



På sporet av den tapte tid

Samfunnsøkonomisk kostnad av forsinkelse på jernbane

Cathinka Norløff-Mathisen

Veileder: Karl Rolf Pedersen

Masteroppgave, MØA, Economics

NORGES HANDELSHØYSKOLE

Dette selvstendige arbeidet er gjennomført som ledd i masterstudiet i økonomi- og administrasjon ved Norges Handelshøyskole og godkjent som sådan. Godkjenningen innebærer ikke at Høyskolen eller sensorer inntår for de metoder som er anvendt, resultater som er fremkommet eller konklusjoner som er trukket i arbeidet.

Sammendrag

Hver eneste dag blir persontog i Norge forsinket. Når dette skjer taper passasjerene tid, og denne tapte tiden koster samfunnet millioner hvert år i tapt verdiskapning i form av tapt produksjon og tapt fritid. Denne oppgaven ser på hva denne kostnaden består av, hvor stor den var i 2015 og hvordan den fordelte seg på ulike strekninger og årsaker.

For å besvare første spørsmål benyttes tilgjengelig teori om verdsettelse av tid og usikkerhet, og for de to siste er en ny modell utviklet. Denne tar utgangspunkt i TØIs satser for verdsettelse av tid og data for reisevaner, passasjertall og faktiske forsinkelse for å beregne samlet forsinkelse og kostnad.

Konklusjonen er at forsinkelse av persontog kostet samfunnet 180 millioner kroner i 2015, fordelt på 88 tusen enkeltforsinkelser. Kostnadene fordelte seg først og fremst etter passasjertall geografisk, men når det gjelder forsinkelsesårsak er bildet mer sammensatt. Hvor mye en forsinkelsesårsak kostet avhang av tre ulike faktorer; antall hendelser, antall passasjerer rammet og varighet.

Den dyreste forsinkelsesårsaken var feil sikrings/signalanlegg, som alene sto for 28 % av totalen. Dette skyldes først og fremst at denne typen forsinkelser varte lenge, samtidig som de oppsto ofte. Dette kombinert med å være den mest brukte på landets mest trafikkerte strekning, Asker – Lillestrøm, dro betydningen kraftig opp. Dette på tross av at forsinkelser på grunn av trafikkavvikling var mer vanlig totalt sett.

Forsinkelse kostet likevel mindre enn det kunne ha gjort, hadde det ikke vært for at svært mange ble innhentet før passasjerer ble rammet. De 88 tusen utgjorde bare 58 % av alle de 151 tusen registrerte hendelsene, de resterende ble hentet inn før togene ankom en stasjon. I tillegg ble også de som rammet passasjerer hentet inn i løpet av få stasjoner. Hadde ikke dette skjedd ville kostnadene vært langt høyere enn hva de var.

Innholdsfortegnelse

1. INNLEDNING	6
1.1 OPPGAVENS STRUKTUR	6
2. VERDSETTELSE AV TID OG TIDSBESPARING	8
2.1 HVEM BÆRER KOSTNADEN	10
2.1.1 <i>Forretningsreiser</i>	10
2.1.2 <i>Arbeidsreiser og øvrige reiser</i>	11
2.2 HVORDAN FASTSETTE VERDIEN AV TID	11
2.2.1 <i>Forretningsreiser</i>	12
2.2.2 <i>Arbeidsreiser og øvrige reiser</i>	15
2.2.3 <i>TØIs satser</i>	16
2.2.4 <i>Svakheter</i>	18
3. KOSTNAD FORSINKELSE	20
3.1 ÅRSÅK TIL EKSTRA KOSTNAD	20
3.1.1 <i>Risikoaversjon</i>	21
3.1.2 <i>TØIs satser for forsinkelseskostnad</i>	24
4. ANDRE KOSTNADER KNYTTET TIL FORSINKELSE	26
5. ÅRSÅKSKODER FOR FORSINKELSE	28
6. BESKRIVELSE AV DATASETT	30
6.1 REISEVANEUNDERSØKELSEN	30
6.2 NSB	31
6.2.1 <i>Passasjerdata</i>	31
6.2.2 <i>Feilkilder</i>	32
6.3 BANE NOR	33
6.3.1 <i>Forsinkelsesdata</i>	33

6.3.2	<i>Passeringsdata</i>	33
6.3.3	<i>Feilkilder</i>	34
7.	HVEM REISER HVOR?	35
7.1	SVAKHETER.....	37
8.	MODELL	39
8.1	MODELL FOR EFFEKT AV INNHENTING.....	41
9.	HVA VAR SAMFUNNSØKONOMISK KOSTNAD?	43
9.1	PER STREKNING.....	43
9.1.1	<i>Kostnad per passasjer</i>	45
9.2	PER ÅRSAKSKODE.....	49
9.2.1	<i>Per kode per strekning</i>	52
9.3	ANDRE FORSKJELLER MELLOM STREKNINGENE.....	59
9.4	GARDERMOEN	63
10.	EFFEKT AV INNHENTING	68
11.	KONKLUSJON	72
12.	LITTERATURLISTE	74
13.	VEDLEGG	77
13.1	ÅRSAKSKODER – TIOS (BANE NOR, 2017).....	77
13.2	ALGORITME (MATHISEN, 2017)	81
13.3	EKSEMPEL PÅ OUTPUT FRA PROGRAM	99

Anerkjennelse

Takk til min veileder Karl Rolf Pedersen for råd, diskusjon og kommentarer, spesielt i arbeidet med den teoretiske delen av denne oppgaven. For å besvare spørsmålet om hvorfor tid har verdi var dette svært viktig.

Jeg vil også takke Bane NOR for tilgang på data og villighet til å svare på alt jeg måtte ha av spørsmål. Spesielt takk til min veileder der, Kai Yung Vårbo.

I tillegg takk til min far, Terje Mathisen, som oversatte min modell til et dataprogram som kunne bruke den på tilgjengelige data. Uten denne hjelpen ville denne oppgaven sett svært annerledes ut.

1. Innledning

«*Det står alltid et tog*» sies det, hvilket i mange tilfeller er sant. I løpet av 2015 ble det registrert 151 tusen enkeltforsinkelser på persontog i Norge, hvilket førte til 1 700 døgn i samlet forsinket ankomst på stasjoner.

Alle disse timene kostet samfunnet millioner i form av passasjerenes tapte tid, og det samfunnet tapte i verdiskapning som følge av dette. Når folk ikke kommer frem til jobb, møter og avtaler som planlagt går både arbeidstid og fritid tapt, tid som alltid har en verdi.

På tross av det åpenbare i at dette koster, har ingen sett på hvor stor denne kostnaden faktisk er. Denne oppgaven har derfor som mål å besvare problemstillingen «*Hva var samfunnsøkonomisk kostnad av forsinkelse på persontog i Norge i 2015?*».

I tillegg til hovedproblemstillingen blir det også sett på hvordan denne kostnaden fordeler seg geografisk og på ulike årsakskoder, det vil si årsaker til forsinkelse. De geografiske forskjellene blir undersøkt ved å sammenligne de tre strekningene Asker – Lillestrøm, Drammen – Skien og Trondheim – Bodø. Årsakskodene blir sammenlignet både på landsbasis og mellom de tre nevnte strekningene.

For å besvare problemstillingen har en ny modell, med utgangspunkt i eksisterende satser for verdsettelse av tid, blitt utviklet. Denne tar utgangspunkt i nevnte satser, passasjertall og togenes registrerte passeringer sammenlignet med oppsatt rutetabell for å fastsette hvor forsinket et tog var og hvor mange passasjerer som ble rammet av denne forsinkelsen.

1.1 Oppgavens struktur

Oppgaven består av 9 kapitler, i tillegg til innledning, konklusjon, litteraturliste og vedlegg.

De tre første, kapittel 2, 3 og 4, ser på det teoretiske rammeverket rundt verdsettelse av tid og forsinkelse. Kapittel 2 går gjennom hvorfor tid generelt har verdi, og hvorfor reisetid spesielt koster de reisende noe. Kapittelet ser også på hvilke forskjeller det er ved verdsettelse av arbeidstid og fritid, og hvorfor begge deler har verdi. Kapittel 3 ser på hvorfor forsinkelse koster mer enn normal reisetid på grunn av usikkerhet og risikoaversjon. Begge kapitler går også gjennom TØIs satser for verdsettelse av tid, og hvordan disse er utarbeidet. Kapittel 4 ser

på sin side på andre samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til forsinkelse, utover passasjerenes tapte tid.

Kapittel 5 til 7 går gjennom datagrunnlaget for modellen. Kapittel 5 viser de ulike årsakene til forsinkelse, og hvordan disse er fordelt på ulike årsakskoder. Kapittel 6 gir en oversikt over de tre datasettene brukt i beregning av samfunnsøkonomisk kostnad, mens kapittel 7 går gjennom hvordan de reisende var fordelt på ulike typer reisende, hvilket har betydning for hvor mye deres tapte tid koster.

Kapittel 8 er modellen for beregning av kostnad. Her gis en gjennomgang av hvordan kostnad av forsinkelse er beregnet, med utgangspunkt i eksisterende satser, generelt og gjennom et eksempel. I tillegg forklares også en modell for simulering av effekten av innhenting.

I kapittel 9 kommer resultatet av beregningen. Der gjennomgås hva kostnaden av forsinkelse var i 2015, og hvordan denne fordelte seg per strekning og årsakskode. I tillegg analyseres hvilke faktorer som påvirker total kostnad, og hvordan disse virker sammen.

Kapittel 10 illustrerer effekten av innhenting, og hvordan selv svært beskjeden innhenting har stor effekt på samlet kostnad.

2. Verdssettelse av tid og tidsbesparing

Den samfunnsøkonomiske kostnaden av forsinkelse kan deles i kostnadene til operatørene og kostnadene forsinkelsen påfører de reisende. Det er sistnevnte som er i fokus i denne oppgaven, og for dem består kostnaden av to deler.

For det første er det kostnaden av å bruke tid på å reise i seg selv. Tid er en begrenset ressurs, du kan ikke bruke mer enn 24 timer per døgn, og det er en nødvendig komponent i alle aktiviteter og ved konsum av andre goder.

For det andre medfører forsinkelse en merkostnad, utover den grunnleggende verdien av tid tapt. Dette er tema for del 3, Verdssettelse av tid og tidsbesparingKostnad forsinkelse.

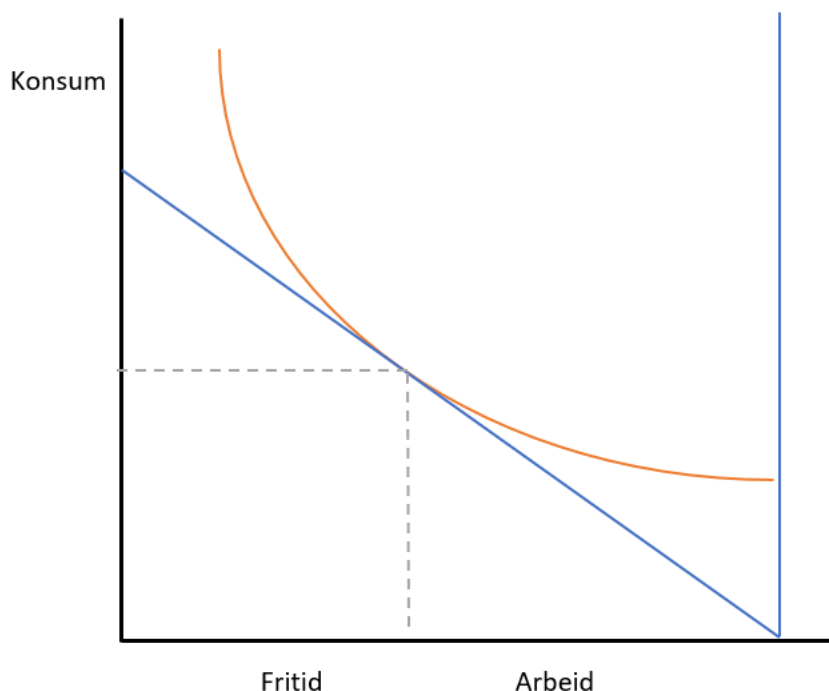
Ved analyser av tidsbruk antas det som regel at potensielle arbeidstakere kan dele sine tilgjengelige 24 timer på enten fritid eller arbeid. Fritid betyr muligheten til å bruke tid på aktiviteter arbeidstakeren selv setter pris på, arbeid fører til utbetaling av lønn som kan byttes mot goder til konsum. I Figur 1 er den enkleste versjonen av denne modellen presentert, med antagelse om at konsumet vil være null hvis ingen tid brukes på arbeid. Arbeid antas for enkelhets skyld å ikke ha noen egenverdi utover lønnen (Hagen, et al., 2012), ettersom det da blir et klart skille mellom nytten av konsum og nytten av fritid.

Lønn er her utelukkende lønn etter skatt, ettersom det er dette arbeidstakeren faktisk har til å bruke på konsum. Budsjettrestriksjonen er derfor bundet av dette, og ikke hva arbeidsgiver betaler ut. Lønn etter skatt er også prisen på fritid, ettersom en time ekstra fritid nødvendigvis betyr å gi opp denne summen, med tilhørende potensielt konsum. I modellen er budsjettrestriksjonen illustrert med den blå linjen. Fordi det forutsettes at lønn per time etter skatt er den samme uavhengig av hvor mange timer som jobbes er dette en rett linje.

Preferansene er illustrert med den oransje indifferenskurven, en buet linje på grunn av forutsetningen om avtakende grensenytte. En person som allerede har høyt konsum på grunn av lang arbeidstid vil ikke være villig til å gi fra seg noe særlig med fritid for å øke konsumet ytterligere.

Gitt egne preferanser og lønnsmuligheter velger arbeidstakeren så hvor mye av sin begrensede tid han skal selge til arbeidsgiver, og hvor mye av tiden som skal brukes på andre aktiviteter.

Uansett hvordan tiden fordeles mellom disse to kan det aldri bli mer av den, enhver bruk av tid må derfor gå på bekostning av annen (Cowell, Supply by households, 2006).



Figur 1 Avveining konsum og fritid

Det er rimelig å anta at å reise i seg selv som regel har svært begrenset til ingen nytte. Det å bruke tid på toget, eller andre transportmidler, fører ikke til direkte nytte for noen. Hadde teleportering vært et reelt alternativ hadde de fleste antagelig valgt det.

Ergo er tid brukt på reise tid tapt. Effektivt sett reduserer dermed reisetid den tilgjengelige tiden som kan brukes på enten arbeid eller fritid, eventuelt begge deler. Kostnaden av reisetid er dermed verdien av den aktiviteten tiden ellers hadde blitt brukt til.

På grunn av det store antallet mulige aktiviteter vil verdien av tiden brukt på reise kunne variere sterkt. Tid brukt på reise koster mindre når man ikke har noe viktig man heller skulle ha gjort, og mer i motsatt fall. For å kunne fastsette verdien av tiden brukt burde man derfor helst vite hvilke aktiviteter reisen fortrenger, men dette er ofte umulig å fastslå. Redusert reisetid til jobb ville for mange ført til mer fritid, men andre ville i så fall kanskje jobbet mer.

Derimot er det mulig å svare på hva hensikten med en reise er, hvilken aktivitet man er på vei til. Siden man foretar reisen vurderer man åpenbart verdien av hensikten høyere enn kostnaden av reisen. Som hovedregel vil personer med «dårlig tid» verdsette tiden høyere enn de med

«god tid» (Hagen, et al., 2012), og det er rimelig å anta at «viktigere» hensikter gjør verdien av tiden høyere.

Videre i oppgaven vil det bli skilt mellom tre ulike hensikter for reise; forretningsreise, arbeidsreise og fritidsreise. Denne tredelingen kommer fra TØI (Flügel, Hasle, & Killi, 2010),

2.1 Hvem bærer kostnaden

At tid har verdi, og at det å bruke denne på reise har en kostnad, er dermed klart. Det som derimot ikke er åpenbart er hvem som påføres denne kostnaden, da dette avhenger av om tiden brukt går av den reisendes fritid eller inngår i arbeidstiden.

2.1.1 Forretningsreiser

Kostnad av tid brukt på forretningsreiser, det vil si reiser foretatt i arbeidstiden og lønnet på lik linje med annet arbeid, kan fordeles på to ulike måter avhengig av hvilket teoretisk rammeverk man benytter. Det finnes to modeller for fastsettelse av tid brukt på forretningsreiser, den ene baserer seg på arbeidskraftkostnaden, den andre er Henshers formel. Begge disse er beskrevet nærmere i del 2.2.1. Med førstnevnte er arbeidsgiver alene bærer av kostnaden, og arbeidstaker påvirkes ikke, med Henshers formel deles den mellom de to partene.

Hvis man godtar forutsetningen om at arbeid ikke har noen egenverdi for arbeidstaker utover lønnen, må det antas at det ikke spiller noen rolle for arbeidstaker hvordan arbeidstiden brukes av arbeidsgiver. I hvert fall så lenge aktiviteten ikke er direkte skadelig for arbeidstaker.

Hvis man samtidig forutsetter at forretningsreiser ikke påvirker fritiden blir enhver forretningsreise gjort på arbeidsgivers tid. Dette krever at alle forretningsreiser gjennomføres innenfor normal arbeidstid og eventuell overtid kompenseres med nok ekstra fritid senere til at arbeidstaker oppfatter byttet som fullverdigg.

Hensher aksepterer ikke at fordelingen av kostnaden utelukkende tilfaller arbeidsgiver, og hans formel inneholder derfor også den kostnaden den reisende selv opplever (Hensher, 2011). Blant annet vil arbeidstaker i mange tilfeller bruke tid utover normal arbeidstid på forretningsreiser uten å nødvendigvis blir fullt ut kompensert for tap av fritid. Også selv om timene senere kan tas ut som avspasering kan overtid ha en ekstra kostnad, i form av blant

annet redusert helsetilstand (Yngre legers forrening, 2009). I tillegg er det ikke gitt at en time mer fritid en dag faktisk erstatter en time mindre på en tidligere dag. Hvor mye nytte man har av fritiden avhenger i stor grad av hva man bruker den til, og tapt time med ektefelle og barn blir ikke erstattet av en time hjemme alene mens de er på jobb og skole.

2.1.2 Arbeidsreiser og øvrige reiser

Reiser gjort på fritiden er det på sin side klarere hvem som betaler for. All tid brukt på reise utenom arbeidstiden reduserer nødvendigvis hvor mye av fritiden som kan brukes på aktiviteter den reisende faktisk verdsetter.

Det kan likevel argumenteres for at skillet ikke er så skarpt som dette. Reisetid brukt på å komme til arbeid bruker av fritiden og reduserer tilgjengelig tid til alle andre aktiviteter. Det er derfor mulig at arbeidstakeren vurderer denne tiden som en del av tiden brukt på jobb, selv om han ikke får betalt for den. Dermed kan den påvirke hvor mange timer han er villig til å jobbe, og dermed hvor mye han produserer for arbeidsgiver. I så fall reduseres arbeidsgivers verdiskapning på grunn av arbeidstakers reise, og koster dermed også arbeidsgiver noe.

Men samtidig er det slik at de fleste ikke har så fleksibel arbeidstid at dette er mulig. De fleste er ansatt med en fast stillingsbrøk de ikke nødvendigvis har bestemt selv, og hvis denne er mindre enn 100 % er mange nødt til å ta ekstravakter o.l. for å få økonomien til å gå opp. Dermed er muligheten for å redusere antallet timer på jobb på eget initiativ begrenset.

2.2 Hvordan fastsette verdien av tid

I utgangspunktet er verdien av et gode det markedet er villig til å betale for den. Problemet med denne tilnærmingen for å fastsette kostnaden av tid tapt på forsinkelser er at det ikke finnes noe klart marked for alle typer tid.

I mangel på observerbar markedspris er det dermed nødvendig å basere seg på andre kilder for å fastsette kostnaden av forsinkelse for passasjerene. I praksis blir det nødvendige spørsmålet hva markedet ville ha betalt for å redusere tiden brukt på reise, hadde det vært mulig å kjøpe seg ut av tidsbruken. Dette besvarer hva tidsbruken koster de reisende ettersom man ville betalt opptil det ulempen ved reise koster i form av tapt bruk av tid på andre aktiviteter, i tillegg til irritasjon, energibruk og lignende.

Med 10-20 års mellomrom blir dette undersøkt av TØI, som så utarbeider nasjonale standarder for verdien av reisetid. Denne oppgaven vil derfor ta utgangspunkt i satsene utarbeidet av TØI i 2010 (Ramjerdi, Flügel, Samstad, & Killi, Den norske verdsettingsstudien, tid , 2010) og oppdatert for ny standard for strekninger i 2015 (Østli, Halse, & Killi, 2015).

Ettersom hensikt for reisen som nevnt bestemmer både hvem som bærer kostnaden av reisen, og hvor stor denne er skiller studien på tre ulike reisehensikter. Disse er forretningsreiser, arbeidsreiser og øvrige fritidsreiser.

Denne delen av oppgaven vil se på det teoretiske grunnlaget bak denne studien, og hvordan dette har endret seg over tid, samt se på mulige svakheter ved dagens tilnærming til verdsettelse av tid.

2.2.1 Forretningsreiser

Det finnes som sgt to ulike modeller for verdien av tid brukt på forretningsreiser, Henshers formel og arbeidsgiverkostnad. De siste tiårene har begge metoder blitt brukt, også i Norge, uten at det finnes noen konsensus for hva som er best (Ramjerdi, Flügel, Samstad, & Killi, Den norske verdsettingsstudien, tid, vedleggene , 2010).

Begge disse tilnærmingene har sine styrker og svakheter, noe som kan være deler av forklaringen på hvorfor ingen av alternativene har blitt internasjonal standard. I stedet er det både i Norge og andre land blitt vekslet mellom de to metodene ved fastsettelse av nasjonale kostnadsstandarder. Dagens standard i Norge er basert på arbeidsgivers kostnad.

Arbeidsgivers kostnad

Når arbeidstakere velger å selge egen tid på arbeidsmarkedet gjøres dette til observerbare priser, i likhet med all annen markedsbasert omsetning av ressurser.

Hvis man godtar forutsetningen om at arbeidstaker kun handler i arbeidsgivers interesse i arbeidstiden, og ikke selv har noen kostnad ved ulike typer bruk av denne tiden, blir kostnaden av tid brukt på reise utelukkende arbeidsgivers, som beskrevet i kapittel 2.1.1. I så fall blir den samfunnsøkonomiske kostnaden av å ha en arbeidstaker på et tog det arbeidstakeren koster å ha på jobb i denne perioden.

Den andre grunnleggende forutsetningen for å bruke arbeidsgivers kostnad som mål på kostnad ved tid brukt på reise er at denne tiden også for arbeidsgiver er tapt. I utgangspunktet

er arbeidsgiver villig til å betale for arbeidstakeren fordi denne produserer verdien utover det den koster som innsatsfaktor, men når arbeidstaker er på reise forutsettes det at dette er umulig. Arbeidsgiver vil derfor være villig til å betale opptil samlet arbeidskraftkostnad for å redusere reisetiden, da tiden i så fall kunne blitt brukt til faktisk produksjon. Kostnaden av en time reisetid avhenger dermed kun av arbeidsgivers kostnad, eventuelt med tillegg for ekstra tid brukt på uønsket vis som forsinkelse (Ramjerdi, Flügel, Samstad, & Killi, Den norske verdsettingsstudien, tid , 2010).

Den samlede kostnaden ved ansatte, arbeidskraftkostnaden, består av en rekke forskjellige direkte og indirekte komponenter (Statistisk sentralbyrå, 2014). I de direkte kostnadene inngår brutto lønn, feriepenger, sykepenger, opsjoner og lignede. I de indirekte inngår kostnader som ytelser og goder utover lønn, HMS-tiltak, opplæringskostnader og sosiale kostnader, samt arbeidsgiveravgift.

Selv om deler av arbeidskraftkostnaden går tilbake til samfunnet via skatter og avgifter er det likevel rimelig å regne hele beløpet som samfunnsøkonomisk kostnad. Dette fordi metoden forutsetter tiden er verdt det arbeidsgiveren verdsetter den til, det maksimale den er villig til å betale for den, uavhengig av hvilke ulike kostnader som inngår i denne summen (Halse, Masteroppgave om samfunnsøkonomisk kostnad ved forsinkelse, 2017).

Dette er fordi den samfunnsøkonomiske kostnaden ved tapt tid ikke egentlig er arbeidsgivers kostnader knyttet til sine ansatte. I stedet er det det samfunnet som helhet taper av produserte goder. På marginen vil arbeidskraftkostnaden være den samme som verdien av det arbeidstaker kan produsere, og det er dette tid på reise stjeler.

Henshers formel

David Hensher har en annen tilnærming til verdien av reisetid i arbeidstiden. Hans tilnærming har siden 1977 vært at arbeidskraftkostnaden ikke alene kan beskrive verdien av mindre tid brukt på reise (Hensher, 2011).

At arbeidskraftkostnaden ikke er tilstrekkelig informasjon for å fastsette kostnaden skyldes i så fall at de to grunnleggende forutsetningen for hvordan tid brukt på reise påvirker arbeidstaker og arbeidsgiver.

For det første vil reise, som beskrevet i kapittel 2.1.1, i mange tilfeller ha en kostnad for arbeidstaker som det ikke blir fullt ut kompensert for. Samtidig kan arbeidstakere på reise ha

en ekstra verdi for arbeidsgiver ettersom noe av tiden ofte kan brukes på arbeid som ellers ville blitt gjort på kontoret. De siste årene har dette i stadig større grad blitt tilfellet på grunn av tilgang på internett og mobiler. Arbeidsgiver får dermed verdien av reises hensikt, som må være større enn det det ville vært å la arbeidstaker bli på arbeidsplassen, ellers hadde den blitt hjemme, og normalt arbeid uten å måtte betale mer. Samtidig kan arbeidsgiver tape på grunn av utmattelse hos arbeidstaker, hvilket kan redusere produktiviteten både under reisen og i ettertid.

Samlet sett forslår Hensher at verdien av redusert reisetid (value of travel time saved, VTTS) kan beskrives av følgende formel:

$$VTTS = (1 - r - pq) * MP + \frac{1 - r}{1 - t} * VW + \frac{r}{1 - t} VL + MPF$$

Hvor

r = andel spart reisetid brukt på fritid

p = andel reisetid spart på bekostning av arbeid gjort på reise

q = relativ produktivitet på reise sammenlignet med arbeid gjort på kontoret

MP = verdien av marginalproduktet av arbeid

VW = verdien av arbeidet gjort på kontoret relativt til reisetid

VL = verdien av fritid relativt til verdien av reisetid for arbeidstaker

MPF = verdien av ekstra produktivitet grunnet mindre utmattelse

t = arbeidstakers skattesats

Samlet villighet til å betale for å redusere reisetiden avhenger dermed av hvordan den nå «ekstra» tiden ville blitt brukt og hva de to aktørene vinner og taper på fordelingen av denne.

