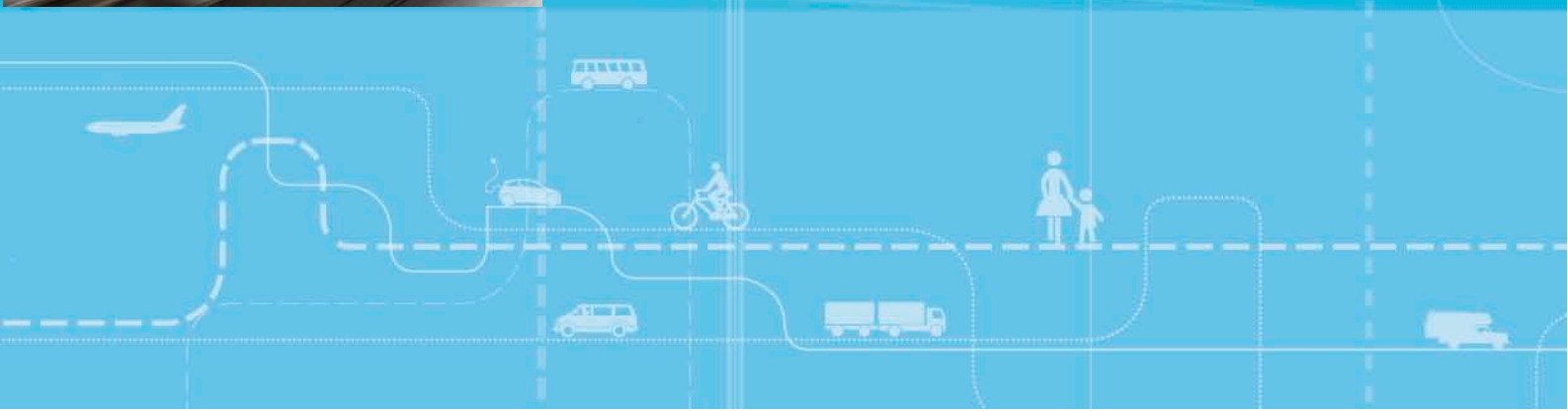


# Hva koster et forsinket godstog? Anvendelse av nyere forskningsresultater





# Hva koster et forsinket godstog? Anvendelse av nyere forskningsresultater

Askill Harkjerr Halse  
Marit Killi

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

---

**Tittel:** Hva koster et forsinket godstog? Anvendelse av nyere forskningsresultater

**Forfattere:** Askill Harkjerr Halse  
Marit Killi

**Dato:** 01.2013

**TØI rapport:** 1250/2013

**Sider** 45

**ISBN Elektronisk:** 978-82-480-1410-2

**ISSN** 0808-1190

**Finansieringskilde:** Norges Forskningsråd

**Prosjekt:** 3571 - Punktlighetsforbedring for godstrafikk på bane gjennom beslutningsstøttesystem

**Prosjektleder:** Marit Killi

**Kvalitetsansvarlig:** Kjell Werner Johansen

**Emneord:** Enhetskostnader  
forsinkelser  
Gods  
jernbane  
Punktlighet  
reisetid  
Standardavvik

#### **Sammendrag:**

Rapporten ser nærmere på hvordan enhetskostnader for verdsetting av forsinkelser av gods på jernbane, som er beregnet ved bruk av stated preference-undersøkelser, kan bearbeides videre for bruk i beslutningsprosesser. Studien er et supplement til TØI-rapport 1189/2012 og andre tidligere studier som omhandler verdsetting av tid og pålitelighet knyttet til godstransport. Vi viser at resultatene våre er både rimelige og svært konsistente. Vi ser også på noen nyere, internasjonale erfaringer knyttet til verdsetting av pålitelighet for godstransport, selv om det foreløpig er gjennomført få slike studier. Vi anbefaler at det satses videre på forskning på feltet, spesielt på beregning av endringer i forsinkelser og variasjon.

**Title:** The costs of freight train delays. Applying results from recent research

**Author(s):** Askill Harkjerr Halse  
Marit Killi

**Date:** 01.2013

**TØI report:** 1250/2013

**Pages** 45

**ISBN Electronic:** 978-82-480-1410-2

**ISSN** 0808-1190

**Financed by:** The Research Council of Norway

**Project:** 3571 - Punktlighetsforbedring for godstrafikk på bane gjennom beslutningsstøttesystem

**Project manager:** Marit Killi

**Quality manager:** Kjell Werner Johansen

**Key words:** delays  
Deviation  
Freight  
Punctuality  
Railway  
Travel time  
Unit costs

#### **Summary:**

The report takes a closer look at how unit costs for valuing delays regarding freight transport by rail, using stated preference studies, can be further adopted for decision-making processes. The study supplements the TØI-report 1189/2012 and other existing studies on the valuation of time and reliability in freight transport. We show that our results are both reasonable and highly consistent. We also take a closer look at some international experiences on valuation of reliability concerning freight transport, even though there has been carried out only a few studies so far. We recommend that research in this field continues, particularly research on methods to estimate changes in delays and variability.

Language of report: Norwegian

---

*Rapporten utgis kun i elektronisk utgave.*

*This report is available only in electronic version.*

---

Transportøkonomisk Institutt  
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo  
Telefon 22 57 38 00 - [www.toi.no](http://www.toi.no)

Institute of Transport Economics  
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo, Norway  
Telefon 22 57 38 00 - [www.toi.no](http://www.toi.no)

## Forord

Denne rapporten utgjør en del av arbeidet i prosjektet: Punktlighetsforbedring for godstrafikk på bane gjennom beslutningsstøttesystem basert på samfunnsøkonomiske kostnader (PUSAM). PUSAM er et brukerstyrt innovasjonsprosjekt innenfor Norges forskningsråds SMARTRANS-program. Jernbaneverket er prosjektansvarlig, de øvrige prosjektdeltakerne er NSB, CargoNet, Flytoget, SINTEF og Transportøkonomisk institutt (TØI). Prosjektleder er Hans Erik Wiig i Jernbaneverket.

Forskningsaktivitetene i prosjektet blir finansiert av Forskningsrådet og Jernbaneverket. I tillegg bidrar alle deltakerbedriftene med egeninnsats i form av arbeidstimer.

Tidligere i prosjektet har det i samarbeid med bedriftene blitt gjennomført en stated preference-undersøkelse, primært rettet mot samlastere. Formålet var å utlede enhetskostnader for forsinkelser av gods på jernbane. Dette er nærmere beskrevet i TØI-rapport 1189/2012. For det videre arbeidet i prosjektet har formålet vært å bearbeide enhetskostnadene ytterligere og se nærmere på hvordan disse kan brukes i et beslutningsstøttesystem, både det utviklet i PUSAM og i tradisjonelle nyttekostnadsanalyser. Resultatene er oppsummert i denne rapporten. Vi har sammenliknet våre resultater med andre noenlunde tilsvarende undersøkelser både i inn- og utland, sett nærmere på hvilke faktorer som kan påvirker størrelsen på enhetsverdiene og forslag til hvordan dette kan håndteres. TØI har vært arbeidspakkeleder, gjennomført studien og gjort analysene, med innspill fra prosjektpartnerne.

Prosjektet er gjennomført av Askill Harkjerr Halse og Marit Killi (prosjektleder på TØI). Vi har fått nyttige innspill og kommentarer fra CargoNet ved Knut Brunstad og Viggo Rasmussen, fra SINTEF ved Andreas Seim, Andreas Landmark, Andreas Økland og Siri Bøe Halvorsen og fra TØI ved Stefan Flügel, Inger Beate Hovi, Anne Madslie, Harald Minken, Vegard Østli, Farideh Ramjerdi og Knut Veisten. Vi har også underveis utvekslet kunnskap og nyttig erfaring med kollegaer i utlandet, spesielt Inge Vierth i Sverige (VTI) og Gerard de Jong i Nederland (Significance). Avdelingsleder Kjell Werner Johansen ved TØI har vært ansvarlig for kvalitetssikring av denne rapporten. Eventuelle gjenstående feil og mangler er forfatterens ansvar.

Oslo, juni 2013  
Transportøkonomisk institutt

*Gunnar Lindberg*  
direktør

*Kjell Werner Johansen*  
avdelingsleder



# Innhold

## Sammendrag

## Summary

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Teoretisk grunnlag for verdsetting av forsinkelser</b> .....	<b>3</b>
2.1	Forventet forsinkelse .....	4
2.2	Teoretiske modeller for verdsetting.....	5
2.3	Oppsummering.....	6
<b>3</b>	<b>Erfaring fra utenlandske studier</b> .....	<b>8</b>
3.1	Sverige .....	8
3.2	Nederland .....	10
3.3	Tyskland.....	11
3.4	Storbritannia.....	11
<b>4</b>	<b>Kostnader for brukerne</b> .....	<b>12</b>
4.1	Hovedresultater fra PUSAM.....	12
4.2	Sammenlikning med resultater fra GUNVOR.....	13
4.3	Effekt av ulike faktorer på verdsetting av pålitelighet.....	16
4.3.1	Resultater fra undersøkelse for jernbane gjennomført i PUSAM.....	16
4.3.2	Resultater fra GUNVOR.....	16
4.3.3	Oppsummering .....	17
4.4	Aggregering og justering for enkeltstrekninger.....	18
4.4.1	Tallgrunnlag.....	18
4.4.2	Konkrete eksempler .....	19
4.5	Effekt av lengde på og sannsynlighet for forsinkelse.....	22
4.5.1	Er verdsettingen proporsjonal? .....	22
4.5.2	Mulighet for justering av resultater .....	26
4.5.3	Sammenlikning med virkelige data.....	26
4.6	Korte forsinkelser, små endringer og verdsetting av slakk.....	31
<b>5</b>	<b>Operatørkostnader</b> .....	<b>34</b>
5.1	Problemstilling .....	34
5.2	Mulighet for dobbelttelling og betydning av valgt design .....	35
5.3	Faktiske operatørkostnader.....	37
5.4	Hvordan bruke operatørkostnadene? .....	38
<b>6</b>	<b>Oppsummering</b> .....	<b>40</b>
	<b>Referanser</b> .....	<b>44</b>





**Sammendrag:**

# Hva koster et forsinket godstog? Anvendelse av nyere forskningsresultater

TØI rapport 1250/2013  
Forfattere: Askill Harkjerr Halse og Marit Killi  
Oslo 2013 45 sider

---

*Verdien av mer pålitelig transport av gods på jernbane kan beregnes ved å se på enhetsverdier knyttet til kostnadene ved forventet (gjennomsnittlig) forsinkelse. I denne rapporten går vi gjennom, sammenlikner og diskuterer resultatene fra våre to stated preference-studier (SP) gjennomført blant godskunder. Vi finner at resultatene er både rimelige og konsistente. Vi klargjør hvordan de beregnede verdiene kan anvendes i brukerstøtteverktøyet utviklet i dette prosjektet og tradisjonell nyttekostnadsanalyse av store infrastrukturprosjekter. Vi diskuterer også hvordan nytten av pålitelighet relatert til lavere transportkostnader skal inkluderes i beregningene, og ser videre på noen nyere, internasjonale erfaringer på dette området.*

## Bakgrunn

Denne rapporten er en del av forskningsrådsprosjektet: ”Punktlighetsforbedring for godstransport på bane gjennom beslutningsstøttesystem basert på samfunnsøkonomiske kostnader” (PUSAM). Prosjektet har hatt som formål å utvikle en metodikk og et beslutningsstøttesystem som kan synliggjøre kvalitetsbrister i jernbanetransporten, og tallfeste effektene i tid og kroner. Vi ønsket å utvikle verktøy til hjelp for både togoperatører og infrastrukturere i beslutningsprosesser knyttet til jernbanedrift og -planlegging. Verktøyet skal gi grunnlag for beslutninger som påvirker graden av pålitelighet og være basert på økonomiske beregninger.

Det er stor enighet om at nytten av økt pålitelighet bør inkluderes i nyttekostnadsanalyser av infrastrukturprosjekter på lik linje med de tradisjonelle nytteberegningene for spart transporttid. Dette er spesielt viktig i PUSAM-prosjektet, der vi har utviklet et brukerstøtteverktøy for å se på hvordan forbedringstiltak kan øke påliteligheten på kort sikt, basert på detaljert statistikk som beskriver hvordan jernbanenettverket fungerer. For mindre forbedringer kan det vise seg at effekten på påliteligheten kan bli betydelig større enn effekten på den planlagte transporttiden, siden rutetabellene ofte er faste i disse tilfellene. Problemstillingene vi berører i denne rapporten, er imidlertid også svært relevante for tradisjonell nyttekostnadsanalyse av store infrastrukturprosjekter.

I denne rapporten har hovedfokuset vært på verdsetting av økt pålitelighet knyttet til godstransport på jernbane. Vi har tidligere gjennomført to stated preference-studier (SP-studier) for å se nærmere på verdien av spart transporttid og økt pålitelighet for gods. I den første studien var alle typer transportmidler inkludert, i den andre så vi kun på transport på jernbane. Dataene kan analyseres ved å bruke ulike modeller med forskjellige mål på pålitelighet. I denne rapporten har vi i hovedsak sett på forventet (eller gjennomsnittlig) forsinkelse. Vi bruker *forventet forsinkelse* fordi det er snakk om forventningsverdien til en statistisk fordeling.

Bruken av forventet forsinkelse som mål på pålitelighet i samfunnsøkonomiske beregninger bygger på en antakelse om at verdsetningen er proporsjonal med den forventete forsinkelsen. Denne antakelsen innebærer at kostnaden øker lineært i takt med lengden på forsinkelsen og med den faktiske sannsynligheten for forsinkelse. Dette kan synes som en restriktiv antakelse, men den gjør beregningene relativt sett enklere. Vi vil likevel understreke at *forventet forsinkelse* ikke betyr at forsinkelsen er kjent på forhånd eller at den alltid er av en viss lengde. Kostnadene ved at transportene er upålitelige skyldes nettopp at forsinkelsene er usikre og de problemene denne usikkerheten skaper for brukerne av nettverket.

## Erfaringer internasjonalt

Nytten av redusert transporttid, og økt pålitelighet, blir ofte delt inn i to komponenter:

1. Nytte knyttet til lavere transportkostnader, på grunn av mer effektiv bruk av rullende materiell og personell, mindre administrasjon osv.
2. Nytte direkte knyttet til varene, det vil si nytte for samfunnet av at varene er kortere tid på transportmiddelet eller ankommer til rett tid med større sikkerhet.

VTI i Sverige har nylig hatt en gjennomgang av nåværende praksis knyttet til nyttekostnadsanalyse i Sverige, Nederland, Tyskland og Storbritannia. Denne viser at det kun er i Sverige og Nederland at den andre nytteeffekten nevnt ovenfor blir inkludert i verdsetting av transporttid. I Nederland er det nylig gjennomført en stor stated preference-studie der begge nytteeffektene blir forsøkt beregnet ved deltakernes verdsetting av endret transporttid og pålitelighet. Resultatene fra studien er ventet å foreligge om kort tid.

Nyere forskning i Sverige (Vierth I, 2012), anbefaler å se nærmere på komponenten (1.) over, altså nytteeffekten knyttet til varene ved verdsetting av redusert transporttid. Denne kan videre deles inn i (A) nytte av at varene er kortere tid ute av produksjon ved kortere transporttid og (B) nytte relatert til lavere lagerkostnader og risiko for at det blir tomt for varer. I Norge og Sverige har man brukt den nasjonale godsmodellen for å beregne effekten av (A), mens man så langt i stor grad har ignorert effekten av (B). Godsmodellen gir generelt svært moderate verdier for redusert transporttid. I Sverige kompenseres de dette ved at verdiene som brukes i nyttekostnadsanalyser er basert på beregninger der noen av parametrene er justert slik at verdiene blir høyere.

I en studie, som ble startet opp tidligere i år, vil VTI, sammen med TØI og Significance (Nederland), se nærmere på verdsetting av pålitelighet for gods på jernbane med utgangspunkt i lagerhold av varer. Tanken bak denne innfallsvinkelen er at jo mer usikker leveringstidspunktet er, jo større må reservelager av varer være for å sikre ett visst servicenivå. Ved å sammenlikne resultatene fra denne studien og data fra den svenske godsmodellen, resultater fra ulike case studier og de norske og nederlandske stated preference-undersøkelsene, vil det bli mulig å si mer om hvor stor den økonomiske nytteeffekten av mer pålitelig godstransport på jernbane blir.

## De norske stated preference-studiene

I tabell 1 presenteres de beregnede verdiene fra stated preference-studien som ble gjennomført blant kunder som frakter gods på jernbanen i PUSAM- prosjektet. Respondentene som ble intervjuet bestod hovedsaklig av samlastere som opererer på vegne av vareeierne. I tillegg deltok det noen få bedrifter, transportører og rederier, som sender sine egne varer og har direkte kontakt med togoperatøren CargoNet. Vi antar at samlasterne tar hensyn til sine kunders preferanser og at de ikke har noen direkte interesse av varene for sin egen skyld. Valgekspérimentene i studien var kun knyttet til jernbanedelen av transportkjeden.

Tabell 1. Enhetsverdier for spart framføringstid og forsinkelser, kroner pr time og kroner per tonntime på jernbane.

Enhetsverdi	Stykkgoods	Partigods	Totalt
Tidsverdi per sending (kr/t)	404	113	192
Tidsverdi per tonn (kr/tonntime)	47	7	13
Forsinkelsesverdi per sending (kr/t)	2545	764	1245
Forsinkelsesverdi per tonn (kr/tonntime)	278	35	72

Ved beregning av enhetsverdiene har vi skilt mellom stykk- og partigods, noe som konsekvent resulterer i høyere verdier for framføringstid og pålitelighet for sendinger med stykkgoods. For å finne verdien av alt gods under ett har vi vektet verdiene basert på statistikk mottatt fra CargoNet om det samlede godset som går på jernbane i Norge. Datautvalget er for lite til å beregne effektene av flere egenskaper ved sendingene samtidig.

Verdiene som presenteres i tabell 1 er betydelig høyere enn verdiene som tidligere er blitt brukt i Norge og som har blitt hentet ut fra den norske godsmodellen. Vi tror at dette i hovedsak kan forklares ved at godsmodellen kun tar hensyn til kostnadene ved at varene er utilgjengelig for bruk når det er under transport, og ikke kostnader som er relatert til reservelager av varer og andre effekter knyttet til interne logistikkostnader for vareeierne.

Det er også tidligere gjennomført en stated preference-studie knyttet til verdsetting av pålitelighet, der vi så på gods fraktet på både jernbane og vei (GUNVOR). I tabell 2 presenteres verdiene i denne studien etter at vi har gjennomført flere nye analyser. De nye analysene skiller seg fra de tidligere på tre punkter:

- Antar multiplikative feilledd i modellen, noe som gir betydelig modellforklaringskraft for de fleste beregningene.
- Verdiene for spart transporttid og pålitelighet måles i tonn per time for å gjøre resultatene sammenliknbare med verdiene i PUSAM (fordi definisjonen av en sending ikke er den samme i de to studiene).
- Det blir her tatt hensyn til leksikografiske svar<sup>1</sup> ved å se på hva respondenten har sagt at de har gjort og ikke hva de faktisk har gjort. Dette er også gjort for å gjøre de to studiene mer sammenliknbare.

<sup>1</sup> Dette vil si at attributtet som respondenten ikke tar hensyn til (i dette tilfellet transporttiden) blir eliminert. I det tredje valgekspérimentet (CE3) var det ikke mulig å gjøre dette, fordi den multiplikative modellspefisikasjonen da ikke ville fungere på bakgrunn av hvordan dette eksperimentet ble designet. Resultatene som er vist for valgekspériment CE3 er derfor uten utelatte attributter.

Tabell 2. Enhetsverdier for spart transporttid og pålitelighet fra Stated Preference-studien i GUNVOR, kr per tonn og 95% konfidensintervall

Eksperiment		GUNVOR-studien, veitransport	GUNVOR-studien, Jernbanetransport
Tidsverdi-eksperiment (CE1)	Tidsverdi (konfidensintervall)	11,9 (9-15)	26,7 (10-43)
	Justert rho-squared	0,302	0,295
	Antall respondenter	384	42
Variasjons-eksperiment (CE2)	Verdi av gjennomsnittstid (konfidensintervall)	14,1 (10-19)	23,9 (10-38)
	Verdi av standardavvik (konfidensintervall)	18,0 (9-27)	43,6 (16-71)
	Justert rho-squared	0,240	0,355
	Antall respondenter	335	38
Forsinkelses-eksperiment (CE3)	Forsinkelsesverdi (konfidensintervall)	49,7 (1-98)	89,4 (22-157)
	Justert rho-squared	0,032	0,161
	Antall respondenter	319	35

Vi vil understreke at resultatene fra de to undersøkelsene ikke er direkte sammenliknbare, ettersom det i GUNVOR dreier seg om hele transporten fra avsender til mottaker mens det i PUSAM dreier seg om kun jernbanetransporten. Hvis en skulle brukt GUNVOR-resultatene til å verdsette forsinkelser på jernbane måtte en i prinsippet hatt en måte å beregne jernbaneetappens bidrag til forsinkelsene ved endelig leveringssted på. For veitransport er dette noe mindre problematisk, ettersom veitransportene ofte består av kun én etappe.

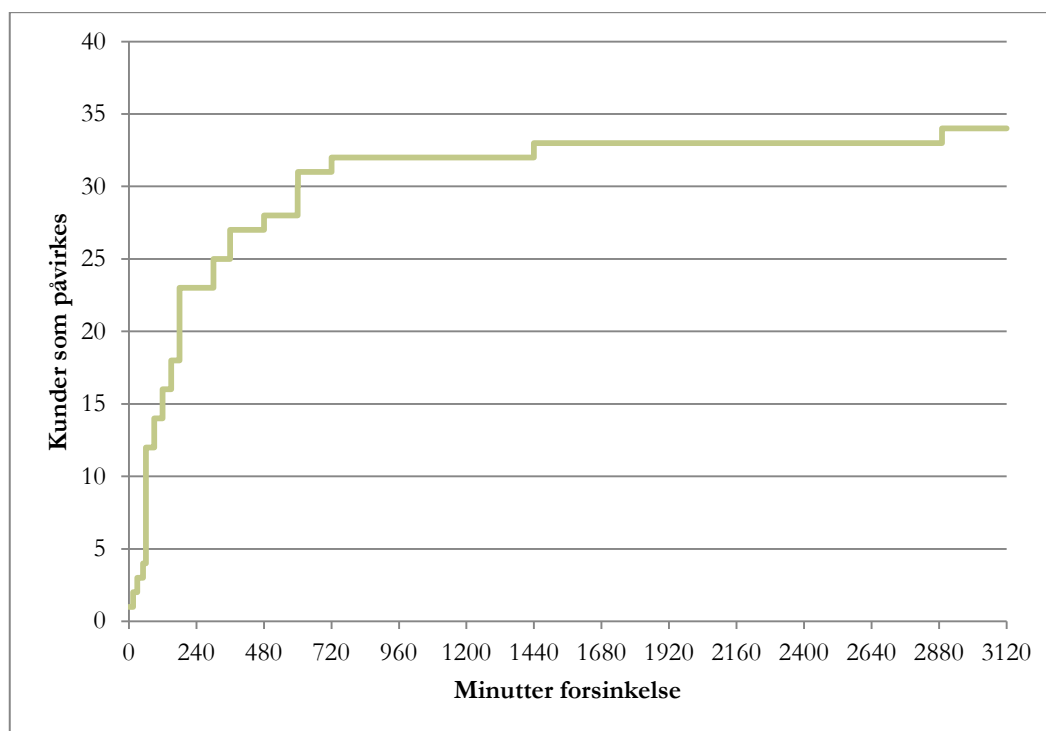
## Anvendelse og mulige svakheter

For å beregne den samfunnsøkonomiske effekten av endret pålitelighet må vi ha kjennskap til:

- Endring i forventet forsinkelse per tog til terminalene og
- Den totale mengden gods, fordelt på stykk- og partigods, som blir levert til de ulike terminalene i perioden vi ser på.

Ved å multiplisere enhetsverdiene i tabell 1 med mengde gods og endringer i forventet forsinkelse får vi endringen i samfunnsøkonomisk nytte knyttet til godset.

Som nevnt tidligere, kan antakelsen om at kostnadene øker lineært i takt med lengden på forsinkelsen være for restriktiv. I vår studie spurte vi respondentene om hvor stor en forsinkelse måtte være før den fikk konsekvenser for levering av godset. Fordelingen av denne kritiske grensen for de ulike bedriftene er vist i figur 1. Vi ser at for de fleste bedriftene får det konsekvenser hvis forsinkelsen overgår et par timer, men for noen bedrifter må forsinkelsen være betydelig større før det utgjør noen kostnad.



