger sannsynligvis ikke opp alle effektene som ligger i datamaterialet. I tillegg er det motsatt virkning på forsinkelsesvariablene i forhold til det en forventer. Forsinkelsen i forrige uke F(t-1) virker positivt på antall reisende i denne uke; P(t).
	327	$P(t)= 163,9 + 0,75*P(t-1) - 0,75*F(t-1) + 1,05*F(t-2)$					Modellen ser tilsynelatende bra ut, men den fanger sannsynligvis ikke opp alle effektene som ligger i datamaterialet.

Bolk	Tog nr	Modellens parametere	Samsvar med virkeligheten ut i fra modellsjekk	Modellens gyldighet (signifikans)	Usikkerhet i modellen. De enkelte variable	Svakheter i modellen	Konklusjon
Kveldstog fra Oslo	329	$P(t)=134,2 + 0,67*P(t-1) + 0,99*F(t-1) - 0,53*F(t-2)$	Modellene ser ut til å treffe bra for 329 og 331.	Modellene har høy presisjon basert på variansanalysen.	Modellen har høy presisjon både for P(t-1) og F(t-1). Modellen ser ut til å treffe bra.	Variabelen for forsinkelse i forrige uke F(t-1) ser ut til å virke positivt på antall reisende i denne uke.	Modellen ser ut til å treffe bra. Likevel påvirkes forsinkelsen på en måte som man ikke forventer. Tvilsom modell.
	331	$P(t) = 293,94 + 0,55P*(t-1) - 1,87*F(t-1) + 0,79*F(t-2)$			Modellen har bare høy presisjon på P(t-1).	Forsinkelsesvariablene er ikke presise	Modellen ser også her ut til å være bra, men sannsynligvis tar ikke denne modellen hensyn til alle effektene som ligger i datamaterialet
	333	$P(t)= 96,61 + 0,53*P(t-1) + 2,41*F(t-1) + 1,83*F(t-2)$	Modellen avviker fra observerte verdier når man kommer til slutten av den undersøkte perioden.	Basert på variansanalysen er det høy presisjon.	Både variablene for forsinkelse og antall reisende ser ut til å være presise. Det er kun F(t-2) som ser ut til å treffe dårlig.	Svakheten i modellen er at forsinkelser ser ut til å virke positivt på antall reisende.	Denne modellen er ikke god. Den avviker mye i den grafiske modellsjekken og forsinkelser virker positivt på de kommende reisende.
	335	$P(t)= 293,1 - 0,037*P(t-1) - 0,58*F(t-1) + 0,89*F(t-2)$	Dårlig. Modellen er helt glatt.	Dårlig.	Usikkerhet på alle variable.	Denne har alle svakheter.	Ingen god modell.

Tabell 6: Sammendrag og vurdering av modellene for de enkelte tog som har blitt analysert.

4.6 Vurdering av modellene som er utviklet

Regresjonsmodellenes resultater må tolkes med stor forsiktighet. Regresjonsmodeller kan svikte på to måter. Det ene er at selve modellen ikke treffer særlig bra (lav F verdi i ANOVA-analysen, noe som er tilfellet for tog 302 og 333), i dette tilfellet ser man klart at modellen svikter. I andre tilfeller virker modellene dårlige ut fra andre vurderinger, selv om de ser ut til å treffe bra.

En modell som treffer bra, men som har en "mistenkelig høy" presisjon (høy t-verdi) for antall reisende i forrige uke bør betraktes med skepsis. Slike modeller med "mistenkelig høy presisjon" kan forekomme fordi vi ikke har klart å ta hensyn til andre effekter enn det som er inkludert i modellen. Et eksempel kan være en langsiktig trend i antall reisende, prisendringer osv. I modellen fanges alle slike effekter opp av antall reisende i forrige uke, slik at den tillegges for stor vekt, mens forsinkelsen slår inn med dårlig resultat enten i form av gale verdier eller med lav presisjon (eller med begge deler).

For noen tog (for eksempel tog 306, 312, 316, 325) ser vi at modellen har de egenskapene som er nevnt ovenfor. Modellen treffer bra, men har en "mistenkelig høy presisjon" (høy t verdi) for antall reisende i forrige uke. I tillegg slår forsinkelsene inn med positive verdier (eller forsinkelsen en periode bak i tid slår inn med en liten negativ verdi, den andre med en stor positiv verdi). I slike tilfeller bør man betrakte modellen med stor skepsis. Resultatene kan skyldes spesielle forhold og utenforstående faktorer i selve analyseperioden.

