

SINTEF A15731

# RAPPORT

## **Driftsstabilitet på Jernbaneverkets nett – årsaksanalyser 2005-2010 Punktlighets- og regularitets- utviklingen, gransking av årsaker**

Nils Olsson, Andreas Økland, Mads Veiseth og  
Øivind Stokland

**SINTEF Teknologi og samfunn**

Teknologiledelse

August 2010

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)



**SINTEF Teknologi og samfunn**

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

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Driftsstabilitet på Jernbaneverkets nett - årsaksanalyser 2005 - 2010****Punktligheits- og regularitetsutviklingen, gransking av årsaker**

FORFATTER(E)

Nils Olsson, Andreas Økland, Mads Veiseth og Øivind Stokland

OPPDRAGSGIVER(E)

Jernbaneverket

RAPPORTNR. <b>SINTEF A15731</b>	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. <b>Bjørn Johannessen, Jernbaneverket</b>	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 978-82-14-04882-7	PROSJEKTNR. <b>60T09631</b>	ANTALL SIDER OG BILAG <b>87 sider totalt</b>
ELEKTRONISK ARKIVKODE Punktligheits 2005-2010 rapport 5_8_2010.docx		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) <b>Nils Olsson</b>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) <b>Atle William Heskestad</b>
ARKIVKODE	DATO 2010-08-05	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) <b>Bjørn Andersen, Forskningsleder</b>	

## SAMMENDRAG

Økningen i forsinkelser fra 2005 er en kombinasjon av spesielt følgende forhold:

1. Økning i feilfrekvens på infrastruktur og rullende materiell
2. Omfattende arbeid nær sporene grunnet nyinvesteringer og økt omfang av vedlikehold
3. Manglende evne til å håndtere normal variasjon i været

Ovenstående har samlet sett gitt en redusert robusthet i jernbanesystemet. Den reduserte robustheten medfører at selv mindre økninger i trafikkvolumet og endringer i regelverk for togfremføring skaper omfattende forsinkelser.

Studien viser også:

- Jernbanen i Norge har et systematisk vinterproblem. Forsinkelser oppstår i større omfang i de år det er strengere vintre, sammenlignet med år med mildere vintre.
- Anleggsarbeid og aktivitet ved sporene har en sammenheng med økte forsinkelser.
- Avgangspunktligheits fra Alnabru er en viktig suksessfaktor for godstogenes punktligheits.
- Infrastrukturen kjennetegnes av dels omfattende anleggsaktivitet på både nybygg og vedlikehold /utbedring, og dels nedslitt infrastruktur.

Det er bekymringsfullt at forsinkelsene har økt selv med moderate produksjonsøkninger, og at man nå planlegger omfattende produksjonsøkning i 2012/2013.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Jernbane	Railroad / Railway
GRUPPE 2	Produksjonsplanlegging	Production planning
EGENVALGTE	Prestasjonsmåling	Performance measurement
	Kvalitet	Quality
	Punktligheits	Punctuality

## Dokumenthistorie

### Versjonsoversikt

Versjon nr	Dato	Beskrivelse	Forfattere	Verifisert av	Godkjent av
0	2010-05-28	Foreløpig versjon. Oversendt til arbeidsgruppen.	Nils Olsson Andreas Økland Mads Veiseth Øivind Stokland		
1	2010-05-04	Første versjon. Gjennomgås i SSK-møte 11.6.2010. Formatering av grafer, korrektur og komplettering i store deler av dokumentet. Nytt: forord, sammendrag, kap 5.7; 5.8; 5.13; 5.14 og 5.15. Ny versjon av kap 5.9; 7.1 og 7.2.	Nils Olsson Andreas Økland Mads Veiseth Øivind Stokland	A. W. Heskestad	B. Andersen
2	2010-06-15	Høringsversjon. Korrektur. Tilpassning av grafer til felles utseende, og for bedre lesbarhet i svart-hvit utskrift. Nyansering av vurderingene rundt Alnabru. Substansielle endringer i forhold til tidligere versjon er merket med gult.	Nils Olsson Andreas Økland Mads Veiseth Øivind Stokland	A. W. Heskestad	B. Andersen
3	2010-06-25	Endelig versjon etter høring. Tittel tilpasset mandatet. Omtale av datakvalitet tatt inn i konklusjon. Diskusjon om hastighetsnedsettelse og ruteplantilpasning ved større utbygginger er utvidet. Korrekt figur 54 satt inn. Ny figur 44, etterfølgende figurer endret nummer.	Nils Olsson Andreas Økland Mads Veiseth Øivind Stokland	A. W. Heskestad	B. Andersen
4	2010-08-05	Skiftet plass på figur 7 og 9. Noe justering av tekst som omtaler figur 9 på side 16.	Nils Olsson Andreas Økland Mads Veiseth Øivind Stokland	A. W. Heskestad	B. Andersen

## **Forord**

Hensikten med denne granskningen har vært å finne årsaker til utviklingen i forsinkelser, generelt for perioden 2005-2010, og spesifikt i forhold til casestrekningen Drammen – Eidsvoll. Dette er nærmere beskrevet i rapportens bakgrunn og mandat (kapittel 1). Det valgte utgangspunktet gir muligheter for at oppdragsgiver selv kan vurdere flere banestrekninger.

Granskningen har vært avgrenset til å ikke omfatte fundamentale eller generiske årsaker, som organisasjons- og ledelsesforhold. Eksempler på slike forhold er omorganiseringsforhold jernbaneaktørene har vært gjennom de siste 15 årene, samt hvordan årelang ressursknapphet kan ha påvirket ledelsesforholdene mellom statsadministrasjonen og jernbaneaktørene.

Granskningen har derfor ikke vurdert forhold som kan ha slike bakenforliggende faktorer. Som eksempelvis hvor stor andel av drifts- og vedlikeholdsaktivitetene som er korrektiv feilretting i forhold til forebyggende feilretting, eller utviklingen i antall timeverk faktisk brukt på slike aktiviteter. Slike analyser avhenger av at det blir utviklet et egnet datagrunnlag. Avgrensningen har vært både naturlig og hensiktsmessig ettersom det er gjennomføringen av forbedringsaktiviteter som vil gi innspill til forbedringer av fundamentale eller generiske årsaker. Slike forhold vil i økende grad kunne bli tema etter hvert som forbedringsaktiviteter vurderes og gjennomføringsevnen begrenses i forhold til ledelses- og organisasjonsforhold. SINTEF anbefaler at oppdragsgiver er bevisst dette, slik at det kan tilrettelegges for best mulig gjennomføringsevne.

## Sammendrag

Bakgrunnen for denne studien er at forsinkelsestimene i januar 2010 er de høyeste registrerte siden registreringene begynte. Trenden fra 2005 er tydelig og negativ. Det ble derfor igangsatt en studie for å gjennomgå utviklingen i forsinkelsestimer og identifisere årsaker til at trenden viser en jevnt forverret situasjon fra 2005. I tillegg håper vi at arbeidet har bidratt til å skape et felles vikelighetsbilde i jernbaneorganisasjonene for status i punktlighetsutviklingen og underliggende påvirkningsfaktorer.

I tillegg til å studere forsinkelsestimer har analysene inkludert andel tog i rute til endestasjon, det som til daglig omtales som "punktligheten". Forsinkelsestimer er studert både totalt og fordelt på årsakskoder. Datainnsamling og analyser er utført på to områder: landet som helhet, og for Drammen - Eidsvoll som er benyttet som casestrekning. Drammen - Eidsvoll er en strekning med mange reisende, og som berører alle togselskapene som er involvert i studien. Gjøvikbanen er imidlertid kun berørt ved Oslo S og strekningen står for en mindre del av godstransportarbeidet.

Vi har funnet flere faktorer som hver for seg, men spesielt samlet sett, har bidratt til å øke belastningen på jernbanesystemet. Det inkluderer økte feilfrekvenser, produksjonsøkninger og økt aktivitet ved sporet. Vi har i liten grad funnet faktorer som har utviklet seg i motsatt retning. Belastningen har derfor økt, men evnen til å håndtere belastningen er ikke økt i tilsvarende grad. I fremtiden bør nye banestrekninger, nytt togmateriell og økt omfang av vedlikehold gi forbedringer. Det er likevel et tankekors at nye baner og nytt togmateriell hittil ikke har gitt en merkbar bedring for jernbanen.

Utviklingen i forsinkelser synes å være en kombinasjon av tre forhold:

1. Økning i feilfrekvens på infrastruktur og rullende materiell
2. Omfattende arbeid nær sporene grunnet nyinvesteringer og økt omfang av vedlikehold
3. Manglende evne til å håndtere normal variasjon i været

Ovenstående har samlet sett gitt en redusert robusthet i jernbanesystemet. Den reduserte robustheten medfører at selv mindre økninger i trafikkvolumet og endringer i regelverk for togfremføring, skaper omfattende forsinkelser.

Jernbanen i Norge har et systematisk vinterproblem. Forsinkelser oppstår i større omfang i de år det er strengere vintre, sammenlignet med år med mildere vintre. Eksempelvis kan vinteren i 2005 karakteriseres som mild, og vinteren 2010 som streng.

Infrastrukturen kjennetegnes dels av omfattende anleggsaktivitet på både nybygg og vedlikehold/utbedring, og dels av nedslitt infrastruktur. Jernbanen befinner seg derfor i begge ender av "badekarskurven", som kjennetegner feilfrekvenser over tid. Anleggsarbeider og aktiviteter ved sporene har en sammenheng med økte forsinkelser. Når anleggsaktivitetene øker, så øker forsinkelsestimene. Det finnes gode eksempler på at ruteplanen har blitt justert for å passe faktiske forhold, eksempelvis ved utbygging av Asker stasjon, men også tilfeller når ruteplan i mindre grad er tilpasset, inkludert pågående aktiviteter ved Lysaker og Sandvika.

Avgangspunktligheit fra Alnabru-terminalen er viktig for godstrafikken. Spesielt fremstår målepunktet "Klart terminal", i praksis ferdigstillingen av lastingen på Alnabru, som en viktig forklaringsfaktor for godstogpunktligheit. Avgangspunktligheit fra Alnabru påvirkes både av interne aktiviteter på terminalen og nærliggende vedlikeholdsverksted, og ankomspunktligheit inn

til terminalen. Det bør undersøkes videre hvordan forsinkelser på ankommende godstog til Alnabru påvirker avgangsforsinkelsene fra Alnabru.

Da Drammen-Eidsvoll er valgt som strekning for utdypende analyser, innebærer det at forsinkelser på langdistansestrekningene utenfor Oslo-området kun er analysert for landet som helhet. Oppfølgende studier bør inkludere minst en langdistansestrekning og omfatte både person- og godstog. Spesielt bør konsekvensene av saktekjøringer for godstog belyses.

Det har vært en økning av produksjonen i perioden 2005-2010, men økning kan ikke karakteriseres som stor. Det bekymringsfulle er at forsinkelsene har økt selv med moderate produksjonsøkninger, og at man nå planlegger omfattende produksjonsøkning i 2012/2013.

Den praktiske gjennomføringen av nye krav synes i liten grad å bli vurdert ut i fra punktlighetshensyn. Endringer i regelverk for togfremføring synes også i liten grad å ha påvirket produksjonsplanene, selv om endringene kan være med å undergrave planforutsetningene som produksjonsplanene bygger på.

Tiltak foreslås fokusert mot følgende områder:

- Håndtering av forutsigbare sesongutfordringer, spesielt vinterproblematikk.
- Håndtering av omfattende anleggsarbeider og aktiviteter ved sporene.
- Avgangspunktighet godstog, spesielt fra Alnabru.
- Konsekvensvurdering av planlagt økning i togproduksjonen.
- Sørg for at infrastruktur er på plass før store produksjonsendringer iverksettes.
- Inkludere punktlighetsvurderinger i prosessen med etablering og formalisering av nytt regelverk.
- Realistiske planer og konsekvent håndheving av planforutsetninger.

Tidligere kvalitetssikringer av datagrunnlaget i TIOS tilsier at totalvolumet av forsinkelsestimer omfatter minst 95% av det reelle antallet forsinkelsestimer. Det er større usikkerhet vedrørende fordelingen av forsinkelsestimer mellom ulike kategorier. Analysene av forsinkelsestimer totalt for hele landet bør derfor ha bedre datagrunnlag enn analysene basert på enkelte årsakskategorier.

Registreringer av forsinkelsestimer skiller ikke på primærforsinkelser og følgeforsinkelser. Begge typer forsinkelser blir registeret, slik at totalvolumet av forsinkelsestimer ikke hadde vært annerledes ved en oppdeling i primær- og følgeforsinkelser. Manglende oppdeling mellom primær- og følgeforsinkelser er derimot en ulempe, dels for identifikasjon av grunnårsaker til forsinkelser, dels for vurdering av systemeffekter i jernbanen som helhet.

Selv om analysen peker på flere konkrete årsaker til økningen i forsinkelsestimer så tilsier erfaringer fra tidlige punktlighetsanalyser at det er en grense for hvor lang man kan trekke rent matematiske analyser av grunnårsaker til forsinkelser. For å komme til bunns i årsak-virkningsskjeder må man både fokusere på utvalgte problemstillinger og involvere personell med omfattende driftserfaring fra alle involverte aktører.

## Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b>	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>4</b>
<b>Tabelliste</b>	<b>9</b>
<b>1 Bakgrunn og mandat</b>	<b>10</b>
<b>2 Gjennomføringen av prosjektet</b>	<b>10</b>
<b>3 Utvikling i punktlighet og forsinkelser mellom 2005-2010</b>	<b>12</b>
3.1 Utvikling av punktlighet og forsinkelser for jernbanesystemet som helhet	12
3.2 Utvikling i registrerte forsinkelser for Jernbaneverket	13
3.3 Utvikling i registrerte forsinkelser for NSB	14
3.4 Utvikling i registrerte forsinkelser for CargoNet	15
3.5 Utvikling i registrerte forsinkelser for Flytoget	17
3.6 Utvikling i registrerte forsinkelser for Gjøvikbanen	17
3.7 Utvikling i registrerte forsinkelser for casestrekningen Drammen - Eidsvoll	18
<b>4 Tidligere studier av forklaringsfaktorer til og effekter av forsinkelser</b>	<b>19</b>
4.1 Forklaringsfaktorer	19
4.2 Forklaringsmodeller knyttet til punktlighet	20
4.3 Kvantifisering av påvirkningsfaktorer	22
4.4 Effekten av forsinkelser og punktlighet	24
<b>5 Forklarings- og påvirkningsfaktorer</b>	<b>26</b>
5.1 Forsinkelsestimer og punktlighet	26
5.2 Vinter, årsvariasjoner	27
5.3 Produksjonsøkning persontog	31
5.4 Produksjonsendring og avgangspunktlighe godstog	34
5.5 Omfang anleggsarbeider og vedlikehold	35
5.6 Rullende materiell	37
5.7 Personell	42
5.8 Trafikkavvikling, stasjonsopphold, planforutsetninger endret, forsinkelse fra utlandet, uhell og uønsket hendelse	42
5.9 Infrastruktur	46
5.10 Regelverksendringer og innføring av ny teknologi	52
5.11 Innstillinger	54
5.12 Kombinasjon av ny og gammel infrastruktur	57
5.13 Regresjonsanalyse	58
5.14 Planforutsetninger og bruk av restkapasitet	61
5.15 Datakvalitet og –tilgjengelighet	62
<b>6 Ulike typer av tiltak</b>	<b>64</b>
<b>7 Konklusjon og forslag på tiltak</b>	<b>66</b>
7.1 Oppsummering av utførte analyser	66
7.2 Forslag til tiltak	71
<b>Referanser</b>	<b>73</b>
<b>Vedlegg 1. Oversikt over data som inngår i beregningene</b>	<b>76</b>
<b>Vedlegg 2. Regresjonsmodeller hele landet</b>	<b>79</b>
<b>Vedlegg 3 Regresjonsanalyser for Drammen – Eidsvoll</b>	<b>85</b>



## Figurliste

Figur 1. Ulike typer av data inkludert i analysene.....	11
Figur 2: Punktlighet målt som prosentvis punktlighet til endestasjon, måned for måned fra januar 2005 til april 2010 for landet som helhet (TIOS).....	13
Figur 3. Forsinkelsestimer pr år for Jernbaneverket og de største togselskapene (TIOS akkumulert 2005-2010).....	13
Figur 4. Utvikling i forsinkelsestimer pr måned registrert på infrastrukturelterte årsakskoder i TIOS, med kontrollgrenser (TIOS) .....	14
Figur 5. Forsinkelsestimer pr måned fordelt på infrastrukturkoder (TIOS akkumulert 2005-2010).....	14
Figur 6. Forsinkelsestimer for NSB pr. måned, med kontrollgrenser (TIOS).....	15
Figur 7. Forsinkelsestimer for NSB pr år, fordelt på årsakskategori (TIOS akkumulert 2005-2010).....	15
Figur 8. Forsinkelsestimer pr. måned for CargoNet, med kontrollgrenser (TIOS) .....	16
Figur 9. Forsinkelsestimer CargoNet pr. år (TIOS akkumulert 2005-2010).....	16
Figur 10. Forsinkelsestimer pr måned for Flytoget, med kontrollgrenser (JBV).....	17
Figur 11. Forsinkelsestimer pr år for Flytoget, fordelt på årsakskategori (TIOS akkumulert 2005-2010) ...	17
Figur 12. Utvikling i forsinkelsestimer pr årsakskategori for Gjøvikbanen (TIOS akkumulert 2005-2010)	18
Figur 13. Forsinkelsestimer for operatører på strekningen Drammen - Eidsvoll per uke i perioden 2005 til 2010, med kontrollgrenser (TIOS) .....	18
Figur 14. Forsinkelsestimer pr uke for Jernbaneverket fra 2005 til 2010 på strekningen Drammen - Eidsvoll. Kontrollgrenser er angitt (TIOS).....	19
Figur 15. En punktlighetsmodell (Nyström, 2008) .....	21
Figur 16. Forklaringsfaktorer til punktlighet (Veiseth, 2009).....	22
Figur 17. Effekter av punktlighet og forsinkelser (Veiseth, 2009).....	25
Figur 18. Antatt sammenheng mellom forsinkelsestimer og punktlighet .....	26
Figur 19. Alle perioder med lavest punktlighet oppstår på vinteren (TIOS).....	27
Figur 20. Antatte sammenhenger mellom vintervær og punktlighet.....	28
Figur 21. Korrelasjon mellom punktlighet til endestasjon og antall dager med lavere temperatur enn - 10 grader. Værdata gjelder Asker. (Måned for måned fra 2005 til og med februar 2010).....	29
Figur 22. Dokumenterte sammenhenger mellom vintervær og punktlighet.....	30
Figur 23. Illustrasjon av korrelasjonen mellom punktlighet til endestasjon og antall dager med henholdsvis mindre enn -10 grader og snøfall over 10 cm. Værdata gjelder Asker. (Måned for måned i 2005 til og med februar 2010) .....	31
Figur 24. Middeltemperatur i vintermånedene (desember til mars), målepunkt Asker (data fra Meteorologisk Instituttets database på nett) .....	31
Figur 25. Utvikling i antall reisende, setekilometer og togkilometer pr måned (NSB) for hele landet. Indeksert med 100 tilsvarende nivå januar 2005 (data fra NSB).....	32
Figur 26. Utvikling i antall reisende, setekilometer og togkilometer pr måned (NSB) for region Øst. Indeksert med 100 tilsvarende nivå januar 2005 (data fra NSB).....	32
Figur 27. Illustrasjon av sammenhengen mellom forsinkelsestimer og setekilometer.....	33
Figur 28. Antatt sammenheng mellom produksjonsendring, avgangspunktligthet og ankomstpunktligthet for godstog .....	34
Figur 29. Antatt sammenheng mellom investeringer og omfang av drift og vedlikehold.....	35
Figur 30. Antatt sammenheng mellom investeringer og omfang av drift og vedlikehold. Korrelasjon er angitt for persontog (se Tabell 10) .....	35
Figur 31. Utvikling i investeringer, drift og vedlikehold (TIOS og Jernbaneverkets statistikkrapport 2008) .....	36
Figur 32. Forsinkelsestimer Feil med materiell (kode 81) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS).....	37
Figur 33. Forsinkelsestimer materiell med feil sperrer spor (kode 6) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS) .....	38
Figur 34. Forsinkelsestimer Materiell sent satt opp i spor (kode 83) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS) .....	38
Figur 35. Antall forsinkede tog pr måned grunnet materiellfeil (NSB, basert på TIOS). Omfang og øvre kontrollgrense. ....	39
Figur 36. Antall innstillinger pr. måned NSB (Resource Manager, NSB). Omfang og øvre kontrollgrense	39

Figur 37. Fjernet dekning pr måned NSB (Resource Manager, NSB). Omfang og øvre kontrollgrense.....	40
Figur 38. Tilfeller av endret materielltype pr måned (Resource Manager, NSB). Omfang og øvre kontrollgrense .....	40
Figur 39. Forsinkelsestimer Manglende personell (kode 83) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS).....	42
Figur 40. Forsinkelsestimer trafikkavvikling 2005 til 2010. (kode 7) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS) .....	43
Figur 41. Forsinkelsestimer Stasjonsopphold (kode 84) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS).....	43
Figur 42. Forsinkelsestimer Planforutsetninger endret (kode 85) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS).....	44
Figur 43. Forsinkelsestimer Forsinkelse fra utlandet (kode 91) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS).....	44
Figur 44. Forsinkelsestimer grunnet ytre forhold (kode 92) for Drammen - Eidsvoll. Data er gitt pr uke for perioden 2005 til 2010 (TIOS). Øvre og nedre kontrollgrense er angitt. ....	45
Figur 45. Forsinkelsestimer forsinkelse fra uhell/påkjørsel (kode 93) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS) .....	45
Figur 46. Forsinkelsestimer Forsinkelser uønsket hendelse (kode 94) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS) .....	46
Figur 47. Forsinkelsestimer Bane (kode 1) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS) .....	47
Figur 48. Skinnebrudd i perioden 2005-2010, hele landet (Banedata, JBV).....	47
Figur 49. Forsinkelsestimer Sikringsanlegg, signalanlegg og fjernstyring (kode 2) pr uke Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010 (TIOS) .....	48
Figur 50. Signalfeil totalt (i antall pr måned) med driftsforstyrrelse over året (BaneData, JBV) .....	49
Figur 51. Forsinkelsestimer Elkraft og kontaktledning (kode 3) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS).....	49
Figur 52. Kjøreledningsfeil totalt (i antall pr måned) med driftsforstyrrelse over året .....	50
Figur 53. Antall utbedrede feil pr uke i baneområde "Stor-Oslo" (Banemeldingssentralen).....	50
Figur 54. Forsinkelsestimer Planlagt vedlikehold (kode 5) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS).....	51
Figur 55. Antallet aktive feil pr uke i BMS, hele landet (BMS) .....	51
Figur 56. Innstillinger NSB 2006 til 2010. Drammen-Eidsvoll (TIOS). Øvre naturlige prosessgrense er markert.....	54
Figur 57. Innstillinger Flytoget 2006 til 2010. Drammen-Eidsvoll (TIOS). Øvre naturlige prosessgrense er markert.....	55
Figur 58. Mulige sammenhenger mellom innstillinger og forsinkelser .....	55
Figur 59. Generell illustrasjon av feilfrekvenser over tid for et produkt eller system .....	57
Figur 60. Regresjonsmodell for forsinkelsestimer totalt .....	59
Figur 61. Forsinkelsestimer pr % punktlighet pr måned (TIOS).....	63
Figur 62. Ulike tiltak, fordelt på dels slakk eller presisjon, dels tiltak for å unngå primær- eller følgeforsinkelser .....	65
Figur 63. Inntrykk fra punktlighetsarbeid over 10 år. Status og veien videre (Olsson, 2009) .....	65
Figur 64. Ønsket utvikling i punktlighetsarbeidet (Olsson, 2009) .....	66

## Tabelliste

Tabell 1. Korrelasjon mellom punktlighet og forsinkelsestimer .....	27
Tabell 2. Korrelasjon mellom punktlighet til endestasjon og antall dager med henholdsvis lavere temperatur enn -10 grader og snøfall på over 10 cm. Værdata gjelder Asker. (Måned for måned i 2005 til og med februar 2010) .....	28
Tabell 3. Korrelasjon mellom forsinkelsestimer (Drammen-Eidsvoll) og punktlighet til endestasjon sammenlignet med utvalgte væredata. Værdata gjelder Asker. (Uke for uke i vinterperioden 2005 til uke 17 i 2010) .....	30
Tabell 4. Korrelasjon mellom punktlighet til endestasjon og NSBs produksjonsvolum (Måned for måned 2005 til og med 2009).....	32
Tabell 5. Korrelasjon mellom forsinkelsestimer og NSBs produksjonsvolum (Måned for måned 2005 til og med 2009).....	33
Tabell 6. Antall tog over Oslo S. Kilde: Jernbaneverkets statistikkrapporter (2005-2008, og Jernbaneverket 2009).....	33
Tabell 7. Korrelasjon antall tog over Oslo S og forsinkelsestimer/punktligheit .....	34
Tabell 8. Godstrafikk målt i 1000 tonn (Jernbaneverkets statistikkrapporter) .....	34
Tabell 9. Korrelasjon mellom punktlighet og forsinkelsestimer for godstog og ulike målepunkter på Alnabru (Måned for måned fra 2005 t.o.m. 2009, data fra TIOS og CargoNet) .....	34
Tabell 10. Korrelasjon mellom forsinkelsestimer og utgifter til drift, vedlikehold og investeringer (Måned for måned 2005 til og med 2009) .....	36
Tabell 11. Korrelasjon mellom punktlighet til endestasjon og utgifter til drift, vedlikehold og investeringer (Måned for måned 2005 til og med 2009) .....	36
Tabell 12. Korrelasjon mellom punktlighet og omfanget av kortere tog, materiellfeil og endret materielltype (hele landet, materielldata: NSB) .....	41
Tabell 13. Korrelasjon mellom forsinkelsestimer og omfanget av kortere tog, materiellfeil og endret materielltype (hele landet, materielldata: NSB) .....	41
Tabell 14. Korrelasjon Saktekjøring og feil i BMS (Baneområde Stor-Oslo) med forsinkelsestimer (Drammen-Eidsvoll) og punktlighet.....	52
Tabell 15. Korrelasjon mellom innstillinger og punktlighet .....	56
Tabell 16. Korrelasjon mellom innstillinger og forsinkelsestimer .....	56
Tabell 17. Korrelasjon mellom forsinkelsestimer for ulike koder i TIOS, og omfanget av innstillinger på de samme TIOS-kodene (TIOS).....	57
Tabell 18. Sammenstilling av faktorer som hadde forklaringsverdi i ulike regresjonsmodeller (FT = forsinkelsestimer). Basert på hele landet .....	60
Tabell 19. Sammenstilling av forklaringsfaktorer som har inngått i regresjonsmodellene. Basert på eksempelstrekningen Drammen - Eidsvoll.....	61
Tabell 20. Forklaringsfaktorer under NSBs ansvarsområder, med korrelasjon mot forsinkelsestimer og punktlighet, rolle i regresjonsmodeller og kommentarer.....	68
Tabell 21. Forklaringsfaktorer under JBV's ansvarsområder, med korrelasjon mot forsinkelsestimer og punktlighet, rolle i regresjonsmodeller og kommentarer.....	69
Tabell 22. Andre Forklaringsfaktorer, med korrelasjon mot forsinkelsestimer og punktlighet, rolle i regresjonsmodeller og kommentarer .....	70

## 1 Bakgrunn og mandat

Punktlighet og regularitet for det norske jernbanesystemet viser en foruroligende utvikling. Forsinkelsestimerne i januar 2010 er de høyest registrerte siden registreringene begynte. Trenden fra 2005 er tydelig og negativ og rammer all jernbanevirksomhet i Norge. For å kunne snu trenden er det viktig med kunnskap om underliggende forklaringsfaktorer. Dette blant annet for å kunne velge riktige tiltak som har effekt. Det er også viktig at aktørene i jernbanesektoren har et felles virkelighetsbilde av situasjonen og om de underliggende påvirkningsfaktorene.

Med dette som utgangspunkt ble det vedtatt å gjennomføre et prosjekt for å identifisere forklaringsfaktorer til den negative trenden i punktlighet og regularitet fra 2005 til 2010. Følgende miljøer har vært sentrale i gjennomføringen: Jernbaneverket, NSB AS, Flytoget AS, CargoNet AS, NSB Gjøvikbanen AS, SINTEF og NTNU. Prosjektet har vært en utvidelse av forskningsprosjektet PUSAM, og innebærer mer omfangsrike analyser av punktlighetsdata enn hva PUSAM opprinnelig planla.

Følgende ble satt opp som mandat for arbeidet: *Gjennomgå utviklingen i forsinkelsestimer og identifisere bakenforliggende grunnårsak(er) til at trenden viser en jevnt forverret utvikling fra 2005 til nå. Herunder å undersøke eventuelle sammenhenger med endringer i rammebetingelser og trafikkvolum. Anerkjente statistiske metoder skal benyttes. Det kan utføres spesielle dybdeanalyser på identifiserte problemområder eller iverksettes egne målinger på områder hvor data ikke er tilgjengelig.*

I tillegg har det vært et mål å søke et felles vikelighetsbilde når det gjelder status for punktlighetsutviklingen og underliggende påvirkningsfaktorer.

Arbeidet har blitt ledet av Jernbaneverket ved Trafikkdivisjonen, og fasilitert av SINTEF. Togselskapene har bidratt inn i prosjektet gjennom deltagelse i arbeidsmøter, fremhenting av data og utføring av enkelte analyser.

## 2 Gjennomføringen av prosjektet

Hovedarbeidsformen i prosjektet har vært en kombinasjon av analyse av driftsdata og analyse og tolkning av resultatene i arbeidsgruppen. Prosjektet har bestått av følgende hovedaktiviteter:

- Definerings og avgrensning av prosjektet samt etablering av felles tilstandsbilde.
- Litteraturstudie og sammenstilling av resultater fra tidligere relevante studier nasjonalt og internasjonalt.
- Rangering av forklaringsfaktorer som antas å ha hatt størst påvirkning på punktligheten.
- Analyser av sammenhengen mellom forklaringsfaktorer og punktlighet.
- Opplisting av forslag til tiltak i forhold til funn fra analysene.
- Utarbeidelse av rapport.

Analysene er basert på tilgjengelige data fra ulike databaser hos deltagerne (TIOS, vedlikeholdsdata, etc.). Dataene har blitt satt opp mot en rekke mulige forklaringsvariabler

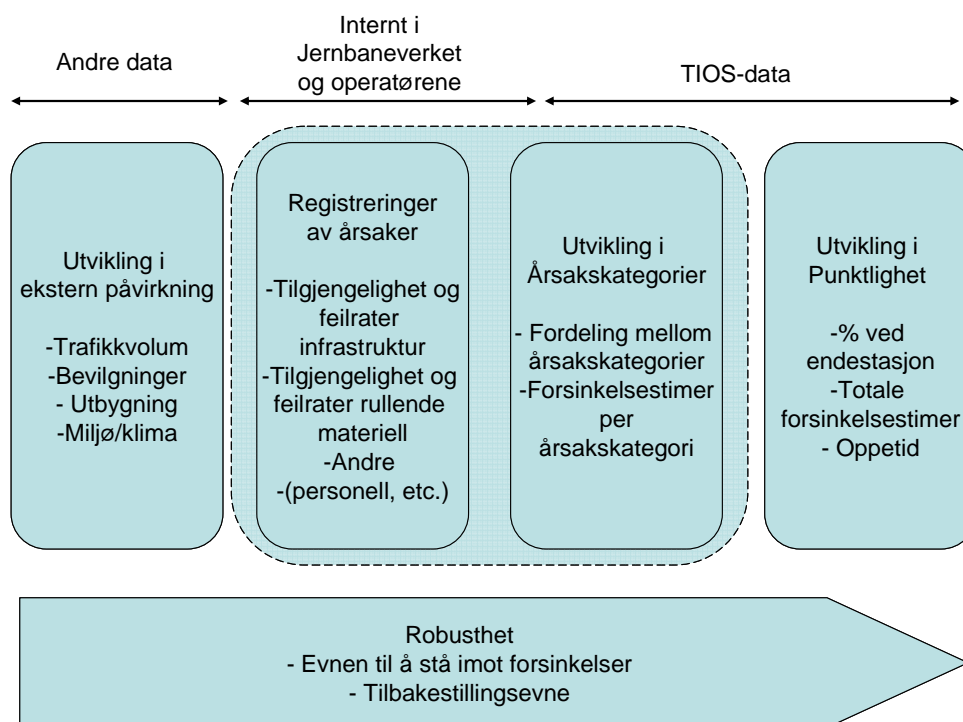
for å avdekke sammenhenger og årsaker. Sammenstillingen omfatter minst tiden fra 2005 og fremover.

Innsamlede data for landet som helhet og for casestrekningen Drammen – Eidsvoll har ligget til grunn for en rekke korrelasjonsanalyser. For strekningen Drammen – Eidsvoll er dataene i hovedsak oppgitt per uke. For landet som helhet benyttes data måned for måned. I figurene som presenterer resultatene fra analysene er det satt inn kontrollgrenser der det er hensiktsmessig. Beregning av kontrollgrenser er basert på Kvaavik (2008).

Arbeidet benytter flere typer data (se også Figur 1):

1. Forsinkelser og punktlighet aggregert. Totalt antall forsinkelsestimer og ankomstpunktlighet. Dette er sammenstilte målinger som viser kvaliteten til jernbanesystemets leveranse samlet sett.
2. Forsinkelsestimer og årsaksregistreringer. Årsaksregistreringene kan analyseres med ulik detaljeringsgrad.
3. Data som beskriver tilstand i infrastruktur og på rullende materiell
4. Faktorer som kan påvirke toggangen, som trafikkvolum, værdata, etc.

Data i kategori 1 og 2 ovenfor kommer fra Jernbaneverkets TIOS-system. Data i kategori 3 og 4 kommer fra andre systemer hos Jernbaneverket, fra togselskapene og fra Meteorologisk institutt, og er i praksis et ”speilbilde” av forsinkelsesårsakene i kategori 2. Figur 1 illustrerer dette.



**Figur 1. Ulike typer av data inkludert i analysene**

Punktlighet kan måles på ulike måter. I denne rapporten brukes først og fremst andel tog i rute til endestasjon, det som til daglig omtales som ”punktligheten”. I tillegg til ankomstpunktlighet fokuseres det og på avgangspunktlighet i enkelte av analysene. I analysene regnes godstog og langdistansetog som ikke-punktlig om de er mer enn 5 minutter og 59 sekunder forsinket. Flytoget, lokaltog og InterCity-tog regnes som ikke-punktlig om de er mer enn 3 minutter og 59 sekunder forsinket.

I tillegg til punktlighet fokuseres det i rapporten på utvikling i forsinkelsestimer og minutter, både totalt og fordelt på årsakskodene som benyttes. Disse dataene er basert på registreringer av forsinkelser på hele togstrekningen. Et spesifikt tog kan ha flere registrerte forsinkelser. Dette kommer av at det blir registrert en årsakskode i TIOS hver gang et tog får en merforsinkelse på 4 minutter eller mer.

Oslo-området er viktig for togtrafikken av to grunner. Dels går det et stort antall tog her med et stort antall reisende, dels påvirker toggangen i Oslo-området togene i store deler av landet forøvrig. Det er derfor interessant å studere Oslo-området spesielt. Flere av analysene fokuserer på strekningen Drammen - Eidsvoll, som er en strekning med mange reisende, og som berører alle togselskapene som er involvert i studien, selv om Gjøvikbanen kun er berørt ved Oslo S.

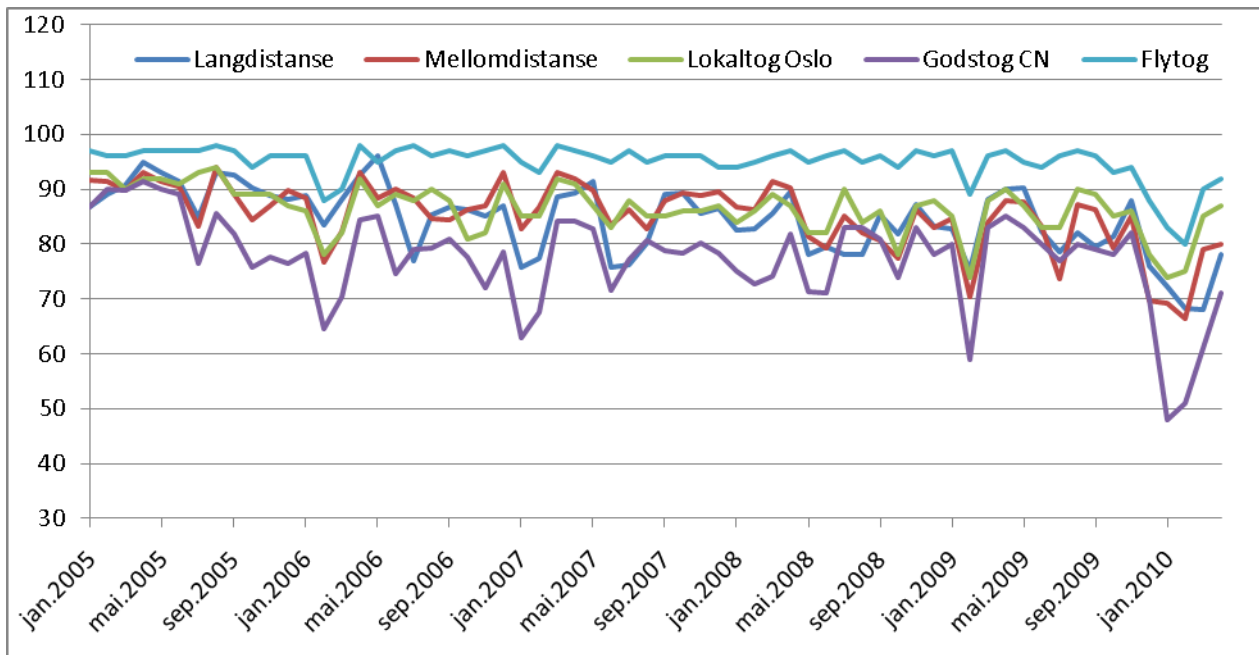
Prosjektet har tatt utgangspunkt i eksisterende definisjoner av punktlighet og forsinkelser, og ikke vurdert andre parametre som kan brukes dersom man ønsker mer målrettede tiltaksprioriteringer. Dette kan være aktuelt i forhold til at forbedringer skal prioriteres der hvor de har mest effekt.

### **3 Utvikling i punktlighet og forsinkelser mellom 2005-2010**

I dette kapitlet presenteres status for utviklingen av punktlighet og forsinkelser fra 2005 -2010. Først presenteres status for jernbanesystemet som helhet, deretter pr aktør (Jernbaneverket og togselskapene), før man tilslutt viser utviklingen på casestrekningen Drammen -Eidsvoll. Hensikten med å sammenstille og presentere denne utviklingen er todelt. For det første er dette utgangspunktet for analysene som er utført senere i rapporten (kapittel 5). For det andre var dette en viktig øvelse i forhold til målet om å etablere et felles virkelighetsbilde.