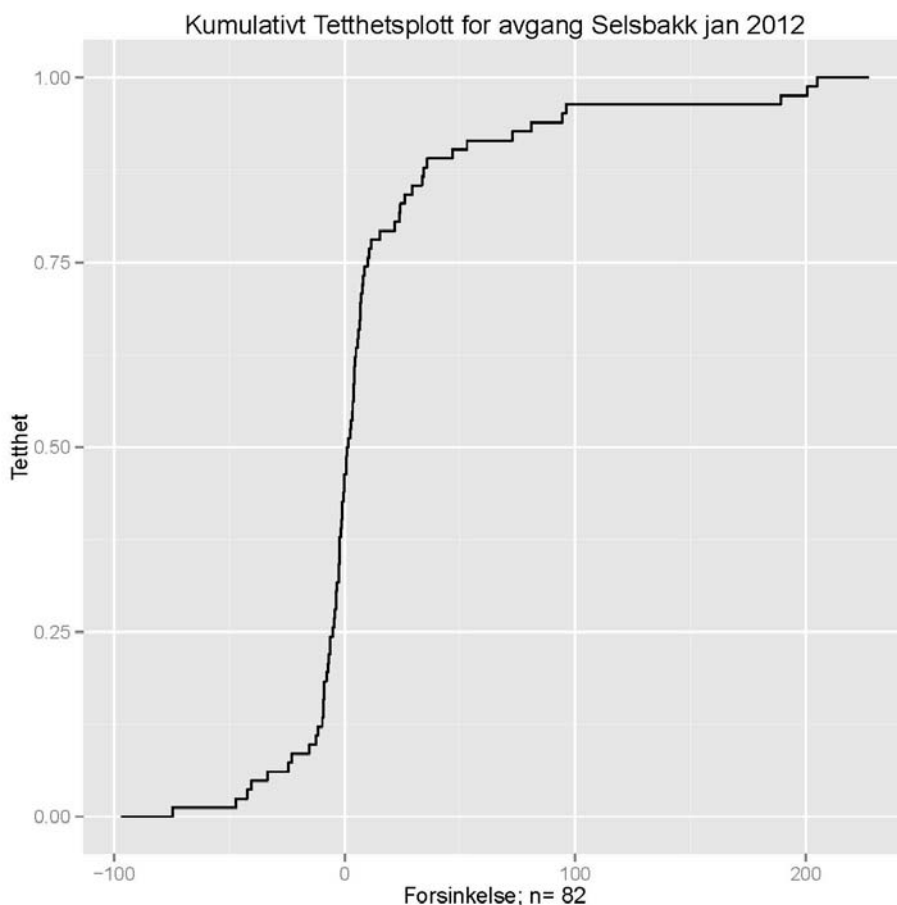
Figur 1: Fordeling av kritiske terskler for forsinkelse blant jernbanekunder i PUSAM-undersøkelse

Trolig er det slik at når den kritiske grensen overskrides, må bedriftene (samlasterne og kundene deres) endre planene for levering og eventuelt videre bruk av varene. Denne replanleggingen innebærer at kostnadene ikke nødvendigvis vil fortsette å stige når forsinkelsene fortsetter å øke utover den kritiske grensen. Kostnadene ved forsinkelser for den enkelte jernbanekunde vil i så fall kunne uttrykkes ved en trinnvis funksjon. For alle kundene under ett vil kostnadsfunksjonen framstå som en mer jevnt stigende kurve, antakelig konkav.

Resultatene fra de to SP-studiene viser en klar indikasjon på at den (relative) betalingsvilligheten for å unngå forsinkelser reduseres ved lengden på forsinkelsen. Vi velger allikevel å ikke ta hensyn til dette i verdsettingen av enhetsverdiene, siden både funksjonssammenhengen og parametrene blir veldig usikre. Isteden anbefaler vi at når våre beregninger knyttet til verdsetting av endringer i forventet forsinkelse skal brukes, bør man vurdere om lengden på forsinkelsene i jernbanesystemet som vi da ser på, er sammenliknbare med de vi opererer med i studien. I vår SP-studie knyttet til forsinkelse på jernbane, har omtrent en fjerdedel av valgsituasjonene forsinkelser på over fire timer mens veldig få forsinkelser er under 30 minutter.

Et annet poeng er at kostnader knyttet til veldig små forsinkelser er vanskelig å anslå fordi operatøren og kundene tilpasser seg slik at de har et visst slakk i forbindelse med planlagt leveringstid. Selv om det også er knyttet kostnader til å ha dette slakket, anbefaler vi at hvis en skal bruke våre resultater til å estimere nytten av økt pålitelighet, må dette gjøres med forsiktighet hvis de forsinkelsene en unngår eller reduserer bare er av veldig kort varighet i utgangspunktet.

I figur 2 viser vi fordelingen av faktisk ankomsttid for godstog in på Trondheim stasjon i januar 2012. Vi ser at blant de togene som normalt blir definert som forsinket (ut fra normale forhold mer enn 5-10 minutter forsinkelse), utgjør forsinkelser som er mindre enn en time den klart største andelen, men det er også en betydelig andel av togene som er mye mer forsinket.



Figur 2: Kumulativ sannsynlighetsfordeling over faktiske forsinkelser til Trondheim i punktlighetsdata fra Jernbaneverket – data for januar. Minutter forsinkelse.

## Nytte av økt pålitelighet knyttet til lavere transportkostnader

I denne rapporten har vi i hovedsak fokusert på verdien av pålitelighet knyttet til levering av varene ved å gjennomføre en spørreundersøkelse blant samlastere, transportører og rederier. Samtidig er det naturlig å anta at i tillegg til brukerne av jernbanen, vil også operatørene oppleve endrede kostnader når påliteligheten påvirkes. Redusert usikkerhet gjør at jernbaneoperatørene kan redusere noen av sine kostnader, som igjen gir lavere transportkostnader som fører til enten lavere priser eller økt fortjeneste (eller begge deler).

Det hadde vært hensiktsmessig hvis operatørens nytte av redusert usikkerhet kunne blitt verdsatt ved hjelp av enhetsverdier knyttet opp til pålitelighet, for eksempel forventet forsinkelse per tog. Dette virker hensiktsmessig for noen typer av kostnader. For kostnader knyttet til forebyggende tiltak er ikke dette like enkelt. Dette er kostnader som operatøren påtar seg selv for å kunne sikre ett visst nivå på påliteligheten overfor sine kunder. Denne kostnaden kunne vært redusert hvis infrastrukturen var mer pålitelig. Disse kostnadene er vanskelig å relatere til den

observerte usikkerheten, fordi den ene kostnaden kan øke, mens den andre synker og vice versa.

Vi kan dele togoperatørens kostnadskomponenter i fire:

1. Kostnader knyttet til personell, spesielt lokførere
2. Kostnader knyttet til erstatningstransport
3. Kostnader knyttet til administrasjon
4. Kostnader knyttet til reservemateriell

De tre første kostnadskomponentene kan relativt enkelt beregnes og knyttes til størrelsen på forsinkelsene. Den fjerde kostnadskomponenten er på den ene siden et eksempel på kostnader som operatøren betaler for å sikre et visst nivå på påliteligheten. På den andre siden, er behovet for reservemateriell også relatert til den faktiske påliteligheten som observeres. Det er dog ikke helt klart på hvilket nivå påliteligheten må være for at kostnader knyttet til reservemateriell kan reduseres.

## **Anbefalinger**

I vår studie er de korte forsinkelsene lavt representert i valgekspérimentene, sett i forhold til hvor vanlig de er i virkeligheten. Studien er derfor ikke så god til å si noe om kostnadene av små forsinkelser. Siden togoperatørene har tilpasset seg slik at de har en viss tidsmargin mellom planlagt ankomstid for toget og leveringstidspunkt som er avtalt med kunden, er det nok slik at små forsinkelser har lite å si for kundene. Det betyr likevel ikke at de korte forsinkelsene er uten kostnad. Hvis en kunne unngått dem i større grad kunne en ha redusert denne sikkerhetsmarginen eller redusert den planlagte kjøretiden.

I de fleste tilfeller vil en forbedring av påliteligheten på en godsstrekning føre til at omfanget av både de korte og de lange forsinkelsene blir redusert. Hvis en bare tilskriver en nytte til det å bli kvitt de lange forsinkelsene, vil det være en konservativ innfallsvinkel ettersom en da ikke tar hensyn til nytten av økt slakk. Hvis de korte forsinkelsene dominerer kraftig, bør en imidlertid være forsiktig med å bruke våre resultater til å verdsette reduksjoner i disse. Våre foreløpige anbefalinger for verdsetting av pålitelighet for transport av gods er:

- Nyttens av å bli kvitt en godstogforsinkelse til endestasjon som er på mindre enn fem minutter bør ikke tallfestes med våre enhetsverdier. Med forsinkelse mener vi her togets forsinkelse ved ankomst.
- Dersom de korte forsinkelsene (5-15 minutter) dominerer kraftig, bør verdiene brukes med forsiktighet
- En bør se nærmere på hvordan en kan verdsette endringer i mengden slakk

Disse anbefalingene bygger på at det foreløpig er gjort for lite forskning på effekten av små forsinkelser av godstransport på jernbane. Den kunnskapen og det verktøyet vi har i dag, er ikke bra nok til at vi føler det komfortabelt å komme med anbefalinger for små forsinkelser. Det betyr ikke at små forsinkelser ikke har en kostnad. Vi tror tvert i mot at de er en viktig del av problemene knyttet til pålitelighet som jernbanetransporten opplever i dag.

En annen viktig presisering er at en ikke kan verdsette endringer i forsinkelser underveis på strekningen direkte – en må se på sammenhengen mellom forsinkelse underveis og til terminal og ta hensyn til at noen tog klarer å kjøre inn en del av tidstapet. Samtidig vil vi påpeke at selv om en forbedring i påliteligheten underveis på strekningen ikke vises ved en like stor forbedring ved ankomst, betyr det ikke at resten av forbedringen er verdiløs. En har nemlig fått mer slakk i ruteplanen, noe som utgjør en nytte som på sikt også bør tallfestes. Det kan også tenkes at påliteligheten har direkte påvirkning på andre tog som kjører på samme strekning

Avslutningsvis vil vi nevne at det å beregne nytten av pålitelighet i samfunnsøkonomiske analyser for både person- og godstransport og for alle transportformer er et felt med betydelig potensial og behov for videre forskning. For at disse gevinstene skal kunne inkluderes i den norske metodikken for nyttekostnadsanalyser på en faglig godt fundert måte er det flere temaer som det bør forskes videre på. Vi presiserer dette nærmere i oppsummeringskapittelet i rapporten. Det viktigste temaet er trolig metoder for å beregne endringer i pålitelighet som følge av infrastrukturtiltak. Helst bør en også ta hensyn til virkningen av pålitelighet på kundens etterspørsel etter transporttjenester. Videre bør en sammenlikne ulike mål på pålitelighet, hvordan dette påvirker resultatene og hvilke mål som passer best med observert adferd, og se nærmere på betydningen av slakk.



**Summary:**

# **The costs of freight train delays. Applying results from recent research**

TØI Report 1250/2013

Author(s): Askill Harkjerr Halse and Marit Killi  
Oslo 2013, 45 pages Norwegian language

---

*The value of more reliable railway transport to freight customers can be assessed using unit values measuring the cost of the expected delay. In this report we review, compare and discuss the results of our two stated preference (SP) surveys among freight customers. We find that the results are both reasonable and highly consistent. We then explain how the values can be used to calculate the benefits of increased train reliability, considering both the application of our values in the statistical decision support tool developed in our research project and in traditional cost-benefit analysis of large infrastructure projects. We also discuss how the benefits of reliability related to lower transport costs should be included in the calculations, and review some recent international experience in this field.*

There is wide agreement that the benefits of increased reliability should be included in cost benefit analyses of infrastructure projects along with the traditional calculations of the benefits of transport time savings. This is especially important in the PUSAM project, where we have developed a decision support tool aimed at promoting actions which can improve reliability in the short run, based on detailed statistics showing performance of the rail network. For moderate improvements, the impact on reliability can be much more important than the impact on scheduled transport time, since the timetable is often kept fixed in these cases. The discussions in this report are however also highly relevant for traditional cost benefit analysis (CBA) of large infrastructure projects.

The main focus of the report is the value of increased reliability for railway freight. We have previously conducted two stated preference (SP) surveys investigating the values of transport time savings and reliability for freight – one considering all modes of transport and one dedicated to rail only. The data can be analyzed using different models with different measures of reliability. In this report, we however mainly consider the use of average or ‘expected’ delay.

Although assuming that the disutility of delay is proportional to the length and probability of the delay might be very restrictive, this is a very convenient measure which makes the calculations relatively simple. We would however like to stress that ‘expected delay’ does not mean that the delay is known in advance or is always of a certain length. The cost of unreliability comes from the fact that delays are uncertain, and the problems this uncertainty causes for the users of the network.

## **International experience**

The benefits of transport time savings, and also reliability, are often divided into two components:

1. Benefits related to lower transport costs due to more efficient use of rolling stock and personnel, less administration etc.
2. Benefits directly related to the cargo, i.e. the benefits to society from the fact that the goods spend less time in transport or arrive at time with higher certainty

A recent review by VTI in Sweden of the current practice of CBA in Sweden, the Netherlands, Germany and the United Kingdom shows that only in the former two is the second component included in the value of transport time savings. In the Netherlands, a large stated preference survey covering both components has recently been conducted, and the results will be available soon.

In the case of transport time savings, Inge Vierth at VTI suggests in her recent research to further view the cargo-related component (1.) above as consisting of (A) the benefits of the goods sooner being available for consumption or use in production (B) benefits related to buffer storage costs and the risk of running out of goods. In Norway and Sweden, one has calculated the first part (A) using the national freight models and so far ignored the latter part (B). The freight model typically yields very moderate values of transport time savings. In Sweden, the values used in CBA are however based on a calculation where some parameters are adjusted such that the values become higher.

In a study which was launched earlier this year, VTI together with TØI and Significance will study the value of reliability in railway freight from a buffer-stock perspective. The rationale behind is that the more uncertain delivery time is, the higher buffer stocks firms need to have to ensure a certain level of service. Comparing the results from using this approach and data from the Swedish freight model, the results of case studies and the Norwegian and Dutch SP results, we will be able to say more about how large the economic benefits or reliability in railway freight.

## **Norwegian stated preference (SP) studies**

In Table 1, we show the values derived from the results of the SP study conducted among railway freight customers in the PUSAM project. The sample interviewed in this study consisted mainly of forwarding agents operating on behalf of the owners of the goods, except for a few firms which ship their own goods and have direct contracts with the train operator CargoNet. We assume that the forwarding agents take into account the preferences of their customers and have no direct interest in the cargo themselves. The choice experiments in the survey were related only to the railway part of the transport chain.

The values are considerably higher than those which have previously been used in Norway and which are taken from the Norwegian freight model. We believe this could be due to the fact that the freight model only takes into account the cost of the unproductive time goods spend in transport, and not costs related to buffer stocks and other effects on the internal logistics of firms.

Table 1. Values of transport time savings (VTTS) and reliability from the stated preference study in PUSAM, NOK per hour and NOK per hour per tonne.

Unit value	Consolidated goods	Non-consolidated	All goods
Value of transport time savings per shipment (NOK/hour)	404	113	192
Value of transport time savings per tonne (NOK/hour)	47	7	13
Value of expected delay per shipment (NOK/hour)	2545	764	1245
Value expected delay per tonne (NOK/hour)	278	35	72

In Table 2 we show the results of some new analyses conducted on the data from our previous SP survey in the GUNVOR project, covering both road and rail transport. The analyses differ from the earlier analyses of this data in three respects:

- Random error terms are assumed to enter multiplicatively in the model, resulting in remarkably higher model fit for most estimations
- Values of transport time savings and reliability are measured per tonne per hour in order to make results comparable to those from PUSAM (since the definition of a shipment is not the same)
- Lexicographic choice behaviour is taken into account<sup>1</sup> using self-reported behavior and not observed behavior. This is also in order to make the results of the two studies more comparable.

We emphasize that the results are not fully comparable, because transport time and reliability in the GUNVOR study was defined at the destination, not on the railway link as in the PUSAM project.

---

<sup>1</sup> The approach involves eliminating attributes (e.g. transport time) which the respondent did not consider. For the third choice experiment (CE3), we were unable to do this because the multiplicative model specification would then not work with this experiment design. The results shown for CE3 are hence without any attribute elimination.

Table 2. Values of transport time savings (VTTS) and reliability from the stated preference study in GUNVOR, NOK per hour per tone and 95 percent confidence interval

Experiment		GUNVOR study, road transport	GUNVOR study, rail transport
Time savings experiment	VTTS (confidence interval)	11,9 (9-15)	26,7 (10-43)
	Adj. rho-squared	0,302	0,295
	Respondents	384	42
Variability experiment	Value of mean transport time (confidence interval)	14,1 (10-19)	23,9 (10-38)
	Value of standard deviation (confidence interval)	18,0 (9-27)	43,6 (16-71)
	Adj. rho-squared	0,240	0,355
	Respondents	335	38
Expected delay experiment	Value of expected delay (confidence interval)	49,7 (1-98)	89,4 (22-157)
	Adj. rho-squared	0,032	0,161
	Respondents	319	35

In Table 3, we show the main results from both studies. Here, VTTV denotes the values of a unit reduction in the standard deviation. The ‘reliability ratio’ is the ratio between the value of reducing variability and mean transport time from the second choice experiment. Since we were unable to retrieve any valuation of variability from this experiment in PUSAM, the cells in these two columns are left blank. We see that the unit values are in the same order of magnitude, something which strengthens our trust in the results.

Table 3. Summary of results from SP studies in GUNVOR and PUSAM, NOK per ton-hour

Sample	VTTS	VTTV	‘Reliability ratio’	Value of delay
Road, GUNVOR	12	18	1.3	50
Rail, GUNVOR	27	44	1.8	89
Rail general, PUSAM	47	--	--	278
Rail pallet, PUSAM	7	--	--	35
Rail all (weighted), PUSAM	13	--	--	72

## Application and potential weaknesses

Applying the values in a calculation of socioeconomic costs of changes in reliability is computationally relatively simple. For this, one needs

- The impact of the change on expected delay per train to the terminals
- The total amount of goods of each type (consolidated and non-consolidated) delivered to each terminal in the period considered

Multiplying the unit values in Table 1 by the amount of goods and the change in expected delay, we get the change in economic benefits related to the cargo.

As mentioned, the assumption that the economic costs of delays are linear in the expected delay could be too restrictive. In our survey we asked the respondents how long a delay needs to be in order to have consequences for the delivery of the goods. The distributions of such critical delay limits is shown on Figure 1. We see that most firms suffer consequences when delays exceed a couple of hours, but for some firms delays need to be much longer to involve any costs.

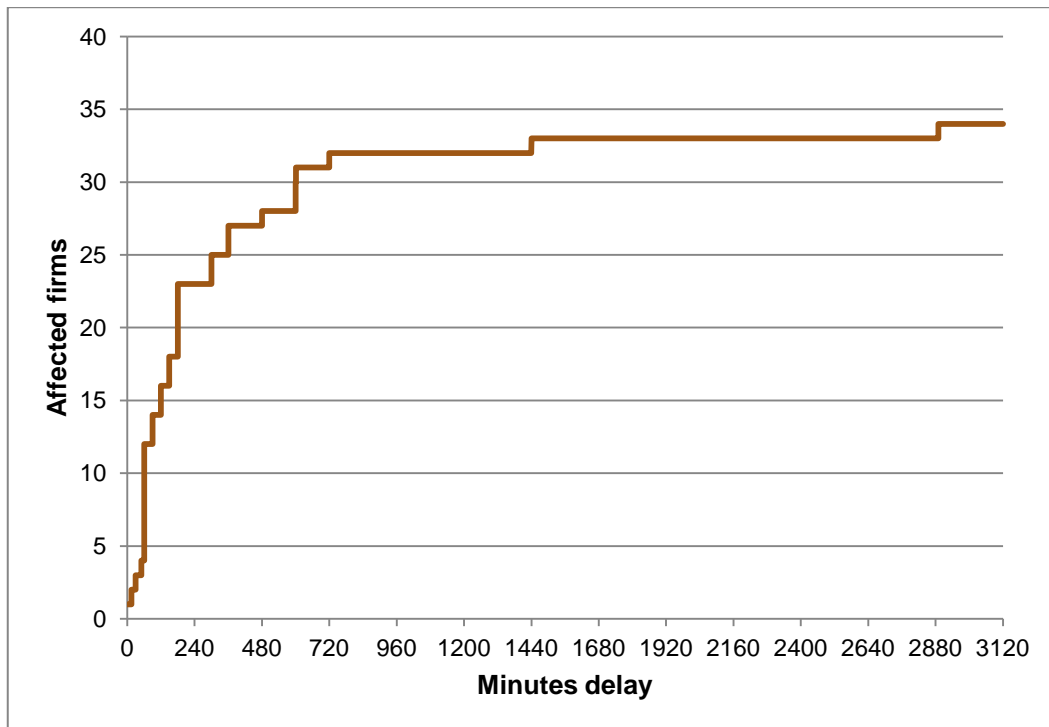


Figure 1. The critical limits of delay length reported by the firms in our sample

According to theoretical intuition, once the critical delay limit is passed, the affected firms (the forwarding agents and their customers) will need to do some rescheduling. The costs will hence not necessarily keep increasing in the length of the delay above this limit. Hence the costs of delay for an individual railway customer would be something like a stepwise function, while the cost for the entire population of customers will appear as an increasing function which is more smooth, and presumably concave.

In the results reported earlier from the two SP studies, we find clear indications that the (relative) willingness to pay to avoid delays does indeed decrease with the

length of the delay. We would however not feel very confident in trying to account for this in valuation using our results, since both the functional relationship and the parameters would be very uncertain. Instead we recommend that when using our results to value changes in expected delay, one should consider whether the length of the delays in the railway system where the values are to be applied are comparable to those in the study. In our SP study on rail delays, delays of more than 4 hours make up for about a quarter of the choice situations, and very few delays are shorter than 30 minutes.

Another issue is the fact that the cost of very short delays is hard to assess because the operator and the customers have adjusted such that there is some slack in the planned time of delivery. This slack is not without costs, but we would recommend to use caution in applying our results to estimate the benefits of higher reliability if this mainly involve reducing delays which are only of a very moderate length in the first place.

On Figure 2 we show the distribution of actual arrival times of freight trains coming to Trondheim station in January 2012. We see that among those trains that would be considered as delayed by normal standards (more than 5-10 minutes delay), moderate delays of less than one hour make up for a large part, but there is also a considerable share of trains which are much more delayed.

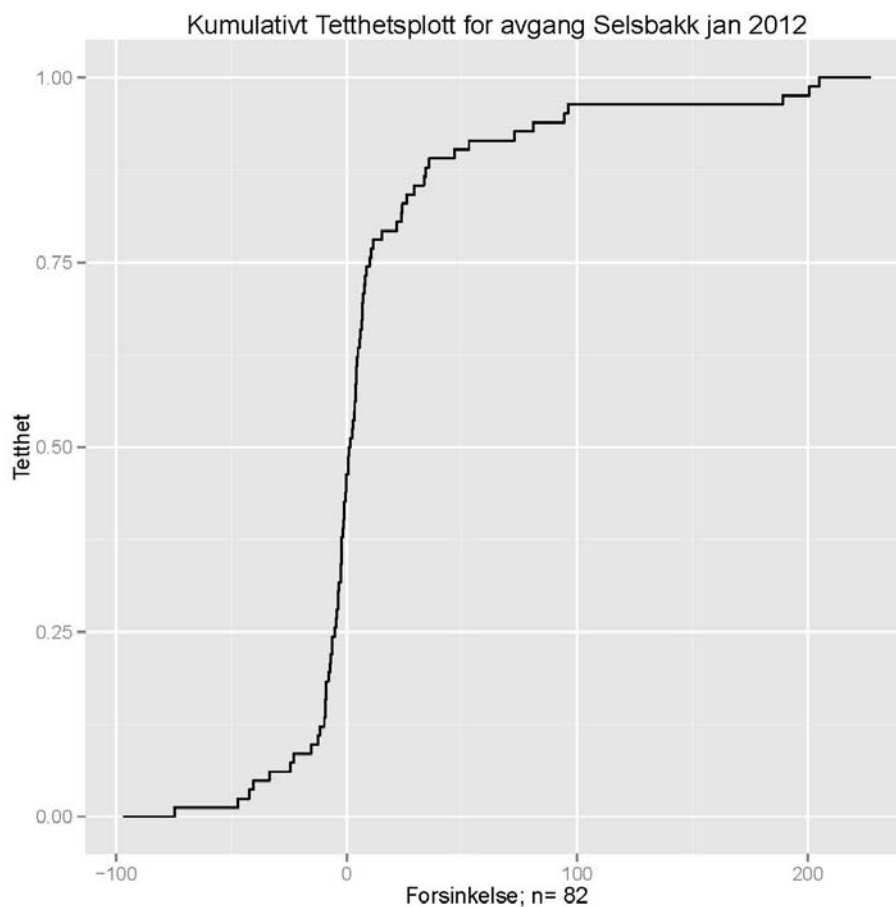


Figure 2. Cumulative density ('tetthet') of arrival times to Trondheim station in January 2012. Minutes delayed ('forsinkelse').

