

***Prestasjonsmåling av
energiforbruk for tog
(Performance measurement of train energy
use)***

Prosjektoppgave
TPK 4700



Høst 2005
Stud. Techn.
Jan Vetle Moen
19.12.2005

Forord

Dette er en prosjektoppgave kalt ”Prestasjonsmåling av energiforbruk for tog” som skal gjennomføres høsten 2005 ved Norges teknisk- og naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim.

Prosjektoppgaven er et samarbeid mellom NTNU og NSB med førsteamanuensis Tom Fagerhaug som ansvarlig faglærer og forsker Nils Olsson som veileder. Kontaktperson ved NSB var Hans Haugland.

Jeg vil takke de ansatte på simulatorsenteret, Hans Haugland, Tom Fagerhaug og Nils Olsson for hjelp med denne rapporten. Av andre som har bidratt til hjelp vil jeg trekke frem studentene Anders Ødegård og Ole Even Hollås med verdifulle innspill og som to gledesspredere.

Trondheim 19.12.2005

Sammendrag

Denne prosjektoppgaven omhandler prestasjonsmåling ved togsimulering med utgangspunkt i togoperatøren NSB sitt energisparingsprosjekt. Prestasjonen som måles er lokførers kjøreteknikk i forhold til togets energiforbruk. Oppgaven ser på simulatorens muligheter som et verktøy i arbeidet for å spare energi.

Det finnes mange måter å opprette et prestasjonsmålesystem på, som balanced scorecard og Andersen og Fagerhaug sine åtte trinn for etablering av prestasjonsmålesystem. Disse er prestasjonsmålesystemer mot generelle organisasjoner. NSB har valgt å bruke konsulent til sitt forbedringsarbeid hvor prosessen går gjennom syv ulike trinn. Ved måling av energi på tog brukes indikatoren energiforbruk per tonn kilometer som hovedparameter hos NSB.

Det er mange ulike grunner for at det brukes fullskalasilulatorer i en treningssituasjon. De viktigste er trening av sikkerhet og nødprosedyrer, som er for risikabelt ute i det virkelige liv. Ved en simulator kan opplæringen tilpasses mer spesifikt imot det som skal læres. NSB har gått i innkjøp av seks simulatorer, som også vil brukes til å forstå togets fremføring i forhold til energiforbruk.

Kjøreteknikken til lokfører er essensielt i forhold til energiforbruket på tog. Det er mange faktorer som påvirker energiforbruket og de viktigste er akselerasjon, fart og coasting. Lokfører kan i stor grad påvirke alle disse tre. En annen faktor som påvirker energiforbruket ved norske tog, er om toget kjøres i manuell eller automat. Det er blitt foretatt testkjøringer på simulatoren for se hvem av disse som er mest energibesparende. Programmet som brukes ved analysering av data kalles CorPra, som gir resultater grafisk og ved tabellform. Automat har det høyeste energiforbruket, 12,5 prosent høyere enn manuell, uten at man tar hensyn til optimalisert kjøreteknikk. Dette kommer av at ved automat gis det fullt pådrag hele veien, og det gjøres ikke ved manuell kjøring.

DAS – driving advice system er et verktøy som befinner seg om bord i toget som gir anbefalinger til føreren om en mer energieffektiv kjøreteknikk. Dette systemet er prøvd ut i blant annet Tyskland, Nederland og Australia. Et slikt system er mulig å teste ut ved simulator for å se på kostnad/nytte ved et slikt verktøy.

Ved prestasjonsmåling er det viktig at dataene blir riktig analysert og at det kan forekomme feil ved selve innsamlingen av data. Energisparing i jernbane oppnås ved motivering og opplæring av personell innen energisparing og energieffektiv kjøring. Simulatoren vil her være et sentralt verktøy.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	1
1.1	OMFANG	1
1.2	PROBLEMSTILLING.....	1
1.3	MÅL OG AVGRENSING.....	1
1.4	OPPBYGGING	2
1.5	METODIKK.....	2
2	PRESTASJONSMÅLING	4
2.1	INNLEDNING	4
2.1.1	<i>Hvorfor prestasjonsmåle</i>	5
2.1.2	<i>Arbeid ved prestasjonsmåling</i>	7
2.1.3	<i>Utfordringer ved prestasjonsmåling</i>	8
2.1.4	<i>Feil ved prestasjonsmåling</i>	9
2.2	PRESTASJONSMÅLESYSTEM OG ETABLERING	9
2.2.1	<i>Prestasjonslikningen</i>	9
2.2.2	<i>Balanced scorecard</i>	10
2.2.3	<i>Etablere prestasjonsmålesystem</i>	11
2.2.4	<i>NSB sitt prestasjonsmålesystem</i>	13
2.3	PRESTASJONSMÅLING VED TOG/TRANSPORT	15
2.3.1	<i>Mest lovende energisparingsmetoder innen jernbane</i>	16
2.3.2	<i>Energiindikatorer</i>	17
2.3.3	<i>Eksempel Kvaavik's metode</i>	18
2.3.4	<i>Måling i jernbane med tanke på energi</i>	19
2.3.5	<i>Miljø</i>	20
2.4	OPPSUMMERING.....	20
3	SIMULERING OG SIMULATORANLEGG	21
3.1	SIMULATOR	21
3.1.1	<i>Prestasjonsmåling og simulering</i>	22
3.2	SIMULERING VS FULLSKALASIMULERING.....	23
3.3	SIMULATORANLEGGET SUNDLAND.....	24
3.3.1	<i>Simulatoranlegget</i>	24
3.3.2	<i>Oversikt</i>	24
3.4	FØREBORDSIMULATOR (MULTIFUNKSJONELL SIMULATOR).....	24
3.4.1	<i>Instruktørstasjon - førerbordsimulator</i>	25
3.5	FULLSKALASIMULATOR	26
3.5.1	<i>Instruktørstasjon - fullskalasilulator</i>	27
3.5.2	<i>Observatørstasjon</i>	27
3.6	SPS, SCENARIER	27
3.7	DATAADMINISTRASJONSSYSTEMET (DAS)	28
3.8	TBT (TRACK BUILDER TOOL)	30
3.9	SIMULATOR FUNKSJON OG OPPBYGGING.....	30
3.9.1	<i>Masse</i>	31
3.9.2	<i>Trekraft</i>	31
3.10	SCENARIOER FOR ENERGIBESPARENDE KJØRING.....	31
3.11	CORPRA.....	32
3.12	OPPSUMMERING.....	34
4	KJØRETEKNIKK OG ENERGIFORBRUK.....	35
4.1	BEDRE KJØRETEKNIKK.....	35
4.1.1	<i>Energibesparende kjøring</i>	35
4.1.2	<i>Erfaringer innen energieffektiv kjøring</i>	38
4.1.3	<i>Hva påvirker energiforbruket på tog</i>	39
4.2	TESTKJØRING OG BRUK AV CORPRA.....	40
4.2.1	<i>Multipel togsett</i>	40
4.2.2	<i>Enkelttogsett</i>	44
4.2.3	<i>Massens innvirkning</i>	47
4.2.4	<i>Sammenligning simulerte og faktiske målinger</i>	47

4.3	DISKUSJON	48
4.3.1	<i>Rammeverk</i>	49
4.4	OPPSUMMERING.....	49
5	FREMTIDIGE METODER OG FORBEDRINGER.....	50
5.1	DAS – DRIVING ADVICE SYSTEM.....	50
5.2	SOFTWAREFORBEDRINGER CORPRA	52
5.2.1	<i>Bildebehandling</i>	52
5.2.2	<i>Helningsgraf</i>	53
5.2.3	<i>Help funksjon</i>	53
5.2.4	<i>Momentanverdier</i>	53
5.3	OPPSUMMERING.....	53
6	KONKLUSJON	54
	REFERANSER.....	56
	VEDLEGG.....	I
A.	EOR	II
B.	GRAFER	XXVII
C.	FORSTUDIERAPPORT	XXXIII
D.	STATUSRAPPORT	LI

Figurliste

FIGUR 1 RAPPORTENS OPPBYGGING.....	2
FIGUR 2 EN HELHETLIG MODELL FOR PRESTASJONSLEDELSE (ANDERSEN OG FAGERHAUG, 2002)	5
FIGUR 3 REAKTIVE MÅLINGER (ANDERSEN OG FAGERHAUG, 2002)	6
FIGUR 4 PRESTASJONSLIKNINGEN (AUNE, 2000 - ETTER SINK OG TUTTLE 1989)	10
FIGUR 5 TRINN FOR Å ETABLERE ET PRESTASJONSMÅLESYSTEM (ANDERSEN OG FAGERHAUG, 2002).....	12
FIGUR 6 FORBEDRINGSTRAPPEN, KVAAVIK (2004).....	14
FIGUR 7 RAMMEVERK FOR TRANSPORTPRESTASJON KONSEPT (BERTINI, 2003).....	16
FIGUR 8 STYRINGSDIAGRAM FOR 84 AUTOMATIKK (NAG, 2005)	19
FIGUR 9 STYRINGSDIAGRAM FOR 84 MANUELL (NAG, 2005)	19
FIGUR 10 BASISELEMENTENE I EN TOGSIMULERINGSMODEL (LUKASZEWICH, 2001)	23
FIGUR 11 MULTIFUNKSJONELL SIMULATOR.....	25
FIGUR 12 SKJERMBILDE	25
FIGUR 13 FULLSKALASIMULATOR	26
FIGUR 14 FØRERBORD FULLSKALASIMULATOR.....	27
FIGUR 15 SKJERMBILDE AV CORPRA.....	33
FIGUR 16 FORHOLDET TREKKRAFT OG KJØRETID (DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 2005).....	36
FIGUR 17 FORSKJELLIG KJØRETEKNIKK (INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS, 2003)	37
FIGUR 18 HVA PÅVIRKER ENERGIFORBRUKET	39
FIGUR 19 SAMMENLIGNING MELLOM AUTOMAT OG MANUELL KJØRING (STIPLET=MANUELL, HELTRUKKET=AUTOMAT)	41
FIGUR 20 ENERGIRESERVANDE KJØRING OG AUTO (HELTRUKKET=EB, STIPLET=AUTO)	43
FIGUR 21 SAMMENLIGNINGEN MELLOM KJØRING 3 OG 1 I MANUELL (3=HELTRUKKET, 1=STIPLET)	45
FIGUR 22 SAMMENLIGNING KJØRING 4, AUTOMAT OG MANUELL (AUTOMAT=STIPLET, MANUELL=HELTRUKKET) .	46
FIGUR 23 FORHOLD MELLOM MENNESKE, TEKNOLOGI, MARKED OG YTRE FAKTORER	49
FIGUR 24 KILDE: TUDELFT (DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY)	50
FIGUR 25 DB SIMULATORUTSKRIFT	52

Tabelliste

TABELL 1 HVORFOR MÅLE PRESTASJON, BEHN (2003)	6
TABELL 2 SYSTEMATIKK OG METODER, KVAAVIK (2004)	14
TABELL 3 DE 25 MEST LOVENDE MULIGHETENE INNEN ENERGISPARING I JERNBANE (NIELSEN, ESSEN, BOER, 2005)	17
TABELL 4 INDIKATORER, PHILLIPS, 2004.....	18
TABELL 5 HØYESTE OG LAVESTE MÅLINGER FORETATT PÅ SØRLANDSBANEN.....	20
TABELL 6 EOR DATAARK	29
TABELL 7 MASSE, TYPE 72	31
TABELL 8 MUTIPELL TOGSETT	40
TABELL 9 ENERGIFORBRUK UTEN TILBAKEFØRT ENERGI	44
TABELL 10 SAMMENLIGNING KJØRING 3 OG 1 MANUELL	45
TABELL 11 SAMMENLIGNING KJØRING 4, AUTOMAT OG MANUELL	46
TABELL 12 MASSENS INNVIRKNING.....	47

1 Innledning

1.1 Omfang

Denne oppgaven ble påbegynt 1.9.2005 og avsluttes 19.12.2005. Oppgavens omfang er 15 studiepoeng som tilsvarer 24 belastningstimer i uken. Det er også utarbeidet en forstudierapport, vedlegg C, og en fremdriftrapport pr. 24.10, vedlegg D.

1.2 Problemstilling

NSB arbeider med tiltak for direkte energibesparing, læring av hva som er effektiv energibruk og for hvordan framtidens tog kan utvikles. Et simulatorsenter er bygget for å lære lokførere primært mer om sikkerhet, men vil også bli brukt for å lære hva som kjennetegner energieffektiv kjøring.

Kjøreteknikken til lokfører vil være sentralt med hensyn på sparing av energi. NSB har som målsetting og spare ti prosent innen fremføring av tog. Ved hjelp av simulatoren og tilhørende analyseverktøy vil det være mulig å komme frem til hva som vil være den beste kjøreteknikken etter norske kjøreforhold. Måling og analyse av resultater fra simulatoren vil gi et bilde av hvordan og hvor mye energi som kan spares ved riktigere kjøreteknikk.

Oppgaven utarbeides i samarbeid med NSB.

1. Gjennomføre et litteraturstudium rundt temaet prestasjonsmåling og kjøresimulator. Et sammendrag av dette skal presenteres
2. Beskrive nåværende prestasjonsmåling av energiforbruk, reelt og/eller simulert
3. Vurdere fremtidige metoder for prestasjonsmåling av energiforbruk innen jernbane.

1.3 Mål og avgrensing

Denne prosjektoppgaven vil danne et grunnlag for et videre arbeid i masteroppgaven rundt energiforbruk og tog, ved bruk av simulator og problemstillinger knyttet til dette.

Oppgaven består også av en prosjektstyringsdel, da oppgaven skal gjennomføres som et prosjektarbeid. Målet for denne delen vil være å trekke erfaringer i forhold til prosjektarbeid og bruk av de verktøy som finnes innen prosjektstyring. Her vil det være viktig å overholde alle milepæler og tidsfrister som er identifisert gjennom forstudiet.

Prosjektoppgaven er delt i tre deloppgaver. I oppgave en er målsetningen å gi en innføring rundt temaet prestasjonsmåling og simulatorer med bakgrunn i et litteraturstudium. Ved simulatorstudiet vil det bli lagt vekt på selve simulatoranlegget som NSB har til rådighet.

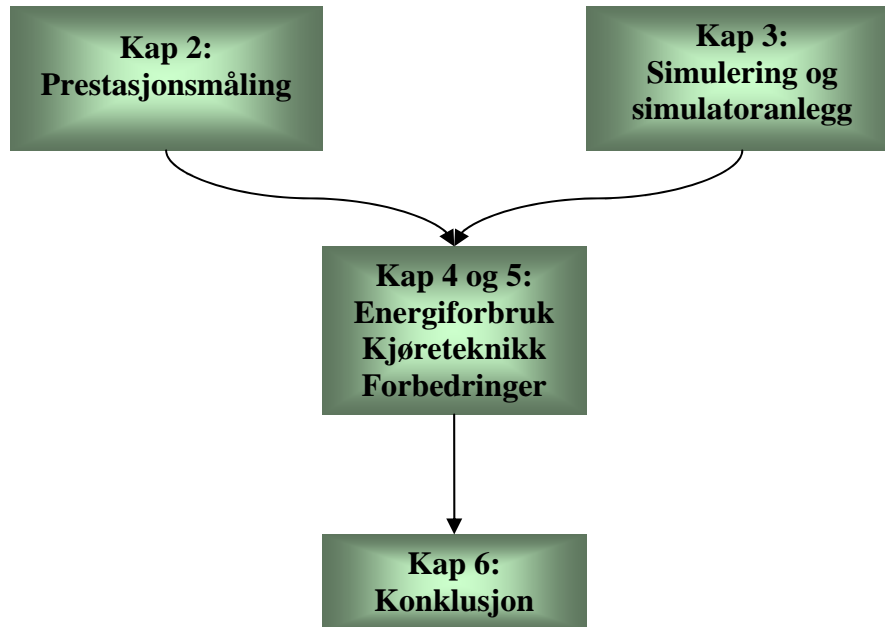
Etter samtaler med Hans Haugland ved NSB blir hovedvekt på oppgaven: ”prestasjonsmåling ved simulering”. Oppgave to av skal beskrive nåværende prestasjonsmåling av energiforbruket, og da med vekt på simulering. Her vil målet være å gi en oversikt over simulatoranlegget til NSB og hvordan det brukes i dag med tanke på energiforbruk. Kjøreteknikk og analyse av simulatorresultater vil her være sentralt.

Siste del av oppgaven henger sammen med oppgave to, men det skal det vurderes noen fremtidige metoder for prestasjonsmåling innen bruk av simulatoren. Målene her vil være å komme opp med nye verktøy og bedre bruk av simulatoren, enten ved forbedring av anlegget

eller investering av annet utstyr. Denne oppgaven vil få et mindre omfang enn de to foregående oppgavene.

1.4 Oppbygging

Oppgaven er delt inn i tre med tilhørende konklusjon.



Figur 1 Rapportens oppbygging

En skjematisk illustrasjon av rapporten er vist i Figur 1 Rapportens oppbygging.

Litteraturstudiet rundt prestasjonsmåling og simulator vil danne et grunnlag for oppgaven. Denne delen vil basere seg på litteratur, fagmiljøer, artikler og besøk ved simulatorsenteret på Sundland. Denne delen blir delt i to, kapittel 2 ”prestasjonsmåling” og kapittel 3 ”simulering og simulatoranlegg”.

Disse bunner ut i en ny tredje del ved kapittel 4 om energiforbruk kjøreteknikk og kapittel 5 om fremtidige metoder og forbedringer. Energibesparende kjøring er noe som ikke har vært prioritert ved NSB tidligere, og simuleringsanlegget kom først i drift på sensommeren 2005. Erfaringer ved bruken av dette er da noe begrenset, men noen analyser og bruk av simulatoren vil bli belyst. Noen anbefalinger om verktøy og forbedringer som kan gjøres på selve simulatoren og dens applikasjoner blir sett på i slutten av denne delen. Her vil det blitt tatt utgangspunkt i hvordan andre aktører bruker sine simulatoranlegg og om dette kan være aktuelt for NSB i fremtiden.

1.5 Metodikk

Metoder som blir brukt på oppgaven vil være kvalitative og kvantitative. Ved kvalitative metoder vil det være forståelse og tolkning av litteratur som står i forgrunnen, mens ved kvantitativ metode omformes tall og data til mengdestørrelser. Det vil i hovedsak være tre metoder for innsamling av informasjon i denne oppgaven:

1. Søk etter litteratur og annen informasjon
2. Intervjuer og samtaler
3. Observasjon og praktisering.

Søk etter litteratur og informasjon vil i hovedsak foregå gjennom tre kilder: 1: NTNUs ressurser representert ved bibliotek, databaser for artikler, tidsskrifter etc., 2: fagmiljø ved SINTEF og NTNU, 3: NSB og deres ressurser.

Eventuelle intervjuer og samtaler kommer i hovedsak til å fokusere på nøkkelpersoner i fagmiljøene ved NSB og simulatorsenteret.

Observasjon og praktisering vil foregå ved simulatorsenteret til NSB, hvor innsyn i simulator og dens applikasjoner gir informasjon om dens oppbygging og funksjon. Bruk av analyseverktøy, kjøring og observasjon av simulator vil her være essensielt.

2 Prestasjonsmåling

I denne delen ses det på prestasjonsmåling. De første avsnittene diskuterer hvorfor man bør prestasjonsmåle og risikoer innen dette. Videre blir det tatt for seg ulike former for prestasjonsmåling i en *generell organisasjon* og hvordan et slikt system etableres. Driftsavdelingen til NSB har et eget system for måling og forbedringsarbeid, som egner seg til måling ned på operativt nivå. Dette systemet blir belyst. Deretter utdypes prestasjonsmåling innen tog/transport, hvor det videre går mer spesifikt inn mot jernbane og energisparing. I dette avsnittet ses det på et eksempel på hvordan driftsavdelingen hos NSB bruker sitt system opp mot måling av energiforbruk reelt.

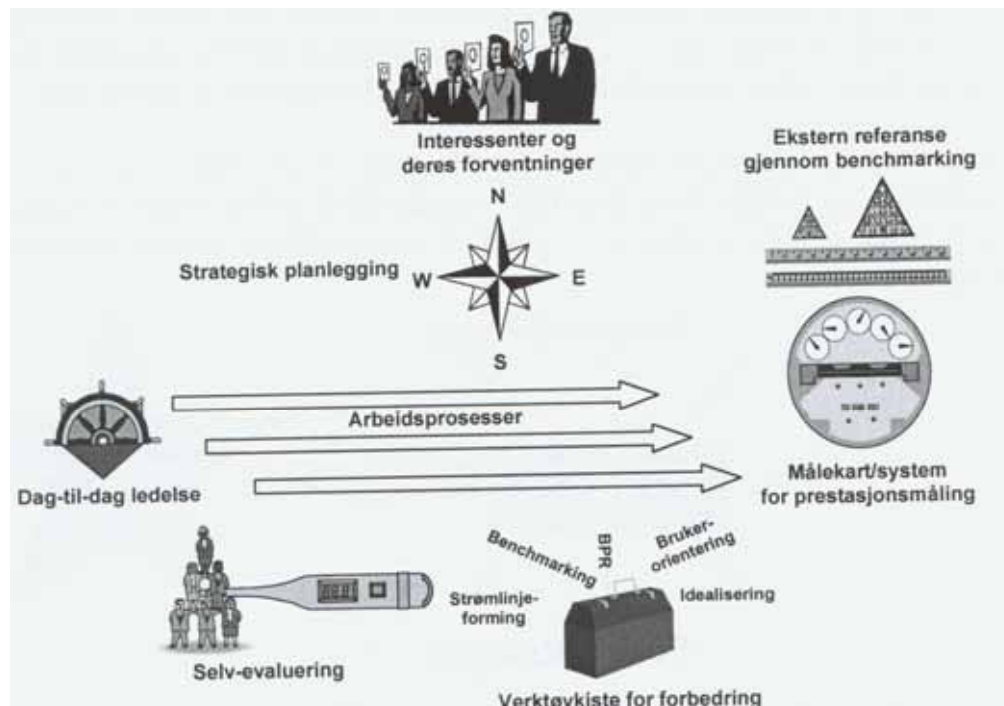
2.1 Innledning

All beslutningstaking er avhengig av informasjon om status og utvikling over tid. Måling er en viktig del av dette, fordi den kan gi informasjon om hvor godt en prosess utføres og hvor gode resultatene fra prosessen er. Aune (2000) definerer måling som

Tilordning av tall til objekter og hendelser etter fastsatte regler

Aune (2000) nevner to målestørrelser; myke og harde. De harde er rene tekniske målinger, som for eksempel energiforbruk på tog og kostnader. De myke, mindre tekniske, som trivsel og lojalitet. Han mener videre at det kan deles inn i fysiske og ikke fysiske målinger. Fysiske målinger referer til konkrete objekter og resultater fra eksperimenter, de andre til subjektive egenskaper, klassifisering o.a.

Andersen og Fagerhaug (2002) nevner som et av de viktigste hovedpunktene for prestasjonsmåling er å gi tilbakemeldinger til ansatte og ledelse hvor godt man utfører arbeidsoppgaven. Tilbakemeldinger gir mange positive effekter som for eksempel bedre motivasjon og initiativ til bedre arbeid. Mennesker generelt kan være skeptiske til å bli målt med bakgrunn av sine prestasjoner. Her er det viktig å finne en god balanse å bruke målingene riktig slik at ledere og ansatte ikke føler seg overvåket i det arbeidet som skal utføres. Men det finnes ikke tvil om at skal det oppnås prestasjonsforbedringer må det måles for så å gi tilbakemeldinger. For å ta en sammenligning i forhold til idrettsverden, hvor en idrettsutøver neppe kunne blitt mye bedre hvis han ikke allerede visste hvor god han var.



Figur 2 En helhetlig modell for prestasjonsledelse (Andersen og Fagerhaug, 2002)

Figur 2 En helhetlig modell for prestasjonsledelse (Andersen og Fagerhaug, 2002) viser at en virksomhet har mange interessenter, med felles målsetninger, men også motstridende. Den inneholder tre ulike ledelses roller: strategisk planlegging, dag til dag ledelse og forbedring. Det er viktig at organisasjonens arbeidsprosesser er i samsvar med de overordnede føringene lagt igjennom den strategiske planleggingen. For å styre arbeidsprosessene har virksomheten en dag til dag ledelse. Her er det viktig at det gis tilbakemeldinger på hvilke retning man beveger seg. Her kommer prestasjonsmålingene. Når man har disse målingene gjøres en selvevaluering, eller en sammenligning med selv eller andre ved bruk av benchmarking. Videre vil kjennskap til forbedringsverktøy være viktig for å analysere og forbedre de ulike prosessene.

2.1.1 Hvorfor prestasjonsmål

James Harrington(1991):

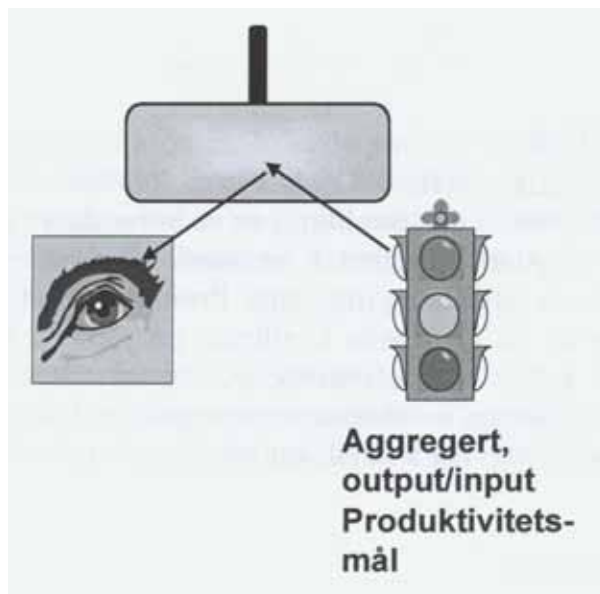
Hvis det ikke kan måles, kan det ikke kontrolleres.

Kan det ikke kontrolleres, kan det ikke styres.

Kan det ikke styres, kan det ikke forbedres.

Andersen (2002) nevner ulike forhold på hvorfor man bør prestasjonsmål. Prestasjonsmåling skaffer generell informasjon som kan utnyttes på alle nivåer i en organisasjon, både hos ledelsen og de som jobber i produksjonen. Den kan brukes som et instrumentpanel ved å se fremover, istedenfor å se på hva som har hendt tidligere. En tidlig indikasjon på hvordan tingenes tilstand er, er viktig for kontinuerlig å vite hvor godt eller dårlig man gjør det slik at det kan jobbes med forbedring. Som et eksempel kan man se på det å kjøre en bil. Det vil være vanskelig å kjøre bilen ved å bruke sladrespeilet da det må kunne ses fremover, og vite når neste sving kommer, vite hvor bilen ligger på veien og hvilke fart den har. I en organisasjon er det typisk å se på de finansielle resultatene for å måle resultat. Det kan kalles en reaktiv måling, måle det som allerede hadde skjedd. Her kan det allerede være for sent. Illustrert i Figur 3 Reaktive målinger (Andersen og Fagerhaug, 2002). Kommer resultatet med

minus kan bilen allerede være i grøften. Da er det viktig å måle tidlig i prosessen slik at man kan få et klarere bilde av hva som er i ferd med å skje.



Figur 3 Reaktive målinger (Andersen og Fagerhaug, 2002)

Behn (2003) har satt opp en tabell, Tabell 1 Hvorfor måle prestasjon, og spørsmål som prestasjonsmålinger kan hjelpe å gi svar på.

Tabell 1 Hvorfor måle prestasjon, Behn (2003)

Grunn til å måle prestasjon:	Spørsmål som prestasjonsmålinger kan hjelpe å gi svaret på:
Evaluering	Hvor godt presterer organisasjonen?
Kontroll	Hvordan sikres at arbeidere gjør riktige ting?
Budsjett	Hvilke prosjekt eller program skal det investeres i?
Motivasjon	Hvordan kan arbeidsstokken og andre interessenter motiveres til å forbedre prestasjonene?
Fremme organisasjonen	Hvordan overbevises styret, ledelsen og andre interessenter at organisasjonen gjør en god jobb?
Feire	Hvilke prestasjoner fortjener å bli feiret for sin suksess?
Lære	Hvorfor virker, eller virker ikke, hva?
Forbedre	Hva skal hvem gjøre for å forbedre prestasjonene?

Disse punktene er mye av de samme som Andersen og Fagerhaug (2002) har satt opp som sine kriterier:

Som tidligere nevnt har prestasjonsmåling en evne til å endre atferd til enkeltmennesker, grupper, eller hele organisasjonen. Denne nyttegjøringen må utnyttes når man utvikler et prestasjonsmålesystem. Et eksempel på dette: NSB er i ferd med å finne ut hvor mye energi man bruker på å kjøre tog. I den sammenheng valgte de å måle energiforbruket på sørlandsbanen i første omgang. Lokførerne fikk selv ansvar for å logge forbruket på strekningen. Det tok ikke langt tid før det ble en intern konkurranse, både med seg selv og andre, om hvem som fikk det laveste forbruket (Nag, 2005). Det at forbruket ble logget, fikk det ned på papiret, gjorde at atferden ble endret og man tenkte over sine handlinger.