#### **3.1 Utvikling av punktlighet og forsinkelser for jernbanesystemet som helhet**

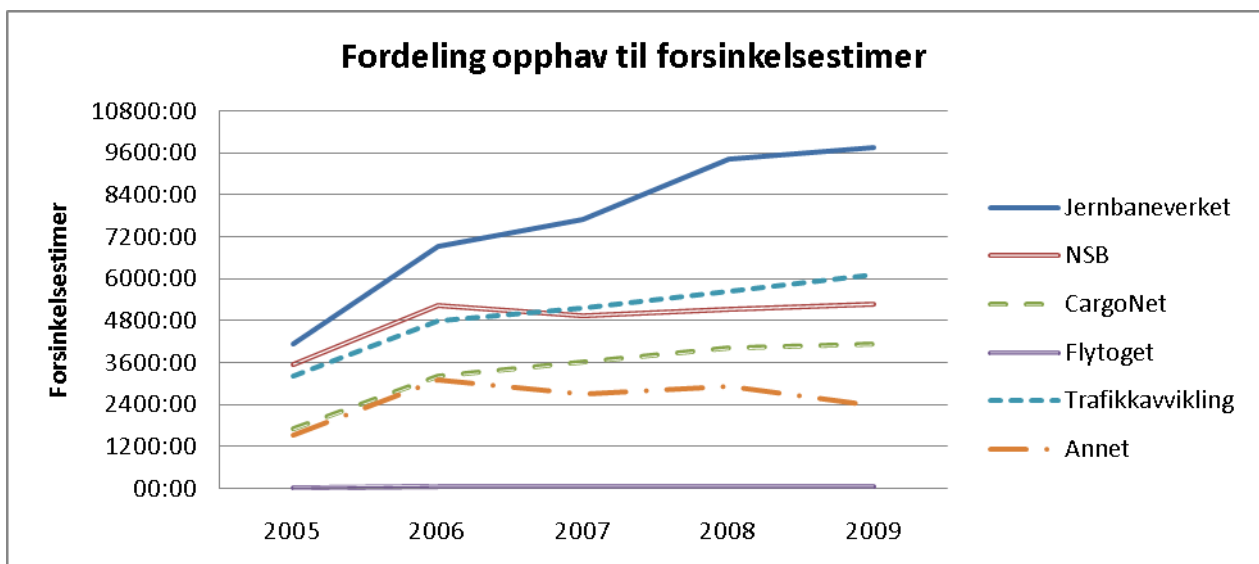
Figur 2 viser punktligheten på landsbasis for ulike togslag.



**Figur 2: Punktlighet målt som prosentvis punktlighet til endestasjon, måned for måned fra januar 2005 til april 2010 for landet som helhet (TIOS)**

Figur 2 viser at det totalt sett har vært en nedadgående trend i punktligheten fra 2005-2010. Man ser også at det er stor variasjon i punktligheten mellom månedene.

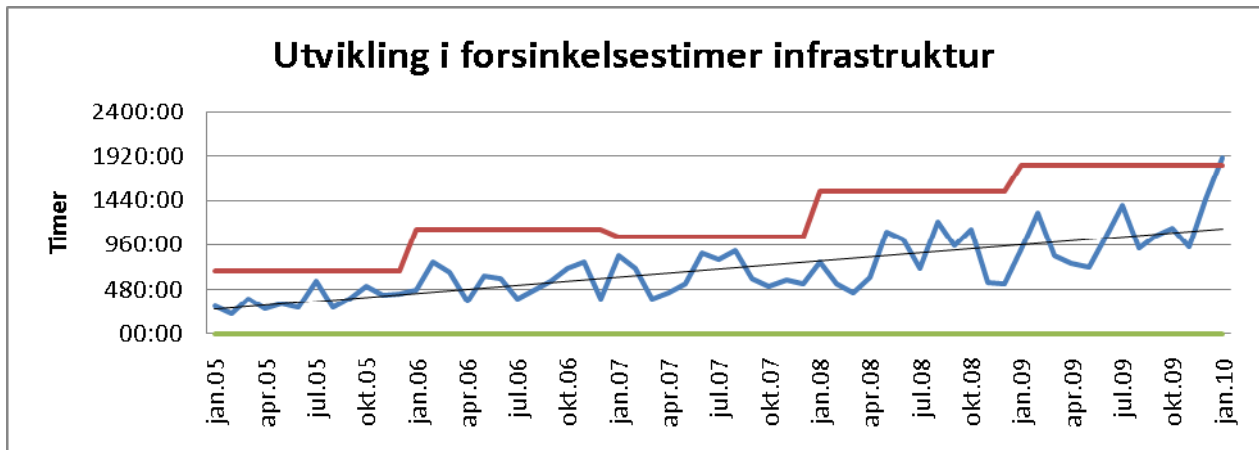
Figur 3 viser utviklingen i forsinkelsestimer år for år for Jernbaneverket og de største togselskapene. Også her er trenden at forsinkelsene øker.



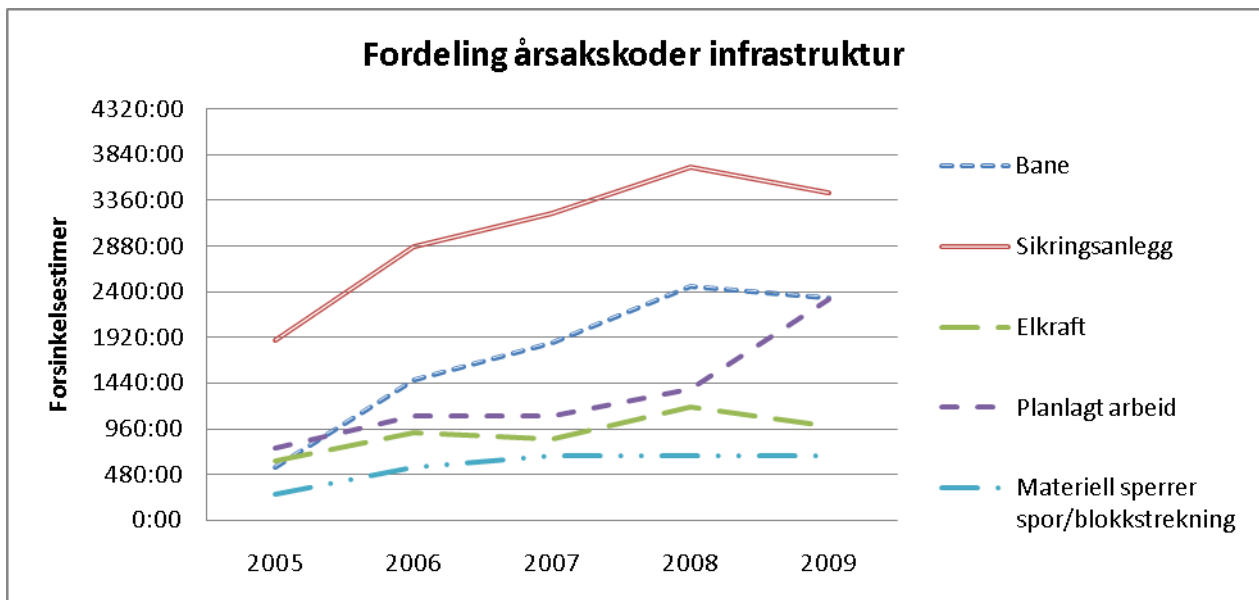
**Figur 3. Forsinkelsestimer pr år for Jernbaneverket og de største togselskapene (TIOS akkumulert 2005-2010)**

### 3.2 Utvikling i registrerte forsinkelser for Jernbaneverket

Figur 4 viser utvikling i registrerte forsinkelsestimer på infrastrukturkode i TIOS totalt sett (Kode 1, 2, 3, 5 og 6), og Figur 5 viser utvikling for hver av kodene.



**Figur 4. Utvikling i forsinkelsestimer pr måned registrert på infrastrukturelterte årsakskoder i TIOS, med kontrollgrenser (TIOS)**



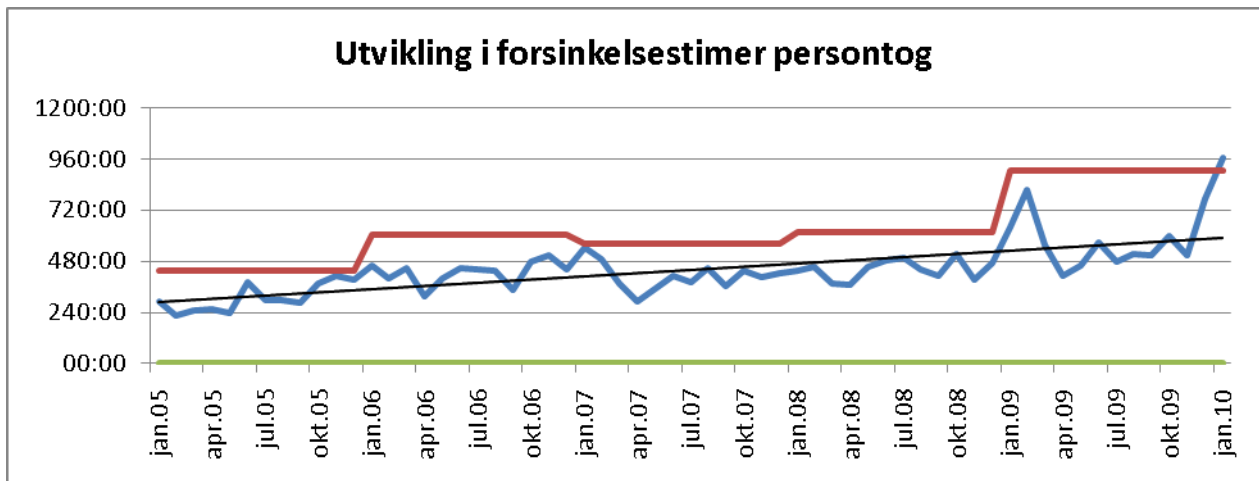
**Figur 5. Forsinkelsestimer pr måned fordelt på infrastrukturkoder (TIOS akkumulert 2005-2010)**

Figurene viser at det har vært en økning for alle kategorier i perioden, men fra 2008 til 2009 var det reduksjon for flere av dem. For kategorien "planlagt arbeid" har det derimot vært en stor økning fra 2008-2009.

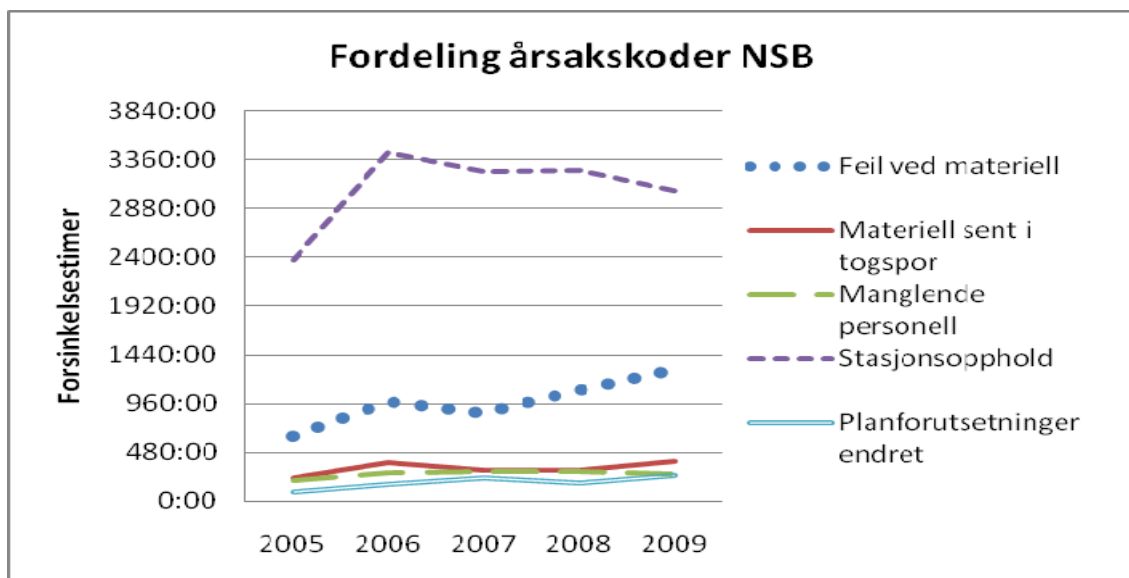
### 3.3 Utvikling i registrerte forsinkelser for NSB

Figur 6 viser utviklingen i antall forsinkelsestimer for NSB. Figur 7 viser fordeling av forsinkelsestimer på årsak for togselskapet.





**Figur 6. Forsinkelsestimer for NSB pr. måned, med kontrollgrenser (TIOS)**

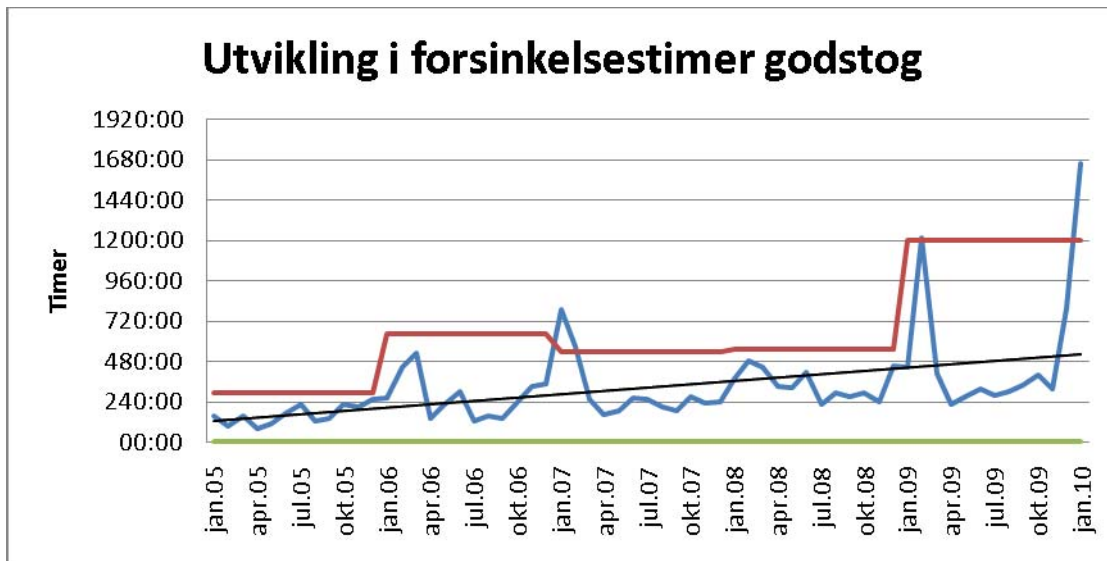


**Figur 7. Forsinkelsestimer for NSB pr år, fordelt på årsakskategori (TIOS akkumulert 2005-2010)**

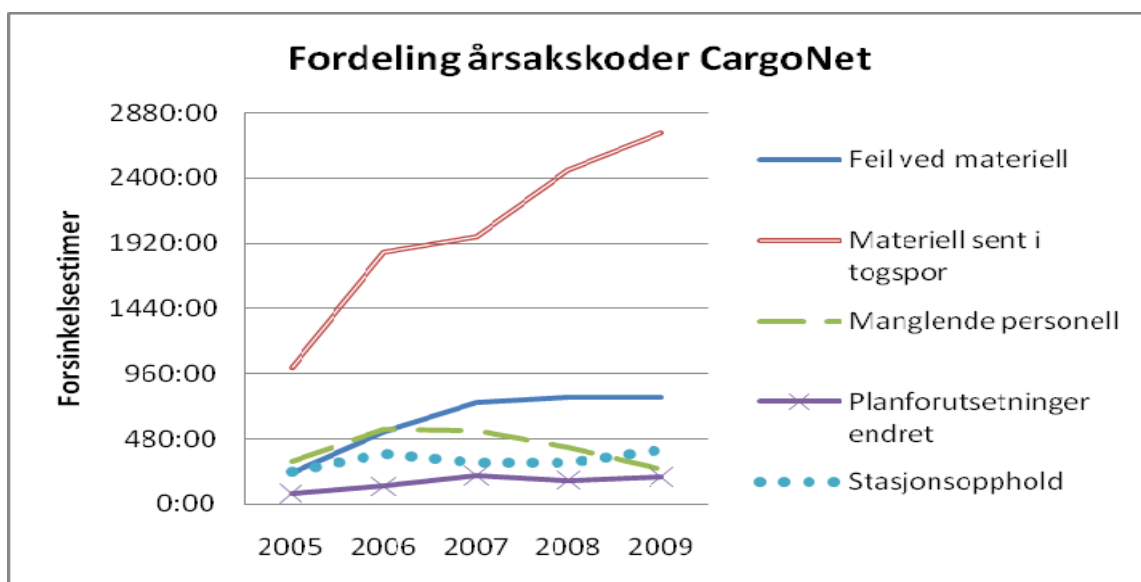
Figurene viser at antallet forsinkelsestimer for persontog stort sett har vært en jevnt stigende siden 2005. Det har vært en økning for alle kategorier i perioden som helhet, med unntak av ”stasjonsopphold” som har hatt en reduksjon fra 2006 til 2009.

### 3.4 Utvikling i registrerte forsinkelser for CargoNet

Figur 8 viser utviklingen i antall forsinkelsestimer for CargoNet. Figur 9 viser fordeling av forsinkelsestimer på årsak for togselskapet.



**Figur 8. Forsinkelsestimer pr. måned for CargoNet, med kontrollgrenser (TIOS)**

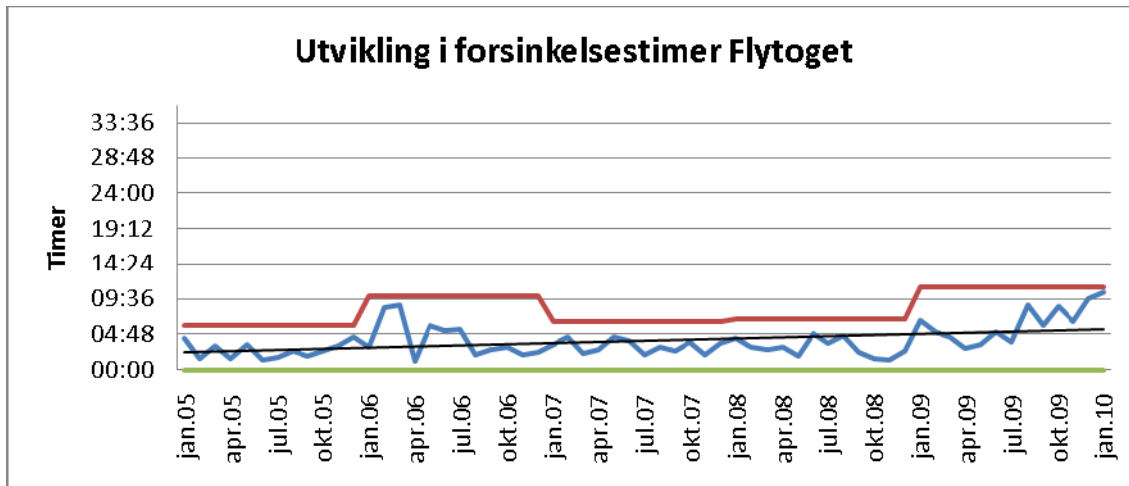


**Figur 9. Forsinkelsestimer CargoNet pr. år (TIOS akkumulert 2005-2010)**

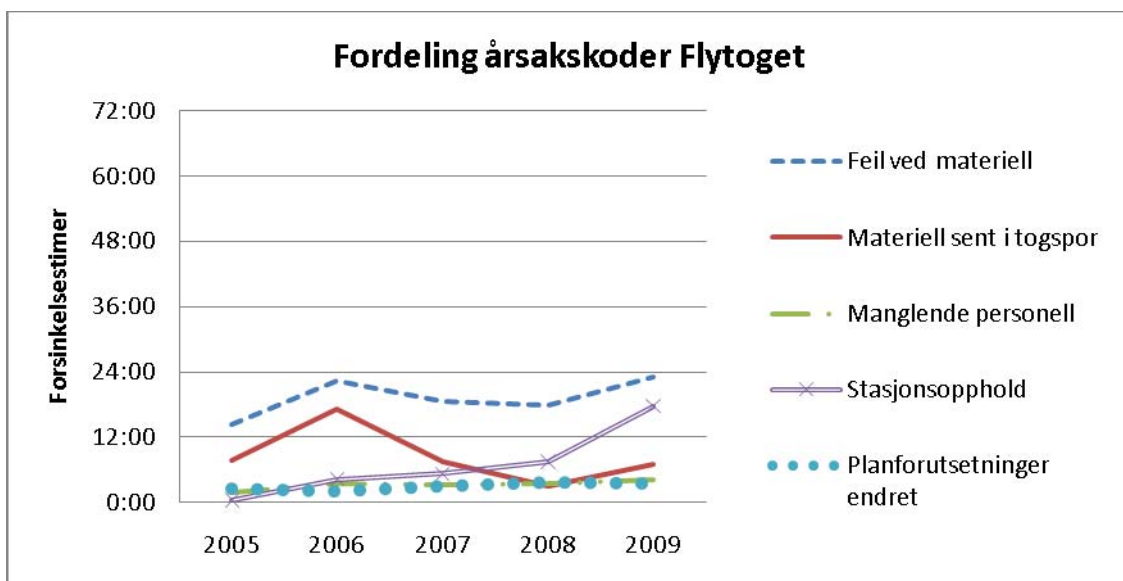
Det fremgår av Figur 9 at det først og fremst er kategoriene "Feil med materiell" og "Materiell sent i togspor" som står for det største volumet når det gjelder forsinkelsestimer for godstog. "Feil ved materiell" har økt i perioden. Kategorien "Materiell satt opp sent i togspor" har også økt betydelig. Godstrafikken går typisk over lange distanser. Det er derfor mulig at årsaksregistreringen ikke gjenspeiler den opprinnelige forsinkelsen for et tog. Dette gjelder for eksempel de tilfeller der et tog kan komme forsinket inn til en godsterminal, for siden å gå forsinket derfra.

### 3.5 Utvikling i registrerte forsinkelser for Flytoget

Figur 10 og Figur 11 viser forsinkelsestimer for Flytoget, hhv totalt og pr årsakskategori. Merk at det er totalt sett er få forsinkelsestimer.



**Figur 10. Forsinkelsestimer pr måned for Flytoget, med kontrollgrenser (JBV)**

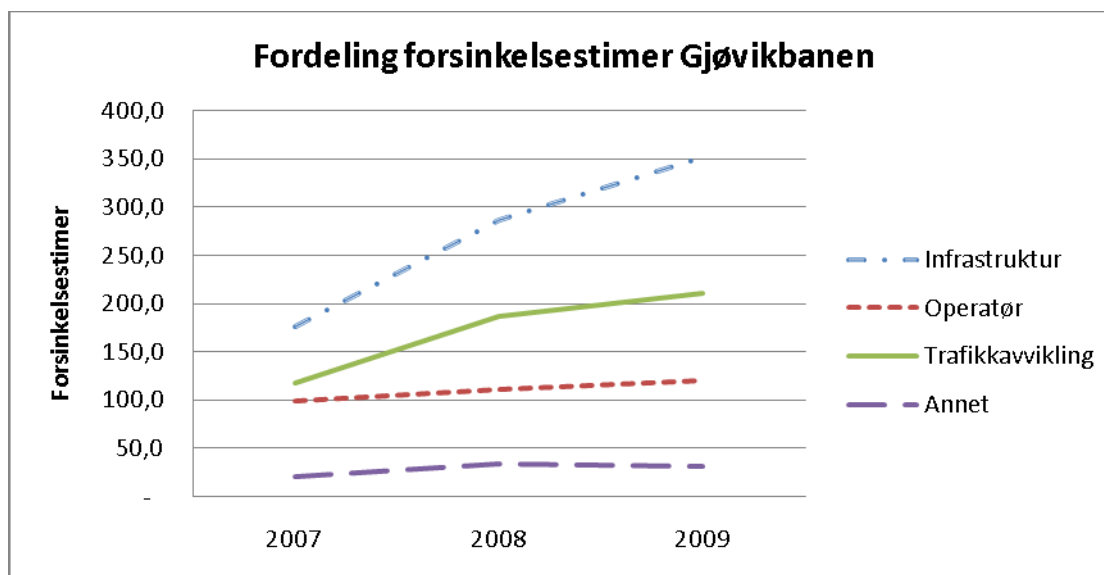


**Figur 11. Forsinkelsestimer pr år for Flytoget, fordelt på årsakskategori (TIOS akkumulert 2005-2010)**

Det har vært en nedgang i ”materiell sent satt opp i togspor”, samtidig har kategoriene ”feil ved materiell” og ”stasjonsopphold” økt i perioden. I absolute termer er tallene for Flytoget fortsatt svært små, og små variasjoner kan se dramatiske ut når de fremstilles grafisk.

### 3.6 Utvikling i registrerte forsinkelser for Gjøvikbanen

Figur 12 viser forsinkelsestimer for Gjøvikbanen. Merk at det er totalt sett også her er få forsinkelsestimer.

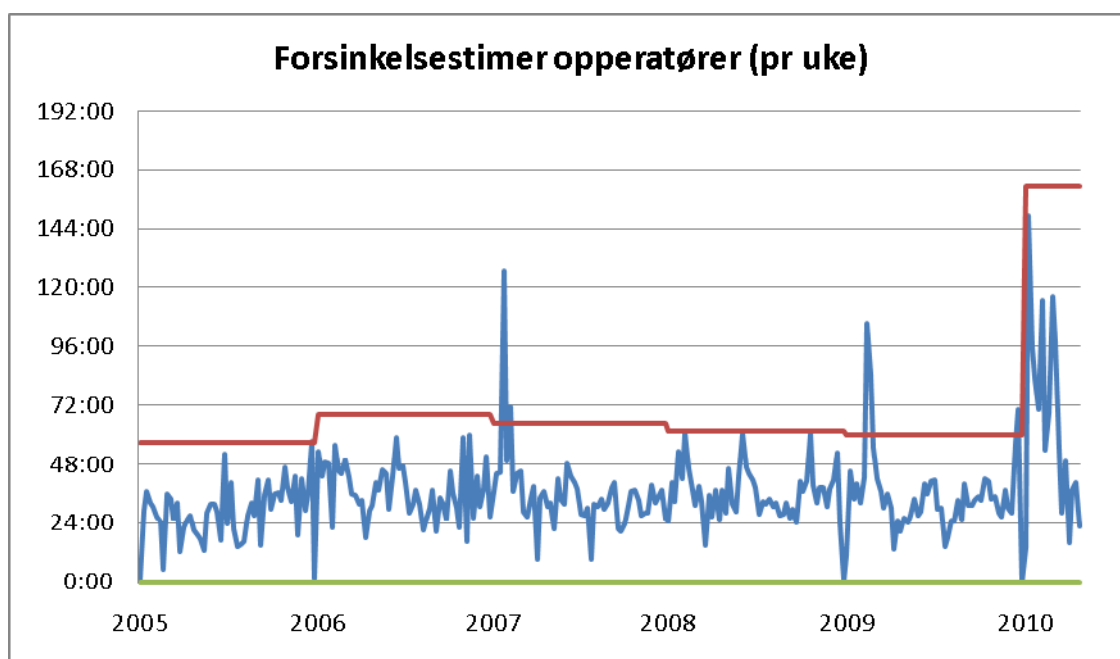


**Figur 12. Utvikling i forsinkelsestimer pr årsakskategori for Gjøvikbanen (TIOS akkumulert 2005-2010)**

NSB Gjøvikbanen kan vise til høy punktlighet og et lavt antall forsinkelsestimer siden opprettelsen i 2007. Grunnet datamateriale for en kort periode, kan en i liten grad si noe om utviklingen i forsinkelsestimer for Gjøvikbanen.

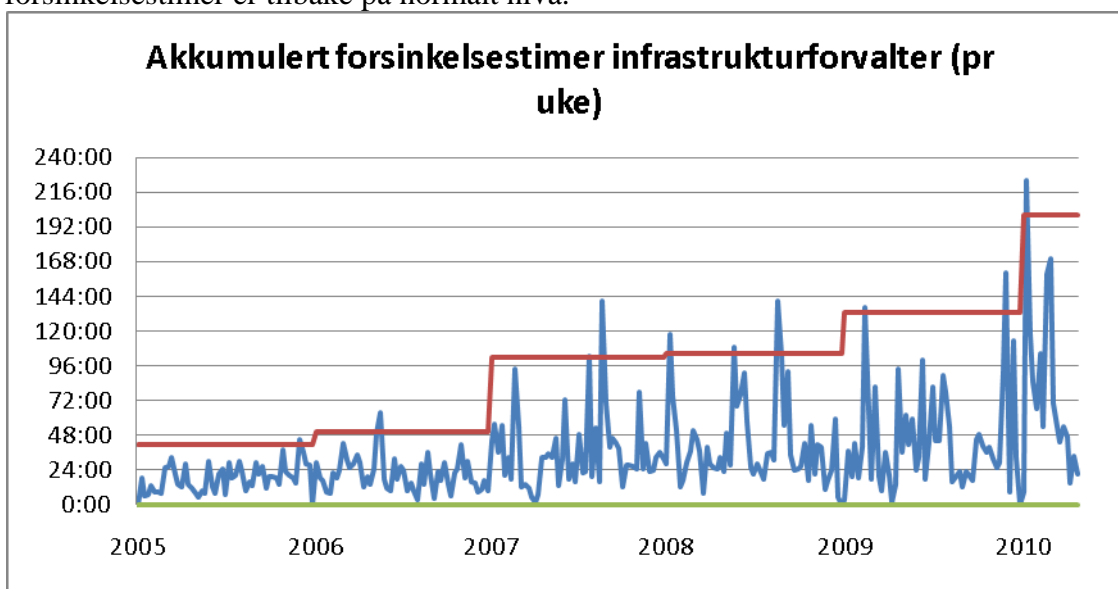
### 3.7 Utvikling i registrerte forsinkelser for casestrekningen Drammen - Eidsvoll

Figur 13 viser utviklingen av forsinkelsestimer for strekningen Drammen - Eidsvoll, registrert på operatørkoder i TIOS. I Figur 14 er den samme utviklingen vist for forsinkelser som er registrert på infrastrukturkoder.



**Figur 13. Forsinkelsestimer for operatører på strekningen Drammen - Eidsvoll per uke i perioden 2005 til 2010, med kontrollgrenser (TIOS)**

Figur 13 viser at for operatørene på strekningen Drammen – Eidsvoll (i hovedsak NSB) har antallet forsinkelsestimer holdt seg stabilt fram til vinteren 2009-2010. Vinteren 2007 og 2009 bød også på en økning i forsinkelsestimer, men variasjonen i forsinkelsestimer over året har holdt seg bemerkelsesverdig stabilt. Noe av årsaken til den voldsomme økningen i øvre naturlige kontrollgrense skyldes at beregningen baserer seg kun på vintermånedene for 2010, i motsetning for de andre årene. Vinteren 2009-2010 skiller seg imidlertid uansett ut ved å både ha et høyere toppunkt i antall forsinkelsestimer, i tillegg til at det har tatt lenger tid før antallet forsinkelsestimer er tilbake på normalt nivå.



**Figur 14. Forsinkelsestimer pr uke for Jernbaneverket fra 2005 til 2010 på strekningen Drammen - Eidsvoll. Kontrollgrenser er angitt (TIOS)**

Figur 14 viser at for infrastrukturforvalter har situasjonen gradvis forverret seg gjennom perioden 2005 – 2010. I tillegg til at det gjennomsnittlige antallet forsinkelsestimer har økt fra år til år, har også variasjonen fra uke til uke økt betydelig. Vinteren 2009/2009 fremstår ikke som et trendbrudd når det gjelder antallet forsinkelsestimer for infrastrukturforvalter.

## 4 Tidligere studier av forklaringsfaktorer til og effekter av forsinkelser

Det er mange ulike faktorer og prosesser som påvirker punktligheten. Både ”tekniske” faktorer, som hvordan ruteplanen er designet og pålitelighet til materiell og infrastruktur, og ”myke” faktorer som kultur, atferd og kommunikasjon er viktige forklaringsfaktorer. Effekten av punktlighet er også mangfoldig og inkluderer både konsekvenser for kundene og for jernbaneorganisasjonene selv. I dette kapittelet redegjøres det for hva tidligere studier har kommet frem til når det gjelder disse temaene.

### 4.1 Forklaringsfaktorer

Innsikt i hva som skaper forsinkelser, og derigjennom påvirker punktligheten, kan man få gjennom årsaksregistreringer. Årsaksregistreringene kan sies å gi spesifikk innsikt i hva som påvirker punktligheten. Det er derimot flere som mer generelt har diskutert hva som påvirker punktlighet. Både Gylee (1994) og Lindfeldt (2001) delte forsinkelsesårsakene inn i primære og

sekundære årsaker. Primære årsaker kan sees på som en grunnårsak, for eksempel lokhavari, og sekundærårsaker er forsinkelse som skyldes andre forsinkede tog. Disse kan for eksempel oppstå ved kryssinger. Gylee (1994) delte i tillegg årsakene inn i ”forhold som er innenfor og utenfor selskapets kontroll”. Denne inndelingen ligner på prinsippene som brukes i kodesystemene som brukes i årsaksregistreringene i TIOS.

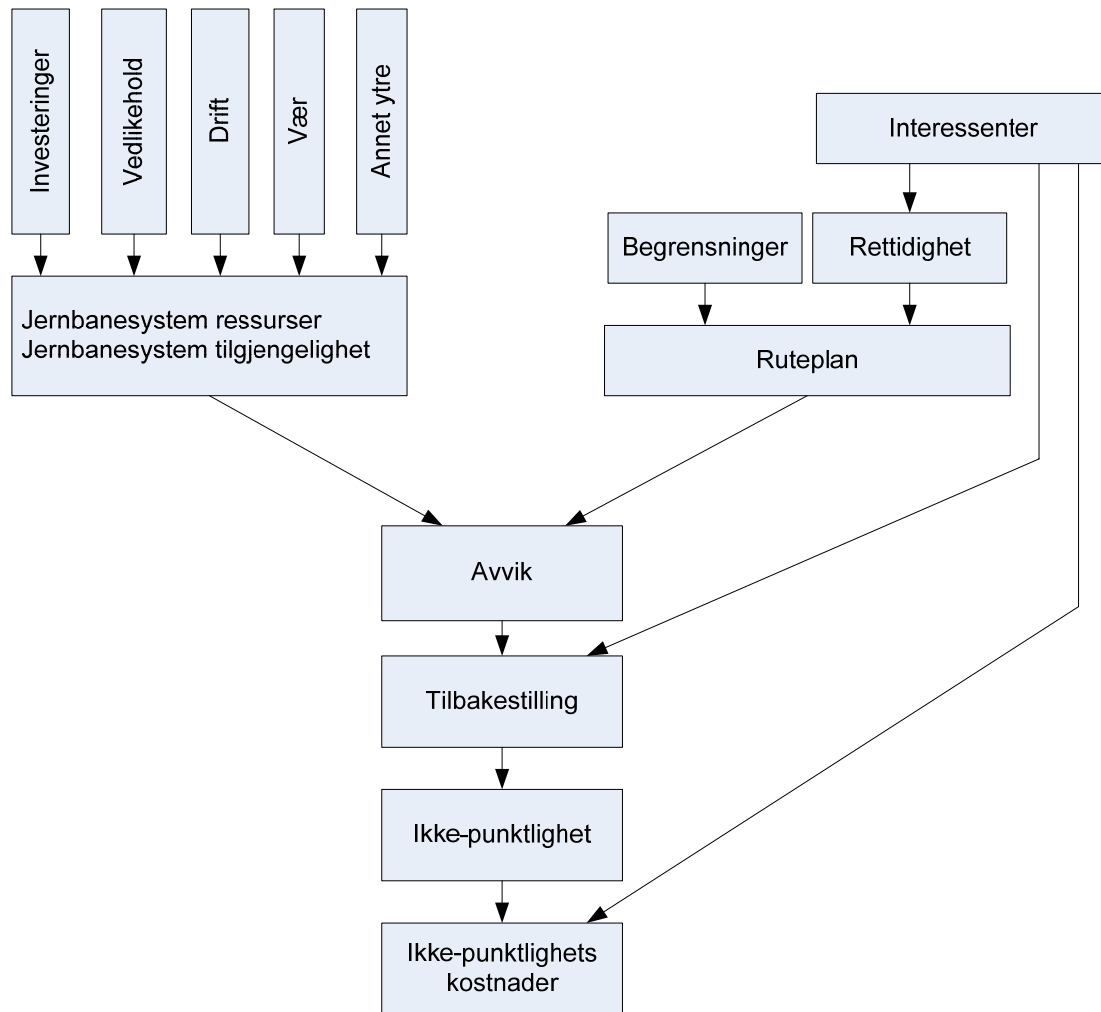
Olsson, Sætermo og Røstad (2002) mente punktlighet er en funksjon av en rekke faktorer, og at disse på et overordnet nivå kan deles inn i ”harde” og ”myke” faktorer. Eksempler på ”harde” faktorer som nevnes er: kapasitetsutnyttelse på sporet, antall reisende, ruteplan, og kvalitet på signalanlegg og bane. Av ”myke” faktorer nevnes: prioriteringsregler og håndhevelse av disse, menneskelig atferd, ledelsens holdninger og prioriteringer og operativ styring. Som en oppsummering kan man si at forfatterne mente ”harde” faktorer er av mer teknisk karakter, mens de ”myke” har et mer menneskelig preg.

Fahlén og Jonsson (2005) pekte på kommunikasjon og beslutningsprosesser som grunnleggende årsaker til forsinkelser. Dette gjaldt både internt i jernbaneorganisasjonene og mellom jernbaneorganisasjonene. Det siste gjaldt spesielt mellom infrastrukturforvalter og togselskapene, og de mente at dette blir mer kritisk jo flere togselskaper som finnes. I tillegg understreket de viktigheten av rutiner for kommunikasjon og at dette er likt for alle deler av jernbanenettet. De pekte også på organisering av bransjen og tilgang på informasjon som underliggende forklaringsfaktorer. Punktlighet blir også forklart ut i fra forhold i det enkelte land. Dette gjelder både forhold ved jernbanesystemet, men også institusjonelle, organisatoriske og kulturelle forskjeller mellom landene.

Ruteplanen står i en særstilling når det gjelder faktorer som påvirker punktlighet. For eksempel hevder Casson (2004) at ruteplanen er nøkkelen til å optimere prestasjonen til et jernbanenettverk. Når punktlighet og ruteplan blir diskutert er temaet ofte hvor mye slakk eller buffer som bør legges inn, og hvor i ruta denne bør plasseres. Ved konstruksjon av ruter blir et lite prosenttillegg lagt til den teoretiske kjøretiden for å kompensere for forskjeller i ytelsen til lokomotivene, værforhold, kjørestil og for å hindre at små forsinkelser skal kunne føre til følgeforsinkelser (Hooghiemsta og Teunisse, 1998). Det å legge inn slakk i rutene fører derimot til lengre kjøretid, noe som ikke er ønskelig. Ackermann (1998) påsto derfor at det er en ”trade off” mellom hurtighet og punktlighet, og at man i planleggingen av ruteplanen må forsøke å finne felles optimum for forsinkelser og reisetid. Dette betyr derimot ikke at mest mulig slakk betyr best mulig punktlighet. Eksempler har vist at punktligheten ikke nødvendigvis blir bedre ved å legge til tid i ruteplanen.