## **Benefits of reliability related to lower transport costs**

The major part of this report concerns the value of reliability related to delivery of the cargo. Reduced uncertainty does however also imply that the rail operators can reduce some costs, yielding lower transport costs which result in either lower fares or higher profits (or both).

It would be convenient if these benefits could also be measured in terms of some reliability unit, for instance the expected delay per train. For some type of costs, this seems reasonable. There are however some costly precautionary measures which the operators undertake in order to achieve a certain level of reliability which could have been reduced had the infrastructure been more reliable. The costs of these measures are difficult to relate to the observed unreliability, since the former could increase while the latter decreases, and vice versa.

We have identified four cost components for which the rail operator has some cost estimates:

- 1) Costs of personnel, especially locomotive drivers
- 2) Costs of replacement transport
- 3) Costs of administration
- 4) Costs of backup rolling stock

The costs in items (1)-(3) can relatively easily be related to the amount of delays. Item (4) is on the one hand an example of costs which the operator pays to ensure a certain level of reliability. On the other hand, the need for backup rolling stock is also related to the observed reliability. It is however not very clear at what levels of reliability this cost can be reduced.

## **Recommendation and further research**

As seen earlier, many of the delays identified in actual data are relatively short, around 5-10 minutes. As our SP-study mostly involves hypothetical situations with much longer delays, we would not be very confident in applying the results to a situation where a large share of the delays are this short. It also seems like the forwarding agents and their customers have adapted to the uncertainty by having some slack in their schedules, implying that avoiding very small delays give little direct benefits in the short run. This slack is however not without cost, and we recommend developing methods for assessment which also includes the benefits of avoiding small delays and reducing slack.

Another important issue when measuring railway performance is that a change in for instance variability or delay at an individual railway link might not result in a very easily identifiable change in performance measured at the destination. It is hence important to investigate how one could estimate changes at the network level by aggregating changes at the link level. This could also give us a measure of changes in slack in the timetable: If an improvement in for instance mean driving time at a link does not give an equivalent improvement in transport time and delays at the destination, this should imply that the amount of slack has increased.

Within the field of valuing reliability in transportation economically, we think that the most important research topic in Norway is to develop ways to predict changes in reliability after some action is taken. For railways, the questions related to aggregating link-level reliability and measuring slack are highly relevant for this. One should also look at how changes in reliability affects demand for transportation services, and compare different measures of reliability and how the choice of measure affects the results of the calculations.



# 1 Innledning

Hovedmålet til prosjektet PUSAM er å utvikle et beslutningsstøttesystem basert på bedrifts- og samfunnsøkonomiske kostnader, for planlegging og drift av jernbaneinfrastruktur og godstogproduksjon. Prosjektet er et samarbeid mellom Jernbaneverket, SINTEF, TØI, CargoNet, NSB og Flytoget, og blir finansiert av Norges forskningsråd, samt gjennom bedriftenes egeninnsats.

PUSAM har som formål å øke påliteligheten forbundet med godstransport på jernbane. Prosjektet vil utvikle metodikk og et beslutningsstøttesystem som kan synliggjøre kvalitetsbrister i jernbanetransporten, og tallfeste effektene i tid og kroner. Systemet skal kunne brukes til rangering av forbedringstiltak, prioritering av kostnadseffektive investeringer i infrastruktur og vedlikehold, samt planlegging og styring av trafikken. Effektmåling av gjennomførte forbedringstiltak vil også inngå i arbeidet for å sikre kontinuerlig læring og forbedring.

Forenklet kan vi si at prosjektet består av to hovedoppgaver:

- Utvikle gode metoder for, og gjennomføring av, verdsetting knyttet til framføringstid og pålitelighet for godstransport på jernbane
- Utvikle beslutningsstøtteverktøy for å minske variasjonen i framføringstid

TØI har hatt hovedansvaret for den første hovedoppgaven og har tidligere utgitt to rapporter i prosjektet som omhandler dette: *Verdsetting av pålitelighet i samfunnsøkonomiske analyser – PUSAM teorigrunnlag* (TØI-rapport 1103/2010) og *Verdsetting av tid og pålitelighet for godstransport på jernbane* (TØI-rapport 1189/2012). Denne rapporten er en videreføring av de to tidligere rapportene, men alle tre rapportene kan leses uavhengig av hverandre.

Mens vi i den første rapporten hadde en gjennomgang av teorigrunnlaget knyttet til verdsetting av forsinkelser, sammenfattet vi i den andre rapporten det arbeidet som er gjort med å analysere data fra en samvalgsundersøkelse som ble gjennomført blant bedrifter som sender gods med jernbanen. Det ble redegjort for de dataene som ble samlet inn og drøftet hvilke muligheter og utfordringer som ligger i disse med tanke på å framskaffe resultater som kan brukes til å sette enhetspriser på framføringstid og forsinkelser som på sikt kan inngå i nyttekostnadsanalyser. Vi demonstrerte videre ulike alternative framgangsmåter for analyse og sammenliknet og drøftet disse. Vi presenterte så anbefalte enhetsverdier for spart framføringstid og forsinkelser, både i kr per time og kroner per tonntime.

Metoden som ble benyttet i denne analysen er en videreføring av metodikken utviklet i forskningsrådsprosjektet GUNVOR (Halse mfl. 2010), der vi så på verdsetting av framføringstid og pålitelighet i godstransport generelt.

Verdsetting av pålitelighet er et felt innenfor transportforskningen som det internasjonalt har vært mye fokus på i den senere tid, men fortsatt eksisterer det få konkrete forskningsresultater som viser hvordan denne verdsettingen skal brukes i samfunnsøkonomiske analyser. Det er et mål at verdsetting av pålitelighet på sikt skal

inngå i nyttekostnadsanalyser på lik linje med verdsetting av reisetid og framføringstid.

I GUNVOR kom vi fram til anbefalte verdier for endringer i framføringstid knyttet til vareiere med leietransport knyttet til vei og dette ble oppgitt som ”verdien av en times endring i standardavviket”.

For bedrifter som sendte varer med jernbanen fant vi at også disse hadde en ikke ubetydelig verdsetting av både endringer i framføringstida og av faren for forsinkelser. Disse verdiene ble dog ikke anbefalt brukt da analysemetoden benyttet i GUNVOR ga enhetsverdier som ikke var statistisk signifikante. I PUSAM har vi sett nærmere på resultatene i GUNVOR. Vi har benyttet en forbedret analysemetode på dataene fra dette prosjektet, tilsvarende den vi brukte på dataene fra samvalgsundersøkelsen i PUSAM. De nye beregningene gir statistisk signifikante verdier også i GUNVOR knyttet til transport av gods på jernbane. Selv om spørreundersøkelsen er noe forskjellig utformet og delvis retter seg til en annen kundemasse i GUNVOR enn i PUSAM, er det likevel mulig å sammenlikne resultatene i de to studiene og dra nytte av funn gjort i GUNVOR. Dette er nærmere drøftet i kapittel 4.2 og 4.3 i denne rapporten.

Videre er rapporten lagt opp slik at vi i kapittel 2 har en kort gjennomgang av det teoretiske grunnlaget for verdsetting av forsinkelser, mens kapittel 3 ser på erfaringer fra nyere utenlandske studier knyttet til verdsetting av forsinkelser for godstransport. I kapittel 4 går vi nærmere inn på kostnadene for brukerne. Foruten å presentere enhetsverdier basert på nye analyser av GUNVOR og se disse i sammenheng med anbefalte enhetsverdier i PUSAM, tar vi også for oss og drøfter ulike faktorer som kan påvirke størrelsen på enhetsverdiene knyttet til framføringstid og forsinkelse. Operatørkostnader blir i utgangspunktet ikke fanget opp i samvalgsanalysen som er benyttet for å beregne de anbefalte enhetsverdiene. Konsekvensene av dette og hvordan man eventuelt kan ta hensyn til operatørkostnadene i de samfunnsøkonomiske beregningene blir nærmere drøftet i kapittel 5. I kapittel 6 har vi en kort oppsummering av rapporten.

## 2 Teoretisk grunnlag for verdsetting av forsinkelser

I dette kapitlet avklarer vi hva vi mener med forsinkelser og forklarer det teoretiske fundamentet for å bruke enheten forventet forsinkelse i verdsetting av pålitelighet.

Vi snakker her om forsinkelse ved ankomst. For godstransport er forsinkelser ved avgang uproblematisk, idet eventuelle slike forsinkelser i seg selv ikke innebærer noen ulempe for de som sender gods. For persontog kan forsinket avgang oppfattes som en ulempe for passasjerer som må vente på perrongen. Vi snakker da om en ekstra negativ nytte knyttet til tid som kommer av at det er mindre komfortabelt å vente på perrongen enn å sitte om bord.<sup>1</sup> Denne negative nytten bør ut i fra intuisjon og teori være lavere enn negativ nytten av forsinkelse ved ankomst, noe empiri fra Storbritannia også viser (Batley og Ibáñez 2009).

Videre forutsetter vi at forsinkelser underveis, altså mellom stasjoner (enten endestasjoner eller mellomliggende stasjoner) ikke i seg selv har noen kostnad. Det som teller er underveisforsinkelsenes bidrag til forsinkelse ved ankomst til stasjonen. For passasjerer kan det eventuelt være et ubehag ved at en ligger an til å bli forsinket selv om en ikke blir det, men den negative nytten av dette er trolig liten. For godskunder er det likegyldig hvor toget befinner seg til en hver tid underveis. I dette dokumentet fokuserer vi derfor kun på verdsetting av forsinkelse ved ankomst.<sup>2</sup>

Det som gjør forsinkelser kostbare er at de er usikre. En vet ikke på forhånd om det skjer en forsinkelse, og i så fall størrelsen på denne, og må derfor tilpasse seg på en annen måte enn dersom framføringstida var helt sikker. Økt omfang av forsinkelser innebærer normalt også at usikkerheten øker, noe vi drøfter videre i underkapittel 2.1. I underkapittel 2.2 drøfter vi andre mulige mål på usikkerhet.

Med usikkerhet tenker vi i denne sammenhengen først og fremst på daglig variasjon i ankomsttidspunktet, ikke konsekvensene av svært uregelmessige hendelser som for eksempel flom eller alvorlige feil på infrastrukturen. Akkurat hvor grensen mellom regelmessige og uregelmessige hendelser går er et vanskelig spørsmål, og noe som det vil være interessant å se nærmere på i videre forskning. For godstransport er det ikke uvanlig med forsinkelser på nærmere to timer, så dette må sies å falle inn under usikkerhetsbegrepet her.

---

<sup>1</sup> Dersom dette ikke er tilfelle er den direkte negative nytten av forsinket avgang lik null, ettersom tidstapet allerede er tatt høyde for i nytten gjennom planlagt kjøretid og eventuell forsinkelse ved ankomst (som til sammen gir reisetida om bord).

<sup>2</sup> Det forutsettes her at en har en metode for å beregne forsinkelsene ved ankomst. Dette inngår i det kontinuerlige arbeidet med analyseverktøyet utviklet i PUSAM.

## 2.1 Forventet forsinkelse

Enheten som blir brukt til verdsetting i PUSAM er forventet forsinkelse. I det følgende gjøres et forsøk på å forklare intuisjonen bak bruk dette som et mål på pålitelighet i jernbanetransport. Vi bruker uttrykket *forventet forsinkelse* fordi det er snakk om forventningsverdien til en statistisk fordeling. Det må ikke tolkes som at den enkelte forsinkelse er kjent på forhånd.

Med forsinkelse mener vi i dette tilfellet avvik fra oppgitt ruteplan. Det kan hevdes at skillet mellom planlagt framføringstid og forsinkelse er kunstig. Hvis togene på en strekning over en periode i gjennomsnitt er mer forsinket enn før, kunne planlagt framføringstid i ruteplanen vært endret for å ta hensyn til dette. Da ville endringen vist seg ved en økning i planlagt framføringstid, og ikke i flere og/eller lengre forsinkelser.

Vi velger imidlertid å anta at operatøren (eventuelt sammen med infrastruktureier) tilpasser ruteplanen på en noenlunde optimal måte. Hvis økningen i forsinkelser skyldes at så å si alle togene bruker lengre tid, uten at usikkerheten i framføringstida har økt, vil nok en endring av ruteplanen være naturlig. Hvis det derimot er snakk om en økning i usikkerheten, der noen tog fortsatt er framme like punktlig som før, mens de andre i større grad er forsinket, er det ikke like opplagt at ruteplanen bør endres. Det kan eventuelt legges inn noe mer slakk, men det vil i så fall føre til at en i mindre grad enn før får utnyttet de tidlige ankomstene til de togene som faktisk er punktlig.

I PUSAM gjør vi to viktige avgrensninger som gjør det mulig å kun se på forsinkelser, og verdsette disse i tråd med teorien:

- Ruteplanen ligger fast på kort sikt
- Endringene i en streknings bidrag til forsinkelsene er av moderat omfang eller gjelder kun for en begrenset periode (som ved saktekjøring)

Disse to momentene henger naturligvis sammen. Gitt at effekten av et tiltak (positiv eller negativ) er moderat, er det mindre grunn til å endre ruteplanen. Et eksempel kan være en saktekjøring. Når denne innføres vil kjøretida øke for så godt som alle togene på en begrenset delstrekning. Gitt at det er en viss slakk i ruteplanen vil dette imidlertid ikke gi seinere ankomst for alle, de fleste vil klare å kjøre inn tidstapet andre steder på strekningen. I og med at det nå er mindre slakk å ta av vil det trolig samtidig bli mer forsinkelser, noe som utgjør en kostnad for brukerne.<sup>3</sup>

I tråd med dette antar vi at planlagt kjøretid er den kjente, deterministiske delen av kjøretida. Aktørene er sikre på at transporten minst vil ta så lang tid. (Ankomst tidligere enn planlagt ankomsttidspunkt antas å være såpass sjeldent at kundene ikke tar hensyn til en forventning om at dette kan forekomme.) Alle ankomster seinere enn ankomsttidspunktet i ruteplanen anses som usikre, altså at en ikke kan vite på forhånd lengden på forsinkelsen

I valgekspperimentene der jernbanekundene har valgt mellom alternativer med ulik forventet forsinkelse (gitt ved sannsynlighet for forsinkelse og lengde på denne) har de nettopp tatt hensyn til at forsinkelsen er usikker. Verdsettingen fanger dermed opp kostnader ved usikkerhet. Hvorvidt forventet forsinkelse er det mest hensiktsmessige målet på usikkerhet vil vi drøfte i neste kapittel. Gitt at vi bruker

---

<sup>3</sup> Systemet blir også mer sårbart for større hendelser med store konsekvenser. Dette ser vi i liten grad på i denne rapporten.

denne modellen er spørsmålet hvordan vi bruker statistikk over faktiske forsinkelser i verdsetting.

I mange tilfeller, som i Jernbaneverkets regnearkmodell, beregnes antall forsinkelsestimer totalt. Det kan dermed virke naturlig først å regne ut en gjennomsnittlig forsinkelse per avgang basert på dette, og så bruke en verdi per gjennomsnittlig forsinkelse til å beregne verdien av denne. Det vil i så fall bety at en regner ut en gjennomsnittsforsinkelse per togavgang som er nokså kort (siden mange tog ikke er forsinkete) for så å multiplisere denne med alle avganger. Siden vi antar lik nytte av alle forsinkelsestimer uavhengig av lengden på forsinkelsen, blir imidlertid resultatet akkurat det samme om vi bare summerer antallet forsinkelsestimer totalt og bruker dette i verdsetting. Den gjennomsnittlige forsinkelsen vi beregner her, vil videre i dokumentet bli omtalt som forventet forsinkelse. For øvrig må en også ha antall og type personer eller gods per avgang for å kunne beregne forsinkelseskostnadene. Dette forklarer vi i underkapittel 4.4.

## **2.2 Teoretiske modeller for verdsetting**

Ulike teoretiske antakelser om negativ nytte ved forsinkelser vil gi opphav til bruk av ulike enheter for verdsetting. Eksisterende teori, som hovedsakelig tar utgangspunkt i persontransport, er gjort rede for i en tidligere rapport i PUSAM (Halse og Killi 2010). En nyere gjennomgang av litteraturen er også gjort av Carrion og Levinson (2012).

En vanlig brukt modell, i hvert fall for persontransport, er den der den reisendes nytte antas å avhenge lineært av gjennomsnittlig reisetid og standardavviket til reisetida. I tilfellet med togreiser innebærer det at en ser bort i fra ruteplanen og avvik fra denne, og i stedet fokuserer direkte på usikkerheten. Standardavviket synes å være det målet på pålitelighet som har størst oppslutning i fagmiljøene, i hvert fall for praktiske formål gitt de verktøyene en har tilgjengelig i dag (Significance mfl. 2012). Det har også blitt begrunnet teoretisk av Fosgerau og Karlström (2010), men under noen nokså strenge forutsetninger (blant annet fleksibelt avreisetidspunkt) som passer best for personreiser med bil.

Forventet forsinkelse har på sin side vært brukt som mål på pålitelighet i flere versjoner av Jernbaneverkets metodeveiledere. Det har også tradisjon innenfor planlegging og samfunnsøkonomiske analyser av jernbane i andre land. Börjesson og Eliasson (2011) nevner Sverige, Storbritannia og Hellas som eksempler. De påpeker at hvis den underliggende teoretiske modellen er en planleggingsmodell der den negative nytten av å avvike fra ønsket ankomsttidspunkt er lineær (Small 1982) og ønsket ankomsttidspunkt er det samme som angitt ankomsttidspunkt ifølge ruteplanen, kan dette målet begrunnes teoretisk.

I SP-undersøkelsen av godstransport med jernbane og de supplerende analysene av godstransport med alle transportmidler (Halse og Killi 2012) har vi gjort noen forsøk på å teste gyldigheten av gjennomsnittlig/forventet forsinkelse som mål på pålitelighet. Vi finner tegn på at ulempen ved forsinkelse øker mindre enn proporsjonalt med lengden på forsinkelsen. Små forsinkelser er altså relativt sett mer kostbare enn lange forsinkelser. Samtidig finner vi at forsinkelsen trolig har mindre å si når den er under en viss kritisk grense, men denne grensa varierer ganske mye mellom ulike brukere. Disse forholdene er så vidt vi kan se i liten grad belyst i eksisterende litteratur. En ikke-lineær sammenheng synes imidlertid intuitivt rimelig for godstransport. Bedriftenes produksjon foregår etter fastlagte planer, og det kan

være store kostnader som inntreffer akkurat i det disse planene ryker. Vi diskuterer dette nærmere i underkapittel 4.5.

En parallell til dette i persontransport er modeller der en antar en fast negativ nytte for å komme for seint, og deretter en proporsjonal negativ nytte av lengden på forsinkelsen. I Verdsettingsstudien fra 2009, som er den nyeste offisielle norske studien av verdsetting av tid og pålitelighet for persontransport (Ramjerdi mfl. 2010) finner en i mange tilfeller en slik fast kostnad ved forsinkelse. Den faste kostnaden synes imidlertid urimelig stor i noen av tilfellene, og er ikke inkludert i de anbefalte enhetsverdiene. Presentasjonsformen og den teoretiske modellen i den studien er for øvrig noe forskjellig fra rammeverket i PUSAM med forventet forsinkelse.

I de supplerende analysene av dataene fra GUNVOR (Halse og Killi 2012), som er oppsummert i underkapittel 4.3.2, finner vi klare indikasjoner på at forsinkelser som forekommer med lav sannsynlighet relativt sett anses som mer kostbare. Dette kan innebære en subjektiv vektning av sannsynlighetene, noe som er et vanlig funn i atferdsøkonomiske studier (Wakker 2010). Börjesson og Eliasson finner det samme i sine analyser av SP-data for togreisendes valg. Gitt en viss sannsynlighet finner de derimot ingen klare tegn på en ikke-lineær effekt av lengden på forsinkelsen.

Både subjektiv sannsynlighetsvektning og avtakende kostnad av forsinkelser kan ha betydning for bruken av resultater fra spørreundersøkelser på virkelige data. Det første kan slå skeivt ut hvis sannsynligheten for forsinkelse for eksempel er lavere i virkeligheten enn i spørreskjemaet. Det andre kan påvirke resultatene hvis det i undersøkelsen er snakk om å bli kvitt nokså lange forsinkelser mens det i virkeligheten handler om reduksjoner i forsinkelser som allerede er små. Vi ser nærmere på dette i underkapittel 4.5.

## **2.3 Oppsummering**

Vi har i dette kapitlet gjort rede for hva som ligger bak bruken av forventet (gjennomsnittlig) forsinkelse som mål på pålitelighet. Vi har samtidig pekt på enkelte mulige svakheter ved dette målet, som at verdsettingen kan avhenge av lengden på og/eller sannsynligheten for forsinkelse. I underkapittel 4.5 vil vi diskutere dette i lys av virkelige data for forsinkelser.

Det mest naturlige tilfellet å studere i PUSAM er tilfeller der omfanget av forsinkelser endres mens ruteplanen ligger fast. Et eksempel kan være et mindre infrastrukturtiltak som fører til bedre framkommelighet over en viss strekning, men ikke medfører så store tidsbesparelser totalt at operatøren finner det hensiktsmessig å endre ruteplanen. I noen tilfeller kan det til og med kun være forutsigbarheten som forbedres, ikke hastigheten. Uansett, også fordi ruteplanene ofte ligger fast på kort sikt, vil det ofte være sann at det bare er forsinkelsene som reduseres, ikke den planlagte kjøretida.

Hvis det er snakk om tiltak som også medfører kortere planlagt kjøretid, er det fullt mulig å beregne nytten av disse også. Da må enhetsverdier for spart framføringstid brukes for å verdsette denne endringen samtidig som en bruker kostnad ved forsinkelse til å verdsette endringer i omfanget av forsinkelser. Dette forutsetter imidlertid at en enten vet hvordan operatøren vil tilpasse ruteplanen eller kan beregne en eller annen form for optimal tilpasning.

Et annet eksempel på tiltak som er naturlig å studere i PUSAM er saktekjøringer, som medfører at alle tog må kjøre saktere over en gitt delstrekning. Dette kan

kanskje oppfattes som en økning i kjent framføringstid, men det er ankomsttidspunktet vi er interessert i. Dersom det er litt slakk i timeplanen, vil noen av togene klare å kjøre inn igjen tidstapet, mens andre kanskje ikke klarer dette. Resultatet av en saktekjøring kan dermed være redusert pålitelighet, uten at dette nødvendigvis medfører endringer i ruteplanen. Her må det også påpekes at saktekjøringer ofte har begrenset varighet, slik at det ikke er hensiktsmessig å endre ruteplanen.

## 3 Erfaring fra utenlandske studier

I dette kapitlet vil vi se litt nærmere på dagens praksis med hensyn på verdsetting av tid og pålitelighet innen godstransport og nylig gjennomførte forskningsprosjekter i noen europeiske land. Generelt har det vært lite forskning knyttet til effektene av forsinkelser innen godstransport. Vi vil i dette kapitlet ha hovedfokus på Sverige og Nederland. I Nederland er det nylig gjennomført verdsettingsstudier ved bruk av SP-metodikk og metoden som er brukt har mange likhetstrekk med våre studier. I Sverige er det foreløpig ikke gjennomført så mange konkrete studier, men de har hatt fokus på hvordan dette bør gjøres og flere studier knyttet til verdsetting av forsinkelser er i ferd med å starte opp. Oppsummeringen nedenfor bygger i stor grad på en studie gjennomført ved VTI i Sverige i 2012 (Vierth, 2012)

### 3.1 Sverige

Redusert nytte (eller kostnad) per tidsenhet betegnes tradisjonelt som ”tidsverdi” VTTS (Value of Travel Time Savings). Her er det mulighet for en begrepsforvirring, fordi uttrykket ofte brukes uten å angi hvilke komponenter som inkluderes, for eksempel om hensyn til effekt på både transportmiddel, førere og gods inngår. Dette gjelder spesielt i forhold til Sverige som har en litt annen definisjon av tidsverdi enn vi som oftest opererer med i Norge og andre land. I Sverige ser man kun på godsets verdi og forsinkelsestid når man snakker om tidsverdi. Svenskene opererer med en tredeling når de ser på transportbedriftenes og transportkundernes nytte knyttet til tidsbesparelser. Inndelingen kan kort oppsummeres som:

- Mindre bruk av transportressurser (kjøretøy og personell) VTTS(I), verdien kan beregnes ved ingeniørmessige tilnærminger eller transportmodeller ved bruk av faktorpriser.
- Mindre ikke-produktiv anvendelse av godset under transporten VTTS(G), verdien kan beregnes ved å se på godsets verdi, rente og transporttid. En tidsverdi for varene gjenspeiler kostnadene ved å ha varene under transport.
- Lavere alternativkostnader for godstransportkunder VTTS(O). Det finnes ingen generell beregningsmetode for denne komponenten, ettersom den relateres til spesifikke bedrifter og spesielle situasjoner, for eksempel alternativkostnad som følge av avbrekk i produksjonen eller salg som uteblir.