Målingsresultatene kan også brukes for å se trend over tid. Ved kontinuerlige målinger fås det enorme mengder med data som kan brukes til nytte/effekt analyser. Lagre historiske data kan også bidra sterkt analytisk da det gir en bredere innsikt over hva som har blitt gjort slik at det kan dras nyttige erfaringer fra disse. Blir det for eksempel oppdaget en sammenheng mellom eldre og nye målinger kan dette bidra til å forsterke signalene om det gjøres rett eller galt.

En organisasjon jobber vanligvis med kontinuerlig forbedring. Systematisert prestasjonsmåling med trendanalyser skaper en solid grunnmur om hvor forbedringer bør gjøres. Når et forbedringsprosjekt er utført, kan prestasjonsmåling brukes til å evaluere om prosjektet har nådd sitt mål. Å kunne dokumentere operasjonelle prestasjons forbedringer vil være bedre enn å dokumentere at man har holdt seg innenfor budsjettgrensene.

Det har blitt mer og mer vanlig at det stilles dokumentasjonskrav på hvor godt det gjøres innen en virksomhet, enten det er til myndigheter, kunder eller partnere. Her vil måling være essensielt for å imøtekomme de krav som stilles. Dette kan også brukes aktivt i markedsføring. Hvis presisjon, kvalitet, leveringstid osv. er god, kan dette overbevise potensiell kunde til å velge ditt produkt.

Bonus kan bli forbundet med prestasjonsmåling. Gode ferdigheter belønnes. Et eksempel er fra Håg hvor de hadde en leveringsdyktighet på rundt 80 prosent. De ville ha en leveringsdyktighet på over 90 prosent innen året var omme. For hvert prosentpoeng de kom over 90 prosent fikk tilsvarende prosent av de ansatte en tur til fotball VM i USA og Norge sine kamper. Rett etter nyåret lå leveringsdyktigheten på 98 prosent!

Prestasjonsmåling gir et meget bra sammenligningsgrunnlag både for seg selv og i forhold til andre. Den kan brukes som en basis i benchmarking studier til å sammenligne seg med andre organisasjoner og konkurrenter.

Kort oppsummering av hvorfor man skal prestasjonsmåle: instrumentpanel som viser veien og hvor godt man gjør det, tidlig varsling, forandre atferd, trendanalyser, kontinuerlig forbedring, dokumentasjon og markedsføring, bonusordninger og sammenligningsgrunnlag.

2.1.2 Arbeid ved prestasjonsmåling

Browne, Devlin, Rolstadås og Andersen (1997) har satt opp en rekke definisjoner som vil være nyttig å ta med seg i arbeidet med prestasjonsmåling:

- Et *prestasjonsmål* er en beskrivelse på noe som kan måles (eksempelvis antall bearbeidinger per dag)
- En *prestasjonsindikator* er en beskrivelse av noe som er beregnet ut fra prestasjonsmål (eksempelvis prosentdel av bearbeidinger per dag per ansatt)

- *Prestasjonsmåledata* er verdier eller resultat for prestasjonsmål og –indikatorer (eksempelvis antall bearbeidinger per dag = 36 eller prosentdel av bearbeidinger per dag per ansatt = 2,4 %)
- En *prestasjonsmålinnsmodell* er et komplett sett prestasjonsmål og – indikatorer utledet i samsvar med et sett av regler eller retningslinjer i prestasjonsmålingsmodellen.

2.1.3 utfordringer ved prestasjonsmåling

Prestasjonsmåling trenger ikke være fri for problemer. Innsamling av data er ikke problemfritt da det kan oppstå komplikasjoner i selve innsamlingsfasen. Effekten ved bruken og evalueringen av dataen kan slå ut både i negativ og positiv retning. Andersen (2002) nevner noen risikoer ved prestasjonsmåling:

Den mest uheldige kombinasjonen er måling på enkeltpersoner, hvor de blir brukt til å gi negative tilbakemeldinger eller en eller annen form for straff. Prestasjonsmåling direkte ned til enkeltpersoner bør unngås, da enkeltpersonen kan føle seg overvåket til å jobbe hardere som igjen kan føre til et press slik at jobben faktisk blir gjort dårligere. Men det finnes også unntak hvor det må måles ned på enkeltpersoner, men her må man være ytterst forsiktig. For eksempel en prosess eller arbeidsoppgave som kontrolleres av kun en person (f. eks lokførere på tog) kan måles ned til enkeltperson, men med forbehold.

Noen mennesker gir alt for å oppnå gode resultater for sin organisasjon. Disse er som regel en enorm ressurs for hvilke som helst bedrift, men det finnes eksempler på at prestasjonsmåling kan føre til utbrenthet og overstimulering for å nå best mulig resultat til enhver tid. Dette kan både gå utover den enkeltpersonen det gjelder og arbeidsoppgaven som skal gjennomføres da denne personen higer etter det beste resultatet uansett omstendighet.

I starten kan mange være negative å føle seg truet til et prestasjonsmålingssystem. Et slikt system kommer oftest fra ledelsen og kan bli tatt i mot med blandede følelser av arbeiderne. Et problem i denne sammenheng er at man blir veldig flinke til å finne unnskyldinger på hvorfor målingene er lave, og ikke hvordan det kan gjøres for å forbedre disse. Her er det viktig med tillitt slik at arbeiderne blir bevisst på at målingene kan bli brukt til forbedringer. Typisk utfall i en slik situasjon er at det er en mistillit til målingene når de er dårlige og tiltro når de er gode.

Et prestasjonsmålingssystem har et mål for hva det skal oppnås av resultater, enten det gjelder en prosess, aktivitet eller på individuelle personer. Problemet med dette målet er at den fort kan bli et tak for hvor godt man skal gjøre det, og kan hindre for videre forbedringsarbeid. Når dette målet er nådd, slappes det av og videre forbedringsarbeid glemmes. Her vil det være viktig å legge målet høyt, men innen rekkevidde, og være bevisst på at når målet er nådd, skal det jobbes videre med å bli enda bedre. For NSB sin del vil målet med 10 prosent energibesparelse på energiforbruk være et realistisk mål, men når de har nådd dette målet må de være flinke til å følge opp og sette nye mål for å bli enda bedre.

Måles det fra dag til dag blir kontinuerlig tilbakemeldinger på hvordan man utfører arbeidsoppgavene en vane. Hvis målingene stopper, eller det gjøres andre oppgaver som ikke blir målt, kan det oppstå et hulrom hvor det forventes tilbakemeldinger, men ikke får det. Dette er ingen hovedproblem, men verdt å legge merke til da arbeidsoppgavene som skal bli gjort ikke lenger holder like høyt nivå som når de blir målt. En lokfører som blir målt på energiforbruket på en strekning må være bevisst på sine arbeidsoppgaver for å oppnå et minst mulig energiforbruk. Går denne lokføreren over til en annen strekning som ikke blir målt, vil

det være viktig for han å tenke igjennom de riktige tingene han skal gjøre selv om det ikke kommer noe visuelt resultat om han har gjort det bra eller dårlig.

2.1.4 Feil ved prestasjonsmåling

Det er ikke å unngå at prestasjonsmålingen kan være feil. Ved hurtige avgjørelser om målinger og ikke nok grunnarbeid, kan målingene være feil og gi en ukorrekt retning i forhold til det som var meningen.

Det er viktig å grave seg dypt ned og definere hva som faktisk skal måles, og se på troverdigheten og påliteligheten til hva og hvordan det skal måles. Det må gåes i dybden å gjøre en god forundersøkelse før målingene begynner. Hos NSB, hvor de skal måle ved simulering, er det viktig å finne ut om målingene faktisk holder mål i forhold til det virkelige liv. Det vil være uheldig å gjøre målinger på simulatoren, få noen resultater, sette det ut i live og det viser seg at simuleringen ikke er i den retning man ønsket.

2.2 Prestasjonsmålesystem og etablering

Tanken bak prestasjonsmåling i en organisasjon er å skape et ”instrumentpanel” for å navigere organisasjonen i riktig retning. Videre i kapitel to skal det ses på ulike prestasjonsmålesystem og etablering av disse.

De første som tenkte i den retning var Sink og Tuttle med sin prestasjonslikning (Aune, 2000). Balanced Scorecard er av de mest kjente verktøy innen organisatorisk prestasjonsmåling, men det nok riktigere å betegne modellen som et verktøy for strategisk utvikling og styring enn en ren modell for prestasjonsmåling (Kaplan og Norton, 1996). Ved etablering av et prestasjonsmålesystem er det blitt valgt å se på Andersen og Fagerhaug’s metode (Andersen og Fagerhaug, 2002), og Thor sine ti steg for etablering av et prestasjonsmålesystem i en organisasjon (Thor, 1993).

Prestasjonsmåling kan ses på i flere nivå, hvorav disse metodene er det øverste nivå med måling av en organisasjon som en helhet. De samme grunnprinsippene kan brukes nedover i organisasjonen, hvor måling kan foregå helt ned på operativt nivå. I denne oppgaven vil fokus være operativt nivå, med spesiell fokus på lokførers kjøreteknikk oppimot energiforbruk. NSB har i driftavdelingen etablert et system for å måle på operativt nivå utarbeidet av Kvaavik, som bunner ut i grunnprinsippene fra TQM (Total Quality Management).

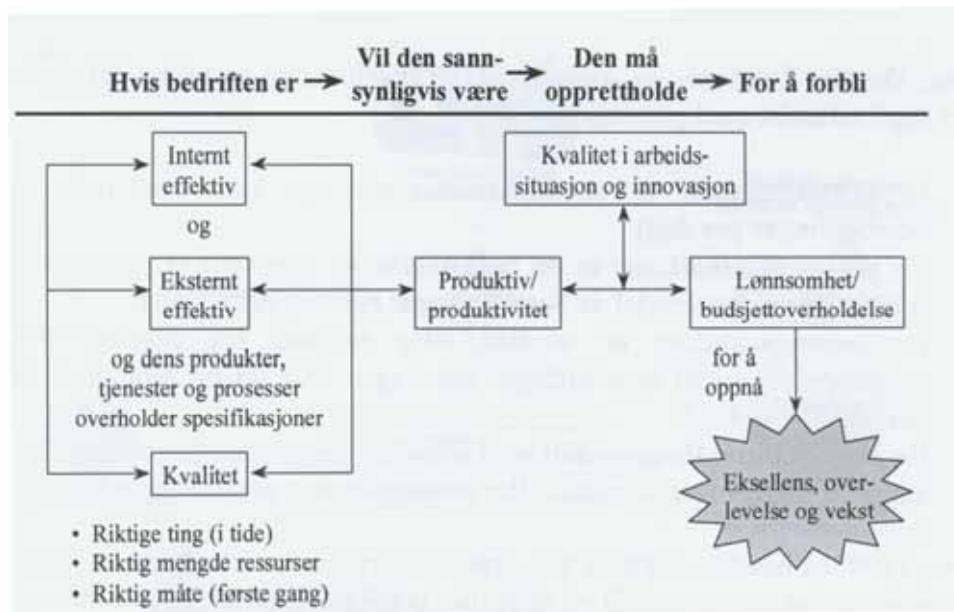
2.2.1 Prestasjonslikningen

Sink og Tuttle var en av de første som presenterte prestasjonsmåling i form av syv prestasjonskriterier og en prestasjonslikning. Modellen oppgir at prestasjonen til en organisasjon er kompleks sammenheng mellom syv kriterier:

1. Ekstern effektivitet – vil si å gjøre de rette tingene på de rette tidspunktene, med rett kvalitet etc.
2. Intern effektivitet, det vil si hvor effektiv transformasjonsprosessen er
3. Kvalitet, som her er definert i vid forstand. Sink og Tuttle måler dette på seks sjekkpunkter
4. Produktivitet, dette er den tradisjonelle output over input, men opptrer som en av mange kriterier
5. Kvalitet i arbeidssituasjonen, et viktig, men ofte glemt element som bidrar til et godt fungerende system
6. Innovasjon, et nøkkelement i å opprettholde og forbedre prestasjon

7. Lønnsomhet/budsjettveholdelse, det ultimale målet for enhver organisasjon.

Figur 4 Prestasjonslikningen (Aune, 2000 - etter Sink og Tuttle 1989) viser relasjon mellom de syv kriteriene. Man bør deretter utvikle et antall indikatorer for hver dimensjon.



Figur 4 Prestasjonslikningen (Aune, 2000 - etter Sink og Tuttle 1989)

2.2.2 Balanced scorecard

Prestasjonsmåling har i lang tid blitt studert på et operasjonelt nivå i organisasjoner, spesielt innen produksjonsindustrien (Maskell, 1989). Blant de mest innflytelsesrike rammeverk innen organisatorisk prestasjonsmåling er Balanced Scorecard (Kaplan/Norton, 1996), og "Malcolm Baldrige Criteria for Performance Excellence" (USA, spesielt innen helse og skole).

Balanced scorecard ble utviklet på bakgrunn av at den tradisjonelle prestasjonsmåling, som har fokusert på typisk ekstern regnskapsdata, var foreldet og det var behov for noe nytt som kunne gi organisasjoner effektive planleggingsverktøy. Til dette formål introduserte Kaplan/Norton fire ulike perspektiver, hvorfra en virksomhets aktiviteter kan evalueres:

- Finansielt perspektiv: måler resultater opp mot aksjonærer som lønnsomhet, utbytte, inntjent verdi, tilført verdi og verdi for aksjonærene
- Prosessperspektiv: fokus på prestasjonsprosesser som skal gi suksess som kvalitetsnivå, produktivitet og kostnader
- Kundeperspektiv: fokus på kundekrav og tilfredsstillelse. Dette innebærer service og vurderinger av tilfredsstillelse ut til kunden
- Lærings- og innovasjonsperspektiv: fremtidig suksess med hensyn på forbedringer og forandring. Her kan man måle arbeidstilfredshet, marked og kompetanse utvikling.

Balanced Scorecard omsetter strategi til handling. Det tar utgangspunkt i virksomhetens visjon og strategi, og herfra defineres kritiske suksessfaktorer. Måltall defineres for å støtte målsetting og prestasjoner i områder som er viktige for strategien. Balanced Scorecard er derfor et målesystem utledet av visjon og strategi, og avspeiler de viktigste aspekter i en virksomhet.

The Malcolm Baldrige Criteria gir et lignende rammeverk som Balanced Scorecard men her blir det delt inn i fem kategorier:

- Kunde
- Finans og marked
- Personalressurser
- Forsyning og samarbeidspartnere
- Organisatorisk effektivitet

Evans, 2004, mener forskjellen mellom Kaplan-Norton og Baldrige er et spørsmål om semantikk; i begge modellene fokuseres det på måltall som beskriver organisatoriske prestasjoner. Hvilke av disse som blir brukt er da likegyldig.

2.2.3 Etablere prestasjonsmålesystem

Thor (1993) har satt opp ti regler for etablering av et prestasjonsmålesystem i en generell organisasjon. De seks første er hvordan man bør planlegge systemet, mens de fire siste omhandler hvordan man bør etablere og administrere et målesystem.

Regler for planlegge et målesystem:

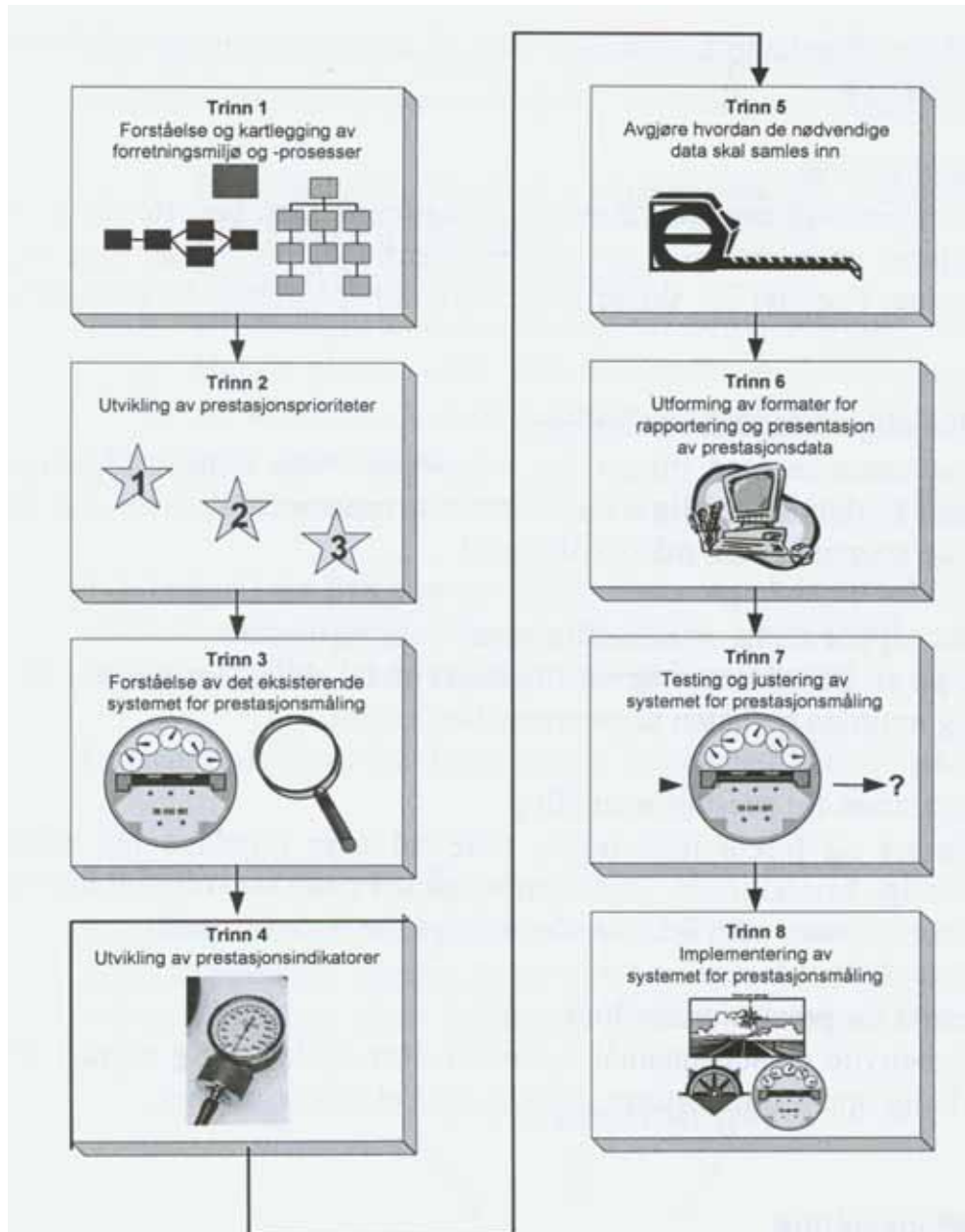
1. Gjøre helt klart formålet med målingene; målinger blir gjort for å forbedre, ikke bare for å ha masse data liggende. Tilbakemeldinger av prestasjon er avgjørende for hvilke og hva som skal måles, ved å kartlegge sin egen organisasjon.
2. Velge en passende balanse mellom individuell og gruppemålinger; dagens arbeid foregår mye i gruppearbeid. Her er det viktig å måle både hele gruppen som en enhet, men også kunne finne rom for individuelle målinger innenfor gruppen.
3. Måle alle nøkkelementene av prestasjon som produktivitet, kvalitet, tid, kreativitet med flere. En gruppe med målinger; unngå å måle kun en ting. Organisasjoner trenger en generell strategisk måling, men også mer lokale målinger som berører direkte de som gjør jobben.
4. Vær sikker på at målingene tilstrekkelig reflekterer kundens synspunkt – internt eller eksternt; målinger internt er enklere enn målinger eksternt. Kundens behov må til enhver tid være tilfreds.
5. Vær forsiktig ved benchmarking; organisasjoner er veldig ulike, og man må ikke se seg blind på andres prestasjonsmålinger i forhold til seg selv til enhver tid, i hvert fall ikke på detaljnivå.
6. Gi tid til langtekkelig tekniske justeringer; målinger blir gjort og man vil så fort som mulig gjøre forbedringer. Ved tekniske justeringer kan det lønne seg og ikke ta de store justeringer før det blir gjort nøye overveielser og vurderinger. Løsningen kan være enklere enn man trur.

Regler for etablere og administrere et målsystem:

7. Utvikle systemet så deltakende som mulig; alle i organisasjonen bør være bevisst og opplært i hva de ulike målingene innebærer, og ikke innebærer. Dette øker forståelsen for hvorfor man måler.
8. Bruk tilgjengelig data som allerede finnes; organisasjoner har allerede data liggende, som kan være et godt utgangspunkt for et begynnende målesystem.
9. Strategier endres, det gjør også målingene; målingene skal reflektere hovedforbedringer som er forventet i en organisasjon. Disse kan endres over tid, da må også målingene rettes deretter.

10. Prestasjonsforbedringer er en langsiktig prosess som trenger tålmodighet fra ledelsen; det må ikke tas forhastede beslutninger på bakgrunn av målinger. Thor (1993) mener at ved å følge disse ti reglene kan man utvikle (eller utvide) et effektivt prestasjonsmålesystem uten de store ekstrakostnadene.

Andersen og Fagerhaug har satt opp åtte trinn og arbeidsform for å etablere et prestasjonsmålesystem.



Figur 5 Trinn for å etablere et prestasjonsmålesystem (Andersen og Fagerhaug, 2002)

De åtte trinnene er:

1. *Forståelse og kartlegging av forretningsmiljø- og prosesser.* Dette er det første trinn i etablering av prestasjonsmålesystem. Ofte ser man at virksomheten vurderer dette som unødvendig, da man mener å kjenne egen virksomhet. Erfaring tilsier imidlertid at det

- er nødvendig å foreta en kartlegging av forretningsmiljø- og prosesser. Dette gir et godt grunnlag for de etterfølgende trinnene.
2. *Utvikling av prestasjonskriterier.* Prestasjonsmålesystem skal understøtte virksomhetens langsiktige mål. I dette trinnet utvikler man prestasjonsprioriteringer basert på virksomhetens langsiktige målsetninger (basert på visjon og forretningside). Dette er viktig for å innrette prestasjonsmålesystemet på en hensiktsmessig måte.
 3. *Forståelse av eksisterende system for prestasjonsmåling.* Alle virksomheter har en eller annen form for prestasjonsmålesystem, selv om man ikke nødvendigvis kaller systemet for det. Basert på denne antagelsen er det to fremgangsmåter: enten kan man bygge på det eksisterende systemet eller spør kan man eliminere det gamle systemet og begynne helt på nytt.
 4. *Utvikling av prestasjonsindikatorer.* Det viktigste elementet i et prestasjonsmålesystem er indikatorene man benytter ved måling. I dette trinnet benyttes gjerne en interaksjon mellom en ovenfra-og-ned-tilnærming og en nedenfra-og-opp-tilnærming. Her er det viktig med relevante og presis indikatorer.
 5. *Avgjøre hvordan de nødvendige data skal samles inn.* Dette trinnet henger nøye sammen med trinnet før. Finnes det man trenger tilgjengelig digitalt? I hvilke systemer? Er det nødvendig å samle inn data manuelt? Hvordan skal dette gjøres? Her er en rekke spørsmål man må ta stilling til.
 6. *Utforming av formater for rapportering og presentasjon av prestasjonsdata.* Dataene må presenteres på en hensiktsmessig og illustrativ måte. Man bør vurdere hvem som får tilgang til hva, og hvordan helheten presenteres best mulig.
 7. *Testing og justering av systemet for prestasjonsmåling.* Her må man teste systemet og foreta justeringer. Ofte vil man oppdage feil eller at systemet gir uhenksommessige bivirkninger. Et eksempel på det siste kan være at individer endrer sin oppførsel på en måte som man ikke hadde tenkt på fordi de blir målt.
 8. *Implementering av systemet for prestasjonsmåling.* Her skal man begynne å benytte prestasjonsmålesystemet. Her er det viktig at man setter av nok tid og gir tilstrekkelig med opplæring. Informasjon er også et nøkkelord her.

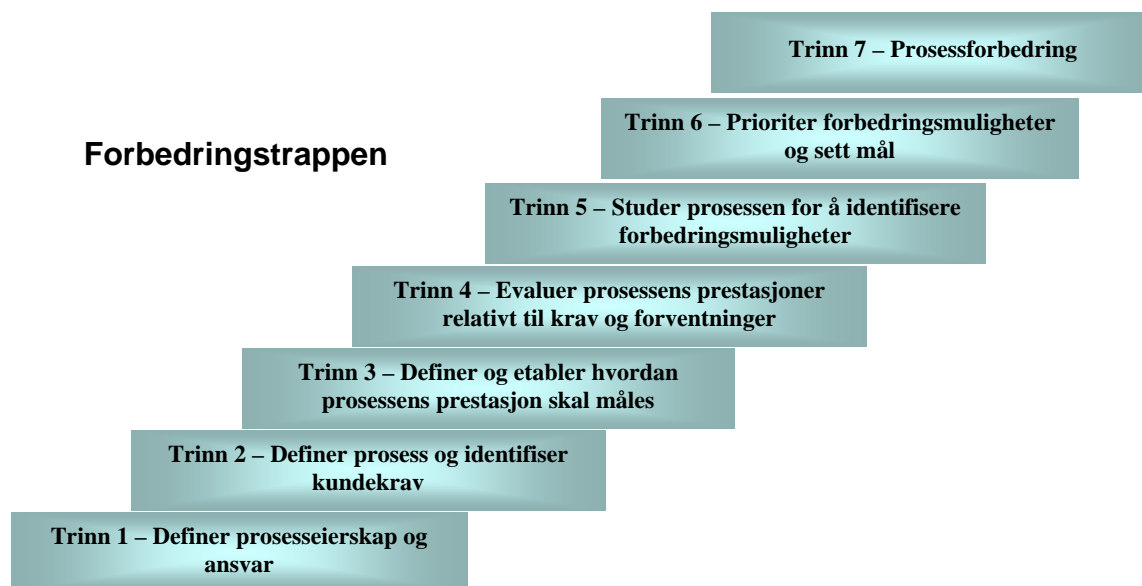
Disse to måtene for å etablere et prestasjonssystem er for generelle organisasjoner. De er forholdsvis like med mange av de samme punktene, men Andersen og Fagerhaug (2002) har en mer strukturert, kronologisk og oversiktlig punktliste for å etablere systemet. Det viktigste er at det finnes en plan for oppretting av et prestasjonsmålesystem. I neste kapittel ses det på hvordan NSB har opprettet sitt prestasjonsmålesystem.

2.2.4 NSB sitt prestasjonsmålesystem

NSB er en stor organisasjon og har tatt i bruk flere prestasjonsmålesystemer, blant annet Balanced Scorecard. Driftsavdelingen har fått hjelp av en konsulent ved navn Birger Kvaavik til å hjelpe de med deres forbedringsarbeid. Som et eksempel på et prestasjonssystem faller det naturlig å se på dette systemet, da det egner seg for operativ prestasjonsmåling direkte mot lokfører. Kvaavik mener at arbeid med forbedring forutsetter at virksomheten har definert hvilket eller hvilke resultater som skal forbedres og hvordan forbedringen skal følges opp. Resultatene defineres som (Kvaavik (2004)):

- Ekstra fornøyde kunder
- Ekstra fornøyde eiere – økonomiske resultater
- Ekstra motiverte arbeidere
- Samfunnets tillit.

Kvaavik (2004) mener at arbeidet med forbedre og måle prosesser kan defineres i syv trinn, men ikke nødvendig å gå gjennom hvert trinn i alle forbedringsprosjekt da det kan velges metoder ut fra den aktuelle situasjonen.



Figur 6 Forbedringstrappen, Kvaavik (2004)

Figur 6 Forbedringstrappen, Kvaavik (2004) viser hvordan forbedringsarbeidet kan deles inn i syv trinn. Tabell 2 Systematikk og metoder, Kvaavik (2004) framstiller et antall mulige formål, aktiviteter og metoder som kan brukes i forbedringsarbeidet.