## **4.2 Forklaringsmodeller knyttet til punktlighet**

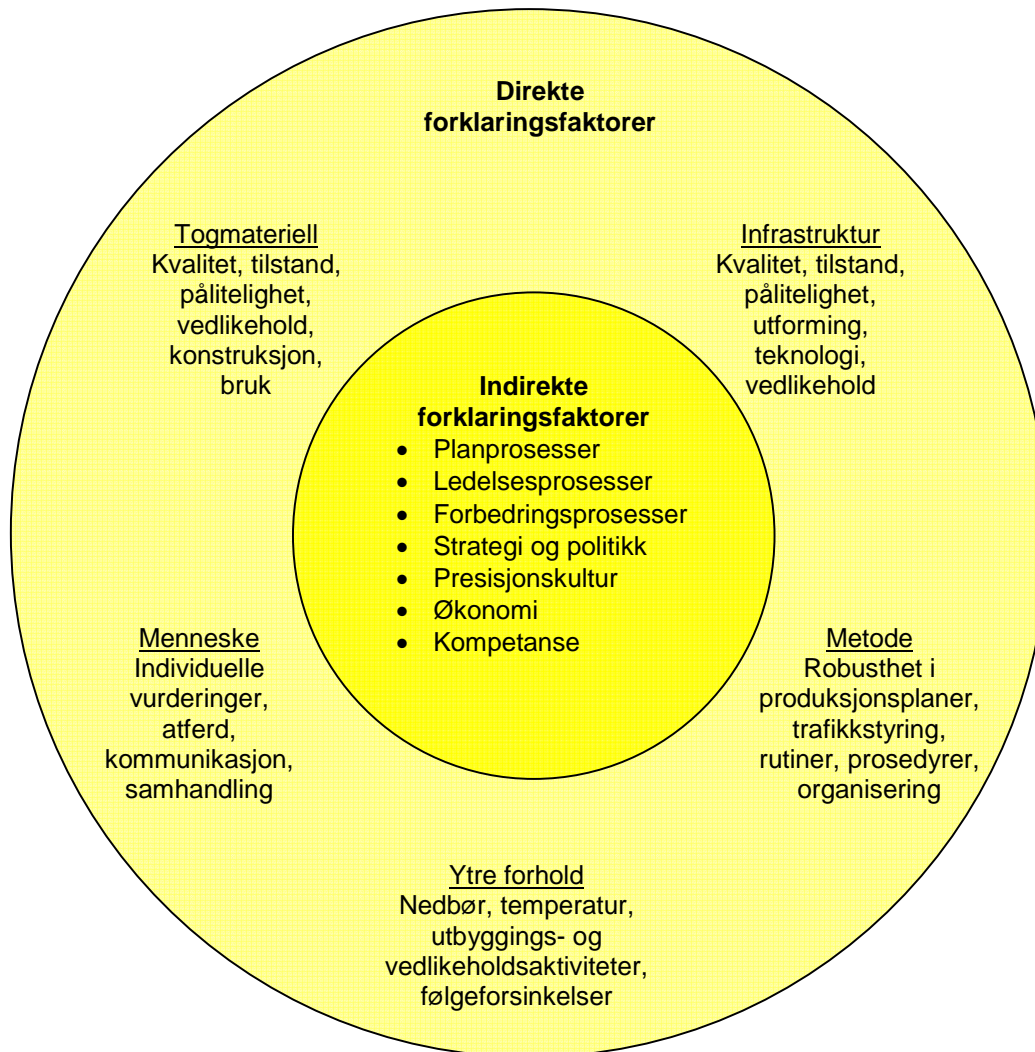
Flere forfattere har forklart punktligheten gjennom punktlighetsmodeller. Noen forsøker å gi en helhetlig forklaring, mens andre har konsentrert seg om enkeltfaktorer. Nyström (2008) er et eksempel på den første gruppen. Hans modell er basert på en punktlighetsmodell for luftfart (Al-Haimi, 1991) og viser hvilke faktorer som påvirker punktligheten (Figur 15).



**Figur 15. En punktlighetsmodell (Nyström, 2008)**

Modellen viser at jernbanesystemets ressurser blir påvirket av mange forhold, for eksempel ulykker, værforhold og investeringer i materiell. Dette virker igjen inn på jernbanesystemets tilgjengelighet. Ruteplanen på sin side er konstruert ut i fra begrensninger i jernbanesystemet, og krav og ønsker om tilgang til sporet og ruteleier fra jernbaneselskaper og kunder. Jernbanesystemets ressurser og tilgjengelighet er sammen med ruteplanen bestemmende for om det oppstår avvik. Dette kan være forsinkelser eller andre avvik fra det som er planlagt. Med tilbakestilling menes eliminering eller reduksjon av effekten av avvikene. Dette inkluderer tiltak som togleder beslutter for å minimere de totale forsinkelsene, men også valg som kundene gjør. Ut i fra dette bestemmes graden av ikke-punktlighet og kostnader knyttet til dette. For å beregne ikke-punktlighetskostnader er man derimot også avhengig av informasjon om hvilken verdi kundene setter på ikke-punktlighet.

Veiseth (2009) utviklet en modell som beskriver hvilke faktorer som påvirker punktligheten. Han delte faktorene inn i direkte og indirekte forklaringsfaktorer. De direkte forklaringsfaktorene påvirker punktligheten direkte mens de indirekte har innflytelse på disse igjen, se Figur 16.



**Figur 16. Forklaringsfaktorer til punktlighet (Veiseth, 2009)**

Veiseth påpekte at det er spesielt viktig å fokusere på de indirekte forklaringsfaktorene dersom man skal oppnå varige punktlighetsforbedringer.

### 4.3 Kvantifisering av påvirkningsfaktorer

Det er utført flere studier der man har forsøkt å kvantifisere påvirkningen ulike faktorer har på punktlighet. Basert på regresjonsanalyser av punktlighetsdata fra British Rail og NSE i Nederland, avdekket Harris (1992) at det kun er to uavhengige variabler som har statistisk signifikans ved bestemmelse av punktlighet; tilbakelagt kjørelengde og toglangde. Tilbakelagt kjørelengde var den kritiske variabel for langdistansetog, og toglangde var den kritiske variabel for pendlertog.

Riksrevisionsverket (1986) påviste at gjennomsnittstemperatur, nedbør og antall reisende kunne forklare ca 50% av forsinkelsene i Sverige mellom 1976 og 1986. Om antall reisende øker med 10%, så forventes antall forsinkede tog å øke med 14% på fredager og 10% på øvrige arbeidsdager. Riksrevisionsverket (1986) mente at oppholdstider ved stasjon var tilpasset lavtrafikkperioder, ikke rush. Riksrevisionsverket (1986) viser også at månedlig gjennomsnittstemperatur under -5 reduserer punktligheten med ca 5 prosentenheter for hver grad som gjennomsnittstemperaturen synker under -5.



Heinz (2000) har utført omfattende studier av på- og avstigningstid, og undersøkt hvilke faktorer som påvirker på- og avstigningstidene. Hun peker blant annet på spredningen i på- og avstigningstid som en forsinkelsesfaktor. BOB benchmarkingstudie (BOB Railway Case, 2003) viser til den disiplinerte oppførselen til japanske reisende som en forklaringsfaktor til den gode punktligheten for JR Kyushu.

Banverket har utført studier av punktlighet for X2000 mellom Stockholm og Göteborg (Banverket, 2001). De studerte faktorene stasjon, tognummer, ukedag og uke. Disse fire faktorer kunne bare forklare ca 15% for variasjonene i forsinkelser.

Det er en utbredt oppfatning at høy kapasitetsutnyttelse av infrastrukturen virker negativt inn på punktligheten. Den anbefalte maksimale kapasitetsutnyttelsen, definert av UIC (2004), er derfor 75 % av teoretisk kapasitet i rush og 60 % utenom rush for linjer med blandet trafikk. Det er gjennomført flere empiriske studier for å vurdere hvordan kapasitetsutnyttelse påvirker punktligheten. Gibson et al. (2002) har studert sammenhengen mellom kapasitetsutnyttelse og forsinkelser i Storbritannia. De fant at høy kapasitetsutnyttelse først og fremst bidrar til følgeforsinkelser, men ikke i seg selv skaper forsinkelser. De kunne ikke finne noen generell sammenheng mellom primære forsinkelser og kapasitetsutnyttelse. Konklusjonen er derfor at alle forsinkelser grunnet høyt kapasitetsutnyttelse er følgeforsinkelser. De identifiserte at høy kapasitetsutnyttelse bidro til forsinkelser på 20 av 24 studerte strekninger. I en norsk sammenheng noterer vi at de strekninger der det ikke ble påvist sammenheng mellom forsinkelser og høyt kapasitetsutnyttelse, inkluderte strekninger som ligner på den norske jernbanen utenfor sentrale Østlandet.

Når det gjelder Norge ble det i perioden 2002-2003 gjennomført analyser av sammenhengen mellom forsinkelser/punktligheit og følgende faktorer:

- Antall reisende
- Belegg (antall reisende / antall seter)
- Kapasitetsutnyttelse på sporet
- Kanselleringer
- Hastighetsnedsettelse
- Utbygging ved sporet
- Avgangs- og ankomstpunktligheit
- Regler for avvikshåndtering

Studiene er oppsummert av Olsson og Haugland (2004). Sterkest korrelasjon mot punktlighet hadde antall reisende, belegg i togene og avgangspunktligheit. Det var ventet å finne en sterkere korrelasjon enn hva som ble funnet mellom punktlighet og henholdsvis kapasitetsutnyttelse og hastighetsnedsettelse.

Flere av de studerte faktorene gir inntrykk av at de ikke er en lineær påvirkning på punktlighet, men at det finnes terskelverdier. Dersom terskelverdiene overskrides så påvirkes punktligheten. Faktorene kapasitetsutnyttelse og hastighetsnedsettelse kan ha slike terskelverdier. Dersom terskelverdiene ikke overskrides blir ofte effekten av disse faktorene skjult i støy fra andre faktorer. Videre forskning rundt metoder for å identifisere slike terskelverdier anbefales.

En indikasjon fra disse studer er at punktligheten på lokaltog og mellomdistanse til stor del påvirkes av håndtering av på- og avstigning. På enkeltsporede strekninger tyder studiene på at det er avviklingen av kryssinger som påvirker punktligheten mest.

#### 4.4 Effekten av forsinkelser og punktlighet

Både kundetilfredsundersøkelser og litteratur som omhandler kvalitet i jernbanedrift understreker viktigheten av god punktlighet (for eksempel Fahlén og Jönsson, 2005; Seco and Goncalves, 2007; Gelders et al., 2008). Dette kommer av at kundene blir berørt av forsinkelser og at det får konsekvenser for dem. Eksempelvis kan det føre til at man kommer for sent til jobb og møter, for sent til henting i barnehagen eller at varer kommer for sent frem til kundene. Det er derfor en antagelse at punktlighet og forsinkelser påvirker togselskapene i form av at kunder velger andre transportmidler enn jernbane. Dette støttes av undersøkelser av betalingsvillighet for å unngå forsinkelser, som viser at kunder verdsetter god punktlighet høyere enn for eksempel redusert reisetid.

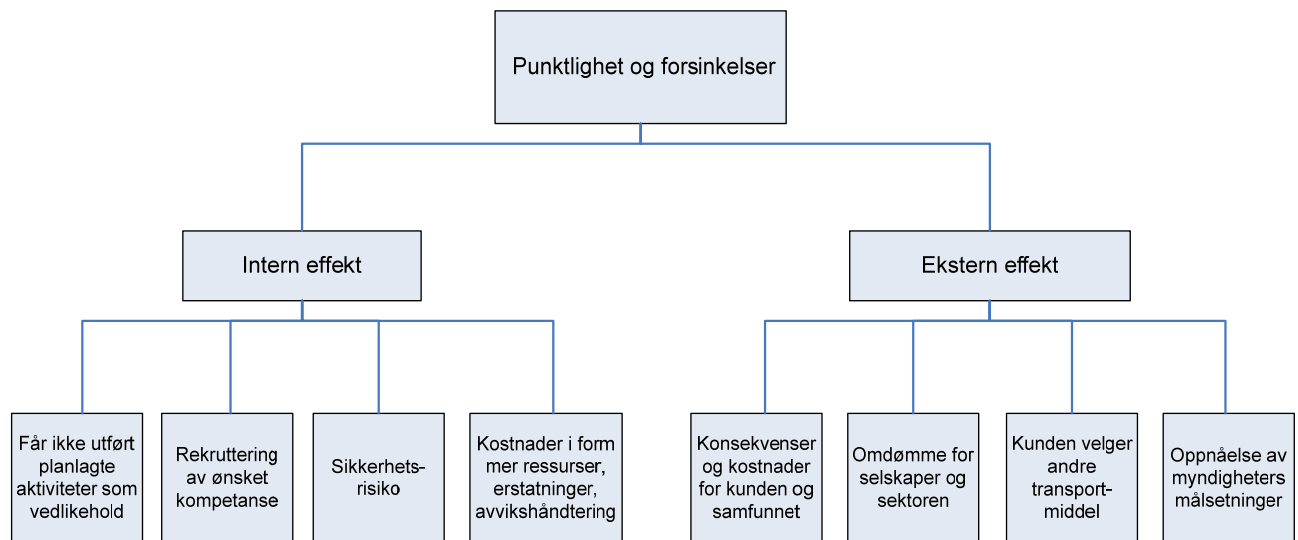
Det finnes derimot mange andre effekter av forsinkelser og punktlighet enn det at enkeltindivider velger andre transportmiddel på grunn av opplevde forsinkelser. En av dem er oppfatningen opinionen har om jernbanen. Forsinkelser og dårlige punktlighetstall er noe som får mye omtale i media. Spesielt gjelder dette for områder der mange er avhengig av tog i hverdagen. I Norge utmerker Oslo-området seg, som på grunn av høy togtetthet og mange reisende er spesielt sårbar for forstyrrelser i togtrafikken. Store og hyppige avvik i dette området fører ofte til en nasjonal debatt om hvor dårlig det står til i jernbanen. Dette til tross for at punktligheten mange andre steder i landet kan være svært god. Et slikt negativt omdømme kan i seg selv føre til at folk velger et annet reisemiddel og det vanskeliggjør rekrutteringen av nye kunder. Dette kan igjen påvirke muligheten for å oppnå målsetninger om å overføre transport fra vei til jernbane. Et dårlig omdømme kan også vanskeliggjøre tilgangen på nødvendig kompetanse i form av at det blir mindre attraktivt å jobbe med jernbane.

Forsinkelser og nedsatt punktlighet påvirker også gjennomføringen av planlagte aktiviteter som vedlikeholds- og utbyggingsaktiviteter. Mye av vedlikeholdet av infrastrukturen utføres i det som kalles "hvite tider", når det ikke går tog. Forsinkelser i togtrafikken fører til at omfanget av "hvite tider" reduseres, noe som kan resultere i at hele eller deler av vedlikeholdsaktiviteter ikke kan gjennomføres som planlagt. Dette er både sløsing med ressurser og det kan føre til flere forsinkelser i form av at feil ikke blir rettet, eller at risikoen for at nye feil oppstår øker. Når det gjelder togmateriell kan forsinkelser føre til avvik i turneringsplanene, som igjen har innvirkning på om vedlikeholdet kan gjennomføres som planlagt. Forsinkelser fører også til økte kostnader for jernbaneorganisasjonene. Dette i form av mer materiell, personell og overtid, erstatninger og rabatter til kundene og bruk av taxi og buss i avvikshåndteringen. I tillegg påvirker forsinkelser sikkerheten. Dette fordi et hvert avvik fra planen, som det en forsinkelse innebærer, utgjør en sikkerhetsrisiko.

For å kunne inkludere punktlighet i etterspørselsmodeller og kost-nytte analyser blir forsinkelser, eller sannsynligheten for forsinkelser, gitt en verdi. Dette benevnes ofte ikke-punktligetskostnader eller verdien av forsinkelser. Det finnes mange studier som presenterer slike verdier og de fleste er basert på Stated-Preference (SP) analyser. I denne type undersøkelser blir de reisende spurt om hva de er villige til å betale for å unngå forsinkelser. Slike studier viser at de reisende typisk er villige til å betale mellom 1,5 og 3 ganger mer for å unngå et minutt forsinkelsestid kontra å redusere reisetiden med et minutt (Veiseth, 2009). Dette betyr at forsinkelser blir vurdert som en større ulempe enn ren reisetid. Fra slike studier finner man også at forretningsreisende og pendlere er villige til å betale mer for å unngå forsinkelser enn andre reisende, og passasjerer med høy inntekt er villige til å betale mer enn passasjerer med mindre inntekt. Dette, i tillegg til at forsinkelser verdsettes høyere på korte reiser enn på lange reiser, er noe av forklaringen til variasjonen i forholdstallene. I tillegg viste Lind og Widlert (1989) at

ulempen med forsinkelser vurderes større for passasjerer som venter på stasjonene enn for de som befinner seg ombord i togene. Innenfor godstransport er det også vanlig å sette en verdi, eller en kostnad, på forsinkelser. For eksempel brukte Jernbaneverket (2001) at forsinkelser koster 72 NOK pr. tonn pr. time (tall fra år 2000).

Det meste av litteraturen som diskuterer verdien av forsinkelser fokuserer på kostnadene til kundene av jernbanetransport. Forsinkelser betyr derimot også kostnader for aktørene i jernbanesektoren. Nyström (2008) foreslo derfor å inndele ikke-punktligheitskostnader i eksterne og interne. Han mente de eksterne ikke-punktligheitskostnadene rammer interessenter utenfor jernbanesektoren, som passasjerer og godskunder, mens de interne ikke-punktligheitskostnadene rammer internt i jernbanesektoren. Som eksempler på det siste oppgir han sekundærforsinkelser og reduksjon i tiden som er satt av til vedlikehold av infrastrukturen. Veiseth (2009) deler også inn i interne og eksterne effekter av punktligheits og forsinkelser. Han oppsummerer sin diskusjon på temaet med en modell som illustrerer ulike kategorier av slike effekter (Figur 17).



**Figur 17. Effekter av punktligheits og forsinkelser (Veiseth, 2009)**

Figuren illustrerer at punktligheits og forsinkelser både har interne og eksterne effekter. Selv om det i mange sammenhenger fokuseres mest på de eksterne effektene er begge dimensjoner viktige når det gjelder konsekvenser av driftsavvik. Det samme gjelder dersom man skal estimere kostnadene knyttet til forsinkelser og punktligheits.

## 5 Forklarings- og påvirkningsfaktorer

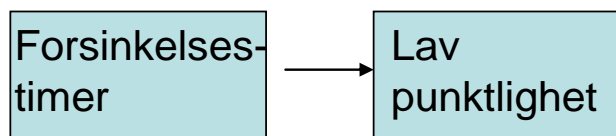
I rapporten er mulige årsaker til utviklingen i forsinkelser analysert på to måter, korrelasjonsanalyser og regresjonsanalyser. I tillegg er det benyttet styringsdiagrammer med øvre og nedre kontrollgrenser, basert på Kvåvik (2008). Gjennom korrelasjonsanalyser har vi sett på om en endring (eksempelvis en økning) i forsinkelsene skjer samtidig med en utvikling (økning eller minskning) i noe som antas å påvirke forsinkelsene. Korrelasjonsanalysene ser på samvariasjon mellom ulike påvirkningsfaktorer og punktlighet/forsinkelser. Regresjonsanalysene ser derimot på hvordan en gruppe forklaringsfaktorer samvarierer med punktlighet/forsinkelser.

Når man analyserer korrelasjon mellom forsinkelsestimer og antatte påvirkningsfaktorer, kan man beregne en korrelasjonsfaktor mellom de to variablene. En høy korrelasjonsfaktor forteller oss at det er en sterk samvariasjon mellom forsinkelser og den antatte påvirkningsfaktoren. De endres samtidig. Både negativ korrelasjon og positiv korrelasjon indikerer at det er en sammenheng mellom variablene. Ved positiv korrelasjon så opptrer en økning i påvirkningsfaktoren (eksempelvis omfang av anleggsarbeid) samtidig med en økning i forsinkelsestimer. Med en negativ korrelasjon sammenfaller en reduksjon i en antatt årsak (eksempelvis antall tilgjengelige togsett) med en økning i forsinkelsene.

Korrelasjon betyr ikke nødvendigvis at det finnes et direkte årsak-virkningsforhold mellom påvirkningsfaktoren og forsinkelsene. Man ser bare at de endres på en lignende måte i samme tidsrom. Det kan være en tredje faktor som påvirker både forsinkelsene og den antatte påvirkningsfaktoren. Likevel er det slik at dersom det synes logisk at en faktor er årsak til forsinkelser, og man finner en korrelasjon mellom årsaken og forsinkelser, så styrkes antakelsen at man her har funnet en reell årsak til forsinkelser.

### 5.1 Forsinkelsestimer og punktlighet

Mandatet for studien fokuserer på forsinkelsestimer. Punktlighet og forsinkelsestimer er til stor del et speilbilde av samme sak. Vi kan derfor forvente at økt antall forsinkelsestimer medfører lavere punktlighet.



**Figur 18. Antatt sammenheng mellom forsinkelsestimer og punktlighet**

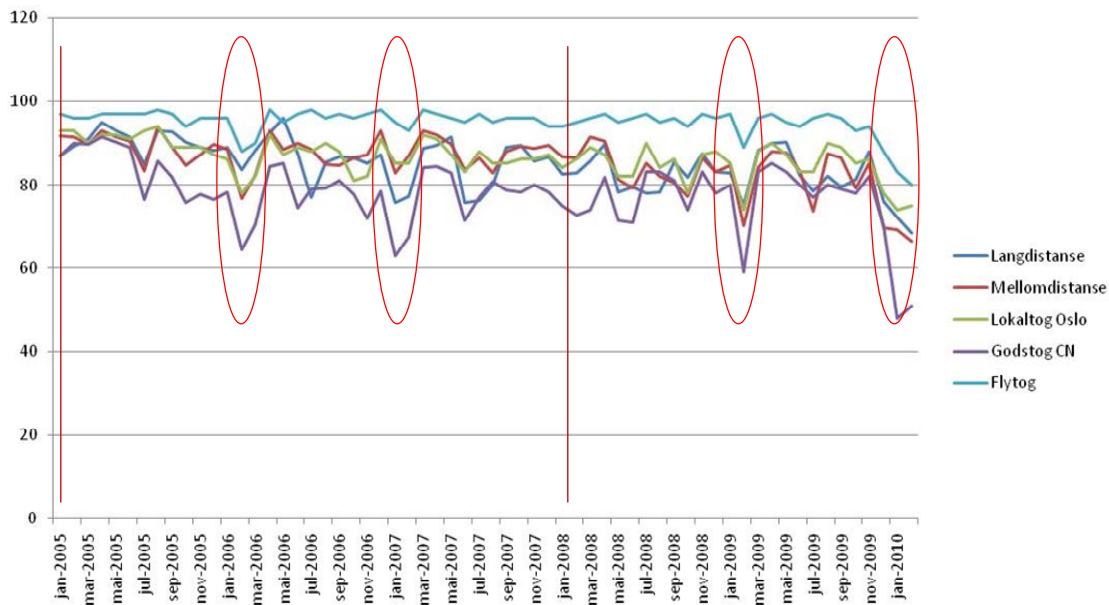
Som ventet viser Tabell 1 en sammenheng mellom forsinkelsestimer og punktlighet. Merk likevel at korrelasjonen ikke er entydig. Sammenhengen mellom forsinkelsestimer og punktlighet er ikke like lineær som en kanskje kan forestille seg. Årsaken er at store forsinkelser på enkelte tog kan gi store utslag på antallet forsinkelsestimer, uten at punktligheten påvirkes mer enn at ett tog legges til antallet ”ikke-punktlige ankomster” i punktlighetsstatistikken. Forsinkelsestimer kan i tillegg oppstå underveis på strekningene, for å være kjørt inn igjen før toget ankommer endestasjonen. I slike tilfeller vil en oppleve en økning i forsinkelsestimer uten at det gir utslag på punktlighetsstatistikken.

	Forsinkelsestimer			Punktlighet	
	Totalt	Operatører	Infrastruktur	Lokaltog	Flytog
<i>Forsinkelsestimer totalt</i>		0,80	0,90	-0,58	-0,56
<i>Forsinkelsestimer operatør</i>	0,80		0,51	-0,51	-0,51
<i>Forsinkelsestimer infrastruktur</i>	0,90	0,51		-0,46	-0,43
<i>Punktlighet Lokaltog</i>	-0,58	-0,51	-0,46		0,77
<i>Punktlighet flytog</i>	-0,56	-0,51	-0,43	0,77	

**Tabell 1. Korrelasjon mellom punktlighet og forsinkelsestimer**

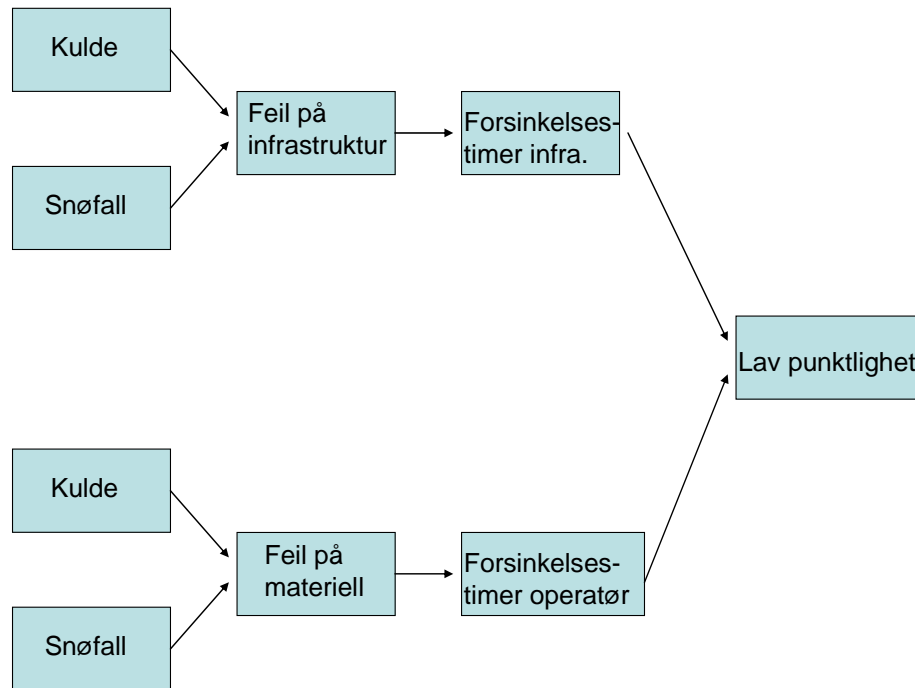
## 5.2 Vinter, årsvariasjoner

Norsk jernbane har et systematisk vinterproblem. Figur 19 viser at alle perioder med lav punktlighet oppstår på vinteren, og at 4 av de seneste 6 vintrene har gitt stor reduksjon i punktligheten.



**Figur 19. Alle perioder med lavest punktlighet oppstår på vinteren (TIOS)**

Ut i fra Figur 19 kan vi sette opp antatte årsakssammenhenger, som vist i Figur 20.



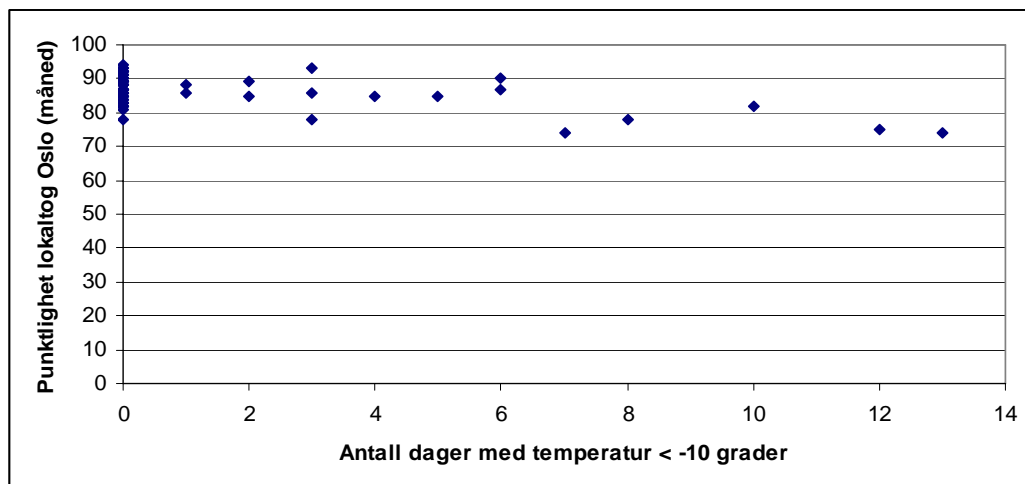
**Figur 20. Antatte sammenhenger mellom vintervær og punktlighet**

Tabell 2 og Tabell 3 er sammenstillinger av hvordan været påvirker toggangen. Det er god korrelasjon mellom lav punktlighet og ”ektremvær” i form av temperaturer under minus 10 grader eller snøfall på mer enn 10 centimeter (Tabell 2).

Korrelasjon	Antall dager med temperatur under -10°C	Ant. dager med snøfall >=10cm
Lokaltog Oslo	-0,57	-0,52
Gods CN	-0,67	-0,53
Flytog	-0,83	-0,59
Langdistanse	-0,43	-0,28
Mellomdistanse	-0,57	-0,48

**Tabell 2. Korrelasjon mellom punktlighet til endestasjon og antall dager med henholdsvis lavere temperatur enn -10 grader og snøfall på over 10 cm. Værdata gjelder Asker. (Måned for måned i 2005 til og med februar 2010)**

Figur 21 er en illustrasjon av korrelasjonsanalysene som er vist i Tabell 2. Her vises at dersom det er 7 dager eller mer med -10 grader eller kaldere, så ligger punktligheten for lokaltog i Oslo på omtrent 80% eller lavere. Tilsvarende analyse basert på data uke for uke viser en lignende tendens, men en svakere korrelasjon.



**Figur 21. Korrelasjon mellom punktlighet til endestasjon og antall dager med lavere temperatur enn - 10 grader. Værdata gjelder Asker. (Måned for måned fra 2005 til og med februar 2010)**

	Middeltemp.	Minimumtemp.	Maksimaltemp.	Cm snødybde
Infrastrukturforvalter (forsinkelsestimer)	-0,32	-0,31	-0,34	0,31
Operatører (forsinkelsestimer)	-0,37	-0,37	-0,37	0,42
Forsinkelsestimer totalt	-0,36	-0,35	-0,37	0,39
Punktlighet Lokaltog Oslo (%)	0,51	0,47	0,53	-0,49
Punktlighet Flytog (%)	0,55	0,53	0,54	-0,48

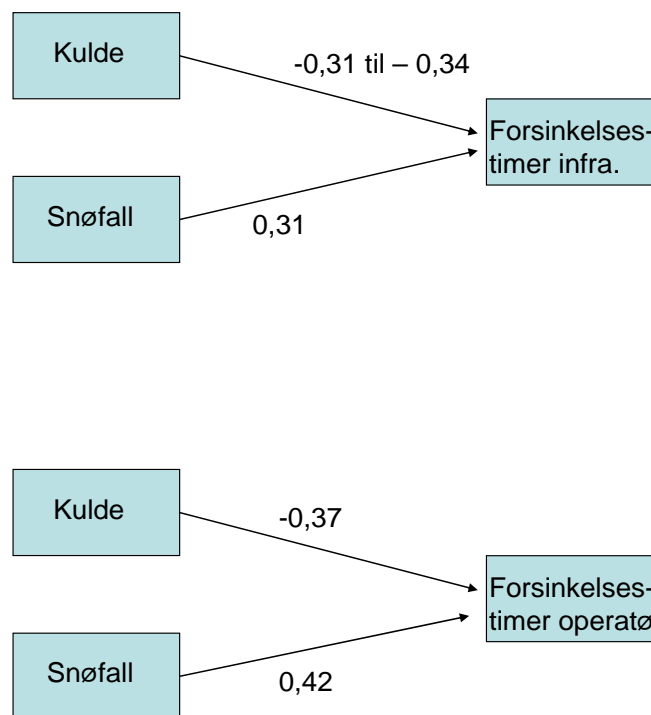
Tabell 3 Tabell 3 viser hvordan været påvirker toggangen, her målt uke for uke i vinterperioden. Selv om korrelasjonen er lavere enn for den månedsvise analysen i Tabell 2 så er trenden i begge analysene at:

- når temperaturen går ned så går forsinkelsestimerne opp (negative tall)
- når snødybden øker så øker forsinkelsestimerne (positive tall)
- når temperaturen går ned går punktligheten ned (positive tall)
- når snødybden går opp går punktligheten ned (negative tall)

	Middeltemp.	Minimumtemp.	Maksimaltemp.	Cm snødybde
Infrastrukturforvalter (forsinkelsestimer)	-0,32	-0,31	-0,34	0,31
Operatører (forsinkelsestimer)	-0,37	-0,37	-0,37	0,42
Forsinkelsestimer totalt	-0,36	-0,35	-0,37	0,39
Punktlighet Lokaltog Oslo (%)	0,51	0,47	0,53	-0,49
Punktlighet Flytog (%)	0,55	0,53	0,54	-0,48

**Tabell 3. Korrelasjon mellom forsinkelsestimer (Drammen-Eidsvoll) og punktlighet til endestasjon sammenlignet med utvalgte væredata. Væredata gjelder Asker. (Uke for uke i vinterperioden 2005 til uke 17 i 2010)**

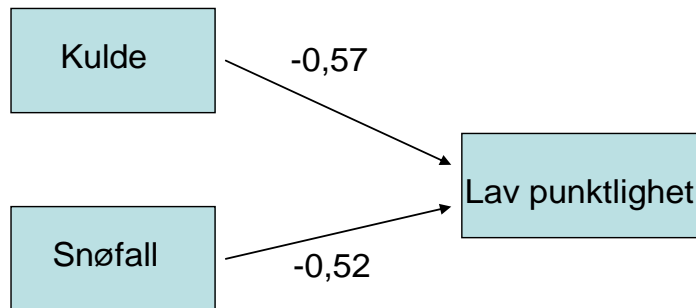
Vi kan derfor til dels bekrefte de antatte sammenhengene, se Figur 22.



**Figur 22. Dokumenterte sammenhenger mellom vintervær og punktlighet**

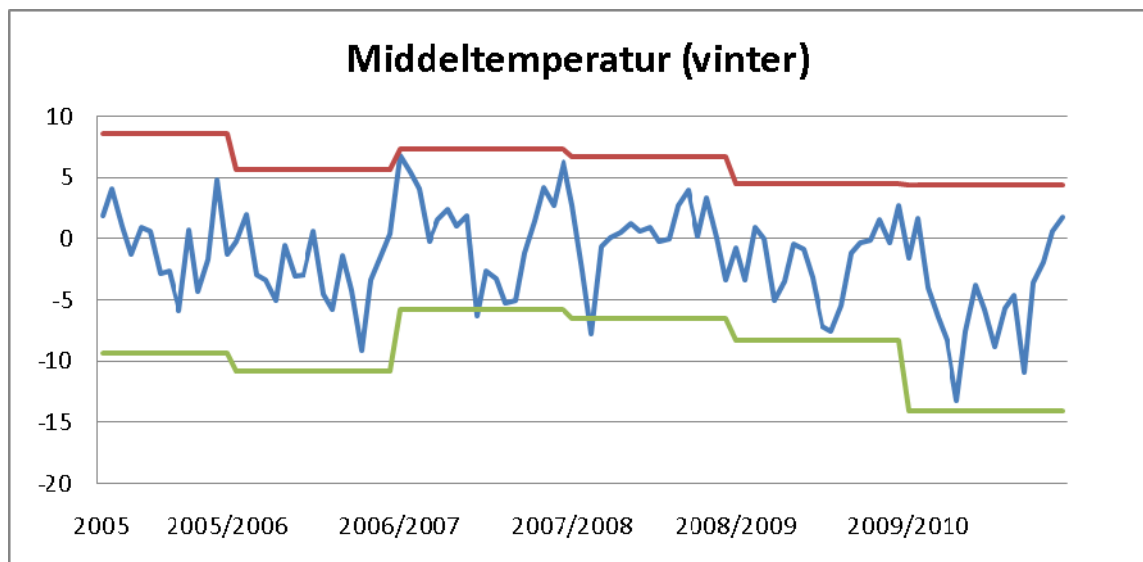
Resultatene indikerer at snø og kulde slår hardere på punktligheten til ankomststasjon enn på forsinkelsestimerne, selv om den antatte sammenhengene er tilstede i begge tilfeller. Figur 23 viser grafisk at den antatte sammenhengene mellom kulde (målt som antall dager per måned med lavere temperatur enn -10 grader) og snøfall (målt som antall dager per måned med snøfall på mer enn 10 cm), er sterkere for punktlighet enn for forsinkelsestimer.





**Figur 23. Illustrasjon av korrelasjonen mellom punktlighet til endestasjon og antall dager med henholdsvis mindre enn -10 grader og snøfall over 10 cm. Værdata gjelder Asker. (Måned for måned i 2005 til og med februar 2010)**

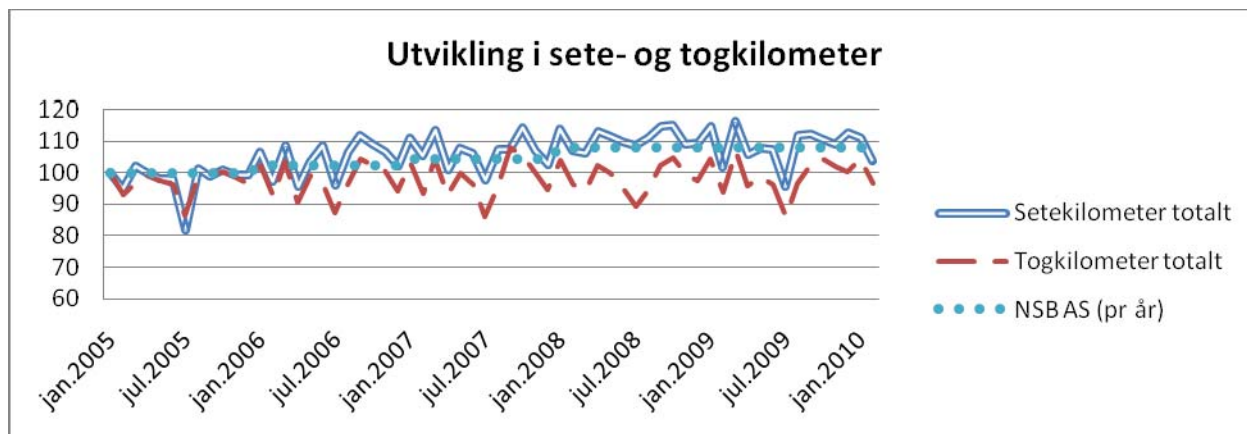
En utfordring er at snø og kulde til stor del ikke er ekstremvær men regelmessig tilbakekommende vintre. Figur 24 viser at værvariasjonene i perioden 2005 til 2009 har vært ganske stabile, mens vinteren 2009/2010 er kaldere enn øvrige år. Når det er en korrelasjon over hele tidsperioden, tyder det på at vintervær systematisk skaper punktlighetsproblemer.