På tilsvarende måte defineres verdien av redusert variasjon av transporttiden, VTTV (Value of Travel Time Variability), som betalingsviljen for økt pålitelighet eller redusert variasjon i transporttiden. Dette kan relateres til:

- Reduksjon av de ressursene knyttet til transport som er nødvendige for å opprettholde et visst servicenivå VTTV(I). Verdien kan, som VTTS(I), beregnes ved hjelp av transportmodeller eller ingeniørmessige tilnærminger (bruk av faktorpriser).
- Lavere alternativkostnad for godstransportkunder VTTV(O), analytiske tilnærminger for bufferlager av varer med hensiktsmessige formler for



stockout (det betyr ”slutt på lager”) kostnader kan brukes for å beregne verdien.

Analyse av hvordan dette praktiseres i Sverige, Storbritannia og Nederland, viser at hva som inngår i beregningen av VTTS er forskjellig i de ulike landene. For både Sverige og Storbritannia tar man utgangspunkt i besparinger ved redusert ressursbruk knyttet til transport, VTTS(I), fra beregninger som er basert på markedspriser (men man bruker ulike priser). I Nederland beregnes VTTS ut fra resultater framkommet i Stated Preference-undersøkelser. Man antar da at VTTS blir altomfattende og dekker alle de ulike komponentene skissert ovenfor. Det ser ut til at Sverige er det eneste landet som bruker begrepet VTTS også når man kun ser på den delen av nytten som omhandler godset, VTTS(G).

I følge den svenske definisjonen inngår transportmiddelets og førerens tid i de ”operative kostnadene”. Godstidsverdien og forsinkelsestidsverdien er relatert til varenes (konsumentenes) kostnader, upåvirket av transportkjede, og de operative transportkostnadene er relatert til transportbedriftenes (produsentenes) kostnader.

Per i dag opererer man i Sverige med ASEK sine fire anbefalte, kalkulerte verdier for i) godstid, ii) forsinkelsestid, iii) minsket risiko og iv) risiko for forsinkelser. Av disse brukes godstidsverdiene i samfunnsøkonomiske analyser for landbaserte godstransporter. Verdi for forsinkelsestid benyttes utelukkende for jernbanetransport – og da med stor forsiktighet, blant annet fordi man ikke har nok informasjon om hvordan ulike tiltak påvirker forsinkelser. Verdier for redusert risiko brukes ikke overhodet. Næringslivet i Sverige har uttrykt misnøye med hvordan kalkylene gjennomføres og myndighetene er klar over at det her er behov for mer forskning/arbeid.

Ved beregning av godsets verdi i Sverige, anbefaler man i ASEK 4 (Vierth I, 2012) å bruke tre faktorer for å justere verdien av godset som beregnes i den svenske godsmodellen, noe som tilsvarer at godsverdien åttedobles. De tre faktorene er i) en kalkulasjonsrente på 20 prosent, som antas å utgjøre bedriftens kalkulasjonsrente for kapitalbinding i arbeidskapital, ii) en antakelse om logistikk-systemets tilgjengelighet, som innebærer at systemet antas å være tilgjengelig 3600 timer i året isteden for årets totale 8760 timer og iii) en logistikkfaktor på 2 som er en indikasjon på størrelsen på logistikkgevinster som kan oppstå i varehåndteringssystemet pga kortere transporttider. I 2013 startes det opp to nye pilotstudier i Sverige, finansiert av Trafikverket, med Statens väg- og transportforskningsinstitutt (VTI) som koordinator. Ett av pilotprosjektene er et samarbeidsprosjekt mellom VTI, Significance i Nederland og TØI i Norge. Man vil her se nærmere på verdsetting av redusert reisetidsvariabilitet for godstransport i Sverige. Målet er å gjøre mer presise beregninger av nytten som skal inkluderes i nyttekostnadsberegninger ved endring i infrastruktur, vedlikehold osv. I pilotstudien vil hovedfokus være på transportkjeder som inkluderer jernbane. En tilnærming for hvordan man i hovedstudien skal beregne VTTV vil bygge på resultatene fra tre arbeidspakker:

1. Bruk av reservelager for varer. Her tar man utgangspunkt i at en bedrift definerer sitt behov servicenivå,  $\alpha$ , som forholdet mellom antall leveringer som leveres til rett tid og totalt antall leveringer. Basert på dette definerte servicenivået, handler bedriften ut fra en stokastisk leveringstid ved å ha et reservelager, som er en funksjon av standardavviket i transporttid:  $s=f(\sigma)$ , alt annet likt. Kostnader ved å ha et reservelager av varer og derav kostnader ved variasjon i transporttid, beregnes ved å se på de faktiske kostnadene ved lagerholdet og kapitalkostnader knyttet til disse varene. Vi kan dermed

beregne de samfunnsøkonomiske kostnadene av variasjon under noen forenklete antakelser. Kostnader knyttet til reservelager (alternativkostnaden) inngår pr i dag i liten, om noen, grad i VTTV. Denne framgangsmåten gir oss en mulighet til å få beregnede anslag for VTTS(O) og VTTV(O). Man vil videre også analysere mulighetene for å bruke resultatene som input for beregning av pålitelighet i den svenske godsmodellen (Samgods) som i stor grad er bygd opp som den norske godsmodellen.

2. Svenske casestudier med bruk av Revealed Preference (RP). Ser på hvordan variabiliteten i transporttid på jernbane har påvirket svenske vareeiere og hvilke ekstrakostnader disse bedriftene opplever knyttet til forsinkelser, for tidlig ankomst og kansellering av godstog basert på empiriske data.
3. Stated Preference (SP) studier i Norge og Nederland. Se på erfaringer fra disse studiene og undersøke i hvilken grad metodene som er brukt og resultatene man har kommet fram til kan overføres til svenske forhold.

## 3.2 Nederland

Nederland har anbefalt verdier for verdsetting av tid og pålitelighet i nyttekostnadsanalyser (Rijkswaterstaat, 2012, gjengitt av Vierth, 2012). Hvis det kan måles hvordan spesifikke tiltak påvirker påliteligheten i form av lavere standardavvik for transporttidene, anbefales det å bruke verdien for VTTV (Value of Travel Time Variability). VTTV beregnes som RR (pålitelighetsgrad) \* VTTS (Value of Travel Time Savings),  $VTTV = RR * VTTS$ . De provisoriske RR-verdiene finnes i de nederlandske retningslinjene for nyttekostnadsanalyser og i anbefalinger fra EU (HEATCO, 2005). De Jong med flere presenterer et hypotetisk eksempel på hvordan pålitelighetsgrad kan brukes i en beregning for veitransport (de Jong, m.fl., 2009). I de tilfellene der det ikke finnes informasjon om virkninger av økt pålitelighet, anbefales en enkel tommelregel, som innebærer å inkludere et påslag på 25 % av gevinsten ved spart transporttid. Påslaget skal dog bare brukes i veitransportprosjekter som fører til mindre trengsel. Man antar at mindre trengsel fører til økt pålitelighet, men sammenhengen mellom redusert trengsel og økt pålitelighet er svak.

Sommeren 2013 er det ventet at resultatene fra analysene av en stor undersøkelse i Nederland knyttet til verdsetting av tid og pålitelighet, både for person- og godstransport vil foreligge. Metode og design i denne undersøkelsen bygger i stor grad på de samme prinsippene som er benyttet i de nylig gjennomførte norske studiene for verdsetting av transporttid og pålitelighet både for persontransport og frakt av gods på vei og bane. Noen foreløpige resultater ble presentert på ETC 2012. Det ble gjennomført både RP- og SP-spørreundersøkelser ved bruk av internett. Ved beregning av VTTS (Value of Travel Time Savings) fant de at kostnadskomponenten knyttet til selve transporten utgjorde ca 80%, mens kostnadskomponenten knyttet til vareverdien da utgjorde ca 20%. Disse resultatene ligger nært opp til de tilsvarende verdiene vi fant i den norske studien. Videre fant de at vareeiere har en relativt høyere verdsetting av variasjon enn transportørene. Tilsvarende effekt fant vi også i den norske SP-studien GUNVOR.

### 3.3 Tyskland

I Bundesverkehrswegeplan (BVWP) finner man retningslinjer for hvordan nyttekostnadsanalyser skal brukes ved verdsetting av offentlige investeringer i Tyskland. Dette gjelder infrastrukturen for vei, jernbane og indre vannveier. For infrastrukturinvesteringer knyttet til transport tas det kun hensyn til tidsbesparelser for kjøretøy og personell, ikke for selve godset. Foreløpig inngår ikke pålitelighetsverdier for person- og godstransport i nyttekostnadsanalysene, men dette ønsker myndighetene å gjøre noe med. Departementet for trafikk, bygninger og byutvikling har engasjert tre Nederlandske konsulentfirmaer for å undersøke hvordan nettopp pålitelighet kan inkluderes i infrastrukturprosjekter i Tyskland (Significance mfl. 2011). Konsulentene har samlet inn informasjon fra eksperter i Tyskland, Storbritannia, Nederland, USA, Sverige og Norge, fordi disse landene er blant de fremste på å inkludere nytten av økt pålitelighet for person- og/eller godstransport i sine respektive nyttekostnadsanalyser. Konklusjonen er at ekspertene anser det som realistisk å inkludere pålitelighet i nyttekostnadsanalyser i løpet av to til tre år. I rapporten fra forprosjektet skisseres det både løsninger som er overkommelige på kort sikt og mer langsiktige, ideelle måter å inkludere pålitelighet i nyttekostnadsanalysene på. Anbefalingene er delt i tre og kan (veldig) kort oppsummeres slik:

- Kort sikt: Pålitelighet verdsettes, men inngår ikke som forklaringsvariabel i reise-/transportetterspørselen. For å beregne nivået på pålitelighet antas det en fast (eksogen) sammenheng mellom transporttid og graden av variasjon, men med forskjellig sammenheng for forskjellige typer strekninger. Enheten for verdsetting av pålitelighet er standardavviket til transporttida.
- Mellomlang sikt: Pålitelighet verdsettes, og er også med på å forklare transportbrukernes valg i etterspørselsmodellen. Sammenhengen mellom transporttid og variasjon er fortsatt fast. Det gjøres ulike beregninger for forskjellige scenarioer som ulike ukedager, ferier og værforhold. Standardavviket brukes som enhet for verdsetting.
- Lang sikt: Pålitelighet verdsettes og inngår i etterspørselsmodellen. Graden av variasjon i transporttida bestemmes endogent i modellen og ulike scenarioer inngår. Både standardavviket og transportbrukernes planleggingskostnader ("scheduling costs") kan brukes til verdsetting.

I forbindelse med den videre oppfølgingen av dette forprosjektet er det planlagt verdsettingsstudier både for person- og godstransport.

### 3.4 Storbritannia

Som i Tyskland er transporttidsbesparinger kun relatert til kjøretøy og sjåfør, ikke godset. I de britiske retningslinjene finnes det kun eksplisitt veiledning for kjøretøy på vei, men det er ingen prinsipielle innvendinger mot å gjøre tilsvarende beregninger for andre typer godstransport. Kostnadene består av drivstoffkostnader, andre kjøretøykostnader og personalkostnader, se (DfT(UK)(Unit 3.5.6)). Det har vært diskutert også å inkludere verdien av tidsbesparelser for godset, men foreløpig er dette ikke tatt med i de offisielle anbefalingene. I Storbritannia finnes dataprogrammet TUBA fritt tilgjengelig for å gjøre beregninger. Med utgangspunkt i etterspørselsmatriser sammen med tid, distanse og andre monetære kostnader (skatter, avgifter m.m.) for sammenliknings- og utredningsalternativer gjennomfører TUBA de nødvendige beregningene.

## 4 Kostnader for brukerne

Tallfestingen av nytte/negativ nytte for brukerne av reduserte/økte forsinkelser i PUSAM vil bygge på resultatene fra SP-undersøkelsen gjennomført blant jernbanekunder. I dette kapitlet drøfter vi gyldigheten av disse, hvordan de kan justeres for å ta høyde for forskjeller mellom ulike typer jernbanetransporter og gjør rede for de justeringene vi vil gjøre for enkeltstrekninger i beslutningsstøtteverktøyet. Vi drøfter også betydningen av de teoretiske antakelsene om at verdsettingen er proporsjonal med lengden på forventet/gjennomsnittlig forsinkelse i lys av resultater fra SP-undersøkelsen og virkelige data.

### 4.1 Hovedresultater fra PUSAM

Verdiene som ble anbefalt for verdsetting av tid og pålitelighet for godstransport på jernbane er nærmere beskrevet i TØI-rapport 1189/2012 og gjengitt i tabell 4.1 under. Utvalget var for lite til å anslå effekten av de fleste bakgrunnsvariable og segmentering på mer enn en variabel ville gitt upresise resultater. Det ble skilt mellom stykk- og partigods, noe som konsekvent resulterte i høyere verdier for framføringstid og pålitelighet for sendinger med stykkgoods. For å finne verdien av alt gods under ett har vi vektet verdiene basert på statistikk mottatt fra CargoNet om det samlede godset som går på jernbane i Norge. Det ble understreket at andre vekter for stykk- og partigods kan bli brukt hvis statistikk er tilgjengelig, for eksempel for konkrete jernbanekorridorer. Vi viser eksempler på dette i underkapittel 4.4.

Resultatene er i samme størrelsesorden som dem vi fant for alle transportmidler samlet i vår forrige studie av godstransport GUNVOR (Halse mfl., 2010). Tidsverdien per sending på jernbane befinner seg mellom de to vi fant den gang for henholdsvis transportkjøpere og transportører, hvis vi tar hensyn til sendingsstørrelsen. Også forholdet mellom tids- og forsinkelsesverdier i de to studiene stemmer godt overens.

Tabell 4.1. Enhetsverdier for spart framføringstid og forsinkelser, kroner pr time og kroner per tonntime på jernbane.

Enhetsverdi	Stykkgoods	Partigods	Totalt
Tidsverdi per sending (kr/t)	404	113	192
Tidsverdi per tonn (kr/tonntime)	47	7	13
Forsinkelsesverdi per sending (kr/t)	2545	764	1245
Forsinkelsesverdi per tonn (kr/tonntime)	278	35	72

Verdiene av tid og forsinkelse funnet i denne studien er betydelig høyere enn de oppgitt i siste versjon av Jernbaneverkets veileder om samfunnsøkonomiske analyser

(Jernbaneverket 2011).<sup>4</sup> Tidsverdiene i denne er hentet fra godsmodellen og er basert på en såkalt kapitalverditilnærming, altså kostnaden ved at godset er utilgjengelig for bruk når det er under transport. Beregningene tar dermed utgangspunkt i vareverdien.

Vi mener at den viktigste grunnen til at vår undersøkelse gir høyere verdier er at bedriftene også tar hensyn til at kortere framføringstid gjør det mulig å fylle opp varelagrene raskere og at de dermed ikke trenger å ha like store sikkerhetslagre. Dette er drøftet tidligere og vist i en teoretisk modell av Minken og Samstad (2006). I det svenske rammeverket gjengitt i kapittel 3.1 tilsvarer dette nyttekomponenten VTTV(O). Som nevnt her mener også svenske eksperter at verdiene fra godsmodellen må oppjusteres for å bedre representere nytten til kundene.

Det vil samtidig naturligvis også være en viss usikkerhet i resultatene fra vår studie knyttet til hvor representativt utvalget er og hvordan bedriftene har svart. Sammenlikning med andre studier, som den pågående nederlandske studien (se kapittel 3.2), vil kunne si noe om størrelsene på tallene. Samtidig er markedet såpass forskjellig mellom land at en ikke bør forvente at tallene blir like.

## **4.2 Sammenlikning med resultater fra GUNVOR**

Vi vil her vise resultatene av nye analyser vi har gjennomført av data fra prosjektet GUNVOR (Halse m. fl., 2010), basert på forbedret metodikk. Disse er også mer egnet til å sammenliknes med resultatene fra PUSAM.

I dataene samlet inn i GUNVOR inngikk det 42 jernbanebrukere blant vareeierne som benyttet innleid transport. Med jernbanebruker menes at de oppga at sendingen gikk med jernbane på mesteparten av strekningene. Valgekspérimentene tok imidlertid utgangspunkt i framføringstid og kostnad for hele transportkjeden. Resultatene antydte at verdsettingen av spart framføringstid og pålitelighet var noe høyere blant disse enn blant de som benyttet bil, men resultatene var svært usikre. Verken verdien av spart framføringstid eller forsinkelse var signifikant forskjellig fra null.

I en vitenskapelig artikkel basert på videre analyser av de samme dataene (Halse og Ramjerdi 2012) blir det vist at en med noen endringer i måten å analysere valgdatabene på kan få betydelig sikrere resultater. Denne såkalt multiplikative modellen tar hensyn til at størrelsen på de statistiske feilleddene henger sammen med hvor høy verdien til attributtene (kostnad og framføringstid eller forsinkelse) er, noe som er svært viktig når attributtverdiene varierer så mye som de gjør i disse dataene.<sup>5</sup> Den samme metodikken er også brukt for godstransport i deler av den nederlandske tidsverdistudien (de Jong mfl. 2012). Vi har derfor utført nye analyser av dataene fra GUNVOR, herunder egne analyser av utvalget som kjøper jernbanetransport.

---

<sup>4</sup> Hva som blir gjeldende praksis framover i Jernbaneverket er i skrivende stund ikke avklart.

<sup>5</sup> I analysene av undersøkelsen i PUSAM (Halse og Killi 2012) viser vi at denne modellen ikke fungerer bedre for disse dataene, og tar derfor utgangspunkt i en "vanlig" (additiv) modell. Dette henger trolig sammen med at utvalget her er mye mer enhetlig.

For tidsverdieksperimentet (CE1) bruker vi følgende modell for nytten  $U_i$ :

$$(1) \quad \ln U_i = \alpha_i + \mu \ln(C_i + \beta_{TIME} T_i) + \varepsilon_i$$

der kostnaden  $C_i$  settes til null hvis respondenten oppgir å ikke ha tatt hensyn til kostnad og framføringstida  $T_i = 0$  hvis det samme gjelder framføringstid.

For variasjonseksperimentet (CE2) er modellen:

$$(2) \quad \ln U_i = \alpha_i + \mu \ln[C_i + \beta_{TIME} E(T_i) + \beta_{STD} Std(T_i)] + \varepsilon_i$$

der  $E(T_i)$  angir forventet (gjennomsnittlig) framføringstid og  $Std(T_i)$  angir standardavviket. Også her settes de attributtene til null som respondenten oppgir å ikke ha tatt hensyn til lik null.

For forsinkelseeksperimentet (CE3) bruker vi modellen:

$$(3) \quad \ln U_i = \alpha_i + \mu \ln[C_i + \beta_{DELAY} E(D_i)] + \varepsilon_i$$

der  $E(D_i)$  angir forventet forsinkelse. Her ekskluderer vi ingen attributter, fordi uttrykket  $\ln(\cdot)$  da ville blitt  $\ln(0)$  i de tilfellene der respondenten ikke har brydd seg om kostnad for det alternativet som ikke innebærer risiko for forsinkelse. Dette påvirker trolig resultatene mindre for dette eksperimentet<sup>6</sup>, men resultatene blir litt mindre sammenliknbare. Forsøk med andre typer spesifikasjoner ga noe høyere verdier, men mindre presise resultater.<sup>7</sup>

Det viser seg at med denne metoden er det mulig å få statistisk signifikante resultater for jernbanekundene i GUNVOR, og at modellenes forklaringskraft øker både for jernbane- og veitransport. Resultatene for begge grupper er gjengitt i 4.2. En kan se at tallene er i samme størrelsesorden som dem funnet i PUSAM.

Verdsettingen er gjennomgående noe høyere for jernbane. Forskjellene mellom vei og bane er imidlertid ikke statistisk signifikante. Vi viser kun resultater per tonn, ettersom definisjonen på en sending ikke er den samme i de to undersøkelsene.<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> I dette eksperimentet er det en nokså jevn fordeling mellom de som ikke bryr seg om forsinkelse og de som ikke bryr seg om kostnad enn det er i de to andre. (Her er kostnad klart viktigst.) Vi forsøkte med andre typer spesifikasjoner med en konstant inne i parentes i  $\ln(\cdot)$ , men disse fungerte dårlig.

<sup>7</sup> En spesifikasjon med  $\ln(1)$  i de tilfellene der begge attributter var null ga verdier som var noe høyere, men med veldig høye standardavvik. En spesifikasjon der feilleddene inngikk additivt, altså som i originalstudien men med verdsetting per tonn, ga urimelig høye verdier.

<sup>8</sup> En usikkerhet er imidlertid at vekt ikke er nøyaktig oppgitt. Vi bruker her midtpunktene fra intervallene i svaralternativene i spørreskjemaet, sånn at vekten for eksempel blir 550 kg hvis bedriften har svart ”100-999 kg”.

Vi vil understreke at resultatene fra de to undersøkelsene ikke er direkte sammenliknbare, ettersom det i GUNVOR dreier seg om hele transporten fra avsender til mottaker mens det i PUSAM dreier seg om jernbanetransporten. Hvis en skulle brukt GUNVOR-resultatene til å verdsette forsinkelser på jernbane måtte en i prinsippet hatt en måte å beregne jernbanetappens bidrag til forsinkelsene ved endelig leveringssted på. For veitransport er dette noe mindre problematisk, ettersom veitransportene ofte består av kun én etappe.

I de nye resultatene ser det ut til at redusert variabilitet anses som noe viktigere i forhold til besparelser i kjent framføringstid enn det som ble rapportert i GUNVOR. Dette gjelder forholdet mellom verdsetting av standardavvik og gjennomsnittlig framføringstid i variasjonseksperimentet (CE2). Forholdet mellom forsinkelsesverdien (fra CE3) og tidsverdien (fra CE1) er derimot ikke høyere, snarere litt lavere.

Tabell 4.2. Enhetsverdier basert på nye analyser av data fra GUNVOR, kr per tonn og 95% konfidensintervall

Eksperiment		Vei, kr per tonn	Jernbane, kr per tonn
Tidsverdi-eksperiment (CE1)	Tidsverdi (konfidensintervall)	11,9 (9-15)	26,7 (10-43)
	Justert rho-squared	0,302	0,295
	Antall respondenter	384	42
Variasjons-eksperiment (CE2)	Verdi av gjennomsnittstid (konfidensintervall)	14,1 (10-19)	23,9 (10-38)
	Verdi av standardavvik (konfidensintervall)	18,0 (9-27)	43,6 (16-71)
	Justert rho-squared	0,240	0,355
	Antall respondenter	335	38
Forsinkelses-eksperiment (CE3)	Forsinkelsesverdi (konfidensintervall)	49,7 (1-98)	89,4 (22-157)
	Justert rho-squared	0,032	0,161
	Antall respondenter	319	35

Selv om vi med denne metodikken har klart å beregne enhetsverdier for jernbane også basert på disse dataene, vil vi understreke at vi klart anbefaler å bruke resultatene fra undersøkelsen i PUSAM. Utvalget i PUSAM er mer enhetlig, svarene er knyttet utelukkende til jernbanetransporten og inndelingen i stykk- og partigods gir oss mulighet til å ta hensyn fordelingen mellom sendingstyper.

I Tabell 4.3 gjengir vi og sammenlikner hovedresultatene fra SP-studiene i begge prosjektene, basert på de nye analysene. VTTS angir verdien av spart transporttid, VTTV verdien av redusert variasjon (målt ved standardavviket) og 'reliability ratio' er forholdet mellom verdien av gjennomsnittstid og variasjon i det andre valgekspertimentet. Som nevnt tidligere har vi ingen gyldige resultater fra dette eksperimentet for PUSAM-studien.