Tabell 2 Systematikk og metoder, Kvaavik (2004)

Trinn	Formål	Aktiviteter	Metoder
1	Identifisere prosesseier, dvs den personen som er ansvarlig for prosessens begynnelse til prosessens slutt. Identifiser ansvaret for alle som arbeider i arbeidsprosessen.	Gjennomgå kriteriene for valg av prosesseier. Etabler ansvar for prosessevaluering. Hvilket ansvar anser prosesseier og andre som arbeider i arbeidsprosessen at de har med hensyn til gjennomgang og evaluering av arbeidsprosessen.	Intervju
2	Forstå hvordan arbeidsprosessen fungerer ”som best” og hva som kreves av den.	Definer prosessens grensesnitt – input og output, kunder og leverandører, og eventuelle underprosesser. Analyser kundens behov og krav. Kommuniser prosessens egne krav til leverandøren.	Blokkdiagram Intervju Kunde/ Leverandør-undersøkelser
3	Bestem hva som må måles eller telles og følges opp for å møte krav og behov til produktets egenskaper og prosessens effektivitet.	Bestem hva som må måles/telles relativt til formålet. Iverksett målinger/tellinger og etabler system for tilbakemeldinger for kundetilfredshet. Identifiser hvilke resultater som vil påvirkes.	Intervju Idédugnad Kundeundersøkelser
4	Finn ut hvordan prosessen	Samle og analyser data. Identifiser	Styrings-

	møter krav og forventninger og hvordan leverandørene møter prosessens krav og forventninger	signaler og eliminer årsakene for å få en stabil prosess. Sammenlign resultatet av den stabile prosessen med krav og forventninger og identifiser kroniske problemområder.	diagram Intervju Undersøkelser Pareto- diagram Idédugnad Fiskeben - diagram Histogram
5	Identifiser prosessstilstander som påvirker resultatene. Identifiser forbedringsmuligheter.	Samle data om prosessproblemer. Identifiser mulige forbedringsområder for prosessen. Dokumenter mulige problemområder. Identifiser andre prosesser som skal undersøkes.	Flytskjema Intervju Idédugnad Pareto – diagram Fiskeben – Diagram
6	Bestem prioritering av forbedringsmuligheter og sett mål.	Gjennomgå alle forbedringsmuligheter og etabler prioritering. Bestem mål for forbedringene.	Pareto – diagram Fiskeben – Diagram
7	Sikre nytt prestasjonsnivå	Utvikle handlingsplan basert på identifiserte årsaker. Iverksett prosessforandringer og mål resultatet. Sammenlign data fra før og etter forbedringen. Kontroller at løsningen ikke har skapt nye problem. Forandre dokumentasjonen om nødvendig. Undersøk om løsningen kan brukes andre steder. Følg opp gjennom periodiske prosessgjennomganger.	Styrings – diagram Pareto – diagram Fiskeben – diagram Idédugnad Histogram Intervju PDCA Flytskjema

Det finnes en mengde måter og etablere et prestasjonsmålesystem på. Det viktigste er at organisasjonen har en plan for dette, slik at det blir fulgt opp til enhver tid. Driftsavdelingen i NSB har så langt hatt stor suksess med Kvaaviks målesystem. De har sett viktigheten ved et slikt system og bruker det aktivt i sitt forbedringsarbeid. Blant annet er punktlighetsarbeidet blitt forbedret betraktelig de siste årene, og NSB var i 2004 det tredje beste landet blant togselskapene i Europa på dette området (www.nsb.no). I henholdt til energi, måles det ikke på noen tog den dag i dag. Det er kun gjort noen manuelle målinger på sørlandsbanen i en kort periode, og eksempel fra disse målingene blir belyst senere i kapitlet. Å bruke dette prestasjonsmålesystemet i energisparingsarbeidet vil være essensielt for å lykkes.

2.3 Prestasjonsmåling ved tog/transport

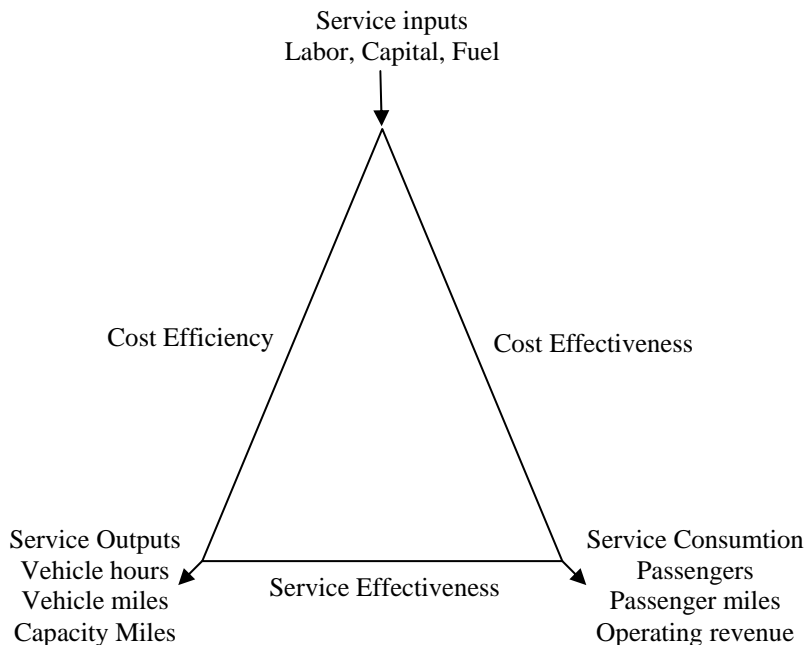
Prestasjonsmåling i transport har tidligere vært meget kostbart og vanskelig (Bertini, 2003). Det trengtes stor kapasitet til å samle liten mengde med data. I dag kan denne dataen samles

inn med mye mindre kapasitet og større mengder data, med bakgrunn i ny teknologi (IT, AVL(automatic vehicle location), GPS (global positioning system), APC (automatic passenger counting) o.a).

TCQSM (The Transit and Quality of Service Manual, 2003) har delt inn prestasjonsmålingene inn i tre overordnede punkter:

- Transport prestasjonsmåling: en kvantitativ eller kvalitativ faktor som brukes til å evaluere ulike aspekter ved transport
- Kvalitet på service: overordnet, måle og oppfatte transportservicen fra kundens synspunkt
- Service på transport: en kvantitativ prestasjonsmåling som beskriver spesielle aspekter på transportservicen fra kundens synspunkt. Måler også effektivitet.

TCQSM legger vekt på at transportkvaliteten ses fra kundes perspektiv, og den avhenger av kvalitet og komfort.



Figur 7 Rammeverk for transportprestasjon konsept (Bertini, 2003)

Som vist i Figur 7 Rammeverk for transportprestasjon konsept (Bertini, 2003) illustrerer dette transportkvaliteten med ytre og indre kostnadseffektivitet og en serviceeffektivitet som en virkning av disse.

2.3.1 Mest lovende energisparingsmetoder innen jernbane

Nielsen, Essen og Boer (2005) har plukket ut de mest lovende metoder innen jernbane for å spare energi. De har kommet opp med 25 muligheter valgt ut fra visse kriterier:

1. De må ha vært evaluert
2. De må være evaluert til å være lovende eller meget lovende
3. Må fungere både innen passasjertog og godstog
4. Tidsperspektivet for implementering må ikke overskride 5 år

Tabell 3 De 25 mest lovende mulighetene innen energisparing i jernbane (Nielsen, Essen, Boer, 2005) viser de ulike mulighetene som finnes innen energisparing i jernbane.

Tabell 3 De 25 mest lovende mulighetene innen energisparing i jernbane (Nielsen, Essen, Boer, 2005)

Technology option	Overall Potential	Diesel/Electric	Can be Retrofitted?	Industry or NS	Time to earn back investment	Time period for broad application	Penetration in NS 1=little, 2=developing, 3=extensive
Procurement							
<i>Mass reduction</i>							
Aluminium Car-Body	Very promising	Both		I	0-1 year		0
Double-decked stock	Very promising	Both		I			3
Wide-body stock	Very promising	Both		I			1
Articulated trains (Jakob-type bogies)	Promising	Both		I			0
Modular train sets	Promising	Both		I		0-2 years	3
Light coach interior equipment	Promising	Both	R	NS			0
<i>Managerial options</i>							
Bonus/penalty rules	Very promising	Both	-	NS/I			0
LCC-driven procurement	Very promising	Both	-	NS			2
Reference cycle for energy efficiency	Promising	Both	-	I/NS		0-2 years	0
Energy efficient driving style							
Energy efficient driving by low-tech measures	Very promising	Both	-	NS	0-1 year		0
Training programs to raise awareness of personnel	Very promising	Both	-	NS	0-1 year		1
Energy efficient driving strategies	Very promising	Both	-	NS			1
Energy meters (electric)	Very promising	Electric	R	NS			0
Database of traction consumption	Promising	Both	-	NS		0	1
Energetic optimisation of timetable	Promising	Both	-	NS		0-2 years	0
Traction and braking							
IGBT	Very promising	Both	R	NS	0-1 year		2
Regenerative braking in DC systems	Very promising	Electric	R	NS	0-1 year		2
Stationary energy storage	Promising	Electric	-	NS			0
Switch-off traction group	Very promising	Both	R	NS			0
Optimisation of traction software	Promising	Electric	R	NS			0
Climate functions							
Control of comfort functions in parked trains	Very promising	Both	R	NS	0-1 year		0
Modification of target temperature in passenger coaches	Very promising	Both	R	NS	0-1 year		3
Ventilation control (in new stock)	Very promising	Electric		I			3
Ventilation control (retrofit)	Promising	Electric	R	NS			3
Coach insulation	Promising	Both	R	NS			1
CO2 based demand control for coach ventilation	Very promising	Both	R	NS		5-10 years	0
Heat pumps for temperature control	Not evaluated	Both	?	I/NS			0
Fuel							
Biodiesel	Not promising	Diesel		NS		5-10 years	0

Som tabellen viser har energieffektiv kjøring, treningsprogram for å bevisstgjøre lokførere, energimålere et meget lovende potensial. Hensetting av tog har et lovende potensial. Det er disse fire oppgavene NSB jobber med for å bedre sitt energiforbruk.

2.3.2 Energiindikatorer

Phillips (2004) bemerker at kostnadene på drivstoff eller energi for fremdrift av transportmidler er et viktig kostnadselement for transport. Det er åpenbart at

transportindustrien vil maksimere energieffektiviteten. Dette ble spesielt lagt vekt på under oljekrisen i midten av 70 tallet, hvor flere energistudier innen transport ble gjennomført. Her ble også mange av de viktigste energiindikatorerne satt i lys. Tabell 4 Indikatorer, Phillips, 2004, viser de viktigste energiindikatorerne innen transport.

Tabell 4 Indikatorer, Phillips, 2004

Indikatorer
Energiforbruk per kjøretime
Energiforbruk per km
Energiforbruk per totale km
Energikostnader per km
Energiforbruk per passasjer
Energiforbruk per tonn kilometer

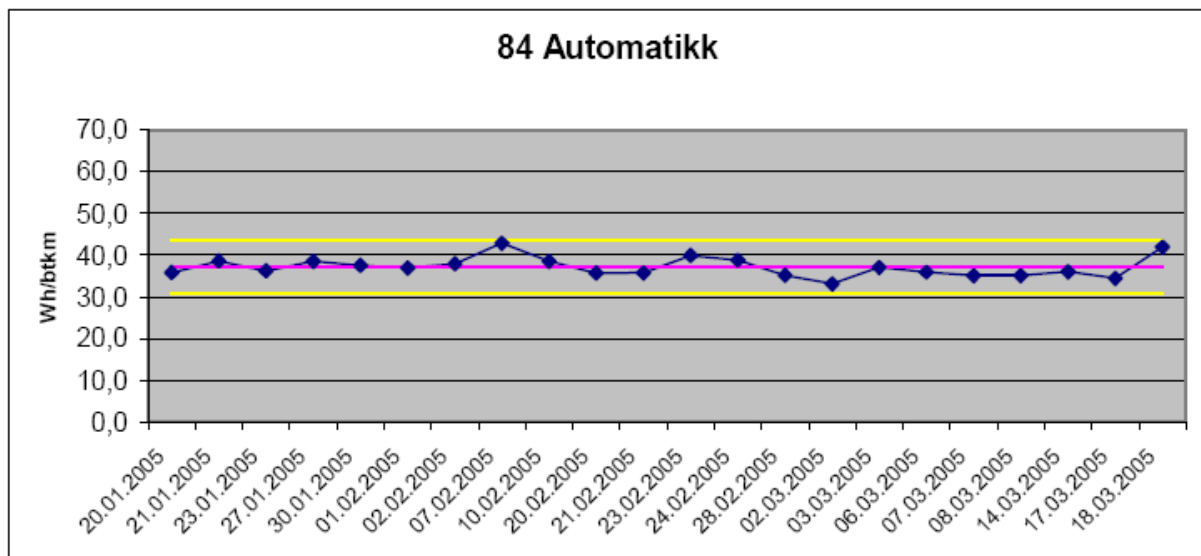
Disse indikatorene kan brukes om hverandre med hensyn på hva slags energi som brukes, som eksempelvis diesel og kWh. NSB opererer med energiforbruk per tonn kilometer som sin indikator med hensyn på energiforbruket til tog.

2.3.3 Eksempel Kvaavik's metode

Det er blitt målt minimalt på energiforbruket på tog i NSB den dag i dag. Per dags dato finnes det ikke en eneste energimåler på NSB's tog, men det vil komme i løpet av 2006. De eneste målingene som er blitt gjennomført er noen manuelle målinger på sørlandsbanen i tidsrommet 19.1.2005 – 19.3.2005. Her ble det spesielt sett på forskjellen mellom automatisk- og manuell kjøring. Automatisk vil si at føreren setter en fart og toget retter seg automatisk etter den, enten ved akselerasjon eller deselerasjon. Ved manuell kjøring styrer lokfører farten manuelt ved hjelp av "stikka". Det drøftes om hvilke av disse kjøreteknikkene som er mest energibesparende. 203 målinger var gjennomført, hvor 193 av disse er sikre tallmateriale som er analysert. Målingene fordeler seg på 101 målinger i automatikk og 92 i manuell. Det de har kommet fram til er at gjennomsnittelig netto energiforbruk i automatikk er 104 kW/h lavere enn i manuell.

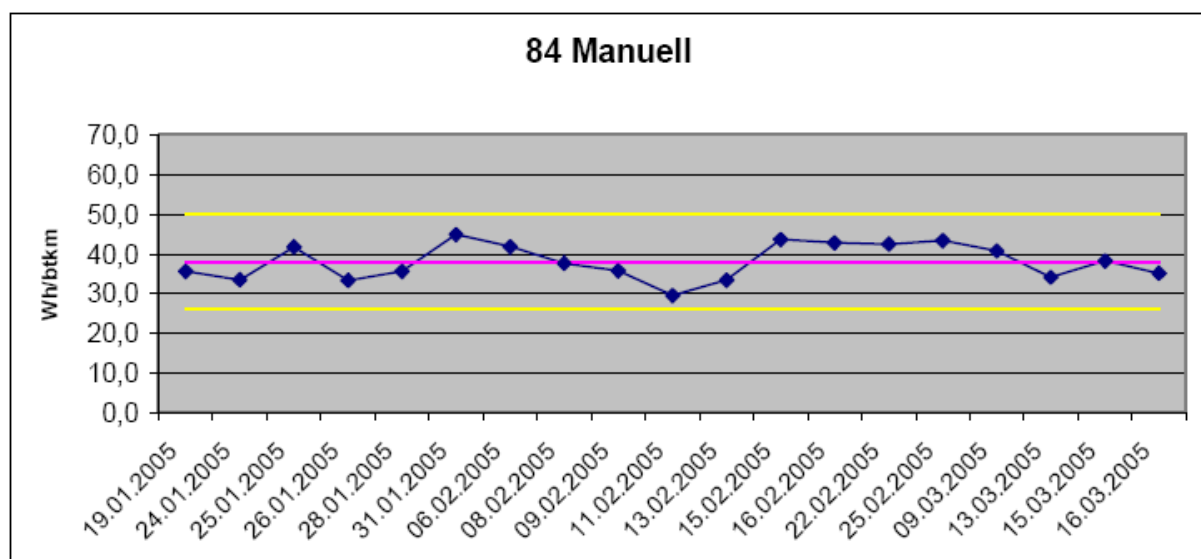
For å analysere tallmaterialene blir metodeverktøyene til Kvaavik tatt i bruk. Et eksempel på et slik verktøy er styringsdiagram med øvre og nedre prosessgrenser. Dette krever at en setter opp prosessgrensene med XmR metoden. Denne metoden tar utgangspunkt i at man ikke vet på forhånd om tallmaterialet er normalfordelt og utvikler prosessgrenser på bakgrunn av dette. Målinger som ligger over eller under disse grensene blir sett på som støy. Dette er spesielle hendelser, som man bør gå tilbake og finne årsaken, for så og eliminere årsaken.

I Figur 8 Styringsdiagram for 84 automatikk (Nag, 2005) et eksempel på hvordan verktøyet er blitt brukt. Her er det gjort målinger på Sørlandsbanen av togtype 73, rute 84, som har blitt kjørt i automatikk.



Figur 8 Styringsdiagram for 84 automatikk (Nag, 2005)

Figur 9 Styringsdiagram for 84 manuell (Nag, 2005) viser samme ruten og tog kjørt i manuell. Indikatoren som er brukt er Wh/btkm (energiforbruk per brutto tonn km).



Figur 9 Styringsdiagram for 84 manuell (Nag, 2005)

Fra disse to styringsdiagrammene ser man den klare forskjellen mellom automatikk og manuell kjøring. Manuell har mye større variasjon i målingene enn ved automat, slik at styringsgrensene er mye mindre. Gjennomsnittet for de to kjøringene er ganske like, men litt lavere ved automat.

2.3.4 Måling i jernbane med tanke på energi

International union of railways (2003) mener at måling og kalkulering av energiforbruk ikke alene sparer energi. Bedre kunnskap og data om energiforbruk vil allikevel skaffe verdifull informasjon for å identifisere potensiell sparing innen regenerativ bremsing, energibesparende kjøring osv.

Energiforbruk blir målt mest effektivt ved bruk av energimålere installert i togene. Disse gir eksakte målinger, ikke bare på forbrukt energi, men også tilbakeført energi ved regenerativ

bremsing. Energimålere vil også gi en bedre indikasjon på hvor mye det skal betales for den energien man bruker. I 2000 installerte DB Energie energimålere i flere tog. De ses på som en vesentlig forutsetning for å bestemme hvilke faktorer som spiller inn på energiforbruket og kontroll på hva som spares.

Evalueringen av individuelle data fra DB sine målinger viser at energiforbruket kan avvike med over 20 prosent fra en dag til en annen. I NSB er det største målte avviket på 46 prosent målt på Sørlandsbanen, høyeste versus laveste måling. Dette vises i Tabell 5 Høyeste og laveste målinger foretatt på Sørlandsbanen. Her er den laveste målingen på 2170 kW/t imot den høyeste på 3980 kW/h

Tabell 5 Høyeste og laveste målinger foretatt på Sørlandsbanen

HØYESTE MÅLINGER	LAVESTE MÅLINGER
3980 KW/T MANUELL	2170 KW/T AUTOMAT
3970 KW/T MANUELL	2200 KW/T AUTOMAT
3870 KW/T AUTOMAT	2240 KW/T AUTOMAT
3820 KW/T MANUELL	2270 KW/T MANUELL
3810 KW/T MANUELL	2290 KW/T AUTOMAT
3770 KW/T MANUELL	2330 KW/T AUTOMAT
3700 KW/T AUTOMAT	2350 KW/T AUTOMAT
3670 KW/T MANUELL	2420 KW/T AUTOMAT
3650 KW/T MANUELL	2420 KW/T MANUELL
3650 KW/T AUTOMAT	2450 KW/T AUTOMAT

Dette understreker viktigheten av at individuelle forhold påvirker energiforbruket, slik at teoretiske kalkulasjoner som blir brukt for bestemme energiforbruker, kan være vanskelig.

2.3.5 Miljø

Den økonomiske fordelene med energibesparing er en av årsakene til at NSB gjennomfører et slikt prosjekt. En annen årsak er miljøaspektet. Tog er noe av det mest miljøvennlige transportmiddelet som finnes, som gjør det mer konkurransedyktig i forhold til fly og bil som er deres hovedkonkurrenter i forhold til miljø. Dette kan brukes i markedsføringen. Men det trenger ikke være det sterkeste virkemiddelet hvis man tenker langsiktig. International union of railways (2003) mener at i fremtiden vil befestningen av offentlige reguleringer og investeringer øke i takt med energiproblematikken. For eksempel nevner de at bil bruker tre ganger så mye energi per km per 100 passasjerer. Fly brukte 2,5 ganger så mye som tog. Denne undersøkelsen ble gjort i Tyskland.

Her er det rom for å tro at den miljømessige fordelene ved jernbane vil ha interesser i et langsiktig perspektiv. Energisparing er viktig, ikke bare økonomisk.

2.4 Oppsummering

Dette kapitlet har tatt for seg for prestasjonsmåling og etablering av et slikt system i generelle organisasjoner. Det er blitt sett på NSB driftavdelingen sitt forbedringssystem som egner seg ned på et lavere nivå, operativt nivå. Deretter har man sett på prestasjonsmåling i transport og videre inn i jernbane i forhold til energiforbruk med tilhørende energiindikatorer.

3 Simulering og simulatoranlegg

Denne delen tar for seg simulering, et simulatoranlegg og dens oppbygging. Det er viktig for å få et bilde av hva et slikt anlegg faktisk er og hvordan det brukes, med tanke på analyseverktøy og handlinger. Det ses også på hva simulatoren legger til grunn for sine beregninger.

3.1 Simulator

NSB har gått til innkjøp av flere simulatorer til opplæring av lokførere, men som også kan brukes for å finne mer ut om energibesparende kjøring.

Simuleringsteknologien blir mer og mer avansert og man får flere og flere fullskalasilulatorer til trening av situasjoner som gjenspeiler det virkelige liv. Kjøresimulatorer er forholdsvis fersk i forhold til den simuleringen som forsvaret har bedrevet i lenger tid. I den senere tid har det blitt mer utbredt med bil og togsimulatorer. Simulatorene skal prøve å gjenspeile et virtuelt miljø så tett opp mot virkeligheten som overhodet mulig.

Den viktigste grunnen for at simulatorer brukes i treningssituasjoner og ikke blir trene på ute i det virkelige liv kan være (Farmer, 1999):

- Det er for risikabelt (f. eks sikkerhet og nødprosedyrer)
- Forholdene ligger ikke til rette (f. eks trening på vinterføre om sommeren)
- Det er for mange begrensinger som gjør at man ikke kan trene i det virkelige liv som:
 - Det er for kostbart (koster mer å kjøre et virkelig tog enn en simulator)
 - Begrenset med tid ute i det virkelige liv
 - Omstendighetene som trenges til treningen inntreffer ikke ofte nok
 - Mulighetene for trening er begrenset av tid, antall økter, personell og lignende
 - Sikkerhetsreglement må hele tiden overholdes, ved simulator kan man trene på spesielle situasjoner man ikke oppnår i virkeligheten (f. eks nødstopp og kollisjoner).

Sintef har et simulatorsenter i Trondheim hvor de har en bilsimulator for å se på samspillet mellom menneske, kjøretøy og vei. Ved samtale med Jørgen Rødseth, (Rødseth, 30.9.2005) seniorforsker ved Sintef simulatorsenter, nevnte han deres hovedpunkter på hvorfor de brukte simulator istedenfor det virkelige liv:

- Middels realisme
- Ingen risiko
- God kontroll på forsøksbetingelser
- Høy kompleksitet mulig
- Lav kostnad per testperson.

Dette gjenspeiler mange av hovedpunktene til Farmer. Kostnad og risiko nevnes som hovedpunkter.

NSB sitt viktigste moment for innkjøp av simulator er høyning av sikkerheten. Typiske treningssituasjoner for togsimulator kan være:

- Studere og lære bedre kjøreteknikk under normale og uvanlige forhold
- Trene på korrekte handlinger i ulike situasjoner f.eks bruk av brems
- Fremsyn under kjøring
- Stressmestring ved stor arbeidsmengde og stressede situasjoner
- Kjøring under ulike kjøreforhold (vær, sporforhold, sikt)

- Avanserte handlinger som full nødbrems, automatisk togstopp og lignende.

Det er også begrensinger over hva som kan bli simulert. Disse begrensingene er først og fremst ved oppfattelsen og troverdigheten ved en simulator, og hvordan elev og instruktør aksepterer simulatoren som et godt treningsutstyr.

3.1.1 Prestasjonsmåling og simulering

NSB har akkurat startet sin opplæring ved simulatorsenteret og man så tidlig stor skepsis blant lokførere som skulle inn til opplæring. Å måle prestasjon kan virke truende, spesielt på dette området. De var her redde for å bli ”eksaminert” og så ikke nytten av simulatoren som et treningsverktøy. Når man bruker simulatoren til målinger bør disse brukes til å gi positive tilbakemeldinger mot forbedring av prestasjonene. Instruktørene er meget bevisst på dette punktet, og har lagt opp treningsopplegget slik at eleven skal lære, og ikke ”eksamineres”. De som har vært igjennom treningen ser i ettertid at simulatoren er lærerikt og nyttig verktøy.

Det som er viktig for operatøren ved bruk av simulator er å oppnå mest kunnskap og kompetanse fra simulatoren ut til den virkelige verden, slik at han forstår nytten og verdien av kunnskapen man kan tilegne seg for så å bruke det i en reel situasjon. Ved energiøkonomisk kjøring vil bevisstgjøring og forståelse av riktig kjøreteknikk ved bruk av simulator bidra til at lokfører kan se fordelene ved å tenke annerledes for så å bruke dette ute i det virkelige liv. Prestasjonsmålingen vil altså foregå ned på operativt nivå.

Bruk av simulator kan være mer belærende som treningsverktøy enn ved trening i virkeligheten. Det er mange ulike grunner for dette (Farmer, 1999):

- Mer kontroll over type trening og når den skal utføres. Man kan planlegge og tilrettelegge treningen mer spesifikt mot eleven
- Tilpasse treningsoppgaven i forhold til hvilke elev som skal læres opp (f. eks erfarne lokførere går igjennom annen trening enn studenter fra lokførerskolen)
- Gi fortløpende tilbakemeldinger (f. eks kan man stoppe treningen midt i et scenario for så å ta en brif)
- Registrere og logge data for utføring av prestasjonsmåling (f. eks logges antall feil og energiforbruk)
- Standardisere treningsprosessen og instruksjonen for så og oppnå kontinuerlig forbedring.

Evaluering fra simulatortrening kan enten forekomme kvalitativt eller kvantitativt.

Kvalitativ evaluering vil bestå av at instruktøren gir tilbakemeldinger til eleven fortløpende eller etter treningen slik at han forstår hva som gjøres rett eller galt. Dette kan utvides ved for eksempel intervjuer, bruk av sjekklister og periodiske standardiserte spørsmål under og etter trening. NSB jobber i dag kun med kvalitativ testing av personell. De har en gjennomkjøring av scenarioer, så en debrief med samtaler rundt hva som kan gjøres annerledes.

Fordelen med simulator er at det finnes mange muligheter for prestasjonsmåling kvantitativt. Man kan logge måltall som kan brukes til senere evaluering og analyse. I forhold til NSB og denne oppgaven er det energiforbruket som skal logges og analyseres for så og lage et treningsopplegg for å lære om riktig kjøreteknikk av tog. Simulatoranlegget hos NSB logger all energiforbruk og kan skissere disse grafisk, for så og analysere resultatene.

Det kan også være noen ulemper med slik prestasjonsmåling i forhold til resultat og læring:

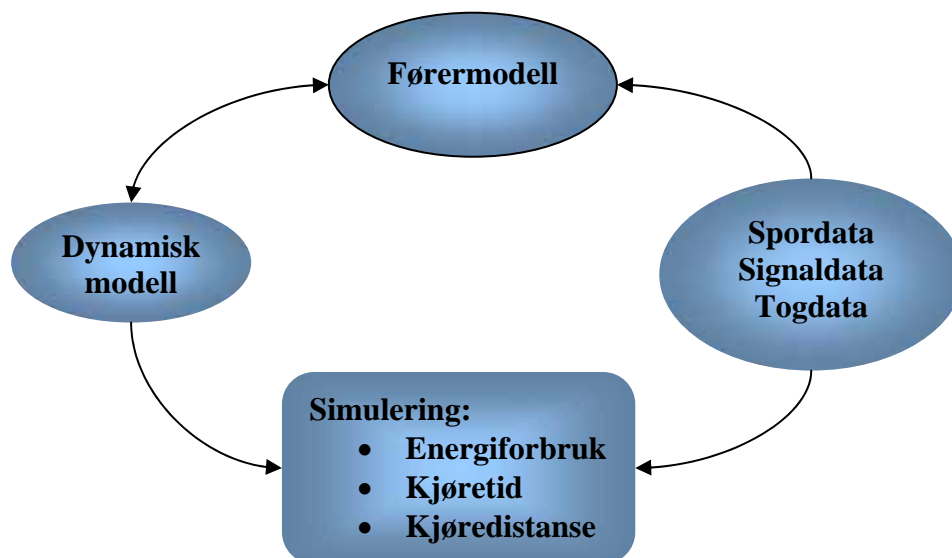
- Forstyrre prestasjons og læringseffekten hvis analysen er feil
- Ulike kriterier kan bli lagt til grunn for å evaluere prestasjonen på feil grunnlag
- Ikke nok data for å gjøre en grundig nok analyse.