**Figur 24. Middeltemperatur i vintermånedene (desember til mars), målepunkt Asker (data fra Meteorologisk Instituttets database på nett)**

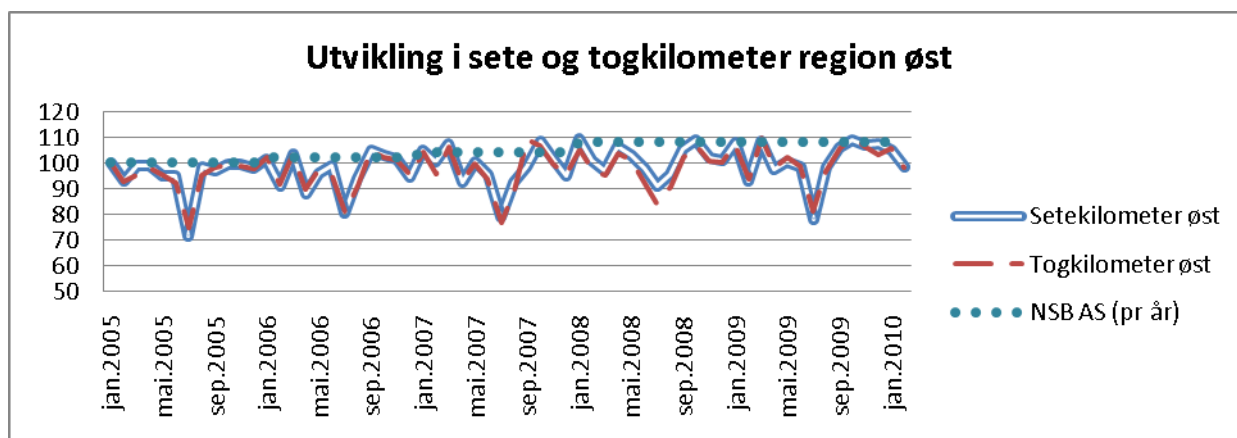
### 5.3 Produksjonsøkning persontog

Det har vært en produksjonsøkning på persontrafikk mellom 2005 og 2008 målt i setekilometer, men ikke i togkilometer. Antall reisende med NSB har økt noe.



**Figur 25. Utvikling i antall reisende, setekilometer og togkilometer pr måned (NSB) for hele landet. Indeksert med 100 tilsvarende nivå januar 2005 (data fra NSB)**

For Region Øst har imidlertid utviklingen i tog og setekilometer fulgt hverandre tettere gjennom perioden. Det har kun vært en liten produksjonsøkning gjennom perioden (se Figur 26).



**Figur 26. Utvikling i antall reisende, setekilometer og togkilometer pr måned (NSB) for region Øst. Indeksert med 100 tilsvarende nivå januar 2005 (data fra NSB)**

Tabell 4 viser at det er noe korrelasjon mellom NSBs produksjonsvolum og punktlighet for lokaltog. For Flytog, langdistanse og mellomdistanse persontog er det hovedsaklig svak korrelasjon.

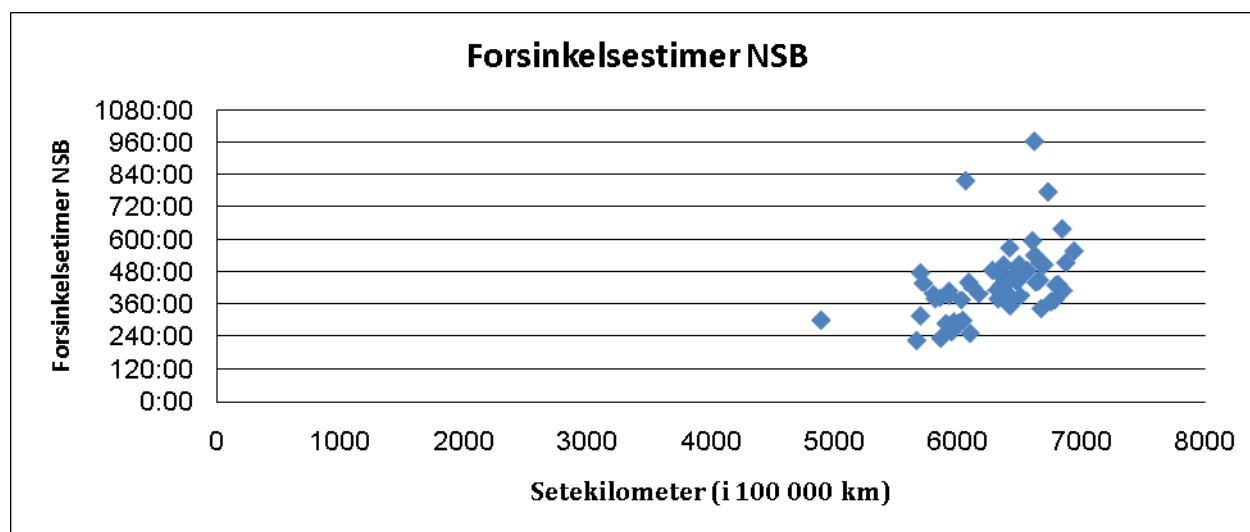
	Sete kilometer totalt	Tog kilometer totalt	Sete kilometer øst	Tog kilometer øst
Lokaltog Oslo	-0,35	-0,20	-0,24	-0,24
Flytog	-0,11	-0,11	-0,17	-0,18
Langdistanse	-0,20	0,21	0,09	0,17
Mellomdistanse	-0,20	-0,01	-0,04	-0,04

**Tabell 4. Korrelasjon mellom punktlighet til endestasjon og NSBs produksjonsvolum (Måned for måned 2005 til og med 2009)**

Tabell 5 viser at det også er noe korrelasjon mellom NSBs produksjonsvolum og forsinkelsestimer for NSB.

Forsinkelsestimer	Setekilometer totalt	Togkilometer totalt	Setekilometer øst	Togkilometer øst
Jernbaneverket	0,43	0,12	0,18	0,16
Persontog	0,46	0,22	0,30	0,28

**Tabell 5. Korrelasjon mellom forsinkelsestimer og NSBs produksjonsvolum (Måned for måned 2005 til og med 2009)**



**Figur 27. Illustrasjon av sammenhengen mellom forsinkelsestimer og setekilometer**

Det har vært en moderat økning i antall tog over Oslo S, fra 791 i 2005 til 832 i 2008, en økning på 5,2 %. Likevel viser Tabell 7 at det er ganske god korrelasjon mellom antall tog over Oslo S og punktligheten for lokaltog.

	Antall tog totalt per døgn over Oslo S
<b>2005</b>	791
<b>2006</b>	814
<b>2007</b>	826
<b>2008</b>	827
<b>2009</b>	832

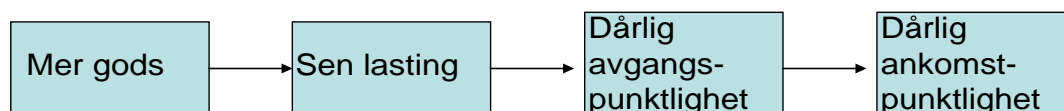
**Tabell 6. Antall tog over Oslo S. Kilde: Jernbaneverkets statistikkrapporter (2005-2008, og Jernbaneverket 2009)**

	Antall tog over Oslo S
Forsinkelsestimer totalt	0,46
Forsinkelsestimer operatør	0,22
Forsinkelsestimer infrastruktur	0,37
Punktlighet Lokaltog	-0,54
Punktlighet flytog	-0,17

**Tabell 7. Korrelasjon antall tog over Oslo S og forsinkelsestimer/punktlighet**

#### 5.4 Produksjonsendring og avgangspunktighet godstog

Økt godsvolum blir ofte fremhevet som en årsak til økte forsinkelser for godstogene, som indikert i Figur 28.



**Figur 28. Antatt sammenheng mellom produksjonsendring, avgangspunktighet og ankomstpunktighet for godstog**

Godstrafikken har totalt sett hatt et redusert volum i perioden 2005 til 2007, men har hatt en økning til 2008.

År	1000 Tonn gods
2005	587,50
2006	572,58
2007	571,58
2008	645,67

**Tabell 8. Godstrafikk målt i 1000 tonn (Jernbaneverkets statistikkerapporter)**

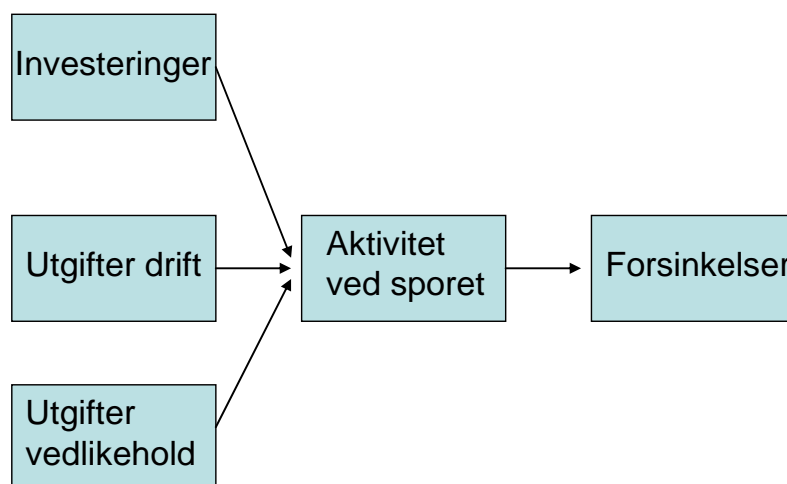
Denne, og tidligere analyser, indikerer at når Alnabru fungerer så fungerer godstrafikken. Figur 9 viser at årsakskategorien "Tog satt sent opp i togspor" har økt noe fra 2005 til 2009. For å følge opp dette viser Tabell 9 at det er god korrelasjon mellom CargoNets målepunkt "Klart terminal", og punktlighet og forsinkelsestimer for godstog totalt sett. "Klart terminal" er i praksis ferdigstillelsen av lastingen på Alnabru.

	CargoNet Avg Alnabru (min)	CargoNet Klart term Alnabru	CN Klart vedlikehold Alnabru ( min)
Punktlighet godstog	-0,48	-0,66	-0,11
Forsinkelsestimer godstog	0,58	0,73	0,16

**Tabell 9. Korrelasjon mellom punktighet og forsinkelsestimer for godstog og ulike målepunkter på Alnabru (Måned for måned fra 2005 t.o.m. 2009, data fra TIOS og CargoNet)**

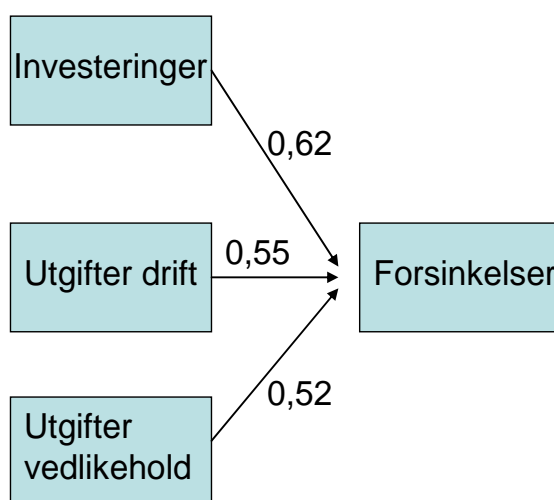
## 5.5 Omfang anleggsarbeider og vedlikehold

Aktivitet ved sporet medfører risiko for forsinkelser, både direkte ved at aktiviteten kan skape behov for hastighetsnedsettelse under tiden arbeidet pågår, og indirekte ved at det er økt risiko for at andre feil oppstår.



**Figur 29. Antatt sammenheng mellom investeringer og omfang av drift og vedlikehold**

Vi har ikke funnet noe godt mål på ”aktivitet ved sporet”, og vi har derfor brukt utgiftsnivået de enkelte årene som mål på aktivitetsnivået. Figur 30 viser at anleggsarbeider og aktivitet ved sporene har en sammenheng med økte forsinkelser. Når anleggsaktivitetene øker, så øker forsinkelsestimene.



**Figur 30. Antatt sammenheng mellom investeringer og omfang av drift og vedlikehold. Korrelasjon er angitt for persontog (se Tabell 10)**

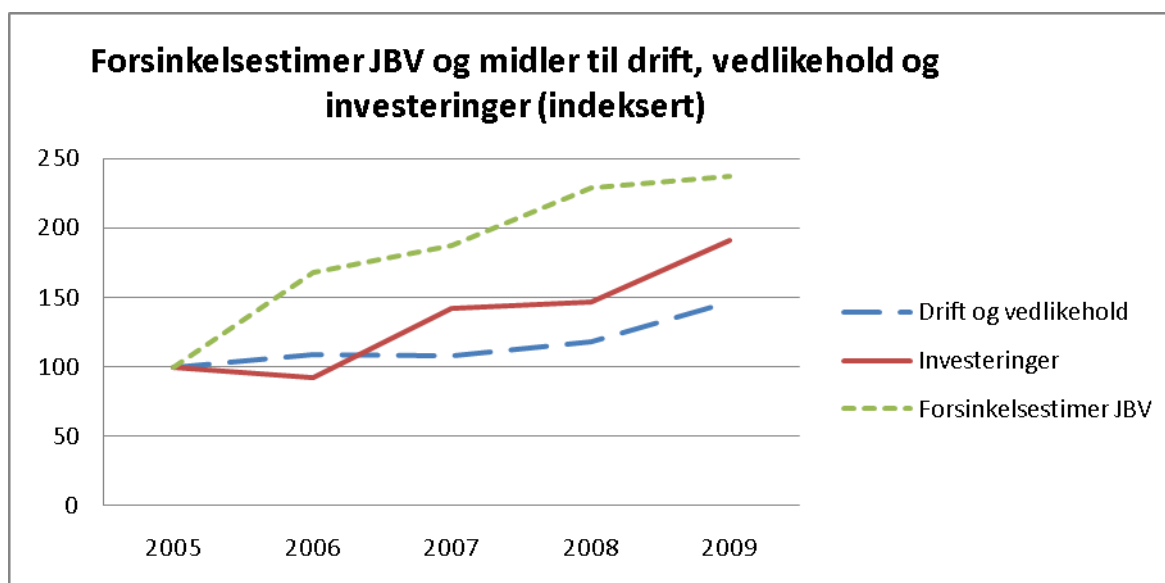
Omfanget av vedlikehold og investeringer, og utgifter til drift av jernbanens infrastruktur har økt fra 2005 til 2009. Tabell 10 viser at det er tildels sterk korrelasjon mellom forsinkelsestimer for Jernbaneverket og persontog i forhold til samlede utgifter til drift og vedlikehold og til

investeringer. Tilsvarende analyse i Tabell 11 på punktlighet til endestasjon gir en lignende tendens, men svakere korrelasjoner.

Forsinkelsestimer	Drift	Vedlikehold	Drift og vedlikehold (summert)	Investeringer
Jernbaneverket	0,48	0,64	0,73	0,71
Persontog	0,55	0,52	0,72	0,62
Godstog	0,36	0,46	0,45	0,44
Flytog	0,18	-0,03	0,51	0,35

**Tabell 10. Korrelasjon mellom forsinkelsestimer og utgifter til drift, vedlikehold og investeringer (Måned for måned 2005 til og med 2009)**

Sammenhengen er illustrert grafisk i Figur 31. Nivået på investeringer og bevilgninger til drift og vedlikehold er indekset til startåret 2005 for å sammenlignes med antallet forsinkelsestimer for infrastrukturforvalter. Fremstillingen illustrerer hvordan nivået på investeringer har økt langt mer enn nivået på bevilgninger til drift og vedlikehold.



**Figur 31. Utvikling i investeringer, drift og vedlikehold (TIOS og Jernbaneverkets statistikkrapport 2008)**

	Drift	Vedlikehold	Sum Drift og vedlikehold	Investeringer
Lokaltog Oslo	-0,47	-0,46	-0,38	-0,34
Godstog CN	-0,32	-0,33	-0,17	-0,16
Flytog	-0,15	-0,13	-0,30	-0,25
Langdistanse	-0,31	-0,55	-0,37	-0,44
Mellomdistanse	-0,42	-0,40	-0,51	-0,45

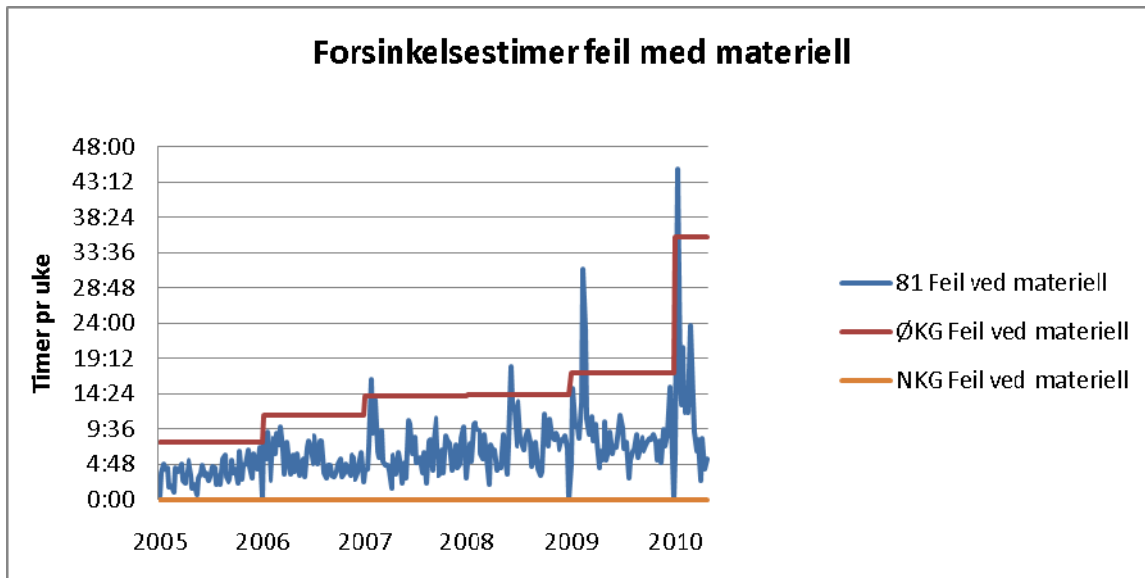
**Tabell 11. Korrelasjon mellom punktlighet til endestasjon og utgifter til drift, vedlikehold og investeringer (Måned for måned 2005 til og med 2009)**

Merk at vi her kun har studert den kortsiktige sammenhengen. I et lengre perspektiv forventes investeringer og vedlikehold å bidra til redusert feilrate og derved færre forsinkelsestimer.

Nærmere analyse av dette krever flere forklaringsvariabler, som andel korrektivt vedlikehold og antall mannetimer faktisk brukt til drift og vedlikeholdsaktiviteter.

## 5.6 Rullende materiell

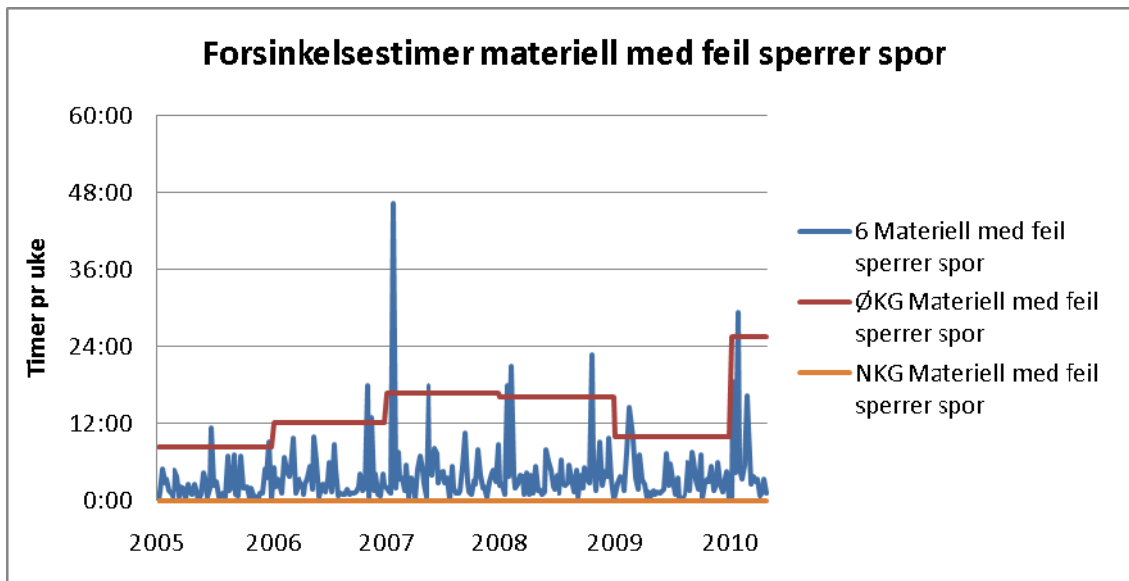
Vi har analysert utviklingen i materiellfeil, basert på data fra TIOS og NSBs egne data. Her gjennomgår forskjellige registreringer som alle henger sammen med tilstanden og tilgjengeligheten på rullende materiell. Først presenteres forsinkelsestimer ”feil med materiell”, videre følger forsinkelsestimer ”materiell med feil sperrer spor”, forsinkelsestimer ”materiell sent satt opp i spor”, antall forsinkede tog grunnet materiellfeil, antall innstillinger (totalt), fjernet dekning og endret materielltype. Til slutt presenteres korrelasjoner mellom punktlighet, forsinkelsestimer og mulige forklaringsfaktorer.



**Figur 32. Forsinkelsestimer Feil med materiell (kode 81) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS)**

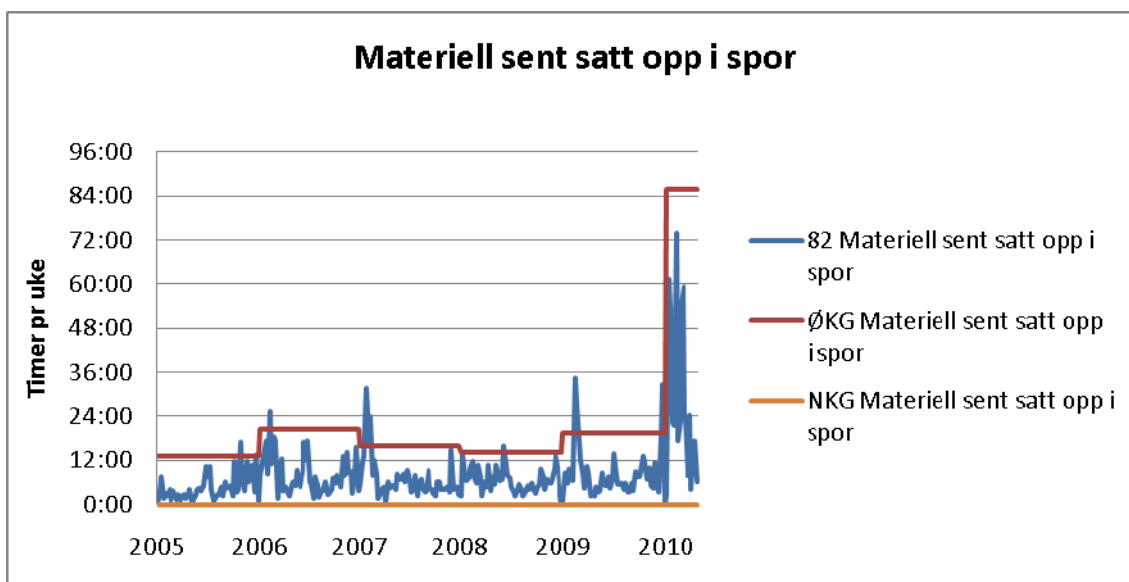
For forsinkelsestimer grunnet feil med materiell (Figur 32) har utviklingen gjennom perioden vist en negativ trend, med årlig økning i gjennomsnittlig antall forsinkelsestimer og økt variasjon. Vinteren 2009/2010 var det en betydelig økning i antall forsinkelsestimer grunnet feil med materiell. Det er naturlig å peke på kulden som sannsynlig viktig årsak, ettersom en kan se en økning i forsinkelsestimer med årsakskoden hver vinter gjennom perioden.

Forsinkelsestimer materiell med feil sperrer spor (Figur 33) inngår i infrastrukturforvalters ansvar, ved at det er infrastrukturforvalter som er ansvarlig for at en kan fremføre trafikk på jernbanen. Det er imidlertid operatørene som er ansvarlig for at materiellet som benyttes til å trafikere jernbanen er i stand til å operere korrekt. Forsinkelsestimer grunnet materiell med feil sperrer spor har vært rimelig stabilt og lavt i perioden. Perioden er preget av enkelte topper, som er naturlig da hvert tilfelle av sperring av spor kan få store konsekvenser, avhengig av hvor feilen inntreffer.



**Figur 33. Forsinkelsestimer materiell med feil sperrer spor (kode 6) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS)**

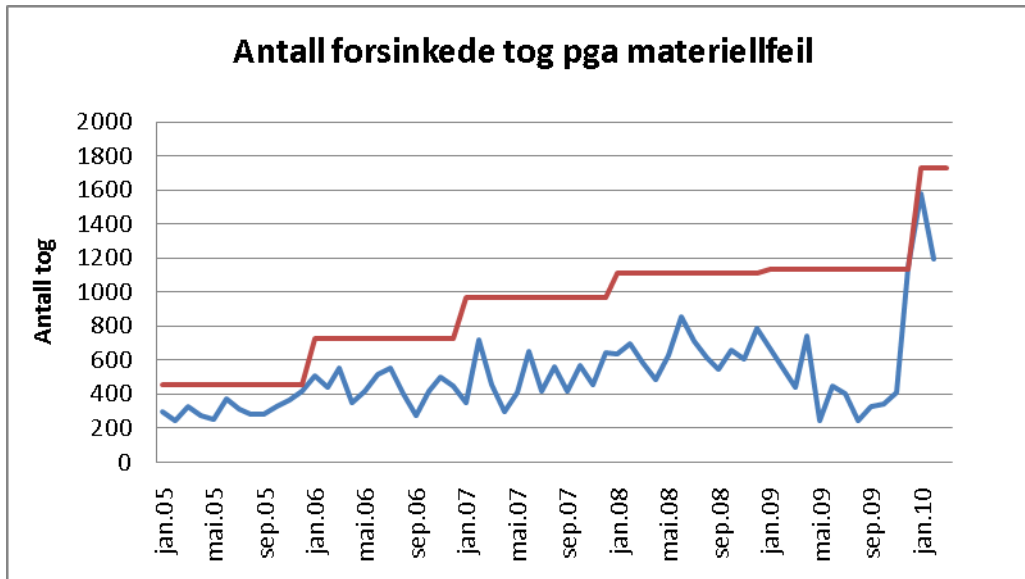
Årsakskoden ”materiell sent satt opp i spor” var stabilt lav gjennom perioden 2005-2010, inntil vinteren 2009/2010, hvor antallet forsinkelsestimer per uke mangedoblet seg. Årsakskoden fanger opp resultatet av flere effekter. Et forsinket tog inn til endestasjon vil for eksempel ved korte snutider risikere å være forsinket allerede før avgang. Forsinkelsen vil kunne registreres med årsakskode ”sent satt opp i togspor”, selv om primærårsaken til forsinkelsen er en annen. Det er dermed naturlig at antallet forsinkelsestimer på koden øker i en periode hvor det er mye andre forsinkelser i systemet. Problemer med å starte togene i en kald vinter kan også bidra til økningen som forekommer hver vinter (toppene i Figur 34).



**Figur 34. Forsinkelsestimer Materiell sent satt opp i spor (kode 83) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS)**



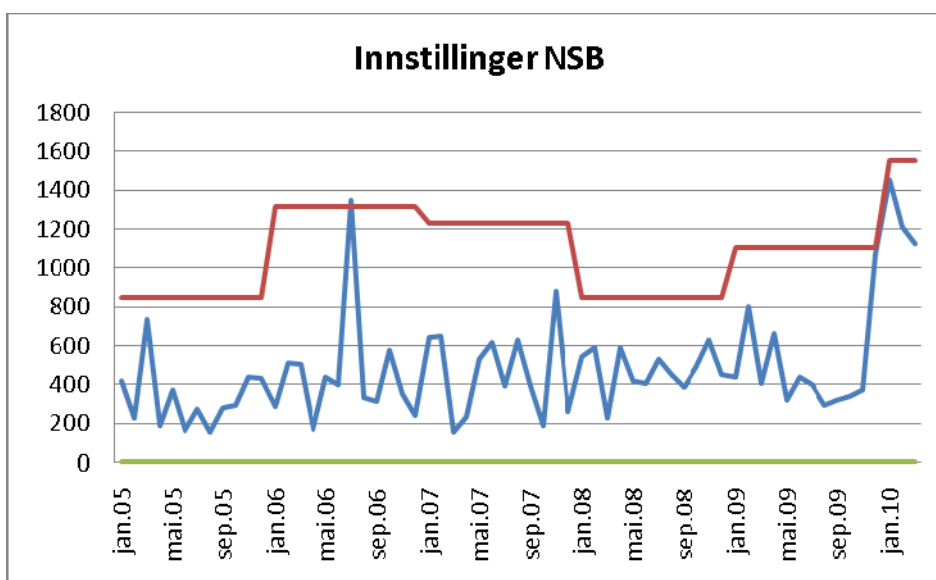
Data om materiellfeil finnes både i Jernbaneverkets system TIOS, og hos operatørene. I det følgende presenteres en sammenstilling av NSBs data for materiellsituasjonen.



**Figur 35. Antall forsinkede tog pr måned grunnet materiellfeil (NSB, basert på TIOS). Omfang og øvre kontrollgrense.**

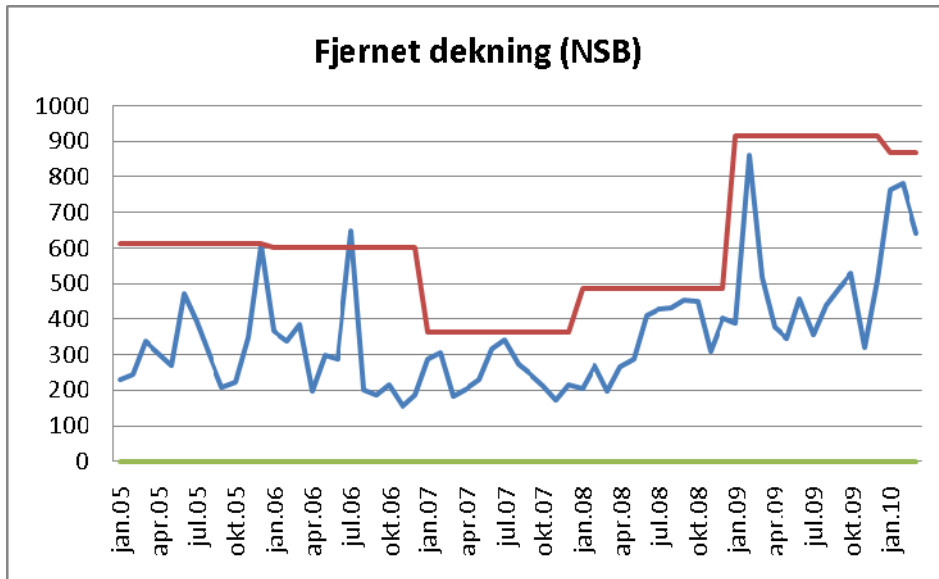
Antallet forsinkede tog på grunn av materiellfeil har vist en økning i årene 2005 til 2008. Etter en nedgang fra 2008 til 2009 har vinteren 2009/2010 resultert i et langt høyere antall forsinkede tog grunnet materiellfeil enn tidligere år (Figur 35).

Når det gjelder omfanget av innstillinger har det ikke vært noen tydelig økning (Figur 36), bortsett fra vinteren 2009/2010. Variasjonen i innstillinger gikk ned i tre påfølgende år i perioden, fra 2006 til 2008. Det er verdt å merke seg at antallet innstillinger vinteren 2009/2010 ikke er mye høyere per uke enn tilfellet var i 2006/2007. En forskjell er imidlertid at antallet var høyere over flere uker vinteren 2009/2010 enn hva tilfellet var i 2006/2007.



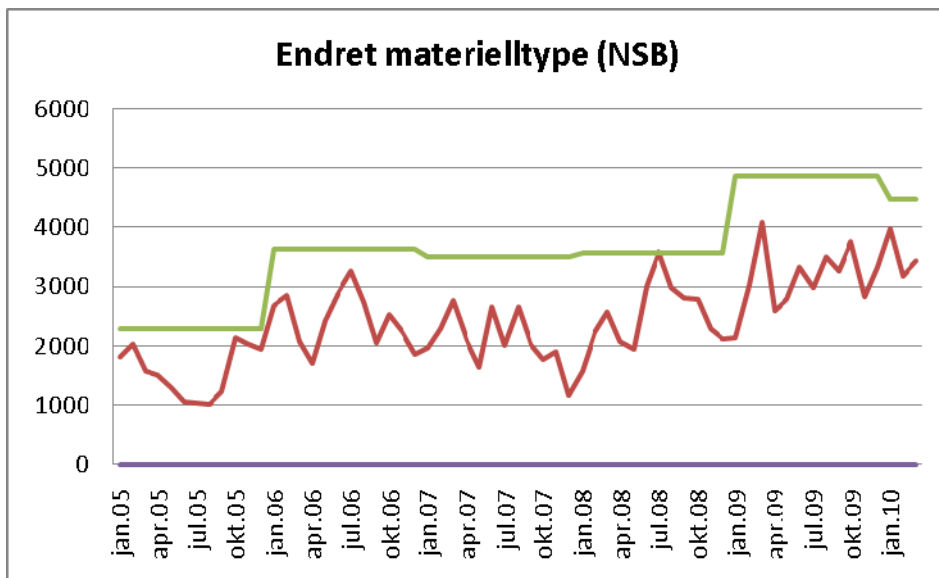
**Figur 36. Antall innstillinger pr. måned NSB (Resource Manager, NSB). Omfang og øvre kontrollgrense**

Et forhold som blir tatt opp som en mulig forklaring til forsinkelser er når tog går med færre vogner, eller mindre hensiktsmessige vogner, enn det som er planlagt. NSB registrerer omfanget av togavganger som går med færre vogner/togsett enn planlagt. Figur 37 viser at omfanget av togavganger med redusert kapasitet gikk ned fra 2005 til 2007, men siden har økt, spesielt i 2009.



**Figur 37. Fjernet dekning pr måned NSB (Resource Manager, NSB). Omfang og øvre kontrollgrense**

Det registreres også antallet avganger som går med annen type rullende materiell enn det som var planlagt. Omfanget av avganger med annet materiell har økt i perioden (Figur 38).



**Figur 38. Tilfeller av endret materielltype pr måned (Resource Manager, NSB). Omfang og øvre kontrollgrense**

Det er korrelasjon mellom alle indikatorer på materielltilgjengelighet (fjernet dekning, forsinkelse grunnet materiellfeil, endret materiell) og forsinkelse/punktlighet for alle togprodukter (se Tabell 12 og Tabell 13). Det kan tolkes som at når NSB har problemer med materiellet får alle tog

problemer i samme periode. Dette er derfor ikke nødvendigvis et årsak-virkningsforhold, bare en påvist samvariasjon. Ved eks. "ekstremvær" (varmt/kaldt) så kan alle ha problemer med sitt eget materiell samtidig.

Punktlighet for	Fjernet dekning (kortere togsett)	Forsinkelse tog grunnet materiellfeil	Endret materielltype
Lokaltog Oslo	-0,52	-0,51	-0,47
Godstog CN	-0,49	-0,57	-0,38
Flytog	-0,59	-0,59	-0,39
Langdistanse	-0,56	-0,51	-0,55
Mellomdistanse	-0,66	-0,50	-0,56

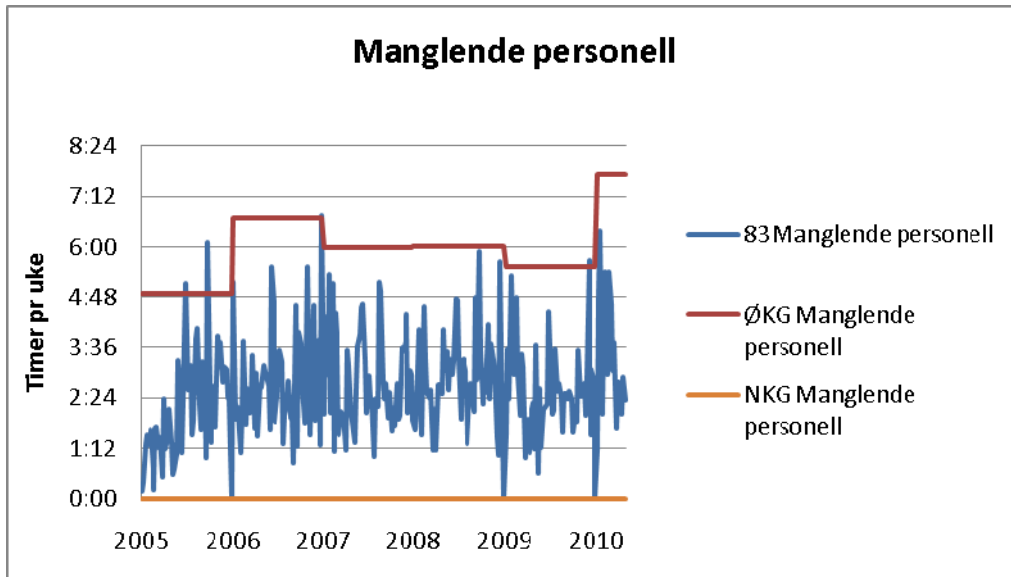
**Tabell 12. Korrelasjon mellom punktlighet og omfanget av kortere tog, materiellfeil og endret materielltype (hele landet, materielldata: NSB)**

Forsinkelsestimer	Fjernet dekning (kortere togsett)	Forsinkelse tog grunnet materiellfeil	Endret materielltype
Jernbaneverket	0,57	0,46	0,66
Persontog	0,65	0,46	0,66
Godstog	0,58	0,49	0,42
Flytog	0,52	0,31	0,56

**Tabell 13. Korrelasjon mellom forsinkelsestimer og omfanget av kortere tog, materiellfeil og endret materielltype (hele landet, materielldata: NSB)**

## 5.7 Personell

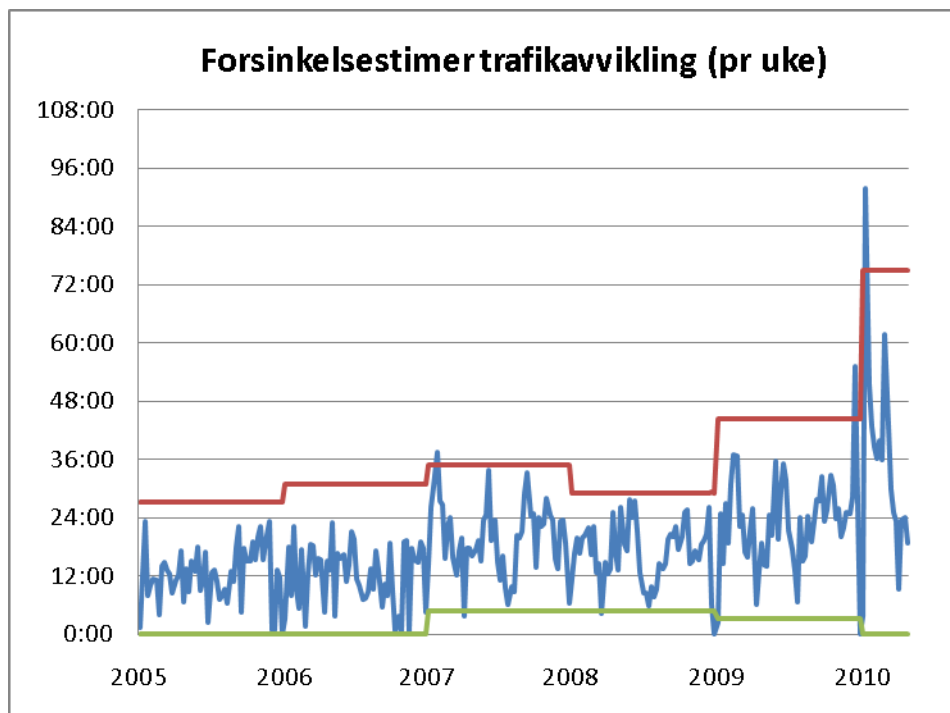
Figur 39 viser at forsinkelsestimer registrert på ”manglende personell” har vært forholdsvis konstant siden 2006, mens nivået lå noe lavere i 2005. Variasjonen har ikke endret seg dramatisk i perioden. Antallet forsinkelsestimer er også forholdsvis lavt.