Grovt sett kan man si at modellene en har kommet frem til gir akseptable resultater for noen tog (eksempel tog 304 i morgenrush), men at de bør brukes med en viss forsiktighet. Samtidig ser det ut til å være noen effekter for andre tog (for eksempel tog 323, 325 og 327 i ettermiddagsrush), men at det her gjenstår noe arbeid før modellen kan betraktes som god nok.

4.6.1 Faktorer som kan ha påvirket analysene

I tillegg til punktlighet er det flere andre faktorer som påvirker antall reisende. Gjennom samtaler med personer i NSB og Jernbaneverket har vi kommet frem til følgende viktige faktorer eller endringer som vi antar kan ha hatt påvirkning på antall reisende på Mellomdistanse Dovrebanen høsten 2002:

- På Dovrebanen har en slitt med store problemer i hele 2000, 2001 og våren 2002, mye grunnet ulykken på Åsta. Dette er problemer en har jobbet med hele tiden, og som en først så forbedringer på våren 2002. Punktligheten var eksempelvis nede i 50% enkelte av månedene våren 2002.
- Det har derfor vært mye press på å droppe saktekjøringer, noe som har gitt resultater etter hvert, og høsten 2002 var den beste perioden på lang tid når det gjelder punktlighet.
- Det er mange militære som reiser med banen, spesielt til og fra Lillehammer. Denne trafikken er spesielt høy i august og oktober, da antallet av slike reiser øker med en faktor på fem.
- Studentene var misfornøyd med de nye reglene rundt studentmoderasjon som ble innført 1. januar 2002 og satt derfor opp egne busser fra og til Lillehammer. NSB tok aksjon og kjørte kampanje mot studenter ved bl.a. å innføre flere grønne avganger. Dette førte til at bussen ble droppet.
- Fra 15. juni ble det gjort noe med stoppmønsteret på Vestfoldbanen
- Det var ellers en ganske stabil periode for Dovrebanen.
- Det var ikke noen takstøkning i perioden. Sist takstøkning var 1. januar 2002, og den var relativt lav.

5 Funn i litteraturen opp mot funn i analysene

Hoveddelen av litteraturstudiet tar utgangspunkt i hvordan de reisende vurderer forsinkelser. Det er utført mye forskning rundt vurderinger og betalingsvilje for spesielt reisetid, men også forsinkelser. Innenfor dette området er det også utført forskning, spesielt i Sverige [13] [5]. Det bør derfor være mulig å overføre resultatene til det å se på hvordan punktlighet påvirker antall reisende. Selv om de brukte metodene fortsatt kan forbedres, noe som diskuteres i [9] og [21], så er dette et område der forskningsresultatene betraktes som etablerte. At forsinkelser vurderes som en ulempe er vel dokumentert, og vi har også beskrevet størrelsesorden på ulempen.

I denne rapporten har vi i tillegg brukt størrelsesorden på vurderingen av usikkerheten til å forutsi hvilke type reisende som er være mest følsomme for forsinkelser. Tanken er at de som har høyest vurdering av ulempen med forsinkelser bør være de som er mest følsomme og som velger å ikke bruke toget dersom toget ikke oppfyller deres krav til pålitelighet. Dette virker å være en logisk antagelse, men vi er ikke kjent med at vurderinger av forsinkelsestid er bruk på denne måten for å forutsi adferden til de reisende. Resultatene fra denne implikasjonsdelen av litteraturstudiet er derfor ikke etablerte på samme måte som selve vurderingene av reisetid og forsinkelsestid. Vi valgte denne vinkling fordi det ikke er funnet tidligere resultater fra direkte studier av hvordan forsinkelser påvirker utviklingen av antall reisende.

Analysene som er utført viser at punktlighet neppe er den eneste variabelen som påvirker utviklingen av antall reisende. Dette var heller ikke forventet basert på litteraturstudiet.