En mengde målinger vil være viktig for å få god forståelse av hvordan simulatoren virker med tanke på energibesparende kjøring. Ved NSB's simulatorer vil aktiv bruk av deres eget prestasjonsmålesystem (Kvaavik) være viktig i denne sammenheng. En mulighet er å etablere et eget system på selve simulatorsenteret i forhold til energiforbruk ved simulatoren, slik at målinger blir kontinuerlig registrert og analysert.

3.2 Simulering vs fullskalasilulering

Det finnes et stort utvalg av simuleringsprogrammer rundt omkring i verden som beregner energiforbruk og kjøretid for tog. Eksempler på disse er SIMON, SIMTRAC, Railplan og TEM for å nevne noen. De fleste slike programmer er utviklet av trafikkoperatører, tog/simulerings leverandører og universitets og forskningsmiljøer.

En typisk togsimuleringsmodell er bygd opp av fire deler (Lukaszewich, 2001), som er illustrert i Figur 10 Basiselementene i en togsimuleringsmodell (Lukaszewich, 2001)



Figur 10 Basiselementene i en togsimuleringsmodell (Lukaszewich, 2001)

Den dynamiske modellen er programmert i simulatoren beregner fart og akselerasjon på tog ved anvendelse av alle de krefter som virker på toget. Denne blir kommentert senere i rapporten.

Førermodellen bestemmer:

- Når man skal bremse, "coaste" eller forsyne med drivkraft
- Varigheten på bremsing og forsyning av drivkraft.

Togdata, Spordata og signaldata inneholder typisk:

- Ulike togtyper, tog lengder, antall aksler, vogntyper
- Spordata og signaldata

Data som man får ut av tog og førermodellen blir brukt i simuleringsprogrammet for å kalkulere:

- Energiforbruk
- Kjøretime
- Kjøredistanse.

Det som er den store forskjellen mellom en slik simuleringsmodell og en fullskalasilulator er førermodellen. Ved en fullskalasilulator blir førermodellen eliminert da det sitter en fører bak spakene og kjører toget. Dette gjør at en fullskalasilulator utgjør en mindre feilkilde for analyse av energiforbruk og kjøretid. Dermed er fullskalasilulering en bedre form for simulering enn ved simuleringsprogrammer.

3.3 Simulatoranlegget Sundland

For å gi et bilde av hva en simulator er, og hvordan det er bygd opp, tas det utgangspunkt i simulatoranlegget til NSB på Sundland i Drammen. Dette er et helt nytt anlegg, og kom i drift sensommeren 2005. Det består av mange ulike komponenter og er et meget typisk oppbygd simulatorsenter til kjøretrening. Det er det Franske firmaet Corys som har hatt ansvar for å bygge anlegget, med implementering og installasjon.

3.3.1 Simulatoranlegget

Simulatoranlegget på Sundland i Drammen er en investering gjort av NSB for opplæring av lokførere. Det viktigste momentet for innkjøp av dette er høyningen av sikkerheten. NSB skal være en foregangsbedrift med hensyn på trafikksikkerhet. Et virkemiddel for å bli dette er trening ved å bruke simulator. Holdning og atferd er viktig i forhold til sikkerhet, og ved simulator er det enkelt å vise at overtramp av regler kan gi alvorlige konsekvenser. Det å kunne forklare og overbevise føreren at det som kan oppfattes som enkle og bagatellmessige feilhandlinger, alene eller sammen, kan utløse ulykker vil være meget viktig. NSB skal også bruke simulatoranlegget til å bevisstgjøre og lære lokførerne om energibesparende kjøring.

3.3.2 Oversikt

Anlegget inneholder en rekke ulike datamaskiner som utgjør et fullverdig installasjon for kjøretrening av tog. Her følger en oversikt over hva som finnes på anlegget av utstyr og datamaskiner til bruk for opplæring og instruksjon for lokførere.

Det komplette simulatorsystemet består av følgende elementer:

- Fem førerbordsimulatorer
- En fullskalasilulator
- To instruktørstasjoner, en for hver type simulator
- En SPS (Scenario Preparation Station), som er en arbeidsstasjon for tilrettelegging av scenarioer
- En dataadministrasjon (DAS)
- TBT (Track Builder Tool), som gjør det mulig å bygge opp nye datagenererte banestrekninger, og modifisere eksisterende strekninger.

3.4 Førerbordsimulator (multifunksjonell simulator)

En førerbordsimulator kjennetegnes ved at den ikke har noe "styrehus", men hvor det er montert nødvendig utstyr for oppstart, drift og sikkerhetsstyring. En projektor blir brukt for å få frem et stort og reelt skjerm bilde. Denne løsningen er rimeligere enn en fullskalasilulator, og gir en rekke av de samme funksjonene. Den er utmerket til å utdanne et større antall førere, med hensyn på scenarioer innen signalisering, sikkerhetsforsterkning og energieffektiv

kjøring, da man kan ha flere simulatorer til en rimelig penge. Sundland operer med fem slike til opplæring, og en instruktørstasjon tilknyttet disse.



Figur 11 Multifunksjonell simulator

De multifunksjonelle simulatorene er utstyrt som en modell med utgangspunkt i type 72 førerbord som inneholder:

- En berøringssensitiv diagnoseskjermer med samme dimensjoner som originalen.
- To CRT-skjermer for visning av plattformene, slik disse vil ses i speil eller monitor.
- Alt av brytere, håndtak og lamper som forekommer på et reelt førerbord, hvor noen av elementene finnes på trykkfølsomme skjermer, "touch screens".
- Intercom og togradio.



Figur 12 Skjerm bilde

Figur 12 Skjerm bilde viser grafikken på skjerm bilde og førerens frontutsikt. Simulatorsenteret opererer med to strekninger som er identisk med to virkelige strekninger i Norge.

3.4.1 Instruktørstasjon - førerbordsimulator

Instruktørstasjonen for førerbordsimulatorene gir en oversikt over handlingene til alle førerne kontinuerlig slik at instruktøren til enhver tid kan veilede og se hvordan føreren handler. Instruktøren fungerer også som en togleder ville gjort i det virkelige liv, slik at eleven kan ta kontakt over radio til togleder ved ulike typer av øvelser som eleven blir satt overfor. Alle fem deskene kan ta individuell kontakt med instruktør når det skulle passe.

Den er delt i fem med tre skjermer for hver multifunksjonelle simulator.

3.5 Fullskalasilulator

Fullskalasilulatoren reproduserer et tilnærmet komplett reelt arbeidsmiljø for lokføreren. Den er noe av det mest avanserte man kan få tak i av opplæringsredskaper, og gir en mer individuell tilpassing for eleven. Selve ”togfølelsen” vil også bli betydelig sterkere da man får en realistisk simulering av akselerasjon, deselerasjon, høydeforskjell, krenning o.l. Silulatoren har et bevegelsessystem kalt 5 DOF som vil si at den har en bevegelighet i fem retninger.



Figur 13 Fullskalasilulator

Fullskalasilulatoren er en førerromsmodell i aluminium med innvendige mål og farger som er en tro kopi av den faktiske førerplassen om bord i NSBs type 72. Den inneholder:

- Et visningssystem for utsikten gjennom frontruten. Det gjøres ved bruk av datagenererte bilder som vises ved hjelp av en LCD-prosjektor og projiserings skjerm for direkte projisering.
- Et visningssystem for plattformbildet i speil/monitor. Dette gjøres ved bruk av datagenererte bilder.
- En interaktiv togsjerm plassert på bakveggen av førerrommet. Denne skjermen representerer og styrer kretsbytere og utstyr som befinner seg utenfor førerrommet. Dette gjør det mulig for operatøren å utføre operasjoner utenfor førerrommet som for eksempel diagnostisering av dører, isolering av bremsesystemet osv.
- Ett trifonisk lydsystem med høytalere i førerrommet.
- Et kommunikasjonssystem for kommunikasjon med instruktøren. Dette representerer radioen og intercom-systemene.
- Et førerromskamera som gjør det mulig for instruktøren å overvåke elevens handlinger og atferd.



Figur 14 Førerbord fullskalasilulator

Fullskalasilatoren har alle brytere, betjeningsanordninger og måleinstrumenter som finnes i type 72 tog.

3.5.1 Instruktørstasjon - fullskalasilulator

Instruktørstasjonen er der instruktøren får en oversikt over elevens handlinger slik at han/hun kan overvåke, veilede og tilrettelegge elevens operasjoner. Instruktøren fungerer også som en togleder ville gjort i det virkelige liv, slik at eleven kan ta kontakt over radio til togleder ved ulike typer av tekniske scenarioer som eleven blir satt overfor. Fullskalasilatoren har et større instruktør og observasjonssystem enn ved førerbordsilatoren. Instruktørstasjonen ved fullskalasilatoren består av:

- En skjerm for instruktørstasjonens brukergrensesnitt
- En skjerm som viser elevens datagenererte frontutsikt.
- En skjerm som viser innholdet på diagnoseskjermen (denne skjermen kan slås over til å vise innholdet på ITD-skjermen og "speilbildet".)
- En skjerm for overvåking av førerplass kontrollene og måleinstrumenter.
- En skjerm for bildene som overføres av kameraet i førerrommet.
- En kommunikasjonskonsoll med mikrofon for all kommunikasjon med eleven, med tilhørende høyttaler.

3.5.2 Observatørstasjon

Ved fullskalasilatoren finnes det også en observatørstasjon, slik at flere kan observere føreren uten å forstyrre instruktøren. Skjermene viser det instruktøren har på sine skjermer. På observatørstasjonen kan instruktører og elever sitte og observere mens en annen kjører, slik at man får en diskusjon og et syn på hva som er riktig eller galt i forhold til det som skjer på sporet. Flere instruktører kan også sitte og vurdere elevens handlinger.

3.6 SPS, Scenarier

Silatoren har nesten et ubegrenset antall scenarier man kan lage til opplæring av togførere. SPS er en uavhengig arbeidsstasjon som gjør det mulig å utvikle og teste nye scenarier uten å redusere tilgangen til silatorene for øvingsformål. SPS stasjonen har et førerbord som er utstyrt med samtlige førerplasskontroller og lamper, som gjør det mulig for instruktøren til å teste nye scenarier uten å forstyrre silatorkjøringen. SPS stasjonens førerbord består av:

- En berøringssensitiv LCD-skjerm for diagnoseskjermen.
- To LCD-skjermer for visning av plattformene slik disse vil ses i speil eller monitor.

- De brytere, håndtak og lamper som faktisk forekommer på førerbordet.
- Togrado.

SPS får overført strekningen den skal bruke fra TBT via DAS.

3.7 Dataadministrasjonssystemet (DAS)

DAS fungerer som en administreringsserver mellom alle de ulike stasjonene på senteret og styrer overføringen av data til de ulike installasjonene. Den legger inn alle kjørestrekningene på de ulike simulatorene og instruktørstasjonene, som den får overført fra SPS maskinen. DAS binder også TBT og SPS sammen da TBT må overføre sin informasjon til DAS for så at DAS overfører den til SPS. Den er helt uavhengig av de enkelte treningsoppleggene. TBT blir gjennomgått i neste avsnitt.

Ved kjøring av simulator kan man få ut en mengde data som kan analyseres via DAS maskinen. Bruken av slik data mot energibesparende kjøring kan vises grafisk, og man kan bruke dette til blant annet å se et kontinuerlig energiforbruk langs en strekning og få dette opp grafisk. Programmet som brukes kalles CorPra og finnes på DAS stasjonen som kan behandle dataene grafisk. Dette kan brukes til illustrasjon for og finne ut hvor føreren kjører energibesparende, hvor aktivt han bruker nettbrems, hvordan akselerasjon og deselerasjon times riktig osv. Slik kan eleven se og forstå hvor energiforbruket er høyt og lavt, og få en bedre forståelse av hvordan det skal kjøres mer energiøkonomisk.

Man kan også få en oversikt over hendelsesforløpet og spille av dette ved hjelp av programmet, og se forholdet mellom de grafiske plottene og hendelsene på ruten. Dette kan være til hjelp for å se hvordan føreren tilpasser farten sin mot stasjoner osv. CorPra blir kommentert nærmere senere i kapitlet.

Ved endt kjøring får man ut et sett med dataverdier som beskriver kjøringen kvantitativt, Tabell 6 EOR dataark. Her gis det en oversikt over hvordan føreren har kjørt med hensyn på generell data, kjøredata, energidata, førerfeil og rutetabell. Dette kommer direkte ut etter kjøring og gir et kjapt oversiktsbilde av hvordan føreren har klart seg i forhold til den ruten som han har blitt testet på. EOR blir lagret på DAS maskinen slik at man kan gå inn senere og evaluere resultatene. Dette er en umiddelbar respons og en tilbakemelding på prestasjonen som er utført av føreren, en måling utført på operativt nivå.

Dataarket inneholder:

Tabell 6 EOR dataark

Generell data	Beskrivelse
Dato for kjøring	-
Elevens navn	-
Simulator id	Hvilke simulator som brukes
Scenario navn	Hvilke scenario som kjøres
Strekning	-
Kjøreplan navn	-
Togsammensetning	Som regel type 72-enkelttogsett
Total togvekt ved oppstart	Forhåndsstilles
Adhesjon ved oppstart	Forhåndsstilles
Bremseeffekt ved oppstart	Forhåndsstilles
Kjøredata	Beskrivelse
Tidspunkt for start	Reell tid for start av kjøring
Tidspunkt for avslutning	Reell tid for avslutning av kjøring
Totalt forløpt tid	-
Simulert starttidspunkt	Simulert tid, for eks ved en rute
Simulert avslutningstidspunkt	-
Totalt forløpt simulert tid	-
Posisjon start	-
Posisjon avslutning	-
Kilometerpunkt start	-
Kilometerpunkt slutt [km]	-
Distanse [km]	-
Gjennomsnitthastighet [km/h]	-
Antall togstopp	-
Varighet togstopp	-
Energidata	Beskrivelse
Energi forbruk [kW/h]	-
Tilbakeført energi [kW/h]	Fra nettbremser
Sum energi forbruk [kW/h]	-
Førerfeil	Beskrivelse
Antall nødbremser	-
Antall ATC overhastighet	Antall registrerte hastighetsoverskridelser på 5 km/t eller mer.
Antall overhastighet	-
Antall passerte hindringer	-
Rutetabell	Beskrivelse
antall rutetabell punkter	-

3.8 TBT (Track Builder Tool)

TBT er et verktøy til å bygge opp nye banestrekninger og modifisere eksisterende strekninger. En oppbygging av en ny strekning innebærer at man oppretter ulike seksjoner som samlet blir en ny banestrekning. En seksjon omfatter topologi, infrastruktur, signaler og forholdet mellom disse.

Definering av topologi i denne sammenhengen vil si spormiljøet med sporveksler og kryssningsspor, samt overhøyde og kurver. Infrastrukturen innebærer sporoverganger, grunnforhold, ballast, jernbaneelementer og andre dekorative objekter som gir et mer realistisk bilde av omgivelsene. Signaler er meget sentralt, og er en viktig og vanskelig del av konfigurasjonsfasen. God signalimplementering gir realistiske kjøreforhold, mens feil signalstilling kan i verste fall føre til feillæring og atferdsendring hos elever.

Med tanke på energibesparende kjøring kan man muligens konstruere en strekning som kun konsentrerer seg rundt dette feltet med tanke på akselerasjon, fart og "coasting" som hovedelementer. Her vil det være mulig å komme frem til en ideell teknikk, eller et optimalisert energiforbruk som igjen kan brukes som et "mål" for eleven. Føreren vil da se hvor og hva han burde gjøre for å forbedre sin kjøring mot energiforbruk på de ulike punkter på strekningen.

3.9 Simulator funksjon og oppbygning

Det franske firmaet Corys har hatt ansvar for oppbyggingen av simulatorene. De tar utgangspunkt i grunnleggende fysiske lover når de har programmert simulatoren, for å gi et realistisk bilde av virkeligheten.

Simulatoren tar utgangspunkt i elektrisk togsett type 72 bestående av 4 vogner koplet sammen: to motorvogner kalt BMA og BMP lokalisert på hver sin side, en mellomvogn med strømvogter kalt BP, og en mellomvogn kalt BC. Det er også mulig å kople sammen fire og fire vogner, kalt multipell.

Togene kjøres enten i "manuell" eller "automatisk" av lokfører. Automatisk vil si at føreren setter en fart og toget retter seg automatisk etter den, enten ved akselerasjon eller deselerasjon. Dette er en regulator og kan være ulikt justert fra togtype til togtype. Dette må man ta i betraktning. Man kan også sette hvor kraftig toget skal akselerere ved å stille en bryter på for eksempel 90 prosent av full akselerasjon. Lokfører har dermed en bedre og mer oversiktlig jobb hvis han kjører automatisk. Ved manuell kjøring styrer lokfører farten manuelt ved hjelp av "stikka".

Den dynamiske modellen som er programmert i simulatoren beregner fart og akselerasjon på tog ved anvendelse av alle de krefter som virker på toget. Kinematikken er utledet fra Newtons dynamiske lover. Følgende krefter er kalkulert for den dynamiske modellen med hensyn på fart og akselerasjon:

- Rullefriksjon på hele toget
- Kurvekrefter
- Hellingskrefter (gradient)
- Trekkraft
- Motstandskraft (luft/friksjon)
- Dynamisk bremsekraft (regenerativ og elektromagnetisk)

- Mekanisk og elektrisk virkningsgrad
- Trykkluftbremsekraft
- Parkeringsbremsekraft

I den dynamiske modellen blir toget sett på som en enkel masse slik at de overstående kreftene blir kalkulert langs hele toget for å finne togets akselerasjon. Forandring i togets fart blir da fastsatt fra akselerasjonen.

De forskjellige kreftene blir beregnet for hver vogn så summert og anvendt på hele toget ut fra et punkt sentralt på toget. For mer detaljert informasjon om utregninger, se Corys's TRO-CDD-1. Vestforsk (2000) har gjort detaljerte utregninger på type 73 i prosjektet "På tur med signatur", og vil ha erfaring med utregninger på tog.

3.9.1 Masse

Følgende masse på vognene er brukt:

Tabell 7 Masse, type 72

Vogn	Netto vekt(tara vekt) [kg]	Brutto vekt [kg]
BMA	48 926	60 601
BP	28 779	40 454
BC	28 743	40 418
BMB	48 926	60 601
Total:	156 300	203 000

Arrangementet er basert på et enkelt togsett. Det er mulig å variere lasten på toget fra 0 til 120 prosent for å simulere ulik vekt med hensyn på passasjerer og lignende. 120 prosent er maksimal tillatt vekt for toget (213 300 kg).

3.9.2 Trekkraft

Trekkraften er bestemt ut fra fartskurver som er fastsatt. Kraften og farten blir regulert fra den tilgjengelige trekkraften. Fastsatt trekkraft på toget:

Maksimum kraft på hjulene:	2552 kW
Kontinuerlig kraft på hjulene:	1447 kW
Maksimum igangsetting:	187 kN

Alle beregninger blir gjort ut fra at hjulene har størrelse på 885 mm hjuldiameter, altså halvt nedslitt.

3.10 Scenarier for energibesparende kjøring

Scenarier er et datasett som kan bli opprettet, redigert eller lagret på disk av instruktøren via SPS (. Det tildeles scenarier til eleven som kan gå i gang og løse oppgaven på sin desk.

De data som lages ved et scenario er:

- Hvilke rute som scenario skal operere innen
- Bryteres posisjon
- Hvor toget skal starte på ruten
- Status på signalene

- Simulert tid
- Hvilke værforhold som skal gjelde
- Stasjoners tilstrømning
- Objekter på linjen
- Togsammensetting
- Feil på tog
- Begynnelsestilstand på toget

Hendelser som kan aktivt legges inn fortløpende av instruktør er:

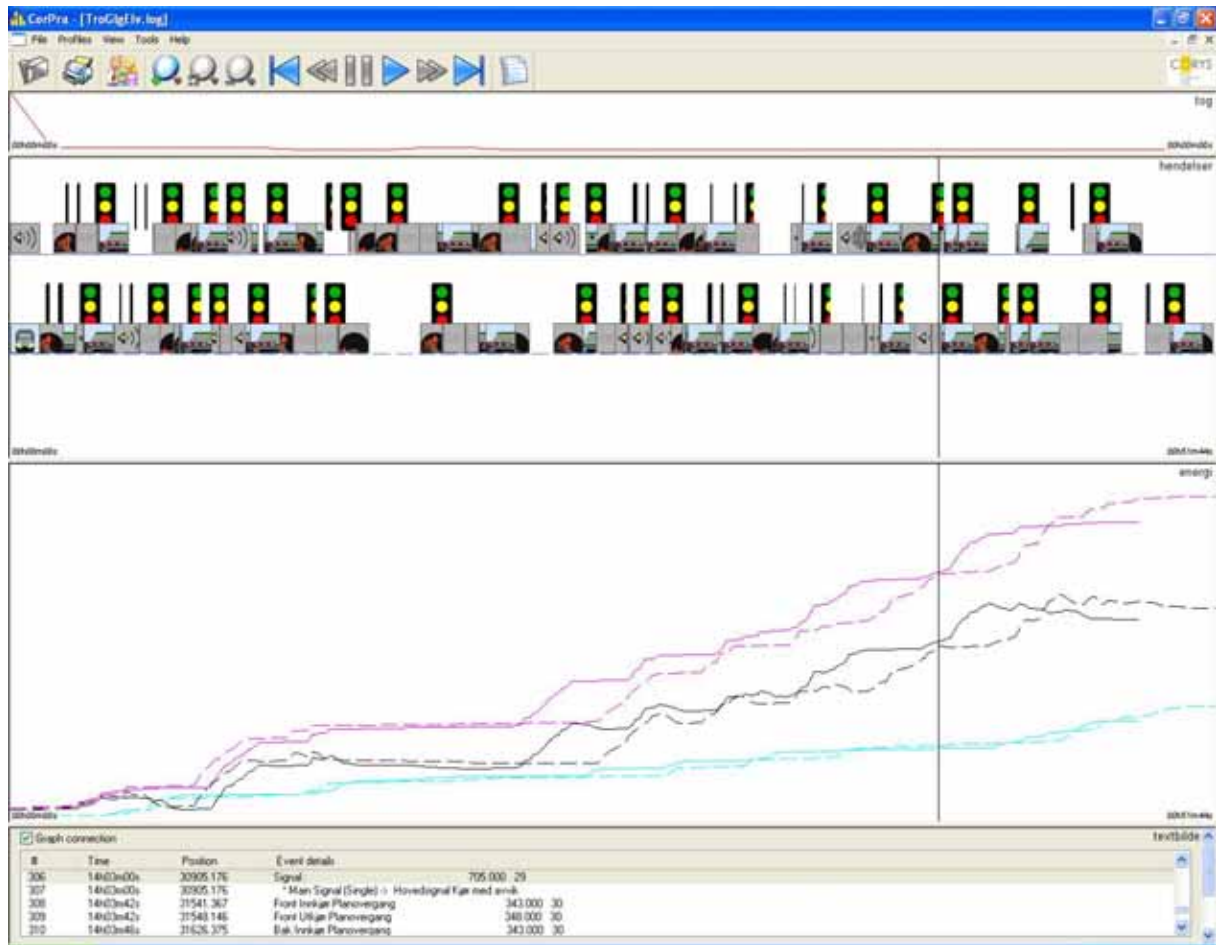
- Sette inn ulike objekter
- Signalkiftninger
- Handlinger på instrumenter på førerbord/tog
- Handlinger på selve toget

Opp mot energibesparende kjøring vil muligens værforhold kunne testes mer inngående og hvordan kjøreteknikk blir påvirket av dette. Ellers vil rutetider og hvilke rute som kjøres tilrettelegges av instruktør, ved for eksempel av trening og testing for energibesparende kjøreteknikk.

3.11 CorPra

CorPra er et analyseverktøy som gjør det mulig å utføre en grafisk analyse med hensyn på distansen eller tiden. Kjøreanalysatoren brukes til å analysere de simuleringsdataene som lagres under treningsøktene på simulatorene. Dette brukergrensesnittet brukes til å sammenlikne simuleringsdata fra ulike økter for å kontrollere elevens kjøreferdigheter ved bruk av grafer og hendelser. Instruktøren kan forandre datautvalget ved å definere flere profiler, slik at han kan gjøre bruk av flere analysekriterier.

Dette gir en mulighet til å gå igjennom prestasjonen til eleven i forhold til ulike hendelser, handlinger og teknikk på forskjellige punkter på ruten. Dette verktøyet gir en detaljert analyse på den spesifikke ruten som er kjørt. Man kan analysere, hvis ønskelig, på et senere tidspunkt uavhengig av når man kjørte simulatoren da all data er lagret. Det er også mulig å sammenligne to og to førere sammen.



Figur 15 skjermbilde av CorPra

Man kan vise grafer, hendelser (event viewer) og tekst (hva som skjer på ruten i tekstform) kontinuerlig ved avspilling.

Man kan få frem en grafisk presentasjon av disse punktene:

- Kumulativ bremseenergi
- Kumulativ energi
- Kumulativ trekkraft
- Momentan bremseenergi (ikke implementert ennå)
- Momentan trekkraft (ikke implementert ennå)
- Toghastighet
- Togets akselerasjon

Annet

- Adhesjon i sporet
- Avstand til annet tog
- Samlet forsinkelse
- Simulert tid
- Togvekt

Disse er illustrert langs en tidslinje, så man får x som tid eller vei (ikke fungerende ennå) og y for den måleverdi som er aktuell, for eksempel kW/h.

Ved Event viewer vises det hendelsesforløpet langs tidslinjen med symboler for hver hendelse etter hvert som de oppstår. Eksempler på hendelser er lyssignal, bruk av tyfon, stasjoner og lignende. De ulike typer av hendelser man kan få frem er:

- Ytre feil.
- Feil.
- Ulike flyttbare objekter.
- Signaler.
- Stasjoner.
- Togadferd.
- Passasje.

Her kan man sammenligne grafene opp mot stasjoner, signaler osv, for å se hvor godt føreren tilpasser kjøringen sin etter disse. Slik ses det om føreren utfører de riktige handlingene til rett tid med hensyn på energisparing. Et eksempel kan være "coasting" inn mot en stasjon, hvor man lett kan lese av grafen mot symbolet for stasjonen for så og se om den er riktig tilpasset med hensyn til fart og tid.

Text viewer er en beskrivende tekst av hendelsesforløpet. Denne teksten ramses kontinuerlig opp mens man går langs tidslinjen. Man har samme valg som hos Event viewer med tanke på hva som skal angis i teksten. På en lengre strekning kan det ved hjelp av Event viewer lettere finne frem til ulike handlinger, signal og stasjoner.

På Figur 15 skjermbilde av CorPra, ser man hendelser, graf og tekst og hvordan de vises i skjermbildet. Her er det to førere som blir sammenlignet opp mot hverandres kumulative energiforbruk.

Dette programmet er ideelt med hensyn på analyse av kjøreteknikk og energiforbruk. Man kan ut fra grafer se hvordan føreren legger opp sin rute i forhold til stasjoner, signaler osv, og hvordan farten, akselerasjonen og "coasting" spiller inn. Programmet vil bli sentralt med hensyn på testkjøring for å finne optimal kjøreteknikk etter norske forhold og rutetider. Også et fint verktøy til å vise lokføreren i ettertid hvordan han kunne kjørt annerledes, for å få til en mer energiøkonomisk kjøring. Noen tester og bruk av verktøyet blir kommentert i neste kapittel.

3.12 Oppsummering

Simulatortrening har mange fordeler som et treningsverktøy til å bedre prestasjoner, som kan overføres til det virkelige liv. Her er måling en viktig del. Simulatoranlegget på Sundland består 6 simulatorer til trening av lokførere, med ulike applikasjoner til å måle og analysere lokførers prestasjoner.

4 Kjøreteknikk og energiforbruk

I dette avsnittet diskuteres det hvordan man kan spare energi ved ulike kjøreteknikker. Dette for å gi et bilde av hvordan man skal tenke når man analyserer resultater fra testkjøringer. Tilslutt presenteres noen testkjøringer fra simulator.

Den eneste parameteren som kan påvirke energiforbruket på tog under selve turen, er lokføreren. Andre parametere som påvirker energiforbruket som vær, luftmotstand, antall passasjerer, adhesjon osv. er konstante parametere som under en togtur ikke kan gjøres noe med. Dette gjør at lokføreren sitter i en posisjon hvor han kan påvirke energiforbruket, i negativ eller positiv retning, derfor vil måling ned på lokførers nivå (operativ måling) være essensielt for å forstå hvordan han påvirker energiforbruket. For å påvirke i positiv retning er det viktig med kunnskap om hvordan kjøreteknikken kan endres for å minske energiforbruket.