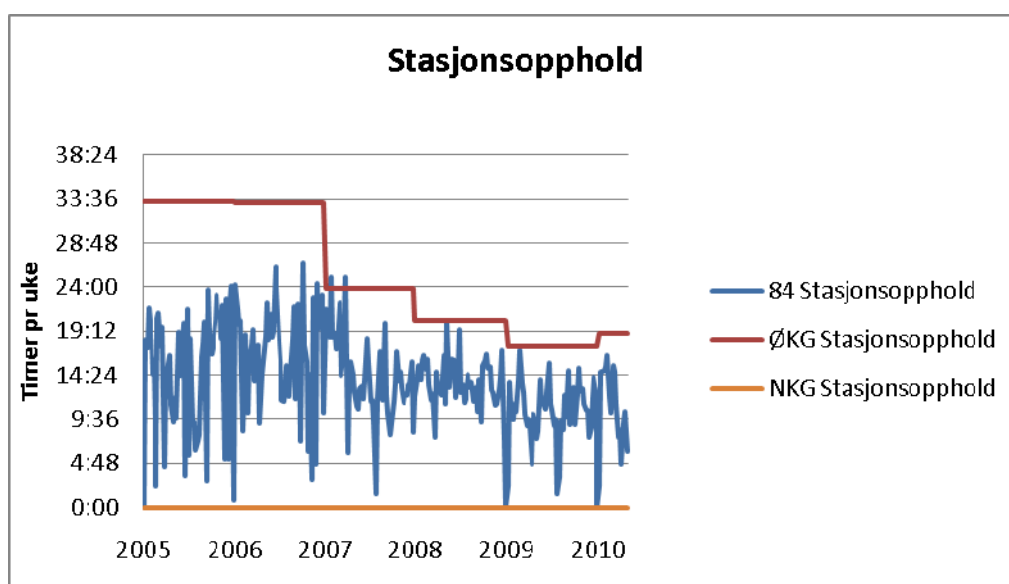
**Figur 39. Forsinkelsestimer Manglende personell (kode 83) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS)**

## 5.8 Trafikkavvikling, stasjonsopphold, planforutsetninger endret, forsinkelse fra utlandet, uhell og uønsket hendelse

Trafikkavvikling, stasjonsopphold og planforutsetninger har utviklet seg ulikt i perioden. Planforutsetninger endret (Figur 42) og trafikkavvikling (Figur 40) har begge hatt en svak økning fra 2005, inntil vinteren 2009/2010, da det var en kraftig økning. Forsinkelser ved stasjonsopphold (Figur 41) har derimot hatt redusert omfang og redusert spredning i perioden, og vinteren 2009/2010 utmerker seg heller ikke. Effektive stasjonsopphold og avgang på sekundet har vært sentrale tema i intern-informasjon i NSB, noe som kan ha bidratt til den positive utviklingen.

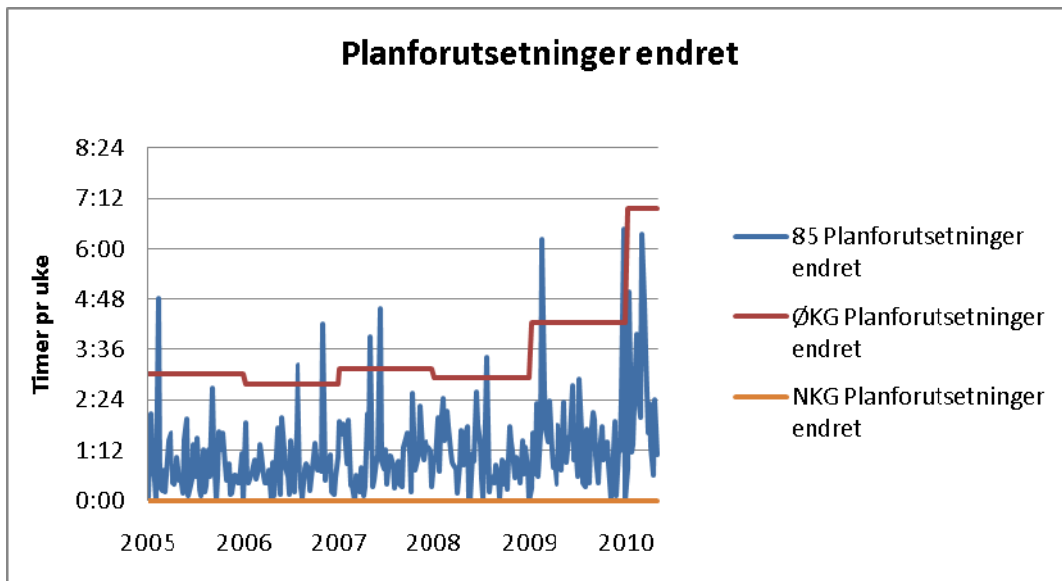


**Figur 40. Forsinkelsestimer trafikavvikling 2005 til 2010. (kode 7) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS)**



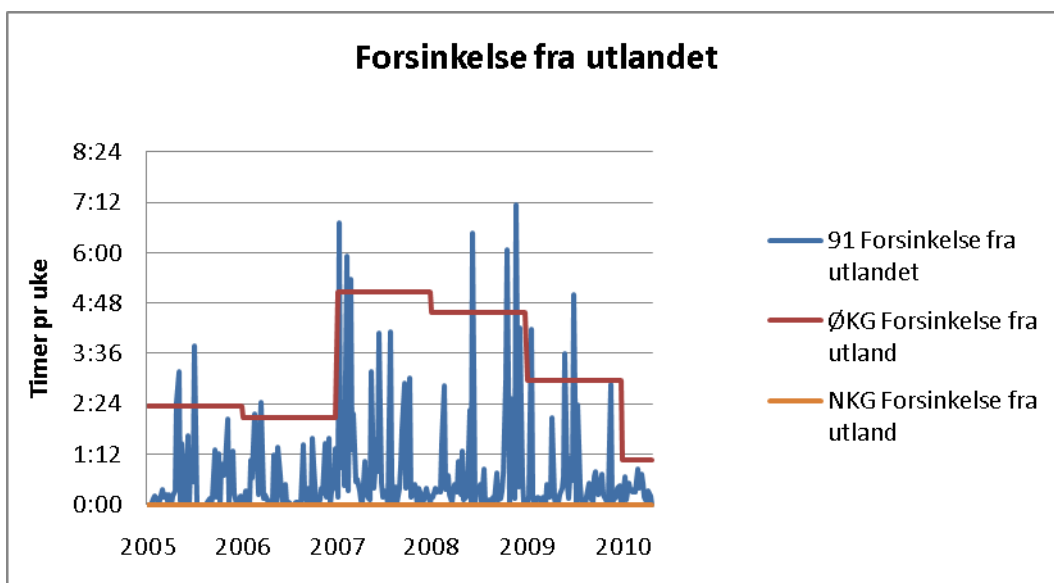
**Figur 41. Forsinkelsestimer Stasjonsopphold (kode 84) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS)**

Planforutsetninger endret (kode 85) har økt i 2009 og 2010, se Figur 42. Planforutsetninger er et vidt begrep, som det til dels legges ulik betydning i.



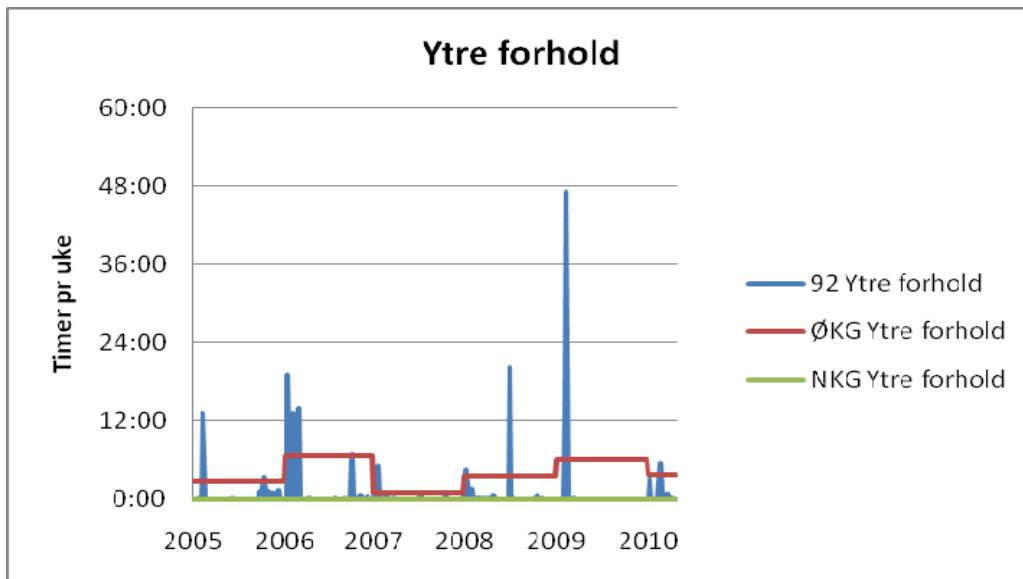
**Figur 42. Forsinkelsestimer Planforutsetninger endret (kode 85) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS)**

Forsinkelse fra utlandet har variert i perioden, men 2010 fremstår som et uvanlig godt år så langt for denne forsinkelseskategorien (Figur 43). Merk også at det er relativt få forsinkelsestimer for denne kategorien.

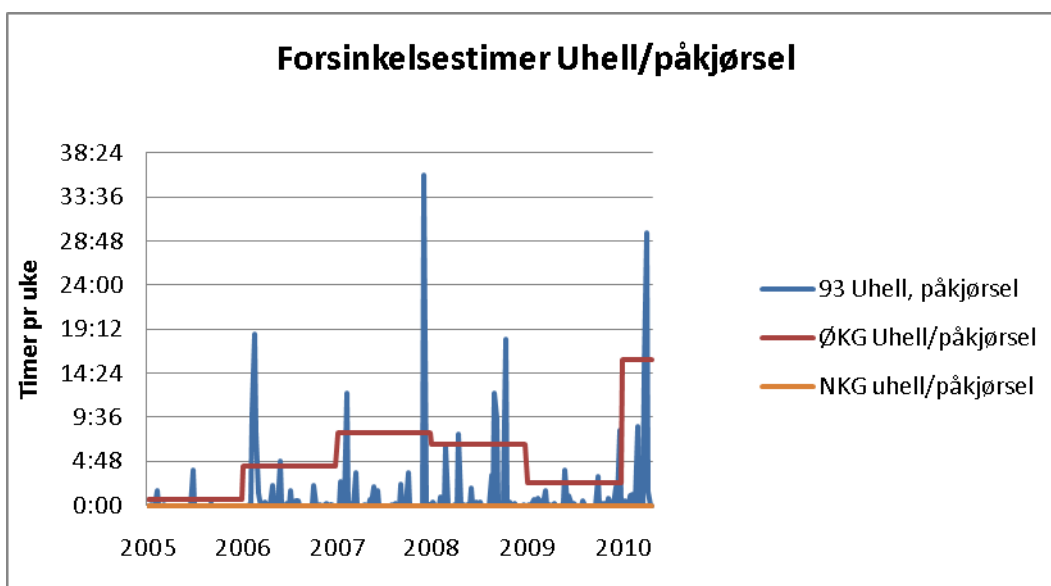


**Figur 43. Forsinkelsestimer Forsinkelse fra utlandet (kode 91) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS)**

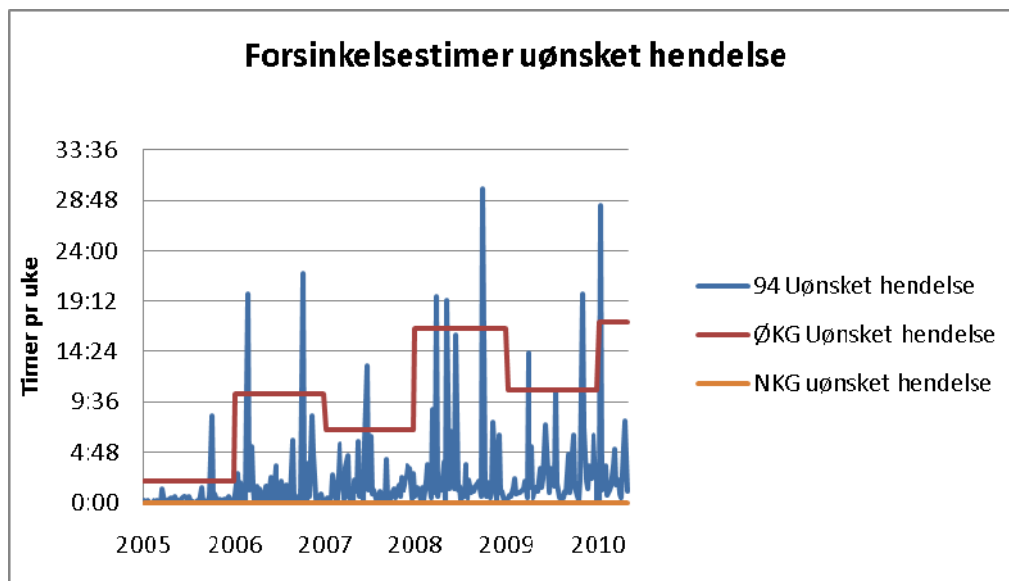
Forsinkelser grunnet ytre forhold (Figur 44), uhell (Figur 45) og uønskede hendelser (Figur 46) viser et lignende mønster. Samtlige har forholdsvis lite omfang, bortsett fra topper enkelte uker. For alle kategorier var 2005 et godt år.



**Figur 44. Forsinkelsestimer grunnet ytre forhold (kode 92) for Drammen - Eidsvoll. Data er gitt pr uke for perioden 2005 til 2010 (TIOS). Øvre og nedre kontrollgrense er angitt.**



**Figur 45. Forsinkelsestimer forsinkelse fra uhell/påkjørsel (kode 93) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS)**



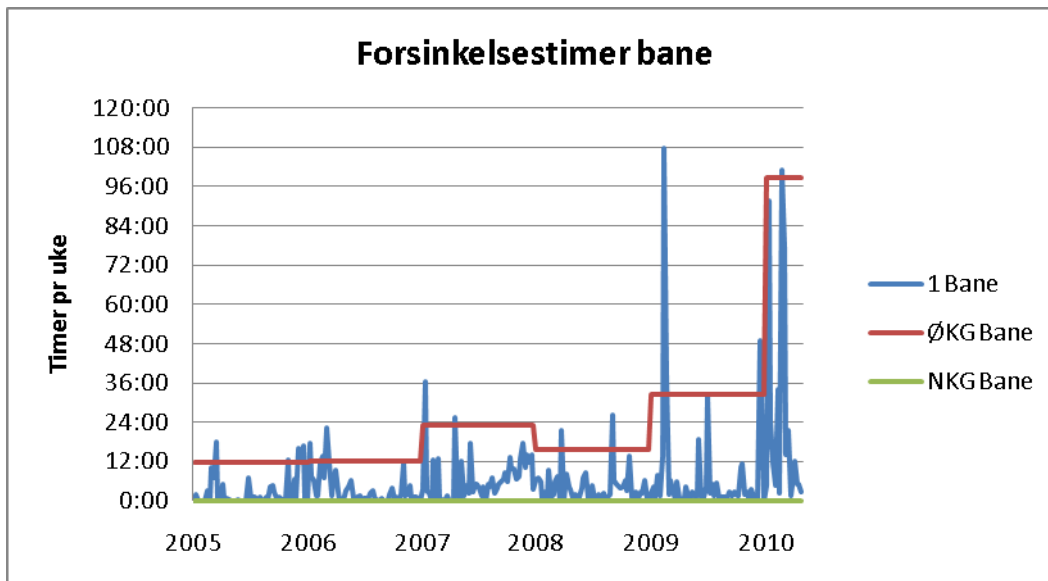
**Figur 46. Forsinkelsestimer Forsinkelser uønsket hendelse (kode 94) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS)**

## 5.9 Infrastruktur

Vi har studert omfanget av infrastrukturfeil. Det er innledningsvis vist at antallet forsinkelsestimer for Jernbaneverket har økt i perioden (Figur 4). Stort sett samtlige infrastrukturrelaterte årsakskoder har økt i antall forsinkelsestimer fra 2005 til 2010. Økningen har funnet sted gradvis gjennom hele perioden. I tillegg til at antallet forsinkelsestimer har økt, har også variasjonen økt betydelig siden 2005.

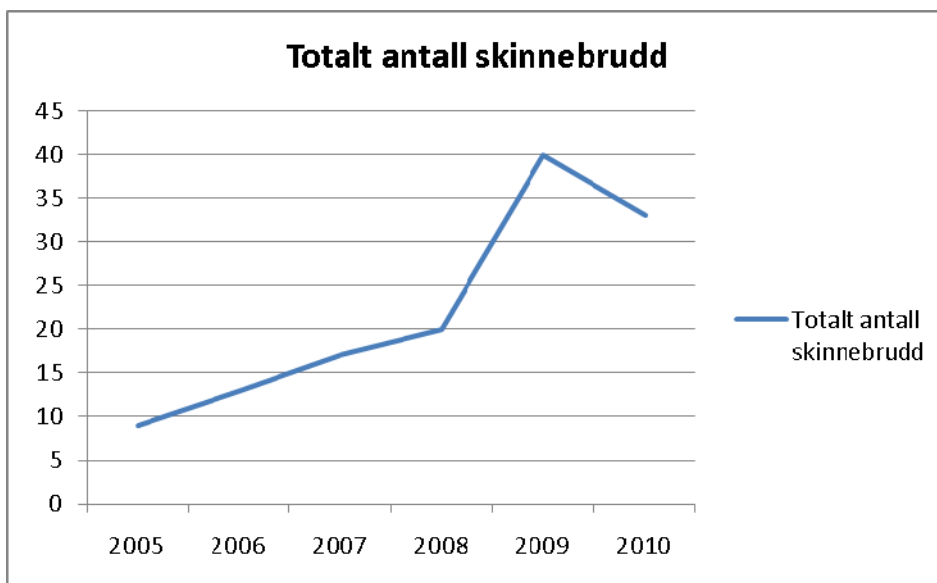
I det følgende presenteres de ulike årsakskategoriene som i TIOS relateres til infrastrukturen hver for seg, basert på casetrekningen Eidsvoll-Drammen. Årsakskodene som relateres til infrastrukturen er "bane" (kode 1), "sikringsanlegg, signalanlegg og fjernstyring" (kode 2), "elkraft/kontaktledning" (kode 3) og "planlagt arbeid/vedlikehold" (kode 5). "Teleanlegg" (kode 4) presenteres ikke her, ettersom omfanget av registrerte forsinkelsestimer på årsakskoden er svært lavt i perioden for eksempelstrekningen. I tillegg presenteres data fra BaneData, i form av oversikter over feilfrekvenser. Videre presenteres en oversikt over antall utbedrede feil fra Banemeldingssentralen, hvor alle typer feil på jernbanen kan meldes inn.





**Figur 47. Forsinkelsestimer Bane (kode 1) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS)**

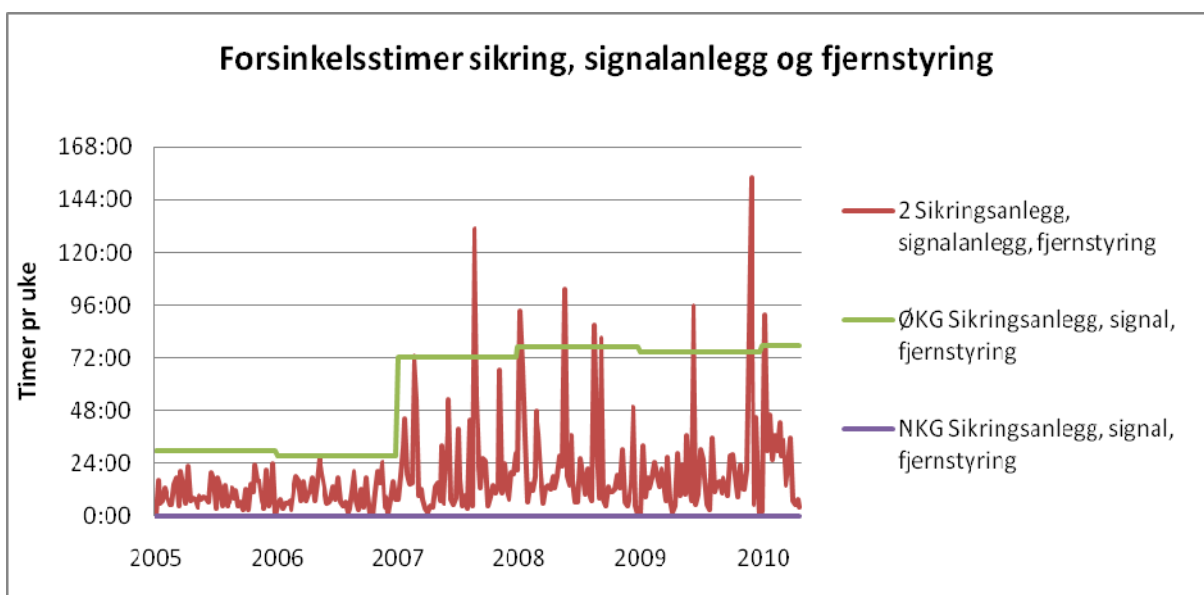
Forsinkelsestimer bane (Figur 47) viser at det for casestrekningen i første halvdel av perioden 2005-2010 har vært stabile forhold med et lavt antall ukentlige forsinkelsestimer. Oversikten viser tydelige topper i 2009 i tillegg til 2010. Selv om det i 2009 var en enda høyere topp enn i 2010, skiller 2010 seg ut ved at det har vært mange forsinkelsestimer over lengre tid enn tilfellene har vært tidligere. Det har vært omfattende anleggsarbeid på strekningen med tilhørende saktekjøringer. Analyser viser også at saktekjøringer på strekningen er en viktig forklaringsfaktor for økt antall totale forsinkelsestimer for strekningen i perioden (se regresjonsanalyse og vedlegg 3). Perioder med lavt antall forsinkelsestimer mellom periodene med et høyt antall forsinkelsestimer kan tyde på at i perioder byr saktekjøringene på mindre problemer, men at når problemer oppstår fører de samme saktekjøringene til et høyt antall forsinkelsestimer.



**Figur 48. Skinnebrudd i perioden 2005-2010, hele landet (Banedata, JBV)**

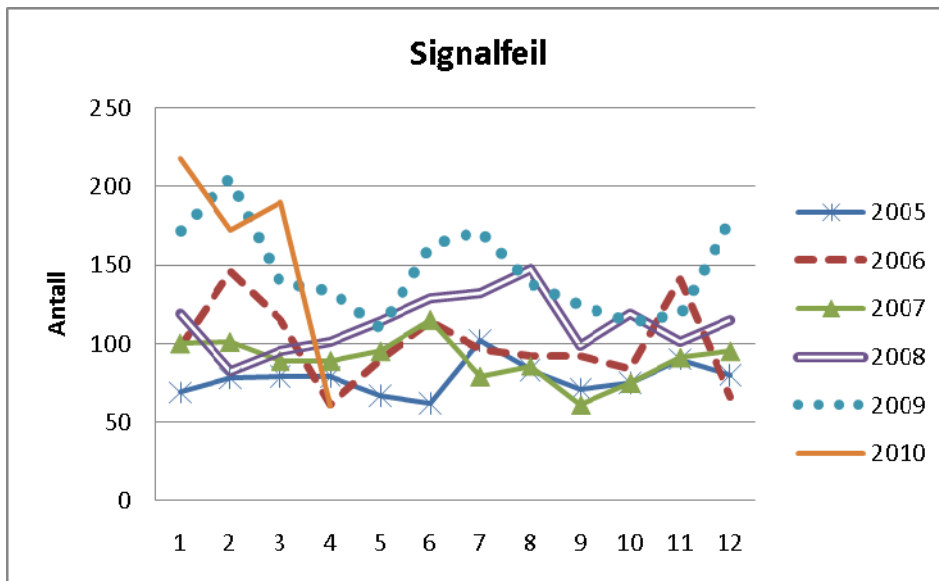
Skinnebrudd er en av feilene som kan lede til forsinkelser registrert på årsakskoden bane. Skinnebrudd er alvorlige både fra et sikkerhetsperspektiv og i form av store konsekvenser for trafikken. Figur 48 viser antallet skinnebrudd for hele landet i perioden 2005-2010. Faren for skinnebrudd kan oppdages tidlig ved hjelp av ultralydundersøkelser. En økning i antall skinnebrudd sender et faresignal hva angår både tilstanden på infrastrukturen og i hvilken grad en har oversikt over tilstanden til infrastrukturen som brukes i dag.

For årsakskode 2, sikringsanlegg, signalanlegg og fjernstyring viser Figur 49 et stort skille mellom årene 2006 og 2007 for strekningen Drammen - Eidsvoll. I årene 2005-2006 var både det gjennomsnittlige nivået på antall forsinkelsestimer og på variasjonen under 24 timer i uka. Fra 2007 økte variasjonen betraktelig. Siden 2007 har det vært liten endring i nivået på forsinkelsestimer og variasjonen har vært tilnærmet konstant.



**Figur 49. Forsinkelsestimer Sikringsanlegg, signalanlegg og fjernstyring (kode 2) pr uke Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010 (TIOS)**

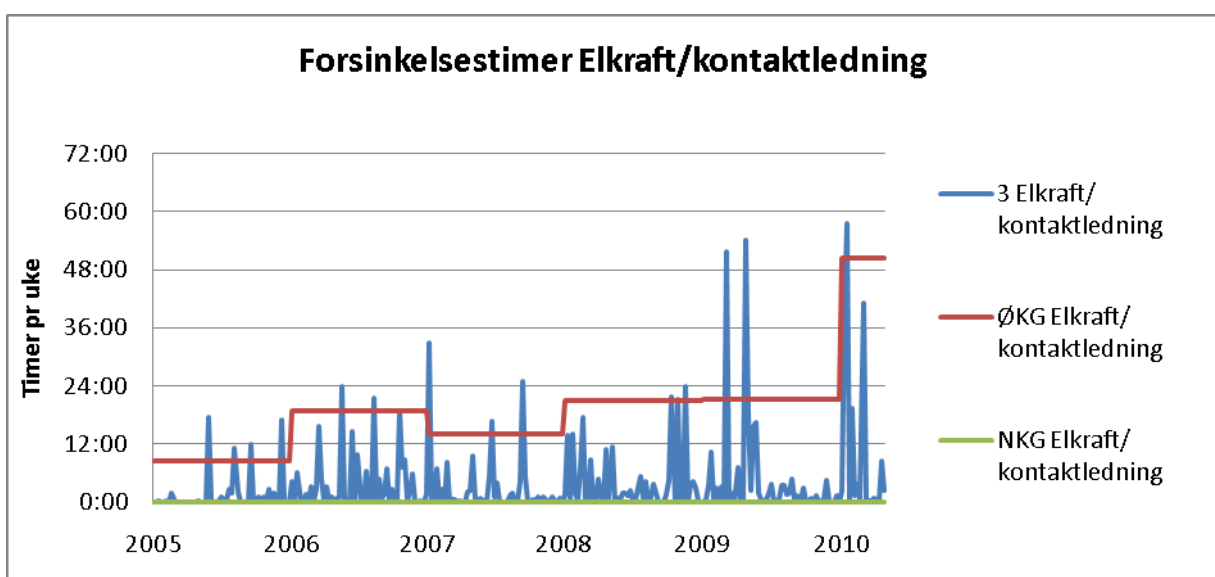
En oversikt fra BaneData over viser at antall registrerte signalfeil med driftsforstyrrelse har økt gjennom perioden 2005-2010. Antallet signalfeil fordeler seg i stor grad jevnt over året, med en generell oppgang gjennom vinteren. Konsekvensene av signalfeil vil variere, og er i stor grad avhengig av hvor feilene inntreffer. Det har gjennom perioden funnet sted en utvikling i forhold til hvordan en skal opptre ved signalfeil. Innføringen av aksjonskort har som hovedmål å minimalisere forsinkelsene som følger av kritiske driftsforstyrrelser, som blant annet kritiske signalfeil.



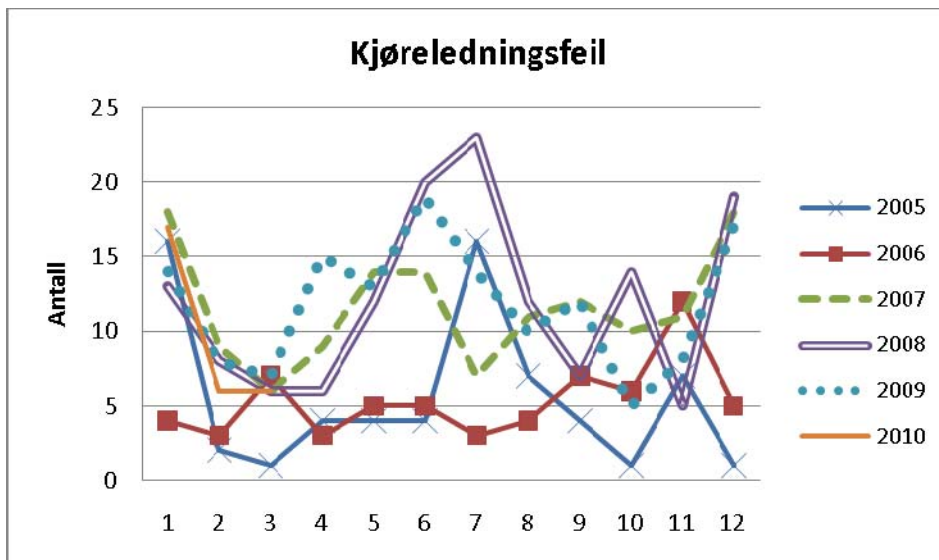
**Figur 50. Signalfeil totalt (i antall pr måned) med driftsforstyrrelse over året (BaneData, JBV)**

Forsinkelsestimer grunnet feil på elkrafttilførsel og kontaktledning/kjøreledning (kode 3) for perioden viser et lignende mønster som tilfellet for bane (kode 1) for strekningen Drammen – Eidsvoll. Forholdene har stort sett vært stabile gjennom perioden, men unntak av kraftig økning i enkelte uker i 2009 og 2010.

Ved å studere informasjonen i BaneData om antallet tilfeller av kontaktledningsfeil (Figur 52) med driftsforstyrrelse over perioden, fremkommer samme mønster som for antallet signalfeil over perioden. På tross av variasjoner, ligger generelt antallet feil høyere år for år gjennom hele perioden. Antallet feil er høyest på vinteren, i tillegg til en periode på sommeren hvor vedlikeholdsaktiviteten er på sitt høyeste.

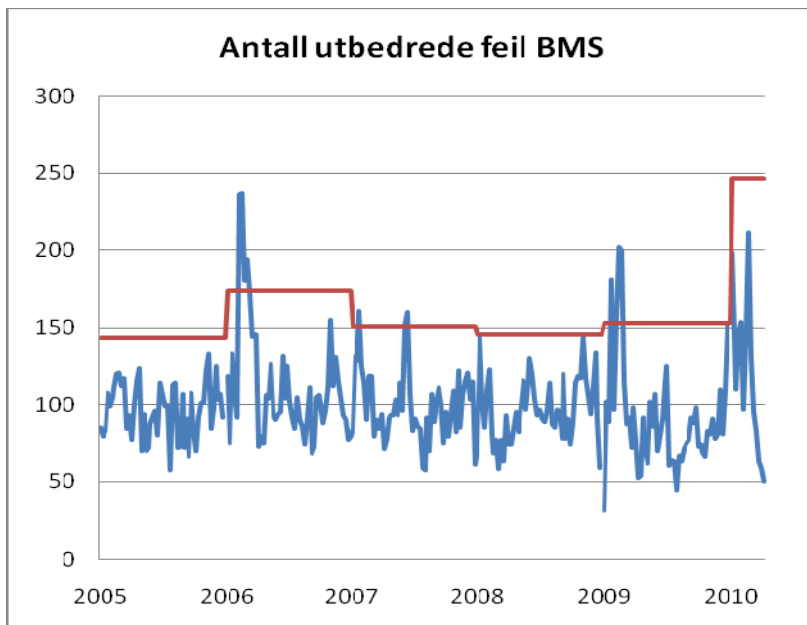


**Figur 51. Forsinkelsestimer Elkraft og kontaktledning (kode 3) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS)**



**Figur 52. Kjøreledningsfeil totalt (i antall pr måned) med driftsforstyrrelse over året**

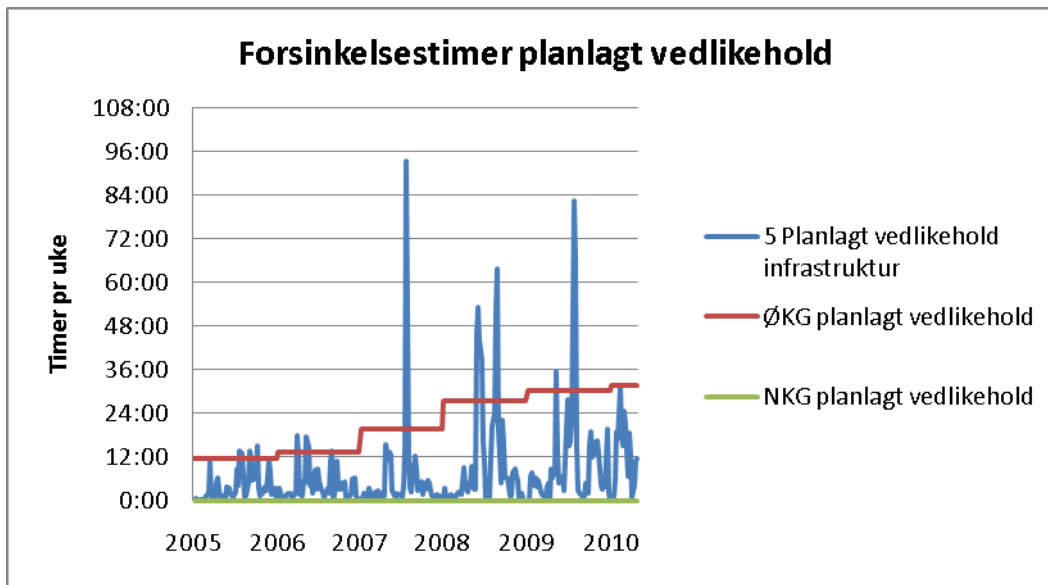
En måte å se på bakenforliggende årsaker til forsinkelsesstimer for infrastrukturfeil er å se på omfanget av feil. BaneData og Banemeldingssentralen inneholder informasjon om infrastrukturen, og omfanget av drifts- og vedlikeholdsarbeid. Oversikten over antallet utbedrede feil i Banemeldingssentralen viser at antallet feil har vært stabil på strekningen Drammen – Eidsvoll gjennom perioden 2005 til 2009. Den grafiske framstillingen viser videre at variasjonen har økt betraktelig i 2010. Dette skyldes imidlertid i hovedsak at en for 2010 kun har med vinterperioden. Vinteren 2009/2010 skiller seg ikke ut ifra antallet feil som er innmeldt tideligere vintre, som i 2006 eller 2009.



**Figur 53. Antall utbedrede feil pr uke i baneområde "Stor-Oslo" (Banemeldingssentralen)**

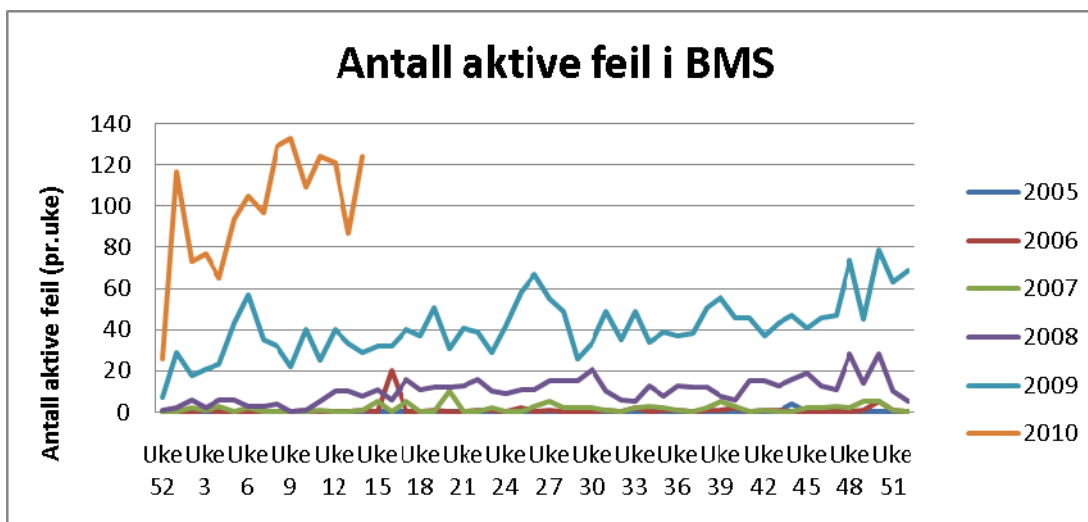
I tillegg til at forsinkelser oppstår grunnet feil ved infrastrukturen, fører også planlagt vedlikehold og arbeider til forsinkelser, blant annet grunnet behov for hastighetsnedsettelse og redusert kapasitet ved arbeid i nærheten av jernbanesporene. Figur 54 viser at det gjennom perioden har

vært en jevn økning i antallet forsinkelsestimer grunnet planlagt arbeid og vedlikehold. Spesielt tydelig er det at en har fått enkelte uker hvor antallet forsinkelsestimer har vært svært høyt. Forsinkelsestimer grunnet planlagt arbeid og vedlikehold (Figur 5) viste også at akkumulert over året var antallet forsinkelsestimer grunnet planlagt arbeid og vedlikehold blant kategoriene som hadde økt mest gjennom perioden. I en periode hvor en reduksjon i vedlikeholdsaktiviteten ikke er ønskelig, vil bedre planleggingsrutiner av både utførelse av vedlikehold, og eventuelle tilpassinger av trafikken i perioder med arbeid være eneste mulighet for å oppnå en reduksjon i antallet forsinkelsestimer grunnet planlagt arbeid og vedlikehold.



**Figur 54. Forsinkelsestimer Planlagt vedlikehold (kode 5) Drammen-Eidsvoll 2005 til 2010, uke for uke. Øvre og nedre kontrollgrense er angitt (TIOS)**

I forhold til planlagt arbeid er tilpasning av ruteplan til anleggsarbeid og redusert kapasitet på sporet et aspekt som trekkes frem. Ved utbygging av Asker stasjon ble flere tog fjernet for å få en mer robust ruteplan. Ved senere arbeid på Lysaker og Sandvika, har ruteplan i mindre grad vært tilpasset, og det har vært noe økning i togproduksjonen på den samme strekningen. Dette kan ha bidratt til økningen i forsinkelser grunnet endrede planforutsetninger.