Vi har ikke hatt tilgang til informasjon om fordelingen av ulike typer reisende på de analyserte togene. Det kan likevel antas å være relativt flere arbeidsreiser og forretningsreiser på morgen- og ettermiddagsrush enn mellom rush og sent på kvelden.

Vi forventet en sterkere sammenheng mellom stort antall forsinkelser og reduksjon av antall reisende i rush enn på dagen og kvelden, fordi det i disse periodene er større andel forretningsreisende og pendlere som vurderer ulempen med forsinkelser høyere enn de som reiser på fritiden. Dersom resultater basert på adferden til bilister i Stockholm kan overføres til denne mellomdistansetrekningen så kunne også en større effekt forventes i morgenrush enn i ettermiddagsrush. Disse antagelsene er til dels bekreftet ved at det er funnet en forholdsvis klar og sikker effekt av forsinkelser i morgenrush med avganger fra Hamar i retning Oslo. I ettermiddagsrush fra Oslo er det funnet en usikker, men mulig sammenheng mellom forsinkelser og utviklingen i antall reisende. I tillegg er det ingen synbar effekt på tog midt på dagen i retning Oslo eller kveldstog fra Oslo i retning Hamar.

Basert på litteraturstudiet kunne vi også forvente at store forsinkelser skulle gi større effekt i form av reduksjon av antall reisende enn flere småforsinkelser. I vårt datagrunnlag er det få store forsinkelser slik at det er vanskelig å trekke konklusjoner fra analysen. Det er likevel ikke funnet noen sammenheng mellom antallet store forsinkelser eller innstillinger og utviklingen i antall reisende.

6 Konklusjoner

Det er ikke avdekket tidligere publiserte resultat fra analyser av sammenheng mellom punktlighet og utvikling av antall reisende, men det kan forventes å være en sammenheng mellom punktlighet og utvikling av antall reisende da ulempen med forsinkelser vurderes høyt av de reisende. Det er klart at det, i tillegg til punktlighet, også er andre faktorer som påvirker antall reisende.

Både litteraturstudiet og resultatene fra analysene tyder på at punktlighet påvirker antall reisende. Men begge indikerer også at det er andre faktorer som påvirker dette tallet. I tillegg støtter begge deler at påvirkningen er størst i rushtrafikken, spesielt i morgenrush. Dette kan bety at punktlighetens påvirkning på antall reisende er størst i morgenrush.

Basert på litteraturstudiet kunne vi forvente at store forsinkelser skulle gi større effekt i form av reduksjon av antall reisende enn flere småforsinkelser. I våre analyser finner vi ikke en slik sammenheng, men det må presiseres at det er for få store forsinkelser i datamaterialet som er analysert for å kunne trekke konklusjoner rundt dette.

6.1 Videre arbeid

Forslag til videre arbeid kan være:

- Raffinere modellen for å se om effekten kan fanges opp mer korrekt.
- Undersøke om det å ha flere andre forklaringsvariable inn i modellen, øker forklaringsgraden av modellen.
- Prøve ut modellen på flere andre banestrekninger og tidsperioder.
- Utvikle et verktøy som tar hensyn til "graden av forsinkelse". Dette kan eksempelvis være at punktlighet skal oppgis som aggregert antall minutter/ antall store forsinkelser, i tillegg til den måten punktlighet blir oppgitt i dag.