4.1 Bedre kjøreteknikk

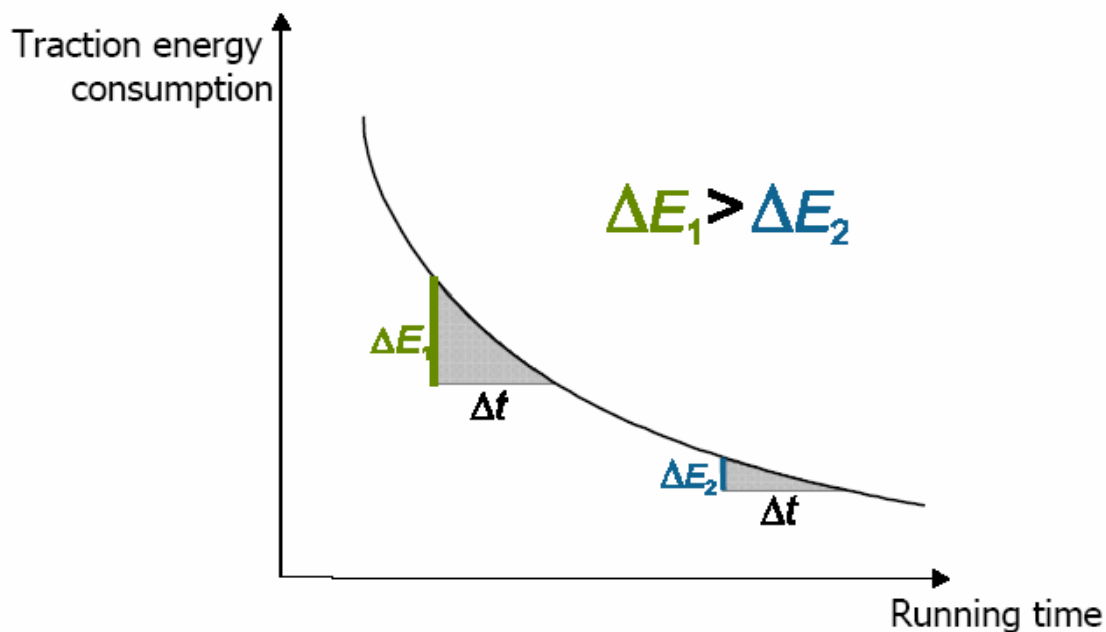
Energiforbruk for NSB persontrafikk koster i dag ca 180 millioner kr per år [møte 16.6.2005]. Forsøk fra Sverige og Tyskland viser at man kan spare opp mot 20 % energi ved kjøring i ”pendlertrafikk” dersom lokføreren kjører jevnt og unngår kraftige oppbremsinger. DB (Deutsche Bahn) har oppnådd energiforbedring etter simulatorentrening, ved testing av kjøreteknikk og opplæring/bevisstgjøring av lokførere.

Nedbremsing ved dårlig adhesjonsforhold (feste) gir store kostnader ved skader på hjul som må dreies på grunn av kraftig nedbremsing. Her vil trening i simulator på ulike kjøreforhold bidra til at færre hjul må dreies. Bremseklosser slites også kraftig ved slik nedbremsing. Lokfører vil kunne innarbeide en kjøreteknikk som medfører mer bruk av regenerativ brems (nettbrems-tilbakeføring) og i større grad unngå store hastighetsvariasjoner med påfølgende kraftig nedbremsing gjennom simulatorentrening. Dette vil gi en innsparing med hensyn på materiell og vedlikehold da reduksjon i bremsebelegg/hjul forbruk vil gå ned, og et lavere totalt energiforbruk. Denne oppgaven tar kun for seg kjøreteknikk mot et lavere energiforbruk.

4.1.1 Energibesparende kjøring

International Union of Railway(2003) mener energieffektiv kjørestrategier er den mest lovende metoden for å spare energi innen togoperasjoner. Det har et stort potensial både på kort og lang sikt. Det er gjort noen studier innen førerens atferd for å påvirke energiforbruket.

Kjører man tog etter en rute hvor man hele tiden må ha full akselerasjon, brems og fart for å holde ruten vil dette gi et høyt energiforbruk. Diverse kjøreteknikker finnes for minske dette energiforbruket, men man må regne med en liten økning i kjøretid for å få til dette.



Figur 16 Forholdet trekraft og kjøretid (Delft university of technology, 2005)

Figur 16 Forholdet trekraft og kjøretid (Delft university of technology, 2005) viser hvordan trekraft forholder seg til kjøretid. Derfor må man regne med en lengre kjøretid med mindre trekraft.

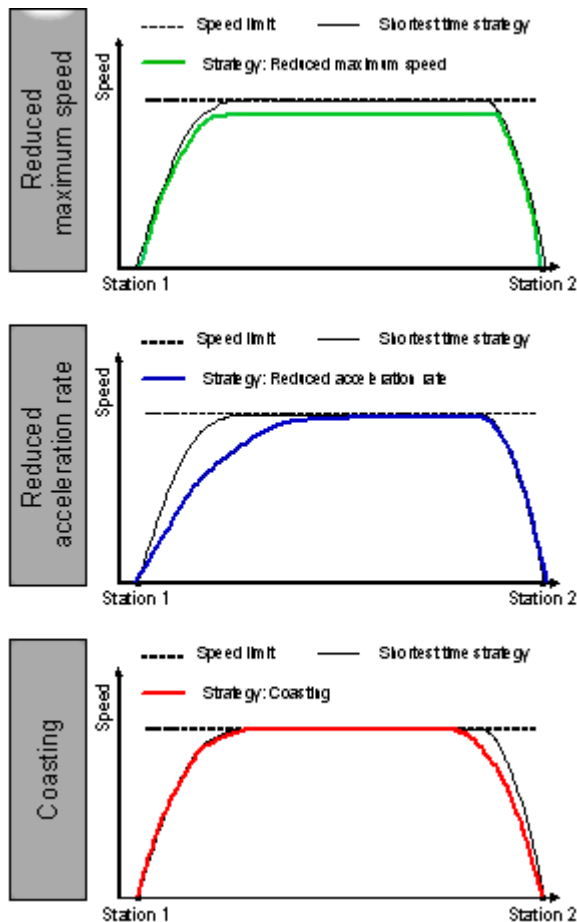
Simulatoren vil være et nyttig redskap for teste optimal kjøreteknikk etter norske forhold, rutetider og ved opplæring.

Kjøremønsteret har en vesentlig innvirkning på hvordan energiforbruket på et tog er på en gitt strekning. Det er mange faktorer som spiller inn som ruteplan, helling, antall stopp, fart på strekningen, signaler og installert trekraft. I den *dynamiske modellen* kommer i tillegg massen på toget, luftmotstand, rullefriksjon og hvordan trekraft teknologien er bygd opp og installert. Den fysiske delen av toget som masse og luftmotstand er både kostbart og vanskelig å gjøre noe med på eksisterende tog, derfor er det naturlig å spare energi på for eksempel kjøreteknikk. Normalt er det vanlig å følge rutetabellen som gir en kjøreteknikk hvor man får en kortest mulig tid på strekningen. Denne teknikken kjennetegnes ved at man har full akselerasjon opp til maksimal tillatt fart med full trekraft. Man opprettholder gjerne denne farten helt til toget må bremse ned. Ved variasjon av fartsgrense vil det gis full akselerasjon, og full nedbremsing. Full nedbremsing brukes også når toget skal stoppes ved stasjoner. Slik kjøreteknikk gir et høyt energiforbruk.

Rutetabellene har som regel en buffer sone som man har lagt inn med tanke på korte forsinkelser. Denne buffersonen er normalt mellom 5-12 prosent av minimal kjøretid. Denne tidsbufferen gir rom for en mer "rund" kjøreteknikk som gir et lavere energiforbruk. Lokførerne i Norge mener at denne bufferen er noe mindre. Ved møte 15.8.2005 ble det nevnt at i Norge lå den på et minimum på 4 %. Den kunne variere noe hvor man lå hen på ruten.

Det er i hovedsak tre teknikker som kan brukes:

- Man kan redusere den maksimale farten på toget, slik at man akselerer opp til en fart litt lavere enn den gitte fartsgrensen.
- Ved å redusere akselerasjonsraten slik at toget akselerer til maksimal fart med mindre akselerasjonskraft.
- Den tredje er ”coasting” som er at man ruller mest mulig, stenger av trekraften tidligst mulig, inn mot stasjonene uten å bruke brems.



Figur 17 Forskjellig kjøreteknikk (International Union of Railways, 2003)

Fra Figur 17 Forskjellig kjøreteknikk (International Union of Railways, 2003) ser man en grafisk presentasjon over hvordan de ulike teknikkene er tenkt utført ved å spare energi.

I tillegg har blant annet DB operert med en strategi til; hvor godt man er kjent på strekningen slik at man kan utnytte de tre foregående strategiene optimalt. Denne strategien er godt tatt imot på simulatorsenteret på Sundland, hvor de tror det er her det er mest å hente innen energiøkonomisk kjøring. Får man en innføring av hvordan man kan kjøre mer energibesparende, vil kjennskap på ruten i forhold til signaler, stasjoner og fall/stigning kunne bidra i høy grad. De fleste tog i Norge har også installert nettbrems (tilbakeføring av energi), slik at aktivt bruk av denne vil bidra ytterligere.

For å kunne opprettholde rutetider vil det være to strategier (International union of railway(2003)):

- Presentasjon og trening av førere opp mot rutetabellen med praktisk rettleiing av når man kan bruke ”coasting”, lavere fart og akselerasjon (sannsynlig for NSB og simulatorentrening). En bevisstgjøring av føreren i forhold til energibesparende kjøring.
- En dataindikasjon som hele tiden viser hva som er best for føreren (Typisk DAS – driving advice system). DAS blir sett på i kapitel 5.

Hvor mye man kan spare på de ulike teknikkene er ennå noe uvisst og avhengig av hvilke man velger. Et eksempel på en simuleringsstudie utført i Taiwan har man testet ut de forskjellige strategiene (www.railway-energy.org). Her reduserte de maksfarten fra 300 km/h til 280 km/h, akselerasjonsraten ned til 90 prosent, coasting 50 prosent tidligere enn normal nedbremsing og en ”sagtann” coasting” som vil si at de kjørte opp til 300 km/h coastet ned til 275 km/h og opp igjen osv.

Resultatet ble at ved stopping på hver stasjon ble effekten av reduksjon av akselerasjonen mindre enn redusering av farten. Ved å redusere farten fikk de en nedgang på 11 prosent av energiforbruket mot at kjøretiden økte med 3,9 prosent. Med 90 prosent akselerasjon endte de opp med en nedgang på 4,7 prosent energiforbruk og 3,5 prosent økning i kjøretid. Med stopp på hver eneste stasjon vil altså en nedgang i toppfarten gi et best kost/nytte forhold. For et tog som kun hadde tre stopp på en strekning, var ”coasting” den beste løsningen.

Simulatoren vil være et godt utgangspunkt for å prøve ut disse forskjellige strategiene og komme opp med en best mulig løsning i forhold til norske forhold. I Norge går for eksempel togene betydelig saktere enn i dette eksempelet og infrastrukturen er nok noe mer kupert. Man vil også ved simulatoren enklere bevisstgjøre lokførere under opplæring hva som kan være den riktige strategien å velge under ulike forhold slik at man oppnår en god energiøkonomisk kjøring.

4.1.2 Erfaringer innen energieffektiv kjøring

Energieffektiv kjøring er som tidligere nevnt en av de mest lovende metoder for å spare energi. DB (Deutsche Bahn) startet i 2002 et energispareprogram kalt Energiesparen. Målet med dette var å spare 10 prosent gjennom energieffektiv kjøring.

DB bruker mange av de mulighetene som er listet i tabellen: energieffektiv kjørestil, treningsprogrammer, energimålere, database for energiforbruk og belønninger til de beste førerne. Opplæringsprogrammet står sentralt i denne fasen. De bruker simulator ved denne opplæringen. Den består av 4 timer teori, 1 time simulatorentrening og 1 time evaluering. Seks timer til sammen for å lære opp lokfører til å tenke og bevisstgjøre innen energibesparende kjøring.

Effekt og resultater fra programmet i Tyskland er estimert og gir et bilde av hva de har oppnådd så langt:

Syv prosent gjennomsnittelig forbedring av førerne ble målt kort tid etter første treningsperiode. De er ikke sikre på om dette resultatet vil vare, men viser et raskt resultat kan bli oppnådd med forholdsvis enkle og billige løsninger.

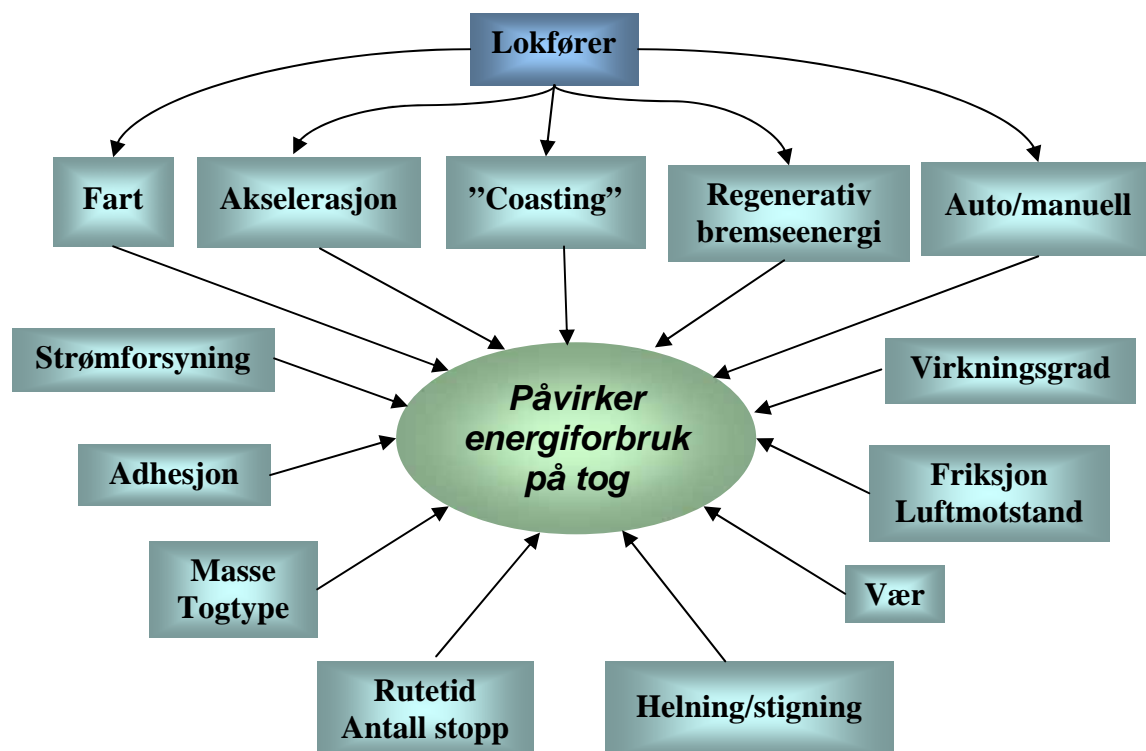
I løpet av 2004 hadde energiforbruket per km minket med fem prosent sammenlignet med 2002, på langdistanseruter. Dette er under målet på ti prosent, men ikke all trening og tilbakemelding var gjennomført på dette stadiet. De seneste målingene i 2004 viste en nedgang på opp mot syv prosent, som indikerer at de kan nå målet med ti prosent. I et

langsiktig perspektiv blir det spennende om de kan klare å få den opp mot ti prosent og stabilisere seg der. Hittil ser det ut som de har stabilisert seg på syv prosent. Kostnadene på prosjektet har så langt vært 20 millioner euro, hvor 14 000 lokførere har fått opplæring og 3500 energimålere har blitt installert. Den største kostnaden var installering av energimålere.

Nederland på sin side installerte et DAS (driving advice system) i sine tog uten noen form for opplæring innen energiøkonomisk kjøring. Målet var fem prosent energisparing. Et slikt system bidro også til bedre punktlighet på rutene. I 2005 hadde de en energisparing på seks prosent.

4.1.3 Hva påvirker energiforbruket på tog

Det er tidligere vært diskutert hva som påvirker energiforbruket på tog, og det er nevnt fart, akselerasjon og "coasting" som de tre hovedfaktorene. Men det finnes også andre faktorer som påvirker energiforbruket, noen kan testes og muligens endres, mens andre er faste konstanter som er vanskelig å gjøre noe med. Figur 18 Hva påvirker energiforbruket viser de faktorer som påvirker energiforbruket.



Figur 18 Hva påvirker energiforbruket

Lokfører er den kilden som kan påvirke energiforbruket betraktelig. Fra figuren ser man at det er fem faktorer lokfører kan påvirke: fart, akselerasjon, "coasting", regenerativ bremseenergi og auto/manuell kjøring. Regenerativ bremseenergi er tilbakeføring av energi ved bremsing. Bruker lokføreren aktivt denne funksjonen vil det kunne føre til innsparinger. Auto/manuell er hvordan lokfører kjører toget. Han kan selv bestemme om han vil bruke den automatiske funksjonen som finnes på toget eller om han vil kjøre manuelt. Den automatiske funksjonen fungerer slik at farten blir tilpasset automatisk etter hvor føreren setter hastigheten. Manuell kjøring er fartstilpassning ved hjelp av "stikka". Det diskuteres hva som er mest besparende, og etter målinger på Sørlandsbanen (Nag, 2005) viser den at automatisk kjøring er mest energibesparende. Alle disse fem faktorene kan testes mer inngående ved hjelp av simulator.

De resterende påvirkningsfaktorene er faktorer som er vanskelig eller umulig å gjøre noe med uten omfattende kostnader og arbeid. Alle disse kan også prøves ut i simulator for å få større forståelse av togets fremføring og energiforbruk. De som er mest interessante å prøve ut er masse/togtype, rutetid/antall stopp og helning/stigning på ruten. Disse tre er faktorer som kan vurderes i et langsiktig perspektiv innen energisparing da disse kan tilpasses eller påvirke kjøreteknikken til lokfører.

4.2 Testkjøring og bruk av CorPra

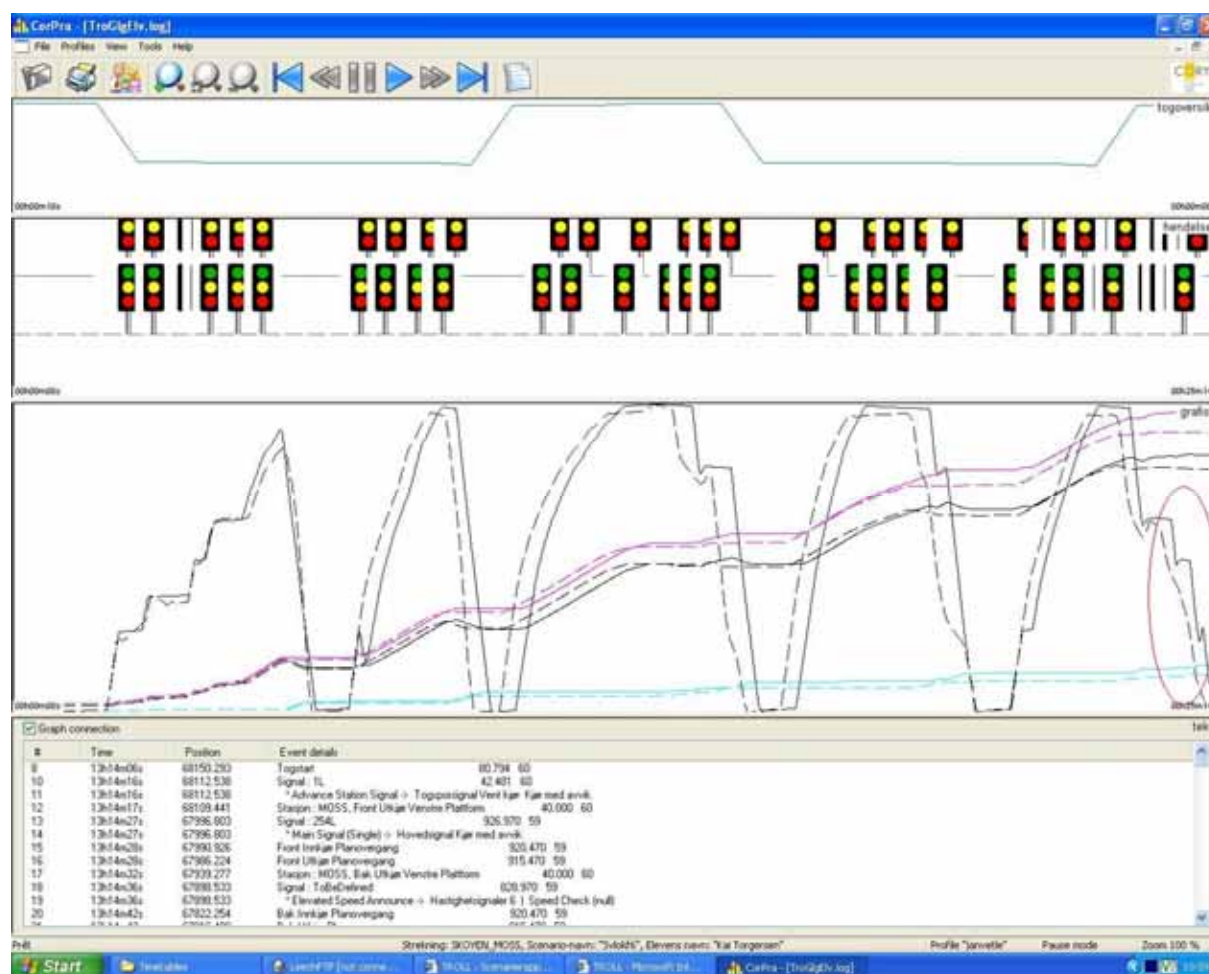
Det er blitt gjennomført elleve målinger på simulatoren. Tre målinger type 72 to togsett i multippel og åtte kjøring type 72 enkeltogsett. For å begrense oppgaven er det valgt å se på forholdet mellom auto/manuell, regenerativ bremsing og masse. Man kommer heller ikke helt bort ifra de tre hovedfaktorene fart, akselerasjon og bremsing når det skal ses på det totale energiforbruket. Ved så få målinger som det er gjort her er det ikke hensiktsmessig å bruke verktøyer som for eksempel styringsdiagram, så det vil bli sett på enkelthendelser og snittresultater.

4.2.1 Multippel togsett

Tabell 8 Mutipell togsett

Kjøring	Manuell	Auto	Energibesparende
Energiforbruk [kWh]	999,18	1087,09	799,03
Vekt [t]	422,83	422,83	422,83
Distanse [km]	35	35	35
Wh/tkm	67,5	73,46	53,99

Denne testkjøringen tar for seg en typisk ”vanlig” kjøring ved auto og manuell på en strekning på ca 25 min med fire togstopp. Lokføreren tar ikke hensyn til energibesparende kjøring og kjører slik han ville gjort ute i det virkelige liv. Kjøringene er foretatt av samme lokfører. Svart linje er farten, rosa er energiforbruk, turkis er nettbrems og siste, som også er svart, er summen av energiforbruk og nettbrems, se Figur 19 sammenligning mellom automat og manuell kjøring (Stiplet=manuell, heltrukket=automat).



Figur 19 sammenligning mellom automat og manuell kjøring (Stiplet=manuell, heltrukket=automat)

Data	Manuell	Auto	Differanse
Tid [min:sek]	25:00	25:18	00:18 (1,2 %)
Snitt hastighet [km/h]	83,81	83,00	0,81 (1 %)
Varighet togstopp [min:sek]	02:36	02:35	00:01
Distanse [km]	34,93	34,93	0
Energiforbruk [kW/h]	999,18	1087,09	87,91
Tilbakeført energi [kW/h]	132,77	168,81	36,04
Sum energiforbruk [kW/h]	866,40	918,30	51,9
Prosentvis andel av nettbremse (energiforbruk/tilbakeført energi)	13,29	15,5	2,21

Forskjellen på energiforbruk ligger på 8 % uten tilbakeføring av energi. Som man ser ut i fra grafen kommer ikke denne forskjellen før de tre siste ”toppene”. En liten nedbremsing før andre toppen gjør at automatisk kommer litt på etterskudd tidsmessig. Ved den tredje ”toppen” kommer første kryssningspunkt for et lavere energiforbruk ved manuell (rosa

indikerer energiforbruk). Dette kommer nok av en litt lavere topphastighet og en ”rondere” kjøring mot neste stasjon. Slik er kjøringen også på fjerde topp, og automat kjøring tar igjen de sekundene den lå etter. Mot siste topp ligger de to helt likt i forhold til tid. En liten akselerasjons feil i auto gjør at manuell igjen får et lite forsprang. Manuell kjører igjen med en lavere toppfart og har en penere deselerasjon mot stasjonen. Ved kjøring i auto ser man at fører har satt farten gradvis nedover slik at toget bremses ned, for så igjen gi litt gass. Dette kommer av at farten for eksempel blir satt på 90 km/h, toget vil da bremse ned til 90, men kommer gjerne litt under 90 km/h slik at den må gi litt gass for å stabilisere seg. Dette gjentas fire ganger mot stasjonen, og bør unngås (Se rød sirkel). I dette tilfellet kunne føreren vært litt flinkere i auto for å unngå denne ”hakkingen”, eller at regulatoren i automat ikke er fintfølende nok. Allikevel har manuell en høyere snittfart, lavere energiforbruk og bruker mindre tid, som viser at kraftig nedbremsing fører til høyt energiforbruk, men ikke trenger ha så stor innvirkning på tid og fart.

Her ser man at små justeringer utgjør en hel del med tanke på energiforbruket. 8 % lavere energiforbruk ved å få til en ”rondere” kjøring er noe å ta til etterretning. Unngå hakkete kjøring ser ut til å utgjøre en del. Automat/manuell ses på nærmere i neste kapittel.

Det ble gjort en kjøring på samme strekning, typisk mest mulig energiøkonomisk for å illustrere hvor mye man kan spare og hvor mye innvirkning dette har på tiden. Her blir det også sett på ”coasting” i forhold til bruk av nettbrems, og hvor mye nettbremsen gir i forhold til å trille inn mot stasjonen. Innfører en ny indikator: prosentvis andel av nettbrems (tilbakeført energi/energiforbruk) for å illustrere dette.


Figur 20 Energibesparende kjøring og Auto (Heltrukket=EB, Stiplet=auto)

Her er en sammenligning mellom auto og en mer energioekonomisk kjøring. Kjøringen er ikke helt optimal, men en illustrering som muligens er et slags ytterpunkt da man har brukt "litt av alle" de energibesparende kjoreteknikker som finnes. Tanken var litt mindre akselerasjon, aktiv bruk av "coasting" og regenerativ bremsing, lavere toppfart og fordelen med å være kjent på strekningen. Man ser på hastighetsgrafen på den energibesparende kjøringen at det er mange forbedringer som kunne blitt gjort, og skillet kunne blitt enda større.

Data	Eco	Auto	Differanse
Tid [min:sek]	28:08	25:18	03:10
Snitt hastighet [km/h]	74,51	83,00	8,49
Varighet togstopp [min:sek]	02:51	02:35	00:16
Distanse [km]	34,93	34,93	0
Energiforbruk [kW/h]	799,03	1087,09	288,06 (26,5%)
Tilbakeført energi [kW/h]	138,88	168,81	29,93
Sum energiforbruk [kW/h]	660,15	918,3	258,15 (28,1%)
Prosentvis andel av	17,4	15,5	1,9

nettbrems (tilbakeført energi/energiforbruk) [%]			
--	--	--	--

Som man ser fra tabellen blir det en betydelig økning i tiden det vil ta og kjøre strekningen. En økning på over 11 prosent er mye, og uakseptabelt. På en annen side så faller energiforbruket betydelig, så mye som oppunder 27 prosent hvis man ser bort fra bruken av nettbrems. Med nettbrems vil den være litt over 28 prosent da bruken av nettbrems gir en større andel ved energiøkonomisk kjøring enn ved auto. Dette er verdt å legge merke til. Her har føreren gått aktivt inn for å trille, men allikevel blir tilbakeføringen minst like høy som ved aktiv bruk av nettbrems, kraftigere bremsing men med bruk av nettbrems. Dette kan indikere at det lønner seg med "coasting" istedenfor aktiv bruk av nettbrems inn mot stasjoner. Dette må testes mer inngående, og kan være meget interessant med tanke på videre studier.