**Figur 55. Antallet aktive feil pr uke i BMS, hele landet (BMS)**

Figur 55 viser en oversikt over antallet aktive feil i landet som helhet i følge Banemeldingssentralen. Antallet aktive feil har økt markant over de siste tre årene, men en bør være oppmerksom på at det finnes en rekke faktorer som kan spille inn. Blant annet kan endrede registreringsrutiner ha innflytelse.

Effekten av saktekjøringer beregnes som et tidstap. Tidstap er hvor mye et tog taper i kjøretid på midlertidige hastighetsreduksjoner.

	Saktekjøring		BMS		
	Planlagt	Ikke-planlagt	Antall utbedrede feil	Antall aktive feil	Antall Aktive+utbedrede
<i>Forsinkelsestimer totalt</i>	0,12	0,02	0,45	0,34	0,45
<i>Forsinkelsestimer operatør</i>	-0,01	-0,08	0,43	0,50	-0,54
<i>Forsinkelsestimer infrastruktur</i>	0,11	0,08	0,20	0,40	0,30
<i>Punktlighet Lokaltog</i>	-0,01	-0,25	-0,46	-0,39	-0,50
<i>Punktlighet Flytog</i>	-0,03	-0,30	-0,46	-0,52	-0,52

**Tabell 14. Korrelasjon Saktekjøring og feil i BMS (Baneområde Stor-Oslo) med forsinkelsestimer (Drammen-Eidsvoll) og punktlighet**

Tabell 14 viser korrelasjon mellom oversikten over antall feil i banemeldingssentralen og totale saktekjøringer på landsbasis med forsinkelsestimer og punktlighet. Det er til dels god korrelasjon mellom omfanget av registreringer i Banemeldingssentralen og utviklingen i forsinkelsestimer.

Saktekjøringer er en mulig forklaringsfaktor for forsinkelser. Tabell 14 indikerer at på landsbasis er sammenhengen mellom saktekjøringer og forsinkelser ikke er så direkte som det iblant blir fremhevet. Dette er også i tråd med tidlige analyser. For eksempelstrekingen Drammen – Eidsvoll vises det imidlertid i regresjonsmodellene (vedlegg 3) at saktekjøringene har en påvirkning på forsinkelsestimer totalt, for operatør og for trafikkavvikling. Det er grunn til å anta at effekten av saktekjøringer er avhengig av lokale forhold, kjøreretning, krysningmønster, type materiell etc.

I granskningen har det vist seg å være vanskelig å avdekke gode indikatorer og mål på infrastrukturens tilstand som helhet. Det har vært forsøkt å benytte informasjon i BaneData til å kartlegge alderen på komponenter av infrastruktur, for å sammenligne disse mot forventet levetid. Det er vurdert at datagrunnlaget ikke er godt nok til å konkludere her. For grundigere gjennomgang av infrastrukturens tilstand vises det i stedet til tidligere og pågående gjennomganger av infrastrukturtilstanden.

Et forhold som har vist seg utfordrende å dokumentere er effekten av den usikkerhet som oppstod når det i 2004 og 2005 ble forberedt for konkurranseutsetting av drift og vedlikehold av jernbanenettet. Dette oppgis å ha medført både en reduksjon i Jernbaneverkets totale ressurser, og tap av medarbeidere med spisskompetanse.

## 5.10 Regelverksendringer og innføring av ny teknologi

Vi har søkt å sette opp en oversikt over aktuelle regelverksendringer, for å siden vurdere konsekvenser for forsinkelsestimer. Det har vist seg vanskelig å lage en enkel oversikt over

regelverksendringer som antas å påvirke punktligheten, og siden vurdere hvordan endringene har påvirket utviklingen i forsinkelsestimene.

Ny togframføringsforskrift (forskrift 29. februar 2008 nr. 240 om togframføring på det nasjonale jernbanenettet, togframføringsforskriften) ble gjeldende fra 13.12.2009, og innebar relativt omfattende endringer for både infrastrukturforvalter og togselskapene. SJT (Statens jernbanetilsyn) påpeker at ny togframføringsforskrift er løftet til et mer overordnet nivå. Dette har til følge at den praktiske utformingen av flere av reglene som kan påvirke punktligheten utformes av infrastrukturforvalter eller jernbaneforetakene.

Den nye togframføringsforskriften ble innført i en tidsperiode med omfattende driftsproblemer for jernbanen. Nye regler for togframføring kom derfor på toppen av en allerede presset situasjon. Endringene oppleves som bidragene til økningen i forsinkelser vinteren 2009/2010.

Eksempler på endringer i regelverk og teknologi som bør følges opp inkluderer følgende (oversikten inkluderer forhold som er spilt inn i løpet av studien, og må ikke tolkes som en komplett oversikt):

- Krav om skriftlig ordre ved endring av stoppmønster og kjøring på parallell banestrekning. Påvirket blant annet Flytoget (innført 13.12.2009 Trafikkregler for jernbaneverkets nett. 2.2.1 punkt 5, 2.3.7 punkt 6, 2.4.2, 2.4.3 punkt 4 og 9)
- Endrede krav i sikkerhetsforskriften med krav om A) sikt til planovergang for å kunne stoppe med tog. Resultat ble nedsatt kjørehastighet inntil tiltak iverksatt. B) Plattformen må være lange nok til alle tog med passasjerutveksling. Begrensninger innført på mange steder (innført 1.6.2006).
- Bytte av tognummer med behov for ny innmelding.
- Innskjerpede krav til teknisk overvåking av midlertidig nedsatt kjørehastighet (prosjektering og programmering av hastighetsbaliser før tog kjøres).
- TXP på plattform erstattes med GSM-R melding, som må gis både lokfører og ombordansvarlig.
- Endringer i krav til kontroll gjennom tekniske anlegg før muntlig kjøreordre gis forbi signal som ikke kan vise kjørsignal (innført 2004 og 1.11.2007).
- Endring i avgangsprosedyre for BM72 og endringer i krav til teknisk dørkontroll før igangsetting av blant annet BM69, BM70, BM72 og BM73.
- Flere regler relatert til definisjon av anleggsområde legger dels begrensninger på togtrafikken, dels begrensninger på hvilke andre faggrupper som kan utføre arbeid samtidig i et område (blant annet innført 13.12.2009).

I tillegg til regelverksendringer kan innføring av ny teknologi påvirke toggangen, både i en innføringsfase, og i et lengre perspektiv. Et eksempel er at utfall av GSM-R eller falsk nødmelding i GSM-R kan gi omfattende konsekvenser. Innføring av ny teknologi synes ofte å gi flere restriksjoner og merarbeid, som kan føre til tidstap og forsinkelser. Dette er paradoksalt, da hensikten ofte er den motsatte.

Effekten av nye regler er utfordrende å kvantifisere med den tilnærming som er valgt i denne studien. Det synes likevel klart at flertallet av endringene som er innført i perioden har redusert fleksibiliteten i jernbanesystemet og gjort ulike operative prosedyrer mer tidkrevende. Derved øker risikoen for forsinkelser, og muligheten for å redusere oppståtte forsinkelser minsker.

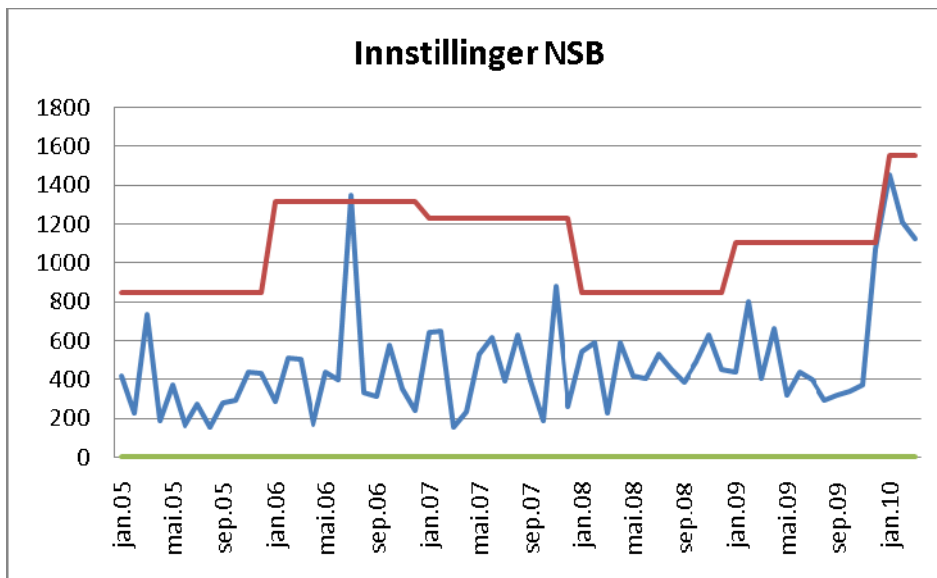
Søderlund (2008) har studert effekten av ny avgangsprosedyre for type BM72. Prosedyren ble innført grunnet et behov for risikoreduksjon forbundet med et teknisk problem i lukkemekanismen på materiellet. Prosedyren var mer tidkrevende enn den tidligere avgangsprosedyren, og den ble beholdt selv etter at det tekniske problemet ble løst. Søderlund (2008) fant at punktlighetsmessige aspekter ved den nye avgangsprosedyren i liten grad ble vurdert. Søderlund (2008) etterspurte et tettere samarbeid mellom ulike aktører hvor punktligheten blir vurdert i større grad ved innføring av sikkerhetstiltak.

Det finnes noen eksempler på endret operativ praksis som bidrar til bedret håndtering av forsinkelser. Et eksempel er innføringen av aksjonskort for håndtering av avvikssituasjoner.

## 5.11 Innstillinger

Innstillinger er dels en ulempe i seg selv, dels har de en mulig sammenheng med forsinkelser. Figur 56 viser at NSBs antall innstillinger har variert kraftig i hele perioden, med unntak for i 2006. Øvre prosessgrense har vært stor sett stabil siden 2007, noe som indikerer at det ikke har vært et trendbrudd i disse årene.

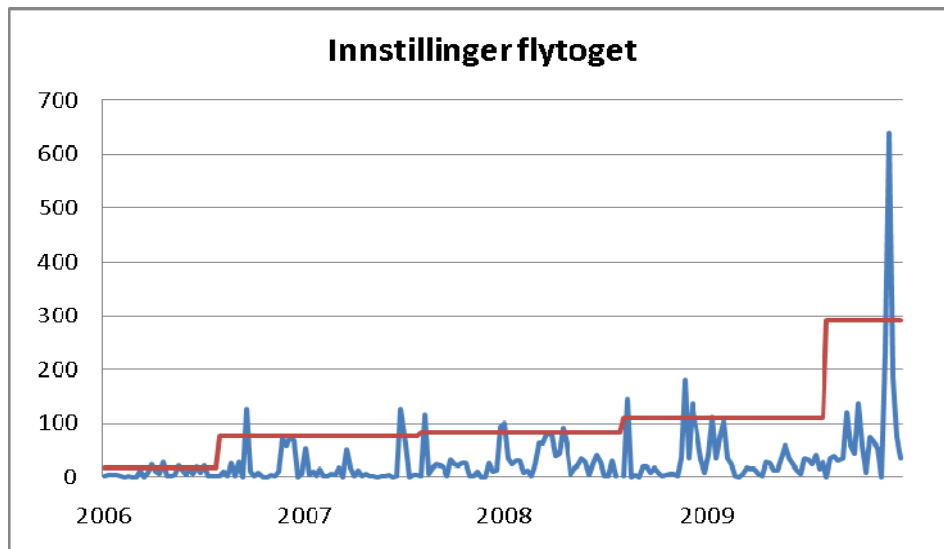
Det finnes ikke registreringer i TIOS fra 2005. I tillegg oppgis det at det var varierende praksis for registrering av innstillinger i 2006, slik at det er først fra 2007 og fremover som data er sammenlignbare.



**Figur 56. Innstillinger NSB 2006 til 2010. Drammen-Eidsvoll (TIOS). Øvre naturlige prosessgrense er markert**

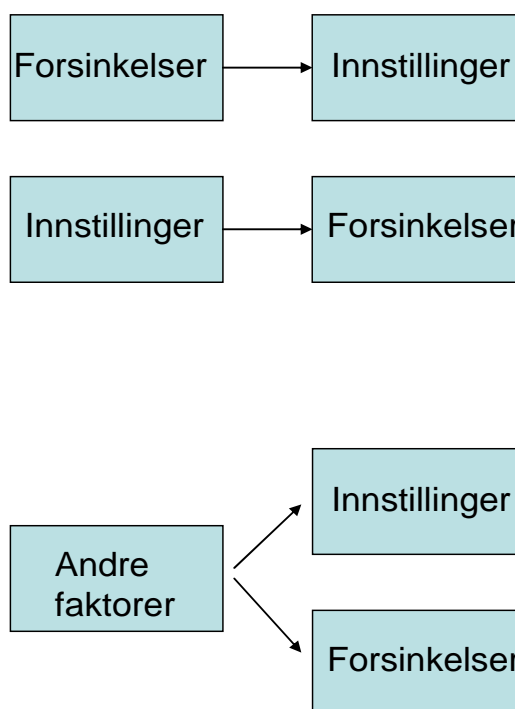
Figur 57 viser innstillinger for Flytoget. Flytogets øvre prosessgrense for innstillinger er noe under 100, med toppene noe høyere. NSBs prosessgrense på samme strekning ligger på ca 1000. NSB har i størrelsesorden 100 ganger flere forsinkelsestimer enn Flytoget totalt sett, men i antall innstillinger er forholdet annerledes. Både NSBs topper og øvre prosessgrense for innstillinger er ca ti ganger høyere enn tilfellet er for Flytoget.





**Figur 57. Innstillinger Flytoget 2006 til 2010. Drammen-Eidsvoll (TIOS). Øvre naturlige prosessgrense er markert**

Årsak-virkningsammenhengen mellom innstillinger og forsinkelser er ikke åpenbar. Som vises i Figur 58 er flere sammenhenger mulige. Forsinkelser kan være en årsak til innstillinger, eksempelvis for at togsettet skal kunne gå punktlig i neste avgang. Innstillinger kan gi forsinkelser for andre tog, blant annet fordi det blir flere reisende i øvrige tog. Forsinkelser og innstillinger kan også ha en eller flere andre årsaker uavhengig av hverandre, eksempelvis infrastrukturproblemer eller værforhold. Ved analyser av aggregerte data er det derfor utfordrende å skille innstillinger som årsak til forsinkelser, eller som konsekvens. Det vi kan studere er samtidighet av forsinkelser, årsaker og utviklingen av innstillinger over tid.



**Figur 58. Mulige sammenhenger mellom innstillinger og forsinkelser**

Tabell 15 og Tabell 16 viser korrelasjonen mellom innstillinger og henholdsvis punktlighet og forsinkelser. Det er generelt sett god korrelasjon mellom innstillinger og forsinkelser. Naturlig nok er det lavest korrelasjon mellom Flytoget og CargoNet.

Med risiko for å overtolke analysen kan man likevel notere at Flytogets innstillinger har sterkest korrelasjon med Jernbaneverkets forsinkelsestimer, og lavest mot sine egne forsinkelsestimer. Det kan tolkes som at Flytogets innstillinger øker når Jernbaneverket har problemer, og det resulterer i relativt sett færre forsinkelsestimer for Flytoget i disse periodene.

Punktligghet for	Innstillinger Flytoget	Innstillinger NSB
Lokaltog Oslo	-0,44	-0,61
Godstog CN	-0,29	-0,58
Flytog	-0,42	-0,62
Langdistanse	-0,46	-0,61
Mellomdistanse	-0,45	-0,58

**Tabell 15. Korrelasjon mellom innstillinger og punktlighet**

Forsinkelsestimer	Innstillinger Flytoget	Innstillinger NSB
Jernbaneverket	0,54	0,48
Persontog	0,36	0,56
Godstog	0,20	0,58
Flytog	0,18	0,45

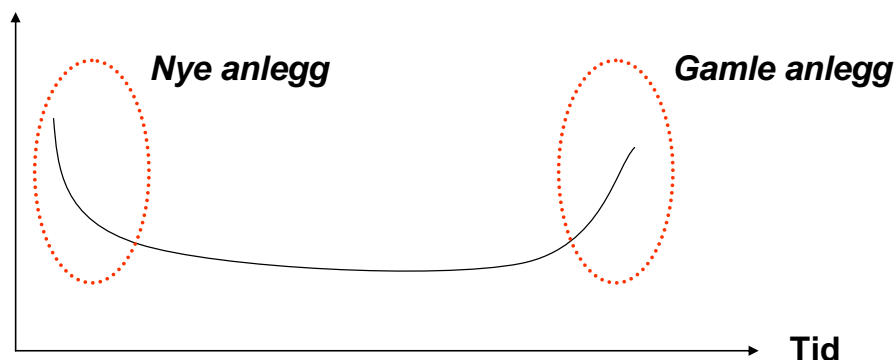
**Tabell 16. Korrelasjon mellom innstillinger og forsinkelsestimer**

	<i>Korrelasjon uke for uke</i>	<i>Korrelasjon år for år</i>
1 Bane	0,48	0,96
2 Sikringsanlegg, signalanlegg, fjernstyring	0,63	0,88
3 Elkraft/kontaktledning	0,67	0,97
5 Planlagt vedlikehold infrastruktur	-0,03	0,17
6 Materiell med feil sperrer	0	-0,41
81 Feil ved materiell	0,68	0,98
82 Materiell sent satt opp i spor	0,01	-0,21
83 Manglende personell	0,25	-0,22
84 Stasjonsopphold	0,3	0,82
85 Planforutsetninger endret	0,62	0,99
91 Forsinkelse fra utlandet	0,03	0,03
92 Ytre forhold	0,54	-0,31
93 Uhell, påkjørsel	0,53	0,97
94 Uønsket hendelse	0,04	-0,4
7 Trafikkavvikling	-0,05	-0,56
Akkumulert Infrastrukturforvalter	0,56	0,97
Akkumulert Operatører	0,57	0,95
Akkumulert annet (uten trafikkavvikling)	0,1	0,36
Forsinkelser akkumulert	0,58	0,97

**Tabell 17. Korrelasjon mellom forsinkelsestimer for ulike koder i TIOS, og omfanget av innstillinger på de samme TIOS-kodene (TIOS)**

## 5.12 Kombinasjon av ny og gammel infrastruktur

Infrastrukturen kjennetegnes av dels omfattende anleggsaktivitet på både nybygg og vedlikehold /utbedring, og dels nedslitt infrastruktur. Tilsvarende er deler av det rullende materiellet enten relativt nytt (har ikke blitt kvitt alle "barnesykdømmene"), eller av eldre type. Jernbanen befinner seg derfor i begge endene av "badekarskurven" som kjennetegner feilfrekvenser over tid, se Figur 59.



**Figur 59. Generell illustrasjon av feilfrekvenser over tid for et produkt eller system**

I perioden er det tatt i bruk nye banestrekninger. Togproduksjonen har økt noe. Men den store rutetilpasningen er ikke utført enda, den planlegges til 2012/2013.

Det blir ofte fremhevet at lav punktlighet skyldes høy kapasitetsutnyttelse på sporet. Når nye spor blir tatt i bruk øker den teoretiske kapasiteten på strekningen. Man kan derfor anta at nye strekninger, eksempelvis Asker-Sandvika burde ha gitt en mer stabil driftssituasjonen.

Nyrud (2007) studerte punktligheten på Drammen/Askerbanen for å se om det nye dobbelsporet ga bedret punktlighet. Situasjonen i månedene januar til og med mai 2005 ble sammenlignet med situasjonen for de samme månedene i 2006 og 2007. Antall reisende hadde økt, men veksten hadde ikke tiltatt spesielt mye etter åpningen, sammenlignet med økningen fra årene før. Punktligheten i rushtid samlet sett hadde utviklet seg negativt fra 2005 til 2006 og 2007. Det ble på forhånd beregnet at utbyggingen ville øke kapasiteten mellom Asker og Oslo S med to tog per time per retning. Den faktiske økningen kun var et tog per time per retning. Etter utbyggingen ble forsinkelsene større og punktligheten lavere. Punktligheten for togene gikk ned for flere tognummer (gikk mest ned for togene på Drammensbanen). Det var en nedgang i punktligheten på inntil 30 % og en økning i gjennomsnittlig forsinkelse på inntil 140 sekunder for enkelte tog. Dette tyder enten på at kapasiteten på banen ikke har blitt så høy som beregnet, eller at det er vanskeligere enn antatt å utnytte en kapasitetsøkning til punktlighetsforbedring.

### **5.13 Regresjonsanalyse**

Regresjonsanalysene er gjennomført med dataverktøyet GNU Regression, Econometric and Time-series Library, Gretl, versjon 1.9.0. Analysene benytter datamateriale listet opp i vedlegg 1 og omtalt i tidligere kapitler. Det er gjennomført analyser for eksempelstrekningen Drammen-Eidsvoll med dataoppløsning på ukensnivå, i tillegg til analyser for hele landet med data aggregert til månedsnivå.

Regresjonsanalysene avdekker samvarians mellom forklaringsfaktorer og studert avhengig variabel. I tillegg viser modellene basert på regresjonsanalyse hvor sterkt hver forklaringsvariabel påvirker størrelsen av den studerte avhengige variabelen. Regresjonsanalysene sier imidlertid ikke noe om hvordan påvirkningen mellom variablene finner sted, om man har en direkte sammenheng mellom forklaringsfaktor og studert avhengig variabel, eller om samvariasjonen er tilfeldig. Modellene bør derfor tolkes med forsiktighet.

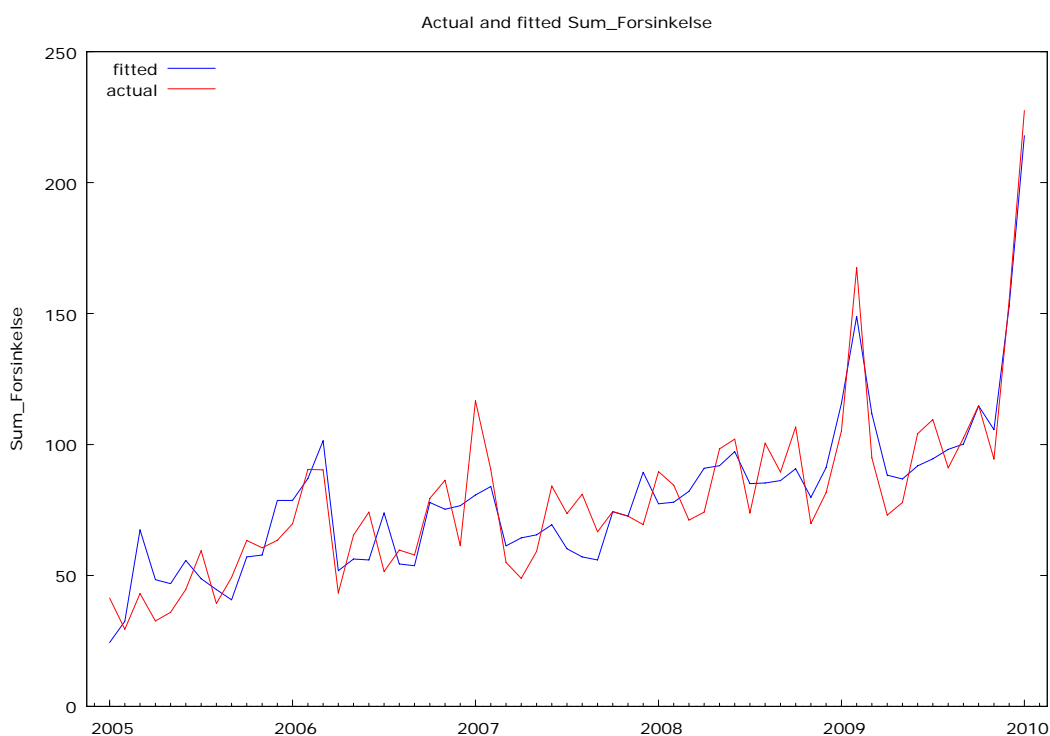
Modellene er utviklet og brukt for et deskriptivt formål, og er ikke validert i stor nok grad til å kunne benyttes til forutse detaljerte sammenhenger fremover i tid. En rekke tester er nødvendig for å kunne avdekke mer absolutte modeller, noe som ikke er mulig innen rammene av denne granskningen. Modellene er heller ikke testet i forhold til robusthet over tid. Det er videre verdt å merke seg at gjennom å benytte to datasett som underlag for regresjonsanalyser, med forskjellig tidsoppløsning, oppnår en to sett regresjonsmodeller med forskjellig styrker. Årsaksfaktorer som går igjen i begge modellene kan tolkes som mer robuste enn forklaringer som kun inngår i en av dem.

Regresjonsmodellene viser at det er stor grad av sammenheng mellom de studerte forklaringsfaktorene, antall forsinkelsestimer og andel punktlig tog til endestasjon, noe man også kunne forvente ut fra de presenterte korrelasjonene tidligere i rapporten. I vedlegg 2 presenteres regresjonsmodeller for forsinkelsestimer totalt, i tillegg til forsinkelser fordelt på infrastruktur, trafikkavvikling, NSB, Flytoget og godsoperatørene. I vedlegg 3 presenteres regresjonsmodellene

for strekningen Drammen- Eidsvoll. Generelt viser regresjonsmodellene for Drammen-Eidsvoll svakere sammenheng mellom de studerte forklaringsfaktorene og forsinkelsestimer som har oppstått på strekningen, enn tilfellet er for modellene som gjelder for hele landet. Noe av forklaringen kan ligge i at man på en enkeltstrekning i Oslo-området som Drammen – Eidsvoll har en lang rekke effekter og påvirkninger mellom ulike banestrekninger.

Tabell 18 og Tabell 19 oppsummerer hvilke forklaringsfaktorer som er signifikante i regresjonsmodellene på minimum 90 % signifikansnivå. Hver kolonne angir en studert variabel (kategori av forsinkelsestimer) og forklaringsfaktorene er listet opp i den første kolonnen. Pluss-tegnene markerer at forklaringsfaktoren inngår i regresjonsmodellen. Minus-tegnene betyr at forklaringsfaktoren har negativ påvirkning på den studerte variabelen. Det betyr at en økning i forklaringsfaktoren senker antall forsinkelsestimer.

Figur 60 viser grafisk sammenhengen mellom regresjonsmodellen for forsinkelsestimer totalt og de tilgjengelige forklaringsfaktorene. I modellen inngår seks av de foreslåtte forklaringsfaktorene, som viser signifikant sammenheng med forsinkelsestimer totalt. Av de seks forklaringsfaktorene er tre relatert til klima; Antall dager med hhv under  $-10^{\circ}\text{C}$  og under  $-20^{\circ}\text{C}$ , i tillegg til antall dager med snøfall over 10 cm. De andre faktorene som viser signifikant sammenheng med totalt antall forsinkelsestimer er fjernet dekning (kortere tog enn planlagt, NSB), tonnkilometer gods CargoNet og sum bevilgninger til drift og vedlikehold av infrastrukturen.



**Figur 60. Regresjonsmodell for forsinkelsestimer totalt**

Figur 60 viser to kurver, hvorav den ene viser den faktiske utviklingen i forsinkelsestimer, den andre viser antallet forsinkelsestimer som modellen gir. Modellen er i praksis et forsøk på å beregne antallet forsinkelsestimer basert på de inkluderte forklaringsfaktorene. Grafiske fremstillinger av de andre regresjonsmodellene finnes i vedlegg 2 og 3.

	FT totalt	FT JBV	FT NSB	FT Flytog	FT godstog	FT trafikk-avvikling
Innstillinger (NSB)		+				
Fjernet dekning (NSB)	+		+		+	
Endret materiell (NSB)			+	+		
Ant. dager <-10°C	+		+	+	+	
Ant. dager <-20°C	+	+			+	
Snøfall >10 cm	+	+				+
CN_tonkm	+	+	+		+	
Klart fra terminal Alnabru					+	
Sum utgifter til drift og vedl. (Jernbaneverket)	+	+	+	+		+
Utgifter vedl.				-		
Flytoget ant. reisende						+
Setekm totalt (NSB)		-				-
Togkm totalt (NSB)		+				+
Setekm_øst (NSB)		-				
FT Jernbaneverket						+
FT NSB						+

**Tabell 18. Sammenstilling av faktorer som hadde forklaringsverdi i ulike regresjonsmodeller (FT = forsinkelsestimer). Basert på hele landet**

Forklaringsfaktorer som inngår i flere av modellene er spesielt viktige ettersom de påvirker flere av aktørene innen jernbanen. I tillegg til klima (kulde og snøfall) som inngår i alle modellene, har summen av bevilgede midler til drift og vedlikehold av infrastruktur påvirkning på flest kategorier forsinkelsestimer. Videre har fjernet dekning (kortere tog NSB) og endret materielltype (NSB) og antall tonnkilometer transportert (CargoNet) påvirkning på flere kategorier forsinkelsestimer. Setekilometer (totalt og for region øst) har negativ innvirkning på antallet forsinkelsestimer. Det betyr at forsinkelsestimene går ned ved en økning i setekilometer i perioden. Antall togkilometer derimot viser en positiv sammenheng med forsinkelsestimene.

	Forsinkelser totalt	Forsinkelser trafikkavvikling	Forsinkelsestimer Operatører
Innstillinger NSB	+		
Ikke-planlagte saktekjøringer	+	+	+
Antall utbedrede feil (BMS)	+		+
Ant. dager <-10°C	+		+
Ant. reisende flytoget	+	+	
Investeringer	+	+	
Forsinkelsestimer bane			+
Forsinkelsestimer elkraft/kontaktledning			+
FT trafikkavvikling			+
FT totalt infrastruktur		+	
FT totalt operatører		+	

**Tabell 19. Sammenstilling av forklaringsfaktorer som har inngått i regresjonsmodellene. Basert på eksempelstrekningen Drammen - Eidsvoll**

For strekningen Drammen – Eidsvoll fremstår andre forklaringsfaktorer som signifikante. Spesielt kan ikke-planlagte saktekjøringer trekkes frem, med positiv påvirkning på alle kategoriene forsinkelsestimer. I tillegg påvirker klima forsinkelsestimene. Regresjonsmodellene viser også en sammenheng mellom forsinkelsestimer på bane, elkraft/kontaktledning og operatører. Dette skyldes sannsynligvis både samvariasjon grunnet andre faktorer som ikke inngår i analysene, i tillegg til å illustrere en av svakhetene ved årsaksregistreringen i TIOS, nemlig at det er vanskelig å skille primær og sekundærårsaker til forsinkelsene.

#### 5.14 Planforutsetninger og bruk av restkapasitet

Realistiske planforutsetninger, og etterlevelse av planforutsetningene, er sentrale suksessfaktorer for punktlig togtrafikk. Planforutsetninger fastsettes av Jernbaneverket i løpet av ruteplanprosessen, men det som i daglig tale omtales som planforutsetninger, omfatter mer enn det som formelt defineres i ruteplanprosessen. Eksempelvis defineres det typisk maksimal tog lengde, ut fra blant annet lengde på plattformer. I praksis er minimum tog lengde en viktig planforutsetning for lokaltog i rushtrafikk, da kortere tog kan medføre lengre stasjonsopphold.

På en måte er en stor andel av de totale forsinkelsene brudd på planforutsetninger. Sportilgangsavtalen § 9.1 sier at ”Jernbanenettet skal videre være i en slik stand at trafikken kan avvikles i samsvar med den til enhver tid gjeldende ruteplan og/eller de til enhver tid gjeldende ruteplanforutsetninger.” Tilsvarende sier Sportilgangsavtalens § 8.1 at ”Rullende materiell skal være i slik stand at det kan fremføres i henhold til den til enhver tid gjeldende ruteplan”.

Overholdelse av planforutsetninger er en utfordring når antallet aktive operatører på det norske jernbanenettet øker. I 2005 var det syv godkjente operatører på det nasjonale jernbanenettet, mens det tilsvarende tallet i 2010 er tretten. En annen indikasjon på økt aktivitet er at antallet ruteordrer øker. En ruteordre utstedes ved kjøring av et tog som ikke har fast tildelt ruteleie. Jernbaneverket

opplyser at antallet ruteordre har ligget på ca 10 000 pr år i Oslo toglederområde fra 2005, med en gradvis økning til ca 13 000. Det ligger nå an til en dramatisk økning i 2010. Dette på grunn av høy aktivitet i forhold til arbeid i sporet, kjøring av ekstratog, og kombinasjon med innskjerpede krav til skriftlige ordrer om endringer til ruteplan. Økningen i ruteordrer indikerer dels en aktivitetsøkning på jernbanenettet, dels endret praksis for når det må utstedes ruteordre. Ved kjøring av tog som ikke har fast tildelt ruteleie brukes restkapasiteten på sporet. Dermed reduseres tilbakebetalingsevnen i jernbanenettet. Dette er en kapasitetsutnyttelse som typisk ikke er synliggjort i tradisjonelle kapasitetsberegninger, som først og fremst tar hensyn til tog som er oppført i rutetabellen. Den reelle kapasitetsutnyttelsen på sporet kan derfor ha økt mer enn hva tallene for rutegående tog indikerer.

### **5.15 Datakvalitet og –tilgjengelighet**

Utgangspunktet for analysene har vært utviklingen i forsinkelsestimer og punktlighet fra 1.1.2005 til 30.4.2010. Punktlighet måles til endestasjon, og en oppnår en måling per tognummer. Registrering av forsinkelsestimer skiller seg fra registrering av punktlighet ved at et forsinket tog kan gi opphav til flere registreringer (hver gang forsinkelsen øker med 4 minutter eller mer). PEMRO-prosjektet utførte i 2006 en kvalitetssikring av grunnlaget for forsinkelses- og punktlighetsmålingene (Olsson og Sætermo 2006). De tilgjengelige registreringene av tidsavvik i TIOS dekket da omtrent 95 % av togbevegelsene. Spesielt i de områder der punktlighetsmålingen var basert på data fra signal- systemene så syntes dataene å være dekkende nok. Banestrekninger med manuell registrering hadde mer varierende omfang av registreringer.

Årsaksregistreringer har to aspekter. Når et tog får en merforsinkelse på 4 minutter (eller mer) mellom to stasjoner skal det registres en årsak i TIOS. Målingen av merforsinkelse er samme type data som i 2006 ble vurdert til å være ca 95% dekkende. Den store utfordringen med årsaksregistreringene er at årsakskodene settes manuelt. Det er utført kursing på TIOS-systemet, men manuell registrering medfører alltid risiko for variasjoner mellom ulike personers måte å registrere og tolke situasjoner. Det totale omfanget av forsinkelsestimer vurderes derfor som mer pålitelig enn oppdelingen av forsinkelsestimer på henholdsvis Jernbaneverket og operatører, og videre oppdeling på ulike koder.

I denne type analyser er det en ulempe at TIOS ikke skiller på primær- og sekundærforsinkelser (følgeforsinkelser). Primærforsinkelser oppstår når et tog blir utsatt for en hendelse. Følgeforsinkelser oppstår på grunn av avhengigheter i ruteplan og infrastruktur, for eksempel ved at et forsinket tog forsinkes andre tog. Ved årsaksregistreringer i TIOS skal både første forsinkelsen (primærforsinkelsen) og eventuelt etterfølgende forsinkelser (følgeforsinkelser) registreres på årsakskoden for primærforsinkelsen. Det er en utbredt forståelse av at det i et komplisert system som jernbanen er vanskelig å alltid kunne spore forsinkelser tilbake til primærårsaken. Spesielt kodene 7 (trafikkavvikling) og 84 (stasjonsopphold) er belastet med å fange opp sekundærforsinkelser hvor primærårsaken er vanskelig å spore opp. For lettere å kunne identifisere forbedringstiltak som retter seg mot grunnårsaker til forsinkelser, er det ønskelig å kunne skille på primærforsinkelser og følgeforsinkelser.

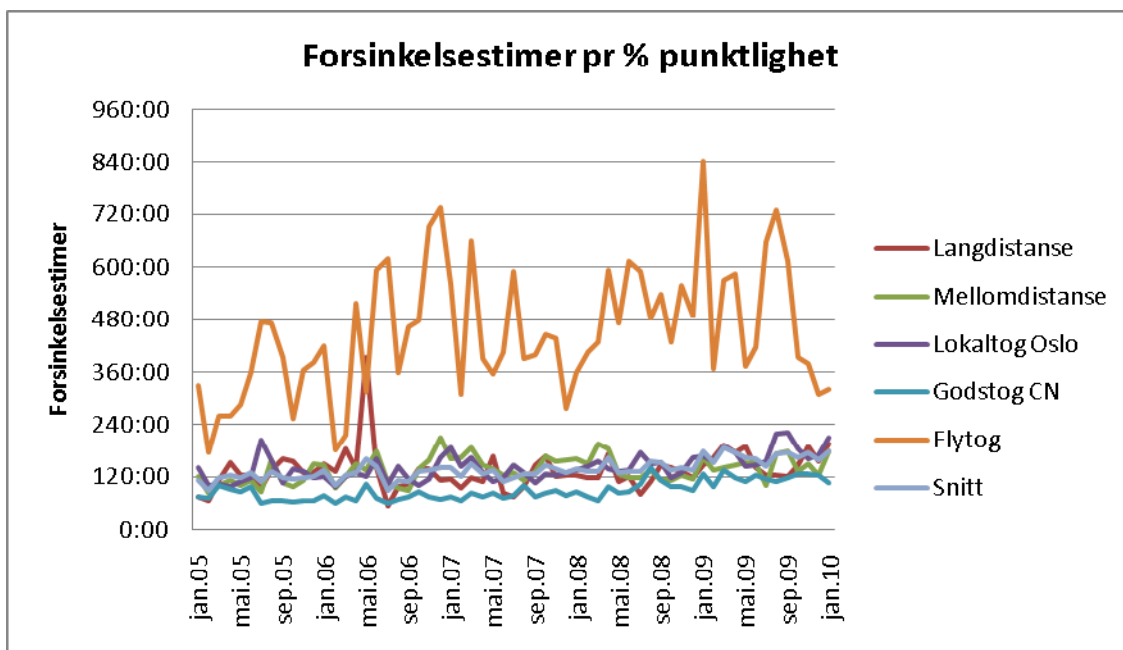
Effektene av saktekjøringer er sannsynligvis fordelt på flere årsakskategorier, inkludert Bane (kode 1), Trafikkavvikling (kode 7) og Planlagt arbeid (kode 6). Dette gjør det vanskelig å synliggjøre den samlede effekten av saktekjøringer, et forhold som fremheves som en viktig årsak til forsinkelser, spesielt for godstog.



Data fra operatørene og Jernbaneverket på infrastruktur, rullende materiell etc. har vi ikke kunnet kvalitetssikre, annet enn at PEMRO-prosjektet i 2007 konstaterte at CargoNets egne registreringer på Alnabru var av meget god kvalitet (Veiseth og Olsson 2007). Analyser av data fra BaneData og Banemeldingssentralen tyder på at registreringsomfanget er varierende, men økende i perioden fra 2005, noe også Jernbaneverket har nevnt. Et par mulige forklaringsfaktorer fra disse systemene har vi ikke inkludert i analysene, da det var sannsynlig at endringene i perioden til stor del er grunnet endret (hovedsaklig økt) registreringsomfang.