Tabell 4.3. Oppsummering av hovedresultater fra SP-studiene i GUNVOR og PUSAM, verdier i kroner per tonntime

Sample	VTTT	VTTV	'Reliability ratio'	Forsinkelsesverdi
Vei, GUNVOR	12	18	1.3	50
Jernbane, GUNVOR	27	44	1.8	89
Jernbane stykkgoods, PUSAM	47	--	--	278
Jernbane partigods, PUSAM	7	--	--	35
Jernbane alt (vektet), PUSAM	13	--	--	72

### 4.3 Effekt av ulike faktorer på verdsetting av pålitelighet

I dette underkapitlet gjengir vi resultater fra de to studiene våre som viser hvordan verdsettingen av pålitelighet varierer med ulike egenskaper ved sendingene.

#### 4.3.1 Resultater fra undersøkelse for jernbane gjennomført i PUSAM

Resultatene av SP-undersøkelsen vår blant jernbanekunder (Halse og Killi, 2012) viser entydig at stykkgoods innebærer høyere verdsetting av framføringstid og pålitelighet enn øvrig gods. Dette ser vi både i resultatene av de to valgekspesimentene med framføringstid og forsinkelse (se Tabell 4.1), spørsmålene om betalingsvilje for seinere avgang eller tidligere ankomst og de kvalitative spørsmålene om konsekvenser av forsinkelser. Øvrig gods, omtalt som partigods, omfatter alle typer gods som ikke er stykkgoods.

Ettersom skillet mellom stykk- og partigods har såpass mye å si, har det liten hensikt å undersøke effektene av andre egenskaper ved sendingene uten samtidig å kontrollere for dette. Vi har gjennomført analyser der vi skiller mellom de tre store samlasterne (DB Schenker, Tollpost og Bring/Posten) og øvrige kunder. Vi finner at de førstnevnte har høyere verdsetting av framføringstid og pålitelighet, men dette må ses i lys av at de i større grad organiserer frakt av stykkgoods. De beregnede verdiene sier derfor ikke så mye. Datautvalget er for lite til å beregne effektene av flere egenskaper ved sendingene samtidig.

#### 4.3.2 Resultater fra GUNVOR

I tillegg til de nye beregningene av enhetsverdier, har vi som en del av arbeidet her også gjennomført andre, nye analyser av data fra prosjektet GUNVOR som viser hvilke faktorer som påvirker viktigheten av rask og pålitelig framføring. I GUNVOR hadde vi et større datagrunnlag enn i PUSAM. Dette gjør det mulig å også se på effekten av andre egenskaper ved transporten som kan tenkes å påvirke kostnadene for tid og pålitelighet ved transport av gods. Det er naturlig å anta at funn vi gjorde i analysene her, selv om de i stor grad var knyttet til transport av gods på vei, i betydelig grad også vil gjelde ved beregning av enhetsverdier knyttet til godstransport på jernbane i PUSAM. Resultatene fra analysene i GUNVOR er også gjengitt av Halse og Killi (2012). Vi vil her redegjøre for noen av funnene i disse analysene.

Dataene besto av transportkjøpere og transportører som hadde gjennomført to valgekspesimenter – ett der alternativene hadde forskjellig kjent framføringstid og ett



der de hadde forskjellig risiko for forsinkelse. Det ene valget innebærer lavere kostnad, men lengre framføringstid eller en viss risiko for forsinkelse. Det andre alternativet innebærer høyere kostnad, men kortere framføringstid eller ingen risiko for forsinkelse. Ulike forklaringsvariabler ble inkludert i den multinomiske logitmodellen for å teste om de hadde positiv eller negativ effekt på å øke sannsynligheten for å velge det dyre og raske/pålitelige alternativet.

Vi vil her trekke fram noen viktige funn som er knyttet til type sending/transport:

- Bedriftene er mer villige til å betale for å spare tid og unngå forsinkelser når kostnaden for transporten allerede er høy.
- Betydningen av framføringstid går ned med transportdistansen. Tendensen er den samme for forsinkelser, men denne er mindre tydelig.
- Bedrifter som kjøper flytransport har høyere betalingsvilje for tidsbesparelser.
- Effektene av varetyper er usikre, men det er et visst samsvar mellom effektene på tidsverdi og på forsinkelse. Tekstilvarer ser ut til å innebære både høy tidsverdi og høy forsinkelsesverdi. Kjemiske varer er derimot mindre tidskritiske på begge måter. Tømmer innebærer lav tidsverdi, men vi ser ingen signifikant forskjell i forsinkelsesverdien.
- Engrosbedrifter har lavere betalingsvilje for tidsbesparelser enn de andre transportkjøperne, men vi finner ingen forskjell når det gjelder forsinkelser. Vi finner heller ingen tydelige effekter av hva slags bedrift kunden er på transportørens verdsetting.
- Transportører verdsetter tid og forsinkelser høyere i lokaldistribusjon og trolig også på korte transporter til lager eller terminal enn på andre typer oppdrag.
- Transportører som frakter tank-/bulkgoods ser ut til å ha lavest verdsetting av både framføringstid og forsinkelser.
- Rederier har lavest betalingsvilje av transportbedriftene både for å spare tid og unngå forsinkelser. Også transportsentralene verdsetter forsinkelser lavere enn lastebilfirmaene gjør.

Andre forklaringsvariabler som ble inkludert i analysen var knyttet til størrelsen på attributtene i eksperimentene, som for eksempel sannsynligheten for og lengden på forsinkelsen. Dette kommer vi tilbake til i underkapittel 4.5.

### **4.3.3 Oppsummering**

Vi har her gjengitt resultater som viser at mange egenskaper ved sendingene kan ha betydning for hvor viktig pålitelighet er og dermed hva forsinkelser koster. Hvilke faktorer en ønsker å ta hensyn til avhenger av hvilke data en har tilgjengelig. Vi har nokså klare resultater når det gjelder forskjellen mellom stykk- og partigods, og også data for fordelinga mellom disse to hovedtypene gods på ulike jernbanestrekninger. Flere undertyper kunne vært benyttet, som bulkgoods og sjøgoods, men vi mangler klare resultater for hva verdsettingen bør være for disse. For strekninger der disse utgjør en stor del av godset bør en imidlertid være forsiktig med å benytte verdiene gjengitt i Tabell 4.1.

Når det gjelder varetyper mer detaljert har vi verken gode data for dette eller sikre resultater på hvordan verdiene bør justeres. Det bør utføres flere studier for å gi mer innsikt i dette. I det følgende vil vi nøye oss med å skille mellom stykk- og partigods,

en inndeling som ser ut til å ha stor betydning. Trolig henger flere av faktorene nevnt over også sammen med om det er snakk om stykk- eller partigods.

## 4.4 Aggregering og justering for enkeltstrekninger

I dette delkapittelet redegjør vi for hvordan forsinkelsesverdiene for gods kan brukes i praksis, spesielt med tanke på beslutningsstøtteverktøyet utviklet i PUSAM. Tallene som er brukt i eksemplene tar utgangspunkt i de tallene vi har tilgjengelige i dag, og kan oppdateres når andre tall er tilgjengelige.

For å kunne bruke tallene våre i et beslutningsstøttesystem der vi verdsetter endringer i forsinkete tog, må vi beregne forsinkelseskostnadene for hele godsmengden for den aktuelle toggruppen på strekningen i en viss periode. Enhetskostnadene i rapport 1189/2012, som er gjengitt i tabell 4.1.1 her, må altså ganges med godsmengden. Regnestykket for en angitt toggruppe som leverer gods til et leveringssted kan uttrykkes på forskjellige måter:

- A) Forsinkelsesverdi · Godsmengde/avgang · Forsinkelse/avgang · Avganger
- B) Forsinkelsesverdi · Godsmengde totalt · Forsinkelse/avgang
- C) Forsinkelsesverdi · Godsmengde/avgang · Forsinkelsestimer totalt

De tre uttrykkene uttrykker akkurat det samme. I de videre forklaringene vil vi ta utgangspunkt i uttrykket (B). Dette er hensiktsmessig fordi vi har tall for godsmengder totalt fra CargoNet, mens forsinkelser og antall avganger ligger i datagrunnlaget som beslutningsstøtteverktøyet er basert på, og som stadig oppdateres.<sup>9</sup>

### 4.4.1 Tallgrunnlag

Våre resultater viser som nevnt at det er betydelige forskjeller i verdsettingen mellom stykkgoods og annet gods (partigods). Det er derfor ønskelig å ta hensyn til fordelingen mellom de to godstypene på den aktuelle strekningen. For å finne den samfunnsøkonomiske effekten er det da bare å gange endring i gjennomsnittlig/forventet forsinkelse per tog i timer med

- forsinkelsesverdien for stykkgoods ganget med mengden stykkgoods til stasjonen
- forsinkelsesverdien for partigods ganget med mengden partigods til stasjonen

og summere.

Vi gjør da implisitt en antakelse om at stykkgoods- og partigodssendingene blir påvirket likt av endringen i pålitelighet, mens det i virkeligheten muligens kan være forskjeller. For eksempel kan det tenkes at andelen stykkgoods er høyere på avganger med attraktive laste- og lossetidspunkt, og at disse prioriteres høyere sånn at de i noen mindre grad påvirkes av endringen. Dette blir imidlertid spekulasjon.

Vi har tall fra CargoNet med antall fraktete TEU for stykkgoods og annet gods for alle godstogstrekningene i 2011. Mengden kan i prinsippet måles både i tonn og i enheter, men tonn synes å være det mest nærliggende. For å kunne beregne

---

<sup>9</sup> Godsmengden vil så klart også endres over tid, men vi velger å bruke et fast anslag her inntil vi har implementert rutiner for å samkjøre verktøyet med denne typen markedsdata.

samfunnsøkonomiske kostnader av forsinkelser trenger vi derfor mengde gods i tonn for de to godstypene.<sup>10</sup> Vi må derfor ha anslag for gjennomsnittlig vekt for stykkgoods- og partigodssendinger. Fra tall vi har fått fra CargoNet tidligere har vi gjennomsnittlig vekt per TEU for *alt gods* for de ulike strekningene (fra 2009).

I rapport 1189/2012 beregnet vi andelene stykk- og partigods av godsvekta ved å anta at de to godstypene hadde gjennomsnittsvekt som i utvalget vårt, det vil si henholdsvis 8,7 og 18,9 tonn. Med rimelige andeler stykk- og partigods vil dette gi en felles gjennomsnittsvekt per TEU som er langt høyere enn det CargoNets tall viser. Før vi beregner antall tonn av de ulike godstypene er det derfor ønskelig å justere disse anslagene.

Vi tar utgangspunkt i følgende tall fra 2011:

- Dovrebanen: 36 prosent stykkgoods, 64 prosent partigods, gjennomsnittsvekt 10,29 tonn per TEU.
- Bergensbanen: 47 prosent stykkgoods, 53 prosent partigods, gjennomsnittsvekt 9,48 tonn per TEU

Dette utgjør et likningssett med to likninger og to ukjente. Den eneste løsningen som stemmer for begge strekningene (men som ikke nødvendigvis stemmer perfekt for de øvrige togstrekningene) er at stykkgoods veier i snitt 5,57 per TEU og partigods 12,94 tonn per TEU. Det er usikkert hva avviket mellom disse tallene og tallene fra utvalget i undersøkelsen skyldes. Vi anbefaler uansett at disse verdiene brukes videre i beregningene.

For øvrig har justeringen svært lite å si for resultatene i rapport 1189/2012. Hvis vi hadde brukt de nye anslagene ville de vektene verdiene av framføringstid og forsinkelser blitt omtrent de samme. Dette er fordi det bare er det relative forholdet mellom gjennomsnittsvektene som teller.

Vi bruker så disse to anslagene til å beregne antall tonn gods per godstype for de ulike strekningene. Dette gir godsmengder i tonn per år. Dersom en ønsker å beregne samfunnsøkonomiske kostnader for kortere tidsrom, må tallene deles for å få for eksempel tonn per uke.

#### 4.4.2 Konkrete eksempler

Tallene vi har fått fra CargoNet er delt inn i enkeltrelasjoner. Ett tog kan ha flere slike relasjoner. For eksempel frakter toget Bodø-Oslo gods til Oslo fra både Bodø, Fauske og Mo i Rana<sup>11</sup>, og toget Oslo-Bergen frakter gods fra både Oslo og Drammen til Bergen. Med ett unntak (ett tog daglig mellom Drammen og Bergen) er det ingen tog som *bare* trafikkerer delstrekningene. Til vårt formål trenger vi den samlede godsmengden til hver stasjon. En forsinkelse for toget Oslo-Bergen påvirker påliteligheten ved levering for gods både fra Oslo og Drammen, uansett hvor på strekningen forsinkelsen skjer.

Vi summerer derfor tallene for alle relasjonene som gjelder samme tog og som har samme leveringsstasjon. I det følgende vil vi forklare prinsippene, med nordgående

---

<sup>10</sup> Alternativt kunne vi brukt de samfunnsøkonomiske kostnadene per sending i rapport 1189/2012, men det er usikkert om alle respondentene har tolket sending som én TEU.

<sup>11</sup> Toget Bodø-Oslo frakter derimot ikke gods til eller fra Trondheim, selv om det stopper der. SJEKK.

tog på Dovrebanen som eksempel. Prinsippene gjelder imidlertid også for andre strekninger.

### ***Tilfelle 1 – samme destinasjon***

Dette er det enkleste tilfellet. Vi ser på ei toggruppe som kan være sammensatt av flere tognummer, men der alle skal til samme sted. Vi bruker her tog på Oslo-Trondheim på Dovrebanen<sup>12</sup> som eksempel, men metodene kan brukes på andre strekninger som også bare har levering til endestasjonen (for eksempel Oslo-Åndalsnes og Oslo-Narvik).

For å beregne samfunnsøkonomiske kostnader trenger vi mengde gods. Vi har godsmengder for alle relasjoner, men ikke fordelt på tognummer. Godsmengden for relasjonen Oslo-Trondheim vil derfor også inkludere godset som fraktes med de togene (tognummer 5731/5791) som skal videre til Nord-Norge. Togene må altså behandles samlet, og det må presiseres at de samfunnsøkonomiske beregningene ikke inkluderer konsekvenser for levering nord for Trondheim.

Det som skal prises er endringen i gjennomsnittlig forsinkelse til Trondheim. Hvis vi for enkelhets skyld (men bare foreløpig!) antar at forsinkelsen underveis er lik forsinkelsen ved endestasjon, kan vi da ta utgangspunkt i endring i gjennomsnittlig forsinkelse på delstrekningen.

Vi må så velge oss en tidsenhet for samfunnsøkonomien. Dette kan for eksempel være endring i forsinkelseskostnader per uke eller måned, eller for hele tidsrommet siden den aktuelle endringen skjedde (for eksempel innføring av en saktekjøring). For å finne kostnadene bruker vi da anslått godsmengde inndelt i stykk- og partigods for det aktuelle tidsrommet. Godsmengden finner vi ved å ta godsmengde per år (2011) ganget med den aktuelle andelen av et år (for eksempel 1/52).

### ***Tilfelle 2 – samme endestasjon, men forskjellig stoppmønster underveis***

En annen gruppe nordgående tog som trafikkerer Dovrebanen er de som har endestasjon i Bodø. I dette delkapitlet tenker vi oss at vi behandler disse som ei egen gruppe. Underveis blir det levert gods til Mo i Rana og Fauske. Ifølge ruteplanen for 2011 stopper alle togene i Fauske, men det er ett tognummer som ikke stopper i Mo i Rana.

Dette er i utgangspunktet ikke noe problem, dersom disse togene ellers oppfører seg omtrent likt. For å beregne endring i samfunnsøkonomiske kostnader trenger vi bare endring i gjennomsnittlig forsinkelse til hver stasjon ganget med godsmengden til stasjonen og de respektive forsinkelsesverdiene. At noen tog ikke stopper i Mo i Rana reflekteres i tallene for gods til denne stasjonen.

Det ovennevnte toget som skifter tognummer underveis og som også leverer til og tar med gods fra Trondheim (5731/5791) regnes her med på lik linje med de andre togene. Dette fordi godset som dette toget frakter er regnet med i tallene vi har for total godsmengde fra Alnabru til Mo i Rana/Fauske/Bodø. Vi får derimot ikke med det godset dette toget har med seg fra Trondheim, fordi dette i dataene er slått sammen med godsmengden til de togene som starter i Trondheim.<sup>13</sup> Disse togene

---

<sup>12</sup> Rørosbanen brukes kun til industritransporter (systemtog) og som alternativ hvis Dovrebanen er stengt.

<sup>13</sup> Dette er snakk om bare to tognummer, 5791 og 5793.

kan det gjøres en egen beregning for etter samme oppskrift som den forklart her, men bare for pålitelighetsendringer på strekninger nord for Trondheim.

### *Tilfelle 3 – forskjellige destinasjoner*

På Dovrebanen sør for Dombås kjører det nordgående tog med tre forskjellige endestasjoner – Trondheim, Bodø og Åndalsnes. Når en skal beregne de samfunnsøkonomiske konsekvensene av en endring i pålitelighet på strekningen, må en altså følge oppskriften i de to foregående delkapitlene og summere effekten for alle stasjoner.

Når en skal beregne sammenhengen mellom forsinkelse underveis og til stasjon må dette gjøres i separate beregninger for

- endring i forsinkelse til Trondheim for tog som stopper i Trondheim (inkludert 5731 som skal videre nordover)
- endring i forsinkelse til Mo i Rana for tog som stopper i Mo i Rana. Her må tognumrene 5731 og 5791 koples sammen siden dette er samme tog som skifter tognummer i Trondheim.
- endring i forsinkelse til Fauske og Bodø for tog som stopper der. Dette inkluderer togene i forrige kulepunkt.
- endring i forsinkelse til Åndalsnes for togene som skal dit

Som nevnt i forrige delkapittel er det én del av nytten vi ikke fanger opp. Dette gjelder konsekvenser for gods til Nord-Norge som blir plukket opp i Trondheim av tog 5731/5791, og skyldes at vi ikke klarer å skille mellom dette godset og det som fraktes med tog som starter i Trondheim. Ifølge tallene vi har fått fra CargoNet blir det fraktet under halvparten så mye gods mellom Trondheim og Mo i Rana/Fauske/Bodø som mellom Oslo og de samme byene, og tog 5731/5791 står trolig for om lag halvparten av dette igjen (det utgjør halvparten av avgangene). Det er altså maksimalt snakk om 20-25 prosent mer nytte for endringer mellom Oslo og Trondheim, mindre sør for Dombås.<sup>14</sup> Det er heller ikke sikker at konsekvensene er så store, ettersom toget har en viss margin ved stopp i Trondheim.

Basert på tall fra Cargonet har vi følgende tall for godsmengde til de ulike stasjonene for nordgående tog. Vekt i tonn er beregnet ved hjelp av anslått gjennomsnittsvekt per TEU for stykkgoods og annet gods:

*Tabell 4.4. Godsmengde til ulike stasjoner for nordgående tog fra Alnabru*

Lossestasjon	Tonn stykkgoods 2011	Tonn annet gods 2011
Trondheim	69 784	185 566
Mo i Rana	6 182	28 612
Fauske	10 365	46 119
Bodø	22 188	52 543
Åndalsnes	15 731	106 416

<sup>14</sup> Dette gjelder bare endringer som skjer sør for Trondheim. Hadde vi sett på effekten av en endring nord for Trondheim, ville nytten for dette toget blitt fanget opp.

Kostnaden per time forsinkelse er 278 kroner for stykkogods og 35 kroner for partigods (2011-kroner, ikke realprisjustert).

## 4.5 Effekt av lengde på og sannsynlighet for forsinkelse

I dette kapitlet bruker vi resultater fra spørreundersøkelsene våre til å se på hvorvidt risikoen for forsinkelse og lengden på forsinkelsen påvirker verdsettingen av forsinkelser. Videre drøfter vi i hvilken grad dette kan føre til skjevheter ved bruk av resultatene, og sammenlikner de hypotetiske scenarioene i spørreundersøkelsen med virkelige data.

### 4.5.1 Er verdsettingen proporsjonal?

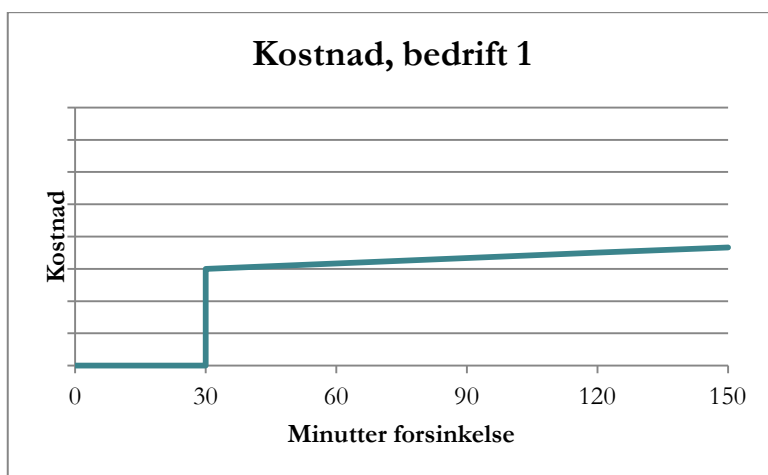
Bruken av gjennomsnittlig/forventet forsinkelse som mål på (u)pålitelighet i samfunnsøkonomiske beregninger bygger på en antakelse om at verdsettingen er proporsjonal med den forventete forsinkelsen. Denne antakelsen innebærer at kostnaden øker lineært i takt med lengden på forsinkelsen og med den faktiske sannsynligheten for forsinkelse.

I spørreundersøkelsen gjennomført i PUSAM finner vi derimot indikasjoner på at kostnaden ved økt forsinkelse relativt sett avtar med lengden på forsinkelsen (underkapitlene 7.4 og 7.5 hos Halse og Killi 2012). Vi ser tegn på det samme i resultatene fra de supplerende analysene av GUNVOR-dataene. Samtidig oppgir mange av bedriftene at forsinkelsene først medfører kostnader når de er over en viss lengde. Denne kritiske terskelen varierer mellom bedrifter.

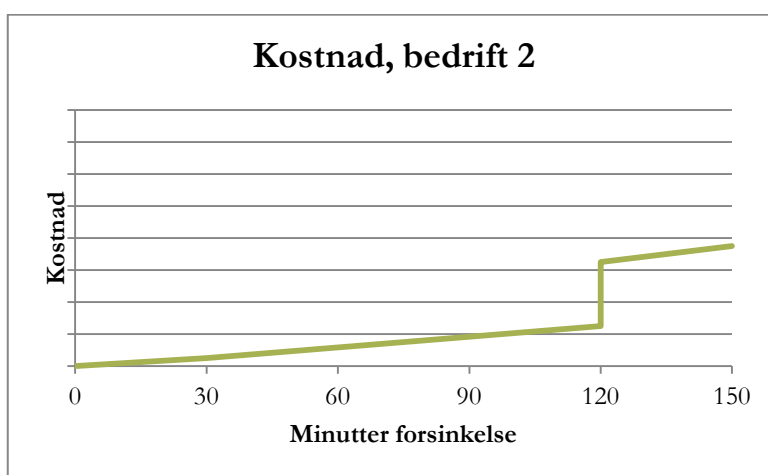
Bedriftene ble ikke spurt direkte om kostnadene ved forsinkelsen øker i takt med lengden på forsinkelsen etter at den kritiske terskelen er passert. Resultatene tyder imidlertid på at de i liten grad gjør det. En skulle kanskje tro at lengre forsinkelse alltid er verre, men både for mennesker og varer er det sånn at når tidsplanen først har røket, må en legge en ny. Det å replanlegge innebærer en kostnad som ikke endrer seg om forsinkelsen øker ytterligere, eller i hvert fall i mindre grad.

Det kan virke som en selvmotsigelse at hver bedrift har en kritisk terskel for forsinkelse, mens resultatene våre viser at forsinkelsene er mer kostbare når de er *under* en viss terskel, slik tilfellet er med en avtakende marginalkostnad. En mulig forklaring er imidlertid at bedriftene har ulike terskelverdier, slik at når forsinkelsen øker vil det få konsekvenser for stadig flere av kundene. Kostnaden for kundene samlet sett er altså en jevnere funksjon av forsinkelseslengden enn den for hver enkelt kunde.