Dette er åpenbart en tiltrekkende tilnærming ettersom den tar hensyn til langt flere faktorer enn den klassiske arbeidskraftkostnaden. Problemet er at det er vanskelig å sette teoretisk velbegrunnede verdier for hvordan reisetid kan deles i fritid, produktiv og uproduktiv tid (Ramjerdi, Flügel, Samstad, & Killi, Den norske verdsettingsstudien, tid, vedleggene, 2010). Man risikerer dermed å tilsynelatende å sette VTTS svært presist og nøyaktig, uten at man med sikkerhet kan si at resultatet stemmer med virkeligheten.

TØIs anbefaling

TØI sin gjeldende anbefaling per i dag er å ta utgangspunkt i arbeidskraftkostnaden ved verdsettelse av tid brukt på forretningsreiser. Arbeidskraftkostnaden er beregnet ut i fra respondenten i verdsettingsstudiens rapporterte bruttoinntekt, med 27 % påslag for å finne arbeidsgivers totale kostnad (Ramjerdi, Flügel, Samstad, & Killi, Den norske verdsettingsstudien, tid, vedleggene, 2010). De 27 % består de andre kostnadene arbeidsgiver har per ansatt utover lønn, som beskrevet på forrige side. Dette er i kontrast med forrige anbefaling fra 1997 som bygde på en modifisert utgave av Henshers formel (Ramjerdi, Rand, Sætermo, & Sælensminde, 1997). Denne oppgaven vil benytte seg av den nyeste anbefalingen.

2.2.2 Arbeidsreiser og øvrige reiser

Reiser gjort til og fra jobb, og øvrige reiser foretatt på fritiden er det som sagt ikke mulig å verdsette ved å se på markedspriser, ettersom det ikke finnes noe marked. Selv om man godtar forutsetningen om at en arbeidstaker selv kan bestemme hvor mye tid som brukes på jobb og fritid, forteller ikke dette hva tid brukt på reise koster.

Enn så lenge en person allerede har avgjort hvor mye tid som skal brukes på jobb, og hvor mye som skal være fritid, kan ikke verdien eller kostnaden av ulike typer bruk av fritid leses ut i fra personens lønn. Vedkommende har allerede avgjort at det å ikke bruke tiden på arbeid er bedre enn eventuell lønnsinntekt, spørsmålet er hva koster det at muligheten til å bruke fritiden på andre aktiviteter enn reise forsvinner. Kostnaden ved å bruke deler av denne tiden på å reise må derfor fastsettes på empirisk vis, og kan ikke leses direkte av timelønnen (Hensher, 2011).

Kostnaden av tid brukt på reise vil heller ikke være konstant mellom ulike reiser, også om reisene tar like mye tid og er på samme strekning. For det første vil hensikten for reisen ha betydning.

For det andre vil egenskaper ved selve reisen ha innvirkning, 20 minutter stående på et stappfullt tog vil antagelig koste mer i form av energi enn de samme 20 minuttene sittende i en ellers nesten tom kupé (Ramjerdi, Flügel, Samstad, & Killi, Den norske verdsettingsstudien, tid, 2010).

Fastsettelse av VTTS for arbeidsreiser og øvrige reiser krever dermed eksperimenter, det er to ulike eksperimentdesign som historisk sett har blitt brukt til dette, stated preferences (SP) og

transfer price (TP) (Ramjerdi, Rand, Sætermo, & Sælensminde, 1997). Da tid ble sist verdsatt i Norge i 2010 ble kun SP brukt, og satsene i denne oppgaven bygger derfor på denne teknikken.

Med SP ble forsøkspersonene bedt om å velge mellom to reisealternativer med forskjellige egenskaper for pris, reisetid, komfort, usikkerhet om ankomsttidspunkt og liknende. I ingen tilfeller var det ene alternativet bedre enn det andre på alle punkter, og respondentene måtte derfor vurdere hvilke aspekter de verdsatte høyest (Ramjerdi, Flügel, Samstad, & Killi, Den norske verdsettelsesstudien, tid , 2010). I hovedsak vil folk være villige til å betale mer for kortere reisetid med liten usikkerhet og god komfort, og ved å variere disse var det mulig å estimere kostnaden av reisetid ut i fra hvor mye respondentene indirekte indikerte at de var villige til å betale for å redusere den.

TP-spørsmål, som ble brukt i 1997 (Ramjerdi, Rand, Sætermo, & Sælensminde, 1997), spør direkte om hvor mye konsumentene er villig til å betale, eventuelt akseptere som erstatning, for forbedring eller forverring av ulike aspekter ved reisen. Det problematiske med denne typen spørsmål er at man ofte er dårlig til å estimere hvor mye man faktisk ville vært villig til å betale for noe man ikke faktisk har mulighet til å kjøpe.

2.2.3 Tøls satser

De relevante resultatene av verdsettelsesstudien fra 2010 er presentert i Tabell 1. De inkluderte verdiene er for de ulike typene reiser på tog for korte og lange reiser, samt fly. Skillet mellom korte og lange reiser er på 50 km, og er fastsatt av Bane NOR (*Jernbaneverket, 2015*).

Verdsettelse av tid på flyreiser er inkludert fordi tid brukt på tilbringerreiser til et annet hovedtransportmiddel er en del av samme reise. Disse reisene har derfor samme timesverdi som reise med hovedtransportmiddelet. Forretningsreiser med fly har her en høyere sats enn togreiser fordi arbeidstakere i studien som brukte fly som transportmiddel på forretningsreiser hadde en signifikant høyere lønn enn de som brukte tog, og dermed tilsvarende høyere arbeidskraftkostnad (Ramjerdi, Flügel, Samstad, & Killi, Den norske verdsettelsesstudien, tid, vedleggene , 2010). For reiser foretatt med fly på fritiden spiller antagelig også forskjell i lønn, og dermed verdsettelsen av tid, inn på betalingsvillighet. I tillegg er flyreiser i utgangspunktet dyrere enn togreiser, dermed vil ikke nødvendigvis betalingsvilligheten for å redusere reisetiden være spesielt stor relativt til opprinnelig billettpris.

Ettersom både Flytoget og alle andre togreiser mellom Oslo og Gardermoen flyplass reiser på strekningen Asker – Lillestrøm, og Torp og Værnes er stasjoner på de to andre strekningene, er det nødvendig å inkludere satsen (Jernbaneverket, 2015).

Type reise	Kort (< 50 km)	Lang (>50 km)	Fly
Forretningsreise	380	380	445
Arbeidsreise	56	88	288
Øvrige	44	63	180

Tabell 1 Verdsettelse reisetid per time, 2009 kroner (Flügel, Hasle, & Killi, 2010)

De tilgjengelige dataene for forsinkelser og passasjerer, er beskrevet i del 6 og fra 2015. Satsene vist over stammer fra studier gjennomført i 2009, og kan derfor ikke brukes direkte for å beskrive verdien av reisetid i 2015.

Den beste måten å justere satsene på er å korrigere for lønnsveksten, uten at dette nødvendigvis gir hele sannheten. I perioden 2009 – 2015 var samlet lønnsvekst på 22,95 % (Statistisk Sentralbyrå, 2017). Direkte justering av satsene fra 2009 gir satsene vist i Tabell 2. Det er disse som vil være grunnlaget for alle kostnadsestimater i denne oppgaven.

Type reise	Kort (< 50 km)	Lang (>50 km)	Fly
Forretningsreise	467,2	467,2	547,1
Arbeidsreise	68,9	108,2	354,1
Øvrige	54,1	77,5	221,3

Tabell 2 Verdsettelse reisetid per time, 2015 kroner

Arbeidsreiser og øvrige fritidsreiser verdsettes ulikt. Dette skyldes antagelig at konsekvensene av å ikke komme frem i tide vil være større enn ved andre fritidsreiser, dvs at man har «dårligere» tid i dette tilfellet.

Forretningsreiser er verdsatt langt høyere enn de to andre typene. Forklaringen på dette er antagelig todelt. Når respondentene i undersøkelsen ga svar om egen betalingsvillighet vil de ha tatt utgangspunkt i egen disponibel inntekt, det vil si lønn etter skatt. Ved forretningsreiser er derimot arbeidskraftkostnaden lagt til grunn, som består av langt mer enn kun arbeidstakerens netto lønn. Det er dermed en signifikant forskjell i hva tid koster arbeidsgiver og hva arbeidstaker kan tjene på den.

I tillegg vil igjen aspektet om hvor god tid man har antagelig spille inn på vurderingen. Fordi man på fritiden per definisjon har mulighet til å styre egen tidsbruk vil man antagelig oppleve kostnaden av å reise som mindre enn potensiell netto lønn i samme periode.

2.2.4 Svakheter

Det er to potensielt problematiske svakheter ved de oppgitte satsene. Den ene stammer fra studien de bygger på, den andre fra justering for lønnsvekst.

Den norske verdsettingsstudien (Ramjerdi, Flügel, Samstad, & Killi, Den norske verdsettingsstudien, tid , 2010) hadde en svarprosent på omtrent 20. Dette er sammenlignbart med andre store offentlige undersøkelser de siste årene, men gjør at resultatene ikke nødvendigvis er representative for befolkningen. I utgangspunktet var deltakere valgt ut for å sikre et tverrsnitt a befolkningen, men det forsvinner når svarprosenten er så lav.

Til en viss grad kan dette justeres for hvis man vet hvilke grupper som er over eller underrepresentert, i dette tilfellet henholdsvis personer med høy inntekt og unge. Dessverre er det ikke mulig å si noe sikkert om de som valgte å svare innenfor de observerbare gruppene skiller seg ut på noe annet vis enn villighet til å delta i undersøkelser. Dette medfører dermed en grad av usikkerhet rundt resultatet.

Justeringen for lønnsvekst er gjort for nominell lønnsvekst, ikke reallønnsveksten. I virkeligheten endrer priser seg i ulike hastigheter (Hagen, et al., 2012), og det har vært reallønnsvekst i Norge mellom 2009 og 2015 (Statistisk sentralbyrå, 2015). Ergo har kjøpekraften til de reisende økt i den aktuelle perioden.

Når respondentene i verdsettelsesstudien ga sine svar i 2009 må det forutsettes at de tok utgangspunkt i sin daværende kjøpekraft når de oppga hvor mye de var villig til å betale for å redusere reisetiden og unngå forsinkelser. Reisetid og forsinkelser, som stjeler tid fra både konsum og fritid, burde etter reallønnsvekst koste mer, ettersom verdien av egen tid målt i mulig konsum har økt. Den nominelle lønnsveksten gir derfor ikke et entydig bilde av hvordan verdien av tid har endret seg i den aktuelle perioden.

Å benytte den nominelle lønnsveksten er likevel nødvendig, ettersom det er det Bane NOR selv har benyttet seg av ved tidligere studier på samfunnsøkonomisk nytte og kostnad. Skal det være mulig å sammenligne på tvers av disse er man nødt til å holde seg til en standard.

Å justerer satsene for lønnsveksten kan gi også et misvisende bilde for både forretningsreiser og andre reiser, i tillegg til problemene knyttet til bruk av nominell lønnsvekst.

For forretningsreiser er det to problemer som ikke fanges opp av indeksregulering av arbeidskraftkostnaden. For det første har det skjedd endringer i denne perioden i lover og regler som påvirker arbeidskraftkostnaden. Blant annet ble det innført nye regler for fastsettelse av arbeidsgiveravgift 1. juli 2014 (Skattedirektoratet, 2014).

For det andre er det ingen garanti for at inntektsutviklingen for alle forretningsreisende med ulike transportmidler har fulgt den gjennomsnittlige norske inntektsutviklingen i et en-til-en forhold. Inntektsforskjellene i Norge har de siste årene økt (Omholt, 2016). Det er derfor fullt mulig at personer som gjennomfører forretningsreiser per fly, og som i 2009 hadde signifikant høyere inntekt enn andre forretningsreisende (Ramjerdi, Flügel, Samstad, & Killi, Den norske verdsettingsstudien, tid, vedleggene, 2010), har hatt en høyere lønnsvekst enn togreisende. Uten ny innsamling av data er det umulig å si noe sikkert om dette er tilfellet eller ikke, og om hvor mye inntektsforskjellen i så fall har økt med.

For fritids- og arbeidsreisende er det også mulig at lønnsutviklingen har skjedd i et annet tempo enn gjennomsnittet av befolkningen. Dette ville i så fall føre til at betalingsvilligheten også har utviklet seg annerledes, ettersom de to nødvendigvis henger sammen.

Alt i alt er det derfor reell risiko for at satsene for verdsettelse av tid ikke stemmer helt med virkeligheten, men uten nye omfattende studier er det ikke mulig å korrigere for dette.

I tillegg til dette er det mulig at felles satser for hele landet ikke gjenspeiler virkeligheten, og det er ikke gjort noen større studier på om dette er tilfellet eller ikke. Ettersom ett av målene for denne oppgaven er å sammenligne ulike områder kan manglende informasjon om regionale forskjeller føre til at noe går tapt. Dette bør likevel ikke være et stort problem ettersom det som er blitt gjort av undersøkelser tyder på at eventuelle forskjeller ikke er signifikante for kollektivreiser (Halse, Ramjerdi, & Østli, Regional variasjon i verdien av reisetid, 2012).

3. Kostnad forsinkelse

Ved forsinkelse vil det oppstå en ekstra kostnad, i tillegg til verdien av tiden som beskrevet i kapittel 2. Et kvarter ekstra reisetid på grunn av forsinkelse vil koste de reisende mer enn et ekstra kvarter normal reisetid. Dette skyldes både de umiddelbare utfordringene det å bli forsinket medfører og den usikkerheten muligheten for forsinkelse medfører.

Som i tilfellet med tid generelt utenom arbeidstid finnes det ikke noe marked for kjøp og salg av tid tapt på forsinkelse. Kostnaden knyttet til forsinkelse må derfor igjen estimeres gjennom hva folk hadde vært villig til å betale for å unngå den, hadde dette vært mulig.

Dette kapittelet vil gå gjennom hvilke årsaker som ligger bak den ekstra kostnaden forsinkelse medfører for passasjerene og hvilke metoder som kan benyttes for å estimere denne.

3.1 Årsak til ekstra kostnad

At forsinkelse koster mer umiddelbart enn tiden brukt skulle tilsi har sine åpenbare årsaker. Når toget ikke er i rute vil de reisende ankomme sitt endelige endepunkt etter planlagt, hvilket vil medføre en ulempe for den reisende uansett hva hensikten med reisen er.

Ved reiser til arbeid og forretningsreiser vil denne ulempen innebære tapt produksjon, som i noen tilfeller vil måtte tas igjen på et senere tidspunkt og i andre være tapt for godt. I det første tilfellet vil dette gå på bekostning av den reisendes fritid, man må bruke mer tid enn planlagt på jobb uten at dette blir kompensert med økt konsum. I det andre tilfellet bruker ikke den reisende mer tid enn normalt på jobb, og taper derfor ikke nødvendigvis personlig, men arbeidsgiver må betale for arbeidstid uten produksjon.

Ved øvrige fritidsreiser vil forsinkelse alltid enten redusere tilgjengelig tid til bruk på ønsket aktivitet, eller føre til at man mister denne helt. Forsinket ankomst til middag hos venner medfører irritasjon for alle parter, og kvelden har en maksimal lengde uansett. Hvis man ankommer teateret etter at forestillingen har begynt risikerer man å bli nektet adgang til salen.

I tillegg til denne åpenbare og umiddelbare kostnaden vil forsinkelser også medføre kostnader på lengre sikt. Hyppige forsinkelser medfører usikkerhet rundt ankomsttidspunkt for alle reiser, også de som faktisk viser seg å være i rute.

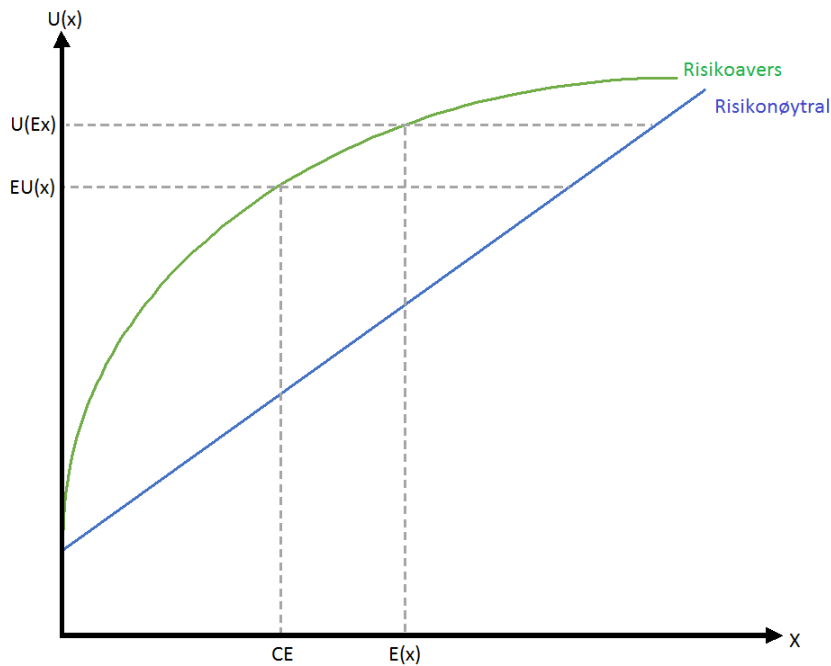
På grunn av grunnleggende risikoaversjon, beskrevet i kapittel 3.1.1, vil de aller fleste ville ønske å redusere denne usikkerheten. I praksis er det to måter dette kan gjøres på, og begge vil medføre en ekstra kostnad.

For det første kan de reisende velge et tidligere tog enn det ruteplanen sier er nødvendig, for å sikre seg at de ankommer i tide. I så fall vil det i mange tilfeller brukes mer tid på å vente enn nødvendig, ettersom det å ankomme før planlagt ofte ikke betyr at man kan starte aktiviteten før. At en forretningsreisende på vei til et møte, eller en fritidsreisende på vei til kino ankommer tidlig betyr ikke at møtet eller filmen vil starte tidligere enn planlagt. Tid forsvinner i så fall til venting, en aktivitet som har minst like liten egenverdi som reise. Om noe kan dette oppleves som enda mer uønsket tidsbruk da reise i hvert fall innebærer den fysiske forflyttingen.

Den andre løsningen er at man velger et annet transportmiddel enn tog, som man vurderer å ha mindre risiko for å være forsinket. Dette medfører en kostnad for de reisende ettersom de i så fall i utgangspunktet hadde tog som beste transportmiddel, men følte det nødvendig å gå over til et i utgangspunktet mindre attraktivt alternativ. TØIs forskning på dette viser at elastisiteten for etterspørsel etter periodebilletter med hensyn til gjennomsnittlig forsinkelse er på 0,04 (Halse, Killi, & Østli, Å måle det upresise: Årsaker til og konsekvenser av togforsinkelser, 2015). Det vil si hvor mye etterspørselen synker prosentvis når gjennomsnittlig forsinkelse stiger med én prosent. Dette er et tilsynelatende svært lite tall, men en prosent endring i gjennomsnittlig forsinkelse vil være tilsvarende lite ettersom de fleste tog er i rute, og de fleste forsinkelser er små. Den gjennomsnittlige forsinkelse fordelt på alle tog er dermed et lite tall, og én prosent økning enda mye mindre. Hvor lange de faktiske forsinkelsene er, og hvor stor variasjon det er i disse, vil utgjøre langt mer tid.

3.1.1 Risikoaversjon

Som nevnt er de fleste mennesker risikoaverse, i hvert fall deler av tiden. Det vil si at den forventede nytten av et utfall er lavere enn nytten av forventet utfall (Cowell, Risk aversion, 2006). Dette fordi man legger mer vekt på ulempen ved et negativt utfall enn fordelene ved et positivt, og dermed krever mer enn bare positiv forventet nytteverdi for å akseptere et usikkert utfall.



Figur 2 Risikoaversjon

I Feil! Fant ikke referanseilden. er nyttekurven til en risikoavers aktør sammenlignet med en risikonøytral en. Her er også risikopremie illustrert. **Feil! Fant ikke referanseilden.** Det man er villig til å gi opp i form av positiv forventet nytteverdi i bytte mot sikkerhet (CE) er risikopremien. Jo mer risikoavers man er, jo høyere vil denne villigheten være, eventuelt jo mer må man forvente ekstra for å akseptere usikkerhet.

For togreisende vil risikopremien for å sikre seg mot forsinkelser komme i form av økt forventet ventetid etter ankomst eller som tap av de fordeler som gjorde at man egentlig ville ha valgt toget som transportmiddel.

Den forventede nytten, $U(Ex)$, er nytten av det forventede ankomsttidspunktet, gitt sannsynligheten for forsinkelse. Dette er oppsummert i følgende formel:

$$U(Ex) = P(F) * U(F) + P(IF) * U(IF)$$

Hvor:

$U(Ex)$ = Nytte av forventet ankomst

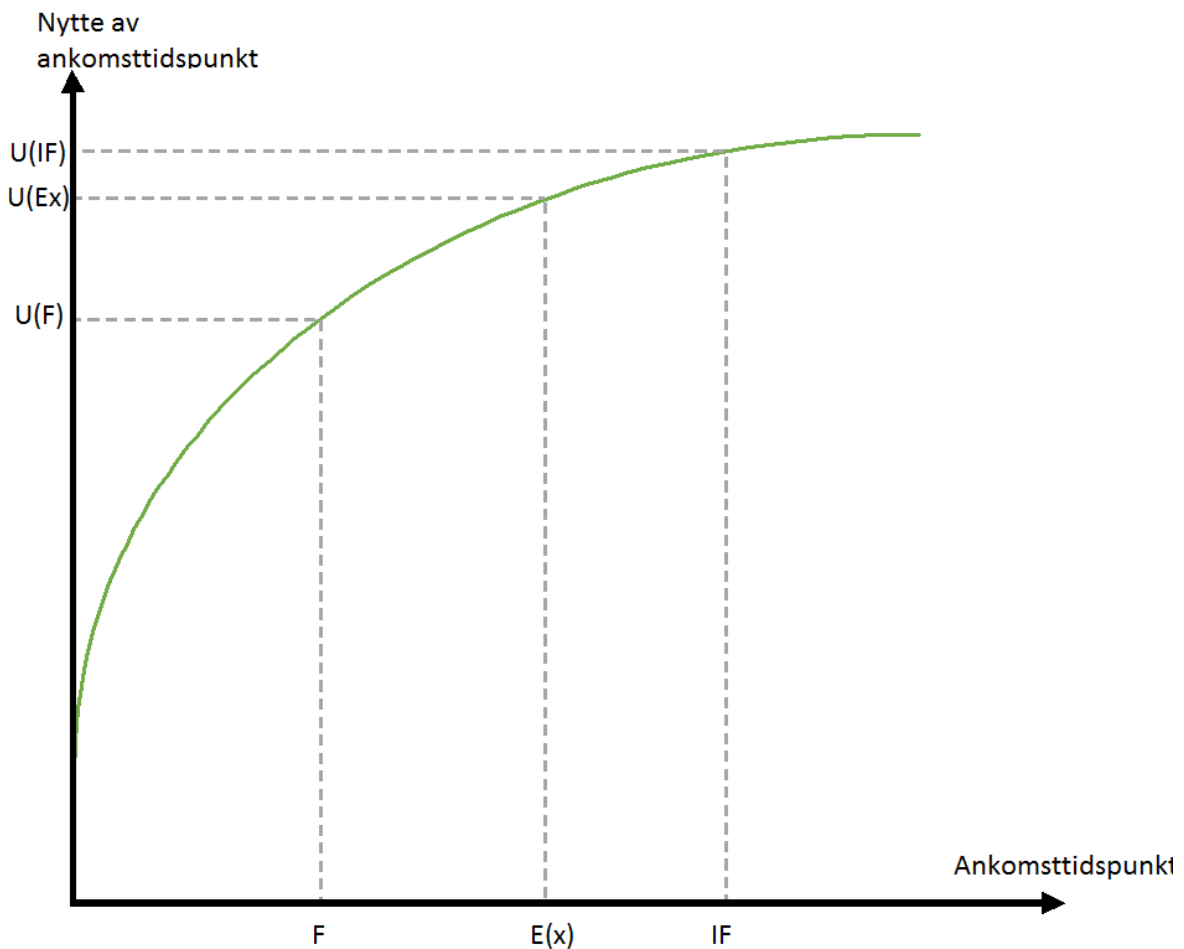
$P(F)$ = Sannsynlighet for forsinkelse

$U(F)$ = Nytte av forsinkelse

$P(IF)$ = Sannsynlighet for ingen forsinkelse

$U(IF)$ = Nytte av ingen forsinkelse

Det forventede ankomsttidspunktet og nytten av dette gitt sannsynligheten for forsinkelse er også illustrert i Figur 3.



Figur 3 Forventet ankomst og nytte

Når sannsynligheten for å bli forsinket øker, synker den forventede nytten av ankomsttidspunktet. Dette vil selv risikonøytrale aktører oppleve på grunn usikkerhet på grunn av forsinkelse. Tog som stanser for å tillate passasjerer å gå om bord har ikke lov til å forlate stasjonene før oppsatt rutetid (Bane NOR, 2017). På grunn av dette vil man svært sjeldent ankomme sin destinasjon tidligere enn forventet, ergo vil enhver mulighet for forsinkelse føre til at forventet ankomsttidspunkt blir senere enn rutetid. Selv risikonøytrale aktører vil derfor være villig til å betale for å redusere sannsynligheten for forsinkelse, om enn mindre enn de risikoaverse.

3.1.2 TØIs satser for forsinkelseskostnad

Alt i alt vil dermed forsinkelser medføre en kostnad for de reisende som vil være høyere enn den grunnleggende verdsettelsen av tiden. Hvor stor denne ekstrabelastningen er kan igjen bare besvares gjennom eksperimenter hvor respondentene saver på hvor mye de ville vært villige til å betale for å slippe forsinkelse, hvilket ble gjort av TØI under verdsettelsesstudien i 2009. Med utgangspunkt i datamaterialet samlet inn i da kom TØI frem til følgende satser for ekstra kostnad ved forsinkelse (Flügel, Hasle, & Killi, 2010):

Korte reiser	2,8
Lange reiser	2,1

Disse satsene må så multipliseres med verdien av reisetid fra Tabell 1 for å finne den totale kostnaden ved forsinkelse. Det betyr at på korte reiser, mindre enn 50 km, er de reisende villig til å betale 2,8 ganger mer enn de i utgangspunktet ville betalt for å redusere reisetiden for å unngå forsinkelse. I 2009 kroner blir det som vist i Tabell 3

Type reise	Kort (< 50 km)	Lang (>50 km)	Fly
Forretningsreise	1064	798	934,5
Arbeidsreise	156,8	184,8	604,8
Øvrige	123,2	132,3	378

Tabell 3 Kostnad time forsinkelse, 2009 kroner

Justert for lønnsveksten i perioden 2009-2015, 22,95 %, blir dette som vist i Tabell 4.