Som en ekstra kontroll har vi undersøkt om det er en endring i omfanget av registrering av forsinkelsestimer. Da TIOS var forholdsvis nytt i 2005 kunne man tenke seg at omfanget av årsaksregistreringer har økt etter at brukerne ble kjent med systemet. Økt registrering av forsinkelsesårsaker hadde kunnet føre til økte antall forsinkelsestimer, som registreres underveis på strekningen, til forskjell fra punktlighet til endestasjon (og avgang) som kun har en registrering per togavgang.

Vi har derfor beregnet forsinkelsestimer (totalt for hele landet) per prosentpoeng forsinkede tog. Dette kan synes som et kunstig mål, men hensikten er å vise forholdet mellom forsinkelser målt i forsinkelsestimer og forsinkelse i prosent forsinkede tog til endestasjon. Dersom omfanget av registreringer av forsinkelsestimer har økt i perioden så burde det være flere forsinkelsestimer per prosentpoeng. Det er ikke tilfelle for det store volumet av togproduksjon, men kan være tilfelle for Flytoget.



**Figur 61. Forsinkelsestimer pr % punktlighet pr måned (TIOS)**

Figur 61 kan også tolkes som en indikasjon på hvor følsomme ulike togprodukter er for forsinkelser. CargoNets tog synes å være følsomme ved at antallet forsinkelsestimer, i praksis underveisforsinkelser, skaper mest forsinkelse til endestasjon.

I Figur 61 er det regnet på totalt antall forsinkelsestimer i hele landet. Det er derfor naturlig at Flytoget har et høyt tall, da forsinkelser på eksempelvis Nordlandsbanen i liten grad påvirker Flytoget.

## 6 Ulike typer av tiltak

Generelt kan man skille mellom ulike typer av tiltak for å unngå forsinkelser. Tiltakene kan dels rettes mot enten å unngå at forsinkelsene oppstår i utgangspunktet (primærforsinkelser), eller å unngå at forsinkelser som likevel oppstår sprer seg i systemet (følgeforsinkelser). Virkemidlene kan også deles inn i henholdsvis bruk av slakk (buffere) eller presisjon.

Tiltak for å unngå at forsinkelser oppstår inkluderer:

- Unngå feil på infrastruktur og materiell
- Håndtere mange reisende/lange stasjonsopphold
- Ruter tilpasset forholdene
- Beredskap til å korrigere feil på materiell og infrastruktur, og håndtere sesongspesielle situasjoner (eksempelvis snø, solslyng og løvfall)

Tiltak for å unngå at forsinkelser sprer seg inkluderer:

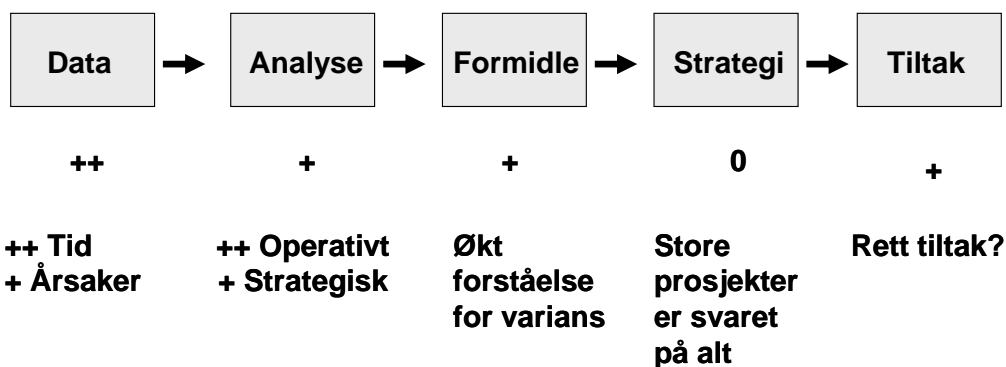
- Snutid for materiell på endestasjoner
- Beredskap til å korrigere feil på materiell og infrastruktur, og håndtere sesongspesielle situasjoner (eksempelvis snø, solslyng og løvfall)
- Mulighet å kansellere avganger / snu før endestasjon
- Kryssingsmuligheter på enkeltspor (avstand mellom kryssningsspor, lengde kryssningsspor, bemanning på stasjoner/fjernstyring)

For å unngå både primær- og følgeforsinkelser kan man strebe etter å oppnå presisjon eller å innføre buffere. Presisjon forutsetter god driftssikkerhet på togmateriell og infrastruktur, og en endret holdning til punktlighet. Presisjon gir sannsynligvis lave driftskostnader, men forutsetter investeringer og kontinuerlig vedlikehold. Buffere og reserver kan bestå av reservemateriell, ekstra personell til skifting, togfremføring, etc. eller ledige ruteleier. Alt dette reduserer i utgangspunktet effektiviteten i jernbanen ved at det må tilføres ekstra ressurser, eller at bemanning, togmateriell eller sporkapasitet ikke kan brukes planmessig. Det er ofte en utfordring å plassere reservene der det oppstår behov. Slakkstrategien er kostbar, men mulig å gjennomføre i kort/mellomlangt perspektiv. Innen logistikk generelt går utviklingen entydig i retning presisjon. Det mest ressurseffektive i et langt perspektiv er sannsynligvis å strebe etter presisjon, med tilhørende forpliktelser innen vedlikehold og beredskap for å sikre kvalitet på infrastruktur og materiell. Alternativet er å ha buffere og reserver (personell, ruteleie, materiell). Spesielt uheldig er det å planlegge for presisjon uten å følge det opp i praksis med tiltak og ressurser.

	Slakk	Presisjon
<b>Unngå at forsinkelser oppstår (primær-forsinkelser)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Romslige ruter</li> <li>• Forlenget stasjonsopphold</li> <li>• Reserve av kjørende personell</li> <li>• Reservemateriell ved utgangsstasjon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vedlikehold / driftsikkerhet på infrastruktur</li> <li>• Vedlikehold / driftsikkerhet på materiell</li> <li>• Ruter tilpasset faktisk kjøretid</li> <li>• Avgang på sekundet</li> <li>• Styre de reisende raskt inn og ut av toget</li> <li>• Ikke hastighetsnedsettelse</li> <li>• Avgangspunktighet viktigere enn "kundeservice"</li> </ul>
<b>Unngå spredning (sekundær / følge-forsinkelser)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Romslige snutider</li> <li>• Lavere kapasitetsutnyttelse (færre tog)</li> <li>• Bemanning ved mange kryssningsspor</li> <li>• Reservemateriell underveis</li> <li>• Pragmatisk håndheving av prioriteringsregler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fjernstyring</li> <li>• Raskt omorganisere TXP ved omlagt kryssing</li> <li>• Streng prioritering av tog-i-rute</li> <li>• Enhetlige punktlighetskrav til alle produkter / strekninger</li> <li>• Kanselleringer / snu tog før endestasjon</li> <li>• Oppfølging av problemtog</li> </ul>

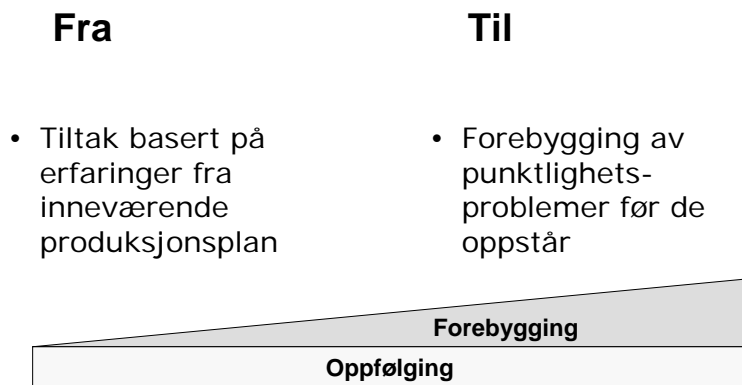
**Figur 62. Ulike tiltak, fordelt på dels slakk eller presisjon, dels tiltak for å unngå primær- eller følgeforsinkelser**

Figur 63 viser utviklingen i punktlighetsarbeid de seneste 10 årene. Den type analyse som er gjort i denne rapporten hadde ikke vært realistisk for 10 år siden, siden lite av de brukte data var lett tilgjengelig. To plusstegn på data og analyse innebærer at det er store forbedringer på datatilgang og analyseevne av punktlighetsinformasjon. Det er bedringer på formidlingssiden (et plusstegn), men man har ikke kommet like langt som på data og analysesiden. Det største potensialet ligger i å innarbeide punktlighetsvurderinger i strategiarbeid, og å rette ressurser og midler mot tiltak som gir mest mulig punktlighet for pengene. Det har vært en klar tendens til å fokusere på store prosjekter, både som utbygginger (eksempelvis nye dobbeltspor i Østlandsområdet), men også for å få gjennomført vedlikehold (eksempelvis Oslo-tunnelprosjektet).



**Figur 63. Inntrykk fra punktlighetsarbeid over 10 år. Status og veien videre (Olsson, 2009)**

Figur 64 illustrerer at fremtidig punktlighetsarbeid, og planleggingsarbeid generelt i jernbanen, bør fremfor alt videreutvikles til å inkludere større grad av forebyggende arbeid, inkludert konsekvensvurderinger av kommende aktiviteter og rammebetingelser.



**Figur 64. Ønsket utvikling i punktlighetsarbeidet (Olsson, 2009)**

## 7 Konklusjon og forslag på tiltak

I det følgende oppsummerer vi først analysene presentert i rapporten, for siden å angi områder der tiltak bør prioriteres.

### 7.1 Oppsummering av utførte analyser

Hensikten med analysene har vært å gjennomgå utviklingen i forsinkelsestimer og identifisere bakenforliggende årsaker til den negative utviklingen siden 2005.

Utviklingen i forsinkelser synes å være en kombinasjon av tre forhold:

- Økning i feilfrekvens på infrastruktur og rullende materiell
- Omfattende arbeid nært sporene grunnet nyinvesteringer og økt omfang av vedlikehold
- Manglende evne til å håndtere normal variasjon i været

Ovenstående har samlet sett gitt en redusert robusthet i jernbanesystemet. Den reduserte robustheten medfører at selv mindre økninger i trafikkvolumet og endringer i regelverk for togfremføring skaper omfattende forsinkelser.

Av rammebetingelser fremheves regelverksendringer. Den praktiske gjennomføringen av nye krav synes og i liten grad vurderes ut i fra punktlighetshensyn. En annen rammebetingelse er antallet aktører på jernbanesporene, som også øker. Økningen i antallet operatører innebærer et økt kommunikasjonsvolum og koordineringsbehov i jernbanen. Dette, sammen med økningen i vedlikehold og nye store prosjekter, medfører at jernbanen blir mer kompleks, organisatorisk sett. Dette skaper betydelige ledelsesmessige utfordringer.

Vi har funnet flere faktorer som hver for seg, men spesielt samlet sett, har bidratt til å øke belastningen på jernbanesystemet. Det inkluderer økte feilfrekvenser, produksjonsøkninger og økt aktivitet ved sporet. Vi har i liten grad funnet faktorer som har utviklet seg i motsatt retning. Belastningen har derfor økt, men evnen til å håndtere belastningen har ikke økt. I fremtiden bør nye banestrekninger og togmateriell, og økt omfang av vedlikehold, gi forbedringer. Det er likevel et tankekors at nye baner og nytt togmateriell hittil ikke har gitt en merkbar bedring for jernbanen.

Vi har basert analysene på anerkjente statistiske metoder, fremst styringsdiagrammer og korrelasjonsanalyser. En korrelasjon indikerer kun samvariasjon, og korrelasjonsanalysene er derfor komplettert med en vurdering av forventede årsak-virkningsforhold. Når korrelasjonsanalysene er utført for hele perioden 2005-2010 måler de generelle sammenhenger mellom forventede forklaringsfaktorer og punktligheten. Eventuelle trendbrudd vises grafisk i kontrolldiagrammene, der øvre og nedre kontrollgrense er beregnet år for år.

Det er ikke iverksatt egne målinger, men et omfattende datamateriale er benyttet. Dybdeanalyser er utført ved at data som beskriver forventede forklaringsfaktorer er innhentet og brukt i analysene av mulige forklaringer på punktlighetsutviklingen. Dette gjelder spesielt data om infrastruktur, rullende materiell, produksjonsvolumer og værforhold.

Analysene er basert på tilgjengelig datamateriale om forsinkelser, årsaker og antatte forklaringsfaktorer. Tidligere gjennomganger av datakvaliteten tilsier at man kan ha tillit til målingene av totalvolumet av forsinkelsestimer. Det er større grunn til å stille spørsmålsteget ved fordelingen av forsinkelsestimer mellom ulike kategorier. Dette er en svakhet ved analysene av forsinkelsestimer basert på ulike årsakskategorier. Som et forsøk å kompensere for denne usikkerheten i datamaterialet er det i rapporten også brukt andre data for å illustrere blant annet omfang av feil på rullende materiell og infrastrukturfeil. Merk også at registreringer av forsinkelsestimer skiller ikke på primærforsinkelser og følgeforsinkelser. Manglende oppdeling mellom primær- og sekundærforsinkelser er en ulempe ved identifikasjon av grunnårsaker til forsinkelser. I tillegg blir det vanskelig å vurdere hvordan forsinkelser sprer seg på jernbanenettet.

Som forventet er det en tydelig sammenheng mellom utviklingen i forsinkelsestimer og punktlighet. Selv om de to til daglig kan oppfattes som det samme er det noen forskjellige måleteknisk, og også i hvor sterkt de korrelerer med de antatte forklaringsfaktorene.

Tabellene Tabell 20, Tabell 21 og Tabell 22 oppsummerer ulike forklaringsfaktorer og deres korrelasjon mot forsinkelsestimer og punktlighet, i tillegg til å presentere deres rolle i regresjonsmodellene fra vedlegg 2 og 3.

Tabell 20 tar for seg de forklaringsfaktorene som kan anses å ligge under NSBs ansvar og kontroll. Forklaringsfaktorene inngår i en rekke av regresjonsmodellene og viser tildels sterk korrelasjon med forsinkelsestimer og punktlighet. Utvidede analyser vil være nødvendig for å avdekke mer detaljerte årsak-virkningsforhold mellom forklaringsfaktorene og forsinkelser. Erfaring tilsier også at det er en grense for hvor lang man kan trekke rent matematiske analyser av grunnårsaker til forsinkelser. For å komme til bunns i årsak-virkningskjeder må man dels fokusere på utvalgte problemstillinger og involvere personell med omfattende driftserfaring fra alle involverte aktører.

<b>Forklaringsfaktor</b>	<b>Indikator</b>	<b>Korrelasjon mot forsinkelsestimer / punktlighet</b>	<b>Regresjonsmodell</b>	<b>Kommentar</b>
Produksjonsvolum NSB	Setekm og togkm	Svak (0 til 0,46)	Forsinkelser JBV og trafikkavvikling	Sterkest korrelasjon for setekm for hele landet.
Innstillinger	Innstillinger NSB	Sterk (0,58 til 0,61)	Forsinkelser totalt og JBV	Viser ikke om innstillinger gir forsinkelser eller omvendt.
Kortere tog enn planlagt (NSB)	Fjernet dekning	Sterk (0,49 til 0,66)	Forsinkelser totalt, operatør og trafikkavvikling	Korrelasjon også mot forsinkelser CargoNet og Jernbaneverket.
Materiellfeil (NSB)	Forsinkede tog grunnet materiellfeil	Noe (0,31 til 0,59)	-	Korrelasjon mot CargoNet og Jernbaneverket tyder på at materiellfeil opptrer samtidig som andre feil oppstår.
Kjører annet togmateriell enn planlagt (NSB)	Endret materielltype	Sterk (0,38 til 0,66)	Forsinkelser NSB	

**Tabell 20. Forklaringsfaktorer under NSBs ansvarsområder, med korrelasjon mot forsinkelsestimer og punktlighet, rolle i regresjonsmodeller og kommentarer**

I Tabell 21 er forklaringsfaktorene som anses å være under Jernbaneverkets ansvarsområder angitt. En utfordring er at omfang av drift og vedlikehold og anleggsarbeider vil heller øke enn avta i tiden fremover. Antall tog over Oslo S vil øke ved innførselen av nye ruteplaner fra 2012, samtidig som at kapasiteten utvides gjennom Oslo-tunnelen. Forklaringsfaktorene for økt antall forsinkelser grunnet forhold under Jernbaneverkets kontroll kan derfor ikke forventes å minke i kort perspektiv. For å oppnå en nedgang i antallet resulterende forsinkelsestimer må en begrense konsekvensene av forklaringsfaktorene. I hovedsak kan konsekvensene begrenses gjennom bedre planlegging.

Forklaringsfaktor	Indikator	Korrelasjon mot forsinkelsestimer / punktlighet	Regresjonsmodell	Kommentar
Kapasitetsutnyttelse	Antall tog over Oslo S	Noe (0,17 til 0,54)	-	
Omfang av drift og vedlikehold	Utgifter til drift og vedlikehold	FT: Sterk (0,45 til 0,73) Punktlighet: Noe (0,17 til 0,51)	Alle	Størst sammenheng for NSB og Jernbaneverket, minst for CargoNet og Flytoget
Anleggsarbeider	Investeringer	FT: Sterk (0,35 til 0,71) Punktlighet: Noe (0,16 til 0,45)	-	Størst sammenheng for NSB og Jernbaneverket, minst for CargoNet og Flytoget
Saktekjøringer	Sammenlagt tidstap, henholdsvis planlagt og ikke planlagt	Svak (-0,30 til 0,12)	Forsinkelser totalt, trafikkavvikling og NSB	Drammen – Eidsvoll. Ikke-planlagte saktekjøringer inngår i tre regresjonsmodeller.
Antall infrastrukturfeil	Antall aktive og utbedrede feil (BMS)	Noe (0,30 til 0,54)	Trafikkavvikling og operatør	Drammen – Eidsvoll. Endret registreringspraksis i perioden

**Tabell 21. Forklaringsfaktorer under JBV's ansvarsområder, med korrelasjon mot forsinkelsestimer og punktlighet, rolle i regresjonsmodeller og kommentarer**

Forklaringsfaktorer for godstog og øvrige forklaringsfaktorer er oppsummert i Tabell 22. Aktiviteten på godsterminal på Alnabru følger i stor grad svingninger i økonomien generelt. I tillegg er det et generelt ønske om å tilrettelegge for større andel godstransport på jernbanen. En bør derfor ikke forvente noen nedgang i godsvolumet framover. Vintervær er en forklaringsfaktor for forsinkelser. Været påvirker ikke bare jernbanenettet, men også rullende materiell, godsterminaler og stasjoner.

Saktekjøringer er fremhevet som en viktig årsak til forsinkelser for godstog. Saktekjøringer kan skape forsinkelser som nå er vanskelige å identifisere entydig da de sannsynligvis er inkludert i flere av forsinkelseskodene. I tillegg kan saktekjøringer gi forsinkelser inn til godsterminalene, inkludert Alnabru, og derved bidra til forsinkelser for det samme togmateriellet ut fra terminalen. Denne type sammenheng er i liten grad studert i rapporten, men bør følges opp i videre arbeid.

Været og klimaet jernbanen operer under kan i liten grad kontrolleres. Konsekvensene av været kan en imidlertid begrense, ved å ha planer tilpasset vanskelige togfremføringsforhold. Det er videre verdt å påpeke at det gjennom granskningsperioden har funnet sted flere regelverksendringer. Endringene har i følge jernbaneaktørene bidratt til å øke forsinkelsene.

Forklaringsfaktor	Indikator	Korrelasjon mot forsinkelsestimer/punktlighet	Regresjonsmodell	Kommentar
Aktivitet på godsterminal	Klart fra terminal, Alnabru	Sterk (0,66 til 0,73)	Totalt, infra, NSB og gods	Både "Klart terminal" og godsvolum (tonnkm) med i modellen for godstog
Vær	Snø og kulde	Sterk/Noe (0,31 til 0,83)	Alle	Kulde eller snøfall inngår i samtlige modeller
Endringer i regelverket	Ikke funnet egnet indikator			Flere eksempler viser at endringer gir økning i forsinkelser
Økning av kjøring av tog uten ordinær rute	Ikke funnet egnet indikator			Flere eksempler viser at endret praksis gir økning i forsinkelser

**Tabell 22. Andre Forklaringsfaktorer, med korrelasjon mot forsinkelsestimer og punktlighet, rolle i regresjonsmodeller og kommentarer**

Faktorer som ofte trekkes frem som viktige årsaker til forsinkelser, men som ikke er så fremtredende i analyseresultatene inkluderer antall tog i Oslo-området (målt over Oslo S i denne studien), saktekjøringer og manglende kjørende personell. Antallet tog over Oslo S har hverken økt eller variert sterkt i den studerte perioden. Manglende personell synes heller ikke å ha økt. Når det gjelder effekten av saktekjøringer så tilsier tidligere analyser at effekten er vanskelig å påvise generelt, men effekten er avhengig av lokale forhold, kjøreretning, krysningsmønster, type materiell etc. En saktekjøring på et dobbeltspor for et persontog kan gi helt andre effekter enn en saktekjøring på et enkeltspor for et godstog. Effekten av saktekjøringer bør studeres nærmere på en langdistansetrekning.

En oppsummering av funnene i studien:

- Norsk Jernbane har et systematisk vinterproblem. Forsinkelser oppstår i større omfang i de år det er strengere vinter, sammenlignet med år med mildere vinter. Eksempelvis var 2005 kjennetegnet av en mild vinter, men vinter 2009-2010 var streng.
- Anleggsarbeider og aktivitet ved sporene har en sammenheng med økte forsinkelser. Når anleggsaktivitetene øker, så øker forsinkelsestimene.
- Avgangspunktighet fra Alnabru er en viktig suksessfaktor for godstogenes punktighet.
- Infrastrukturen kjennetegnes av dels omfattende anleggsaktivitet på både nybygg og vedlikehold /utbedring, og dels nedslitt infrastruktur. Jernbanen befinner seg derfor i begge endene av "badekarskurven" som kjennetegner feilfrekvenser over tid.
- Det har vært en liten økning av produksjonen i perioden 2005-2010. I slutten av perioden har blant annet godstrafikken hatt reduserte volumer. Det bekymringsfulle er at forsinkelsene har økt selv med moderate produksjonsøkninger, og at man nå planlegger omfattende produksjonsøkning i 2012/2013.
- Endringer i regelverk for togfremføring synes i liten grad å ha påvirket produksjonsplanene. Planforutsetningene er derfor endret, og togenes mulighet til å holde ruten er redusert.



## 7.2 Forslag til tiltak

Tiltak bør fokusere mot følgende områder:

### **Håndtering av sesongvariasjoner**

Håndtering av forutsigbare sesongutfordringer, spesielt vinterproblematikk. I kort og mellomlangt perspektiv er beredskap et aktuelt tiltak. I et lengre perspektiv bør norsk jernbane bli et foregangsland i vintertilpasning av materiell og infrastruktur. Dette omfatter tilpasning av infrastruktur og rullende materiell, men også oppbygging av kompetanse og varslingsystemer. Tiltak bør rettes mot både å redusere sannsynligheten for at det oppstår driftsproblemer, og mot å redusere konsekvensen av problemer når de oppstår. For å redusere konsekvensen av driftsproblemer vurderes alternative planer som kan iverksettes ved eksempelvis redusert materielltilgjengelighet.

### **Togtrafikk og anleggsarbeider, både vedlikehold og nyinvesteringer**

Håndtering av omfattende anleggsarbeid og aktivitet ved sporene. Større anleggsarbeid er planlagt eller forventet i Østlandsområdet de nærmeste 10 årene, muligens lengre. I tillegg forventes økt aktivitet med planlagt og korrektivt vedlikehold. Det som til dels er oppfattet som en unntakssituasjon med arbeider i Oslo-tunnelen og i Vestkorridoren, er derfor normalsituasjonen, selv om typen av arbeider og steder der de utføres kommer til å variere. Jernbanen må derfor forbedre sine systemer for planlegging og gjennomføring av trafikk parallelt med pågående arbeid ved sporet. Rutetilpasninger som ble utført ved arbeid på Asker stasjon blir trukket frem som et godt eksempel på tilpasning av togproduksjon til gjeldende forutsetninger. Tilsvarende pekes det på at manglende tilpasninger av ruter og togproduksjon ved anleggsaktivitet på Lysaker og Sandvika kan ha bidratt til økningen i forsinkelsestimene. Hovedambisjonen er at trafikken kan gå som normalt. I de tilfeller der trafikken ikke kan gå som normalt bør det kommuniseres tydelig og trafikken tilpasses i større grad enn hva som har vært tilfelle. Både økningen i feilfrekvens på infrastruktur, og omfattende arbeid nær sporene bidrar til saktekjøringer. Forutsigbar planlegging og fjerning av saktekjøringer er derfor viktig.

### **Avgangspunktligheit godstog**

Avgangspunktligheit er viktig for godstrafikken. Det er betenkelig at punktligheiten er redusert også i en periode med synkende eller stabile godsmengder. Avgangspunktligheit fra Alnabru påvirkes både av interne aktiviteter på terminalen og nærliggende vedlikeholdsverksted, og ankomstpunktligheit inn til terminalen. Tiltak bør derfor dels rettes mot å kunne håndtere varierende godsmengder, dels mot å unngå forsinkelser ute på linjen, slik at togene kommer tilbake til Alnabru tids nok til å kunne avgå som planlagt. For å unngå forsinkelser på linjen bør det lages et system for å identifisere de saktekjøringer som påvirker toggangen mest, slik at ressurser kan prioriteres til å fjerne nettopp disse saktekjøringene. Erfaringer tilsier at den tradisjonelle måten å beregne tidstap på ikke nødvendigvis synliggjør de mest kritiske saktekjøringene.

### **Konsekvensvurdering av planlagt økning i togproduksjon**

Det er bekymringsfullt at forsinkelsene har økt selv med moderate produksjonsøkninger, og at man nå planlegger omfattende produksjonsøkning i 2012/2013. Det er derfor behov for konsekvensvurdering av den planlagte økningen i togproduksjonen. Det er behov for en ruteendring for å kunne ta ut effekten av utførte nyinvesteringer. Målet må være å realisere den planlagte effekten, fremst i form av økt frekvens, og bedret punktligheit. Det er viktig å sikre at

alle deler av infrastrukturen er på plass før store produksjonsendringer. Det har tidligere vært en tendens til å overse det som oppfates som mindre deler av infrastrukturen, som sporveksler og snumuligheter. Dette synes å ha vært tilfelle når nytt dobbelspor mellom Sandnes og Stavanger er tatt i bruk. Tilsvarende problemer kan være ødeleggende for togtrafikken i Oslo-området. Dersom ikke alle deler av infrastrukturen er driftsklar bør ikke all planlagt produksjonsøkning tas ut på en gang.

### **Konsekvensvurdering av regelverksendringer**

Endringer i regelverk for togfremføring er endringer i planforutsetninger for produksjonsplanene. Systemene for konsekvensvurderinger av endringer i regelverket må forbedres, slik at eventuelle endringer medfører tilpasninger i produksjonsplanene. Sikkerhet har prioritet før punktlighet. Likevel er punktlig togtrafikk ofte sikker togtrafikk. Det er derfor ønskelig å inkludere punktlighetsvurderinger i prosessen med etablering og formalisering av nytt regelverk.

### **Realistiske planer og konsekvent håndheving av planforutsetninger**

Jernbanen er et transportsystem som krever omfattende planlegging, og som har lite fleksibilitet. Det er derfor et paradoks at håndheving av planer og planforutsetninger ikke vektlegges sterkere. Jernbanen kan ikke bli meget fleksibel, men den kan bli effektiv og forutsigbar dersom man lager gode planer basert på realistiske planforutsetninger og gjennomfører planene konsekvent.

## Referanser

- Ackermann, T. (1998) *Die Bewertung der Pünktlichkeit als Qualitätsparameter im Schienenpersonenverkehr auf Basis der direkten Nutzenmessung*, Forschungsarbeiten des Verkehrswissenschaftlichen Instituts Universität Stuttgart, (PhD theses), Tyskland
- Al-Haimi A.A. (1991) *Airline Schedule Punctuality Management*, Cranfield Institute of Technology, UK
- Banverket (2001) *Tågtrafiken- Punktlighet och förseningar*, Førstudie FoU- projekt 2001. Rapport 2001:1
- BOB Railway Case (2003) *Benchmarking Passenger Transport in Railways*, NEA Transport research and training, Rijswijk, The Netherlands
- Casson, M. (2004) *The future of the UK railway system: Michael Brook's vision*, International Business Review, vol. 13, pp. 181–214
- Fahlén, J. og Jonsson, B. (2005) *Train punctuality in a new perspective*, European Railway Review, Vol. 11, No. 1, pp. 60-63
- Gelders D., Galetzka, M., Verckens J.P. og Seydel E. (2008) *Showing results? An analysis of the perceptions of internal and external stakeholders of the public performance communication by the Belgian and Dutch Railways*, Government Information Quarterly, Vol. 25, No. 2, pp. 221-238
- Gibson, S., Cooper, G. og Ball, B. (2002) *The evolution of capacity charges on the UK rail network*, Journal of Transport Economics and Policy 36, pp. 341-354
- Gunn, H. F. (2000) *An introduction to the valuation of travel-time savings and losses*, in Henscher D. A. and Button K.J. (Ed.) Handbook of transport modelling, Elsevier Science Ltd
- Gylee, M. (1994) *Punctuality analyses – a basis for monitoring and investment in a liberalized railway systems'*, Proceedings of seminars held at the 22nd European transport conference, P384 (9), pp. 153-165
- Harris, N. G. (1992) *Planning Passenger Railways: A Handbook*, Transport Publishing Co, UK
- Heinz, W. (2000) *Passagerutbyte I tåg. Mätningar av av- och påstigningstider samt ansats till modell för att beskriva samband*, TRITA IP AR 00-86, Royal Institute of Technology, Stockholm
- Hooghiemsta, J.S. og Teunisse, M.J.G. (1998) *The use of simulation in the planning of the Dutch railway services*, In: Medeiros, D.J., Watson, E.F., Carson, J.S. & Manivannan, M.S. (eds.), Proceedings of the 1998 winter Simulation Conference
- Jernbaneverket (2001) *Metodehåndbok JD 205*, Samfunnsøkonomiske analyser for jernbanen, versjon 1.0 - desember 2001, Jernbaneverket, Norge
- Kahan, A. M. (1979) *Railway Capacity Analysis and Related Methodology*, Canadian Transport Commission, Research Branch, Ottawa/Hull, March 1979, Research Report No. 60-79-01

- Kvaavik B. (2008) *Bedre i dag enn i går, men ikke så god som i morgen*, NSB Persontog Drift, Norge
- Lindh, C. og Widlert, S. (1989) *SJ-resenärernas kvalitetsvärdering - med avseende på information, punktlighet, restid, styv tidtabell och turtäthet*, Institut för Trafikplanering, KTH, Stockholm, Sverige
- Lindfeldt, O. (2001) *Tidtabellskonstruktion, trafikledning och tättidighet på Svealandsbanan*, Hovedoppgave, Institutt for infrastruktur og samhällsplanering, KTH, Stockholm, Sverige
- Nyström, B. (2008) *Aspects of improving punctuality - from data to decision in railway maintenance*, Doctorial theses, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Sverige
- Nyrud, T. (2007) *Punktlighetsanalyser som faktabasert beslutningsunderlag: Analyse av utvalgte tog i rushtid mellom Asker og Oslo*. Masteroppgave Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for bygg anlegg og transport.
- Olsson, N.O.E. og Haugland, H. (2004) *Influencing factors on train punctuality - results from some Norwegian studies*, Transport Policy, Vol. 11, No. 4, pp. 387-397
- Olsson, N., Sætermo, I.A.F. og Røstad C.C. (2002a) *Konsekvensvurdering av anleggsarbeid i Vestkorridoren*, SINTEF Teknologiledelse
- Olsson, N., Røstad C. og Veiseth, M. (2002b) *Nordlandsbanen - fortsatte analyser*, SINTEF Teknologiledelse
- Olsson, N., Sætermo, I.A.F. og Røstad C.C. (2002c) *Vurdering av regler for avvikshåndtering ved uregelmessigheter i toggangen*, SINTEF Industrial Management, Trondheim, Norway.
- Olsson, N. og Sætermo, I.A.F. (2006) *Kartlegging av kvalitetsoppfølging i deltagende bedrifter*. Arbeidspakke 1.4 (fra 2006). SINTEF Teknologi og samfunn. [http://www.sintef.no/project/PEMRO/Rapporter/sammenstilling%20ap%201\\_4%20.pdf](http://www.sintef.no/project/PEMRO/Rapporter/sammenstilling%20ap%201_4%20.pdf)
- Olsson, N. (2009) *Sluttpresentasjon PEMRO-prosjektet 13.2.2009*. SINTEF Teknologi og samfunn. <http://www.sintef.no/Projectweb/PEMRO/Seminarer-og-presentasjoner/Sluttpresentasjon-av-PeMRP-1322009/>
- Riksrevisionsverket (1986) *Tågtrafikens punktlighet*, Revisionsrapport, Dnr. 1986:1091
- Seco, A.J.M. og Goncalves, J.H.G. (2007) *The quality of public transport: relative importance of different performance indicators and their potential to explain modal choice*, In: Brebbia, C.A., Urban transport 13 - urban transport and the environment in the 21st century, WIT press, Southampton, UK
- UIC (2004) *UIC Code 406 Capacity*, International Union of Railways
- Veiseth, M. (2009) *Forbedring av punktlighet i jernbanedrift – utvikling av punktlighetsprosessen*, Doktoravhandling, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Veiseth, M., (2002). *Punktlighet i jernbanedrift*, Masteroppgave. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Veiseth, M., Olsson, N, Røstad, C.C. og Indbryn, M. (2003) *PONDUS – Punktlighets Og uNDerveisUnderSøkelse – Oppsummering av et punktighetsarbeid utført av Jernbaneverket og SINTEF Teknologiledelse våren 2003*. SINTEF Teknologiledelse

Veiseth, M. og Olsson, N. (2007) *Avgangspunktighet Alnabru godsterminal*. Arbeidspakke 2.3 (fra 2007). SINTEF Teknologi og samfunn

## Vedlegg 1. Oversikt over data som inngår i beregningene

Data som inngår i beregningene for hele landet (månedsvise oppløsning der annet ikke er oppgitt):

Punktlighetsdata fra TIOS:	Lokaltog
	Mellomdistanse
	Langdistanse
	Godstog
Forsinkelsesdata fra TIOS:	Forsinkelsestimer infrastruktur
	Forsinkelsestimer NSB
	Forsinkelsestimer Flytoget
	Forsinkelsestimer Godsoperatører
	Forsinkelsestimer trafikkavvikling
Andre data fra TIOS	Innstillinger Flytoget
	Innstillinger NSB
	Forsinkede tog pga materiellfeil
Data fra operatørene	Innstillinger NSB
	Fjernet dekning NSB (kortere tog)
	Fjernet deldekning (kortere tog deler av strekning)
	Endret materielltype NSB
	Setekilometer NSB
	Togkilometer NSB
	Antall reisende NSB (pr år)
	Antall reisende NSB Gjøvikbanen (pr år)
	Antall reisende Flytoget (pr år og pr uke)
	Antall tonn CargoNet
	Antall tonnkm CargoNet
	Avgangspunktighet CargoNet
	Klart fra vedlikehold CargoNet
Klima (meteorologisk institutt)	Antall dager >-10°C Asker
	Antall dager > -20°C Asker
	Antall dager snøfall >10 cm Asker
Drift og vedlikehold	Midler til drift JBV
	Midler til vedlikehold JBV
	Investeringsmidler JBV
	Drift og vedlikehold Gardermobanen
Banemeldingssentralen	Antall utbedrede feil (pr uke)
	Gjennomsnittlig utbedringstid
Banedata	Feil signalanlegg
	Skinnebrudd
	Solslyng
	Vindskjevhet
	Feil kontaktledning

Data som inngår i beregningene for Drammen – Eidsvoll (ukesvis oppløsning der ikke annet er oppgitt):

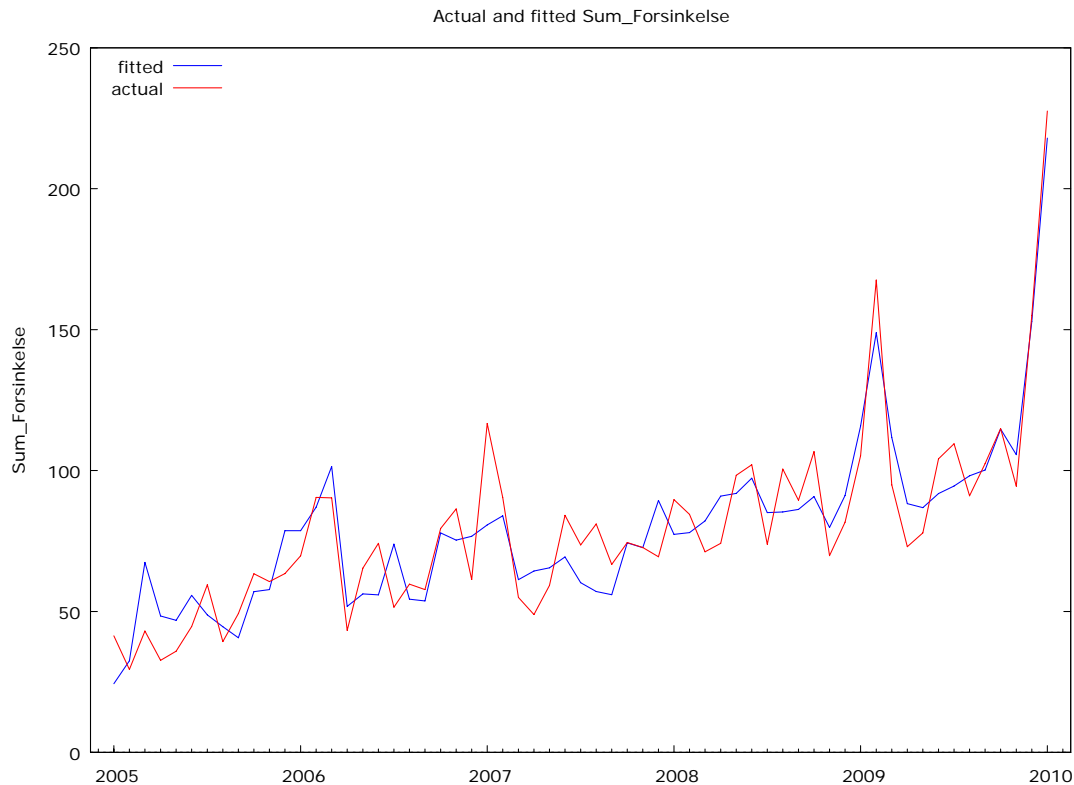
Punktlighetsdata fra TIOS:	Lokaltog
	Mellomdistanse
	Langdistanse
	Godstog
Forsinkelsesdata fra TIOS:	Forsinkelsestimer infrastruktur
	Forsinkelsestimer NSB
	Forsinkelsestimer Flytoget
	Forsinkelsestimer Godsoperatører
	Forsinkelsestimer trafikkavvikling
	Forsinkelsestimer bane
	Forsinkelsestimer sikring/signalanlegg
	Forsinkelsestimer elkraft/kontaktledning
	Forsinkelsestimer teleanlegg
	Forsinkelsestimer planlagt vedlikehold
	Forsinkelsestimer materiell med feil sperrer spor
	Forsinkelsestimer feil med materiell
	Forsinkelsestimer materiell sent satt opp ved spor
	Forsinkelsestimer manglende personell
	Forsinkelsestimer stasjonsopphold
	Forsinkelsestimer Planforutsetninger endret
	Forsinkelsestimer forsinkelse fra utland
	Forsinkelsestimer ytre forhold
	Forsinkelsestimer uhell/påkjørrel
	Forsinkelsestimer uønsket hendelse
Innstillinger fra TIOS	Innstillinger infrastruktur
	Innstillinger NSB
	Innstillinger Flytoget
	Innstillinger Godsoperatører
	Innstillinger trafikkavvikling
	Innstillinger bane
	Innstillinger sikring/signalanlegg
	Innstillinger elkraft/kontaktledning
	Innstillinger teleanlegg
	Innstillinger planlagt vedlikehold
	Innstillinger materiell med feil sperrer spor
	Innstillinger feil med materiell
	Innstillinger materiell sent satt opp ved spor
	Innstillinger manglende personell
	Innstillinger stasjonsopphold
	Innstillinger Planforutsetninger endret
	Innstillinger forsinkelse fra utland
	Innstillinger ytre forhold
	Innstillinger uhell/påkjørrel
	Innstillinger uønsket hendelse
	Innstillinger Flytoget
	Innstillinger NSB