4.2.2 Enkelttogsett

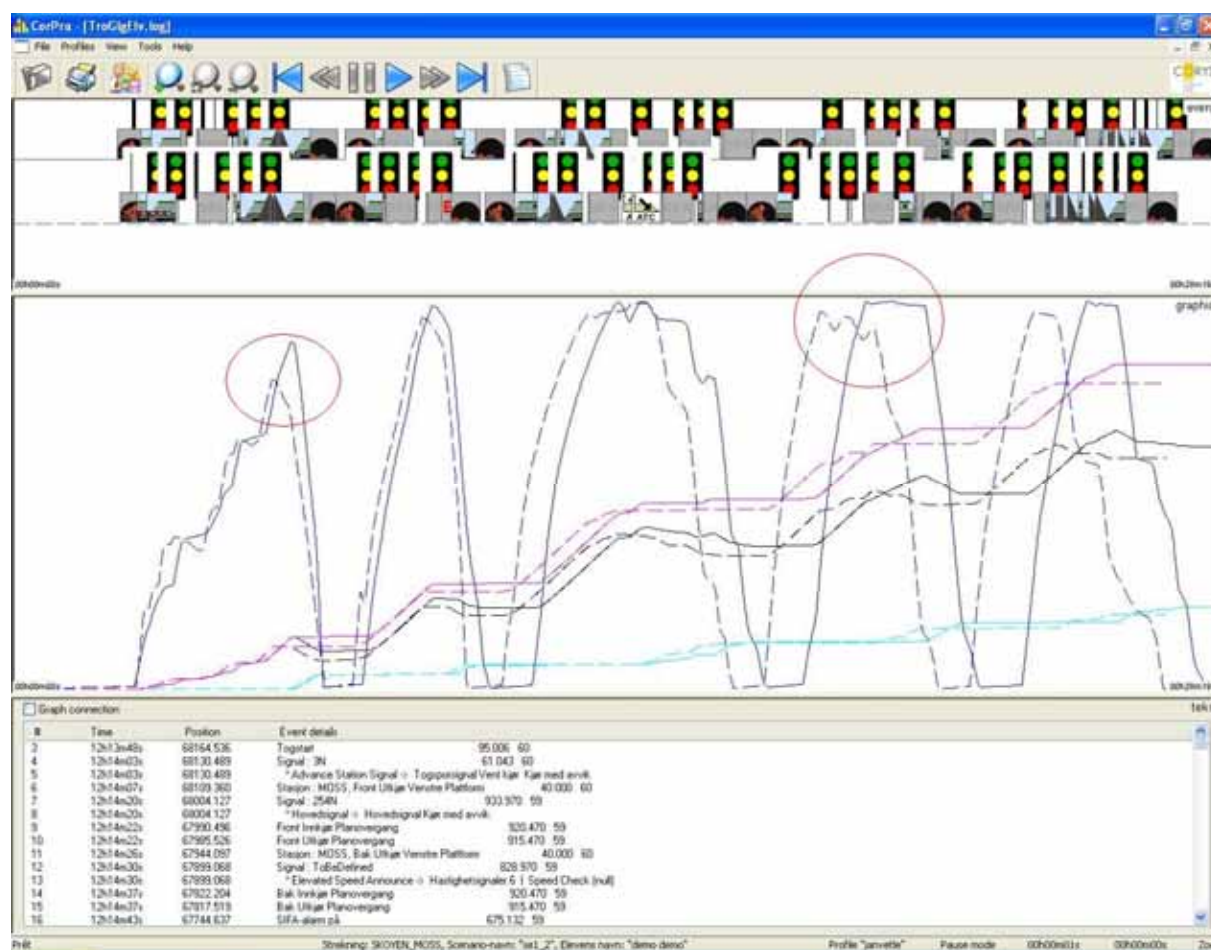
Her er det foretatt åtte kjøring, fra tre ulike lokførere, og det har ikke blitt tatt hensyn til energisparende kjøring, og tilbakemating av energi. Ruten er den samme som ved multippel og det foretas fire togstopp. Ved kjøring i manuell er det tre ulike lokførere, og ved auto er det to.

Tabell 9 Energiforbruk uten tilbakeført energi

Kjøring	Manuell [kW/h]	Auto [kW/h]
1	787,359	918,334
2	787,635	922,628
3	837,815	918,420
4	797,965	908,976
Snitt	802,694	917,090

Som Tabell 9 Energiforbruk uten tilbakeført energi viser, har manuell et betydelig lavere energiforbruk ved manuell enn ved automat. I snitt på disse fire kjøringene har manuell 12,5 prosent lavere energiforbruk. Den største forskjellen gir et utslag på 14,6 prosent. I det følgende ses det på noen eksempler på hvorfor man oppnår så store ulikheter.

Alle kjøringene ser ut som er kjørt noenlunde likt med hensyn til energiforbruk, utenom kjøring 3 i manuell som skiller seg litt ut. Sammenligner man kjøring 1 og 3 i manuell kan man finne ut denne forskjellen. Se Figur 21 Sammenligningen mellom kjøring 3 og 1 i manuell (3=heltrukket, 1=stiplet)



Figur 21 Sammenligningen mellom kjøring 3 og 1 i manuell (3=heltrukket, 1=stiplet)

Tabell 10 sammenligning kjøring 3 og 1 manuell

Kjøring	3 (manuell)	1 (manuell)	Differanse
Snitthastighet [km/h]	74,11	77,54	
Varighet togstopp [m:s]	03:30	02:45	00:45
Tid [m:s]	28:23	27:05	01:18
Energiforbruk [kWh]	837,815	787,359	6 %

Fra Tabell 10 sammenligning kjøring 3 og 1 manuell viser den at snitthastigheten er høyere på kjøring 1. Dette kan komme av at kjøring 3 har noe lengre togstopp. Kjøring 3 har lengre togstopp, men allikevel bruker lenger tid på distansen ser man bort fra togstoppene, 33 sekunder. Ser man på første topp er det allerede her kjøring 1 tar igjen kjøring 3 med hensyn til energiforbruk. Kjøring 3 akselerer opp til en høyere toppfart enn 1 og må da ha en kraftigere nedbremsing inn mot stasjonen. De når første stasjon på nøyaktig likt tidspunkt. Dette gjentar seg på fjerde topp. Dette er et eksempel på at toppfart med kraftig nedbremsing bruker mye energi, men trenger nødvendigvis ikke spille inn på tiden som blir brukt på strekningen.

Tabell 9 Energiforbruk uten tilbakeført energi viser klare forskjeller mellom automat og manuell kjøring. Fra grafene til samtlige automatiske kjøring ser en klar trend på hvorfor energiforbruket er høyere (Vedlegg B). Ved å kjøre på automat gis det full akselerasjon opp til toppfart, blir liggende der, helt til det må bremses for fullt inn mot hver eneste stasjon.

Dette kommer av at lokfører setter den fart han vil ha på toget, for så bare og vente til han må bremse inn mot stasjonen. Slik kjøring fører til et høyt energiforbruk. I forhold til de manuelle kjøringene ses det at akselerasjonen blir noe mer "hakket opp" slik at man nesten ikke når toppfart før man må bremse ned. Det ser også ut som nedbremsingen på disse kjøringene går noe mer rundere og ikke så kraftig. Som et eksempel er det valgt å sammenligne kjøring 4 i manuell og 4 i automatikk.

Tabell 11 Sammenligning kjøring 4, automat og manuell

Kjøring	4 (automat)	4 (manuell)	Differanse
Snitthastighet [km/h]	78,18	76,10	
Varighet togstopp [m:s]	02:35	2:44	00:09
Tid [m:s]	26:53	27:39	00:46
Energiforbruk [kWh]	908,98	797,97	12,2 %

Igjen viser det seg automat har høyere snitthastighet, de har forholdsvis like togstopp, og automat bruker 37 sekunder kortere tid enn manuell. Det er omtrent 2,5 % økning i tid, men allikevel gir det så mye som 12,2 prosent lavere energiforbruk.



Figur 22 sammenligning kjøring 4, automat og manuell (automat=stiplet, manuell=heltrukket)

Fra Figur 22 sammenligning kjøring 4, automat og manuell viser den en klarere forskjell mellom kjøringene. Andre, tredje og fjerde topp på grafene illustrerer at manuell ikke akselerer like kraftig og når så vidt toppfarten før nedbremsing. Grafene for energiforbruk indikerer at det er her det store skillet mellom energiforbruket oppstår, da skillet mellom disse

to blir større etter hver topp. Siden automat akselerer såpass kraftig når den toppfart tidlig og holder denne farten helt til nedbremsing. Dette ses spesielt godt på topp tre og fire.

Man får et mye større pådrag ved automat enn manuell ved simulator, noe som ikke gjenspeiler det virkelige liv. Ved kjøring i *simulator* er det rom for å tro at det er enkelheten ved å kjøre automat, gjør at føreren har lettere for å gi full gass opp til toppfart, for så bremse ned mot stasjonen. For bedre sammenligning må det gjøres nye tester ved at man er bevisst ved kjøring i automat slik at pådraget og toppfarten blir lavere.

Forholdet mellom automat og manuell kjøring kommer tydelig frem ved hjelp av grafer. På de fire kjøringene som er gjort ser man at spredningen på kjøringene er mindre ved automat, men med et høyere energiforbruk.

4.2.3 Massens innvirkning

Det er blitt gjort målinger på enkelttogsett og multipell togsett. Forholdet mellom massen er stor. Kjøringene er utført på samme strekning og det vil være mulig og se på massens innvirkning på energiforbruket. Bruker da indikatoren energiforbruk per tonn kilometer Wh/tkm. Velger også å se bort ifra den energibesparende kjøringen som ble gjennomført ved multipell. For å få en enkel oversikt blir det tatt snittet av de åtte kjøringene på enkelt togsett og snittet av de to kjøringene som er gjennomført ved multipell togsett.

Tabell 12 Massens innvirkning

	Multipell togsett	Enkelt togsett
Vekt [tonn]	422,83	155,37
Snitt energiforbruk [kWh]	1043,14	859,89
Distanse [km]	35	35
Wh/tkm	70,48	158,13

Tabell 12 Massens innvirkning, kan umulig være riktig. Ved å øke massen 2,7 ganger øker ikke energiforbruket mer enn 17,6 prosent som utgjør en drastisk forskjell på energiforbruket per tonn km. Her er det noe feil. Den mest sannsynlige feilen er ved innstillingene av simulatorens beregningsverdier, i forhold til det som kommer ut på EOR rapporten. Dette kan enten være feil registrering av massen, eller feil beregning av energiforbruket. Kjøringene multipell togsett ble gjennomført i sommer 2005, mens enkelt togsett ble kjørt høst 2005. Mellom disse kjøringene er det foretatt oppdateringer og endringer på simulatoren som også kan ha ført til denne usikkerheten ved tallenes verdier. Dette må klarlegges før videre bruk av simulatoren til slike analyser.

En annen feil kan være at enkelt togsett, egentlig er multipell togsett. Dette fremkommer ikke av EOR arkene (se vedlegg A), og kan vanskelig begrunnes, men energiforbruket blir mer korrekt ved denne antagelsen.

De grafiske analysene som fremkommer i tidligere kapiteler viser fortsatt stor troverdighet, da disse registrerer førerens handlinger med hensyn til farten.

4.2.4 Sammenligning simulerte og faktiske målinger

Ute i det virkelige liv er det blitt gjort målinger på togstrekning 73, 77, 82 og 84 på Sørlandsbanen av togtype 73. Simulatoren tar utgangspunkt i togtype 72, og det finnes ingen målinger av denne togtypen. Det må da sammenlignes med togtype 73 hvor det er gjort målinger. Nag (2005) har undersøkt disse målingene som er gjort på Sørlandsbanen og har

kommet frem til at energiforbruket per tonn kilometer (Wh/tkm) ligger mellom 30 – 45 avhengig av hvor på strekningen man befinner seg og at automatisk kjøring var noe mer energibesparende.

I simulatoren var manuell kjøring den desidert mest energikrevende kjøreteknikken, noe som ikke gjenspeiler det virkelige liv. Her er det rom for å tro, som tidligere nevnt, at atferden har stor innvirkning ved kjøring på simulator.

Ser man på tabell Tabell 12 Massens innvirkning, ligger enkelt togsett høyere enn disse målingene. Farten som kjøres på den simulerte strekningen er meget høy, opp mot 160 km/h, som er grunn for dette. Kw/tonnkm, 70,48, fra multipell togsett kan virke som en sannsynlig verdi, mens fra enkelttogsett er verdien altfor høy. Det må bli foretatt flere målinger for å sammenligne simulatoren mot det virkelige liv, og man må få flere målinger fra det virkelige liv fra togtype 72 for å få et bedre sammenligningsgrunnlag. Kjøringer på mer aktuelle ruter i forhold til norske forhold må også gjøres, for å få et bedre bilde av simulatorens troverdighet.

Det vil være vanskelig å sammenligne det virkelig liv med simulatoren på nåværende tidspunkt, da det er gjort for få målinger og datagrunnlaget er for usikkert.

4.3 Diskusjon

Ved simulatoren er manuell kjøring mest energibesparende. Dette kommer av at pådraget ved automat er betydelig høyere enn ved manuell, og toppfarten nås raskere, for så å gi full nedbremsing. Farten er den faktoren som påvirker energiforbruket mest, høy toppfart over tid gir et høyt energiforbruk. Dette kan løses ved at nedbremsingen starter tidligere slik at farten ikke opprettholdes helt til det må bremses ned. Ved manuell kjøring gjøres dette, da føreren så vidt når toppfarten før nedbremsing, hvor energiforbruket blir lavere, som gir en liten økning i tiden som blir brukt på ruten, men ikke mer enn 2-3 prosent og omtrent 12 prosent lavere energiforbruk. Dette viser at det er mulig å redusere energiforbruket med en liten endring i tiden, men med et langt lavere energiforbruk. Ved automatisk kjøring kan dette testes mer inngående, ved å bevisstgjøre føreren til å ikke gi fullt pådrag hele veien, for så å se om automat kan komme ned på samme nivå som manuell.

Kjøring av simulator gjør at føreren slapper mer av enn ved kjøring i det virkelige liv. I automat trenger ikke føreren å ta hensyn til noe, utenom å stille inn farten, for så å bremse ned mot hver stasjon. Dette gir et høyt energiforbruk, da akselerasjon og fart er maksimal hele veien. Atferden til føreren er nok noe annerledes i en simulator enn i det virkelige liv, da føreren slapper mer av i en simulator. Dette kan ses på i videre studier, og simulatoren kan brukes som verktøy for å finne mer ut av dette, for å sammenligne med det virkelige liv.

Massens innvirkning ble dessverre ikke helt som forventet da dataene ikke kan være riktige. Dette viser viktigheten og vanskeligheten ved korrekt innsamling av data. Det må ikke gjøres ukritisk og det må kvalitetssikres. Slikt er god erfaring å ha med seg videre.

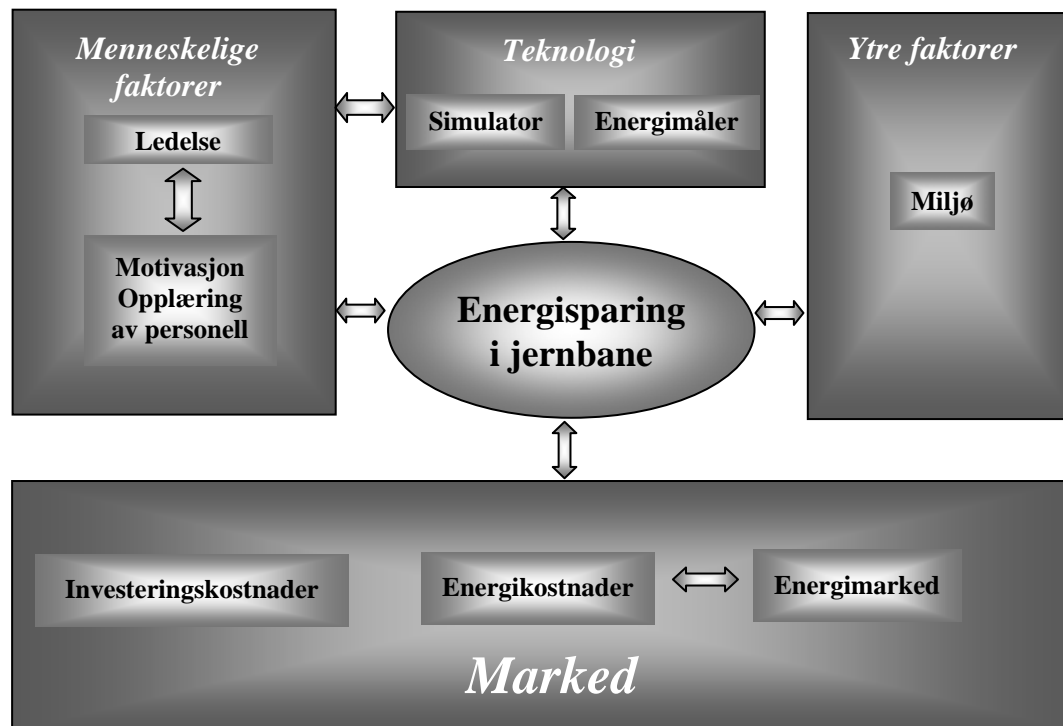
Simulatoren har mange muligheter som verktøy. Som vi ser fra figur 19 er det mange faktorer som spiller inn på energiforbruket som kan prøves ut på simulatoren:

Hva koster et stopp? Hvor mye energi kan man spare ved å øke rutetiden? Mye energi sparer man ved å senke farten fra 100 til 90, og hva med rutetiden? Hvor mye kan spares ved regenerativ bremsing?

Dette er bare noen få spørsmål som man kan få testet ved simulatoren og muligens få noen svar på.

4.3.1 Rammeverk

Energisparing er blitt en viktig del av NSB sin langsiktige plan, med tanke på økonomiske besparelser og et miljøriktig omdømme. Figur 23 Forhold mellom menneske, teknologi, marked og ytre faktorer viser et overordnet rammeverk over hvilke faktorer som spiller inn med hensyn på energisparing.



Figur 23 Forhold mellom menneske, teknologi, marked og ytre faktorer

Energimarkedet er en faktor som er ekstern og kan ikke gjøres noe med. Andre, som motivasjon av personell, er en faktor som kan påvirkes i stor grad. Den viktigste forbindelsen å legge merke til er linken mellom teknologi og menneskelige faktorer hvor den største utfordringen ligger. Her gjelder to ting; hvordan motivere og lære opp personell til å tenke energibesparende, og hvordan bruke simulatoren som et verktøy for å oppnå dette. Det vil være viktig med god kommunikasjon mellom simulatorsenter og analyseavdelingen for å få dette til, da simulatoren vil være et essensielt verktøy for å nå målet med ti prosent energibesparelse.

4.4 Oppsummering

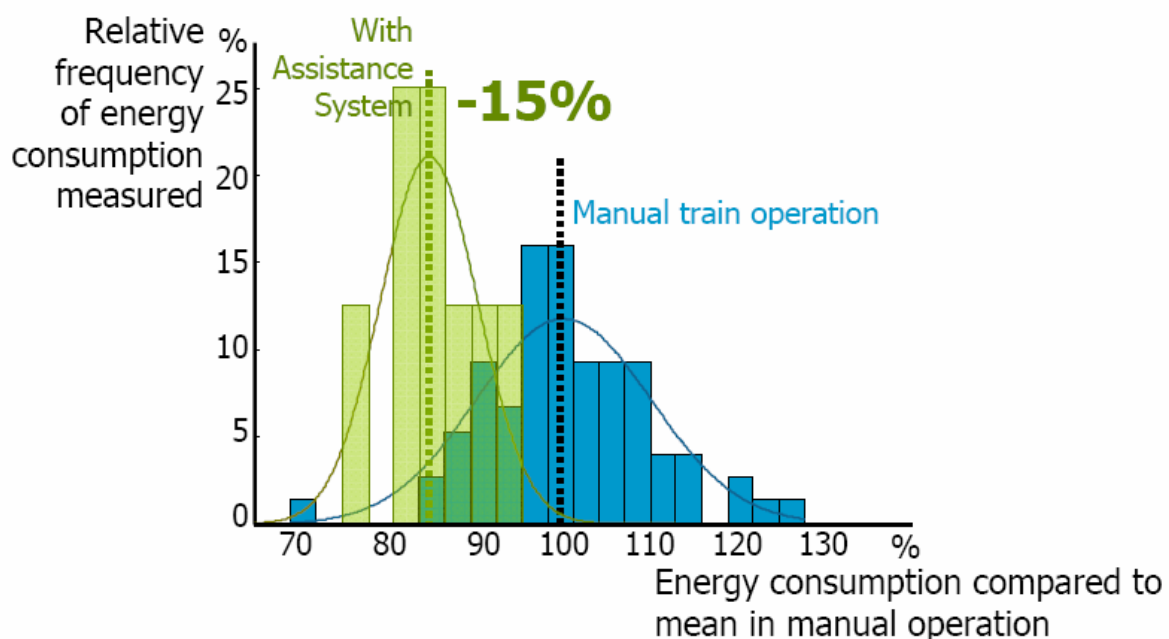
I dette kapitlet er det blitt gjennomgått hva som menes med energibesparende kjøring og hvilke teknikker som kan brukes. Fart, akselerasjon og coasting som de tre viktigste parametrene. Testkjøringer ved simulatoren har blitt analysert og de viser at manuell kjøring er den mest energisparende kjøreteknikken ved simulatoren, når man ser bort ifra energibesparende kjøreteknikk.

5 Fremtidige metoder og forbedringer

Tidligere i oppgaven er det blant annet nevnt litt om DAS (Driving advice system) og fordelene med dette. I dette kapitlet vil det bli tatt for seg mer inngående om disse systemene med noen eksempler. Videre vil det ses på noen konkrete forbedringsforslag på applikasjonen CorPra, for å bedre prestasjonsmålingene på simulatoren.

5.1 DAS – Driving Advice System

Driving advice system er et verktøy som befinner seg om bord i toget som gir anbefalinger til føreren om en mer energieffektiv kjørestil. Hovedprinsippet er at systemet kalkulerer den optimale kjøremønster i forhold til rutetid og energi for den aktuelle ruten.



Figur 24 Kilde: TUDelft (Delft university of technology)

Figur 24 Kilde: TUDelft (Delft university of technology) viser et lite eksempel på hvor mye man kan spare på et DAS system i forhold til manuell kjøring. Simuleringstesting utført ved University og Technology Delft i Nederland.

De første som var ute med et slikt system var "The Scheduling and Control Group" i Australia (Howlett, Milroy, Pudneu, 1993). De utviklet to separate systemer for å minimalisere energiforbruket på tog, "Metromiser" for lokaltog og "Freightmiser" for langdistansetog.

"Metromiser" systemet forbedrer punktligheten og reduserer energiforbruket på lokaltog. På lokaltog beregner systemet den beste akselerasjonen, når man skal coaste og bremse. Som regel gir den signal om en rask akselerasjon, coasting så tidlig som mulig for så å bremse. Metromiser hjelper føreren til å minimalisere energiforbruket ved å sammenligne det tidligste punktet hvor man kan coaste imot tidtabellen, slik at toget når stasjonen til rett tid. Systemet er "intelligent", slik at det lærer seg den mest optimale coasting og bremse teknikken på hver rute. Første året dette ble testet i Australia, hadde de en besparelse på 13 prosent. Etter bedre implementering av systemet oppnådde de i Melbourne en energibesparelse på 30 prosent. Skepsisen til dette systemet ligger innen sikkerheten, hvor noen få sikkerhetsingeniører mener

at Metromiser sin teknologi ikke samkjører nok med automatisk togstopp teknologien som brukes innen tog.

For langdistansetog er det vanskeligere å lage et slikt system (Howlett, Milroy, Pudneu, 1993). Dette er i bakgrunn av at strekningen er betydeligere lengre med veldig mange flere parametere som ligger til grunn som for eksempel stigning/helning som er vanskelig å få en oversikt over på en lang strekning. Mellom 1990 og 1999 ble det utviklet mye god teori rundt optimalisering innen langdistanse kjøring av tog, og systemet blir testet i Australia.

I dag er det Siemens som har ansvaret for produksjonen av Metromiser. De garanterer energibesparelser på 15 prosent (www.siemens.com). De har også spesielt fulgt opp sikkerhetsproblematikken som tidligere var nevnt som et problem.

Tyskland ved DB har også noen erfaringer med et slikt system (International Union of Railways, 2003). De mener det er vel så viktig med bevisstgjøring, erfaring, dyktighet og motivasjon ved å kjøre energibesparende som å innføre et DAS system. Det viser seg også at ved forsinkelser, kan systemet ikke brukes. Ved DB var det 50 prosent av turene hvor DAS systemet ikke ble brukt. Mange førere så heller ikke vitsen med dette systemet og unnlot å bruke det. Dette gjorde at besparelsene ikke ble så store som antatt, mellom 5 og 10 prosent. Ved simulering hadde de oppnådd et teoretisk resultat på å spare 21,3 prosent, uten DAS på 14,9, og med hensyn til forsinkelser ville gjennomsnittet bli 7,5 prosent besparelse. I Nederland hadde de en reduksjon på 6-7 prosent med DAS system. Denne verdien er mye lavere enn det teoretiske potensialet, og de mener at dette kommer av at lokførere ignorerer systemet og ikke tenker nok energibesparende. Bevisstgjøring er et nøkkelement for å lykkes.

Noen andre ulemper ved DAS (International Union of Railways, 2003):

- DAS systemet kan være feil programmert og vil føre til forsinkelser, som igjen kan føre til mistillit til systemet
- Lokførere kan føle seg truet av et slikt system, da det er i retning av fullautomatiserte tog
- Hvis ikke lokførerne er godt nok kjent med systemet, vil de ikke forstå systemet og de anbefalinger det gir og ser på det som unødvendig.

”Driving advice system” er et system som er vel fungerende i mange land. Energibesparelsen er ligger under det man kan forvente med bakgrunn i teoretisk kalkulering, men allikevel bra. Skepsisen ligger i om man får tilbakebetalt investert verdi og usikkerheten blant lokførere. Teknologien i seg selv er ikke så kostbar. Det som er kostbart er implementeringen inn i organisasjonen, som også tar langt tid. I et langsiktig perspektiv, vil DAS bli bedre og få større aksept og vil bli et nyttig verktøy.

NSB skal først og fremst bevisstgjøre føreren på kjøreteknikk og ikke ta i bruk DAS system i første omgang (ikke helt avklart). En mulighet kunne vært og hatt et Driving advice system installert på en av simulatorene på Sundland, både til opplæring og visualisering, til testing, optimalisering, kost/nytte analyser for å se hvor mye et slik system kan bidra. DAS kan ses på som et konkret ”instrumentpanel” innenfor måling av operativ prestasjon, da den vil gi kontinuerlig tilbakemelding under kjøringen om best mulig energieffektiv kjøreteknikk. Den vil navigere lokføreren frem til et optimalt kjøremønster.

Innen opplæring og visualisering vil et slik system hele tiden rettlede føreren til en mest energiøkonomisk kjøring opp mot den aktuelle ruten. DAS på en simulator vil bidra i sterk

grad til å bevisstgjøre og vise lokføreren mer, enn kun å ha presentasjon og testkjøring. En indikasjon på når og hvor det er best å utføre de forskjellige strategiene gjør det mulig for føreren å utføre de riktige handlingene på rett sted til rett tid kontinuerlig.