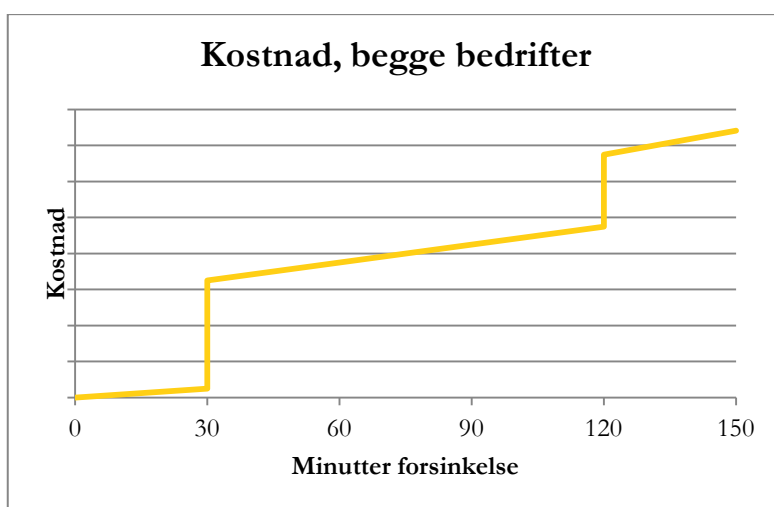
Vi kan illustrere dette ved et enkelt eksempel med to forskjellige bedrifter. Den ene bedriften har en kritisk terskel på en halv time og den andre har en kritisk terskel på to timer. For bedrift 1 er forsinkelser kortere enn en halv time helt uten kostnader, mens kostnaden øker noe med lengden på forsinkelsen når terskelen overskrides. For bedrift 2 har lengden på forsinkelsen betydning både før og etter terskelen på to timer blir passert.



Figur 4.5.1. Eksempel på tenkt sammenheng mellom forsinkelseslengde og kostnad av forsinkelsen for en enkeltbedrift

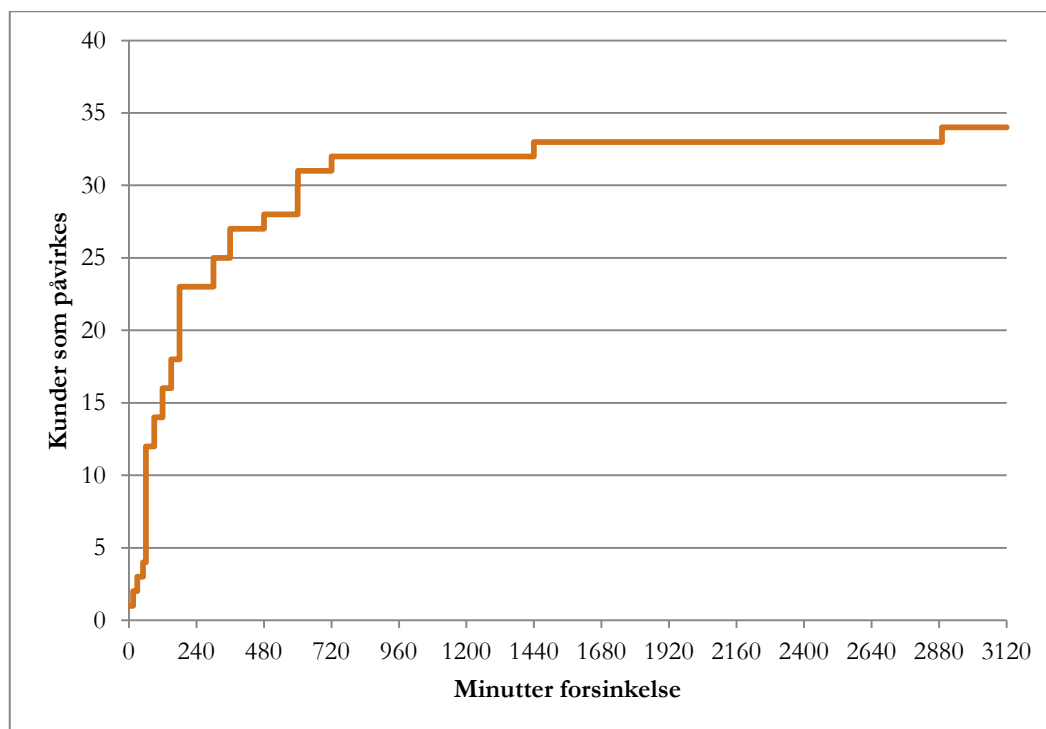


Figur 4.5.2. Eksempel på tenkt sammenheng mellom forsinkelseslengde og kostnad av forsinkelsen for en annen enkeltbedrift



Figur 4.5.3. Eksempel på estimert sammenheng mellom forsinkelseslengde og kostnad av forsinkelsen når de to bedriftene ses under ett

Siden mange av kundene har lave terskelverdier, vil en økning fra for eksempel en halvtime forsinkelse til en time innebære at flere blir rammet, og enda flere når forsinkelsen øker til for eksempel én og en halv time. Når vi kommer over en viss forsinkelseslengde er terskelverdiene mye mer spredt, slik at en økning fra for eksempel fem til seks timer relativt sett trolig har mindre å si. Dette bildet er ganske tydelig når vi ser på den kumulative fordelinga av terskelverdier som bedriftene oppga i vår undersøkelse i PUSAM, vist på Figur 4.5.4.



Figur 4.5.4. Fordeling av kritiske terskler for forsinkelse blant jernbanekunder i PUSAM-undersøkelse

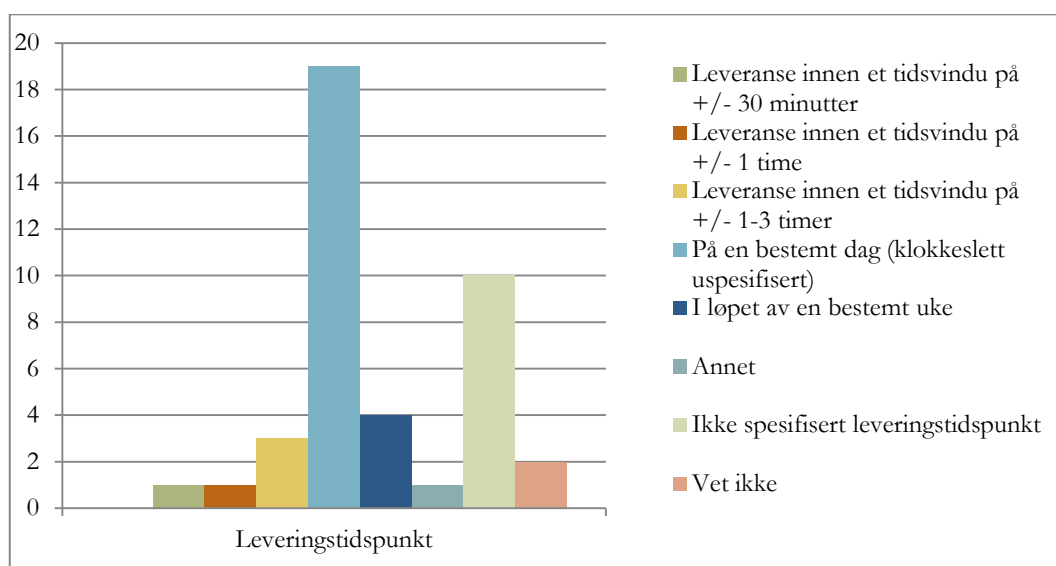
Som vi ser er de kritiske tersklene mer konsentrert rundt kortere forsinkelser (0-4 timer) enn lengre forsinkelser. Hvis det er sånn at kostnaden ved forsinkelse i stor grad er fast og ikke øker når forsinkelsen øker utover terskelverdien vil dette kunne innebære at en kostnadsfunksjon som representerer hele utvalget også har avtakende stigning. Akkurat hvordan funksjonen ser ut avhenger av den enkelte bedrifts kostnadsfunksjon og de ulike kundenes andel av godset på toget.

At dette kan relateres til resultatene fra SP-undersøkelsene bør imidlertid forklares nærmere: I det tredje valgekspérimentet, som er det vi baserer resultatene her på, er bedriftene alltid stilt overfor valget mellom risiko for en forsinkelse av en viss lengde og ingen risiko for forsinkelse overhodet. De bedriftene som har en lav kritisk terskel for forsinkelse vil i dette tilfellet være villige til å betale for å bli kvitt både korte og lange forsinkelser, men betalingsviljen deres vil være relativt sett lavere for de lange forsinkelsene. De som har en høy terskel vil derimot ikke være villige til å betale noe for å bli kvitt de korte forsinkelsene, bare de lange. En skulle tro at disse effektene trekker i hver sin retning. Sannsynligvis vil imidlertid den førstnevnte dominere fordi (i) det er flere av bedriftene med lav terskel og (ii) de med en høy terskelverdi har



trolig en lav verdsetting av å unngå forsinkelse sett i forhold til lengden på forsinkelsen. Dermed blir resultatet en avtakende kostnad, slik vi finner tegn på.<sup>15</sup>

Vi ser noe av det samme bildet som på Figur 4.5.4 på Figur 4.5.5, som viser avtalt leveringstidspunkt blant de vareeierne i GUNVOR-dataene som hadde jernbane som hovedtransportmiddel for sendinga. Her gjelder leveringstidspunktet ved sluttdestinasjon, ikke for jernbaneetappen. De aller fleste har svart ”På en bestemt dag (klokkeslett uspesifisert)”, noe som kan tolkes som at tidsmarginene er slakkere i dette utvalget. Det kan likevel hende at mottaker forventer at varene er framme innen et visst tidspunkt, og at en liten forsinkelse på jernbanen kan få større konsekvenser for videre transport. Dette utvalget omfatter også enkelte utenlandstransporter.



Figur 4.5.5. Fordeling av leveringstidspunkt (ved sluttdestinasjon) for jernbanekunder i GUNVOR

Denne spredningen i hvor presis levering som kreves kan som sagt forklare hvorfor verdsettingen av forsinkelse beregnet ved hjelp av spørreundersøkellesdata tilsynelatende ikke er proporsjonal med lengden på forsinkelsen. Det er imidlertid ikke den eneste mulige forklaringen. Det kan også være at de bedriftene som verdsetter pålitelighet høyest i mindre grad sender gods over lengre avstander fordi de har lokalisert seg slik at avstandene blir minst mulig. I hvert fall i PUSAM-undersøkelsen vil dette innebære at de også i mindre grad har stått overfor valgsituasjoner med lange forsinkelser (fordi forsinkelsene blir bestemt ut i fra framføringstida).<sup>16</sup>

Som nevnt innledningsvis er det en antakelse til som bør testes (noe vil delvis har gjort), nemlig om verdsettingen er proporsjonal med sannsynligheten for forsinkelse. Dette egner dataene fra PUSAM-undersøkelsen seg dårlig for, ettersom det er

<sup>15</sup> Det må for øvrig presiseres at ingen bedrifter sto overfor mulige forsinkelser i den størrelsesordenen vi finner lengst til høyre i Figur 4.5.4. Mer om dette i underkapittel 4.5.3.

<sup>16</sup> Flügel mfl. (2012) drøfter forklaringer på ikke-lineær nytte i analyser av transportmiddelvalg og peker på valg av bosted og reisemål som et mulig seleksjonsproblem som påvirker formen på den estimerte nytten av spart reisetid. Forskjellen er at det der ikke dreier seg om nytten målt relativt til kostnad som i vår undersøkelse, men nytte målt i rene nytteenheter.

vanskelig å skille ut effekten av sannsynlighet med et såpass lite utvalg. Resultatene fra tilleggsanalysene av GUNVOR-data tyder imidlertid på at verdsettingen av en forventet forsinkelse er høyere når sannsynligheten er lav. En mulig forklaring på dette er ifølge Halse og Killi (2012) at de som svarer overvurderer små sannsynligheter.

#### 4.5.2 Mulighet for justering av resultater

Resultatene våre viser altså ganske tydelige tegn på at det å bli kvitt små forsinkelser (unntatt de svært korte) relativt sett er mer verdt for godskundene enn å bli kvitt de lange. Det er bedre å bli kvitt fire forsinkelser på en time enn én forsinkelse på fire timer. I prinsippet kunne en tatt hensyn til dette ved å dele inn forsinkelsene i ulike lengder, eller enda mer sofistikert ved å bruke en funksjonsform som anslår hvordan verdsettingen avhenger av lengden på forsinkelsen.

Det mest opplagte problemet med dette er at det gjør regnestykkene mer kompliserte. I tillegg mangler vi et godt grunnlag for å si akkurat hvordan hvilke forsinkelseslengder vi skulle delt inn etter. I analysene gjengitt av Halse og Killi (2012) har vi for eksempel beregnet en andregradsfunksjon for verdsetting som likner den på Figur 4.5.4, men for at denne skulle vært representativ burde hver enkelt sending vært vektet etter hvor mye av volumet slike sendinger utgjør. Dette har vi ikke data til. Vi vet heller ikke om funksjonsformen er den mest rimelige.

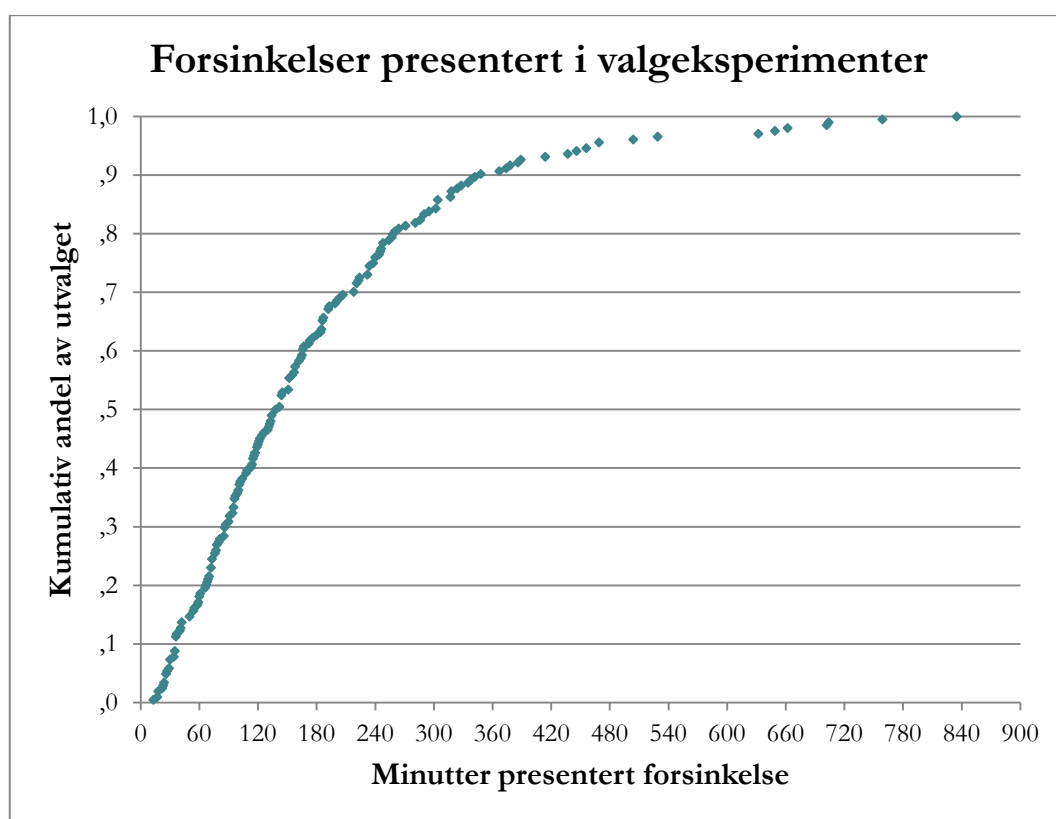
I stedet å anta at verdsettingen er proporsjonal med forsinkelseslengden er en forenkling, men det gjør det mulig for oss å vekte etter stykk- og partigods. Dette gjør at verdien blir noenlunde representative. Hvordan forenklinga slår ut avhenger av hvor lange forsinkelsene er i undersøkelsen i virkeligheten og om det er snakk om å *reducere* lengden på forsinkelsene eller *unngå* dem helt.

En åpenbar mulighet er at forsinkelsene i virkeligheten er kortere enn dem som forekommer i spørreundersøkelsen vår (men ikke så korte at de er uten betydning). I så fall vil den gjennomsnittlige verdien vi har funnet av å unngå en time forsinkelse for både lange og korte forsinkelse kunne være en underdrivelse. En bør derfor sammenlikne dataene i spørreundersøkelsen og vurdere mulighetene for justering.

Når det gjelder effekten av størrelsen på sannsynligheten er vi usikre på om en bør forsøke å ta direkte hensyn til dette i verdsetting, i hvert fall dersom det er snakk om en subjektiv overvurdering av små sannsynligheter som i liten grad er knyttet til reelle kostnader. Hvis det påvirker resultatene av SP-undersøkelsen kan det imidlertid være et problem hvis sannsynlighetene i undersøkelsen er svært forskjellige fra de som forekommer i virkeligheten. I neste underkapittel vil vi derfor sammenlikne med utvalgte data over forsinkelser fra virkeligheten.

#### 4.5.3 Sammenlikning med virkelige data

I virkeligheten vil det ikke være slik at det kun kan forekomme en forsinkelse av en viss lengde med en viss sannsynlighet og ellers ingen forsinkelse. I stedet vil det være ei sannsynlighetsfordeling over mulige forsinkelser. Denne vil likevel kunne si noe om i hvilken grad forsinkelsene og sannsynlighetene i spørreundersøkelsen vår er realistiske. På Figur 4.5.6 viser vi fordelingen av forsinkelsene som forekom i valgekspperimentene. Medianen var 2 timer og 18 minutter. Sannsynlighetene for forsinkelse varierte fra 5 til 40 prosent.



Figur 4.5.6. Fordeling av forsinkelseslengder i valgekspesimenter i PUSAM

Sannsynlighetsfordelingen til de faktiske forsinkelsene vil avhenge av omstendighetene rundt, for eksempel årstid og tid på dagen. I hvilken grad vi deler inn etter slike forhold vil altså avgjøre hvordan fordelinga ser ut. Hvis vi kunne kontrollert for absolutt alle omstendigheter, ville ikke forsinkelsen vært tilfeldig i det hele tatt.

Vi kan ikke observere sannsynlighetsfordelinger, bare faktiske utfall. Størrelsen på utvalget vil avgjøre hvor godt egnet det er til å anslå sannsynlighetsfordelings. Samtidig vil det være en fordel å dele et utvalg inn i mindre underutvalg dersom vi tror at disse har forskjellige egenskaper.

I vårt tilfelle har vi forsinkelsesdata fordelt på år, måneder og i noen tilfeller også uker. Hvis ukene i en måned er svært ulike med hensyn til underliggende forhold (for eksempel vær) som vi ønsker å kontrollere for, vil det være hensiktsmessig å dele inn i uker. Hvis vi derimot tror at forskjellene mellom ukene skyldes "tilfeldigheter" som vi ikke ønsker å kontrollere for, vil det å se på måneden under ett gi et bedre datagrunnlag.

Nedenfor viser vi beregnede sannsynlighetsfordelinger for forsinkelser for godstog som ankommer Trondheim og Bergen i januar og juni.<sup>17</sup> For Trondheim bruker vi målinger ved avgang fra Selsbakk stasjon, som er like før ankomst til endestasjonen.

På grunn av datamengden viser vi ikke forsinkelser på over 45 minutter i Figur 4.5.7- Figur 4.5.10, vi vil altså ikke få med de lengste forsinkelsene her. I Figur 4.5.11 viser vi den kumulative sannsynlighetsfordelinga over alle forsinkelseslengder for ankomst til Trondheim i januar 2012.<sup>18</sup>

Figurene viser som ventet at de fleste togene ikke er betydelig forsinket. På sommeren er de fleste togene faktisk framme *før* rutetida, noe som tyder på at det er ganske mye slakk i systemet. På vinteren er det en mer jevn fordeling mellom ankomster før og etter planlagt tid. De lengste forsinkelsene vises som sagt ikke på de fire første figurene, men på Figur 4.5.11 ser vi at det er få tog som pådrar seg nokså kraftige forsinkelser på to-tre timer.

På Figur 4.5.6 så vi at om lag 40 prosent av forsinkelsene i valgsituasjonene i spørreundersøkelsen var på mer enn tre timer. I de virkelige dataene kan det se ut til at kortere forsinkelser dominerer noe mer. Da må det imidlertid påpekes at de korteste forsinkelsene til Bergen og Trondheim vist her ikke regnes som forsinkelser, fordi CargoNets forpliktelse overfor kundene er å levere godset innenfor en margin på ett kvarter. Akkurat hvilke tog som oppfyller dette målet vises ikke i disse dataene. Hvis vi ser bort fra de forsinkelsene som er kortere enn for eksempel fem eller ti minutter, ser vi at det blir mye mindre tydelig hvor lang en ”typisk” forsinkelse er.

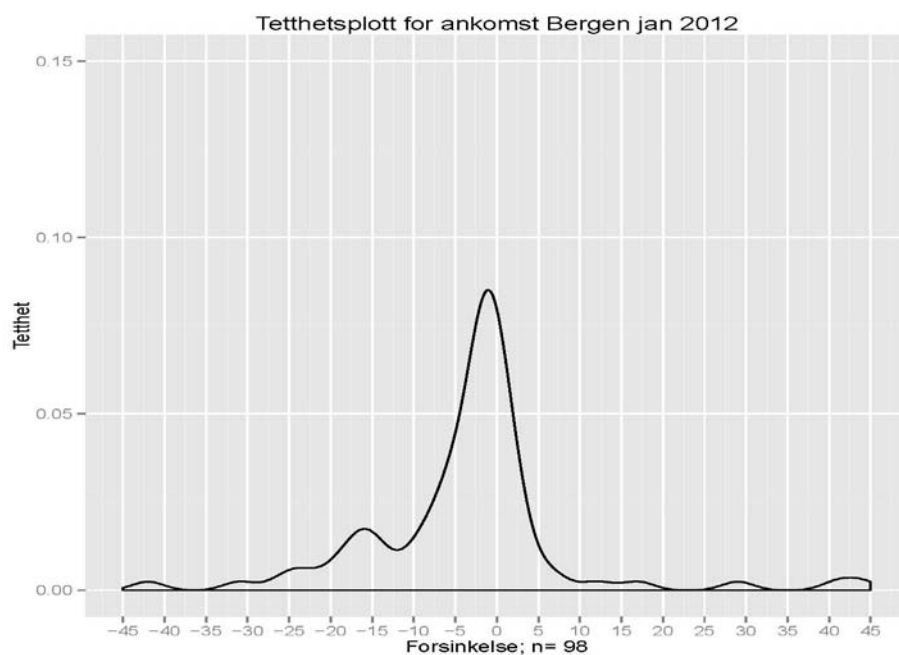
Vi understreker at figurene bare bygger på data for disse to aktuelle månedene for dette året. Med dette i minne kan vi gjøre noen andre interessante observasjoner:

- Bergen har færre av de korte forsinkelsene på vinterstid enn Trondheim, mens omfanget av lange forsinkelsene ser ut til å være mer likt
- Omfanget av ”moderate” forsinkelser på 15-45 minutter ser ikke ut til å være veldig forskjellig mellom sommer og vinter
- Bergen har klart bedre punktlighet på sommeren enn Trondheim

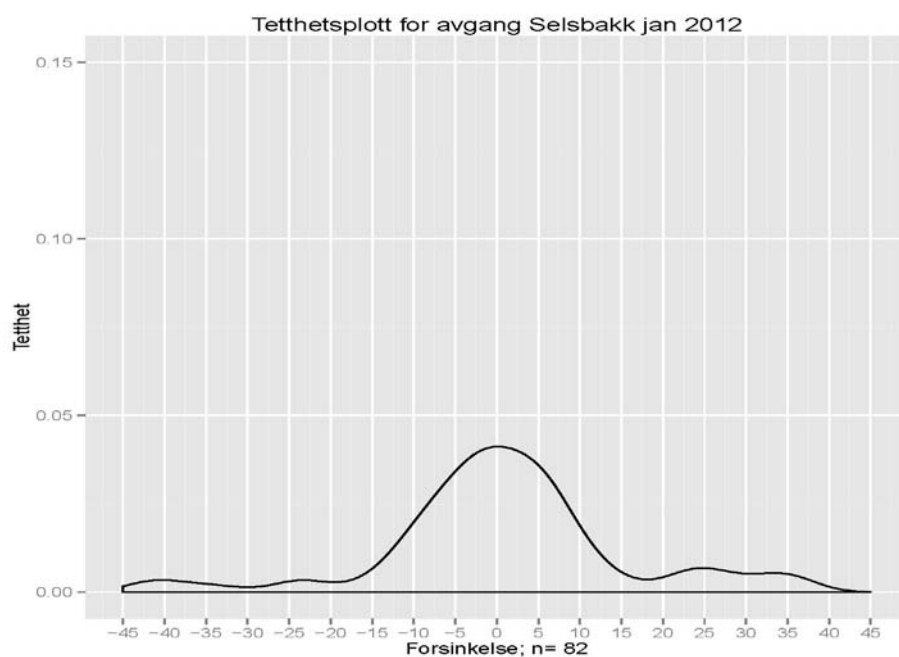
---

<sup>17</sup> Merk at disse kun viser ankomsttidspunkt, ikke hvor lang tid togene har brukt. En sannsynlighetsfordeling for kjøretida ville også gitt verdifull innsikt i usikkerheten.