Type reise	Kort (< 50 km)	Lang (>50 km)	Fly
Forretningsreise	1308,2	981,1	1148,9
Arbeidsreise	192,9	227,2	743,6
Øvrige	151,5	162,8	464,7

Tabell 4 Kostnad time forsinkelse, 2015 kroner

I utgangspunktet er betalingsvilligheten for å redusere reisetid, verdsettelsen av denne tiden, høyere ved lange reiser. Ved forsinkelse blir forskjellen langt mindre, og på forretningsreiser blir forsinkelse mer kostbart på korte reiser enn ved lange. Når det gjelder forretningsreiser skyldes dette delvis at arbeidskraftkostnaden regnes som lik i begge tilfeller, men forskjellen oppstår også sammenlignet med flyreiser. Tid brukt på forretningsreiser med fly koster i utgangspunktet mer på grunn av høyere gjennomsnittlig lønn, men ved forsinkelse er betalingsvilligheten høyere på korte reiser.

At forsinkelser regnes som mer kostbare ved korte reiser kan nok forklares av to grunner. For det første er de fleste forsinkelser på tog på noen få minutter, uavhengig av hvor langt reisende skal. Ved korte reiser vil dette utgjøre en mye større andel av samlet reisetid, og dermed relativt sett forlenge den med mer.

For det andre vil man ved korte reiser legge inn mindre marginer for overganger og avtaler ved reisens ende. Dette skjer delvis fordi man vurderer risikoen for forsinkelse som mindre, og delvis fordi all ekstra tid brukt vil relativt sett forlenge reisetiden mer.

Resultatet er at en forsinkelse på korte reiser utgjør en større andel av total reisetid, samtidig som den får større konsekvenser for videre planer. Man vil dermed være villig til å betale mer for å unngå dette, sammenlignet med de på lengre reiser.

At forsinkelse på tilbringerreise til flyreiser koster mer enn andre togforsinkelser virker intuitivt litt merkelig, ettersom de fleste ikke vil miste flyet på grunn av noen minutters forsinkelse med toget. I så fall vil ikke togforsinkelsen påvirke endelig ankomsttidspunkt overhodet.

De høye satsene kan likevel gi mening hvis de betraktes som gjennomsnittstall. De aller fleste som blir forsinket til flyplassen får ingen negative som følge av dette, men noen få rekker ikke flyet. Disse vil ha en svært høy betalingsvillighet ettersom det å miste flyet innebærer høye kostnader for de fleste. Å booke om til nye billetter vil ofte koste en del, samtidig som det i mange tilfeller vil være lenge til neste fly. Dette medfører igjen venting, kombinert med risiko for tap av videre forbindelser og planlagte aktiviteter. Den samlede belastningen vil dermed være høy for de få dette gjelder.

Samtidig er det viktig å huske at satsene for flyreisende er et resultat av høyere grunnleggende betalingsvillighet, som beskrevet i kapittel 2.2.3. Når disse så ganges med de samme satsene som de andre reisetypene vil man nødvendigvis ende med høyere kostnader per forsinkelsestime, uten at det nødvendigvis er veldig godt begrunnet teoretisk.

4. Andre kostnader knyttet til forsinkelse

Denne oppgaven ser kun i detalj på den samfunnsøkonomiske kostnaden knyttet til forsinkelse fra de reisendes perspektiv. Hva koster det samfunnet at passasjerene blir forsinket, og hva skyldes dette. Men det er flere aktører enn bare de reisende som påvirkes direkte av forsinkede tog, nemlig Bane NOR, togselskapene og samfunnet som helhet gjennom miljøet.

Når det gjelder sistnevnte vil dette komme på grunn av bytte til mindre miljøvennlige transportmidler som alternativ til upålitelige tog. Som beskrevet i kapittel 3.1 fører økning i gjennomsnittlig forsinkelse til reduksjon i antall solgte billetter. Samtidig vil ikke dette nødvendigvis samtidig føre til reduksjon i antall gjennomførte reiser, de reisende velger bare et annet transportmiddel.

På kortere turer vil dette alternativet ofte være personbil, mens på lengre vil fly være aktuelt. Begge deler er transportmidler som forurenses langt mer enn tog. Fly har mellom 2,3 til 200 ganger høyere utslipp av CO₂ ekvivalenter enn jernbane per passasjerkilometer, avhengig av om denne er drevet av diesel eller elektrisitet. For personbiler er forskjellen mindre hvis man ser på dieseldrevne tog, men de fleste tog i Norge er elektriske, hvilket medfører rundt 100 ganger høyere utslipp (Toutain, Taarneby, & Selvig, 2008). At potensielle togpassasjerer i stedet velger fly eller bil vil dermed medføre høyere utslipp som samfunnet vil måtte ta belastningen av.

Tap av passasjerer på grunn av forsinkelse medfører også en kostnad for togselskapene, som taper billettinntekter. Det er likevel ikke slik at de tapte billettinntektene er det samme som samfunnsøkonomisk tap, da de reisende som sagt likevel reiser. Samfunnet taper ikke netto på at penger som kunne gått til NSB i stedet blir brukt på en bussbillett eller drivstoff til bil.

Men samtidig vil det også oppstå en direkte kostnad for operatørene, både Bane NOR og togselskapene, både på grunn av de ressursene som må brukes på rette opp problemet som forårsaket forsinkelsen, og hvordan dette fører til tap leveranse av transporttjenester. Ettersom dette er ressurser samfunnet kunne blitt brukt på produksjon av nye goder, men som nå må brukes på å rette opp feil i stedet, vil dette utgjøre netto tap for samfunnet.

De fleste forsinkelser skyldes faktorer som enten togselskapene eller Bane NOR har ansvaret for, men uavhengig av hvem som har skylden vil alle parter oppleve belastning på grunn av dem. Tog som blir stående på perrongen på grunn av manglende personell, togselskapets

ansvar, vil sperre for andre tog og dermed skape utfordringer for Bane NORs trafikkavvikling. Signalfeil, Bane NORs ansvar, fører til at togene ikke får tillatelse til å kjøre og dermed ikke blir i stand til å levere sine tjenester.

Et signal om at de samfunnsøkonomiske kostnadene ved forsinkelse er reelle er det nye systemet, innført 01.01.2017, hvor Bane NOR og togselskapene må betale hverandre når de forårsaker forsinkelse. Det vil si, når forsinkelsen skyldes faktorer innen Bane NORs ansvarsområde må de betale togselskapet for dette, og motsatt.

Det er selvfølgelig ikke rimelig å påstå at denne summen er den samme som de kostnader Bane NOR blir påført av NSB sine forsinkelser og motsatt, eller at dette er det samme som den samfunnsøkonomiske kostnaden dette utgjør. Gebyrene sin oppgave er først og fremst å skape insentiver for begge parter til å satse på reduksjon i antall forsinkelser, gjennom umiddelbare og direkte utgifter (Norløff, 2017). Likevel gjør det det åpenbart at det heller ikke for operatørene er gratis når togene ikke er i rute.

5. Årsakskoder for forsinkelse

Hver gang det oppstår en forsinkelse på 4 minutter eller mer blir denne registrert med én av seksten årsakskoder. Disse er delt i fire ulike grupper, avhengig av hvem som har ansvaret for forsinkelsen.

Kode 1-6 går på infrastruktur, hvilket er Bane NORs ansvarsområde. Kode 81-85 er jernbaneforetakenes ansvar, det vil si NSB, Flytoget og de ulike godsselskapene. Kode 91-94 skyldes utenforliggende forhold som ingen av aktørene kan holdes direkte ansvarlig for. I tillegg til disse tre kommer kode 7, Trafikkavvikling, som i praksis er en sekkepost for alle hendelser som ikke passer i noen av de andre kodene. Også forsinkelser som skyldes kø på grunn av andre forsinkede tog plasseres her.

Oversikt over samtlige koder vises i Tabell 5, mer detaljerte beskrivelser finnes i vedlegg 13.1.

INFRASTRUKTUR

1 Bane

2 Sikrings/signalanlegg, fjernstyring

3 Elkraft/Kontaktledningsanlegg

4 Tele og transmisjonsfeil

5 Planlagt vedlikeholdsarbeid infrastruktur

6 Materiell med feil sperrer spor/blokkstr.

TRAFIKKAVVIKLING

7 Trafikkavvikling

JERNBANEFORETAKENE

81 Feil ved materiell

82 Materiell sent fra hensettingsspor.

83 Manglende personell

84 Stasjonsopphold

85 Planforutsetninger ikke oppfylt

UTENFORLIGGENDE FORHOLD

91 Forsinkelse fra utlandet

92 Ytre forhold

93 Uhell, påkjørsel

94 Uønsket hendelse

Tabell 5 Oversikt Årsakskoder (Bane NOR, 2017)

Bak hver av de ulike kodene finnes det en rekke ulike faktiske årsaker. For eksempel kode 84 kan skyldes blant annet passasjerer som bruker lang tid på å få egen bagasje om bord og bruk av rullestolheis.

Bak bruk av kode 2 ligger alle mulige grunner til at signal ikke blir riktig sendt. Dette kan være alt fra en pære som har gått til belegg på skinnegangen som forstyrrer. Faktiske brudd på ledningsnett hører likevel ikke til her, men under kode 3.

Det kan også være lokale forskjeller i hva som ligger bak en kode, ettersom dette vil variere med ulike geografiske særtrekk. Kode 93 på Nordlandsbanen vil av naturlige årsaker oftere være et påkjørt reinsdyr enn samme kode brukt på lokaltog i Oslo.

På grunn av den store variasjonen i mulige bakenforliggende årsaker prøver Bane NOR å registrere mer detaljert informasjon enn det årsakskodene alene gir, men dette blir praktisert i varierende grad av de ulike trafikkekspeditørene, med store individuelle forskjeller i hvor mye de skriver (Norløff, 2017). For denne oppgavens del er dette heldigvis ikke et problem siden detaljnivået ikke går dypere enn til årsakskode.

6. Beskrivelse av datasett

Denne oppgaven vil benytte fire ulike datasett for å besvare spørsmålet om samfunnsøkonomiske kostnader ved passasjerreiser med jernbane i Norge. Disse er «Den Nasjonale Reisevaneundersøkelsen 2013/14» fra TØI, «Passasjerdata 2015» fra NSB og «Forsinkelsesdata 2015» og «Passeringsdata 2015» fra Bane NOR.

6.1 Reisevaneundersøkelsen

Datasettet «Den Nasjonale Reisevaneundersøkelsen 2013/14» ble utarbeidet av TØI i 2014 som en del av studien ved samme navn (Hjorthol, Engebretsen, & Uteng, 2014). Dette datasettet består av tre deler, Personfil, reisefil og lange reiser. Dataene bygger på intervjuer med omtrent 60 000 respondenter fra hele Norge, fra et utvalg på omtrent 309 000, det vil si en svarprosent på omtrent 20.

Personfilen består av data om respondentenes alder, kjønn, bosted, arbeidssituasjon og andre former for personalia. Reisefilen består av data om respondentenes reiser på en bestemt dato, filen for lange reiser omhandler reiser på mer enn 10 mil foretatt i løpet av siste måned før intervjuet ble gjennomført. Begge disse filene inneholder data om enkeltreiser, inklusive hvor reisen ble gjort, start- og endekommune; hvilke transportmidler som ble brukt på reisen og hva formålet med reisen var. Det er denne delen av datasettet som blir brukt i denne oppgaven, for å finne ut hvor stor andel av reisene var av de ulike typene reiser; forretningsreiser, arbeidsreiser og øvrige reiser.

I utgangspunktet inneholdt datasettene data for alle mulige transportmidler, ikke bare jernbane, det var dermed nødvendig å sortere vekk alle de ikke-interessante observasjonene, da dette var gjort gjensto det omtrent 3 000 reiser i reisefilen hvor tog var brukt som et transportmiddel.

Det var videre nødvendig å sortere de gjenværende reisene på de aktuelle strekningene Asker-Lillestrøm, Drammen-Skien og Trondheim-Bodø. Fordi datasettet kun sa noe om reisenes start- og endekommune måtte dette gjøres manuelt og enkelte antagelser måtte tas underveis:

Alle reiser som rimelig kan antas å ha vært innom en av de tre relevante strekningene inkluderes. Følgende vurderinger er dermed gjort om hvilke reiser dette gjelder.

Reiser Østfold-Oslo ikke relevant ettersom de aller fleste som reiser denne strekningen reiser til eller fra Oslo S og er dermed aldri innom strekningen Asker-Lillestrøm. Ut i fra passasjerdataene for 2015 gjaldt dette like i underkant av 80 % av de reisende på Østfoldbanen.

Reiser til Skedsmo kommune regnes som avstigning på Lillestrøm ettersom dette uten tvil er kommunens travleste togstasjon. Dette fører til at reiser fra nord og øst til Skedsmo ikke telles.

En annen nødvendig antagelse om dataene er at reiser som inkluderer transportmiddelet fly i tillegg til tog, og enten startet eller endte i Oslo eller omegn telles som tilbringerreise til fly på strekningen Asker-Lillestrøm.

6.2 NSB

6.2.1 Passasjerdata

Datasettet «Passasjerdata» inneholder data om antallet reisende i 2015 på de ulike strekningene fordelt på togrute. Tallene er generert med utgangspunkt i billettsalg, telling av samtlige reisende på enkeltdager og spørreundersøkelser.

Datasettet sier kun hvor mange reisende det var mellom to enkeltstasjoner på en togrute i løpet av året. Det er dermed nødvendig å gjøre en rekke antagelser om hvordan disse fordeler seg i løpet av året.

For det første er rimelig å anta at halvparten av de reisende, for eksempel de 96 535 som reiste Asker – Lysaker med toget Drammen – Dal, reiste den ene veien og den andre halvparten den andre. Dette er sannsynligvis svært nær sannheten ettersom de fleste reisende både skal til et sted og hjem igjen. Noen av disse vil selvfølgelig buke ulike transportmidler hver vei, men det er ingen grunn til å tro at et flertall av disse bruker tog i en bestemt retning.

For det andre er det nødvendig å anta at de reisende fordeler seg jevnt ut over året, det vil si $1/365$ av det totale antallet reiste hver dag. Dette er en mindre rimelig antagelse ettersom antallet togreisende varierer med både sesong og dag. Reiser til typiske feriesteder som hyttekommuner langs Oslofjorden og i høyfjellet øker i ferier og synker resten av året. Typiske pendlerruter for arbeidsreiser vil på sin side ha nødvendigvis ha langt flere reisende på ukedager enn i helger og ferier. Risikoen for denne oppgaven blir dermed at hvor mange og hva slags reiende som rammes av en forsinkelse blir feil.

Det er heller ikke mulig å si noe om når på døgnet togreisene foretas, og det må dermed antas at de reisende fordeler seg jevnt på de ulike avgangene, på tross av at det i virkeligheten er rushtid også for tog.

I tillegg til de dataene som allerede var inkludert var det nødvendig å legge til to ting for at det skulle være mulig å regne ut den samfunnsøkonomiske kostnaden. Den ene var avstanden mellom stasjonene for å kunne si noe om de reisende var på korte eller lange reiser, den andre antall avganger per døgn for de ulike togrutene for å kunne fordele passasjerene på riktig antall tog.

Førstnevnte ble hentet fra Bane NORs grafiske togruter (Bane NOR, 2017). Disse er fra 2017, men likevel riktige ettersom stasjonene fysisk ikke har flyttet seg de siste to årene. Det er mulig at både nedleggelse og nyåpninger har skjedd i mellomtiden, men det har ikke skjedd større endringer av selve banenettverket.

For å fastsette antall avganger ble Bane NORs statistikk for punktlighet på ulike togavganger i 2015 (Bane NOR, 2017) sammenlignet med NSBs rutetabeller for 2017 (Bane NOR, 2017). Å sammenligne to ulike år medfører en viss risiko for unøyaktighet, men var nødvendig fordi rutetabellene for 2015 ikke lenger var tilgjengelig og punktlighetsstatistikken ikke alene kunne besvare spørsmålet ettersom ikke alle tog på en strekning kjører hele strekningen. De nye rutetabellene fylte inn disse hullene.

6.2.2 Feilkilder

Den eneste måten man kunne fått helt korrekte tall for antallet togreisende på et år ville vært å kreve digital registrering av absolutt alle påstigninger, uavhengig av hva slags billett de reisende har. Dessuten ville man trenge fysiske sperringer på alle stasjoner eller langt flere kontrollører enn togselskapene har i dag for å sikre at dette faktisk ble gjort.

Per i dag er ikke dette lov etter gjeldene regler om personvern som krever at kollektivreiser skal kunne gjøres anonymt, uten at dette får konsekvenser i form av pris eller lignende (Statens Vegvesen, 2014). Passasjertallene vil derfor være et resultat av overslag basert på de ulike kildene beskrevet over, og er derfor garantert ikke presise ned på individnivå.

Dette viser dataene også selv, da de oppgir antallet passasjerer med mer enn ti desimaler. Ettersom mennesker nødvendigvis kommer i form av hele personer er dette åpenbart ikke det sanne antallet passasjerer. At antallet reisende på Oslo S var omtrent 30,5 millioner i 2015 er

nok sant, men ikke at det var 30 613 065,117835 av dem. Tallene har blitt beskrevet som «Statistikk med forhandling» (Norløff, 2017), hvilket gir et inntrykk av hvordan ulike faktorer og interesser ligger bak.

Ved beregning av de samfunnsøkonomiske kostnadene må man likevel i første omgang ta utgangspunkt i de komplette tallene som oppgitt, men det vil være risikabelt å legge for mye mening i dem uten avrunding i konklusjoner.

6.3 Bane NOR

6.3.1 Forsinkelsesdata

Datasettet «Forsinkelsesdata» inneholder registrering av samtlige forsinkelser på mer enn 4 minutter i 2015. De registrerte variablene er dato, tognummer, stasjon eller signalpunkt (målepunkt) hvor forsinkelsen først ble registrert og forsinkelsens størrelse i minutter.

Hvert tognummer kan maksimalt brukes én gang per dag, og hører til bestemte togruter. I tillegg er partallsnumre knyttet til en retning av ruten, mens oddetallsnumre går motsatt vei. Dette betyr at tognummer, sammen med dato, gjør det med dette mulig å identifisere enkelttog og finne samlet antall forsinkelsesminutter for dette.

Det datasettet ikke sier noe om er hvorvidt forsinkelsen forplanter seg til de neste stasjonene eller ikke, ettersom kun helt nye forsinkelser på 4 minutter eller mer er inkludert. Om et tog var 4 minutter forsinket på målepunkt A er det ut i fra dataene umulig å si om det er 3, 4 eller 5 minutter forsinket på målepunkt B, eller om det har kjørt all forsinkelse inn igjen. Eventuell innhenting må derfor modelleres eksplisitt.

Hvis toget derimot er til sammen 8 minutter forsinket på målepunkt B er dette inkludert i dataene som en ny forsinkelse på 4 minutter på samme tognummer og dato.

6.3.2 Passeringsdata

Passeringsdataene består av data om alle tog som gikk i 2015, registret på hver stasjon med passeringstidspunkt, når passering skulle vært ifølge ruten og faktisk tidspunkt. Hvis disse tidspunktene avviker med 4 minutter eller mer er det også en årsakskode for forsinkelsen.

6.3.3 Feilkilder

Bane NORs togdata blir samlet inn gjennom en kombinasjon av automatiske og manuelle registreringer (Norløff, 2017).

De aller fleste togpasseringer blir registrert automatisk, med unntak av på stasjoner med trafikkekspeditor (TXP) som gjør dette manuelt. TXP har sammen med toglederne også ansvaret for å årsaksregistrere alle forsinkelser i sitt område.

De automatiske registreringene blir i noen tilfeller feil, uten at Bane NOR har klart å finne årsaken. Blant annet kan passeringer av de ulike stasjonene på en rute komme i fullstendig tilfeldig rekkefølge og i noen tilfeller registrere passering i helt gal del av landet. Heldigvis skjer dette sjelden, og har derfor svært begrenset påvirkning på datagrunnlaget.

Den manuelle registreringen av årsakskodene, den eneste kilden til informasjon om hvorfor et tog er forsinket kan gå galt av to hovedårsaker. Den første ren brukerfeil i form av feil ved utfylling av skjemaet. Den andre at TXP av en eller annen grunn leser situasjonen feil, og derfor oppgir gal årsak. For eksempel hører skinnebrudd inn under kode 1 Bane, men TXP kan i slike tilfeller kun oppfatte at det ikke er mulig å stille signal og tolker dette symptomet som årsaken. I så fall blir forsinkelsen registrert på kode 2 sikrings/signalanlegg, fjernstyring (Norløff, 2017). Det er ingen måte å avgjøre ut i fra dataene hvor ofte slike feil skjer.

7. Hvem reiser hvor?

Per i dag er det ikke grunnlag for hevde at reiser i ulike geografiske områder verdsettes ulikt (Halse, Ramjerdi, & Østli, Regional variasjon i verdien av reisetid, 2012). Derfor må enhver eventuell forskjell i forsinkelseskostnad per reisende skyldes enten forskjell i samlet antall forsinkelsesminutter eller sammensetningen av ulike typer reisende. Kombinasjon av disse kan også påvirke samlet kostnad. Dette kapitlet ser på hvordan de reisende fordeler seg på de ulike typene reisende, og om det er mulig å si noe om regionale forskjeller.

I reisevaneundersøkelsens reisefil var det til sammen 2 976 observasjoner av togreiser. I Tabell 6 vises det hvor mange togreisende dette representerte på de ulike relevante strekningene.

Asker – Lillestrøm	1977
Drammen – Skien	223
Trondheim – Bodø	113
Tilbringerreiser fly	334

Tabell 6 Antall observasjoner

Det er åpenbart langt flere observasjoner for Asker – Lillestrøm enn de to andre. De relative forskjellene i antallet observasjoner er ekvivalent med forskjellen i totale passasjertall og er derfor ikke nødvendigvis i seg selv et problem. Det problematiske er at det for disse strekningene blir svært få observasjoner når de deles på de tre ulike reisehensiktene og på reiser over og under 50 km. Det er blant annet kun en observert forretningsreisende på strekningen Trondheim – Bodø.

Det er derfor nødvendig å aggregere dataene for å finne en representativ fordeling. Samtidig er det ikke ønskelig å miste muligheten for å undersøke om strekningen Asker – Lillestrøm skiller seg fra de to andre. Løsningen ble derfor å dele landet i to grupper, Asker – Lillestrøm og alt annet. Dette gjør det mulig å sammenligne et langt jevnere antall observasjoner uten å miste for mye.

For å kunne differensiere ytterligere ble også fordelingen for reisehensikt for virkelige langdistansereiser på landsbasis hentet fra filen for lange reiser. Antall observasjoner av togreiser er i dette datasettet 2 400, hvis personer i samme reisefølge antas å ha samme reisehensikt øker dette til 4 092 reisende hvis grupper på opptil 14 personer deles i

enkeltindivider, og 4 616 hvis også enda større grupper regnes med. Uavhengig av om man teller observasjoner eller individer, og i så fall hvor store gruppestørrelser man antar er realistisk rapportert endrer ikke fordelingen seg med mer enn et par prosentpoeng for noen gruppe. Det er derfor mer enn rimelig å anta at dette er en realistisk modell.

I Tabell 7 vises de ulike fordelingene for de ulike strekningene. Tog som ikke passerer gjennom noen av de tre strekningene blir antatt å ha samme fordeling som Drammen-Skien og Trondheim-Bodø.

	<50 km	50-100km	>100 km
Asker-Lillestrøm			
Forretningsreise	7 %	10 %	20 %
Arbeidsreise	49 %	42 %	5 %
Øvrige	44 %	48 %	75 %
Drammen-Skien			
Forretningsreise	3 %	7 %	20 %
Arbeidsreise	57 %	41 %	5 %
Øvrige	40 %	52 %	75 %
Trondheim-Bodø			
Forretningsreise	3 %	7 %	20 %
Arbeidsreise	57 %	41 %	5 %
Øvrige	40 %	52 %	75 %
Tog til flyplass			
Forretningsreise			35 %
Arbeidsreise			14 %
Øvrige			51 %

Tabell 7 Fordeling av reisetyp

På lengre reiser synker andelen arbeidsreiser, mens andelen av forretningsreiser og øvrige reiser stiger. Andelsøkningen i øvrige reiser målt i prosentpoeng er konsekvent større enn i forretningsreiser.

Andelene i de ulike gruppene gitt strekning virker logiske. Arbeidsreiser gjøres stort sett daglig, samtidig som folk som regel bor relativt nærme egen arbeidsplass. Det gir derfor mening at arbeidsreiser utgjør flertallet av reisene på korte strekninger, men bare 5 % på de over 100 km.

Forretningsreiser på sin side går ofte over lengre strekninger. I noen tilfeller vil man som arbeidstaker tilbringe arbeidsdagen på andre lokaliseringer i nærheten av normal arbeidsplass, men i disse tilfellene vil reisen til og fra fortsatt skje i egen tid, og ikke arbeidsgivers. Det er når arbeidsgiver trenger å sende arbeidstaker langt at dette må skje på arbeidsgivers regning.

At øvrige reiser utgjør en stor andel uansett strekning er også rimelig, siden dette er samtlige reiser som ikke er enten til eller fra jobb, eller i arbeidstiden.

Gitt at fordelingen av reisehensikter er riktig blir gjennomsnittlig forsinkelseskostnad per time for de relevante strekningene blir som i Tabell 8 gitt satsene for de ulike reisehensiktene fra Tabell 4.

	<50 km	50-100km	>100 km
Asker-Lillestrøm	254,12	271,76	332,44
Drammen-Skien	214,64	241,74	332,44
Trondheim-Bodø	214,64	241,74	332,44
Tog til flyplass			740,60

Tabell 8 Gjennomsnittlig forsinkelseskostnad per time, 2015 kroner

Det er her interessant å merke seg at kostnaden per time stiger med reiselengden, også fra 50 til 100 kilometer hvor de underliggende satsene er de samme. Det betyr at selv om økningen i andel øvrige reiser er større enn forretningsreiser trekker den underliggende langt høyere satsen samlet kostnad opp.

I Reisevaneundersøkelsens reisefil var det til sammen 2 976 observasjoner av togreiser, og på landsbasis var fordelingen på de tre reiselengdene som vist i Tabell 9

	<50 km	50-100 km	>100 km
Antall	1857	507	612
Prosent	62 %	17 %	21 %

Tabell 9 Togreiseobservasjoner i Reisevaneundersøkelsen

Gitt at dette er den virkelige fordelingen vil den forventede forsinkelseskostnaden per time være på omtrent 240-280 kroner per passasjer på landsbasis, også inkludert flyreisende.