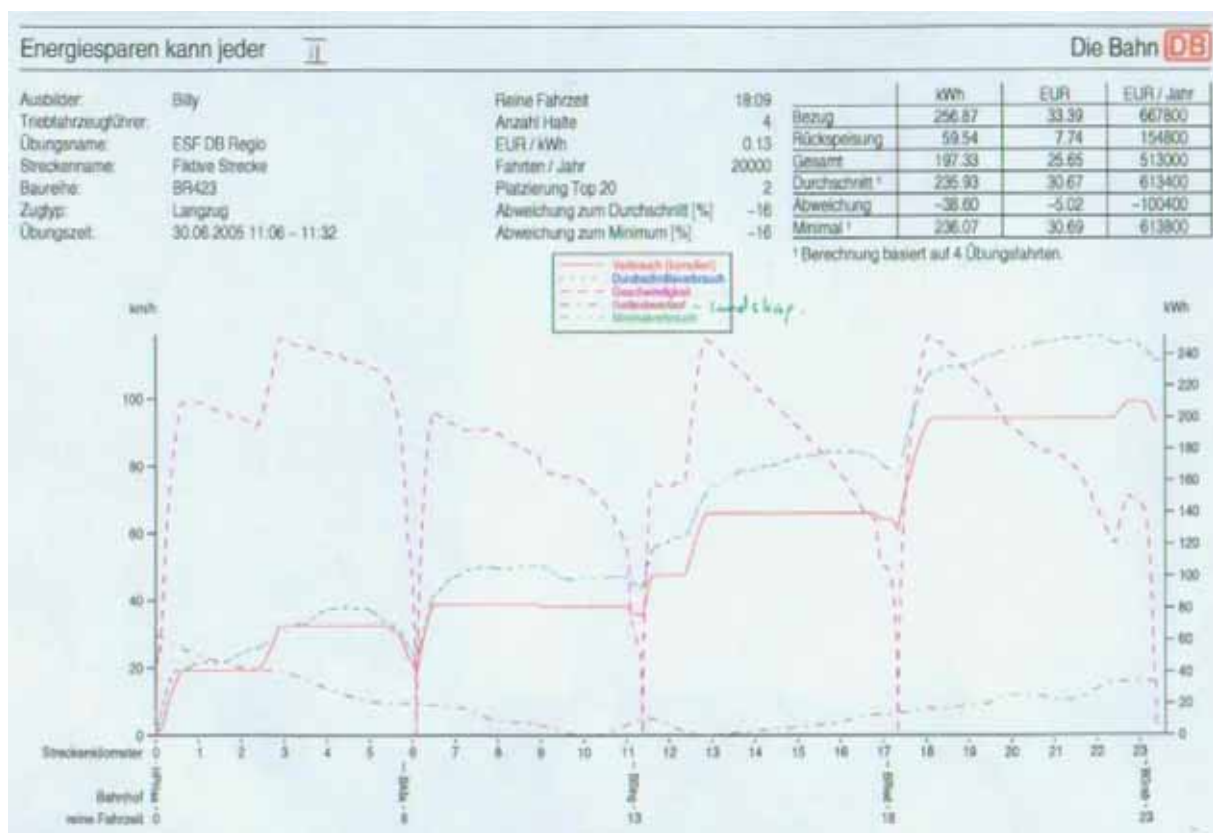
NSB har ennå ikke vært så mye inne på tanken med å prøve ut et slikt system, da energisparingsprosjektet er i en tidlig fase. Simulatoren vil være et godt utgangspunkt å prøve et slikt system etter norske forhold, for å finne ut nytten av eventuelt et slikt system installert i sine tog. Her kan man få simulert og beregnet systemets begrensninger og muligheter.

5.2 Softwareforbedringer CorPra

CorPra programmet har noen mangler som ville vært nyttig å ha med for å bli et bedre verktøy for analysering av kjøreteknikk.

5.2.1 Bildebehandling

Programmet har i dag ingen funksjon for bildebehandling av for eksempel grafer. For å få grafene digitalt må print screen funksjonen brukes, som gjør at du får et bilde av det skjermen viser. Dette er tungvint og tar ekstra med tid, og ikke spesielt brukervennlig. Det skulle vært en funksjon som ga et digitalt bilde av grafene, med forklarende tekst over hva de forskjellige grafene betyr, og noen primærtall, som for eksempel energiforbruk, tilbakematet energi, netto energiforbruk, massen av toget, indikatoren wh/tkm og lignende. Et slik skjema bør være digitalt slik at det enkelt kan brukes til arbeid ved en PC, ved for eksempel presentasjoner og analyser. Die Bahn opererer med noe tilsvarende, hvor man får en bedre oversikt over grafene og dens betydning.



Figur 25 DB simulatorutskrift

Figur 25 DB simulatorutskrift viser hvordan DB har løst dette med noen primærtall fra kjøringen som er foretatt, forklarende tekst til hver graf og x og y har verdier slik at det er enkelt å se hvor stor hastighet det er og hvor på strekningen man befinner seg. Dette bør også implementeres i CorPra på Sundland, slik at man kan få en slik fremvisning av grafene både som en pen presentasjon og i digital form.

5.2.2 Helningsgraf

En graf som viser helningsgrad på ruten som blir kjørt vil være til stor nytte. I nåværende situasjon, uten en slik graf, er det vanskelig å se forholdet mellom energiforbruket og om det er helning eller stigning på strekningen. Helningsgraden påvirker energiforbruket ved motbakke, mer energi trengs, og nedoverbakke hvor man bruker mindre energi. Det blir mer forståelig og se hvordan toget reagerer i forhold til fart, akselerasjon og energiforbruk ved å ha en slik graf til sammenligning med de andre grafene. Fra Figur 25 DB simulatorutskrift ser man at DB opererer med en slik graf.

5.2.3 Help funksjon

Det finnes ingen help funksjon på CorPra som kan gi hjelp eller veiledning til bruk av softwaren. Dette er som regel standard på en slik applikasjon, og bør være tilgjengelig så det blir mer brukervennlig. Også til stor nytte når ulike personer skal benytte seg av programvaren, som ikke nødvendigvis er kjent med programvaren.

5.2.4 Momentanverdier

Det finnes en funksjon på programmet som sier den kan plote momentanverdier på energiforbruket. Denne er ikke tilgjengelig og kan være et interessant hjelpemiddel for analysering av energiforbruket.

5.3 Oppsummering

DAS er et verktøy som gir anbefalinger til føreren om energieffektiv kjøreteknikk. Det teoretiske potensialet er høyere enn det som faktisk er oppnådd, men ulike aktører har hatt suksess med DAS verktøy.

Noen finnes noen forbedringer på applikasjonen CorPra hos NSBs simulatorsenter som kan bedre analysen og målingene.

6 Konklusjon

I det følgende blir det trukket noen konklusjoner ut fra arbeidet med denne oppgaven.

Litteraturstudiet i kapittel 2, som omhandlet prestasjonsmåling, har vist at måling handler om å danne et "instrumentpanel" for å navigere en organisasjon i riktig retning. Prestasjonsmåling kan skje på flere nivåer. Innen jernbanedrift med måling mot energiforbruk og kjøreteknikk, blir en operativ prestasjonsmåling mest hensiktsmessig i første omgang. Å ha et velfungerende prestasjonsmålesystem anses som en nødvendighet for å lykkes i forbedringsarbeid. NSB har fått til sitt forbedringsarbeid, som blant annet vises ved den siste tid forbedringer i punktlighet. Når de skal starte med målinger på energiforbruket på tog er det viktig at de har et målesystem og bruker dette, og da vil Kvaaviks metode være et godt utgangspunkt.

Simulering er en viktig brikke i en opplæringsfase hvor forholdene for reel trening kan være vanskelig å gjennomføre, primært med hensyn til sikkerhet og kostnader. Ved simulering ligger forholdene til rette for både kvalitativ og kvantitativ prestasjonsmåling. I forhold til energisparing og kjøreteknikk vil simulatorene på Sundland være et godt verktøy for NSB for å nå sitt mål på ti prosent. Kapittel 3 gir en oversikt over simulatorene til NSB og hvordan disse brukes i dag. Simulatorsenteret vil være en viktig brikke i energisparingsprosjektet til NSB, både i startfasen: for å få bedre kjennskap til energiøkonomisk kjøring etter norske forhold og hvilke teknikker som lønner seg, gjennomføringsfasen: for opplæring og bevisstgjøring av energiøkonomisk kjøring for lokførere, driftsfasen: oppfølging og trendanalyser for å se om treningen har gitt resultater.

Det er mange faktorer som påvirker energiforbruket for tog. En faktor som påvirker forbruket og er en parameter som NSB kan gjøre noe med, er lokfører. Kjøreteknikker som innebefatter kontroll av fart, akselerasjon og "coasting" er hovedelementer for å oppnå lavere energiforbruk. I dag finnes det kun noen få simulerte målinger av energiforbruket gjennomført på NSBs simulatorer. Innsamling og analyse av disse, viser at det er potensial for energisparing, men det må regnes med en liten økning i rutetiden. Det ble spesielt sett på forholdet mellom automatisk og manuell kjøring, hvor manuell kjøring har et lavere snittforbruk på 12,5 prosent, med en økning i rutetiden på 2-3 prosent. Disse målingene ble gjort med normal kjøring uten tanke på å kjøre energibesparende. Hadde lokførerne benyttet kunnskap om energisparende kjøring og brukt noen av disse teknikkene, ville skillet blitt desto større.

"Driving advice system" er et verktøy som burde bli vurdert som et hjelpemiddel for å spare energi. Simulatoren er et godt utgangspunkt å prøve ut et slikt verktøy.

Ved innsamlingen av data er det viktig at disse kvalitetssikres og ikke brukes ukritisk. Under arbeidet med oppgaven ble en del erfaring omkring kvalitetssikring av data gjort, da noe av tallmateriale ikke stemte overens. Dette er nyttig kunnskap og ha med seg i videre.

Ved videre arbeid vil det være interessant å se mer på forholdet mellom simulator og virkelig liv, både med hensyn på energiforbruk og atferdsanalyser. Validere dataene som man får ut fra simulatoren imot det virkelige liv vil her være interessant.

Avslutningsvis kan man si at hensikten med denne oppgaven var først og fremst å se på simulatoren som et verktøy for å måle prestasjonen til lokfører med hensyn på energiforbruk, noe den egner seg godt som.

Referanser

Bøker

Andersen, B. & Fagerhaug, T. 2002: *Performance measurement explained*, Milwaukee: ASQ Quality Press

Andersen, B. 1999: *Business process improvement toolbox*, Milwaukee: ASQ Quality press

Andersen, B. 1997: *Endringsledelse – En praktisk forbedringsprosess*, Oslo: Cappelen akademiske forlag a.s

Aune, A. 2001: *Kvalitetsdrevet ledelse kvalitetsstyrte bedrifter*, Oslo: Gyldendal

Farmer, E., Rooij, J., Riemersma, J., Jorna, P. & Moraal, J. 1999: *Handbook of simulator-based training*, Vermont: Ashgate Publishing Ltd

Kaplan, R.S. & Norton, D.P. 1996: *Translating Strategy into action, the balanced scorecard*, Boston: Harvard Business School Publishing

Rolstadås, A., Andersen, B. & Scgjølberg, P. 1999: *Produksjons og driftsteknikk*, Trondheim: Tapir forlag

Thor, C.G. & Christoher, W.F. 1993: *Handbook for productivity measurement and improvement*, Portland: Productivity press

Doktoravhandlinger/masteroppgaver/rapporter

Berg, T.E. & Overås, P. 1997: *Simulator training as part of an integrated training system*, Rapport fra Marintek, Sintef Group

Bertini, R.L. 2003: *Using archived data to generate transit performance measures*, Department of Civil & Environmental Engineering, Portland State University.

Fagerhaug, T. & Olsson, N. 2005: *State of the art innenfor prestasjonsmåling*, SINTEF teknologi og samfunn

International Union of Railways 2003: *Evaluation of energy efficiency technologies for rolling stock and train operation of railways*, Berlin: rapport for Deutsche Bahn AG og Railway Environment Centre

Jernbaneverket, 1999: *Slik fungerer jernbanen*, Oslo: Jernbaneverket, Hovedkontoret, Informasjonsavdelingen

Lukaszewicz, P. 2001: *Energy consumption and running time for trains*, Doktoravhandling, KTH, Stockholm

Nag, M. 2005: *Energisparing i NSB*, Masteroppgave Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse

Nielsen, J.B., Essen, H.P. & Boer, L.C. 2005: *Tracks for saving energy*, Delft, CE

Vestby, S.E. 2000: *På tur med Signatur, enegibehov ved bruk av kregende togsett på Sørlandsbanen*, Rapport fra Vestlandsforskning for NSB

Artikler

Behn, R.D. 2003: *Why measure performance? Different purposes require different measures*, Public administration review, vol. 63, no. 5

Borger, B., Kerstens, K. & Costa, A. 2002: *Public transit performance: what does one learn from frontier studies*, Transport reviews, vol. 22, No. 1, 1-38

Brown, J., Devlin, J., Rolstadås, A. & Andersen, B. 1997: *Performance measurement: The ENAPS approach*, The international journal of business transformation, v.1, n.2, pp. 73-84

Dongen, L.A.M. & Schuit, J.H. 1989: *Energy-efficient driving patterns in electric railway traction*, Netherlands Railways Ltd

Evans, J.R. 2004: *An exploratory study of performance measurement systems and relationships with performance results*, Journal of Operations Management 22, pp. 219-232

Fowler, K.R. & Schmalzel, J. 2004: *Why do we care about measurement*, IEEE Instrumentation & measurement magazine, mars 2004

Howlett, P.G., Milroy, I.P. & Pudney, P.J. 1994: *Energy-efficient train control*, Control Eng. Practice, Vol2, No. 2, pp. 193-200

Martin, P. 1999: *Train performance and simulation*, Comreco Rail Ltd

Maskell, B.H. 1989: *Performance measurement for world class manufacturing, part 1-3*, Manufacturing Systems; Aug 1989; 7, 8; ABI/INFORM Global

Phillips, J.K. 2004: *An application of the balanced scorecard to public transit system performance assessment*, Transportation journal 43(1) pp. 26-55

Annet

Kvaavik, B. 2004: *Forbedringsarbeid, bruksanvisning – v 2.0 for NSB drift*

Cannet, L. 2003: *CRITICAL DESIGN Volume 4- Train Modelling NSB CLASS 72 TRO-CDD-4*, Corys

Delft university of technology, 2005: *Energy efficient train control*, Seminar, Dresden, juni 2005

Die Bahn 2004: *Keep Kyoto on track – The Energiesparen Project*, Seminar, Bonn, juni 2004

NSB Drift og Teknikk, Materielleknologi. 2002: *Driftsinstruks for togpersonalet, type 72*, NSB

Turc, S. 2003: *Presentasjon av brukerhåndbøkene*, Corys

Internett

<http://www.nsb.no/internet/no/Nyheter/article.jhtml?articleID=31454&language=no>

<http://w4.siemens.de/FuI/en/ressorts1/verkehr/leute/index.html>

http://www.db.de/site/bahn/en/db_group/environment/practical_environment/energy_saving_driving/energy_saving_driving.html

http://www.iqr.com.au/products/operations/training/products/Driver_Training.asp

<http://www.railway-technology.com/contractors/professional/dornier/>

<http://www.db-bildung.de/index.php?id=3&L=5>

Intervju/Møter

Energispareprosjektgruppen ved NSB, leder Øyvind Gebhardt

Hans Haugland, Analysesjef NSB

Jørgen Rødseth, Seniorforsker simulatorsenter Sintef

Kai Torgersen, Instruktør Simulatorsenteret Sundland

Vedlegg

A. EOR

Generelldata – kjøring multipell manuell

Dato for kjøring	03/08/2005
Elevens navn	"Kai Torgersen"
Simulator-ID	TROLL Desk Simulator #1
Scenario-navn	"Svlokf6"
Strekning	SKOYEN_MOSS
Kjøreplan-navn	Navn
Togsammensetning	Type 72 - To togsett i multipell
Total togvekt ved oppstart	422.828003
Adhesjon ved oppstart	100
Bremseeffekt ved oppstart	15

Kjøredata

Tidspunkt for start	12:09:35
Tidspunkt for avslutning	13:37:28
Totalt forløpt tid	01:27:53
Simulert starttidspunkt	12:12:10
Simulert avslutningstidspunkt	12:37:10
Totalt forløpt simulert tid	00:25:00
Posisjon start	80.80
Posisjon avslutning	253.11

Kilometerpunkt start	68,150
Kilometerpunkt slutt (km)	33,222
Distanse (km)	34,929
Gjennomsnittshastighet (km/h)	83,806
Antall togstopp	5
Varighet togstopp	00:02:36

Energidata

Energi forbruk (kW/h)	999174,625
Tilbakeført energi (kW/h)	132769,859
Sum energi forbruk (kW/h)	0,000

Førerfeil

Antall nødbrems	2
Antall ATC overhastighet	67
Antall overhastighet	67
Antall passerte hindringer	0

Rutetabell

Antall rutetabell punkter

Generelldata – kjøring multipell auto

Dato for kjøring	03/08/2005
Elevens navn	"Kai Torgersen"
Simulator-ID	TROLL Desk Simulator #1
Scenario-navn	"Svlokf6"
Strekning	SKOYEN_MOSS
Kjøreplan-navn	Navn
Togsammensetning	Type 72 - To togsett i multipel
Total togvekt ved oppstart	422.828003
Adhesjon ved oppstart	100
Bremseeffekt ved oppstart	15
Kjøredata	
<hr/>	
Tidspunkt for start	11:35:10
Tidspunkt for avslutning	12:05:37
Totalt forløpt tid	00:30:27
Simulert starttidspunkt	12:12:10
Simulert avslutningstidspunkt	12:37:28
Totalt forløpt simulert tid	00:25:18
Posisjon start	80.80
Posisjon avslutning	252.53
Kilometerpunkt start	68,150
Kilometerpunkt slutt (km)	33,221

Distanse (km)	34,929
Gjennomsnittshastighet (km/h)	83,000
Antall togstopp	5
Varighet togstopp	00:02:35

Energidata

Energi forbruk (kW/h)	1087086,625
Tilbakeført energi (kW/h)	168805,938
Sum energi forbruk (kW/h)	0,000

Førerfeil

Antall nødbrems	0
Antall ATC overhastighet	20
Antall overhastighet	20
Antall passerte hindringer	0

Rutetabell

Antall rutetabell punkter

Generelldata – kjøring multipell energibesparende

Dato for kjøring	03/08/2005
-------------------------	------------

Elevenes navn	"Kai Torgersen"
Simulator-ID	TROLL Desk Simulator #1
Scenario-navn	"Svlokf6"
Strekning	SKOYEN_MOSS
Kjøreplan-navn	Navn
Togsammensetning	Type 72 - To togsett i multippel
Total togvekt ved oppstart	422.828003
Adhesjon ved oppstart	100
Bremseeffekt ved oppstart	15
Kjøredata	
<hr/>	
Tidspunkt for start	13:41:20
Tidspunkt for avslutning	14:31:11
Totalt forløpt tid	00:49:51
Simulert starttidspunkt	12:12:10
Simulert avslutningstidspunkt	12:40:18
Totalt forløpt simulert tid	00:28:08
Posisjon start	80.80
Posisjon avslutning	255.08
Kilometerpunkt start	68,150
Kilometerpunkt slutt (km)	33,224
Distanse (km)	34,927
Gjennomsnittshastighet (km/h)	74,510

Antall togstopp	5
------------------------	---

Varighet togstopp	00:02:51
--------------------------	----------

Energidata

Energi forbruk (kW/h)	799029,938
------------------------------	------------

Tilbakeført energi (kW/h)	138878,000
----------------------------------	------------

Sum energi forbruk (kW/h)	0,000
----------------------------------	-------

Førerfeil

Antall nødbrems	0
------------------------	---

Antall ATC overhastighet	0
---------------------------------	---

Antall overhastighet	0
-----------------------------	---

Antall passerte hindringer	0
-----------------------------------	---

Rutetabell

Antall rutetabell punkter

Generelldata – kjøring 1 automat

Dato for kjøring	11/11/2005
-------------------------	------------

Elevens navn	"demo demo"
---------------------	-------------

Simulator-ID	TROLL Desk Simulator #1
---------------------	-------------------------

Scenario-navn	"se1_2"
Strekning	SKOYEN_MOSS
Kjøreplan-navn	Navn
Togsammensetning	Type 72 - Enkelttogsett
Total togvekt ved oppstart	155.373993
Adhesjon ved oppstart	100
Bremseeffekt ved oppstart	15
Kjøredata	
<hr/>	
Tidspunkt for start	10:20:06
Tidspunkt for avslutning	10:48:33
Totalt forløpt tid	00:28:27
Simulert starttidspunkt	11:11:00
Simulert avslutningstidspunkt	11:37:43
Totalt forløpt simulert tid	00:26:43
Posisjon start	95.01
Posisjon avslutning	233.52
Kilometerpunkt start	68,165

Kilometerpunkt slutt (km)	33,202
Distanse (km)	34,963
Gjennomsnittshastighet (km/h)	78,538
Antall togstopp	5
Varighet togstopp	00:02:34

Energidata

Energi forbruk (kW/h)	918,334
Tilbakeført energi (kW/h)	168,861
Sum energi forbruk (kW/h)	750,757

Førerfeil

Antall nødbrems	1
Antall ATC overhastighet	0
Antall passerte hindringer	0

Rutetabell

Antall rutetabell punkter

Generelldata – kjøring 1 manuell

Dato for kjøring	11/11/2005
Elevens navn	"demo demo"
Simulator-ID	TROLL Desk Simulator #1
Scenario-navn	"se1_2"
Strekning	SKOYEN_MOSS
Kjøreplan-navn	Navn
Togsammensetning	Type 72 - Enkelttogsett
Total togvekt ved oppstart	155.373993
Adhesjon ved oppstart	100
Bremseeffekt ved oppstart	15

Kjøredata

Tidspunkt for start	09:28:03
Tidspunkt for avslutning	10:02:53
Totalt forløpt tid	00:34:50
Simulert starttidspunkt	11:11:00
Simulert avslutningstidspunkt	11:38:05

Totalt forløpt simulert tid	00:27:05
Posisjon start	95.01
Posisjon avslutning	197.00
Kilometerpunkt start	68,165
Kilometerpunkt slutt (km)	33,166
Distanse (km)	34,999
Gjennomsnittshastighet (km/h)	77,536
Antall togstopp	5
Varighet togstopp	00:02:45
Energidata	
<hr/>	
Energi forbruk (kW/h)	787,359
Tilbakeført energi (kW/h)	193,425
Sum energi forbruk (kW/h)	595,161
Førerfeil	
<hr/>	
Antall nødbrems	1
Antall ATC overhastighet	4
Antall passerte hindringer	0

Rutetabell

Antall rutetabell punkter

Generelldata – kjøring 2 automat

Dato for kjøring	11/11/2005
Elevens navn	"demo demo"
Simulator-ID	TROLL Desk Simulator #2
Scenario-navn	"se1_2"
Strekning	SKOYEN_MOSS
Kjøreplan-navn	Navn
Togsammensetning	Type 72 - Enkelttogsett
Total togvekt ved oppstart	155.373993
Adhesjon ved oppstart	100
Bremseseffekt ved oppstart	15

Kjøredata

Tidspunt for start	10:59:21
---------------------------	----------

Tidspunkt for avslutning	11:32:03
Totalt forløpt tid	00:32:42
Simulert starttidspunkt	11:11:00
Simulert avslutningstidspunkt	11:39:43
Totalt forløpt simulert tid	00:28:43
Posisjon start	95.01
Posisjon avslutning	197.43
Kilometerpunkt start	68,165
Kilometerpunkt slutt (km)	33,166
Distanse (km)	34,999
Gjennomsnittshastighet (km/h)	73,253
Antall togstopp	6
Varighet togstopp	00:03:32
Energidata	
<hr/>	
Energi forbruk (kW/h)	922,628
Tilbakeført energi (kW/h)	168,527
Sum energi forbruk (kW/h)	753,519

Førerfeil

Antall nødbrems	0
------------------------	---

Antall ATC overhastighet	1
---------------------------------	---

Antall passerte hindringer	0
-----------------------------------	---

Rutetabell

Antall rutetabell punkter

Generelldata – kjøring 2 manuell

Dato for kjøring	11/11/2005
-------------------------	------------

Elevens navn	"demo demo"
---------------------	-------------

Simulator-ID	TROLL Desk Simulator #3
---------------------	-------------------------

Scenario-navn	"se1_2"
----------------------	---------

Strekning	SKOYEN_MOSS
------------------	-------------

Kjøreplan-navn	Navn
-----------------------	------

Togsammensetning	Type 72 - Enkelttogsett
-------------------------	-------------------------

Total togvekt ved oppstart	155.373993
-----------------------------------	------------

Adhesjon ved oppstart	100
------------------------------	-----

Bremseseffekt ved oppstart	15
-----------------------------------	----

Kjøredata

Tidspunkt for start	09:12:25
----------------------------	----------

Tidspunkt for avslutning	10:08:38
---------------------------------	----------

Totalt forløpt tid	00:56:13
---------------------------	----------

Simulert starttidspunkt	11:11:00
--------------------------------	----------

Simulert avslutningstidspunkt	11:38:57
--------------------------------------	----------

Totalt forløpt simulert tid	00:27:57
------------------------------------	----------

Posisjon start	95.01
-----------------------	-------

Posisjon avslutning	202.71
----------------------------	--------

Kilometerpunkt start	68,165
-----------------------------	--------

Kilometerpunkt slutt (km)	33,171
----------------------------------	--------

Distanse (km)	34,993
----------------------	--------

Gjennomsnittshastighet (km/h)	75,210
--------------------------------------	--------

Antall togstopp	5
------------------------	---

Varighet togstopp	00:02:45
--------------------------	----------

Energidata

Energi forbruk (kW/h)	787,635
Tilbakeført energi (kW/h)	170,543
Sum energi forbruk (kW/h)	617,065

Førerfeil

Antall nødbrems	0
Antall ATC overhastighet	2
Antall passerte hindringer	0

Rutetabell

Antall rutetabell punkter

Generelldata – kjøring 3 automat

Dato for kjøring	11/11/2005
Elevers navn	"demo demo"
Simulator-ID	TROLL Desk Simulator #3
Scenario-navn	"se1_2"
Strekning	SKOYEN_MOSS

Kjøreplan-navn	Navn
Togsammensetning	Type 72 - Enkelttogsett
Total togvekt ved oppstart	155.373993
Adhesjon ved oppstart	100
Bremseeffekt ved oppstart	15
Kjøredata	
<hr/>	
Tidspunkt for start	10:40:03
Tidspunkt for avslutning	12:04:35
Totalt forløpt tid	01:24:32
Simulert starttidspunkt	11:11:00
Simulert avslutningstidspunkt	11:40:20
Totalt forløpt simulert tid	00:29:20
Posisjon start	95.01
Posisjon avslutning	198.40
Kilometerpunkt start	68,165
Kilometerpunkt slutt (km)	33,167
Distanse (km)	34,998

Gjennomsnittshastighet (km/h)	71,586
--------------------------------------	--------

Antall togstopp	7
------------------------	---

Varighet togstopp	00:03:41
--------------------------	----------

Energidata

Energi forbruk (kW/h)	918,420
------------------------------	---------

Tilbakeført energi (kW/h)	168,594
----------------------------------	---------

Sum energi forbruk (kW/h)	749,887
----------------------------------	---------

Førerfeil

Antall nødbrems	0
------------------------	---

Antall ATC overhastighet	1
---------------------------------	---

Antall passerte hindringer	0
-----------------------------------	---

Rutetabell

Antall rutetabell punkter

Generelldata – kjøring 3 manuell

Dato for kjøring	11/11/2005
-------------------------	------------

Elevers navn	"demo demo"
Simulator-ID	TROLL Desk Simulator #2
Scenario-navn	"se1_2"
Strekning	SKOYEN_MOSS
Kjøreplan-navn	Navn
Togsammensetning	Type 72 - Enkelttogsett
Total togvekt ved oppstart	155.373993
Adhesjon ved oppstart	100
Bremseeffekt ved oppstart	15
Kjøredata	
<hr/>	
Tidspunkt for start	09:26:36
Tidspunkt for avslutning	10:36:35
Totalt forløpt tid	01:09:59
Simulert starttidspunkt	11:11:00
Simulert avslutningstidspunkt	11:39:23
Totalt forløpt simulert tid	00:28:23
Posisjon start	95.01

Posisjon avslutning	199,56
Kilometerpunkt start	68,165
Kilometerpunkt slutt (km)	33,168
Distanse (km)	34,996
Gjennomsnittshastighet (km/h)	74,110
Antall togstopp	5
Varighet togstopp	00:03:30

Energidata

Energi forbruk (kW/h)	837,815
Tilbakeført energi (kW/h)	212,559
Sum energi forbruk (kW/h)	624,633

Førerfeil

Antall nødbrems	1
Antall ATC overhastighet	1
Antall passerte hindringer	0

Rutetabell

Antall rutetabell punkter

Generelldata – kjøring 4 automat

Dato for kjøring	11/11/2005
Elevens navn	"demo demo"
Simulator-ID	TROLL Desk Simulator #1
Scenario-navn	"se1_2"
Strekning	SKOYEN_MOSS
Kjøreplan-navn	Navn
Togsammensetning	Type 72 - Enkelttogsett
Total togvekt ved oppstart	155.373993
Adhesjon ved oppstart	100
Bremseeffekt ved oppstart	15

Kjøredata

Tidspunkt for start	11:39:27
Tidspunkt for avslutning	12:28:53
Totalt forløpt tid	00:49:26

Simulert starttidspunkt	11:11:00
Simulert avslutningstidspunkt	11:37:53
Totalt forløpt simulert tid	00:26:53
Posisjon start	95.01
Posisjon avslutning	233.77
Kilometerpunkt start	68,165
Kilometerpunkt slutt (km)	33,202
Distanse (km)	34,962
Gjennomsnittshastighet (km/h)	78,176
Antall togstopp	5
Varighet togstopp	00:02:35

Energidata

Energi forbruk (kW/h)	908,976
Tilbakeført energi (kW/h)	174,682
Sum energi forbruk (kW/h)	734,067

Førerfeil

Antall nødbrems	0
Antall ATC overhastighet	0
Antall passerte hindringer	0

Rutetabell

Antall rutetabell punkter

Generelldata – kjøring 4 manuell

Dato for kjøring	11/11/2005
Elevens navn	"demo demo"
Simulator-ID	TROLL Desk Simulator #1
Scenario-navn	"se1_2"
Strekning	SKOYEN_MOSS
Kjøreplan-navn	Navn
Togsammensetning	Type 72 - Enkelttogsett
Total togvekt ved oppstart	155.373993
Adhesjon ved oppstart	100
Bremseseffekt ved oppstart	15

