

**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 (Åpen rapport) - Hvordan punktlighet påvirker antall reisende

FORFATTER(E)

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

OPPDRAGSGIVER(E)

NSB

RAPPORTNR. STF38F03826	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Tony Clay	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN	PROSJEKTNR. 382528.04	ANTALL SIDER OG BILAG 45+25
ELEKTRONISK ARKIVKODE Punktlighet_antall_reisende.doc	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Mads Veiseth	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Lars Harald Vik (Sign.)	
ARKIVKODE	DATO 2003-11-28	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Bjørn Andersen, Forskningsjef	

SAMMENDRAG

Denne rapporten er en åpen rapport som er redusert i forhold til den fortrolige rapporten som var en leveranse til NSB i prosjektet "Punktlighet og antall reisende". Etter at den opprinnelige rapporten ble ferdig har NSB døpt om sine tog på Dovrebanen. Togene mellom Oslo og Lillehammer (tidligere benevnt InterCity eller mellomdistansetog), og (ekspres)togene mellom Oslo og Trondheim nå heter begge "NSB Regiontog". Målsetningen med prosjektet 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 en 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

INNHOLDSFORTEGNELSE

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 Metode og modeller	15
4.1.1 Sammendrag av modellene for Dovrebanen, høst 2002.....	16
4.2 Vurdering av modellene som er utviklet.....	22
4.2.1 Faktorer som kan ha påvirket analysene.....	22
5 Funn i litteraturen opp mot funn i analysene	23
6 Konklusjoner	24
6.1 Videre arbeid.....	24
Referanser	25

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. Rapportskriving 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 enkelte analyse bolker (for eksempel morgenrush eller ettermidagsrush) samsvarer modellen godt med virkeligheten, mens andre treffer mindre bra. 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 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 "Punktlighet 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.

Etter at den opprinnelige rapporten ble ferdig har NSB døpt om sine tog på Dovrebanen. Togene mellom Oslo og Lillehammer (tidligere benevnt InterCity eller mellomdistansetog), og (ekspress)togene mellom Oslo og Trondheim nå heter begge "NSB Regiontog".

2 Metode

I dette kapittelet 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 kapittelet før kapittel 3 går inn på litteraturstudiet og kapittel 4 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 vise 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 regiontog 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 SIKÅ (<http://www.sika-institute.se/>) og <http://www.Transeks.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. Reelle data er erstattet med kunstige data av hensyn til NSBs kommersielle interesser.

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. Reelle data er erstattet med kunstige data.

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 forsinkelseshistorikken 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 proSENTS 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 i [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

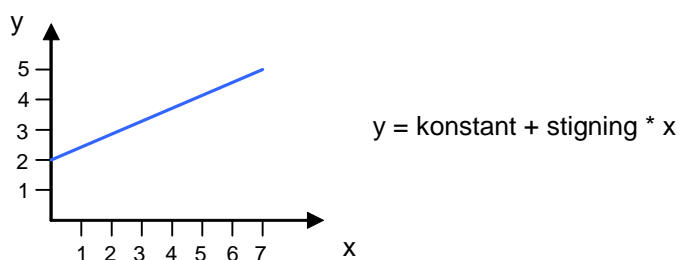
I dette kapittelet blir en metode for å avdekke sammenhenger mellom punktlighet og antall reisende presentert. Metoden blir illustrert gjennom at data fra mellomdistanse Dovrebanen for høsten 2002 blir analysert. Metoden resulterer i en modell som beskriver antall reisende pr tognummer som en funksjon 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. I denne bolk er det analysert 3 forskjellige tog.
2. Mellom rush togene fra Hamar til Oslo. Passasjertellinger er utført rett etter avgangen på Hamar. Ankomsttider er målt på Oslo S. I denne bolk er det analysert 6 forskjellige tog.
3. Etermiddagsrush fra Oslo mot Hamar. Passasjertellinger er utført rett etter avgang fra Oslo. Avgangstider er målt på Oslo S. 3 tog er analysert.
4. Kveldstog fra Oslo mot Hamar. Passasjertellinger er utført rett etter avgang fra Oslo S. Avgangstider er målt på Oslo S. 4 tog er analysert.

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)..
- **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.
- **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.
- **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 den fortrolige rapporten er det utført en mer inngående drøfting over hvordan metoden benyttes for å lage modellene. Det ble i denne rapporten dokumentert hvordan metoden er utviklet, forklaringsvariable som skal inn i modellen ble identifisert samt at koeffisientene for de ulike togene ble beregnet. Dette er utelatt i denne åpne rapporten på grunn av sensitiv informasjon.

Det som det er valgt å fokusere på i den åpne rapporten er en generell beskrivelse av hvordan metoden og modellene er utviklet.

4.1 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 kapitlet sammenstiller og oppsummerer denne metoden. . Oppsummeringen av resultatene er bare gitt tekstuelt og alle tallmateriale er tatt bort.

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 databearbeidingen, som er trinn 2 i metoden.

2. Databearbeiding

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 differanser menes det forskjellen 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. Ett mål som blir brukt i modellen for å beskrive hvor godt modellene treffer er R_{sq} -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_{sq} -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.