7.1 Svakheter

Når godt over halvparten av observasjonene er fra Osloområdet, og svært få er fra de andre relevante strekningene, blir konklusjonene om dette området nødvendigvis bedre. Det er ingen grunn til å forutsette at passasjersammensetningen er den samme over hele landet med unntak av Oslo. Men ut ifra tilgjengelig data er det likevel ikke mulig å si hva forskjellene mellom områder i så fall er.

Noen få tusen observasjoner er heller ikke nødvendigvis representative for de mer enn 130 millionene reiser foretatt med tog i Norge hvert år. TØI har likevel gjort det de kan for å sikre et best mulig utvalg.

8. Modell

All programmering for å benytte beskrevne modell på tilgjengelig data er gjort av Terje Mathisen, selve programmet er å finne i vedlegg 13.2. Utformingen av modellen er undertegnede selvstendige arbeid med TØIs og Bane NORs tidligere beskrevne standarder for hvordan dette skal beregnes som grunnlag.

For å regne ut hva en forsinkelse koster må følgende regnes inn i modellen:

1. Hvilket område rammes av forsinkelsen
2. Antall passasjerer som rammes
3. Hvor lange reiser passasjerene er på

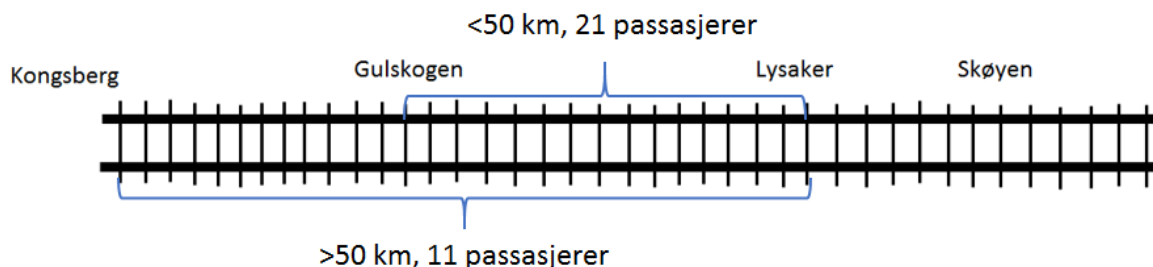
Alle kostnader beregnes i det øyeblikket en passasjer går av et forsinket tog, ettersom det er da de reelt sett oppstår. Passasjerer som befinner seg om bord på et tog som underveis i deres reise er forsinket, men som er i rute igjen innen de selv går av vil i de aller fleste tilfeller ikke en gang oppfatte at en forsinkelse har funnet sted, og kan derfor heller ikke oppleve noen ulempe i forbindelse med den. For passasjerer som går om bord på forsinkede tog kan det diskuteres om usikkerhet rundt reisen har oppstått, og dermed en kostnad, men hvis man likevel ankommer til planlagt tid vil dette antagelig være glemt. På grunn av dette vil videre analyse av passasjerene reelt sett bety avstigning.

Måten datamodellen gjør denne beregningen i praksis kan best forklares med et eksempel. På strekningen Kongsberg-Eidsvoll går det per dag 38 tog. Hvis dette toget blir 5 minutter forsinket på Lysaker stasjon på grunn av køkjøring blir dette registret på årsakskode 7, trafikkavvikling, og følgende beregninger blir gjort:

Passasjerer om bord på toget	
når det ankommer Lysaker	197
Passasjerer som går av	32

Av disse har alle som gikk på før Gulskogen reist mer enn 50 km, og de som gikk på der eller senere har foreløpig reist mindre enn dette. De 32 som går av er nå 5 minutter forsinket, av dem er fordelingen på reiser på mindre eller mer enn 50 km som følger:

Korte reiser (<50 km)	21
Lange reiser (>50 km)	11



Figur 4 Antall reisende, eksempel

Kostnaden av deres forsinkelse blir dermed:

$$21 * \text{Korte reiser} * 5 \text{ min} \quad 21 * 254,12 * \frac{5}{60} = 444,71 \text{ kr}$$

$$11 * \text{Lange under 50 km} * 5 \text{ min} \quad 11 * 271,76 * \frac{5}{60} = 249,11 \text{ kr}$$

Dette betyr at kostnaden for Lysaker, kode 7 for denne forsinkelsen samlet sett blir 693,82 kroner. Dette tallet summeres så med alle andre kode 7-forsinkelser for Kongsberg – Eidsvoll på Lysaker, og denne summen skrives ut i et regneark. Dette regnearket finnes i vedlegg 9913.3 som eksempel på hvordan dataene analysen benyttet så ut.

Kostnaden av enkeltforsinkelser vil i de aller fleste tilfeller ikke begrenses til en stasjon, ettersom toget som regel fortsatt vil være forsinket ved neste stasjon. I det presenterte eksempelet betyr dette at forsinkelsen også kan ha konsekvenser for andre passasjerer enn de 32 som gikk av.

I tillegg til de 165 som sitter på toget forbi Lysaker går 22 personer om bord, det er nå 187 passasjerer som reiser til Skøyen eller lengre. Ved ankomst til Skøyen blir en ny beregning av kostnad gjort for de som går av der.

Kun forsinkelser på 4 minutter eller mer blir registret av Bane NOR og får en årsakskode. Modellen regner derfor bare på disse forsinkelsene, på tross av at datamaterialet også har data på mindre differanser mellom planlagt og faktisk passeringstidspunkt. Å ta med disse ville vært forstyrrende for analysen ettersom de er umulig å årsaksbestemme og fordi Bane NOR

ikke har nøyaktige nok målinger til å kunne hevde at et to minutters avvik i registrering faktisk betyr at toget var to minutter forsinket (Norløff, 2017).

For å være konsistent med Bane NORs standarder teller også modellen bare forsinkelser så lenge de er på 4 minutter eller mer. Det øyeblikket et tog som tidligere var registrert som forsinket ankommer et målepunkt med en differanse til rutetabellen mindre enn dette, slutter beregning av forsinkelseskostnad.

I tillegg til å holde oversikt over antall reisende har modellen også oversikt over hvor mange om bord på det aktuelle toget som reiser til eller fra en flyplass, det vil si Gardermoen, Torp eller Værnes stasjon. Disse reisende kostnadsberegnes ut i fra satsen for flyreisende.

I tillegg til kostnad er det også nødvendig å vite hvor mange forsinkelser de ulike linjene hadde og hvor lenge de varte, for å kunne si noe om driverne bak forsinkelseskostnadene. Modellen regner dette ut parallelt med kostnaden ved å telle antall ganger en kode ble brukt og hvor mange minutter forsinket de ulike togene ankom. Dette blir så skrevet ut i egne regneark. Eksempler for dette finnes også i vedlegg 13.3.

8.1 Modell for effekt av innhenting

En viktig faktor for total kostnad av en forsinkelse er hvordan denne forplanter seg videre. Hvis forsinkelse innhentes umiddelbart er det kun passasjerene som skal av på stasjonen hvor forsinkelsen oppstår som blir påvirket, men hvis den aldri kjøres inn igjen vil samtlige passasjerer som ikke allerede har gått av også bli forsinket.

For å modellere effekten av innhentning isolert sett tar man utgangspunkt i første registrering av forsinkelsen. Deretter gis et gitt antall sekunders innhenting per kilometer kjørt. Hvis dette settes til 0 vil alle om bord på toget bli like forsinket som forsinkelsen opprinnelig var, med mindre det samme toget rammes av en ny forsinkelse underveis.

I følge Bane NORs punktlighetssjef er det ikke realistisk med noen innhenting mellom Asker og Lillestrøm (Norløff, 2017), og modellen aksepterer derfor ikke dette, uavhengig av hva innhentingssatigheten settes til.

Datamodellen gjør denne beregningen for alle potensielt påvirkede stasjoner for hver forsinkelse. Det vil si alle stasjoner til og med endestasjon, tog forventes ikke å fortsatt være påvirket av en forsinkelse etter å ha snudd.

9. Hva var samfunnsøkonomisk kostnad?

Ved å kombinere datamodellen med dataene for antall passasjerer og togenes passering av de ulike målepunktene er det dermed mulig å finne ut hva kostnaden var, hvor den oppsto og hva den skyldtes. Dette kapitlet går gjennom resultatene fra modellens beregninger, og hvordan kostnadene fordelte seg geografisk på de tre studerte strekningene og på de seksten årsakskodene.

Den totale samfunnsøkonomiske kostnaden for de reisende av forsinkelser i 2015 var ifølge den beskrevne modellen på 180 070 601 kroner. Kostnaden skyldes til sammen 2 437 291 forsinkelsesminutter, eller like i underkant av 1 700 dager. Det vil si summen av alle forsinkede ankomster til stasjoner hvor passasjerer kan gå av.

Forsinkelsene fordelte seg på til sammen 151 404 registrerte enkelthendelser, hvorav 88 042 var gjeldende for minst en reell stasjon. Det betyr at 42 % av alle registrerte forsinkelser skjedde mellom to ordinære stasjoner og var kjørt inn igjen før de faktisk kunne gjøre passasjerer forsinket. De 42 % som aldri hadde muligheten til å påvirke en eneste passasjer inngår derfor ikke i de videre analysene av kostnad og varighet.

Den gjennomsnittlige forsinkelsen var i utgangspunktet på 10,47 minutter, det vil si toget ankom så forsinket ved første påvirkede stasjon. Forsinkelsene førte til i snitt 27,68 minutters samlet forsinkelse når de rammede stasjonene summeres, og kostet samlet 2 045 kroner. Hvert minutt forsinkelse kostet dermed i snitt 74 kroner, med tilhørende gjennomsnittlig timekostnad på 4 433 kroner.

Gitt gjennomsnittskostnad per forsinket passasjer på mellom 240 og 280 kroner betyr dette at en gjennomsnittlig forsinkelse rammet mellom 15 og 18 passasjerer totalt.

På landsbasis ble kostnaden 2,58 kroner per passasjer, hvilket er kompatibelt med det faktum at de fleste togene, og dermed også de fleste passasjerene, faktisk var i rute.

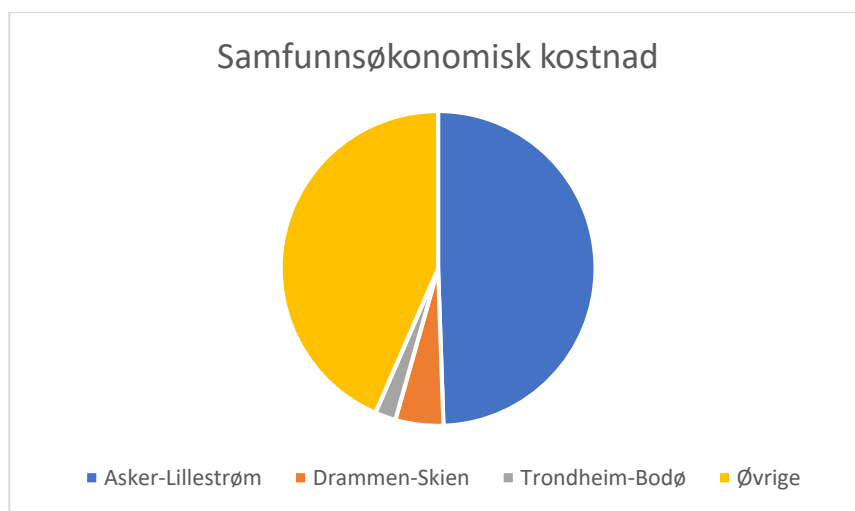
9.1 Per strekning

Av de 180 millionene i total samfunnsøkonomisk kostnad var det til sammen 102, eller 56 %, som oppsto på en av de tre strekningene Asker – Lillestrøm, Drammen – Skien eller

Trondheim – Bodø. Av dette oppsto nesten alt på Asker – Lillestrøm, som alene sto for nesten halvparten av alle kostnader. Dette er oppsummert i Tabell 10 og Figur 5.

	Samfunnsøkonomisk kostnad	Prosent
Asker-Lillestrøm	89 056 267	49,46 %
Drammen-Skien	8 868 263	4,92 %
Trondheim-Bodø	3 845 277	2,14 %
Øvrige	78 300 794	43,48 %

Tabell 10 Samfunnsøkonomisk kostnad per strekning



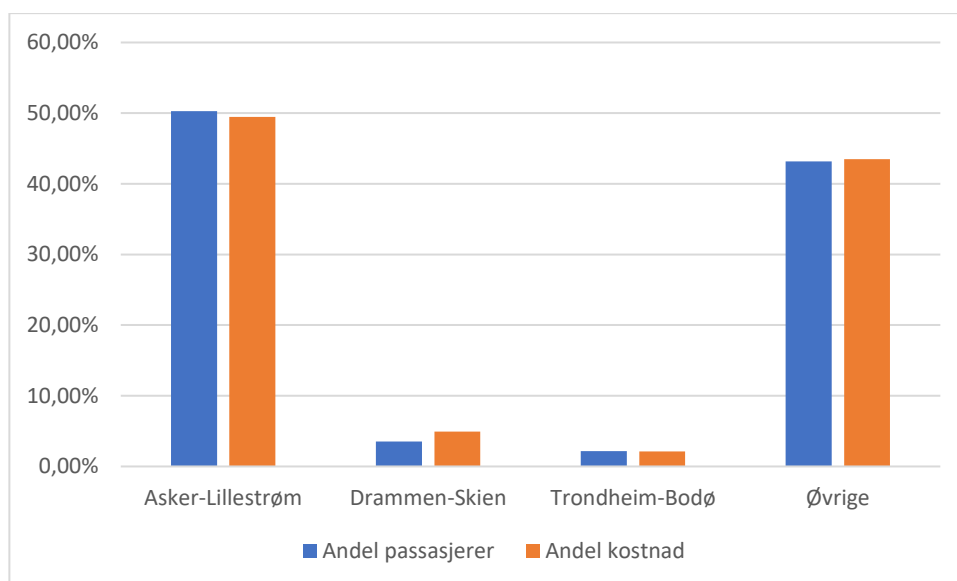
Figur 5 Fordeling samfunnsøkonomisk kostnad per strekning

At Asker – Lillestrøm står for en så stor andel av total kostnad er ikke i seg selv spesielt interessant. Omtrent halvparten av alle passasjerer reiste til eller fra en stasjon på denne strekningen, ergo skjedde halvparten av alle avstigninger her. Det hadde derfor vært langt mer overraskende hvis Asker – Lillestrøm ikke også stod for halvparten av kostnadene.

Mer interessant er at kostnadene for de andre strekningene også står i stil med passasjertallene. I Tabell 11 og Figur 6 er dette oppsummert per strekning. Som disse viser er det i det store og det hele god sammenheng mellom andel av passasjerene og andel av forsinkelseskostnadene.

	Andel passasjerer	Andel kostnad
Asker-Lillestrøm	50,27 %	49,46 %
Drammen-Skien	3,53 %	4,92 %
Trondheim-Bodø	2,35 %	2,14 %
Øvrige	43,18 %	43,48 %

Tabell 11 Passasjerandel og kostnadsandel per strekning



Figur 6 Passasjerandel og kostnadsandel per strekning

Dette betyr likevel ikke at det ikke er forskjeller i forsinkelseskostnadene på ulike strekninger, men differansen mellom passasjerandel og kostnadsandel er ikke den beste måten å observere dette på.

9.1.1 Kostnad per passasjer

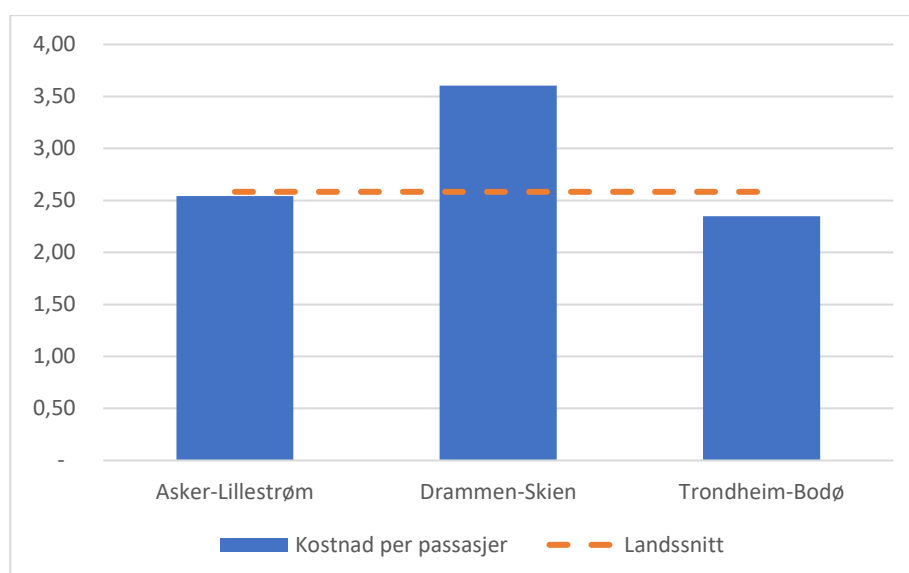
En bedre sammenligningsmetode er kostnad per passasjer på de ulike strekningene. Totalt for hele landet kostet forsinkelse 2,58 kroner per passasjer i 2015. I Tabell 12 og Tabell 13 vises tilsvarende tall for de tre aktuelle strekningene, og i Figur 7 og Figur 8 er dette sammenlignet med landsgjennomsnittet. På grunn av eksistensen av holdeplasser som ikke er stasjoner, nærmere beskrevet i avsnittet om Trondheim – Bodø, er det Tabell 13 som gir det beste bildet av faktisk kostnad.

Asker-Lillestrøm	2,54
Drammen-Skien	3,61
Trondheim-Bodø	2,35

Tabell 12 Kostnad per passasjer

Asker-Lillestrøm	2,54
Drammen-Skien	3,61
Trondheim-Bodø	2,54

Tabell 13 Kostnad per passasjer, korrigert for holdeplasser uten registrering

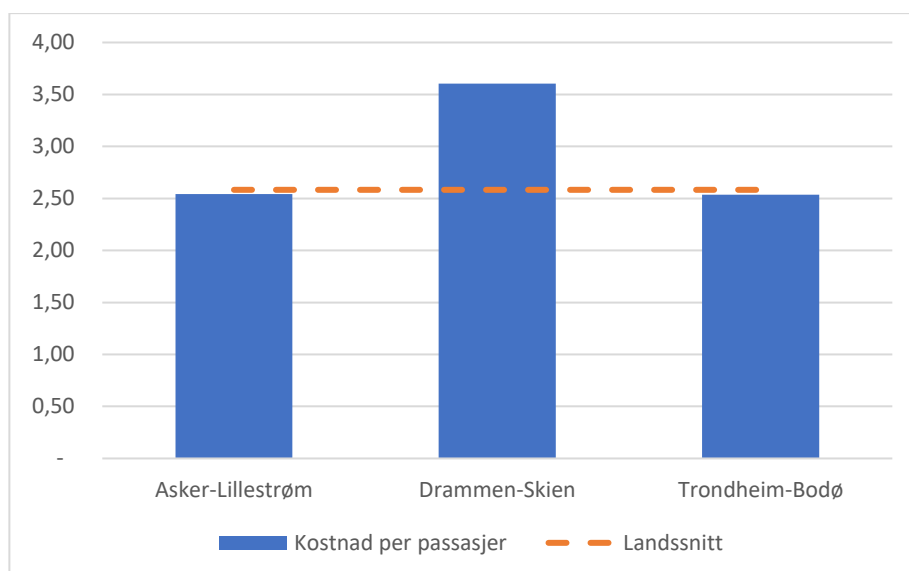


Figur 7 Kostnad per passasjer sammenlignet med landssnitt

Som figuren viser var kostnadene per passasjer på strekningen Asker-Lillestrøm så vidt lavere enn landssnittet, med 2,54 kroner, men forskjellen er så liten at den kan ignoreres.

Trondheim-Bodøs kostnad var også lavere enn landssnittet, i dette tilfellet med nesten 20 øre. Hvis gjennomsnittlig forsinkelse var den samme her som på de to andre strekningene ville man forventet at kostnaden per passasjer økte på grunn av avstandene, hvilket fører til at gjennomsnittspassasjeren antagelig reiser lengre og dermed koster mer å forsinke. Lavere gjennomsnittlig kostnad per passasjer burde i så fall bety at strekningen var mindre plaget av kostnader på grunn av forsinkelse.

Problemet med å trekke noen konklusjoner ut i fra kostnad per passasjer er at det på denne strekningen er flere holdeplasser som ikke er stasjoner (Norløff, 2017). Det vil si: toget stopper og passasjerer går av og på, men ingen data om passering eller eventuell forsinkelse blir samlet inn. Dette fører dermed til at 121 tusen passasjerer og deres eventuelle forsinkelseskostnad ikke blir fanget opp av datamodellen. Trekker man fra disse ender Trondheim – Bodø opp med samme forsinkelseskostnad per passasjer som Oslo, 2,54 kroner. Dette er illustrert i Figur 8, og gir et langt bedre bilde av kostnaden per passasjer enn hvis man inkluderer alle som gikk av på strekningen.



Figur 8 Kostnad per passasjer, korrigert for holdeplasser uten registrering

Drammen-Skien på sin side lå godt over landssnittet på 3,61 kroner. Deler av forskjellen skyldes antagelig at Torp Sandefjord lufthavn ligger på denne strekningen, og får på grunn av dette høyere kostnad per forsinkelsesminutt på grunn av flyreisende passasjerer. Men dette kan ikke alene forklare kostnadsforskjellen.

Hver passasjer på Torp har i snitt en forsinkelseskostnad på 12,55 kroner, nesten 7 kroner mer enn Larvik som den nest dyreste på strekningen til 5,57 kroner per passasjer. Men Larvik hadde med sine 171 333 passasjerer hundre tusen flere avstigninger enn Torp med 71 630, og var derfor i total kostnad fortsatt den dyreste stasjonen av de to.

Store deler av forsinkelsene på strekningen Drammen-Skien kan derimot forklares med den pågående InterCity-utbyggingen (Bane NOR, 2015). I 2015 var bygging av tunell mellom Holm og Nykirke, med tilhørende bygging av ny underjordisk stasjon i Holmestrand, blant de viktigste underprosjektene av denne utbyggingen. Dette førte til at hele 15,47 % av alle forsinkeshendelser på strekningen hadde Holmestrand som første påvirkede stasjon. Det er større andel enn noen annen stasjon på strekningen. Området fungerte dermed som en flaskehals, hvilket vil ha påvirket nærliggende stasjoner negativt.

At Drammen – Skien hadde en signifikant høyere kostnad per passasjer er derfor interessant. Ikke fordi det er grunn til å tro at det er noen grunnleggende forskjeller mellom denne strekningen og de to andre, men fordi det antagelig ikke er det. Forskjellen er heller at det foregikk omfattende byggeprosjekter her, hvilket ikke var tilfellet for de to andre. Det er derfor

grunnlag for å konkludere med at forsinkelse i forbindelse med byggeprosjekter fører til økte kostnader for passasjerene.

Et mulig problem med å sammenligne strekninger på denne måten er at passasjerer ikke nødvendigvis holder seg innenfor disse definerte områdene. Pendlere i Osloområdet som blir forsinket på vei hjem på grunn av signalfeil i Oslotunellen får ingen kostnad registret før de går av på sin hjemstasjon utenfor den definerte strekningen, men denne kostnaden er likevel et resultat av forsinkelse der. Det er derfor mulig at kostnad per passasjer ville vært en annen hvis man valgte andre ytterpunkter.

Variasjoner mellom stasjoner på samme strekning

Kostnad per passasjer varierte stort på de ulike stasjonene på alle de tre strekningene, stengte stasjoner ikke medregnet. Den billigste stasjonen per passasjer på Drammen-Skien var Sande med 0,17 kroner. Sande er ikke en spesielt liten stasjon, og hadde 106 tusen avstigninger i 2015, men sto for kun 2 % av kostnadene på strekningen. Den dyreste per passasjer var Torp Sandefjord Lufthavn med sine 12,55 kroner.

For Trondheim-Bodø var forskjellen mellom den dyreste og billigste per passasjer enda større. Ekstrepunkteene var Harran med 19,25 kroner og Skonseng med 0,03, men ingen av disse er spesielt representative for strekningen ettersom de hadde henholdsvis 734 og 209 passasjeravstigninger. Den store forskjellen dem imellom kan derfor skyldes rene tilfeldigheter.

Men også hvis man ser bort ifra stasjoner med mindre enn femten tusen passasjerer blir differansen mellom dyreste og billigste på over 18 kroner mellom Mo i Rana med 18,97 kroner og Trondheim med 0,28. På Mo i Rana gikk 65 tusen passasjerer av i 2015, og i Trondheim kom hele 315 tusen passasjerer nordfra. De som gikk av her, men kom sørfra er ikke tatt med i beregningen ettersom de ikke reiste på strekningen Trondheim – Bodø.

Interessant nok var ikke Værnes, med 1,99 kroner, blant de dyreste per passasjer slik man kunne antatt på grunn av de høye satsene for flyreisende. På den annen side kostet Værnes hver passasjer nesten en krone mer i forsinkelseskostnad enn de fire nærmeste stasjonene i hver retning. Stasjonen på flyplassen var derfor dyrere enn sine naboer, men ikke veldig viktig for strekningens totale kostnad.

I Oslo var ikke forskjellen mellom kostnad per passasjer like stor. Der var Asker den dyreste med 2,94 kroner, og Høyen den billigste med 0,66. Hvis man ser bort fra stasjoner hvor kun

lokaltog stoppet var differansen enda mindre. I så fall var Lillestrøm med 2,30 kroner den billigste. Den minimale forskjellen mellom stasjonene skyldes at stasjonene, utenom lokaltogstasjonene, innenfor noen få prosentpoeng hadde samme andel av forsinkelsene. Dette er konsistent med antagelsen om at innhenting av forsinkelse ikke er realistisk innenfor dette området. Med like mange forsinkelsesminutter på hver av stasjonene blir kostnad kun en funksjon av passasjerer, og kostnad per passasjer blir den samme.

Trondheim-Bodø hadde også tilsynelatende lite variasjon i forsinkelsesminutter per stasjon målt i prosent av samlet forsinkelse på strekningen, selv om den var større enn på Asker-Lillestrøm. Dette skjer fordi denne strekningen har langt flere stasjoner enn de to andre, dermed måtte det ha vært svært store forskjeller for at de skulle skille seg klart ut.