Referanser

- [1] Jernbaneverket, (2001) *Metodehåndbok JD 205*, Samfunnsøkonomiske analyser for jernbanen
- [2] Eliasson, J. (2002) *Förseningar, restidsosäkerhet och trängsel i samhällsekonomiska kalkyler*, Underlag til ASEK-arbeidet, Transek AB, 3. mai 2003. <http://www.sika-institute.se/>
- [3] Pyddoke, R. (2003) *Hur känsliga är järnvägsinvesteringars lönsamhet om de antaganden som görs om pris, restid och turtäthet inte realiseras?* 2003-04-01. <http://www.sika-institute.se/>
- [4] SIKÅ (2002:4) *Översyn av samhällsekonomiska metoder och kalkylvärden på transportområdet*. SIKÅ-rapport 2002:4. <http://www.sika-institute.se/>
- [5] SIKÅ (2002:8) *Tid och kvalitet i persontrafik*. SIKÅ-rapport 2002:8. Desember 2002 <http://www.sika-institute.se/>
- [6] Bruzelius, N. (2002) *Värderingen av tid i persontrafik*. 2002-02-11, Utkast 2.0 <http://www.sika-institute.se/>
- [7] Wardman, M. (2001) 'A review of British evidence on time and service quality valuations', *Transportation Research part E* vol. 37, pp. 107-128
- [8] Lam, T. C., Small, K. A. (2001) 'The valuation of reliability for personal travel', *Transportation Research part E* vol. 37, pp. 231-251
- [9] Bates, J., Polak, J., Jones, P., Cook, A. (2001) 'The value of time and reliability from a value pricing experiment', *Transportation Research part E* vol. 37, pp. 191-229
- [10] Eliasson (2003) *Bilisters värderingar av förseningar och trängsel*, Transek AB <http://www.sika-institute.se/>
- [11] Carey, M. (1998) 'Optimizing sheduled times, allowing for behavioural response', *Transportation Research part B* vol. 32, pp.329-342
- [12] Small, K. A and Winston, C.: The Demand for Transportation: Models and Applications, in Gomez-Ibanez, J, Tye, W. B. and Winston C (eds.): *Essays in Transportation Economics and Policy, A Handbook in Honour of John R. Meyer*, The Brookings Institution, Washington D.C, 1999
- [13] Lindh, C. og Widlert, S. (1989) *SJ-resenärernas kvalitetsvärdering – med avseesde på information, punktlighet, restid, styv tidtabell och turtäthet*, Institut för Trafikplanering, KTH, Stockholm
- [14] Noland, R. B and Polak, J. W. (2002) 'Travel time variability: a review of theoretical and empirical issues', *Transport Reviews*, Vol. 22, No. 1, pp 39-45
- [15] Rietveld, P., Bruinsma, F. R. and van Vuuren D.J, (2001) 'Coping with unreliability in public transportation chains: A case study for Netherlands', *Transportation Research Part A* 35, pp 539-559

- [16] Widlert, S. (2003). *Värdering av förseningar och trängsel*, upublicert PM, 2003-04-29
- [17] Marks, P. and Wardman, M. (1991) 'Leisure travel', in Fowkes, T. and Nash, C. (eds.), *Analysing demand for rail travel*, Avebury, Hampshire, UK
- [18] Riksrevisionsverket (1986) *Tågtrafikens punktlighet*, Revisionsrapport, Dnr. 1986:1091
- [19] Bresson (2003) 'The main determinants of the demand for public transport: a comparative analysis of England and France using shrinkage estimators', *Transportation Research Part A* 37, pp 605-627
- [20] Olsson, N., Sætermo, I. A. F., Røstad C. C., (2002) 'Konsekvensvurdering av anleggsarbeid i Vestkorridoren', SINTEF Teknologiledelse, Trondheim, Norge
- [21] Sælensminde, K.(2000) 'Reisetid, miljøkonsekvenser og trafikksikkerhet verdsettes trolig for høyt', Samferdsel nr. 7

VEDLEGG A: EKSEMPLER PÅ DATA BENYTTET

Antall_reis	Tognumme	Tellepunkt	Dato_norsk_format
0	302	HAMAR	20030501
25	302	HAMAR	20030502
36	302	HAMAR	20030505
11	302	HAMAR	20030506
12	302	HAMAR	20030507
15	302	HAMAR	20030508
21	302	HAMAR	20030509
27	302	HAMAR	20030512
25	302	HAMAR	20030513
18	302	HAMAR	20030514
17	302	HAMAR	20030515
17	302	HAMAR	20030516
30	302	HAMAR	20030519
9	302	HAMAR	20030520
15	302	HAMAR	20030521
13	302	HAMAR	20030522
18	302	HAMAR	20030523
24	302	HAMAR	20030526
17	302	HAMAR	20030527
22	302	HAMAR	20030528
0	302	HAMAR	20030529
12	302	HAMAR	20030530
0	304	HAMAR	20030501
60	304	HAMAR	20030502
9	304	HAMAR	20030503