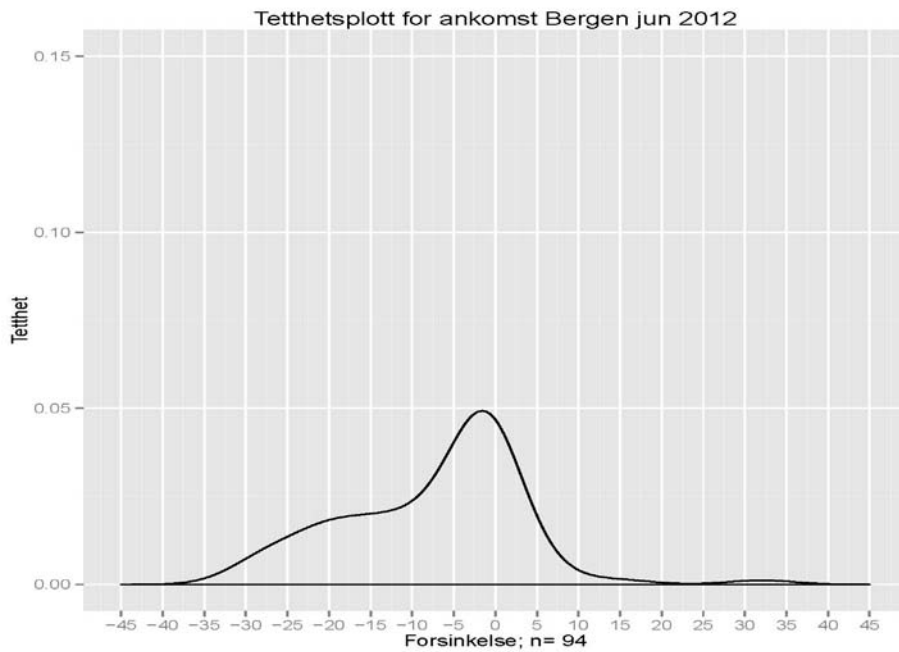
<sup>18</sup> Denne er basert utelukkende på de faktiske dataene, mens sannsynlighetsfordelingene i de andre figurene er beregnet ut i fra data for å få en mer jevn fordeling.



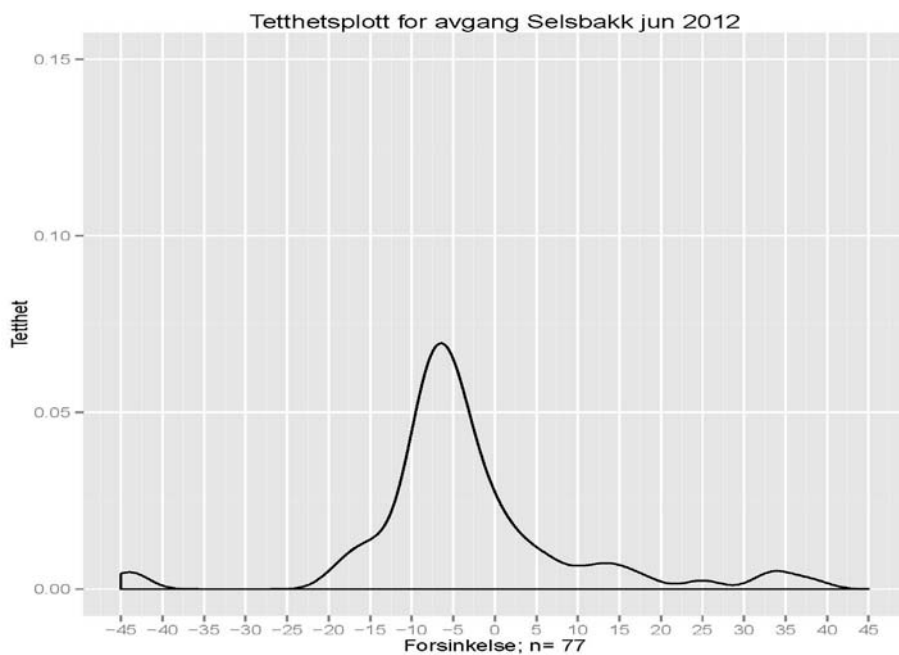
Figur 4.5.7. Sannsynlighetsfordeling over faktiske forsinkelser for godstog ved ankomst til Bergen i punktlighetsdata fra Jernbaneverket – data for januar



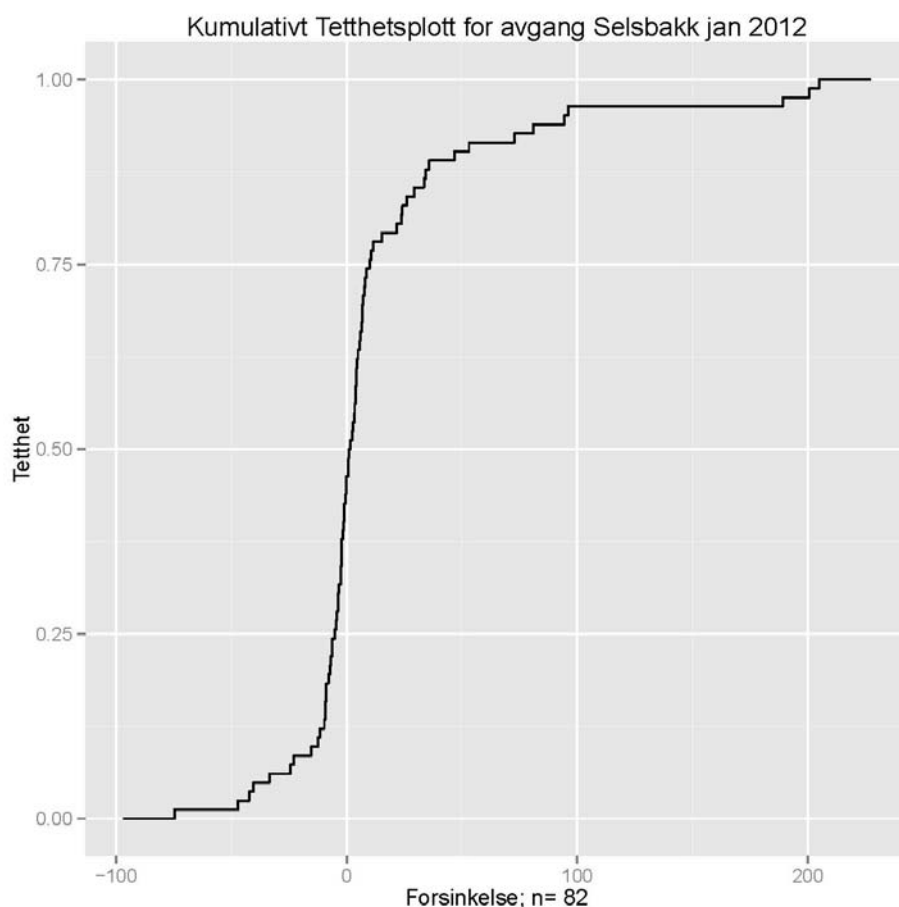
Figur 4.5.8. Sannsynlighetsfordeling over faktiske forsinkelser for godstog ved ankomst til Trondheim i punktlighetsdata fra Jernbaneverket – data for januar



Figur 4.5.9. Sannsynlighetsfordeling over faktiske forsinkelser for godstog ved ankomst til Bergen i punktlighetsdata fra Jernbaneverket – data for juni



Figur 4.5.10. Sannsynlighetsfordeling over faktiske forsinkelser for godstog ved ankomst til Trondheim i punktlighetsdata fra Jernbaneverket – data for juni



Figur 4.5.11. Kumulativ sannsynlighetsfordeling over faktiske forsinkelser til Trondheim i punktlighetsdata fra Jernbaneverket – data for januar

Sannsynlighetene i virkeligheten kan som sagt ikke sammenliknes direkte med dem i valgekperimentene, men for Trondheim i januar 2012 ser det ut til at opp mot 25 prosent er så forsinket at godset trolig ikke står klart i tide. Vi kjenner til at det har vært lavere punktlighetstall for enkelte perioder tidligere. Sannsynlighetene i spørreundersøkelsene er sånn sett ikke nødvendigvis urealistisk høye, men i de tilfellene der det er snakk om forsinkelser på tre-fire timer, er så klart 40 prosent sannsynlighet urealistisk.

Alt i alt er det lite som tyder på at attributtverdiene (forsinkelseslengde og sannsynlighet) skal ha bidratt til høyere verdsetting av å unngå forsinkelser enn det som ville vært tilfelle med virkelige data. Det kan til og med hende at det har trukket i motsatt retning. Dette er det imidlertid vanskelig å si noe sikkert om.

## 4.6 Korte forsinkelser, små endringer og verdsetting av slakk

Et viktig spørsmål når det gjelder enhetsverdiene for verdsetting av (unngåtte) forsinkelser er i hvilken grad de kan brukes for svært korte forsinkelser. I godstransport vil dette si forsinkelser på 5-10 minutter eller enda mindre. Det første vi da bør undersøke er hvilken rolle disse forsinkelsene spiller i undersøkelsen vår. På

Figur 4.5.6, som viser fordeling av forsinkelseslengder i valgekperimentene, ser vi at det er noen få korte forsinkelser i området 15-30 minutter, men de korte forsinkelsene er lavt representert sett i forhold til hvor vanlige de er i virkeligheten. Undersøkelsen er derfor et dårlig grunnlag for å si noe om kostnaden av de små forsinkelsene.

Vi kan også være ganske sikre på at slike korte forsinkelser har lite å si for kundene, slik situasjonen er i dag. Det skyldes at togoperatørene har tilpasset seg slik at de har en viss tidsmargin mellom planlagt ankomsttidspunkt for toget og leveringstidspunktet som er avtalt med kunden. Det betyr likevel ikke at de korte forsinkelsene er uten kostnad. Hvis en kunne unngått dem i større grad kunne en ha redusert denne sikkerhetsmarginen. Alternativt kunne en redusert den planlagte kjøretida i ruteplanen til det aktuelle toget.

Dette er et godt eksempel på betydningen av slakk i transportsystemer, noe som er sentralt for jernbane og kanskje spesielt for godstransport. En forbedring i kvaliteten på systemet vil enten kunne tas ut direkte ved bedre opplevd kvalitet (færre forsinkelser) for brukerne eller mer indirekte som mer slakk<sup>19</sup>, og som regel begge deler. Hvordan en skal dele inn i de ulike typene gevinster og tallfeste dem er trolig et viktig tema for videre forskning på verdsetting av tidsbesparelser og pålitelighet.

I de fleste tilfeller vil en forbedring av påliteligheten på en godstrekningsføre til at omfanget av både de korte og de lange forsinkelsene blir redusert. Hvis en bare tilskriver en nytte til det å bli kvitt de lange forsinkelsene, vil det være en konservativ innfallsvinkel ettersom en da ikke tar hensyn til nytten av økt slakk. Hvis de korte forsinkelsene dominerer kraftig, bør en imidlertid være forsiktig med å bruke våre resultater til å verdsette reduksjoner i disse. Våre foreløpige anbefalinger for transport av gods er:

- Nyttens av å bli kvitt en godstogforsinkelse til endestasjon som er på mindre enn fem minutter bør ikke tallfestes med våre enhetsverdier. Med forsinkelse mener vi her togets forsinkelse ved ankomst.
- Dersom de korte forsinkelsene (5-15 minutter) dominerer kraftig, bør verdiene brukes med forsiktighet
- En bør se nærmere på hvordan en kan verdsette endringer i mengden slakk

Disse anbefalingene bygger på at det foreløpig er gjort for lite forskning på effekten av små forsinkelser av godstransport på jernbane. Den kunnskapen og det verktøyet vi har i dag, er ikke bra nok til at vi føler det komfortabelt å komme med anbefalinger for små forsinkelser. Det betyr ikke at små forsinkelser ikke har en kostnad. Vi tror tvert i mot at de er en viktig del av problemene knyttet til pålitelighet som jernbanetransporten opplever i dag.

Et beslektet, men samtidig frittstående tema er hvordan en tallfester nytten av *små endringer*. Det å redusere gjennomsnittlig kjøretid og/eller variasjon på en kort delstrekningsvil som regel virke positivt på påliteligheten til endestasjon, men bidraget vil være beskjeden. For eksempel vil et tog som ellers ville blitt 30 minutter forsinket kunne bli 29 og et halvt minutt forsinket i stedet. Vi ønsker ikke å sette noen nedre grense for hvor små endringer en kan knytte en nytte til. På lang sikt vil bedriftene kunne nyttiggjøre seg også små forbedringer.

---

<sup>19</sup> Det kan virke noe underlig at det vi her definerer som slakk ikke også bidrar til økt opplevd kvalitet. Det kan imidlertid tenkes at noe av slakket utgjør en forsikring mot konsekvensene av mer omfattende hendelser som er utenfor det vi her tenker på som pålitelighet.



Vi vil derimot understreke betydningen av at en holder seg til prinsippet om at det er forsinkelse til terminalen som teller, og følger retningslinjene i kulepunktene over. Dersom en tidsbesparelse underveis gir mer punktlig ankomst for et tog som uansett bare ville blitt et minutt eller to forsinket, bør ikke forsinkelsesverdien vår brukes til å tallfeste nytten. Og også for de togene som er mer forsinket må en se på sammenhengen mellom forsinkelse underveis og til terminal og ta hensyn til at noen tog klarer å kjøre inn en del av tidstapet. Hvordan dette skal gjøres er et beregningsteknisk spørsmål som vi ikke drøfter her, men som er av stor betydning.

Vi vil også påpeke at selv om en forbedring i påliteligheten underveis på strekningen ikke vises ved en like stor forbedring ved ankomst, betyr det ikke at resten av forbedringen er verdiløs. En har nemlig fått mer slakk i ruteplanen, noe som utgjør en nytte som på sikt også bør tallfestes. Det kan også tenkes at påliteligheten har direkte påvirkning på andre tog som kjører på samme strekning.

## 5 Operatørkostnader

### 5.1 Problemstilling

I vår studie har vi tatt utgangspunkt i en spørreundersøkelse blant samlastere, transportkjøpere og rederier. Med bakgrunn i deres svar har vi gjort beregninger for verdien av tid og pålitelighet knyttet til transport av gods på bane. I tillegg til brukerne av jernbanen, er det naturlig at operatørene også opplever endrede kostnader når påliteligheten påvirkes.

Eksempler på slike kostnader vil være personalkostnader, utgifter til anskaffelse av alternative transportmidler for å få godset levert når det er problemer på jernbanen og utbetaling av kompensasjon til kundene. Sistnevnte kostnad er for øvrig en overføring mellom operatør og kunder og utgjør dermed ikke en kostnad for samfunnet sett under ett. I tillegg vil en vedvarende reduksjon i påliteligheten kunne føre til at operatørene må kompensere dette ved økt reservekapasitet og backup-løsninger, noe som fører til økte kostnader for operatøren. For eksempel kan det å ha et ekstra togsett i reserve være en kostnad operatøren tar som tilpasning til usikkerheten i systemet. Å øke ekstrakapasiteten gir kundene lavere kostnader i form av redusert usikkerhet, mens det isolert sett vil være en kostnad for operatøren.

I beregningsverktøyet til Jernbaneverket påvirkes materiell- og driftskostnadene av punktlighetsnivået, noe som gir et uttrykk for operatørens verdsetting av pålitelighet. Jernbaneverket antar i sine trafikkberegninger at prisen for transportene er lik operatørens kostnader, inklusiv avkastning på kapital investert i rullende materiell (Metodehåndbok JD 205, 2011). I vår studie er vi først og fremst interessert i hva gevinsten/kostnaden blir og ikke hvordan den eventuelt fordeler seg mellom de ulike aktørene i markedet. Vi vil derfor dele inn nytten av pålitelighet i

- nytte knyttet til reduserte transportkostnader
- nytte knyttet til varene

Premisset i innledningen til dette kapitlet er at enhetsverdiene fra spørreundersøkelsen vår dekker den siste komponenten. I underkapittel 5.2 forklarer vi hvorfor dette etter vår mening er tilfelle. I resten av kapittel 5 drøfter vi hvordan vi eventuelt kan fange opp den første typen nytte.

Operatørene som tilbyr transport av gods på jernbane vil også ha et renommé som de må tenke på og er i en konstant konkurranse med andre transportmidler om frakt av godset. Hvis de opplever at påliteligheten reduseres og de som følge av dette også setter prisene opp for sine kunder, risikerer de å miste markedsandeler.

Det er nærliggende å tro at operatørene vil tilpasse seg til usikkerhetsnivået. Uansett måten det gjøres på, innebærer det kostnader. Ved endring i usikkerhetsnivået vil den optimale tilpasningen endre seg – hvis vi snakker om en forverring, så vil det for eksempel gå i retning av å ha mer reservekapasitet og backup-løsninger. Den nye optimale tilpasningen vil trolig innebære at både kostnaden til å holde beredskap mot usikkerheten og kostnaden ved de gjenstående tilfellene av forsinkelser og kanselleringer vil være større enn før.

Hvordan skal vi så prøve å beregne denne operatørkostnaden knyttet til redusert pålitelighet? Det er i utgangspunktet to måter å angripe dette på. Man kan for det første anta at kostnadene for operatørene skal beregnes på samme måte som kostnadene for trafikantene, for eksempel per time forsinkelse. Problemet er at det ikke er alle kostnader som kan knyttes direkte til et slikt mål. Det å ha ekstra togsett stående på en stasjon er for eksempel en kostnad som kunne vært unngått dersom påliteligheten til de ankommende togene ble forbedret. Sånn sett kan denne kostnaden sies å være en kostnad ved variabiliteten som i prinsippet kan beregnes ”per time forsinkelse”, men det er ikke helt opplagt hvordan dette skal gjøres.

Som vist i diskusjonen over er det en forskjell mellom operatører og brukere når det gjelder hvordan usikkerheten påvirker nytten deres. OECD (2010) skiller derfor mellom *infrastrukturforvalternes og operatørens* perspektiv og *brukernes* perspektiv på pålitelighet. Det betyr ikke nødvendigvis at en ikke bør forsøke å inkludere også komponenter som fanger opp operatørnytte i generelle enhetspriser for verdien av pålitelighet. En må imidlertid klargjøre forutsetningene for at de skal regnes med, og passe på at en ikke inkluderer komponenter som også inngår andre steder i beregningsmodellene. Dette kommer vi nærmere tilbake til i kapittel 5.2.

En annen mulighet vil være ikke å bruke generelle estimater for operatørens nytte av pålitelighet, men i stedet bruke en modell for driftsopplegget for å beregne hva hvert enkelt pålitelighetstiltak innebærer av sparte kostnader for operatørene. Dette vil nok gi et mer fullstendig bilde og kan gjøres dersom en ønsker å demonstrere hva samfunnet kan tjene på et bestemt punktlighetsforbedrende infrastrukturtiltak.

I Jernbaneverket har man beregnet operatørkostnadene ved transport av gods, knyttet til redusert pålitelighet, ved å ta utgangspunkt i satser hentet fra den nasjonale godstransportmodellen, justert for samtaler med aktører.

## 5.2 Mulighet for dobbelttelling og betydning av valgt design

Et naturlig spørsmål å stille før en drøfter hvordan operatørkostnadene skal beregnes, er om det kan være deler av disse som allerede inngår i de verdiene vi har fått fra undersøkelsen av samlasternes verdsetting av tid og forsinkelser.

I rapport 1181/2010 fra GUNVOR-prosjektet argumenterte vi for at vareeierens avveining i valgekspementene reflekterer deres egen verdsetting knyttet til konsekvenser til godset, og ikke til det at raskere og mer pålitelig transport også gir lavere transportkostnader. For å forstå dette argumentet kan det være nyttig å se parallellen til persontransport.

Når en reiser med rutegående transportmidler som tog, buss og fly, har tidsbruken konsekvenser både for passasjerene og for kostnadene ved transporten. En oppgradering av transportsystemet vil dermed normalt gi tidsgevinster både til passasjerene og til operatørene. Hvor stor del av de sistnevnte kommer passasjerene til gode gjennom billigere billetter, skal vi ikke gå nærmere inn på her, hovedpoenget er at det er to effekter som begge må telles med. Vi antar imidlertid at i hvert fall noe av besparelsen tilfaller passasjerene.

I samvalgsundersøkelser stiller vi derimot normalt respondentene overfor valgsituasjoner der det raskeste alternativet er det *dyreste*. Dette gjør vi fordi vi er interessert i brukernes avveining mellom tid og kostnad. Det finnes også eksempler på

at slike avveier forekommer i virkeligheten, for eksempel finnes det noen steder både et ekspress tog og et vanlig tog som bruker lengre tid og er billigere.

Når respondentene velger i slike situasjoner, er de konfrontert med to ulike priser og velger mellom disse. Det er ingen grunn til at de skal ta hensyn til at kortere reisetid også innebærer lavere billettpriser, for billettprisene er jo gitt i begge alternativer. Dersom operatorkostnadene skulle inngå i verdsettingen, måtte det betydd at respondentene ignorerte den prisen som blir presentert og i stedet ser for seg en helt annen pris som de selv har regnet ut.

Privatbilreiser er litt annerledes, for her tilfaller både verdien av spart reisetid og de sparte kjørekostnadene bilføreren direkte.<sup>20</sup> Her er det derfor svært viktig hvordan valg situasjonen blir presentert. Dersom en er nøye med å presisere at valget står mellom to alternativer med ulik total kostnad der også kjørekostnader (drivstoffbruk osv.) inngår, skal respondentens avveier på samme måte som for reiser med rutegående transport fange opp verdien av spart reisetid, og ikke noe mer enn det.

En annen mulighet hadde vært å presentere alternativene som to veier med ulik reisetid og ulik tollavgift. I dette tilfellet vil det naturlige være at respondentene også tar hensyn til at den raskeste veien antakelig også gir lavere kjørekostnader. Det vil imidlertid være vanskelig for vedkommende å gjøre en slik beregning uten å vite noe mer om hvordan veiene ser ut.

Dersom en er uklar på hva som menes med kostnader i alternativene eller respondenten ikke leser instruksjonene skikkelig, er det vanskelig å vite hva de har tatt hensyn til i valgene. Dette gjelder også i godstransport: I den delen av GUNVOR som rettet seg til transportørene fikk vi en tidsverdi for veitransport som var overraskende nær den som Vegvesenet bruker i dag, og som er basert på tidsavhengige kjørekostnader, særlig lønnsutgifter til sjåfør. Det kan dermed være grunn til å spekulere på om bedriftene som svarte tolket kostnaden i alternativene som en slags tollavgift, eller i hvert fall som kjørekostnader utenom utgifter til sjåfør. Dette kan ha ført til en utilsiktet effekt, nemlig at bedriftene i sine svar antok at raskere vei også ville gi en tilleggsgevinst med lavere tidsavhengige kostnader, som de antok ikke allerede var innkalkulert i kostnadsalternativene som ble presentert i valgekperimentene. Resultatene fra denne delen ble for øvrig ikke anbefalt brukt i nyttekostnadsanalyse.

I undersøkelsen i PUSAM er det derimot samlasterne vi retter oss mot. Disse har ingen direkte befating med jernbanetransporten, og tid og kostnad i eksperimentene er bare knyttet til denne. Det bør heller ikke være noen uklarhet om hva som menes med kostnad – her er det transportprisen. Det er dermed i utgangspunktet ingen grunn til at samlasterne skal oppføre seg noe annerledes enn togpassasjerene i tilfellet persontransport når de velger mellom alternativene. De vil derimot ta hensyn til hva framføringstid og pålitelighet får å si for deres egne kostnader til videre transport. Spesielt når det gjelder pålitelighet kan dette være viktig. Dersom disse effektene ligger inne noe annet sted i nytteberegningssystemet, må en så klart passe på at en ikke dobbeltteller.