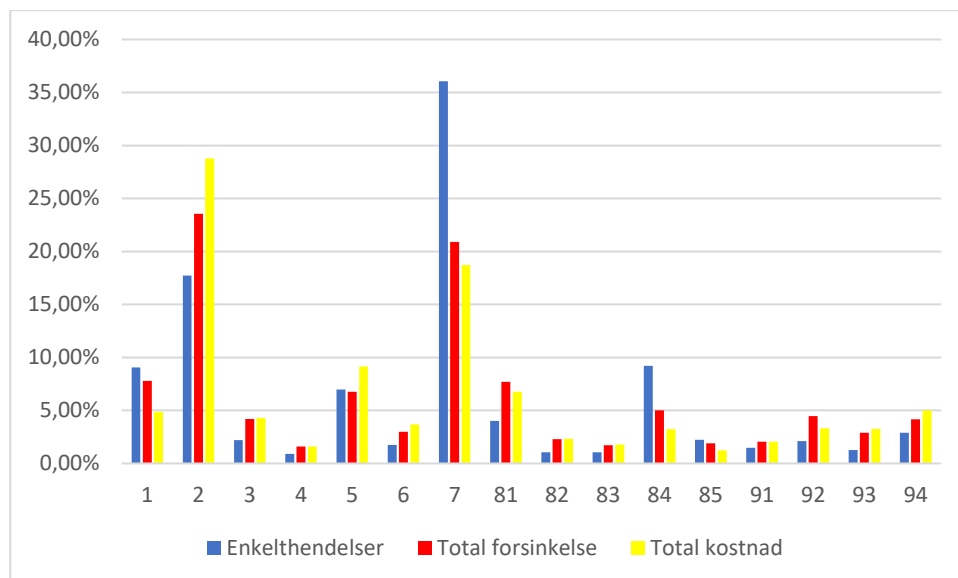
9.2 Per årsakskode

Den desidert mest brukte årsakskoden er 7, som alene står for mellom 36 og 37 % av alle registrerte hendelser, avhengig av om man ser på alle hendelser totalt, eller kun de som faktisk har potensial for å forsinke passasjerer. Alle tall videre er for sistnevnte, ettersom bare disse forsinkelsene faktisk medfører noen kostnad.

Den nest mest brukte koden er kode 2, med i underkant av 18 % av alle hendelser, altså under halvparten så ofte. En rimelig antagelse er dermed at 7 bør også være den dyreste årsakskoden, hvilket også har vært det Bane NOR har trodd (Norløff, 2017).

Etttersom 7 er en sekkepost for hendelser som ikke uten videre kan kategoriseres er dette problematisk, siden det ikke er noen åpenbar måte å redusere antallet av disse. Hvis 7 faktisk sto for så stor andel av kostnaden hadde det vært begrenset med muligheter for å faktisk gjøre noe med den på sikt.

Men 7 står ikke for den største andelen av kostnadene, på tross av antallet hendelser, det er det 2 som gjør. På landsbasis står kode 2 for litt over en fjerdedel av all forsinkelseskostnad med 51,8 millioner kroner. Kode 7 på sin side står bare for litt over en sjettedel med 33,7 millioner. Nøyaktig fordeling av kostnadene sammenlignet med hyppighet er vist i Figur 9. Total kostnad per kode er vist i Tabell 14.



Figur 9 Hyppighet, forsinkelse og kostnad per årsakskode

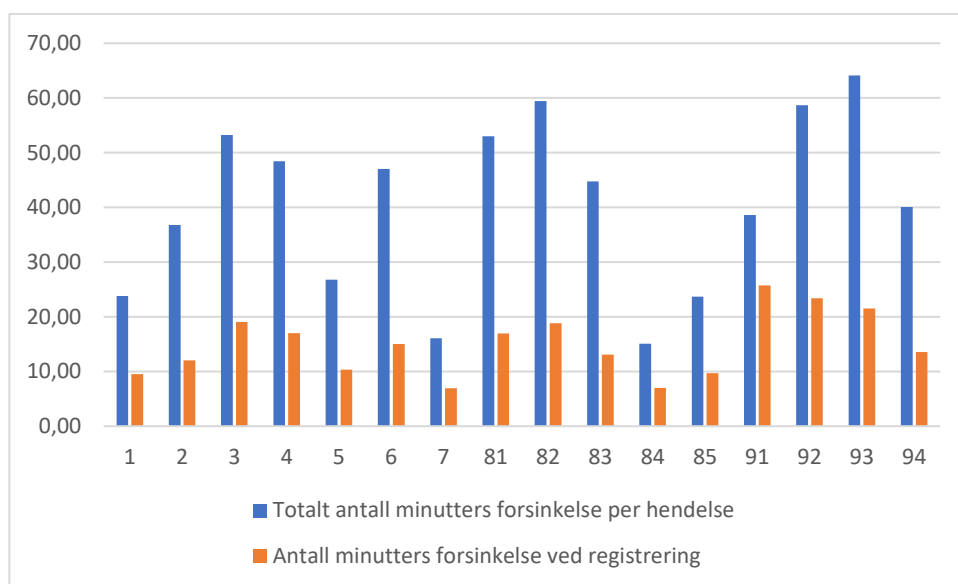
Årsakskode	Antall enkelthendelser	Forsinkelse i minutter	Kostnad i kroner
1	7 978	189 892	8 738 365
2	15 608	573 799	51 822 788
3	1 926	102 480	7 727 318
4	807	39 067	2 872 449
5	6 152	164 691	16 485 934
6	1 542	72 554	6 608 503
7	31 759	509 684	33 701 666
81	3 535	187 416	12 159 391
82	937	55 707	4 166 350
83	936	41 904	3 201 033
84	8 106	122 429	5 788 436
85	1 967	46 612	2 228 398
91	1 293	49 885	3 692 225
92	1 853	108 705	5 999 075
93	1 102	70 639	5 856 616
94	2 541	101 827	9 022 054
Sum	88 042	2 437 291	180 070 601

Tabell 14 Hyppighet, forsinkelse og kostnad per årsakskode

Det er flere grunner til hvorfor kode 2 blir så mye dyrere enn kode 7, på tross av langt færre hendelser. Faktisk utgjør kostnaden av kode 7 bare 65% av kode 2s samlede forsinkelseskostnad.

For det første er det et spørsmål hvor forsinkelsene skjer med hvilken årsak, og dermed hvor mange passasjerer som faktisk rammes per stasjon. Dette vil bli nærmere beskrevet i kapittel 9.2.1, som ser på de tre strekningene per kode.

For det andre er hvor mange minutters forsinkelse hver kode skaper svært viktig for hvor mye den ender med å koste. Den gjennomsnittlige forsinkelsen er som nevnt i utgangspunktet på omtrent 10,5 minutter og varer tilsammen i underkant av 28 minutter. Men dette er bare snittet, og det er store variasjoner avhengig av hvilken kode man ser på. Oversikt over dette er vist i Figur 10.



Figur 10 Forsinkelsesminutter per årsakskode

Kode 92, ytre forhold og 93, uhell, påkjørsel er per hendelse de mest langvarige årsakene til forsinkelse. I snitt fører disse årsakene til forsinkelser på henholdsvis 23,40 og 21,53 minutter, og samlet total forsinkelse blir 58,66 og 64,10 minutter. På grunn av den lange varigheten når slike hendelser skjer står begge koder for langt større andel av kostnaden enn det antallet hendelser skulle tilsi. Men når 93 likevel bare sto for 1,25 % av dem, blir ikke samlet kostnad veldig stor, bare 5,8 millioner. Dette på tross av at 93 også var den dyreste per hendelse med 5 315 kroner.

Kode 2-hendelser derimot ligger bak en betydelig andel av alle forsinkeshendelser. Så når hver hendelse fører til nesten 37 minutter samlet forsinkelse, med 12 minutter ved første registrering, får dette konsekvenser. Til sammen ankom tog stasjoner 573 799 minutter, nesten 400 døgn, forsinket på grunn av signalfeil. Kode 7-hendelser på sin side var i utgangspunktet

på 7 minutter, og varte totalt i 16. Samlet var det litt over 350 døgn's forsinkelse på grunn av kode 7.

Fordi hver kode 2-feil varte så mye lenger enn kode 7 var det 45 flere forsinkelsesdøgn på grunn av kode 2. Dette på tross av at 7 skjedde dobbelt så ofte. Gitt at 2 og 7 hadde samme kostnad per minutt, fordi de rammet like mange passasjerer per hendelse, ville 2 fortsatt vært den dyreste koden. 7 ville i så fall vært 89 % av 2. Antallet forsinkelsesminutter er dermed en viktig del av forklaringen på forskjellen, men definitivt ikke den eneste.

Den andre viktige forklaringsfaktoren for hvor store samfunnsøkonomiske kostnader en forsinkelsesårsak forårsaker er hvor mange passasjerer som rammes. Hvis forsinkelser av en bestemt type skjer relativt ofte, og varer lenge, men ikke på strekninger det faktisk er passasjerer vil den ikke ha stor betydning for samlet kostnad.

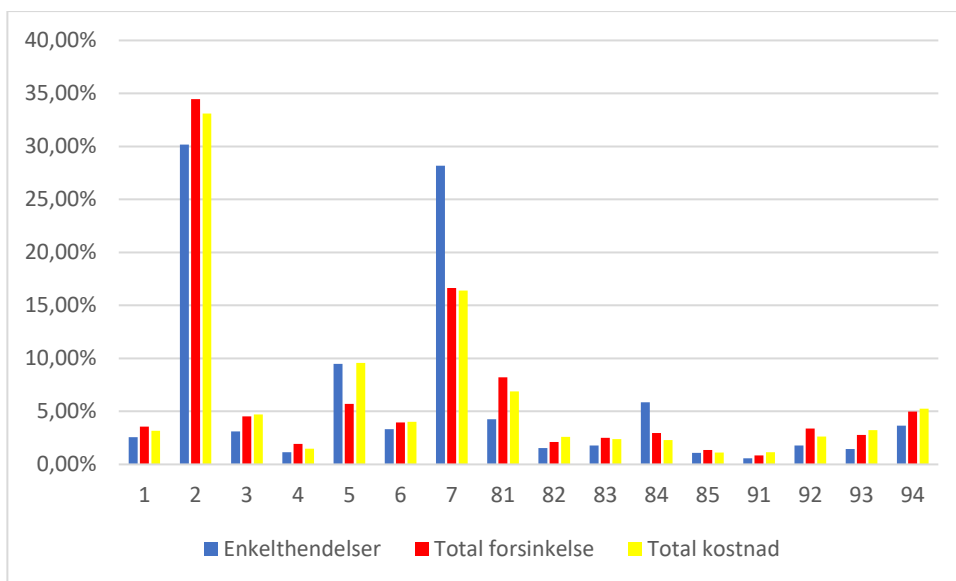
Et godt eksempel på dette er kode 84, stasjonsopphold, på lokaltoget mellom Nelaug og Arendal. 84 står på denne linjen for 80 % av hendelsene, 73 % av forsinkelsen og 63 % av kostnadene. Men fordi denne linjen bare hadde 62 tusen passasjerer, eller mindre enn én promille av alle reisende, har ikke dette noen betydning for den samlede kostnaden knyttet til kode 84 på 5,8 millioner.

Forsinkelsesårsaker som derimot rammer mange trenger ikke være de som skjer oftest, så lenge de skjer der det faktisk er passasjerer. Kode 5, planlagt vedlikeholdsarbeid med infrastruktur, sto bare for 7 % av alle hendelser og mindre enn det av all forsinkelse. Men på grunn av høy hyppighet på trafikkerte strekninger som InterCity mellom Dombås og Skien, utgjorde denne koden likevel mer enn 9 % av all forsinkelseskostnad. På InterCity sto kode 5 bak 13 % av alle kostnader, og med 7,5 millioner passasjerer drar dette opp kodens betydning.

9.2.1 Per kode per strekning

For å studere hvordan ulike faktorer påvirker kostnad per årsakskode nærmere er det nødvendig å gå i detalj. Dette kapittelet vil derfor se på de tre strekningene Asker – Lillestrøm, Drammen – Skien og Trondheim – Bodø for å studere nærmere hvilke faktorer som påvirker kostnaden per forsinkelseskode.

Asker-Lillestrøm



Figur 11 Hyppighet, forsinkelse og kostnad per årsakskode, Asker – Lillestrøm

Årsakskode	Antall enkelthendelser	Forsinkelse i minutter	Kostnad I kroner
1	596	28 339	2 826 842
2	7 031	273 222	29 472 714
3	727	35 898	4 189 103
4	269	15 245	1 308 873
5	2 212	45 186	8 521 414
6	772	31 372	3 584 511
7	6 570	131 905	14 604 454
81	993	65 158	6 139 345
82	358	16 838	2 321 932
83	415	19 851	2 130 216
84	1 365	23 560	2 051 195
85	256	10 825	992 821
91	131	6 636	1 020 083
92	418	26 883	2 340 861
93	341	21 961	2 883 653
94	850	39 621	4 668 250
Sum	23 304	792 500	89 056 267

Tabell 15 Oppsummering per kode, Asker-Lillestrøm

På strekningen Asker-Lillestrøm står kode 2, Sikrings/signalanlegg, fjernstyring, for 33 % av all forsinkelseskostnad, med 29,5 av 89 millioner. Kode 7, Trafikkavvikling, på sin side sto

for kun 14,6, eller litt under halvparten så mye. Dette skyldes først og fremst to ting, antall hendelser og hvor mange minutters forsinkelse hver medførte.

På denne strekningen var kode 2 den vanligste, med 30,17 % av alle hendelser. Dette er ikke veldig mye mer enn kode 7 med 28,19 %, men likevel svært forskjellig fra landet som helhet. Hvis 2 og 7 kostet like mye per hendelse ville dermed 2 fortsatt ha vært den dyreste her, men ikke med veldig stor margin. Hvis begge hadde strekningens gjennomsnittskostnad per hendelse på 3 822 kroner ville forskjellen i kostnad vært på 1,7 millioner, og ikke 14,8.

Reelt sett var kode 2 1 969 kroner dyrere enn 7 per hendelse. Hadde forsinkelser av de to typene skjedd like ofte ville 7 kostet litt over halvparten så mye som 2 i stedet for så vidt mindre, 53,02 % i stedet for 49,55. Det er dermed årsakene til forskjellen i kostnad per hendelse som i hovedsak forklarer hvorfor 2 var så mye dyrere.

Den viktigste årsaken var antallet minutters forsinkelse per hendelse. Riktignok var differansen 2 minutter mindre på Asker-Lillestrøm enn resten av landet, 18,78 minutter i stedet for 20,71. Men gitt den gjennomsnittlige kostnaden per minutt på i underkant av 74 kroner blir det likevel 1 388 kroner mer per hendelse.

Samtidig hadde denne strekningen en langt høyere kostnad per minutt enn landsgjennomsnittet, på grunn av det høye antallet passasjerer. Gitt at nesten halvparten av alle passasjerer var her, ble flere rammet hver gang et tog var forsinket, hvilket trekker kostnad per minutt opp. I snitt kostet hvert forsinkelsesminutt her 112 kroner, så hvis denne kostnaden var identisk for kode 2 og 7 ville hver kode 2-hendelse kostet 2 111 kroner mer enn 7. Med like mange hendelser ville kode 7 kostet 51,67 % av 2.

Dette er mer enn den reelle forskjellen, men ikke med veldig mye. I virkeligheten kostet hvert forsinkelsesminutt på grunn av kode 7 110 kroner, mens 2 kostet 107, hvilket med like mange hendelser som sagt gir kode 7 53% av kostnaden til 2. Det er dermed først og fremst hver forsinkelsesens varighet som forklarer hvorfor 2 var årsaken til så mye høyere samfunnsøkonomisk kostnad.

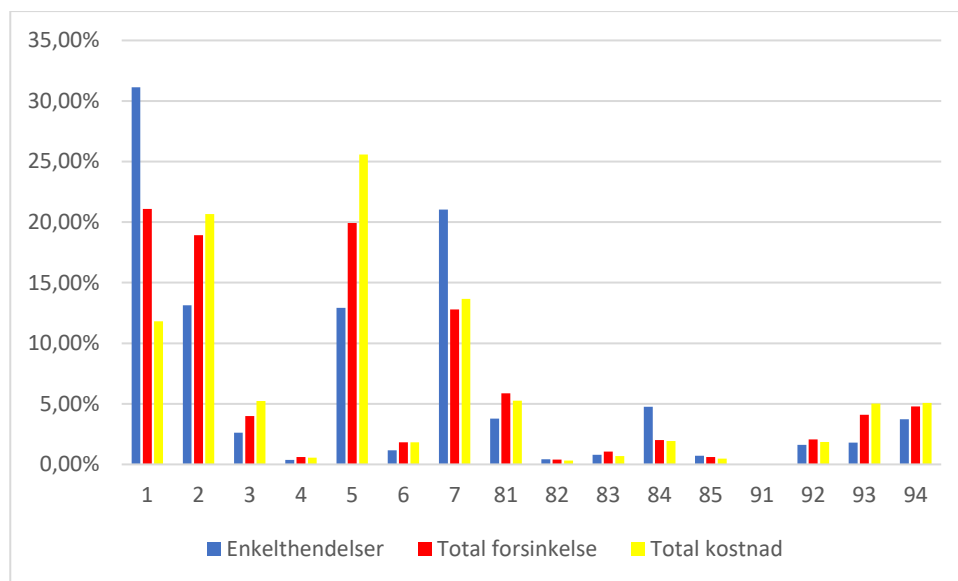
Hvor mange som ble rammet av hver forsinkelse er innenfor denne strekningen en langt mindre viktig forklaringsfaktor, ettersom de ulike stasjonene som sagt hadde omtrent like mange minutters forsinkelse. Dette er fortsatt tilfellet hvis man fordeler forsinkelsene på de ulike årsakene, men at 7 kostet 3 kroner mer enn 2 per minutt må tilskrives antallet passasjerer.

Men forskjellen her er likevel minimal, hvilket igjen bygger opp under antagelsen om at forsinkelser ikke ble tatt igjen på denne strekningen.

Derimot er dette svært viktig for hvorfor kode 2, på tross av langt færre hendelser enn 7, fortsatt er den dyreste på landsbasis. Når halvparten av alle passasjerer gikk av et eller annet sted på strekningen Asker-Lillestrøm vil alt som skjer her påvirke samlet kostnad.

Faktisk ville kode 7 vært den dyreste nasjonalt med 22 % av all kostnad, litt over 2 prosentpoeng foran 2, hvis man ikke regnet med strekningen Asker-Lillestrøm. Hvor forsinkelsen skjer, og dermed hvor mange som rammes er altså helt sentralt for å kunne forklare sammenhengen mellom forsinkelser og kostnaden av disse.

Drammen-Skien



Figur 12 Hyppighet, forsinkelse og kostnad per årsakskode, Drammen – Skien

Årsakskode	Antall enkelthendelser	Forsinkelse i minutter	Kostnad i kroner
1	1345	23 983	1 047 827
2	567	21 537	1 832 783
3	113	4 541	463 463
4	16	680	49 745
5	558	22 680	2 269 696
6	50	2 084	162 743
7	909	14 554	1 212 856
81	163	6 667	466 911
82	18	441	28 239
83	34	1 190	60 712
84	206	2 290	170 208
85	31	680	42 698
91	0	-	-
92	70	2 340	164 773
93	78	4 671	446 272
94	161	5 447	449 337
Sum	4319	113 785	8 868 263

Tabell 16 Oppsummering per kode, Drammen-Skien

På strekningen Drammen-Skien var kode 5, Planlagt vedlikeholdsarbeid infrastruktur, den dyreste. Dette gir mening ettersom store deler av strekningen er under utbedring på grunn av den pågående InterCity-utbyggingen, (Bane NOR, 2015) som etter planen skal være ferdig i 2030 og vil redusere reisetiden mellom byene på Østlandet kraftig.

Interessant nok skyldes ikke dette at det var så veldig mange forsinkelser med denne årsaken her. Kode 5 sto kun for 13 % av alle hendelsene, hvilket riktig nok er det dobbelte av landssnittet, men som likevel kun gjorde den til den fjerde mest brukte, etter 1, Bane, 7, Trafikkavvikling og 2, Sikrings/signalanlegg, fjernstyring. I stedet skyldes den høye kostnaden her kombinasjonen av minutters forsinkelse og hvor mange som ble rammet.

Kode 5 var av de fire mest brukte kodene den som varte lengst, med 41 minutters samlet forsinkelse, hvilket er godt over dobbelt så lenge som 1 og 7. Forskjellen i varighet til kode 2 var langt mindre, men 2 ble bare brukt ni flere ganger enn 5.

Årsakskode	Minutter per forsinkelse totalt	Minutter per forsinkelse ved første registrering
1	18	7
2	38	13
5	41	13
7	16	7

Tabell 17 Forsinkelsesminutter for mest brukte koder Drammen-Skien

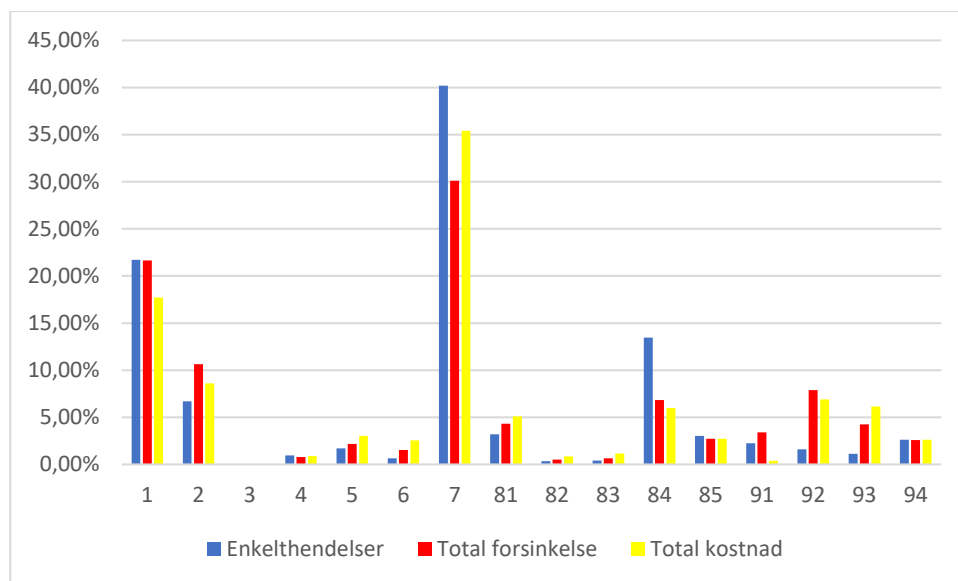
Med mange minutters forsinkelse per hendelse går nødvendigvis samlet forsinkelse opp, faktisk sto kode 5 for nest flest forsinkelsesminutter på strekningen bak kode 1. Men fordi kode 1 likevel var skyld i mer forsinkelse kan ikke dette alene forklare hvorfor 5 var dyrest.

Hvilke stasjoner som ble påvirket av kode 5, og dermed hvor mange passasjerer gjør i midlertid opp for forskjellen mellom 5 og 1. På alle stasjoner fra Holmestrand til Kjøse var kode 5 den viktigste forklaringen på forsinkelse målt i minutters forsinkelse. Kode 1 sto faktisk for bare 66 % så mange minutters forsinkelse her. Ettersom 61,1 % av alle passasjerer gikk av på denne strekningen forklarer dette hvorfor kode 5 likevel var dyrere. Også alle de største enkeltstasjonene på strekningen, med unntak av Drammen, ligger i dette området. Kode 1 på sin side var bare skyld i mest forsinkelse mellom Oklungen og Skien, hvor bare 8,6 % av passasjerene gikk av.

Samtidig skyldtes antagelig også mange av forsinkelsene på kode 1 også byggearbeidene. Forsinkelser på grunn av saktekjøring eller planlagte arbeider som ikke blir avsluttet i tide hører nemlig til her.

Samlet sett er det derfor rimelig å gi utbyggingen skylden for mye av forsinkelsene, og særlig det at Drammen – Skien var dyrere enn passasjertallene skulle tilsi.

Trondheim-Bodø



Figur 13 Hyppighet, forsinkelse og kostnad per årsakskode, Trondheim – Bodø

Årsakskode	Antall enkelthendelser	Forsinkelse i minutter	Kostnad i kroner
1	1 278	26 416	680 562
2	393	12 982	331 076
3	-	-	-
4	56	951	34 201
5	101	2 666	116 451
6	39	1 875	97 798
7	2 366	36 758	1 361 662
81	188	5 262	195 509
82	21	642	32 337
83	25	773	44 909
84	791	8 352	229 480
85	179	3 330	104 846
91	133	4 139	14 093
92	94	9 628	264 970
93	66	5 202	236 771
94	154	3 148	100 612
Sum	5 884	122 124	3 845 277

Tabell 18 Oppsummering per kode, Trondheim-Bodø

På strekningen Trondheim-Bodø var sammenhengen mellom antall hendelser og faktisk kostnad langt sterkere enn for de to andre strekningene. Her var 7 både den vanligste og den dyreste koden, og kode 1 var nummer to på begge mål.

På tredje og fjerde plass i antall hendelser var kode 2 og 84. 84 ble brukt omtrent dobbelt så ofte som 2, men 2 kostet likevel mer. Igjen er forsinkelsens varighet viktigste forklaring på forskjellen, med tre ganger lenger varighet enn 84 ble 2 så mye dyrere per hendelse at antallet ikke helt kunne motvirke effekten.

At kode 7 er den dyreste skyldes på sin side nesten utelukkende antall hendelser. Som den nest minst varige forsinkelsesårsaken etter 84 ville de fleste andre årsaker vært dyrere hvis de skjedde tilnærmet like ofte.

På tross av dette må også antall passasjerer rammet tas med i forklaringen på hvorfor kode 7 var dyrest. På tross av kort varighet var kode 7 bare den fjerde billigste per hendelse, hvilket forklarer hvorfor andelen av kostnad er signifikant høyere enn av samlet forsinkelse.

Oppsummert

Det er tre faktorer som bestemmer hvilke typer forsinkelse som koster mest, målt i samfunnsøkonomisk kostnad av de reisendes tapte tid: antall hendelser, varighet og antall passasjerer rammet. De årsakene som skårer høyt på en kombinasjon av alle tre blir de dyreste, og det er derfor ikke interessant å kun se på en av faktorene alene.