Tabell A.1: Eksempel på antall reisende data

Tognr./	To	Fr	Lø	Sø	Ma	Ti	On	To	Fr	Lø	Sø	Ma	Ti	On	To	Fr	Lø	Sø	Ma	Ti	On
Dato	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
302		0			0	0	0	0	0			0	0	0	0	0			0	0	0
200		0			0	0	0	0	0			0	0	1000	0	0			0	0	0
102		0			2	0	0	0	0			3	0	0	0	0			0	0	4
804		0			0	0	0	0	0			0	0	0	0	0			0	0	0
606	0	0	0		2	0	0	2	0	0		0	83	3	0	0	0		0	0	0
406	0	0	0		11	0	5	2	0	0		3	4	4	0	0	0		5	4	2
104		0			0	0	0	0	0			0	0	0	0	0			0	0	1
706	0	0	0		94	4	0	4	5	0		0	0	0	0	0	0		5	0	2
872		0			4	5	0	3	0			0	5	3	0	0			4	2	1
304		0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0			0	4	0
106	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	2	0
202		0			2	2	0	4	0			0	0	0	5	0			2	2	0
806		0	0		0	3	2	4	0	0		0	5	4	0	0			0	0	0
12		0			0	0	0	0	0			0	0	0	0	0			0	2	0

Tabell A.2: Eksempel på punktlighetsdata: Tallene forteller antall minutter forsinkelse for de enkelte togene til eller fra Oslo S. Tallet 1000 indikerer innstilte tog.

VEDLEGG B: OVERSIKT OVER REISETID OG FORSINKELSER SAMT OVERSIKT OVER VERDIEN AV ET MINUTTS STANDARDAVVIKELSE DELT PÅ VERDIEN AV ET MINUTTS REISETID

Kilde	Type av reiser	Verdi pr. minutt, reisetid	Verdi pr. minutt, forsinkelse
Riksrevisjonsverket 1986, (Sverige) [18]	Alle typer tog		0,9 - 1,8 SEK
Lind and Widlert, 1989 ⁴ , (Sverige) [13]	Langdistanse, ikke forretningsreisende	0,7 SEK	2,40 SEK (stasjon) 1,70 SEK (på tog)
	Forretningsreisende	2,68 SEK	8,50 SEK (stasjon) 6,70 SEK (tog)
Jernbaneverket (2001) [1]	Forretningsreisende (<50 km), (>50 km)	1,98 NOK; 2,23 NOK	5,95 NOK; 3,35 NOK
	Til og fra arbeid, (<50 km), (>50 km)	0,71 NOK; 1,70 NOK	2,15 NOK; 2,55 NOK
	Andre reiser, (<50 km), (>50 km)	0,45 NOK; 1,17 NOK	1,35 NOK; 1,75 NOK
Marks and Wardman, 1991 (UK) [17]	Fritidsreiser, generelt	0,0532 £	0,0939 £
	Fritidsreiser, høy inntekt (>£15,000 per år)	0,084 £	0,168 £

Tabell B.1: Verdier av reisetid og forsinkelser. Vurderingene gjelder verdien per minutt og reisende. Verdiene gjelder pengeverdiene ved det tidspunkt studiene ble utført/publisert.

Det fremgår ikke alltid av kildene hvilken metode som er blitt brukt når verdiene er tatt frem. Der det er beskrevet så er det basert på spørsmål om betalingsvilje, så kalte Stated Preference data.

Kilde	Verdien av et minutts standardavvikelse / verdien av et minutt reisetid	Kommentar
Bruzelius (2002)	0,7 – 2,2	Oppsummering av en litteraturstudie. Spesielt for bil, men antas generelt i transport.
Eliasson (2002)	0,35 – 2,4 Anbefaler 0,90	Oppsummering av en litteraturstudie. Generelt i transport.
Eliasson (2003)	0,95 (morgenrush) 0,59 (ettermiddagsrush)	Bil i Stockholm
Bates et al. (2001)	1,3 – 2,0	Oppsummering av en litteraturstudie. Generelt i transport.

Tabell B.2: Verdien av et minutts standardavvikelse delt på verdien av et minutt reisetid. Dette kalles den relative verdien av reistidsusikkerhet. En verdi på 1,0 innebærer at individet er vurderer en reise som med sikkerhet tar 10 minutter lik med en reise som tar 9 minutter men har et standardavvik på et minutt.

VEDLEGG C: DETALJERTE BEREGNINGER I ANALYSENE