Data fra operatørene	Fjernet dekning NSB (kortere tog)
	Setekilometer region øst NSB
	Togkilometerregion øst NSB
	Antall reisende NSB (pr år hele landet)
	Antall reisende NSB Gjøvikbanen (pr år hele landet)
	Antall reisende Flytoget (pr år og pr uke)
Klima (metereologisk institutt)	Antall dager >-10°C Asker
	Antall dager > -20°C Asker
	Antall dager snøfall >10 cm Asker
	Nedbør Asker
	Maksimumstemperatur Asker
	Minimumstemperatur Asker
	Middeltemperatur Asker
Drift og vedlikehold	Midler til drift JBV
	Midler til vedlikehold JBV
	Investeringsmidler JBV
	Drift og vedlikehold Gardermobanen
Banemeldingssentralen	Antall utbedrede feil (pr uke)
	Gjennomsnittlig utbedringstid
Banedata	Feil signalanlegg
	Skinnebrudd
	Solslyng
	Vindskjevhet
	Feil kontaktledning
Andre data	Planlagte saktekjøringer
	Ikke-planlagte saktekjøringer
	Antall tog over Oslo S



## Vedlegg 2. Regresjonsmodeller hele landet

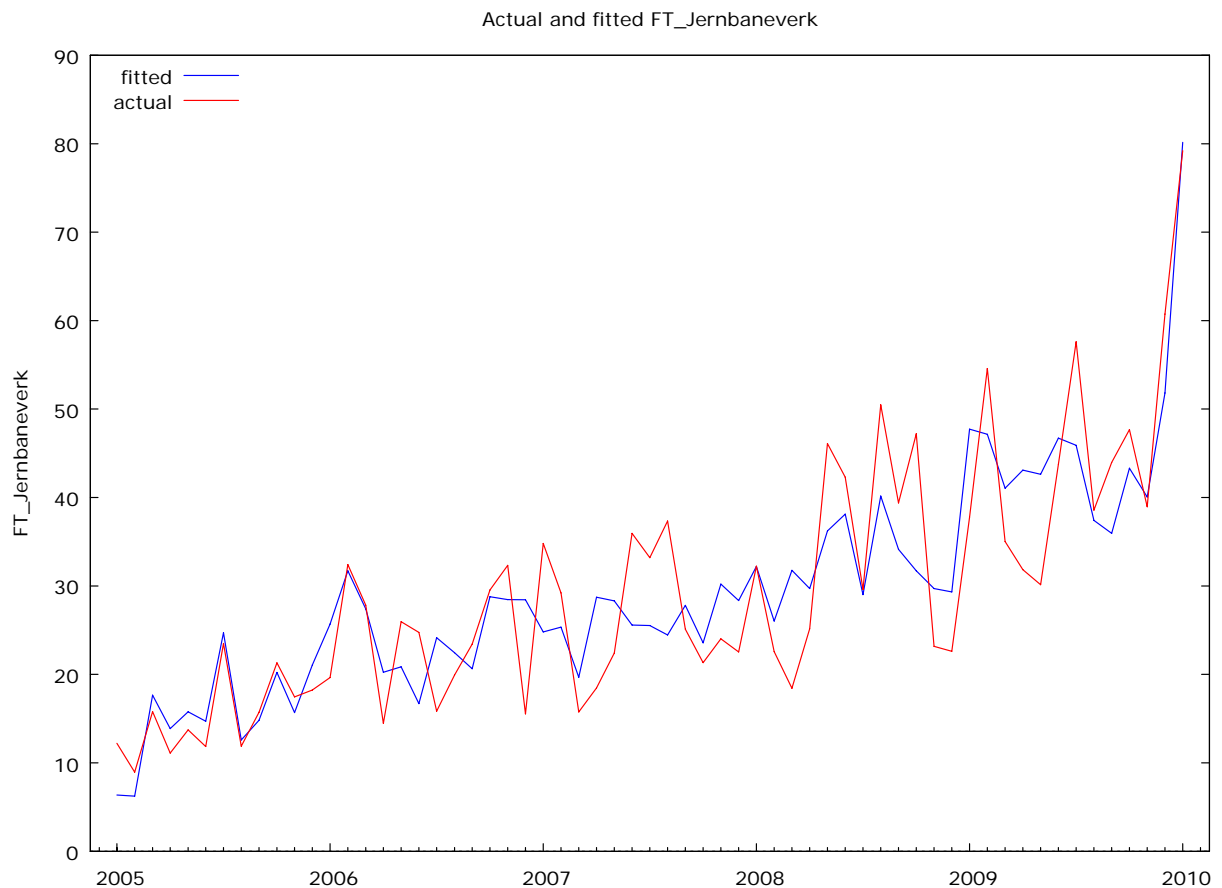
### Regresjonsmodell for forsinkelsestimer totalt



	<b>coefficient</b>	<b>std. error</b>	<b>t-ratio</b>	<b>p-value</b>	
Konstant	195,815	25,2598	7,752	2,48e-010	***
Fjernet_dekning	0,0438952	0,0160835	2,729	0,0086	***
Dager_10C_aske	2,49936	1,08580	2,302	0,0252	**
Dager_20C_Aske	9,27029	3,26831	2,836	0,0064	***
Dager_snoefall	4,76992	2,75815	1,729	0,0895	*
CN_tonkm	2,28767e-07	3,62312e-08	6,314	5,33e-08	***
SUM_Drift_og_ve	0,0288662	0,00408601	7,065	3,24e-09	***

Mean dependent var	79,39435	S.D. dependent var	32,81912
Sum squared resid	9813,273	S.E. of regression	13,48063
R-squared	0,848152	Adjusted R-squared	0,831280
F(6, 54)	50,26984	P-value(F)	2,34e-20
Log-likelihood	-241,5141	Akaike criterion	497,0282
Schwarz criterion	511,8043	Hannan-Quinn	502,8191
rho	0,024136	Durbin-Watson	1,913367

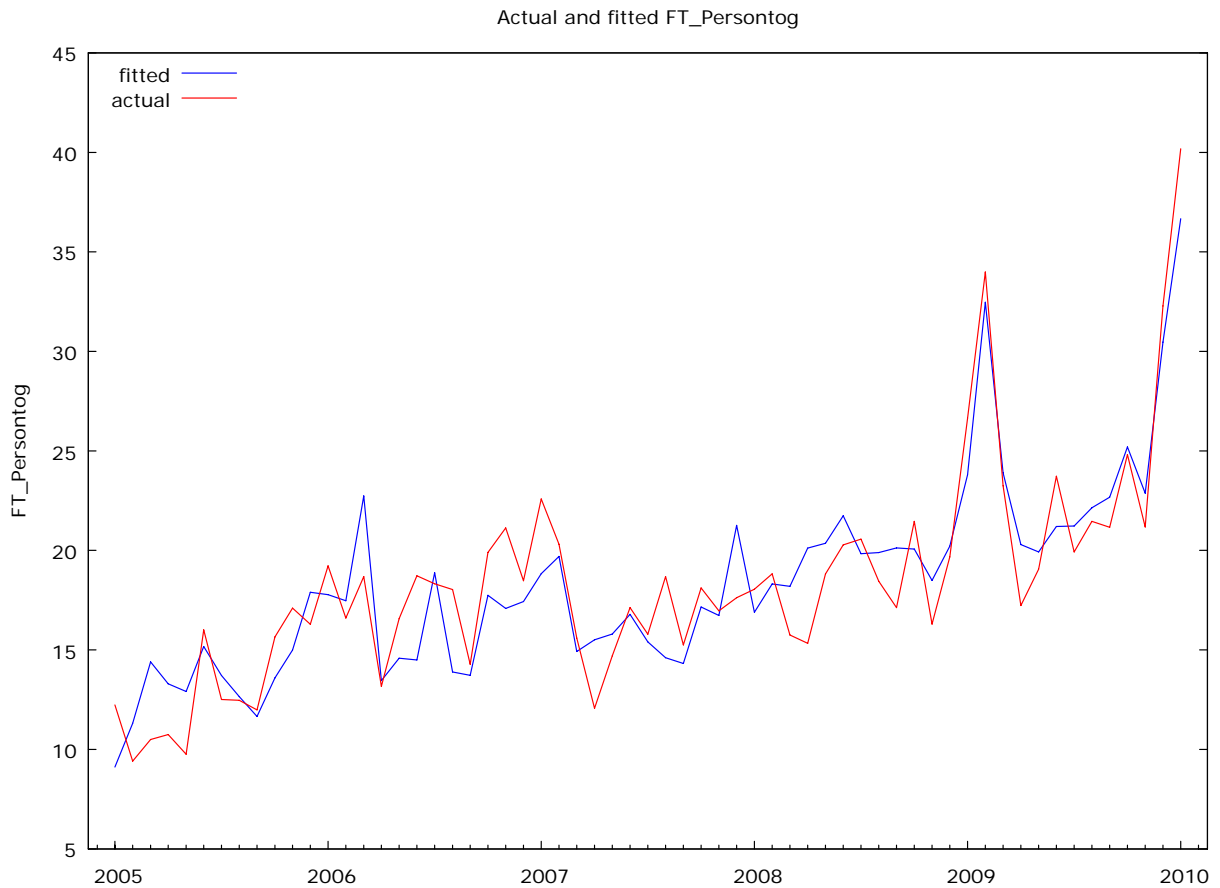
## Regresjonsmodell for forsinkelsestimer infrastruktur



	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
Konstant	-86,9342	24,7949	-3,506	0,0009	***
Innstillinger_F	0,0416877	0,0145228	2,871	0,0059	**
Dager__20C_Aske	5,16773	1,19321	4,331	6,64e-05	***
Dager_snoefall	2,89602	1,26712	2,286	0,0263	**
Togkilometer_to	3,63170e-05	1,92150e-05	1,890	0,0642	*
Setekilometer_o	-2,19451e-07	8,37586e-08	--2,620	0,0114	***
CN_tonkm	8,27889e-08	2,07734e-08	3,985	0,0002	***
SUM_Drift_og_ve	0,0151220	0,00229888	6,578	2,15e-08	***

Mean dependent var	29,22528	S.D. dependent var	13,96224
Sum squared resid	2602,556	S.E. of regression	7,074542
R-squared	0,777496	Adjusted R-squared	0,743264
F(8, 52)	22,71290	P-value(F)	1,90e-14
Log-likelihood	-201,0332	Akaike criterion	420,0664
Schwarz criterion	439,0643	Hannan-Quinn	427,5118
rho	0,125009	Durbin-Watson	1,732945

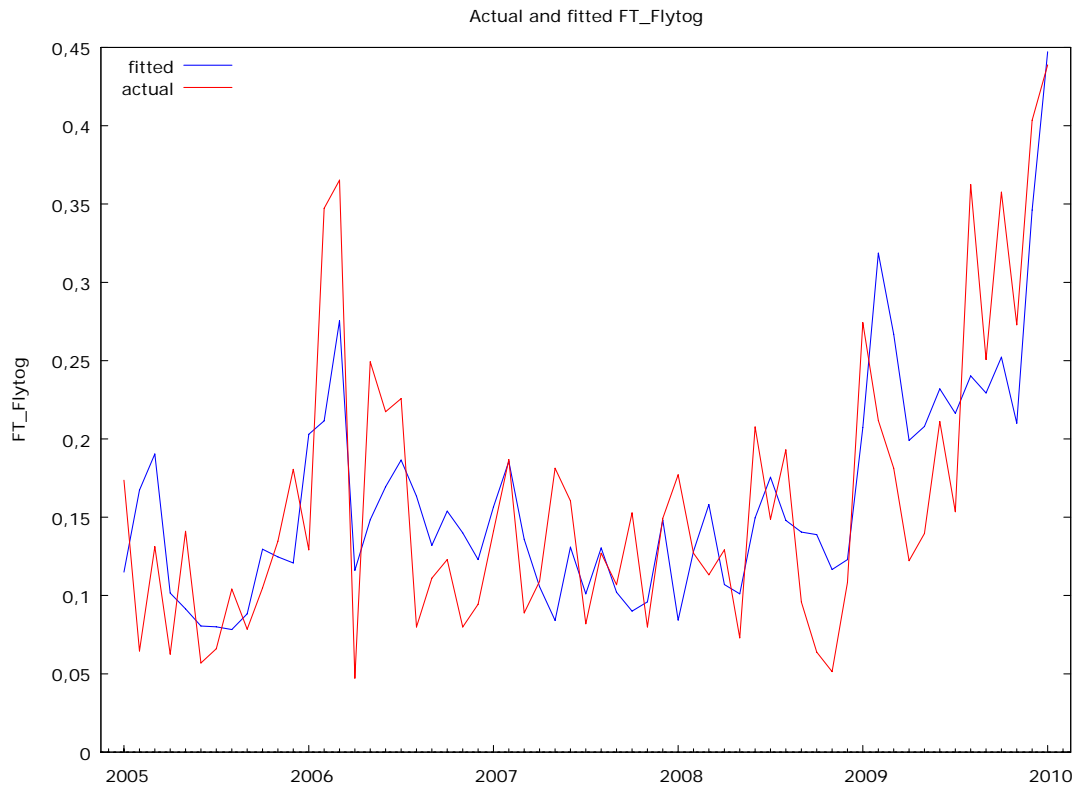
## Regresjonsmodell for forsinkelsestimer NSB



	<b>coefficient</b>	<b>std. error</b>	<b>t-ratio</b>	<b>p-value</b>	
Konstant	-27,9694	4,35671	-6,420	3,13e-08	
Fjernet_dekning	0,0112048	0,00267480	4,189	0,0001	***
Dager__10C_aske	0,679666	0,120815	5,626	6,13e-07	***
CN_tonnm	3,69789e-08	6,25844e-09	5,909	2,14e-07	***
SUM_Drift_og_ve	0,00484376	0,000704708	6,873	5,60e-09	***
Endret_materiel	0,00143653	0,000577044	2,489	0,0159	**

Mean dependent var	18,32968	S.D. dependent var	5,404148
Sum squared resid	303,6512	S.E. of regression	2,328593
R-squared	0,826712	Adjusted R-squared	0,814334
F(4, 56)	66,79021	P-value(F)	1,17e-20
Log-likelihood	-135,5079	Akaike criterion	281,0159
Schwarz criterion	291,5702	Hannan-Quinn	285,1522
rho	0,246676	Durbin-Watson	1,453792

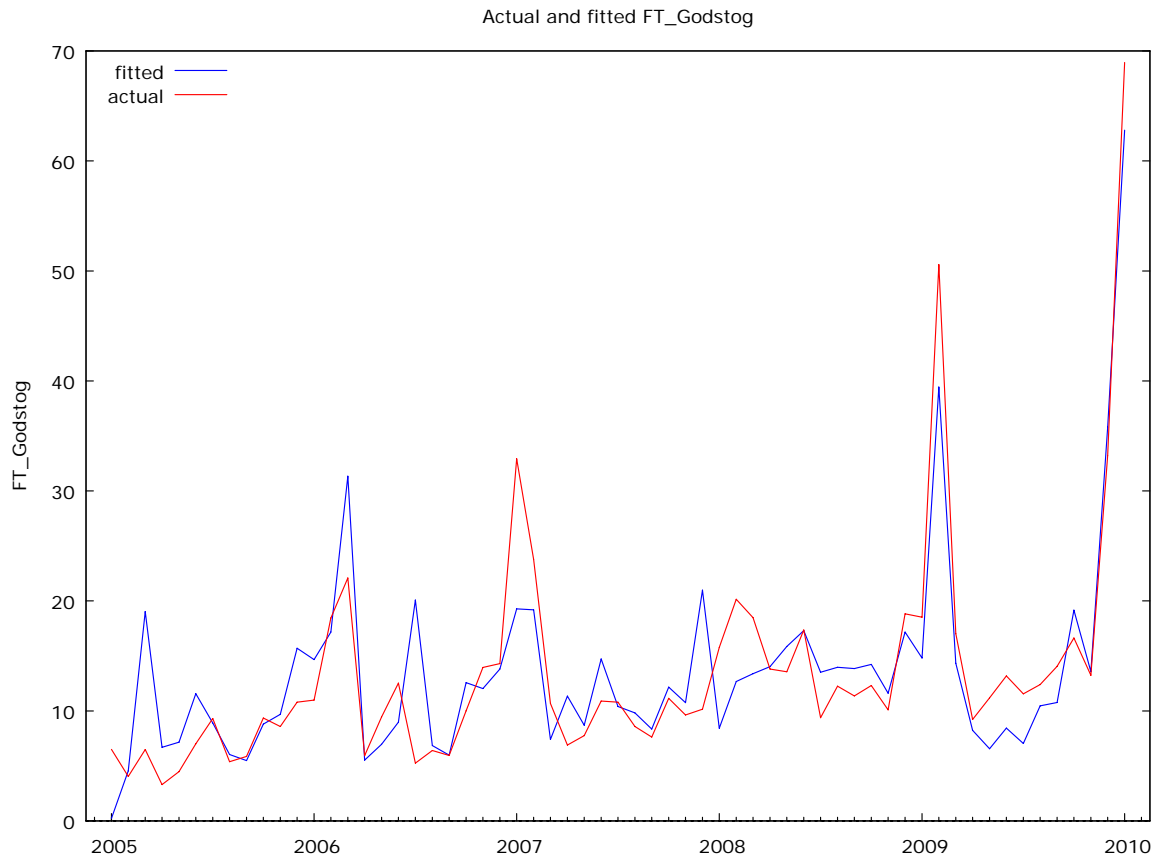
## Regresjonsmodell for forsinkelsestimer Flytoget



	<b>coefficient</b>	<b>std. error</b>	<b>t-ratio</b>	<b>p-value</b>	
Konstant	0,0263601	0,0873755	0,3017	0,7640	
Endret_materiel	4,54147e-05	1,52268e-05	2,983	0,0042	***
Dager__10C_aske	0,0143048	0,00298321	4,795	1,24e-05	***
SUM_Drift_og_ve	7,90450e-05	2,82755e-05	2,796	0,0071	***
Utg_Vedlikehold	-0,000202684	9,69437e-05	-2,091	0,0411	**

Mean dependent var	0,160679	S.D. dependent var	0,092070
Sum squared resid	0,210256	S.E. of regression	0,061275
R-squared	0,586610	Adjusted R-squared	0,557082
F(4, 56)	19,86634	P-value(F)	3,16e-10
Log-likelihood	86,38902	Akaike criterion	-162,7780
Schwarz criterion	-152,2237	Hannan-Quinn	-158,6417
rho	0,092552	Durbin-Watson	1,798273

## Regresjonsmodell for forsinkelsestimer godsoperatører

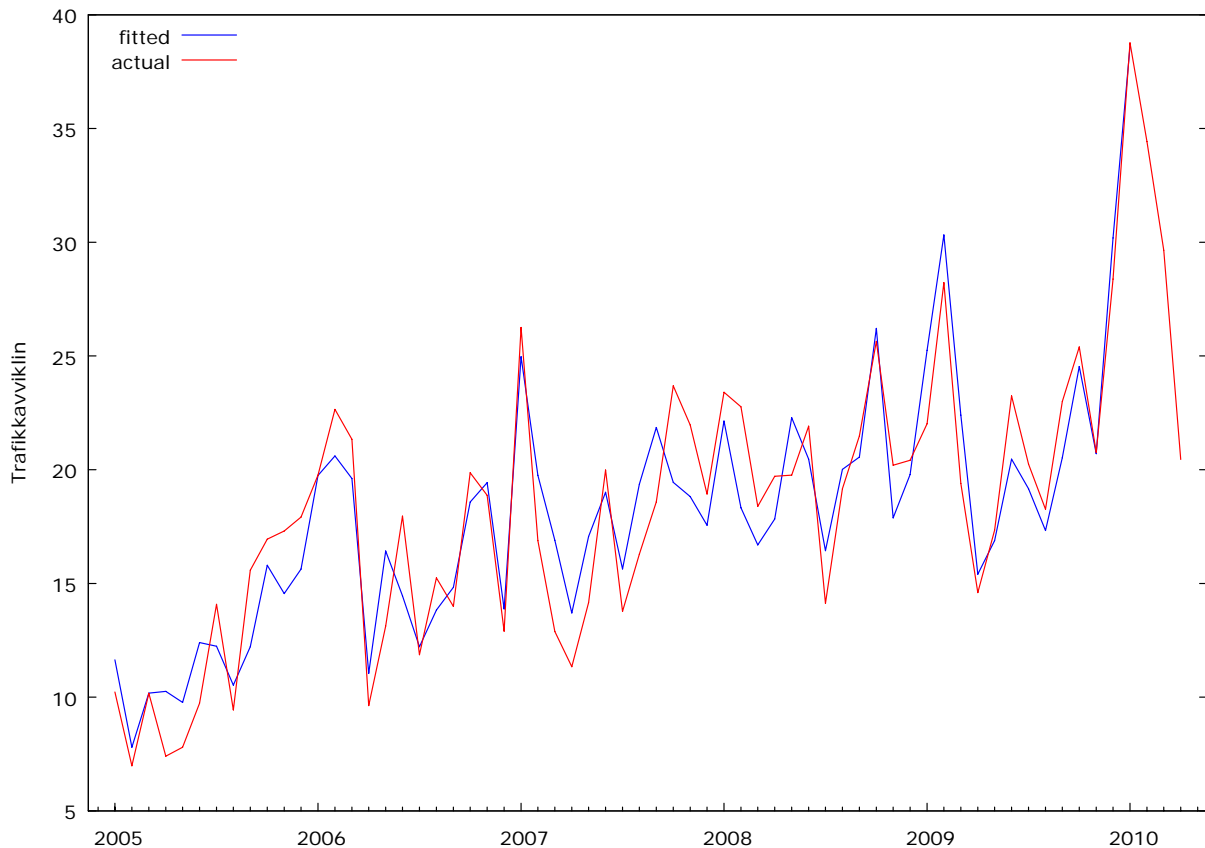


	<b>coefficient</b>	<b>std. error</b>	<b>t-ratio</b>	<b>p-value</b>	
Konstant	-33,1406	9,93441	-3,336	0,0015	***
Fjernet_dekning	0,0183246	0,00588335	3,115	0,0029	***
Dager__10C_aske	1,38585	0,442297	3,133	0,0028	***
Dager__20C_Aske	3,09914	1,21481	2,551	0,0135	**
CN_tonnkm	5,21152e-08	1,51995e-08	3,429	0,0012	***
Klart_term_Alna	0,117638	0,0580915	2,025	0,0477	**

Mean dependent var	13,61017	S.D. dependent var	10,57752
Sum squared resid	1439,910	S.E. of regression	5,116658
R-squared	0,785506	Adjusted R-squared	0,766006
F(5, 55)	40,28338	P-value(F)	3,37e-17
Log-likelihood	-182,9798	Akaike criterion	377,9597
Schwarz criterion	390,6249	Hannan-Quinn	382,9233
rho	0,190479	Durbin-Watson	1,575435

## Regresjonsmodell for forsinkelsestimer trafikavvikling

Actual and fitted Trafikkavviklin

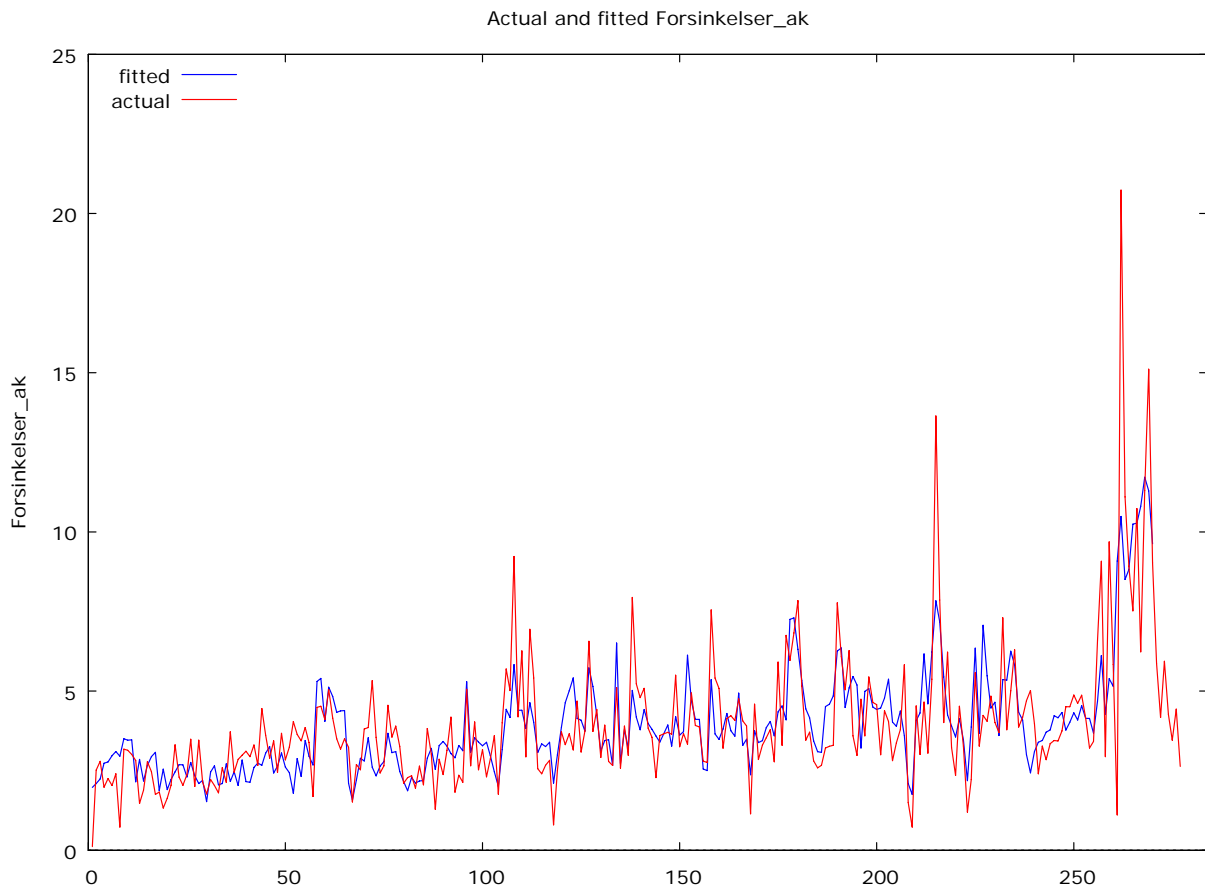


	<b>coefficient</b>	<b>std. error</b>	<b>t-ratio</b>	<b>p-value</b>	
Konstant	-31,9187	6,80747	-4,689	1,97e-05	***
FT_Jernbaneverk	0,150614	0,0424324	3,549	0,0008	***
FT_Persontog	0,535707	0,111024	4,825	1,22e-05	***
Dager_snoefall	1,15536	0,420456	2,748	0,0082	***
Setekilometer_t	-5,06149e-08	1,88245e-08	-2,689	0,0096	***
Togkilometer_to	2,06972e-05	4,51952e-06	4,580	2,86e-05	***
Flytoget__ant_r	0,0778712	0,0174222	4,470	4,16e-05	***
SUM_Drift_og_ve	-0,00407094	0,00105986	-3,841	0,0003	***

Mean dependent var	18,06855	S.D. dependent var	5,828690
Sum squared resid	278,3622	S.E. of regression	2,291750
R-squared	0,863442	Adjusted R-squared	0,845406
F(7, 53)	47,87337	P-value(F)	1,09e-20
Log-likelihood	-132,8557	Akaike criterion	281,7115
Schwarz criterion	298,5985	Hannan-Quinn	288,3297
rho	0,259678	Durbin-Watson	1,473361

### Vedlegg 3 Regresjonsanalyser for Drammen – Eidsvoll

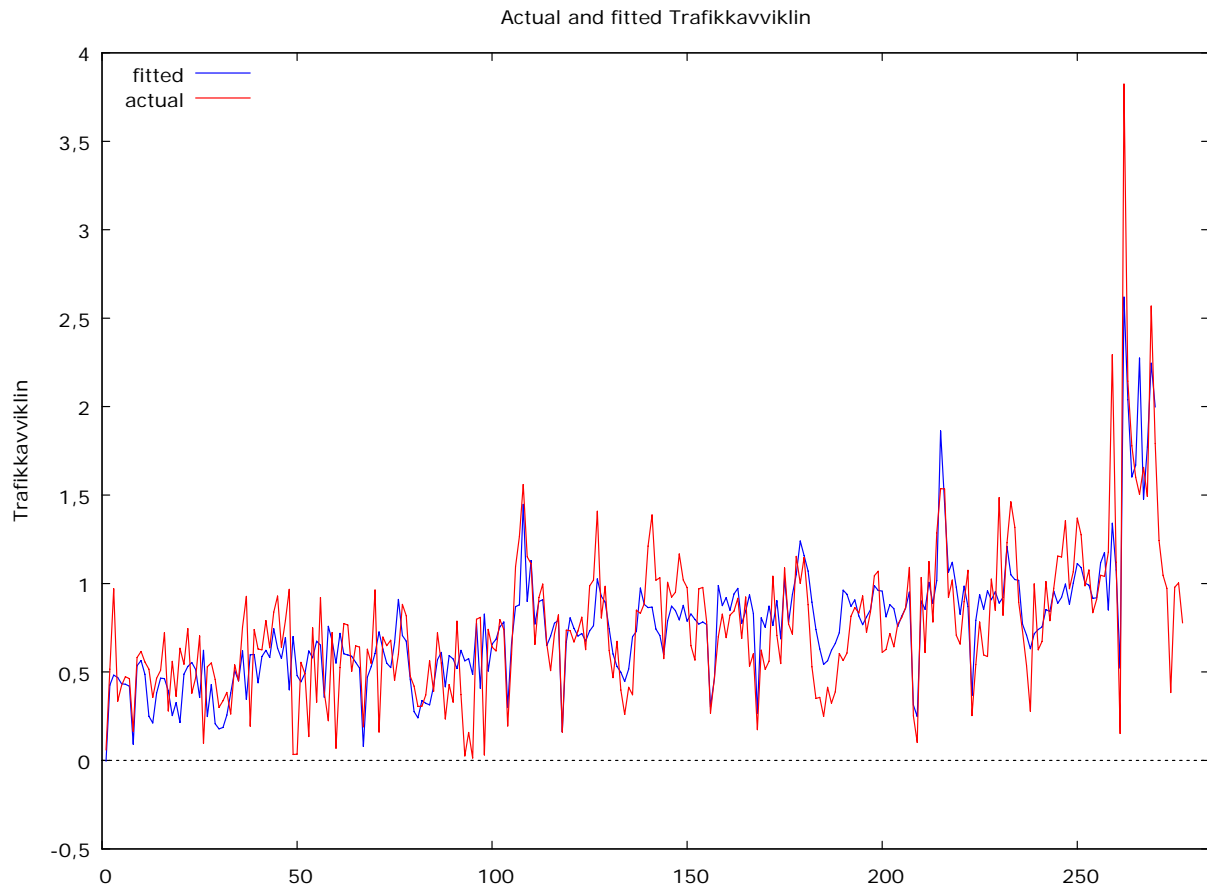
#### Regresjonsanalyse for forsinkelsestimer totalt



	<b>coefficient</b>	<b>std. error</b>	<b>t-ratio</b>	<b>p-value</b>	
Konstant	-1,24781	0,606642	-2,057	0,0407	**
Innstilinger_NS	0,00742713	0,00107601	6,902	3,82e-011	***
Ikke_planlagte	244,160	35,2977	6,917	3,50e-011	***
Antall_utbedred	0,0174546	0,00345912	5,046	8,43e-07	***
Antalldagermedt	0,0884619	0,0378457	2,337	0,0202	**
Antall_b	1,30676e-05	4,41087e-06	2,963	0,0033	***
Investeringer__	0,000545767	0,000187638	2,909	0,0039	***

Mean dependent var	3,936469	S.D. dependent var	2,226489
Sum squared resid	550,2712	S.E. of regression	1,446474
R-squared	0,587348	Adjusted R-squared	0,577934
F(6, 263)	62,39025	P-value(F)	8,68e-48
Log-likelihood	-479,2320	Akaike criterion	972,4639
Schwarz criterion	997,6529	Hannan-Quinn	982,5787
rho	-0,056612	Durbin-Watson	2,106202

## Regresjonsanalyse for forsinkelsestimer trafikkavvikling

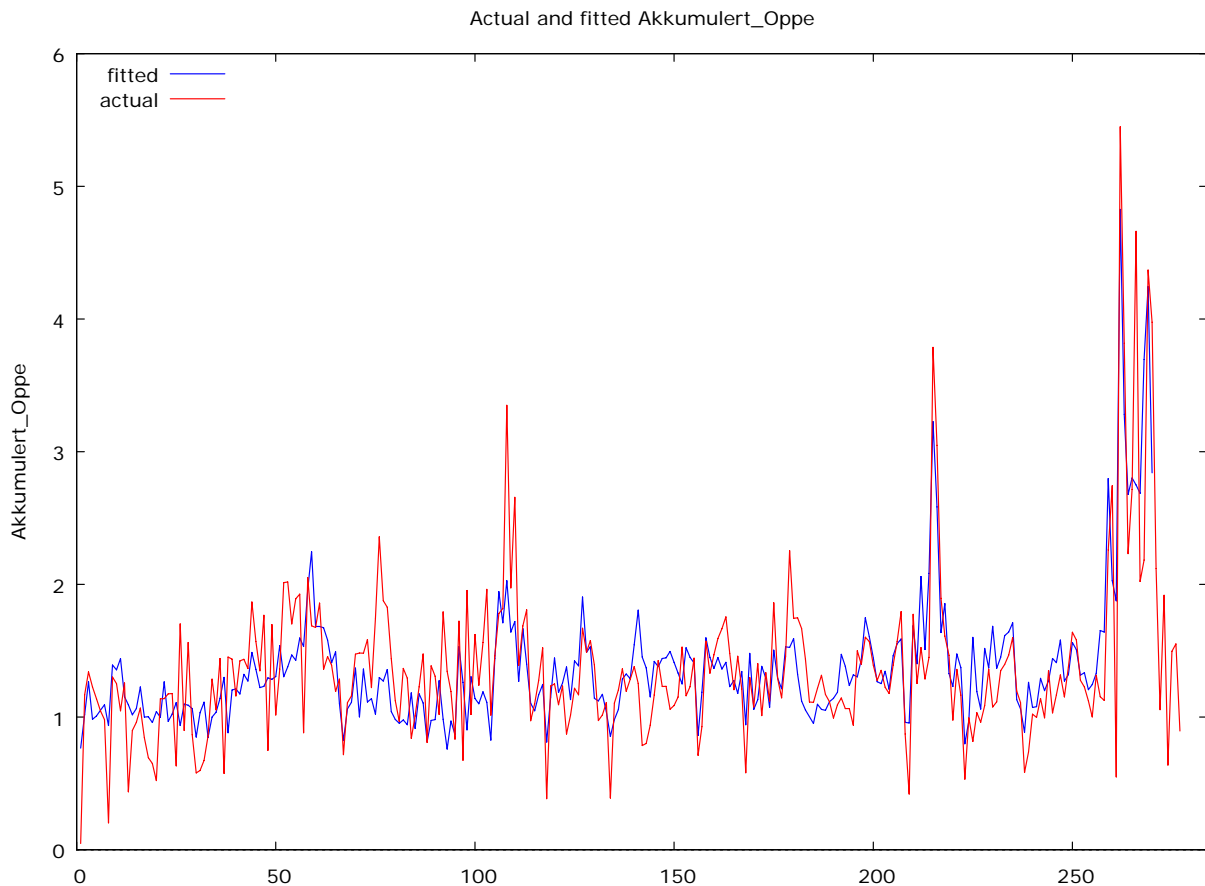


	<b>coefficient</b>	<b>std. error</b>	<b>t-ratio</b>	<b>p-value</b>	
Konstant	-0,639472	0,0884246	-7,232	5,16e-012	***
Akkumulert_Infr	0,0488526	0,0144701	3,376	0,0008	***
Ikke_planlagte	16,5533	6,65147	2,489	0,0134	***
Akkumulert_Oppe	0,273697	0,0322174	8,495	1,46e-015	***
Antall_b	4,83558e-06	7,03389e-07	6,416	6,44e-010	***
Investeringer	0,000198812	3,03139e-05	6,558	2,85e-010	***

Mean dependent var	0,749226	S.D. dependent var	0,428417
Sum squared resid	16,54261	S.E. of regression	0,250323
R-squared	0,664944	Adjusted R-squared	0,658598
F(5, 264)	104,7854	P-value(F)	1,30e-60
Log-likelihood	-6,128264	Akaike criterion	24,25653
Schwarz criterion	45,84706	Hannan-Quinn	32,92635
rho	0,047313	Durbin-Watson	1,902793



## Regresjonsmodell for forsinkelsestimer operatør



	<b>coefficient</b>	<b>std. error</b>	<b>t-ratio</b>	<b>p-value</b>	
Konstant	0,484444	0,100305	4,830	2,32e-06	***
Bane__1__	0,228460	0,0590299	3,870	0,0001	***
Elkraft_kontakt	0,158617	0,0747235	2,123	0,0347	**
Trafikkavviklin	0,551047	0,0724992	7,601	5,20e-013	***
Ikke_planlagte	42,1807	9,79167	4,308	2,33e-05	***
Antall_utbedred	0,00281549	0,000947119	2,973	0,0032	***
Ant__dager__med	0,138116	0,0348252	3,966	9,43e-05	***

Mean dependent var	1,367346	S.D. dependent var	0,630945
Sum squared resid	40,79126	S.E. of regression	0,393827
R-squared	0,619082	Adjusted R-squared	0,610392
F(6, 263)	71,23961	P-value(F)	2,59e-52
Log-likelihood	-127,9696	Akaike criterion	269,9392
Schwarz criterion	295,1281	Hannan-Quinn	280,0540
rho	0,102195	Durbin-Watson	1,757779

**Trondheim**

Address: NO-7465 Trondheim, Norway

Phone: +47 73 59 30 00

Fax: +47 73 59 33 50

Address: P.O. Box 124, Blindern, NO-0314 Oslo, Norway

Phone: +47 22 06 73 00

Fax: +47 22 06 73 50