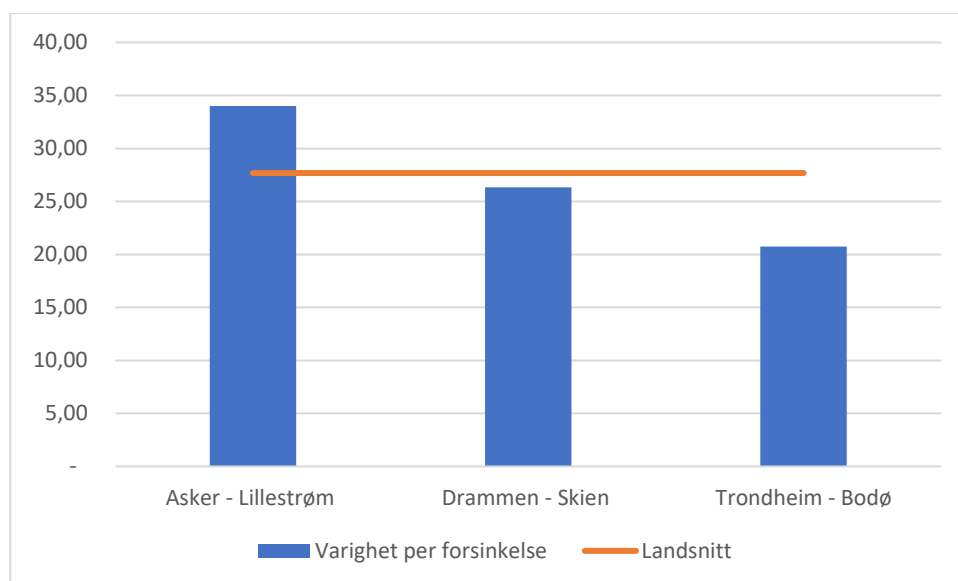
9.3 Andre forskjeller mellom strekningene

I tillegg til kostnad per passasjer, og hvilke årsakskoder som forårsaket mest samfunnsøkonomisk kostnad, var det også andre interessante forskjeller mellom de tre strekningene.

En av disse var hvor lenge den gjennomsnittlige forsinkelsen varte. Som nevnt var landsnittet på 27,68 minutter, men her var det stor variasjon. I Tabell 19 er verdiene for de tre strekningene vist, og i Figur 14 er disse sammenlignet med landsnittet.

	Varighet per forsinkelse
Asker - Lillestrøm	34,01
Drammen - Skien	26,35
Trondheim - Bodø	20,76

Tabell 19 Varighet per forsinkelse i minutter



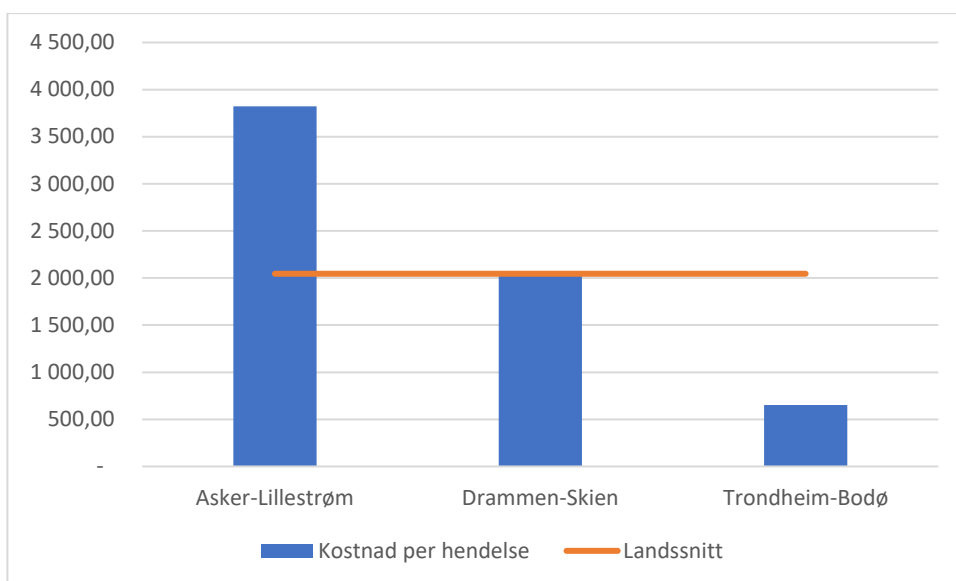
Figur 14 Varighet per forsinkelse i minutter

Sammen med antall passasjerer forklarer dette hvorfor Trondheim – Bodø kunne ha 2 500 flere enkeltforsinkelser enn Drammen – Skien, men likevel koste mindre. Med 800 000 færre passasjerer som i snitt ble mindre forsinket ble kostnaden lavere. Dette understreker hvor lite interessant antall hendelser alene er for beregning av samfunnsøkonomisk kostnad av forsinkelse.

Trondheim – Bodø hadde også som resultat av blant annet dette en langt lavere kostnad per hendelse enn de to andre strekningene og landsnittet på 2 045 kroner. Den andre faktoren som forklarer lav kostnad per hendelse er antallet passasjerer som gikk av på hver stasjon. Få passasjerer kombinert med langt flere stasjoner enn de to andre strekningene betyr få avstigninger på hver. Kostnad per hendelse er oppsummert i Tabell 20 og Figur 15. At kostnad per passasjer likevel var den samme her som landsnittet, vist i Figur 8 Kostnad per passasjer, korrigert for holdeplasser uten registrering Figur 8, skyldtes dermed utelukkende antallet hendelser, som var høyt nok til at lave kostnader per hendelse ikke gjorde strekningen noe billigere.

	Kostnad per hendelse
Asker-Lillestrøm	3 821,50
Drammen-Skien	2 053,31
Trondheim-Bodø	653,51

Tabell 20 Kostnad per hendelse

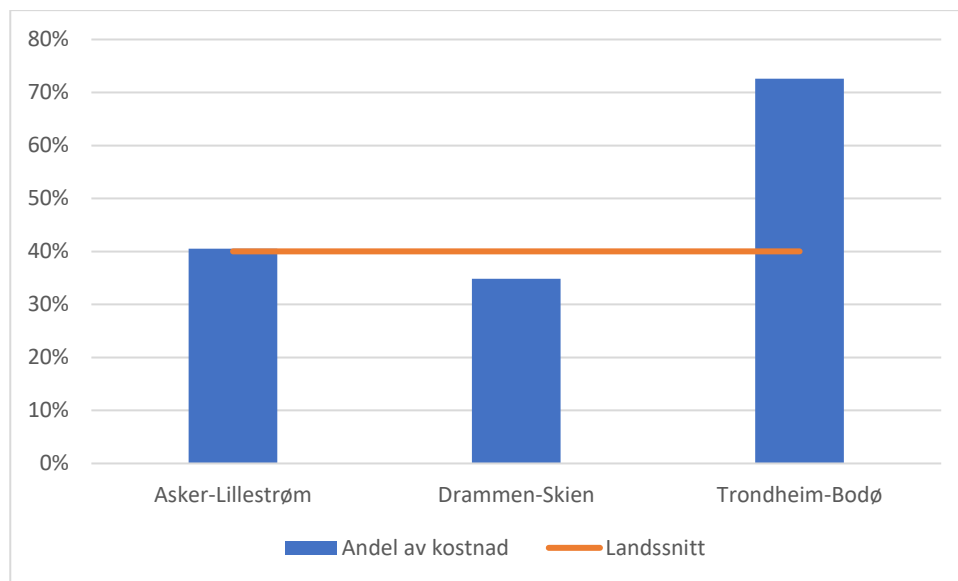


Figur 15 Kostnad per hendelse

Alt i alt var antall hendelser langt viktigere for total kostnad på Trondheim – Bodø enn de to andre. Dette kommer også frem i hvor stor del av kostnadene som oppsto på første berørte stasjon. På landsbasis kunne 40 % av total kostnad tilskrives første stasjon togene ankom forsinket, men på Trondheim – Bodø var det hele 73 %. Asker – Lillestrøm og Drammen – Skien var på sin side like over og like under landsnittet. Dette er vist i Tabell 21 og Figur 16. Hadde man bare regnet kostnad på første stasjon ville med andre ord tallene for Trondheim – Bodø vært langt nærmere sannheten enn de andre strekningene.

Asker - Lillestrøm	41 %
Drammen - Skien	35 %
Trondheim - Bodø	73 %

Tabell 21 Prosent av kostnad på første rammede stasjon

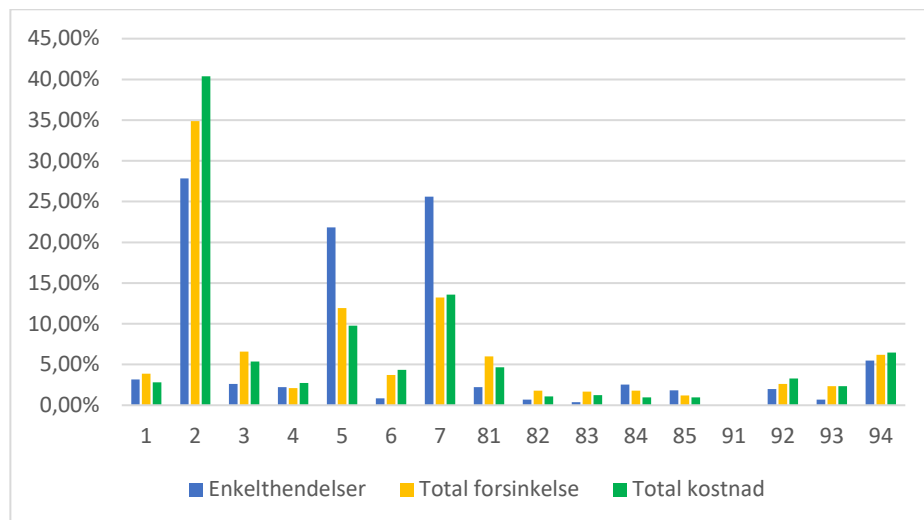


Figur 16 Prosent av kostnad på første rammede stasjon

Å bare fokusere på forsinkelsene på opprinnelsepunkt ville med andre ord ikke bare ført til lavere total samfunnsøkonomisk kostnad av forsinkelse, men også et forvrengt bilde av hvor disse kostnadene oppsto.

Samlet sett tilsier disse forskjellene at selv om kostnad per passasjer var relativt konstant på de ulike strekningene var ikke forholdet mellom de tre faktorene hyppighet, varighet og antall passasjerer rammet konstant. Alle tre faktorer gjorde seg gjeldene for total kostnad overalt, men i ulik grad.

9.4 Gardermoen



Figur 17 Hyppighet, forsinkelse og kostnad per årsakskode, Gardermoen

Årsakskode	Antall enkelthendelser	Forsinkelse i minutter	Kostnad i kroner
1	41	1 369	686 461
2	361	12 267	9 864 016
3	34	2 323	1 310 765
4	29	741	670 164
5	283	4 199	2 387 117
6	11	1 308	1 060 430
7	332	4 660	3 322 039
81	29	2 115	1 136 385
82	9	636	269 908
83	5	586	301 628
84	33	637	235 011
85	24	418	234 623
91	-	-	-
92	26	927	800 102
93	9	823	570 422
94	71	2 174	1 583 973
Sum	1 297	35 183	24 433 044

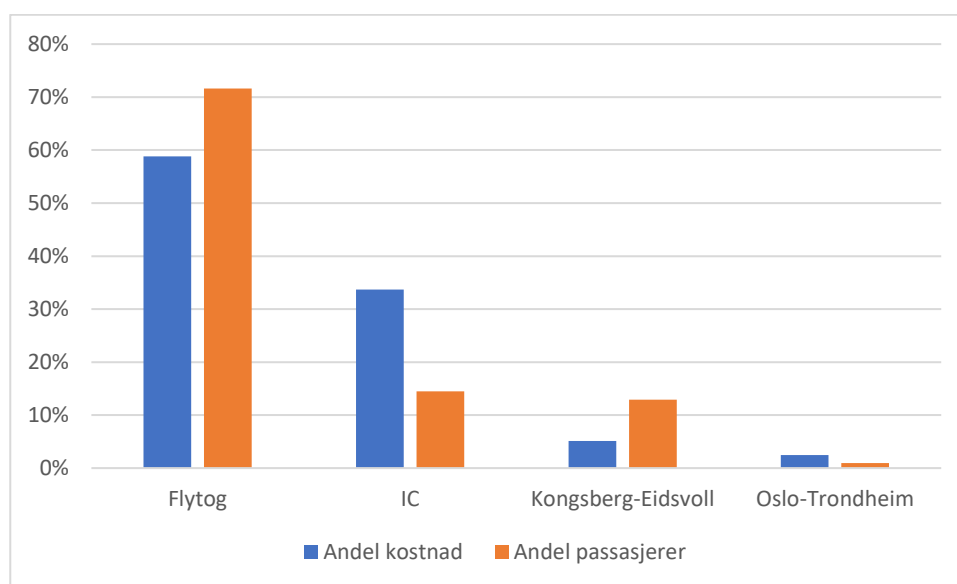
Tabell 22 Oppsummering per kode, Gardermoen

Gardermoen togstasjon ligger ikke innenfor noen av de tre hittil studerte strekningene, men bør likevel studeres nærmere. Fordi passasjerer som tar tog som tilbringerreise på flyreiser har samme samfunnsøkonomiske forsinkelseskostnad som flyreisende koster forsinkelse av disse passasjerene mye. Det store flertallet av reisende med tog til Gardermoen passerer gjennom

Oslo, men går nødvendigvis ikke av toget før det igjen har forlatt strekningen Asker-Lillestrøm. Dermed er det en potensielt høy kostnad som skyldes forsinkelser inne på denne strekningen som ikke blir medregnet.

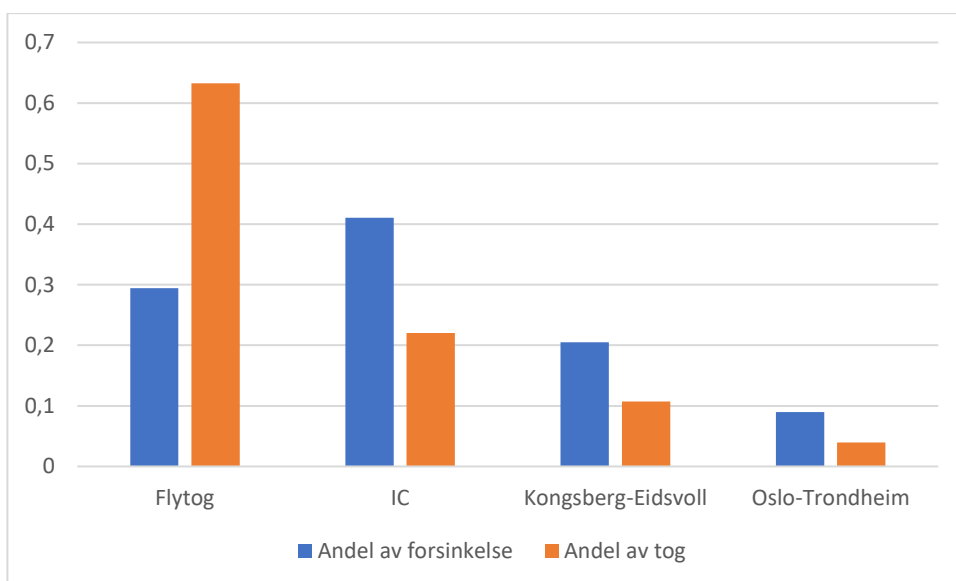
Også hvis Gardermoen hadde ligget innenfor den studerte strekningen hadde det vært relevant å studere den isolert. Dette fordi flyreisende skiller seg klart ut fra andre togreisende kostnadmessig. Spesielle trekk ved forsinkelser som rammer dem blir dermed desto viktigere. Å studere Gardermoen fremfor Torp og Værnes gir mening på grunn av flyplassens størrelse.

Samlet sett var den samfunnsøkonomiske kostnaden av togforsinkelser på Gardermoen 24,4 millioner kroner. Av disse skyldtes 14,4 millioner, eller 59 %, forsinkelser på Flytoget. Dette er mindre enn andelen passasjerer skulle tilsi, ettersom 72 % av alle togpassasjerene reiste med Flytoget. Oversikt over forholdet mellom andel av kostnad og passasjerer for de ulike togene er vist i Figur 18.



Figur 18 Andel kostnad og passasjerer på Gardermoen per linje

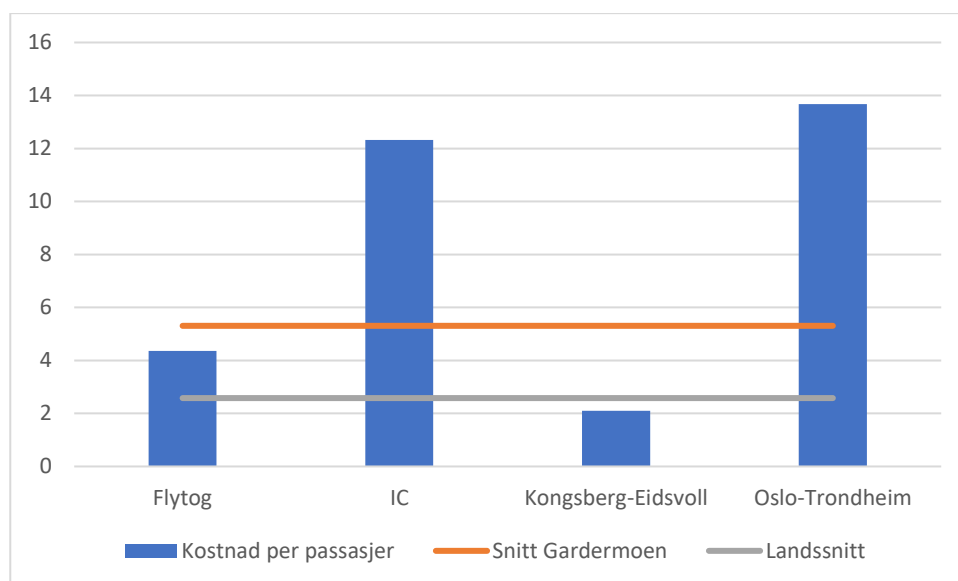
At Flytoget ikke står for større andel av forsinkelseskostnaden skyldes først og fremst at denne linjen hadde langt færre forsinkelsesminutter enn antallet avganger skulle tilsi. Flytoget var langt sjeldnere forsinket enn de andre linjene som stanser på stasjonen. På tross av at Flytoget ankom Gardermoen nesten fire ganger oftere enn InterCity-tog, var samlet forsinkelse av InterCity likevel høyere. Oversikt over andeler av forsinkelsesminutter og avganger er vist i Figur 19.



Figur 19 Andel av forsinkelse og avganger på Gardermoen per linje

For de to andre linjene, Kongsberg-Eidsvoll og Oslo-Trondheim, var også andelen av samlet forsinkelse langt høyere enn deres andel av togene skulle tilsi.

På grunn av de høye satsene for flyreisende ble nødvendigvis kostnad per passasjer høyere her enn noen av de andre strekningene. I snitt kostet hver passasjer 5,31 kroner, men variasjonen var stor. Som Figur 20 viser var linjen Oslo – Trondheim dyrest med 13,68 kroner, mens InterCity var en drøy krone billigere. Flytoget kostet 4,36 kroner, og var langt billigere. Dette er en naturlig følge av å ha langt mindre andel av forsinkelse og forsinkelseskostnad enn passasjertallet skulle tilsi. Kongsberg – Eidsvoll var på sin side ikke bare billigere enn snittet for stasjonen. Med sine 2,10 kroner var denne linjen billigere per passasjer enn det generelle landssnittet.



Figur 20 Kostnad per passasjer, Gardermoen

Men på tross av at Flytoget kostet mindre enn passasjerandelen skulle tilsi, var dette fortsatt det dyreste toget, og for å forstå hva forsinkelseskostnad her skyldes er denne linjen svært viktig.

På Gardermoen var kode 2, Sikrings/signalanlegg, fjernstyring, den dyreste, med 7, Trafikkavvikling, som nummer to. Dette er akkurat som inne på Asker-Lillestrøm, men forskjellen mellom disse var langt større enn i byen. Kode 2 sto her for 40,37 % av forsinkelseskostnaden, mens 7 bare forklarer 13,6 %.

At kode 2 kostet så mye skyldes Flytoget, hvor 2 alene forklarer var 49,7 % av all kostnad. Hvis man kun ser på NSB sine linjer på stasjonen er 2 fortsatt den dyreste, men andelen er nå i praksis den samme som landssnittet med 27,06 %.

Hvis man trekker fra Flytoget endrer også betydningen av kode 7 seg, som nå bare blir den tredje dyreste, bak 2 og 5. Dette skjer fordi InterCity-utbyggingen også her får konsekvenser, og etter Flytoget er InterCity den linjen med klart flest passasjerer.

Både for Flytoget og de andre togene som stoppet på Gardermoen er forklaringen på hvilken kode som var den dyreste en kombinasjon av antall hendelser og varighet. Kode 2 ble brukt oftere enn 7, om enn ikke med veldig mye, men hver forsinkelse var mer enn dobbelt så lang. Med 34 minutter mot 7 sine 14 ble 2 den dyreste med flere hendelser, ettersom antallet passasjerer potensielt påvirket nødvendigvis er identisk når man kun ser på én stasjon. Varighet er dermed det eneste som bestemmer kostnad per hendelse.

2 var likevel ikke i nærheten av å være den dyreste per hendelse med 27 324 kroner, faktisk plasserer dette denne årsaken nøyaktig midt i. Kode 6, Materiell med feil sperrer spor/blokkstrekning, var derimot desidert den dyreste målt etter dette kriteriet, med 96 403, 30 tusen mer enn nummer to. Kode 6 er likevel helt ubetydelig for samlet kostnad siden denne typen forsinkelser kun rammet Gardermoen 11 ganger.

Antall hendelser er her isolert sett enda mindre interessant, ettersom kun en stasjon er talt. Alle forsinkelser som startet et hvert annet sted er derfor ikke med.

10. Effekt av innhenting

Hvis man bare beregnet forsinkelseskostnad på den første stasjonen som ble rammet av en forsinkelse ville samlet kostnad vært på 72 millioner kroner. Det er 40 % av samlet faktisk kostnad, inkludert forsinkelsen på følgende stasjoner. Det er dermed mye å spare på å hente inn igjen forsinkelser.

Samtidig er 40 % en ganske stor andel av total kostnad, og viser at forsinkelser som regel ikke får lov til å forplante seg. I 2015 ble en stor andel av alle forsinkelser raskt innhentet, og rammet derfor bare noen få stasjoner. 42 % av alle registrerte forsinkelser rammet faktisk ingen, ettersom de ble først registrert på et målepunkt mellom stasjoner, og var innhentet innen toget nådde en stasjon.

Alt dette tilsier at samfunnsøkonomisk kostnad av forsinkelse ville vært langt høyere hvis forsinkelser ikke ble innhentet. For å analysere hvor stor effekt innhenting faktisk har på dette er modellen med konstant innhenting av forsinkelse i ulike hastigheter nyttig.

Det er selvfølgelig ikke realistisk å forutsette like muligheter for innhenting av forsinkelse over hele landet med unntak av mellom Asker og Lillestrøm. Det er også andre strekninger hvor det på grunn av kapasitet og andre forhold ikke er mulig for enkelte tog å holde høyere hastighet enn normalt for å kjøre inn forsinkelse. Blant annet vil avstand mellom stasjoner ha stor effekt på gjennomsnittshastighet, og denne varierer stort.

For langdistansetogene mellom Trondheim og Bodø er gjennomsnittlig avstand mellom stasjonene omtrent 26 km, og mellom Steinkjer og Trondheim er den på 25 km. For regiontogene mellom Steinkjer og Trondheim er den gjennomsnittlige avstanden bare så vidt i overkant av 6 km, fordi disse togene stopper på langt flere av de små stasjonene. Dette betyr at disse to ulike togrutene har ulike muligheter for å hente inn eventuell forsinkelse, også på samme strekning.

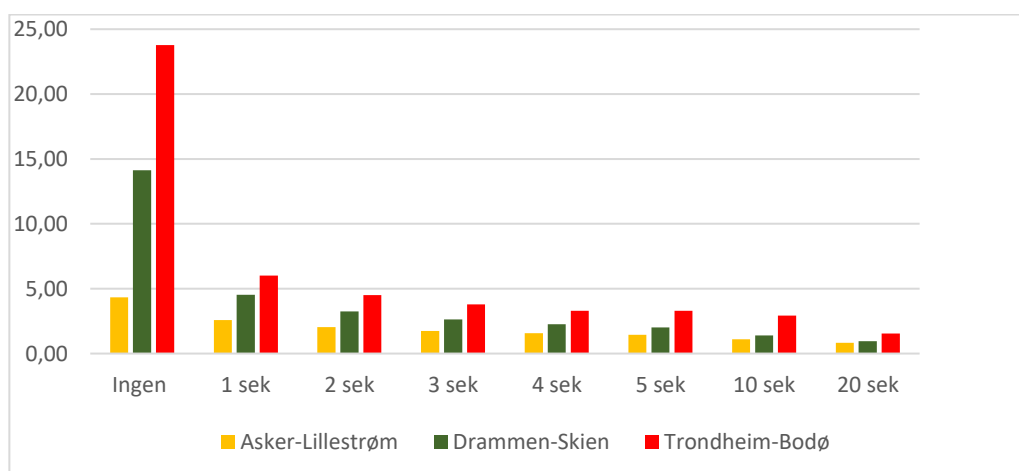
Å likevel modellere innhenting som en funksjon av utelukkende avstand gjør det mulig å studere effekten av dette isolert sett. Det er likevel ved bruk av denne modellen viktig å ikke legge for mye mening i de absolutte verdiene, men heller se på hvor stor den relative effekten er.

Med ingen innhenting er total for samfunnsøkonomisk kostnad på de tre strekningene av forsinkelse ifølge modellen mer enn det dobbelte av kostnaden ved ett sekunds innhenting per kilometer. Under disse forutsetningene tar det 240 km å hente inn en 4 minutters forsinkelse, hvilket omtrent tilsvarer avstanden mellom Trondheim og Harran i Nord-Trøndelag. Dette er også mye lengre enn de fleste tog på Østlandet totalt reiser. Det er derfor de færreste forsinkelser som blir hentet helt inn, men bare en liten reduksjon har stor effekt, fordi ikke samtlige passasjerer på toget blir like forsinket.

Halvering av kostnad eller mer er også tilfellet hvis man ser på de tre strekningene hver for seg, eller på enkeltstasjoner, som vist i Figur 21 og Figur 22. De nøyaktige tallene er presentert i Tabell 23 og Tabell 24.

Som figurene viser ved ingen innhenting har Trondheim-Bodø tilsynelatende langt høyere forsinkelseskostnad enn de to andre, men bør ikke tillegges noen større betydning. Det er fullstendig urealistisk å ikke innhente store deler av alle forsinkelsene på denne strekningen, ettersom toget som sagt kan holde høyere hastighet, samtidig som kapasitetsutnyttelsen av skinnene er langt lavere. Kun den relative reduksjonen i kostnad ved innhenting er her interessant, ikke kostnaden i seg selv. Den faktiske kostnaden per passasjer er i stedet beskrevet i kapittel 9.1.1.