Videre kan det være visse effekter knyttet til det at prisene i valgekperimentene varierer rundt den prisen samlasteren vanligvis betaler for transporten, mens

---

<sup>20</sup> En tidsbesparelse skyldes normalt at veien både har blitt kortere (rettere) og bedre. At veien blir kortere gir også sparte drivstoffkostnader. Dersom det bare er snakk om en standardheving og øking av fartsgrensa uten at veien blir særlig kortere, vil de sparte kjørekostnadene kunne være null eller til og med negative.

prisforskjellen er knyttet til tidsforskjellen.<sup>21</sup> Hvis en betaler en høy pris, vil en hovedsakelig få valgsituasjoner der prisforskjellen mellom alternativene er nokså lav i forhold til totalprisen. Muligens innebærer dette at de som betaler en høy transportpris fra før er mer villige til å betale mer for raskere eller mer pålitelig transport enn de som betaler lite. Det er imidlertid uklart hvordan dette slår ut, og om det egentlig er en uønsket effekt. Dersom respondentene fokuserer på den relative prisforskjellen av rent psykologiske grunner er det uønsket, men dette vil i så fall slå forskjellig ut for de bedriftene som betaler en lav og de som betaler en høy transportpris.

Det kan også tenkes at noen respondenter ønsker å svare variert og derfor vil velge det raskeste alternativet i minst én av valgsituasjonene selv om de egentlig synes prisforskjellen er for stor i alle. I så fall påvirker vi som forskere resultatene direkte gjennom hvilke attributtverdier vi bruker. Dette blir imidlertid spekulasjon, og det er heller ikke direkte knyttet til spørsmålet om operatørkostnader.

### 5.3 Faktiske operatørkostnader

Vi har etter beste evne prøvd å hente inn informasjon om størrelse på de av operatørens kostnader som kan knyttes direkte til punktlighetsnivå, gjerne målt ved gjennomsnittlig/forventet forsinkelse. For operatørene vil det for eksempel være kostnader knyttet til behovet for reservemateriell avhengig av hvor pålitelig transporten er. Reservemateriell vil være et nødvendig forebyggende tiltak for å begrense forsinkelsene når avvik oppstår. Andre relevante kostnadskomponenter vil kunne være personal- og administrasjonskostnader og kostnader til erstatningstransport. Nedenfor kommer vi med en antydning på hvor store disse kostnadene kan være, ut fra informasjon og erfaring vi har hentet inn:

- Kostnader knyttet til personal
  - Forsinkede tog gir ofte forsinkelser inn til terminal og ulike former for følgeforsinkelser. Basert på erfaringstall, ser det ut til at hver time med togforsinkelser i snitt gir 1,5 lokførertime overtid. Dette gir i størrelsesorden en personalkostnad på 1200 kr per forsinkelsestime.
- Kostnader knyttet til erstatningstransport
  - Dette er kostnader knyttet til bilkjøring av containere/semitrailere for operatørens kunder ved forsinkelser eller innstillinger i året. Tall vi får oppgitt her tyder på denne kostnaden fordelt på antall forsinkelsestimer blir liten.
- Kostnader knyttet til administrasjon - Felleskostnader
  - I Jernbaneverkets Håndbok er det foreslått å sette den til 10% av summen av inntekter (ekskl. offentlig kjøp) og de andre kostnadene. I prinsippet fanges da også opp kostnader for operatørene av administrasjon, markedsføring og terminaldrift.
- Kostnader knyttet til reservemateriell
  - Operatørene har til enhver tid utplassert reservelokomotiv, både i Norge og Sverige.
  - I tillegg har de reservertogsett stående ulike steder i Norge.
  - Dette utgjør en ikke ubetydelig kapitalkostnad for operatørene.

---

<sup>21</sup> Prisforskjellen blir satt ut i fra tidsforskjellen og en "tilbudt" tidsverdi. Denne trekkes tilfeldig fra ulike intervaller som er like for alle respondentene.

- En utfordring blir å klargjøre hvor store forbedringer som skal til før en kan kutte ut, for eksempel, et reservetog.

Det kan tenkes at det er andre kostnader som også vil være relevante. Slik som for kostnader ved reservemateriell, kan det være kostnader som vil være knyttet til den generelle upåliteligheten i systemet. Gevinstene ved økt pålitelighet vil da sannsynligvis være tilpasninger som gjøres på lang sikt. Det kan derfor bli vanskelig å knytte kostnadstall til pålitelighetstall, og dermed er det trolig ikke realistisk å ha med alle slike effekter her.

## 5.4 Hvordan bruke operatørkostnadene?

Kostnader knyttet til personal, erstatningstransport og administrasjon er kostnader som kan knyttes til observert pålitelighet. Tall vi henter inn om størrelsen på disse kostnadene kan derfor gi oss en pekepinn om verdien på observert pålitelighet. Informasjon vi har hentet inn tyder på at kostnader knyttet til erstatningstransport blir svært liten når vi ser kostnad dividert med antall forsinkelsestimer. Ved å se bort fra denne kostnaden og bruke en verdi på personalkostnad lik 1200 kr per forsinkelsestime og bruke Jernbaneverket sin framgangsmåte ved beregning av administrasjonskostnader, vil vi kunne få en tilnærmet verdi for observert pålitelighet.

Spørsmålet er om kostnader knyttet til pålitelighet for operatørene best beregnes ved kun å se på kostnadene ved den observerte påliteligheten. På helt kort sikt vil det kanskje kun være disse kostnadene som blir berørt av at en forsinkelse oppstår. Lokomotivføreren må oppholde seg lenger enn beregnet på toget, og det kan også hende han blir forsinket til kjøring med et annet lokomotiv, slik at noen andre må erstatte han her. Samtidig er det lett å se for seg at en forsinkelse kan føre til økte administrasjonskostnader.

Samtidig er det klart at ved de fleste typer forsinkelser vil det være viktig å ha reservemateriale tilgjengelig for å gjøre forsinkelsen så liten som mulig. Tilgang til reservemateriell på stedet der forsinkelsen skjer vil derfor svært ofte ha betydning for hvor stor den faktiske forsinkelsen blir og dermed kostnadene ved forsinkelsen. Hvor mye kostnader man optimalt sett bør bruke på reservemateriell vil avhenge av hvor stor sannsynligheten er for at en forsinkelse vil oppstå og hvor mye tilgangen til reservemateriell kan redusere forsinkelsen. Det vil være terskelverdier knyttet til hvor mye reservemateriell det er hensiktsmessig å ha. For eksempel: Hvor store må forbedringene knyttet til redusert forsinkelse være før det er økonomisk gunstig for en operatør å redusere antall reserverlokomotiv fra 5 til 4. Her vil det kunne være skjønnsmessige vurderinger og det kan uansett bli vanskelig å bruke i praksis. En mulig løsning er å legge litt på de kostnadene vi beregner oss fram til knyttet til observert pålitelighet for også å ta høyde for kostnader knyttet til reservemateriell.

Diskusjonen ovenfor gjenspeiler at det er forskjell på observert pålitelighet og underliggende usikkerhet i systemet. Operatørene kan velge å sette inn tiltak for å kompensere for eller redusere usikkerheten knyttet til pålitelighet. Dette vil i utgangspunktet gi økte kostnader for operatørene. Vi kan da få en situasjon der vi ser at punktligheten har blitt bedre, uten at selve systemet er forbedret, nettopp fordi tiltak er gjennomført av operatøren. Dette kan gi tilnærmet null besparelse for

operatøren (men sannsynligvis en liten gevinst, hvis ikke ville ikke operatøren gjennomført tiltaket).

Vi kommer ikke med noen endelig anbefaling knyttet til hvordan man på en best mulig måte kan ta hensyn til operatørenes kostnader ved beregning av pålitelighet. Vi har prøvd å belyse viktige sider ved problemstillingen, men her gjenstår det fortsatt en del forskning og analyse før man kan komme med konkrete anbefalinger. Dersom en vil ha et nedre anslag for nytten knyttet til reduserte transportkostnader kan en imidlertid bruke de tallene vi har gjengitt her som er direkte knyttet til antall forsinkelsestimer.

## 6 Oppsummering

Denne rapporten sammenfatter arbeidet som er gjort for å belyse og vurdere de anbefalte verdiene beregnet med utgangspunkt i samvalgsundersøkelsen gjennomført i PUSAM. Vi avklarer hva som legges i begrepet forsinkelser og forklarer det teoretiske fundamentet for å bruke enheten forventet forsinkelse i verdsetting av pålitelighet.

Generelt har det, så langt vi vet, tidligere vært lite forskning internasjonalt knyttet til verdsetting av tid og pålitelighet innen godstransport. Det har de siste årene vært et økende fokus på dette, og i flere land har en nå igangsatt studier for å komme med anbefalte enhetsverdier som blant annet skal kunne brukes i nyttekostnadsanalyser. Likevel er det fortsatt slik at det er få internasjonale studier som vi kan sammenlikne våre beregnede enhetsverdier med.

Verdiene som vi anbefaler for verdsetting av tid og pålitelighet for godstransport på jernbane bygger på resultatene fra en SP-undersøkelse gjennomført blant jernbanekunder. Det blir skilt mellom stykk- og partigods, noe som konsekvent resulterer i høyere verdier for framføringstid og pålitelighet for sendinger med stykkgoods. For å finne verdien av alt gods under ett har vi vektet verdiene basert på statistikk mottatt fra CargoNet om det samlede godset som går på jernbane i Norge. Datautvalget er for lite til å beregne effektene av flere egenskaper ved sendingene samtidig.

Verdiene av tid og forsinkelse som vi finner i PUSAM er betydelig høyere enn de oppgitt i siste versjon av Jernbaneverkets veileder om samfunnsøkonomiske analyser (Jernbaneverket 2011). Tidsverdiene i denne er hentet fra godsmodellen og er basert på en såkalt kapitalverditilnærming, altså kostnaden ved at godset er utilgjengelig for bruk når det er under transport. Beregningene tar dermed utgangspunkt i vareverdien. Vi mener at den viktigste grunnen til at vår undersøkelse gir høyere verdier, er at bedriftene også tar hensyn til at kortere framføringstid gjør det mulig å fylle opp varelagrene raskere og at de dermed ikke trenger å ha like store sikkerhetslagre.

I rapporten presenteres oppdaterte verdier av tid og pålitelighet fra vår forrige SP-studie av godstransport, GUNVOR (Halse mfl., 2010). Det er gjennomført nye og forbedrede analyser av de opprinnelige dataene, der vi så på transport av gods på både vei og jernbane. Resultatene fra de to studiene er i samme størrelsesorden og stemmer godt overens. For verdsetting av redusert variasjon målt ved standardavviket har vi bare gyldige resultater fra GUNVOR, mens de andre enhetsverdiene kan sammenliknes direkte.



Tabell 6.1. Oppsummering av hovedresultater fra SP-studiene i GUNVOR og PUSAM, verdier i kroner per tonntime

Sample	VTTT	VTTV	'Reliability ratio'	Forsinkelsesverdi
Vei, GUNVOR	12	18	1.3	50
Jernbane, GUNVOR	27	44	1.8	89
Jernbane stykkgoods, PUSAM	47	--	--	278
Jernbane partigods, PUSAM	7	--	--	35
Jernbane alt (vektet), PUSAM	13	--	--	72

For å kunne bruke de beregnede verdiene i et beslutningsstøttesystem der vi verdsetter endringer i forsinkete tog, beregner vi forsinkelseskostnadene for hele godsmengden for den aktuelle toggruppen på strekningen i en viss periode.

På grunn av den betydelige forskjellen i verdsetting mellom stykkgoods og annet gods (partigods), er det ønskelig å ta hensyn til fordelingen mellom de to godstypene på den aktuelle strekningen. For å finne den samfunnsøkonomiske effekten summerer man da de to leddene:

- Endring i gjennomsnittlig/forventet forsinkelse per tog i timer ganget med forsinkelsesverdien for stykkgoods ganget med mengden stykkgoods til stasjonen
- Endring i gjennomsnittlig/forventet forsinkelse per tog i timer ganget med forsinkelsesverdien for partigods ganget med mengden partigods til stasjonen

Mange av bedriftene i PUSAM oppgir at forsinkelsene først medfører kostnader når de er over en viss lengde. Denne kritiske terskelen varierer mellom bedriftene. Når forsinkelsene øker vil dette naturlig få konsekvenser for stadig flere kunder. Mange av kundene har lave terskelverdier, slik at en økning fra for eksempel en halvtimes forsinkelse til en og en halv times forsinkelse sannsynligvis vil føre til at terskelen overskrides for mange flere bedrifter enn når forsinkelsene øker fra for eksempel fem til seks timer. Dette kan forklare at vi i PUSAM finner indikasjoner på at kostnadene ved økte forsinkelser relativt sett avtar med lengden på forsinkelser. Det ser ut til at det er bedre å bli kvitt fire forsinkelser på en time, enn én forsinkelse på fire timer. Vi har dog i studien antatt at verdsettingen er proporsjonal med forsinkelsestiden. Dette er en forenkling, men det gjør det mulig å vekte etter stykk- og partigods slik at verdiene blir noenlunde representative.

Sannsynlighetsverdiene presentert for bedriftene i undersøkelsen kan i noen tilfeller være noe høye i forhold til hva de erfarer i virkeligheten. Alt i alt er det likevel lite som tyder på at attributtverdiene (forsinkelseslengde og sannsynlighet) skal ha bidratt til høyere verdsetting av å unngå forsinkelser enn det som ville vært tilfelle med virkelige data. Det kan til og med hende at det har trukket i motsatt retning. Dette er det imidlertid vanskelig å si noe sikkert om.

I vår studie er de korte forsinkelsene lavt representert i valgekspérimentene, sett i forhold til hvor vanlige de er i virkeligheten. Studien er derfor ikke så god til å si noe om kostnadene av små forsinkelser. Siden togoperatørene har tilpasset seg slik at de har en viss tidsmargin mellom planlagt ankomsttid for toget og leveringstidspunkt som er avtalt med kunden, er det nok slik at små forsinkelser har lite å si for kundene. Det betyr likevel ikke at de korte forsinkelsene er uten kostnad. Hvis en

kunne unngått dem i større grad kunne en ha redusert denne sikkerhetsmarginen eller redusert den planlagte kjøretiden.

I de fleste tilfeller vil en forbedring av påliteligheten på en godsstrekning føre til at omfanget av både de korte og de lange forsinkelsene blir redusert. Hvis en bare tilskriver en nytte til det å bli kvitt de lange forsinkelsene, vil det være en konservativ innfallsvinkel ettersom en da ikke tar hensyn til nytten av økt slakk. Hvis de korte forsinkelsene dominerer kraftig, bør en imidlertid være forsiktig med å bruke våre resultater til å verdsette reduksjoner i disse. Våre foreløpige anbefalinger for verdsetting av pålitelighet for transport av gods er:

- Nyttens av å bli kvitt en godstogforsinkelse til endestasjon som er på mindre enn fem minutter bør ikke tallfestes med våre enhetsverdier. Med forsinkelse mener vi her togets forsinkelse ved ankomst.
- Dersom de korte forsinkelsene (5-15 minutter) dominerer kraftig, bør verdiene brukes med forsiktighet
- En bør se nærmere på hvordan en kan verdsette endringer i mengden slakk

Disse anbefalingene bygger på at det foreløpig er gjort for lite forskning på effekten av små forsinkelser av godstransport på jernbane. Den kunnskapen og det verktøyet vi har i dag, er ikke bra nok til at vi føler det komfortabelt å komme med anbefalinger for små forsinkelser. Det betyr ikke at små forsinkelser ikke har en kostnad. Vi tror tvert i mot at dette kan være en viktig årsak til problemene knyttet til pålitelighet som jernbanetransporten opplever i dag.

Dersom en tidsbesparelse underveis gir mer punktlig ankomst for et tog som uansett bare ville blitt et minutt eller to forsinket, bør ikke forsinkelsesverdien vår brukes til å tallfeste nytten. Og også for de togene som er mer forsinket må en se på sammenhengen mellom forsinkelse underveis og til terminal og ta hensyn til at noen tog klarer å kjøre inn en del av tidstapet. Hvordan dette skal gjøres er et beregningsteknisk spørsmål som vi ikke drøfter her, men som er av stor betydning.

Vi vil også påpeke at selv om en forbedring i påliteligheten underveis på strekningen ikke vises ved en like stor forbedring ved ankomst, betyr det ikke at resten av forbedringen er verdiløs. En har nemlig fått mer slakk i ruteplanen, noe som utgjør en nytte som på sikt også bør tallfestes. Det kan også tenkes at påliteligheten har direkte påvirkning på andre tog som kjører på samme strekning

I denne rapporten har vi i hovedsak fokusert på verdien av pålitelighet knyttet til levering av varene ved å gjennomføre en spørreundersøkelse blant samlastere, transportører og rederier. Samtidig er det naturlig å anta at i tillegg til brukerne av jernbanen, vil også operatørene oppleve endrede kostnader når påliteligheten påvirkes. Vi har etter beste evne prøvd å hente inn informasjon om størrelse på de av operatørens kostnader som kan knyttes direkte til punktlighetsnivå, gjerne målt ved forventet forsinkelse per tog. Dette vil være kostnader knyttet til personell, administrasjon og erstatningstransport. I tillegg vil der være kostnader knyttet til reservemateriell der størrelsen på denne vil være avhengig av hvor pålitelig transporten er. Reservemateriell vil være et nødvendig forebyggende tiltak for å begrense forsinkelsene når avvik oppstår.

Det kan tenkes at det er andre kostnader som også vil være relevante. Slik som for kostnader ved reservemateriell, kan det være kostnader som vil være knyttet til den generelle upåliteligheten i systemet. Gevinstene ved økt pålitelighet vil da sannsynligvis være tilpasninger som gjøres på lang sikt. Det kan derfor bli vanskelig å

knytte kostnadstall til pålitelighetstall, og dermed er det trolig ikke realistisk å ha med alle slike effekter her.

Vi kommer ikke med noen endelig anbefaling knyttet til hvordan man på en best mulig måte kan ta hensyn til operatørens kostnader ved beregning av pålitelighet. Vi har prøvd å belyse viktige sider ved problemstillingen, men her gjenstår det fortsatt en del forskning og analyse før man kan komme med konkrete anbefalinger. Dersom en vil ha et nedre anslag for nytten knyttet til reduserte transportkostnader kan en imidlertid bruke de tallene vi har gjengitt her som er direkte knyttet til antall forsinkelsestimer, det vil si kostnader knyttet til personell, administrasjon og erstatningstransport.

Avslutningsvis vil vi nevne at det å beregne nytten av pålitelighet i samfunnsøkonomiske analyser for både person- og godstransport og for alle transportformer er et felt med betydelig potensial og behov for videre forskning. For at disse gevinstene skal kunne inkluderes i den norske metodikken for nyttekostnadsanalyser på en faglig godt fundert måte er det flere temaer som det bør forskes videre på. Vi vil her kort bare nevne noen:

- Sammenlikne ulike mål på pålitelighet, som standardavvik, varians og gjennomsnittlig forsinkelse. En bør undersøke hvordan valg av mål påvirker resultatet av regnestykkene, og hvilket mål som passer best med observert atferd.
- Drøfte hvordan nytten skal beregnes i de tilfellene der en aktør (for eksempel en togoperatør eller enn transportfirma) forsikrer kunden mot forsinkelser gjennom å legge inn slakk i kjøreplanen. Må gevinstene av økt pålitelighet og økt slakk beregnes hver for seg, eller finnes det en metode for å beregne pålitelighet som fanger opp begge gevinstene?
- Utvikle metoder for å forutse endringer i pålitelighet som følge av et infrastrukturtiltak, basert på empiriske sammenhenger mellom pålitelighet og kapasitetsutnyttelse, hastighet og andre faktorer.
- Studere virkningen av pålitelighet på kundenes etterspørsel etter transporttjenester, både valg av transportmiddel og transportbruk totalt.
- Skissere konkrete muligheter på kort og lang sikt for å videreutvikle transportmodellene og nyttekostnadsverktøyene for å bedre kunne brukes til å beregne nytten av pålitelighet.
- Utvikle metoder for å beregne nytten av å redusere de negative konsekvensene av større og mer sjeldne hendelser som ulykker, alvorlige tekniske feil eller ekstremvær, og drøfte hvor skillet bør trekkes mellom ”vanlige” og ”uvanlige” hendelser.

## Referanser

- Börjesson M. og J. Eliasson 2011: On the use of "average delay" as a measure of train reliability, *Transportation Research Part A* 45 (2011) 171–184
- de Jong, G., Kouwenhoven, M., Kroes, E., Rietveld, P., & Warffemius, P. (2009). Preliminary Monetary Values for the Reliability of Travel Times in Freight Transport. *European Journal of Transport and Infrastructure Research EJTIR* 9(2), 83–99.
- de Jong, G., Kouwenhoven, M., John, B., Koster, P., Verhoef E., Tavasszy, L. & Warffemius, P. (2012). *SP surveys, models and results for the VOT and VOR for freight Transport in NL*. Presentasjon på ETC 10. Oktober 2012.
- Flügel, S., A. H. Halse og S. Navrud (2013). *Self-selection to attribute values as an explanation for unexpected Box-Cox-Parameters in mode choice models*. Artikkel under vurdering for publisering. Tidligere versjon presentert på Kuhmo Nectar-konferansen i Berlin 2012.
- Halse, A. H., Samstad, H., Killi, M., Flügel, S., & Ramjerdi, F. (2010). *Verdsetting av famsføringstid og pålitelighet i godstransport*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Halse, A. H.; Killi, M. (2010). *Verdsetting av pålitelighet i samfunnsøkonomiske analyser – PUSAM teorigrunnlag*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt.
- Halse, A. H. og M. Killi (2012). *Verdsetting av tid og pålitelighet for godstransport på jernbane*. TØI-rapport 1189/2012. Transportøkonomisk institutt
- Halse, A., & Ramjerdi, F. (2012). *Value of reduced transport time and variability in freight transport*. Artikkel presentert på INSTR2012-konferansen i Hong Kong
- HEATCO (2005). *HEATCO Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. Deliverable 5, Proposal for Harmonised Guidelines*. Hentet fra <http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/deliverables.html>
- Madslie, A; Minken, H. (2011). *Dataverktøy for beregning av samfunnsøkonomisk nytte av godstiltak – Forprosjekt*. Oslo: Transportøkonomisk institutt (TØI-rapport 1140/2011).
- Minken, H., & Samstad, H. (2006). *Virkningsberegning av tiltak for raskere og mer påtelig godstransport - en ny metode*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt (TØI rapport825/2006) .
- OECD. (2010). *Improving reliability on surface transport networks*. OECD.
- Olsson, N., Økland, A., Veiseth, M., & Stokland, Ø. (2010). *Driftsstabilitet på Jernbaneverkets nett – årsaksanalyser 2005–2010 Punktlighets- og regularitetsutviklingen, gransking av årsaker*. Trondheim: SINTEF (SINTEF Rapport A15731).
- Rijkswaterstaat. (den 12 3 2012). *Kengetallen, Goederenvervoer: groei reistijdwaardering in de tijd, Goederen vervoer: groeibetrouwbaarheidswaardering inde tijd*. Hentet fra [http://www.rws.nl/kenniscentrum/economische\\_evaluatie/kengetallen/](http://www.rws.nl/kenniscentrum/economische_evaluatie/kengetallen/)

- Significance, Goudapel Coffeng, NEA . (2011). Incorporation of reliability in transport in the assessment of the federal infrastructure projects in Germany: outcomes of the expert consultation, Prepared for: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).
- SIKA. (2008). *Sambällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 4*. Stockholm: SIKA (PM2008:3).
- SIKA. (2009). *Värden och metoder för transportsektorns sambällsekonomiska analyser - ASEK 4*. Stockholm: SIKA (Rapport 2009:3).
- Tseng, Y.-Y., Verhoef, E., Jong, G. d., Kouwenhoven, M., & Hoorn, T. v. (2008). A pilot study into the perception of unreliability of travel times using in-depth interviews. *Journal of Choice Modelling*, 2(1) <http://www.jocm.org.uk/index.php/JOCM/article/viewFile/69/29>, 8-28.
- Vierth, I. (2012). *Värdering av tidsvinster och högre tillförlitlighet för godstransporter*. Stockholm: VTI-notat 24-2012.
- Wakker, P. (2010) *Prospect theory for risk and ambiguity*. Cambridge University Press.

## Transportøkonomisk institutt (TØI) Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 70 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel med 10 nummer i året og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside [www.toi.no](http://www.toi.no).

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se [www.ciens.no](http://www.ciens.no)). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transport og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

### Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt  
Gautstadalléen 21  
NO-0349 Oslo

22 57 38 00  
[toi@toi.no](mailto:toi@toi.no)  
[www.toi.no](http://www.toi.no)