4.1.1 Sammendrag av modellene for Dovrebanen, høst 2002

Ut i fra modellene for tog i morgen- og ettermiddagsrush kan en se at det et vist antall minutters forsinkelse i gjennomsnitt gir et vist tap av passasjerer. Ut i fra analysene er kan man med en relativ stor sannsynlighet si at noe om antall passasjerer tapt for hvert forsinkelses minutt for Dovrebanen. 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
	1	$P(t)=60.2+0,45*P(t-1) - 0,41*F(t-1) - 0,13*F(t-2)$	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.
	2	$P(t) = 121.6 + 0,85P*(t-1) - 2,46*F(t-1) + 1,07*F(t-2)$	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.
	3	$P(t)= 125,9 + 0,92*P(t-1) - 2,43*F(t-1) - 1,14*F(t-2)$	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
	5	$161,60 + 0,66*P(t-1) - 1,55*F(t-1) + 2,42*F(t-2)$	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.
	7	$215,70 + 0,53*P(t-1) - 1,38*F(t-1) + 0,873*F(t-2)$	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 5 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.
	4	$220,8 + 0,29*P(t-1) + 0,663*F(t-1) - 1,84*F(t-2)$	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.	Tvilsomme modeller.
	6	$168,2 - 0,12*P(t-1) + 0,45*F(t-1) + 0,06*F(t-2)$	Koeffisientene for variablene sier at verdiene for regresjonsmodellen kommer til å være veldig glattet. Det vises også i grafen for modellsjekk.				
	8	$124,2 + 0,6*P(t-1) - 0,50*F(t-1) - 0,529*F(t-2)$	Modellen treffer ikke bra. Det er likevel verdt å merke seg at det var store variasjoner for antall reisende for dette toget				
	9	$282,96 + 0,356*P(t-1) + 0,73*F(t-1) + 0,12*F(t-2)$	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
	10	$P(t)=413,4 + 0,674*P(t-1) - 0,13*F(t-1) + 2,57*F(t-2)$	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
	11	$P(t) = 170,3 + 0,84*P(t-1) + 1,16*F(t-1) - 0,49*F(t-2)$					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).
	12	$P(t)= 163,9 + 0,75*P(t-1) - 0,75*F(t-1) + 1,05*F(t-2)$					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
	12	$P(t)=134,2 + 0,67*P(t-1) + 0,99*F(t-1) - 0,53*F(t-2)$	Modellene ser ut til å treffe bra for 12 og 13.	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.
	13	$P(t) = 293,94 + 0,55*P(t-1) - 1,87*F(t-1) + 0,79*F(t-2)$			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
	14	$P(t)= 96,61 + 0,53*P(t-1) + 2,41*F(t-1) + 1,83*F(t-2)$	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.
	15	$P(t)= 293,1 - 0,037*P(t-1) - 0,58*F(t-1) + 0,89*F(t-2)$	Dårlig. Modellen er helt glatt.	Dårlig.	Usikkerhet på alle variable.	Denne har alle svakheter.	Ingen god modell.

Tabell 2: Sammendrag og vurdering av modellene for de enkelte tog som har blitt analysert.

4.2 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 1 og 14), 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 3, 5, 6, 10) 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 2), men at de bør brukes med en viss forsiktighet. Samtidig ser det ut til å være noen effekter for andre tog (for eksempel tog 9, 10 og 11), men at det her gjenstår noe arbeid før modellen kan betraktes som god nok.

4.2.1 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 med regiontog på Dovrebanen høsten 2002:

- På Dovrebanen har en slitt med store problemer i hele 2000, 2001 og våren 2002, mye grunnet vedvarende hastighetsbegrensninger og høyst variabel punktlighet.. 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.
- En grundig restituering av banegrunden medførte adskillig færre 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 stoppmønsteret på Vestfoldbanen justert med direkte innvirkning på punktlighet i den andre delen av pendelen.
- Det var ellers en ganske stabil periode for Dovrebanen.

- Takstøkning fra 1. januar 2002 var på linje med konsumprisindeksen, dvs ingen realprisøkning.

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 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] SIKA (2002:4) *Översyn av samhällsekonomiska metoder och kalkylvärden på transportområdet*. SIKA-rapport 2002:4. <http://www.sika-institute.se/>
- [5] SIKA (2002:8) *Tid och kvalitet i persontrafik*. SIKA-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 scheduled times, allowing for behavioural response', *Transportation Research part B* vol. 32, pp.12-342
- [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 avseende 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*, upublisert 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_reisende _på_tellepunkt	Tognummer	Tellepunkt	Dato_norsk_format
0	302	HAMAR	20030501
10	302	HAMAR	20030502
16	302	HAMAR	20030505
50	302	HAMAR	20030506
60	302	HAMAR	20030507
10	302	HAMAR	20030508
12	302	HAMAR	20030509
16	302	HAMAR	20030512
90	302	HAMAR	20030513
2	302	HAMAR	20030514
34	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

Tog nr./ Dato	To	Fr	Lø	Sø	Ma	Ti	On	To	Fr	Lø	Sø	Ma	Ti	On	To	Fr	Lø	Sø	Ma	Ti	On
	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.

NB: Noen av tognumrene er hentet fra andre banestrekninger enn Dovrebanen.

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.