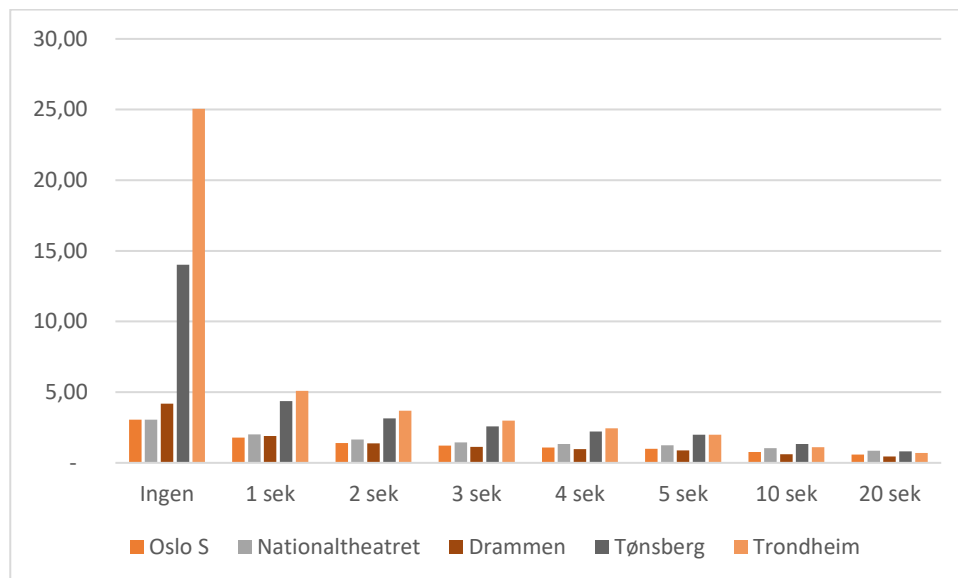
At det skjer en tilnærmet halvering også på Asker – Lillestrøm er også interessant ettersom all innhenting her ifølge modellen har skjedd før Asker. Igjen illustreres hvor mye det potensielt er å spare på å bare redusere forsinkelsene litt.



Figur 21 Innhenting av forsinkelse og forsinkelseskostnad per passasjer

	Ingen	1 sek	2 sek	3 sek	4 sek	5 sek	10 sek	20 sek
Asker-Lillestrøm	4,34	2,58	2,04	1,75	1,57	1,44	1,10	0,83
Drammen-Skien	14,13	4,52	3,24	2,64	2,27	2,02	1,39	0,95
Trondheim-Bodø	23,78	6,00	4,50	3,79	3,31	3,31	2,93	1,55

Tabell 23 Innhentning av forsinkelse og forsinkelseskostnad per passasjer

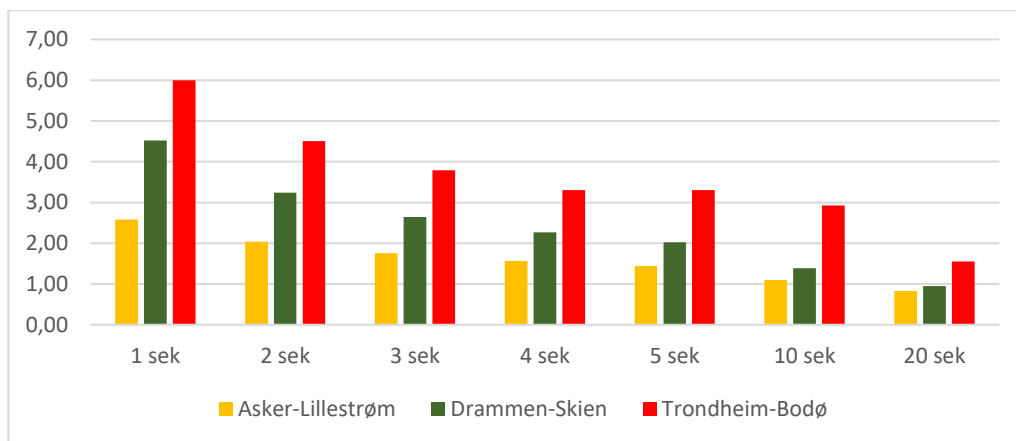


Figur 22 Innhentning av forsinkelse og forsinkelseskostnad per passasjer for utvalgte stasjoner

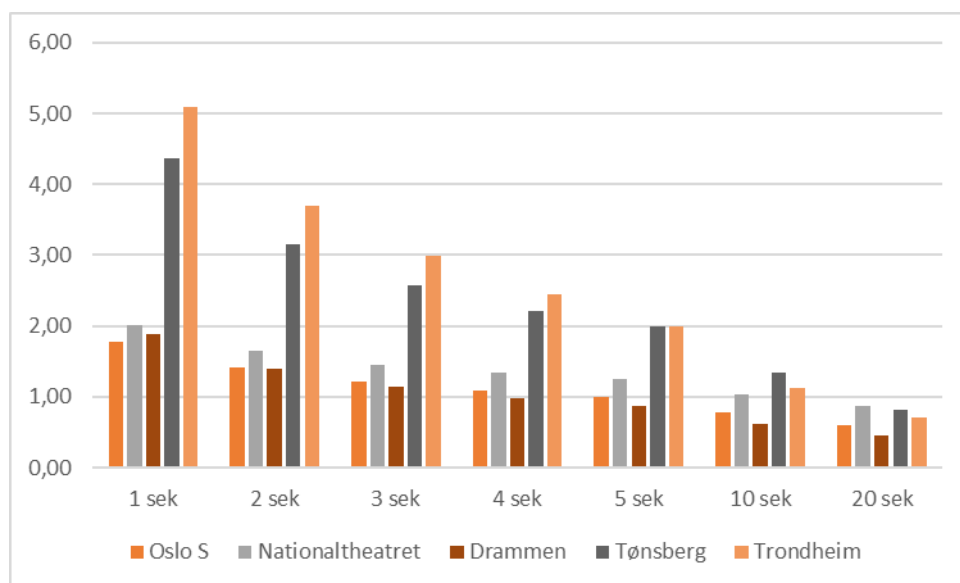
	Ingen	1 sek	2 sek	3 sek	4 sek	5 sek	10 sek	20 sek
Oslo S	3,06	1,78	1,41	1,21	1,09	1,00	0,77	0,59
Nationaltheatret	3,06	2,01	1,65	1,46	1,33	1,25	1,04	0,87
Drammen	4,19	1,89	1,39	1,14	0,98	0,88	0,61	0,46
Tønsberg	14,03	4,36	3,15	2,58	2,22	1,99	1,34	0,82
Trondheim	25,05	5,10	3,70	2,99	2,45	1,99	1,12	0,71
Gardermoen Oslo Lufthavn	7,10	2,67	1,99	1,63	1,39	1,21	0,74	0,44

Tabell 24 Innhentning av forsinkelse og forsinkelseskostnad per passasjer for utvalgte stasjoner

Også interessant er hvor lite kostnaden reduseres videre hvis innhentingen går raskere. Neste halvering av kostnaden skjer først ved mer enn 5 sekunders innhentning per kilometer. Det vil si at en 4 minutters forsinkelse er kjørt inn på 48 km, hvilket er mindre enn avstanden mellom Oslo S og Gardermoen.



Figur 23 Innhenting av forsinkelse og forsinkelseskostnad per passasjer



Figur 24 Innhenting av forsinkelse og forsinkelseskostnad per passasjer for utvalgte stasjoner

I Figur 23 og Figur 24 er effekten av innhenting på kostnad per passasjer ved ulike hastigheter illustrert tydeligere ved å holde situasjonen med ingen innhenting utenfor.

Hvis man ser på totalbeløpet er det også begrenset å spare på å innhente forsinkelsen raskere, også med dette som mål skjer neste halvering først ved 5 sekunder per kilometer.

I virkeligheten vil innhenting skje med ulike hastigheter avhengig av banestrekning og togrute. Det er likevel grunn til å konkludere med at det å la forsinkelser forplante seg har stor innvirkning på faktisk samfunnsøkonomisk kostnad.

11. Konklusjon

Det er ingen tvil om at forsinkelse på persontog hvert år koster samfunnet millioner i tapt verdiskapning fordi passasjerene ikke kommer seg av toget som planlagt. Dette fører til tapt produksjon for arbeidsgiverne, redusert fritid og stress på grunn av usikkerhet.

Denne oppgaven tok utgangspunkt i TØIs satser for verdsettelse av tid, Reisevaneundersøkelsen og data for passasjertall og togpasseringer i 2015. Med dette som grunnlag den kommet frem til at samlet samfunnsøkonomisk kostnad som følge av forsinket passasjeravstigning var på 180 millioner kroner i 2015.

Geografisk fordelte denne kostnaden seg først og fremst etter antall passasjerer. Ved å sammenligne strekningene Asker – Lillestrøm, Drammen – Skien og Trondheim – Bodø var dette mulig å fastslå. Strekninger med mange reisende fikk høyere samlet kostnad enn de med få. Kostnad per passasjer var derfor ganske jevn, med et landsnitt på 2,58 kroner. Store byggeprosjekter på strekningen Drammen - Skien førte likevel til signifikant høyere kostnader, med 3,61 kroner per passasjer.

Når det gjelder kostnad per årsakskode var kode 2, Sikrings/signalanlegg, fjernstyring, den desidert dyreste, med nesten 29 % av samlet kostnad. Dette på tross av å på langt nær være den mest brukte koden, hvilket var 7, Trafikkavvikling.

At kode 2 likevel var den dyreste skyldtes i stedet en kombinasjon av antall hendelser, varighet av hver forsinkelse og hvor mange passasjerer som ble rammet. Ved å være den mest brukte på den desidert mest trafikkerte strekningen, Asker – Lillestrøm, samtidig som gjennomsnittlig varighet var mer enn det dobbelte av 7s, gikk kostnaden opp.

De tre faktorene hyppighet, varighet og antall passasjerer bestemte i alle sammenhenger hva total samfunnsøkonomisk kostnad av forsinkelse ble. Dette gjaldt både på landsbasis og fordelt geografisk og på ulike årsakskoder. Kun når alle tre var høye ga et bidro en strekning eller kode signifikant til samlet kostnad.

Samspeillet mellom disse faktorene førte til at det, på tross av jevne kostnader per passasjer, likevel var interessante forskjeller mellom strekningene. Når det gjaldt varighet av hver forsinkelse, kostnad per hendelse og hvor viktig første rammede stasjon var for samlet kostnad

var det store forskjeller. Dette tilsier at forholdet mellom de tre faktorene ikke var det samme overalt, selv om forholdet mellom kostnad og passasjertall var relativt konstant.

Men uansett hvilke faktorer det var som påvirket samlet samfunnsøkonomisk kostnad mest, kunne den lett ha vært langt høyere. 42 % av alle registrerte forsinkelser var nemlig innhentet før toget rakk å ankomme faktiske stasjoner hvor passasjerer kunne gå av og på. De medførte med andre ord ingen ulempe for passasjerene overhodet, og dermed heller ingen kostnad. Også av de gjenstående 58 % ble de aller fleste forsinkelser hentet inn i løpet av få stasjoner, hvilket drastisk reduserte antall passasjerer påvirket.

Hvor mye innhenting betyr for total kostnad ble oppgaven simulert ved å gi alle forsinkelser på de tre studerte strekningene konstant innhentingshastighet, og så sammenligne med et tilfelle helt uten innhenting. Kun et sekund innhentet forsinkelse per kilometer kjørt reduserte samlet kostnad med 50 % eller mer på alle tre. Hadde forsinkelser fått lov til å forplante seg i det uendelige er det med andre ord godt mulig at samlet kostnad av tapt tid for passasjerene kunne vært mer enn dobbelt så høy.

12. Litteraturliste

- Bane NOR. (2015, September 29). *InterCity*. Hentet fra Bane NOR: <http://www.banenor.no/Prosjekter/Inter-City-/InterCity/>
- Bane NOR. (2017). Oslo.
- Bane NOR. (2017). *Grafiske togruter for gjeldende rutetermin R17*. Hentet fra Bane NOR: <http://www.banenor.no/kundeportal/ruter-og-sportilgang/grafiske-togruter2/>
- Bane NOR. (2017). *Punktlighet for strekning*. Hentet fra Bane NOR: http://www.banenor.no/Nyheter/Punktlighet_gammel/
- Bane NOR. (2017, Mai 24). *TJN Kapittel 5. Trafikkstyring - Togledelse og togekspedisjon - II. Generelle bestemmelser om trafikkstyring*. Hentet fra Bane NOR: http://orv.jbv.no/orv/doku.php?id=tjn:kap_5:ii._generelle_bestemmelser_om_trafikks_tyring#utfyllende_bestemmelser_om_kjoring_av_tog_for_rutetid
- Cowell, F. (2006). Risk aversion. I F. Cowell, *Microeconomics Principles and Analysis* (ss. 190-197). Oxford: Oxford University Press.
- Cowell, F. (2006). Supply by households. I F. Cowell, *Microeconomics Principles and Analysis* (ss. 100-107). Oxford: Oxford University Press.
- Flügel, S., Hasle, A. H., & Killi, M. (2010). *Korte og lange reiser (tilleggstudie) - Verdsetting av tid, pålitelighet og komfort*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Hagen, K. P., Berntsen, S., Bye, B., Hultkrantz, L., Nyborg, K., Nyborg, K., . . . Åvitsland, G. (2012). *Norges offentlige utredninger 2012:16 Samfunnsøkonomiske analyser*. Oslo: Finansdepartementet.
- Halse, A. H. (2017, Februar 2). Masteroppgave om samfunnsøkonomisk kostnad ved forsinkelse. (C. Norløff-Mathisen, Intervjuer)
- Halse, A. H., Killi, M., & Østli, V. (2015). *Å måle det upresise: Årsaker til og konsekvenser av togforsinkelser*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

-
- Halse, A. H., Ramjerdi, F., & Østli, V. (2012). *Regional variasjon i verdien av reisetid*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Hensher, D. A. (2011). Valuation of travel time savings. I A. d. Palma, R. Lindsey, E. Quinet, & R. Vickerman, *A Handbook of Transport Economics* (ss. 135-159). Cheltenham: Edward Elgar.
- Hjorthol, R., Engebretsen, Ø., & Uteng, T. P. (2014). *Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14 - nøkkelrapport*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt.
- Jernbaneverket. (2015). Verdsetting av virkninger. I Jernbaneverket, *Metodehåndbok Samfunnsøkonomiske analyser for jernbanen 2015* (ss. 72-98). Oslo: Jernbaneverket.
- Mathisen, T. (2017). Algoritme for utregning av kostnad.
- Norløff, T. (2017, Februar). Punktlighetssjef Bane NOR. (C. Norløff-Mathisen, Intervjuer)
- NSB. (2017). *Rutetabeller i PDF*. Hentet fra NSB: <https://www.nsb.no/rutetider/rutetabell>
- Omholt, E. L. (2016). *Økonomi og levekår for ulike*. Hentet fra Statistisk Sentralbyrå: http://ssb.no/inntekt-og-forbruk/artikler-og-publikasjoner/_attachment/281093?_ts=157bd13adb0
- Proust, M. (1913). *På sporet av den tapte tid*.
- Ramjerdi, F., Flügel, S., Samstad, H., & Killi, M. (2010). *Den norske verdsettingsstudien, tid*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt.
- Ramjerdi, F., Flügel, S., Samstad, H., & Killi, M. (2010). *Den norske verdsettingsstudien, tid, vedleggene*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt.
- Ramjerdi, F., Rand, L., Sætermo, I.-A. F., & Sælensminde, K. (1997). *The Norwegian Value of Time Study*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt.
- Skattedirektoratet. (2014, Februar 14). *Arbeidsgiveravgift til folketrygden for 2014*. Hentet fra Skattedirektoratet: <http://www.skatteetaten.no/globalassets/arbeidsgiveravgift-til-folketrygden-for-2014.pdf>

Statens Vegvesen. (2014). *Bransjenorm for personvern og informasjonssikkerhet i elektronisk billettering*. Oslo: Vegdirektoratet.

Statistisk sentralbyrå. (2014, Oktober 14). *Arbeidskraftkostnader, 2012*. Hentet fra [ssb.no: https://www.ssb.no/arbeid-og-lonn/statistikker/arbkost/hvert-4-aar/2014-10-14?fane=om#content](https://www.ssb.no/arbeid-og-lonn/statistikker/arbkost/hvert-4-aar/2014-10-14?fane=om#content)

Statistisk sentralbyrå. (2015). *Økonomiske analyser 4/2015*. Oslo: SSB.

Statistisk Sentralbyrå. (2017, Februar 1). *Arkiv for Lønn, alle ansatte - årlig*. Hentet fra Statistiks Sentralbyrå: <https://www.ssb.no/arbeid-og-lonn/statistikker/lonnansatt/aar/2015-03-20?fane=arkiv>

Toutain, J. E., Taarneby, G., & Selvig, E. (2008). *Energiforbruk og utslipp til luft fra innenlandsk*. Oslo: Statistisk sentralbyrå.

Yngre legers forening. (2009, Februar 20). *Helsemessige konsekvenser av lange arbeidsdager*. Hentet fra legefóreningen: <http://legeforeningen.no/yf/Yngre-legers-forening/Dinerettigheter/arbeidstid/arbeidstid-for-leger3/>

Østli, V., Halse, A. H., & Killi, M. (2015). *Verdsetting av tid, pålitelighet og komfort tilpasset NTM6*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt.

13. Vedlegg

13.1 Årsakskoder – TIOS (Bane NOR, 2017)

Kodeliste revidert september 2015:

INFRASTRUKTUR:

Kode nr og navn:

Forklaring:

1 Bane

Linjen, skinnebrudd, solslyng, telehiv. Saktekjøringer i hht FIDO. Glatte skinner, snø/is/løvfall, tre på linjen, vegetasjon hindrer sikt. Overvann pga tett stikkrenne (ikke flom). Planlagt arbeid ikke avsluttet i tide. Reparasjonsarbeider etter akutte hendelser (ras, avsporing m.v.) og saktekjøringer etter arbeider.

2 Sikrings/signalanlegg, fjernstyring

«Trafikkstyrer får ikke stilt signal». Ved feil på linjeblokk, pærekontroll, stillverk/fjernstyringsanlegg, ATC-balise, vegsikringsanlegg, rasvarslingsanlegg. Sporveksel ikke i kontroll. Utsiktet passering av signal i stopp grunnet teknisk feil ("signalfall"). Sporfeltbelegg inkl. saltbelegg. Feil ved nødstrømsanlegg.

3 Elkraft/Kontaktledningsanlegg

Nedrevet/skadet kontaktledning. Tre over KL-anlegg. Feil på KL-komponenter. Feil i omformerstasjon til KL. (strømløst/reduisert kapasitet).

Forårsakende tognr angis i tilfeller av skade på KL.

4 Tele og transmisjonsfeil

Tele- og transmisjonsfeil som fører til driftsforstyrrelser. Feil ved GSM-R-systemet. Feil ved høyttaler/anviser. Feil på FIDO kommunikasjon.

5 Planlagt vedlikeholdsarbeid infrastruktur

Planlagt arbeid er vedlikeholds- og anleggsarbeider som er planlagt og bekjentgjort til jernbaneforetakene på forhånd. Benyttes på: Tog planlagt innstilt grunnet planlagte arbeider på aktuell strekning. Forsinkelser som følger av at man må vente på alternativ transport. Enkeltsporet drift grunnet planlagt arbeid.

På Kode 1 skal reparasjonsarbeider etter akutte hendelser (ras, avsporing m.v.), saktekjøringer etter arbeider og planlagt arbeid ikke avsluttet i tide.

6 Materiell med feil sperrer spor/blokkstr.

Benyttes på forsinkelser som oppstår for et tog når et annet, havarert tog/tog med feil sperrer linjen. Nyttes også dersom enkeltsporet drift må iverksettes grunnet dette. Skal benyttes selv om havarert tog/tog med feil på materiellet har begynt å kjøre igjen.

*Når linjen er klar for trafikk, men togleder velger å holde tilbake et motgående tog i påvente av kryssing, skal dette toget ha **Kode 7** (Trafikkavvikling). Husk: Havarert tog/toget med feil skal ha **Kode 81** (Feil ved materiell).*

7 Trafikkavvikling

Helhetsvurderinger gjort av trafikkstyrer vedrørende rekkefølge/valg av kryssingssted, konstruksjons/systemfeil i ruteplan. Årsaker i forhold til trafikkstyring: Signal stilles for sent, får ikke meldt tog til betjent stasjon, køkjøring, overbelastet banestrekning, feil i hjelpesystem FJS (Automat/ATL/TLS). Jernbaneverkets personale bruker FIDO-systemet feil.

JERNBANEFORETAKENE

81 Feil ved materiell

Alle feil ved rullende materiell som medfører stans eller redusert kjørehastighet. Lastforskyving på godstog. Feil på ombordutrustningen til FIDO eller ved feil på ombordutrustningen til ERTMS.

82 Materiell sent fra hensettingspor.

Benyttes når avgang blir forsinket fordi toget ikke er satt opp i tide fra driftsbanegård/lokstall/hensettingspor e.l.

83 Manglende personell

Forsinkelse som er forårsaket av enhver form for personalmangel hos jernbaneforetaket, inklusive personalbytte underveis.

84 Stasjonsopphold

Rutemessig oppholdstid på stasjon/holdeplass overskrides grunnet reisende/gods/skifting eller behov for bruk av rullestolheis underveis.

Jernbaneforetaket ber toget holdes tilbake grunnet overgangsreisende fra andre forsinkede tog. Forsinkelsen registreres ved ankomst neste stasjon.

85 Planforutsetninger ikke oppfylt

Toget kjøres med redusert materiell (kapasitet/hastighet) enn forutsatt. Toget holder ikke fastsatt hastighet. Ekstra togstopp beordret av jernbaneforetaket. Tog innstilt grunnet markedsmessige årsaker eller manglende materiell, Øvelseskjøring. Jernbaneforetakets personale bruker FIDO-systemet feil.

UTENFORLIGGENDE FORHOLD

91 Forsinkelse fra utlandet

Tog forsinket/innstilt fra Sverige. Tog må holdes tilbake på norsk side grunnet kapasitetsmangel i Sverige.

92 Ytre forhold

Storm, flom, ras som gjør linjen ufarbar samt ved risiko for uhell grunnet dette. Store snøfall i tiden hvor snøberedskap ikke er opprettet.

93 Uhell, påkjørsel

Ved påkjørsel av person, kjøretøy, dyr eller annen gjenstand på linjen eller stasjon. Driftsuhell, avsporing og skifteuhell.

94 Uønsket hendelse

Tilløp til uhell, f. eks ulovlig ferdsel i spor, melding om dyr langs linjen. Tog venter på politi/ambulanse. Brann i tilknytning til linjen/stasjon. Utilsiktet passering av signal i stopp (Reell passering).

13.2 Algoritme (Mathisen, 2017)

```
#!/perl -w
use strict;
my (%route, %distance, %togprdag, %passengers); # Fylles med data i maskingenerert fil
passasjer.pm!
load_passasjer_tall();
# Lag linjer for retur-tog:
#{ my @linjer = keys %route; foreach (@linjer) { @{$route{'-'.$_}} = reverse
@{$route{$_}}; }
my %tognr2endepunkt = ();
load_tognr_og_retning();
my %stasjon_avstand = ();
load_linje_stasjon_avstand();
my %kostnad_linje_til_stasjon = ();
# load_kostnad_linje_til_stasjon();
my %linje_to_area = ();
my %linje_avstand_kost = ();
my %endepunkt_cache = ();
my %measure;
finn_malestasjoner();
#my %mellom_stasjoner = ();
#load_mellom_stasjoner();
my $FIRSTONLY = shift || 0;
my $COUNTONLY = shift || 0;
my %tognr2linje = ();
my $total_kostnad = 0;
my %total_kode = ();
my %total_stasjon = ();
my %total_stasjon_kode = ();
my $skip = 0;
# Alle tider:
my $prev_tognr = 0;
my $prev_kode = 0;
```

```

my @lines = ();
my @ny_tog = ();
my %tog = ();
my %linje = ();
my $line = 0;
my @stasjoner = ();
sub semi_numeric
{
    my ($a, $b) = @_ ;
#    return ($a <=> $b) if ($a =~ /\^d+$/ && $b =~ /\^d+$/);
    return ($a cmp $b);
}
open(F, '<', '20170307-Tone.txt') || die("Fant ikke filen '20170307-Tone.txt' med alle
passeringer!");
my $HDR = <F>;
# UTG_DT   TOG_NR   STASJON_KD           STASJON_NV           DELINNSTILT
PLANLAGT_ANKOMST           PLANLAGT_AVGANG   FAKTISK_ANKOMST
FAKTISK_AVGANG   FORSINKELSE_ANKOMST           FORSINKELSE_AVGANG
AARSAK_KD   REL_FOR
if (! -f 'tognr_to_linje.txt') {
    while (<F>) {
        chomp;
        my ($start_dato, $tognr, $st_kd, $st_nv, $delinnstilt, $pinn, $put, $finn, $fut,
$fors_ank, $fors_avg, $kode, $relfors) = split(/\t/);
        while (length($tognr) < 5) { $tognr = '0'.$tognr; }
        $st_nv = 'Gardermoen Oslo Lufthavn' if ($st_nv eq 'Gardermoen');
        $tog{$tognr}->{stasjon}->{$st_nv}->{antall}++;
        if ($tognr ne $prev_tognr) {
            if (scalar(@stasjoner)) {
                @{$tog{$prev_tognr}->{stasjonsliste}} = @stasjoner
                unless (defined($tog{$prev_tognr}->{stasjonsliste}))
&& scalar(@{$tog{$prev_tognr}->{stasjonsliste}}) > scalar(@stasjoner));
                @stasjoner = ();
            }
        }
    }
}

```

```

        #last if ($start_dato ge '31.01.2015');
        $tog{$tognr}->{antall}++;
    }
    push(@stasjoner, $st_nv);
#    if (defined($fors_ank) && $fors_ank) {
#        $kode = $prev_kode unless (defined($kode));
#        $tog{$tognr}->{stasjon}->{$st_nv}->{kode}->{$kode} += $fors_ank;
#    }
    $line++;
    $prev_tognr = $tognr;
#    $prev_kode = $kode;
}
close(F);
if (scalar(@stasjoner)) {
    @{$tog{$prev_tognr}->{stasjonsliste}} = @stasjoner
        unless (defined($tog{$prev_tognr}->{stasjonsliste}) &&
scalar(@{$tog{$prev_tognr}->{stasjonsliste}}) > scalar(@stasjoner));
}
printf(STDERR "Lest inn %d linjer med data for %d tog\nStarter filtrering og
akumulering\n", $line, scalar(keys %tog));
open(T, '>', 'tognr_to_linje.txt');
my %tog_pr_linje_stasjon = ();
foreach (sort {semi_numeric($a, $b)} keys %tog) {
    my $tognr = $_;
    my $t = $tog{$tognr};
    my $togantall = $t->{antall};
    next if ($togantall < 26); # Minst ett tog hver annen uke!
    # Finn standard stasjoner, dvs minst 1/3 av alle avganger:
    my %okst = ();
    foreach (keys %{$t->{stasjon}}) {
        if ($t->{stasjon}->{$_}->{antall}*3 >= $togantall) {
            $okst{$_}++;
        }
    }
}

```

```

my @okst = (); # Liste av stasjoner i linje-rekkefølge
foreach (@{$t->{stasjonsliste}}) {
    push(@okst, $_) if (defined($okst{$_}));
}
my $linje = tognr2linje($tognr, @okst);
next unless ($linje);
# Filtrer @okst til å bare bruke stasjoner med passasjer-data
my %linjest = ();
foreach (@{$route{$linje}}) { $linjest{$_}++; }
foreach (@okst) {
    $tog_pr_linje_stasjon{$linje->{$_} += $tog{$tognr->{stasjon}-
>{$_->{antall}} if (defined($linjest{$_}));
}
    printf(T "%s\n", join(';', $tognr, $linje, $togantall, @okst));
}
close(T);
die("Sortert tognr per linje");
}
my $total_antall_forsinkelser = 0;
my $total_forsinkelse = 0;
if (1) { #if (! -f 'tognr_til_linje_og_antall.txt') {
    load_tognr2linje();
    printf(STDERR "Lest inn tognr/linje, beregner kostnad per forsinkelse\n");
    my ($prev_st, $prev_fors) = ("", 0);
    while (<F>) {
        chomp;
        my ($start_dato, $tognr, $st_kd, $st_nv, $delinnstilt, $pinn, $put, $finn, $fut,
$fors_ank, $fors_avg, $kode, $relfors) = split(/\t/);
        $fors_ank = 0 unless (defined($fors_ank) && $fors_ank);
        while (length($tognr) < 5) { $tognr = '0'.$tognr; }
        $st_nv = 'Gardermoen Oslo Lufthavn' if ($st_nv eq 'Gardermoen');
        $st_nv = 'Torp Sandefjord Lufthavn' if ($st_nv eq 'Torp');
        my $linje = tognr2linje{$tognr};
        next unless ($linje);
    }
}

```

```

# if ($st_nv eq "Torp Sandefjord Lufthavn") {
#     printf(STDERR "%s\n", $_);
# }
# $tog{ $tognr }->{ stasjon }->{ $st_nv }->{ antall }++;
$linje{ $linje }->{ stasjon }->{ $st_nv }->{ antall }++;

if ($st_nv eq "Torp Sandefjord Lufthavn" || $st_nv eq "Værnes") {
    $fors_ank = $prev_fors;
}
if ($fors_ank >= 4 && defined($measure{ $linje }->{ $st_nv })) {
    $kode = $prev_kode unless (defined($kode) && $kode);
    if (defined($kode) && $kode) {
        # $tog{ $tognr }->{ stasjon }->{ $st_nv }->{ kode }->{ $kode } +=
$fors_ank;
        $linje{ $linje }->{ stasjon }->{ $st_nv }->{ kode }->{ $kode } +=
$COUNTONLY ? 1 : $fors_ank;
        $total_antall_forsinkelser++;
    }
}
$line++;
#$prev_tognr = $tognr;
$prev_kode = $kode;
$prev_st = $st_nv;
$prev_fors = $fors_ank;
if (defined($measure{ $linje }->{ $st_nv }) && $FIRSTONLY) {
    $prev_kode = 0;
    $prev_fors = 0;
}
}
close(F);
#
my $total_kost = 0;
my %koder = ();

```

```

foreach (sort keys %linje) {
    my $l1 = $_;
    my $l = $_;
    if (substr($l1,0,1) eq '-') {
        $l1 = substr($l1,1);
    }
    #open(T, '>', sprintf("minutter_%s_pr_stasjon_og_kode.csv", $_));
    my @stasjoner = @{$route{$l1}};
    @stasjoner = reverse @stasjoner if ($l1 ne $_);
    #printf(T "%s\n", $_);
    foreach (@stasjoner) {
        next unless ($linje{$l1}->{stasjon}->{$_}->{antall});
        next unless (scalar(keys %{$linje{$l1}->{stasjon}->{$_}->{kode}})); #
Minst en forsinkelseskode!
        #printf(T ":%s", join("\t", $_, $linje{$l1}->{stasjon}->{$_}->{antall}));
        my $st = $_;
        my $kpm = kostnad_linje_stasjon_per_minutt($l, $_);
        foreach (sort keys %{$linje{$l1}->{stasjon}->{$st}->{kode}}) {
            my $kost = $kpm * $linje{$l1}->{stasjon}->{$st}->{kode}-
>{$_};

            $koder{$_}++;
            $total_kost += $kost;
            #printf(T ":%s\t%s\t%1.2f", $_, $linje{$l1}->{stasjon}->{$st}-
>{kode}->{$_}, $kost);

            $linje{$l1}->{stasjon}->{$st}->{kostnad}->{$_} = $kost;
        }
        #printf(T "\n");
    }
}
#close(T);
my @koder = sort {$a <=> $b} keys %koder;
printf(STDERR "Total kostnad = %1.2f - lager regneark...\n", $total_kost);
foreach (sort keys %linje) {
    next if (substr($_,0,1) eq '-');

```

```

my $ll = $_;
my $l = ' '.$_;
my @stasjoner = @{$route{$ll}};
open(CSV, '>', sprintf("kost_%s_pr_stasjon_og_kode%s%s.csv", $_,
$FIRSTONLY ? '_first' : "", $COUNTONLY ? '_count' : ""));
printf(CSV "%s\n", join(';', "".$_.",", @koder));
open(FORS, '>', sprintf("fors_%s_pr_stasjon_og_kode%s%s.csv", $_,
$FIRSTONLY ? '_first' : "", $COUNTONLY ? '_count' : ""));
printf(FORS "%s\n", join(';', "".$_.",", @koder));
foreach (@stasjoner) {
    my $st = $_;
    my @kost = ();
    my @fors = ();
    foreach (@koder) {
        # Forsinkelse i begge retninger!
        my $kost = $linje{$ll}->{stasjon}->{$st}->{kostnad}->{$_} ||
0;
        my $rev_kost = $linje{$l}->{stasjon}->{$st}->{kostnad}-
>{$_} || 0;
        $kost += $rev_kost;
        push(@kost, ($kost) ? sprintf("%1.0f", $kost) : "");
        my $f1 = $linje{$ll}->{stasjon}->{$st}->{kode}->{$_} || 0;
        my $f2 = $linje{$l}->{stasjon}->{$st}->{kode}->{$_} || 0;
        my $fors = $f1 + $f2;
        push(@fors, $fors);
        $total_forsinkelse += $fors;
    }
    printf(CSV "%s\n", join(';', "".$st.",", @kost));
    printf(FORS "%s\n", join(';', "".$st.",", @fors));
}
close(CSV);
close(FORS);
}

```

```

    die("Alle beregninger OK, totalt antall forsinkelser = $total_antall_forsinkelser, samlet
forsinkelse = $total_forsinkelse");
}
sub load_tognr2linje
{
    open(T, '<', 'tognr_to_linje.txt') || die("Fant ikke filen med tognr/linje!");
    while (<T>) {
        my ($tognr, $linje, $antall, @st) = split(/;/);
        $tognr2linje{$tognr} = $linje;
    }
    close(T);
}
sub tognr2linje
{
    my ($tognr, @stasjoner) = @_ ;
    return $tognr2linje{$tognr} if (defined($tognr2linje{$tognr}));
    if (!scalar(@stasjoner) || $tognr =~ /\D/) {
        $tognr2linje{$tognr} = "";
        return "";
    }
    my $tnr = $tognr;
    substr($tognr,0,1) = '0' if (substr($tognr,0,1) eq '8');
    my %stasjoner;
    foreach (@stasjoner) {
        $stasjoner{$_} = 1;
    }
    my $maxratio = 0;
    my $bestelinje = "";
    foreach (keys %route) {
        my @st = @{$route{$_}};
        next unless (scalar(@st));
        my $hits = ($st[0] eq $stasjoner[0]) || ($st[scalar(@st)-1] eq $stasjoner[0]);
        $hits += ($st[0] eq $stasjoner[scalar(@stasjoner)-1]) || ($st[scalar(@st)-1] eq
$stasjoner[scalar(@stasjoner)-1]);

```

```
$hits *= scalar(@stasjoner);
my $miss = scalar(@stasjoner);
my $r = $_;
foreach (@st) {
    if (defined($stasjoner{$_})) {
        $hits++;
        $miss--;
    }
    else {
        $miss++;
    }
}
my $ratio = $hits / ($hits + $miss);
if ($maxratio < $ratio) {
    $maxratio = $ratio;
    $bestelinje = $r;
}
}
#if ($tognr ge '70000' && $tognr lt '80000')
if ($tognr >= 300 && $tognr < 355) {
    $bestelinje = 'IC_Nord&Vest';
}
elseif ($tognr >= 390 && $tognr < 400) {
    $bestelinje = "";
}
elseif ($tognr >= 400 && $tognr < 410) {
    $bestelinje = 'Oslo_Trondheim';
}
elseif ($tognr >= 470 && $tognr < 480) {
    $bestelinje = 'Trondheim_Bodø';
}
elseif ($tognr >= 552 && $tognr < 553) {
    $bestelinje = 'Kongsberg_Eidsvoll';
}
}
```

```
elseif ($stognr >= 700 && $stognr < 750) {
    $bestelinje = 'Oslo_Stavanger';
}
elseif ($stognr >= 800 && $stognr < 860) {
    $bestelinje = 'IC_Nord&Vest';
}
elseif ($stognr >= 1070 && $stognr < 1080) {
    $bestelinje = "; # Stockholm!
}
elseif ($stognr >= 1679 && $stognr < 1680) {
    $bestelinje = 'Drammen_Dal';
}
elseif ($stognr >= 600 && $stognr < 611) {
    $bestelinje = 'Oslo_Bergen';
}
elseif ($stognr >= 1715 && $stognr < 1716) {
    $bestelinje = 'Rørosbanen_hele';
}
elseif ($stognr >= 1757 && $stognr < 1760) {
    $bestelinje = 'Rørosbanen_hele';
}
elseif ($stognr >= 2000 && $stognr < 2004) {
    $bestelinje = 'IC_Nord&Vest';
}
elseif ($stognr >= 3000 && $stognr < 3200) {
    $bestelinje = 'Oslo_Stavanger'; # Jærbanen!
}
elseif ($stognr >= 3600 && $stognr < 3900) {
    $bestelinje = 'Flytoget';
}
elseif ($stognr >= 1900 && $stognr < 2000) {
    $bestelinje = 'Skøyen_Mysen';
}
elseif ($stognr >= 0 && $stognr < 0) {
```

```

        $bestelinje = ";
    }
    elsif ($tognr >= 0 && $tognr < 0) {
        $bestelinje = ";
    }
    elsif ($tognr >= 0 && $tognr < 0) {
        $bestelinje = ";
    }
    elsif ($tognr >= 0 && $tognr < 0) {
        $bestelinje = ";
    }
    return if ($bestelinje eq "");
    if (($tognr & 1) == 0) { # Retur-linje
        $bestelinje = '-'.$bestelinje;
        @stasjoner = reverse @stasjoner;
    }
    $tognr2linje{$tnr} = $bestelinje;
    return $bestelinje;
}
my %kostnad_linje_stasjon = ();
sub kostnad_linje_stasjon_per_minutt
{
    my ($linje, $stasjon) = @_ ;
    my $cache_key = join(";", $linje, $stasjon);
    return          $kostnad_linje_stasjon{$cache_key}          if
(defined($kostnad_linje_stasjon{$cache_key}));
    my $rev = 0; my $rr = $linje;
    if (substr($linje,0,1) eq '-') {
        $rr = substr($linje,1);
        $rev = 1;
    }
    my @stasjon = @{$route{$rr}};
    @stasjon = reverse @stasjon if ($rev);
    my $kostnad = 0;

```

```

my $tilfly = defined($measure{$stasjon}) && ($measure{$stasjon} & 2);
foreach (@stasjon) {
    last if ($_ eq $stasjon);
    my $avstand = linje_stasjon_avstand($linje, $_, $stasjon);
    my $fly = $tilfly || (defined($measure{$_}) && ($measure{$_} & 2));
    $kostnad += linje_og_avstand_til_kostnad_pr_passasjer_time($linje,
$avstand, $fly) *
        $passengers{$r}->{join(";", sort ($_, $stasjon))} / $linje{$linje}-
>{$stasjon}->{$_}->{antall}
        if (defined($linje{$linje}->{$stasjon}->{$_}->{antall}) &&
$linje{$linje}->{$stasjon}->{$_}->{antall});
    }
    $kostnad /= 60*2; # Kostnad per time, halvparten av passasjerene i hver retning
    $kostnad_linje_stasjon{$cache_key} = $kostnad;
    return $kostnad;
}
sub linje_to_area
{
    my ($linje) = @_;
    return $linje_to_area{$linje} if (defined($linje_to_area{$linje}));
    my $r = $linje;
    my $rr = '-'.$linje;
    if (substr($linje,0,1) eq '-') {
        $r = substr($linje,1);
        $rr = $linje;
    }
    foreach (@{$route{$r}}) {
        if ($_ eq 'Tønsberg') {
            $linje_to_area{$r} = 'vestfold';
            $linje_to_area{$rr} = 'vestfold';
            return 'vestfold';
        }
    }
    foreach (@{$route{$r}}) {

```

```

        if ($_ eq 'Oslo S') {
            $linje_to_area{$r} = 'oslo';
            $linje_to_area{$rr} = 'oslo';
            return 'oslo';
        }
    }
    return 'vestfold';
}

sub linje_og_avstand_til_kostnad_pr_passasjer_time
{
    my ($linje, $avstand, $fly) = @_;
    return 0.35 * 1148.9 + 0.14 * 743.6 + 0.51 * 464.7 if ($fly);
    my $range = int($avstand*0.02);
    $range = 2 if ($range > 2);
    my $area = linje_to_area($linje);
    my $cache_key = join(";", $area, $range);
    return $linje_avstand_kost{$cache_key} if
    (defined($linje_avstand_kost{$cache_key}));
    if ($area eq "oslo") {
        if ($range == 0) {
            return $linje_avstand_kost{$cache_key} = 0.07 * 1308.2 + 0.49 * 192.9
+ 0.44 * 151.5;
        }
        elsif ($range == 1) {
            return $linje_avstand_kost{$cache_key} = 0.10 * 981.1 + 0.42 * 227.2
+ 0.48 * 162.8;
        }
        else {
            return $linje_avstand_kost{$cache_key} = 0.20 * 981.1 + 0.05 * 227.2
+ 0.75 * 162.8;
        }
    }
    elsif ($area eq "vestfold") {
        if ($range == 0) {

```

```

        return $linje_avstand_kost{$cache_key} = 0.03 * 1308.2 + 0.57 * 192.9
+ 0.40 * 151.5;
    }
    elsif ($range == 1) {
        return $linje_avstand_kost{$cache_key} = 0.06 * 981.1 + 0.42 * 227.2
+ 0.52 * 162.8;
    }
    else {
        return $linje_avstand_kost{$cache_key} = 0.20 * 981.1 + 0.05 * 227.2
+ 0.75 * 162.8;
    }
}
die("Ukjent område fra linje: $linje");
}
sub linje_stasjon_avstand
{
    my ($linje, $fra, $til) = @_;
    my $cache_key = join(':', sort ($fra, $til));
    if (defined($stasjon_avstand{$cache_key})) {
        return $stasjon_avstand{$cache_key};
    }
    die("$linje - $fra - $til finnes ikke i cache!");
}
sub load_linje_stasjon_avstand
{
    foreach (keys %route) {
        my $linje = $_;
        my @stasjon = @{$route{$linje}};
        my @dist = @{$distance{$linje}};
        for (my $e = 1; $e < scalar(@dist); $e++) {
            my $dist = 0;
            for (my $b = $e-1; $b >= 0; $b--) {
                $dist += $dist[$b+1];
                my $key = join(";", sort ($stasjon[$b], $stasjon[$e]));
            }
        }
    }
}

```

```

        if (!defined($stasjon_avstand{$key}) || $stasjon_avstand{$key}
> $dist) {
            $stasjon_avstand{$key} = $dist;
        }
    }
}

sub load_tognr_og_retning
{
    open(TNR, '<', 'tognummer_og_retning.csv');
    #LINJENUMMER,TOG_NR,TOGRUTE_UTGANGSTASJON_NAVN,TOGRUTE
_ENDESTASJON_NAVN,Antall avganger
    my $hdr = <TNR>;
    while (<TNR>) {
        chomp;
        my ($linje, $tognr, $start, $stopp, $antall) = split(/,/);
        my $sep = join(";", $start, $stopp, $antall);
        if (defined($tognr2endepunkt{$tognr})) {
            my ($b, $e, $a) = split(/;/, $tognr2endepunkt{$tognr});
            next if ($a > $antall);
        }
        $tognr2endepunkt{$tognr} = $sep;
    }
    close(TNR);
    foreach (keys %tognr2endepunkt) {
        my ($b, $e, $a) = split(/;/, $tognr2endepunkt{$_});
        $tognr2endepunkt{$_} = join(";", $b, $e);
    }
}

sub endepunkt2linje
{
    my ($endepunkt) = @_;
```

```
if (defined($endepunkt_cache{$endepunkt})) { return
$endepunkt_cache{$endepunkt}; }
my ($start, $stopp) = split(/:/, $endepunkt);
my $revers = join(':', $stopp, $start);
my $shortest = 1e38;
my $korteste_linje;
foreach (keys %route) {
    my @stasjoner = @{$route{$_}};
    my @avstand = @{$distance{$_}};
    my $linje = $_;
    # Finn korteste linje med begge endepunkt:
    my ($found, $len, $idx) = (0,0,0);
    foreach (@stasjoner) {
        $len += $avstand[$idx];
        $found++ if ($start eq $_ || $stopp eq $_);
        $idx++;
    }
    if ($found >= 2 && $len < $shortest) {
        $shortest = $len;
        $korteste_linje = $linje;
    }
}
return undef unless(defined($korteste_linje));
my $linje = $korteste_linje;
my ($idx, $beg, $end) = (0);
my @stasjoner = @{$route{$linje}};
foreach (@stasjoner) {
    if ($start eq $_) {$beg = $idx; }
    elsif ($stopp eq $_) { $end = $idx; }
    $idx++;
}
if ($beg > $end) {
    $endepunkt_cache{$endepunkt} = '-'.$linje;
```

```

        Sendepunkt_cache{$revers} = $linje;
    }
    else {
        Sendepunkt_cache{Sendepunkt} = $linje;
        Sendepunkt_cache{$revers} = '-'.$linje;
    }
    return $linje;
}
sub finn_malestasjoner
{
    foreach (keys %route) {
        my $ll = $_;
        foreach (@{$route{$_}}) {
            $measure{$_} = 0;
            $measure{$ll}->{$_} = 0;
            $measure{"-".$ll}->{$_} = 0;
        }
    }
    my @oslo_internal =
("Asker,Høn,Vakås,Hvalstad,Billingstad,Slependen,Sandvika,Blommenholm,Høvik,Stabekk
,Lysaker,Skøyen,Nationaltheatret,Oslo
S,Bryn,Alna,Nyland,Grorud,Haugenstua,Høybråten,Lørenskog,Hanaborg,Fjellhamar,Strøm
men,Sagdalen,Lillestrøm");
#    if ($OSLO_QUEUE) {
#        foreach (@oslo_internal) {
#            $measure{$_} |= 4;
#        }
#    }
    my @grense = ("Drammen", "Skien", "Asker", "Oslo S", "Oslo S", "Lillestrøm",
"Trondheim", "Bodø");
    foreach (@grense) {
        #$measure{$_} |= 1;
    }
}

```

```
my @flyplass = ("Værnes", "Gardermoen Oslo Lufthavn", "Torp Sandefjord
Lufthavn");
foreach (@flyplass) {
    $measure{$_} |= 2;
}
}
sub load_passasjer_tall
{
```

13.3 Eksempel på output fra program

I Tabell 26 Tabell 25 vises datamodellens output for samlet kostnad for linjen Kongsberg – Eidsvoll. I Tabell 26 og Tabell 27 vises tilsvarende for henholdsvis forsinkelsesminutter og antall hendelser.

Kongsberg_Eidsvoll	1	2	3	4	5	6	7	81	82	83	84	85	91	92	93	94
Kongsberg	8061	1773				2418	1935	6287	2902							9028
Darbu	2210	5738	1773	502	781	1422	14271	3265	735	1027	240	281		289	335	2071
Vestfossen	6435	19824	5459	1463	2510	4844	36499	10203	1683	3087	843	1028		3709	1116	5750
Hokksund	22091	74279	17941	4078	8199	14880	114209	29864	3589	8843	4654	1508		12183	4117	18550
Steinberg	1765	4308	835	236	1106	896	11333	1927	217	562	493	112		645	170	1388
Mjøndalen	35038	96530	18406	4690	10110	13534	209201	36290	3587	10310	9916	2757		10999	4088	24790
Gulskogen	29086	123223	24656	3899	9978	12989	183977	31395	2882	9547	14239	2019		10285	3121	21891
Drammen	88790	443611	91567	11500	32491	60828	612864	95795	7714	29147	46213	36052		29736	9242	75777
Brakerøya	404	2695	625	93	268	300	2551	465	35	241	257	143		166	116	383
Lier	2170	12990	4038	579	1590	1859	14095	2363	258	1381	1375	930		872	394	2104
Asker	65109	470287	170845	19229	44891	62098	354383	59723	5516	37906	32733	29489		22602	17181	78273
Sandvika	53831	426204	121067	14885	41204	52813	281583	53897	3928	30757	27846	20952		17351	21048	68860
Lysaker	45026	418803	87581	16219	30409	45594	192426	22229	35625	21580	14229			20170	20988	70820
Skøyen	31555	315767	69316	12533	23079	35041	159977	41832	2033	24604	21287	9995		14244	13701	52008
Nationaltheatret	61574	664168	144604	26936	52503	71521	281748	87787	3409	58656	44993	15712		34169	31368	104203
Oslo S	219389	2420481	769776	92990	260382	296376	1046043	288701	19119	107395	124286	79954		149127	127398	469837
Lillestrøm	54050	498737	180852	16815	89715	53795	197479	80308	2011	43683	32512	14805		29975	32265	113279
Gardermoen Oslo Lufthavn	39405	400353	134383	11441	210746	33720	155647	77844	1204	24688	16137	9032		22761	16378	91547
Eidsvoll Verk	654	5545	2267	217	898	690	1763	673	22	495	286	167		501	345	1096
Eidsvoll		3020		636	3815		4609	6675	954	3338						

Tabell 25 Forsinkelseskostnad per stasjon og årsakskode, Kongsberg – Eidsvoll

Kongsberg_Eidsvoll	1	2	3	4	5	6	7	81	82	83	84	85	91	92	93	94
Kongsberg	448	2732	724	30	342	342	2279	350	18	123	178	90	0	87	225	306
Darbu	473	2784	761	74	352	387	2552	612	57	182	192	79	0	63	192	370
Vestfossen	436	2671	689	73	348	389	2251	584	45	194	167	89	0	191	185	341
Hokksund	433	2881	728	74	297	416	2534	588	34	212	236	93	0	195	192	426
Steinberg	477	2907	712	73	356	432	2919	619	33	218	239	79	0	180	190	456
Mjøndalen	460	2611	684	73	209	223	2420	548	28	186	152	67	0	165	182	380
Gulskogen	452	2814	759	74	201	238	2398	557	28	208	208	48	0	167	106	395
Drammen	467	2831	738	72	197	303	2710	546	30	177	200	143	0	166	87	408
Brakerøya	457	3241	803	102	284	325	2633	549	34	268	265	137	0	188	158	437
Lier	435	3090	976	114	275	349	2340	554	34	278	235	126	0	184	158	447
Asker	407	3397	1010	123	256	377	2061	484	26	269	213	142	0	166	154	524
Sandvika	420	3631	872	124	304	404	2096	498	26	280	226	141	0	160	181	560
Lysaker	388	3460	799	137	265	396	1694	456	21	283	185	114	0	160	173	603
Skøyen	375	3758	820	149	274	416	1898	499	24	294	253	118	0	170	163	618
Nationaltheatret	338	3627	915	148	286	412	1654	452	23	280	243	106	0	183	171	598
Oslo S	267	3099	923	107	342	371	1276	390	22	127	155	92	0	196	168	595
Lillestrøm	287	2577	961	92	449	292	1045	383	11	239	168	81	0	164	162	557
Gardermoen Oslo Lufthavn	278	2530	912	95	597	280	955	323	10	205	134	75	0	189	136	486
Eidsvoll Verk	235	1994	815	78	323	248	634	242	8	178	103	60	0	180	124	394
Eidsvoll	29	404	98	40	164	24	555	126	10	46	25	32	0	94	33	10

Tabell 26 Forsinkelsesminutter per stasjon og årsakskode, Kongsberg – Eidsvoll

Kongsberg_Eidsvoll	1	2	3	4	5	6	7	81	82	83	84	85	91	92	93	94
Kongsberg	21	60	17	0	9	6	178	3	3	3	12	5	0	9	1	9
Darbu	15	45	17	2	6	6	204	25	4	7	6	1	0	5	3	12
Vestfossen	10	29	5	0	8	2	68	5	0	1	5	1	0	16	2	1
Hokksund	10	51	6	0	9	3	117	3	0	0	16	4	0	3	2	5
Steinberg	11	56	6	0	6	7	243	5	0	3	26	4	0	1	0	13
Mjøndalen	10	58	7	0	9	2	135	4	0	0	10	5	0	3	3	5
Gulskogen	4	94	14	1	11	6	143	5	0	8	21	3	0	5	3	7
Drammen	3	57	12	1	3	10	78	4	1	2	7	21	0	1	2	5
Brakerøya	8	57	15	2	9	4	29	2	0	9	11	1	0	3	2	3
Lier	4	21	14	0	3	2	21	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asker	7	76	38	2	3	11	94	2	0	2	7	6	0	1	3	13
Sandvika	6	66	7	0	7	8	49	10	0	1	6	1	0	0	5	6
Lysaker	1	25	2	2	1	2	14	1	0	0	3	1	0	1	1	3
Skøyen	3	63	3	2	0	2	43	5	0	1	8	0	0	3	0	6
Nationaltheatret	6	68	5	3	3	4	33	2	0	21	13	0	0	4	1	10
Oslo S	4	60	10	1	18	5	27	5	0	1	4	0	0	7	2	6
Lillestrøm	6	50	13	2	23	5	25	11	0	11	7	1	0	3	3	15
Gardermoen Oslo Lufthavn	2	35	4	2	49	2	24	4	0	1	0	1	0	4	0	8
Eidsvoll Verk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eidsvoll	3	28	5	2	16	3	89	7	2	4	6	4	0	5	1	2

Tabell 27 Enkelthendelser per stasjon og årsakskode, Kongsberg – Eidsvoll