Kjøredata

Tidspunkt for start	11:04:46
----------------------------	----------

Tidspunkt for avslutning	11:34:58
---------------------------------	----------

Totalt forløpt tid	00:30:12
---------------------------	----------

Simulert starttidspunkt	11:11:00
--------------------------------	----------

Simulert avslutningstidspunkt	11:38:39
--------------------------------------	----------

Totalt forløpt simulert tid	00:27:39
------------------------------------	----------

Posisjon start	95.01
-----------------------	-------

Posisjon avslutning	235.73
----------------------------	--------

Kilometerpunkt start	68,165
-----------------------------	--------

Kilometerpunkt slutt (km)	33,204
----------------------------------	--------

Distanse (km)	34,960
----------------------	--------

Gjennomsnittshastighet (km/h)	76,047
--------------------------------------	--------

Antall togstopp	5
------------------------	---

Varighet togstopp	00:02:44
--------------------------	----------

Energidata

Energi forbruk (kW/h)	797,965
------------------------------	---------

Tilbakeført energi (kW/h)	193,689
----------------------------------	---------

Sum energi forbruk (kW/h)	604,639
----------------------------------	---------

Førerfeil

Antall nødbrems	1
------------------------	---

Antall ATC overhastighet	4
---------------------------------	---

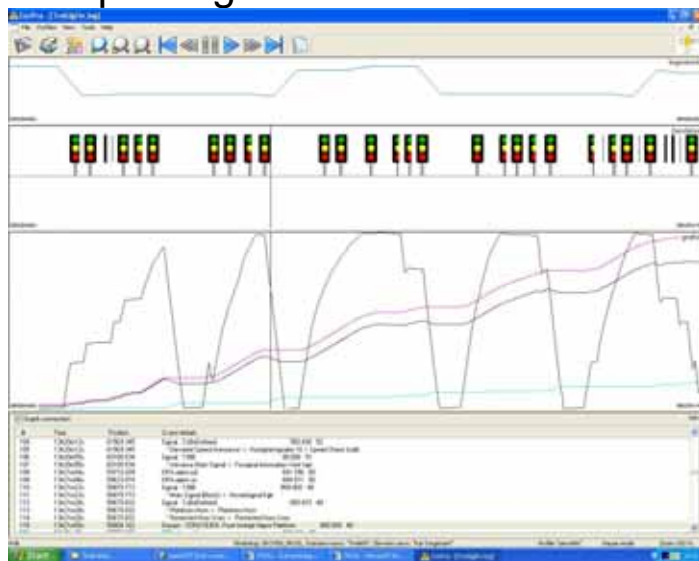
Antall passerte hindringer	0
-----------------------------------	---

Rutetabell

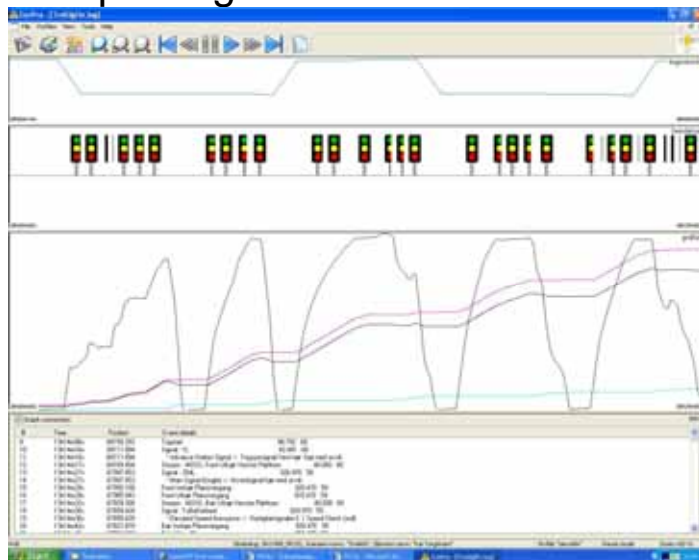
Antall rutetabell punkter

B. Grafer

Multipell togsett automat



Multipell togsett manuell



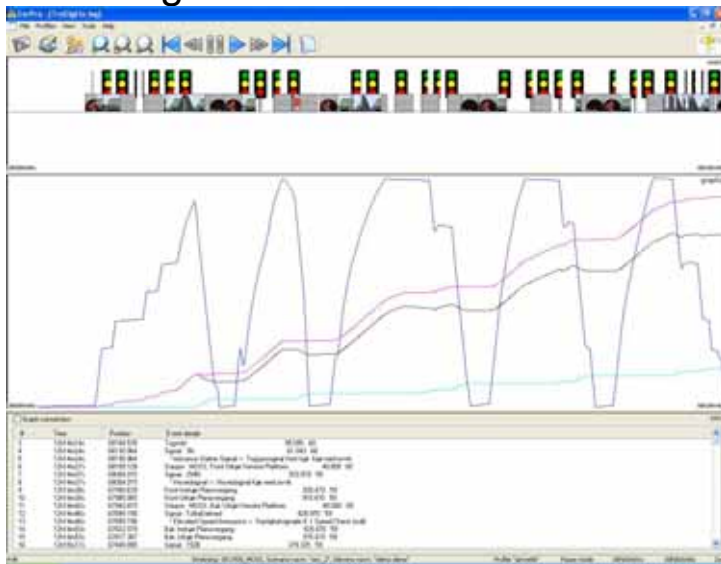
Multipell togsett energibesparende



Enkelttogsett manuelt 4



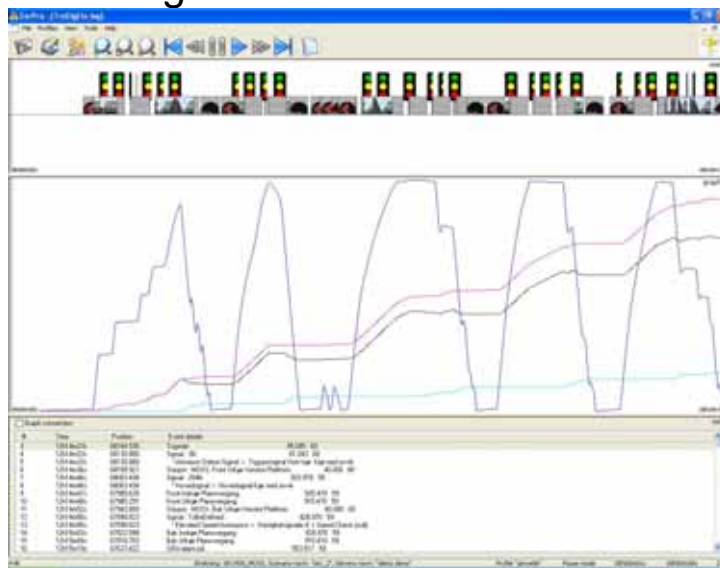
Enkelttogsett automat 1



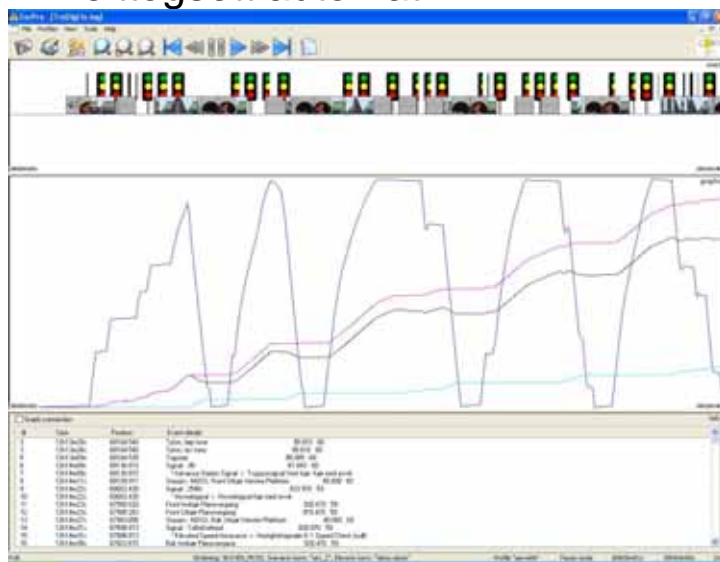
Enkelttogsett automat 2



Enkelttogsett automat 3



Enkelttogsett automat 4





C. Forstudierapport

Prestasjonsmåling av energiforbruk for tog

Forstudierapport
Prosjektoppgave
TPK 4700



**Høst 2005
Stud. Techn.
Jan Vetle Moen
11.9.2005**

Forord

Dette er en forstudierapport for prosjektoppgaven ”Prestasjonsmåling av energiforbruk for tog” som skal gjennomføres høsten 2005 ved Norges teknisk- og naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim.

Prosjektoppgaven er et samarbeid mellom NTNU og NSB med førsteamanuensis Tom Fagerhaug som ansvarlig faglærer og forsker Nils Olsson som veileder. Kontaktperson ved NSB vil være Hans Haugland.

Jeg vil takke de ansatte på simulatorsenteret, Hans Haugland og Nils Olsson for hjelp med denne forstudierapporten.

Trondheim 11.9.2005

Innholdsfortegnelse

PROSJEKTBEKRIVELSE	XXXVII
<i>Problembeskrivelse.....</i>	<i>xxxvii</i>
<i>Mål</i>	<i>.....</i>
<i>Avgrensing og oppbygging</i>	<i>.....</i>
<i>Presisering.....</i>	<i>xxxviii</i>
PROSJEKTSTYRING	XXXIX

- Vedlegg Pos
- Vedlegg WBS
- Vedlegg KTR
- Vedlegg Gant diagram

Prosjektbeskrivelse

Problembeskrivelse

NSB arbeider med tiltak for direkte energibesparing, læring av hva som er effektiv energibruk og for hvordan framtidens tog kan utvikles. Et simulatorsenter er bygget for å lære lokførere primært mer om sikkerhet, men vil også bli brukt for å lære hva som kjennetegner energieffektiv kjøring.

Kjøreteknikken til lokfører vil være sentralt med hensyn på sparing av energi. NSB har som målsetting og spare ti prosent innen fremføring av tog. Ved hjelp av simulatoren og tilhørende analyseverktøy vil det være mulig å komme frem til hva som vil være den beste kjøreteknikken etter norske kjøreforhold. Måling og analyse av resultater fra simulatoren vil gi et bilde av hvor mye og hvordan man kan spare energi ved riktigere kjøreteknikk.

Mål

Denne prosjektoppgaven vil danne et grunnlag for et videre arbeid i masteroppgaven rundt prestasjonsmåling ved bruk av simulator og problemstillinger knyttet til dette.

Oppgaven består også av en prosjektstyringsdel, da oppgaven skal gjennomføres som et prosjektarbeid. Målet for denne delen vil være å trekke erfaringer i forhold til prosjektarbeid og bruk av de verktøy som finnes innen prosjektstyring. Her vil det være viktig å overholde alle milepæler og tidsfrister som er identifisert gjennom forstudiet.

Prosjektoppgaven er delt i tre deloppgaver. I del en er målsetningen å gi en innføring rundt temaet prestasjonsmåling og kjøresimulatorer med bakgrunn i et litteraturstudium.

Del to av oppgaven skal beskrive nåværende prestasjonsmåling av energiforbruket simulert. Her vil målet være å gi en oversikt over hvordan NSB bruker simulatoren i dag med tanke på energiforbruk.

Siste del av oppgaven skal det vurderes fremtidige metoder for prestasjonsmåling innen bruk av simulatoren. Målene her vil være å komme opp med nye verktøy og bedre bruk av simulatoren, enten ved forbedring av anlegget eller investering av annet utstyr. Her vil det være sentralt å kikke på hva andre aktører har gjennomført, som har kommet lenger innen energiøkonomisk kjøring enn det NSB har gjort.

Avgrensning og oppbygging

Litteraturstudiet rundt prestasjonsmåling og simulator vil danne et grunnlag for oppgaven. Denne delen vil basere seg på litteratur, fagmiljøer og artikler.

Etter samtaler med Hans Haugland i NSB vil oppgaven kun ta utgangspunkt i simuleringsanlegget og bruk av dette opp mot energiøkonomisk kjøring.

Energibesparende kjøring er noe som ikke har vært prioritert ved NSB tidligere, og simuleringsanlegget kom først i drift på sensommeren 2005. Erfaringer ved bruken av dette er da noe begrenset, men en presentasjon av noen resultater og analyser vil bli belyst i del to. Her vil det være naturlig å trekke inn litteraturen gjort i litteraturstudiet som en overgang mellom disse deloppgavene.

Del tre vil linkes sammen med del to, der det er gjort rede for hvordan målinger har blitt gjort, mot hvordan man burde måle i fremtiden. Her vil det blitt tatt utgangspunkt i hvordan andre aktører bruker sine simulatoranlegg og om dette kan være aktuelt for NSB i fremtiden.

Presisering

I denne delen av oppgaven blir det tatt for seg de ulike delspørsmålene å avgrense disse nærmere.

Del 1:

Gjennomføre et litteraturstudium rundt temaet prestasjonsmåling og kjøresimulatorer.

- Lese relevant litteratur rundt prestasjonsmåling og kjøresimulator.
- Analysere litteraturen rundt prestasjonsmåling og kjøresimulator.
- Ta kontakt med ulike aktører som har tilgjengelige kjøresimulatorer, eksempelvis Sintef, SAS, Forsvaret etc.
- Presentere prestasjonsmåling og bruk av kjøresimulator.

Del 2:

Beskrive nåværende prestasjonsmåling av energiforbruk simulert.

- Ta kontakt med NSB og få kontaktperson(er) i analyseavdeling og simulatorsenteret.
- Presentere NSB's simuleringsanlegg.
- Presentere analyseverktøy og simuleringsmuligheter hos NSB.
- Presentere kjøreteknikk for å optimalisere energiforbruk.
- Skaffe relevant litteratur og resultater på nåværende målinger.
- Presentere og analysere resultater.

Del 3:

Vurdere fremtidige metoder for prestasjonsmåling av energiforbruk simulert.

- Lese relevant litteratur rundt andre aktørers erfaringer rundt simulering og energiforbruk.
- Diskutere fremtidige løsninger med ansatte hos NSB.
- Presentere fremtidige løsninger og forslag.

Prosjektstyring

Oppgaveteksten sier at prosjektoppgaven skal utføres som et prosjekt, og videre at prosjektstyring vil være en del av bedømmelsen. I alle slike prosjekt vil god oppfølging underveis være viktig.

Innledningsvis ble det laget et POS-skjema (Project Overview Statement - Vedlegg A) som konkretiserer målene for dette prosjektet. Dette for å få en enkel oversikt over mål, delmål og akseptkriterier knyttet til måloppfyllelse.

Videre ble prosjektet brutt ned i mindre deler eller aktiviteter ved hjelp av et WBS-skjema (Work Breakdown Structure – Vedlegg B). Disse arbeidspakkene dannet grunnlaget for KTR – skjemaene (Vedlegg C), som ble laget for hver av disse.

For å få kontroll på hvor mye tid som skal brukes på hver aktivitet, og når aktiviteten bør foregå er det utarbeidet en tabell (Tabell 1) som viser dette. Tabellen vil også være utgangspunkt i Gantt - skjemaet som er lagt med i rapporten som vedlegg D. Antar her en arbeidsbelastning på 24 timer per uke i 14 uker med start fra 1.9.2005 og slutt 12.12.2005. Dette gir en arbeidsbelastning på 336 timer totalt.

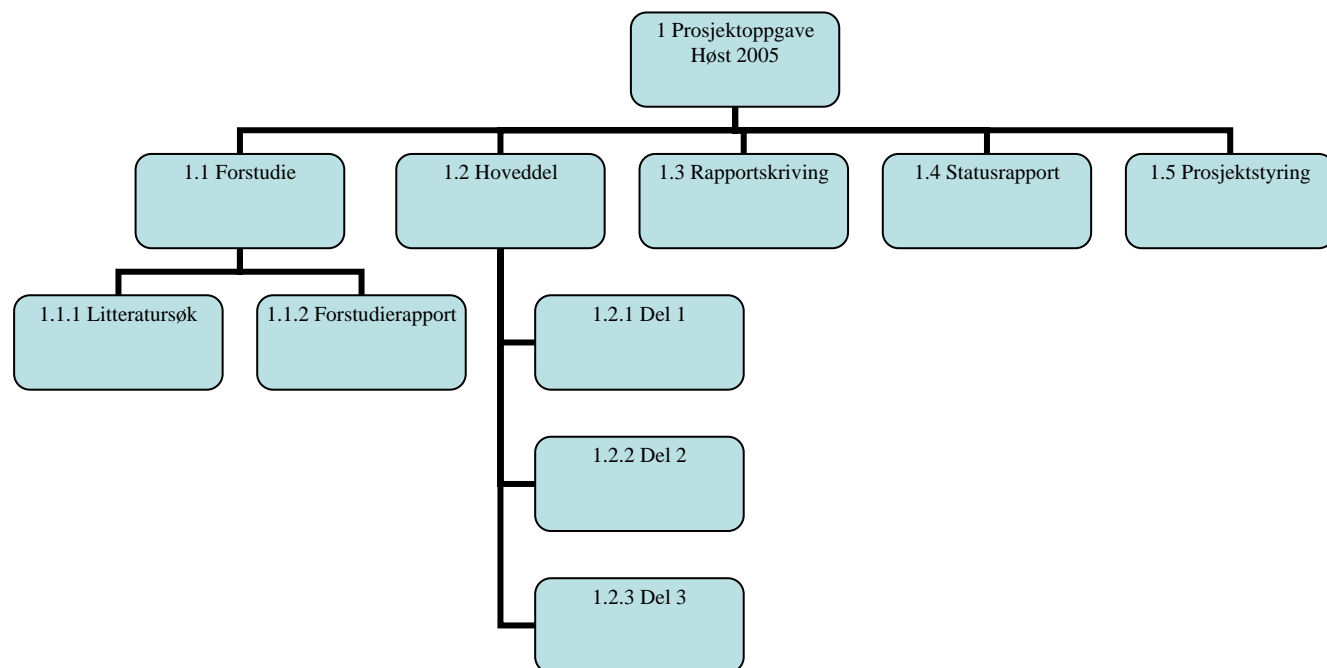
Aktivitet	Varighet	Start	Slutt
Litteratursøk	24	1.9.2005	7.11.2005
Forstudierapport	24	1.9.2005	9.9.2005
Del 1	72	13.9.2005	11.10.2005
Del 2	72	11.10.2005	8.11.2005
Del 3	72	8.11.2005	6.12.2005
Statusrapport	12	17.10.2005	24.10.2005
Prosjektstyring	12	1.9.2005	19.12.2005
Ferdigstille	48	6.12.2005	19.12.2005
Totalt	336		

Videre er det definert noen milepæler som definerer slutten på de viktigste aktivitetene, og som prosjektets totale fremdrift vil være avhengig av avsluttes i tide. Disse vises i Gantt – diagrammet.

Møte med veileder er ikke fastsatt etter faste tider, men vil ha kontinuerlig kontakt i løpet av prosjektperioden for å avtale møter. Et møte er planlagt med NSB ved Hans Haugland, og vil også ha kontakt over telefon og e-post over hele prosjektperioden.

POS	Prosjekt: Prestasjonsmåling av energiforbruk for tog (Performance measurement of train energy use)	Dato rev: 06.09.2005
<p>Problem: Energiprisene stiger, derfor ønsker NSB tiltak for direkte energisparing, læring av hva som er effektiv energibruk og hvordan framtidens tog kan utvikles.</p>		
<p>Hovedmål: Undersøke hvordan NSB kan bruke simulator mot energiøkonomisk fremføring av tog.</p>		
<p>Delmål:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gjennomføre et litteraturstudium rundt temaet prestasjonsmåling og kjøresimulator. • Beskrive nåværende prestasjonsmåling av energiforbruk simulert. • Vurdere fremtidige metoder for prestasjonsmåling av energiforbruk simulert. • Lære om prosjektarbeid. 		
<p>Suksesskriterier</p> <ul style="list-style-type: none"> • Overholde milepæler. • Innhente relevant litteratur. • Få karakter A på prosjektet. • NSB drar nytte av prosjektet. 		
<p>Forutsetninger, risiko, hindringer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • All data og litteratur kan ikke oppdrives. • Uforutsette hindringer i forhold til IT og dataverktøy. • Sykdom. • Veileders tilgjengelighet. 		

WBS



KTR

Aktivitet: 1.1.1 Litteratursøk

Oppgave:

Finne litteratur som er relevant for oppgavens problemstillinger, og videre systematisere denne litteraturen.

Mål:

Finne litteratur som kan brukes i oppgaven, og som vil sette oppgavens problemstillinger i et nytt lys og øke forståelsen.

Innhold:

Bøker, artikler og data som kan belyse oppgavens problemstillinger.

Arbeidsmetode:

- Bibliotek og Bibsys
- Internett
- NSB sin dokumentasjon
- Pensumlitteratur

Utfordringer/vanskeligheter:

Finne og identifisere nok relevant litteratur for å kunne gjennomføre hver enkelt deloppgave. Klare og skille god og dårlig litteratur.

Resultat:

Danne et grunnlag for videre arbeid med oppgaven med hensyn på vurderinger og analyser.

Varighet:

24 timer

Aktivitet
1.1.2 Forstudierapport

Oppgave:

“Kandidaten skal innledningsvis gjennomføre et forstudium av oppgavens problemer og levere en rapport som inneholder en analyse av oppgavens problemstillinger og en nærmere beskrivelse av de arbeidsoppgaver som må gjennomføres for løsningen av oppgaven.”

Mål:

Få en oversikt over arbeidsoppgaver samt avgrense den innenfor de rammer som er gitt av veileder, med tilsvarende tid og ressurs beregninger.

Innhold:

Problembeskrivelser, mål og avgrensing, fremdriftsplan, aktivitetsbeskrivelser, WBS og Gant – skjema.

Arbeidsmetode:

Litteratur, samtaler og dataverktøy

Utfordringer/vanskeligheter:

Avgrense oppgaven innen de forskjellige deloppgaver. Uenighet med veileder om mål, avgrensing og problembeskrivelse. Få avgrenset oppgaven innenfor de timer som arbeidsmengden med prosjektet tilsvarer.

Resultat:

Et hjelpemiddel til videre arbeid med prosjektet.

Varighet:

24 timer

Aktivitet:
1.2.1 Del 1

Oppgave:

”Gjennomføre et litteraturstudium rundt temaet prestasjonsmåling og kjøresimulator.”

Mål:

Presentere litteratur rundt prestasjonsmåling og kjøresimulatorer fra ulike sider, og få forståelse av disse.

Innhold:

Ulike sider av prestasjonsmåling fra forskjellig litteratur. Hvordan brukes kjøresimulator og prestasjonsmåling.

Arbeidsmetode:

Litteratursøk, samtale med aktører som har kjøresimulatorer.

Utfordringer/vanskeligheter:

Få nok litteratur om kjøresimulator og prestasjonsmåling, og i hvilke grad.

Resultat:

Få et bilde av hvordan prestasjonsmåling og kjøresimulator kan være et nyttig verktøy sammen.

Varighet:

72 timer

Aktivitet:
1.2.2 Del 2

Oppgave:

”Beskrive nåværende prestasjonsmåling av energiforbruk simulert.”

Mål:

Gi et bilde av hva, hvilke og hvordan målinger som er gjort på simulator hos NSB.

Innhold:

Presentere analyseverktøy og simuleringsmuligheter hos NSB. Presentere og analysere resultater.

Arbeidsmetode:

Litteratur, samtaler og besøk hos NSB.

Utfordringer/vanskeligheter:

Få målinger, lite litteratur.

Resultat:

Få en oversikt over hvilke muligheter, målinger og resultater som NSB har gjennomført på simulator.

Varighet:

72 timer

Aktivitet:
1.2.3 Del 3

Oppgave:

”Vurdere fremtidige metoder for prestasjonsmåling av energiforbruk simulert.”

Mål:

Vurdere NSB sine muligheter for bedre og mer effektive målinger av energiforbruk ved hjelp av simulator, med bakgrunn i litteratur og andre aktørers erfaringer.

Innhold:

Fremtidige verktøy og redskaper som kan tas i bruk for bedre målinger og mer effektiv bruk av simulator. Andre aktørers erfaringer ved bruk av togsimulatorer, de som har kommet lenger innen emne enn det NSB har gjort.

Arbeidsmetode:

Litteratursøk, internett, samtale med NSB, kontakt med andre aktører som for eks DB.

Utfordringer/vanskeligheter:

For lite informasjon om muligheter og erfaringer med simulator. Vanskeligheter med å skaffe litteratur.

Resultat:

Konkrete forslag til NSB om hvordan de kan forbedre sine målinger og bruke dataen i simulatoren.

Varighet:

72 timer

Aktivitet:
1.3 Rapportskriving

Oppgave:

Skrive ferdig de ulike delene og sette disse sammen til en komplett rapport.

Mål:

En rapport som fremstår som et gjennomtenkt og helhetlig dokument og gi tråd med gitte retningslinjer.

Innhold:

Hele den ferdige rapporten.

Arbeidsmetode:

Selvstendig skriving og veiledning.

Utfordringer/vanskeligheter:

Skape flyt og rød tråd gjennom hele rapporten slik at den blir et helhetlig produkt.
Dataproblemer med f.eks tap av informasjon.

Resultat:

En helhetlig gjennomført rapport som NSB kan bruke i sitt arbeid med sitt forbedringsarbeid innen energiforbruk.

Varighet:

48 timer

Aktivitet:
1.4 Statusrapport

Oppgave:

Levere en statusrapport i løpet av prosjektperioden den 14.10.2005

Mål:

Rapportere fremdriften i forhold til planen ved innleveringsdato.

Innhold:

Presentere fremdriften på prosjektarbeidet.

Arbeidsmetode:

Bruke forstudierapporten som verktøy for så å evaluere om fremdriften går som planlagt.

Utfordringer/vanskeligheter:

Forstudierapporten passer ikke overens med prosjektarbeidet.

Resultat:

En rapport som beskriver fremdriften til de ulike delene av oppgaven.

Varighet:

12 timer

Aktivitet
1.5 Prosjektstyring

Oppgave:

Kontrollere arbeidet med prosjektet ved å holde tidsfrister og gjøre de ulike arbeidspakkene til den gitte tiden.

Mål:

Ingen ”skippertak”, jevn arbeidsmengde utover prosjektperioden.

Innhold:

Kontinuerlig oppfølging og gjennomgang av eget arbeid gjennom hele prosjektperioden.

Arbeidsmetode:

Følge tidsplanen, bruke almanakk for og overholde frister og møter. Sette egne mindre delmål som skal følges kontinuerlig.

Utfordringer/vanskeligheter:

Holde tidsfrister.

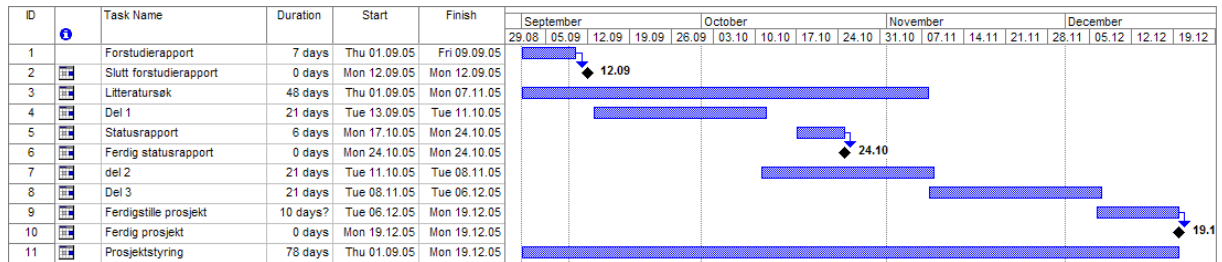
Resultat:

Et prosjekt som er godt koordinert og leveres innen de tidsfrister som er satt.

Varighet:

12 timer

Gantt diagram



D. Statusrapport

Statusrapport 24.10.2005 for Jan Vetle Moen

Planlagt fremdrift:

Ifølge fastlagt fremdriftsplan skal jeg ha gjort ferdig følgende:

- Forstudierapport
- Del 1
- Halvveis del 2

Virkelig framdrift

Per 24.10.2005 har jeg gjort følgende:

- Utformet og levert forstudierapport
- 85 prosent ferdig del 1
- Halvveis del 2

Avvik i fremdrift:

Inndeling av oppgaven inn i tre individuelle deler var en lite god løsning, da del 1 og del 2 overlapper hverandre. Jeg begynte så og si likt med begge delene etter litteratursøk. Målinger som er ventet fra simulatorsenteret på Sundland er også blitt forsinket, som har gjort arbeidet litt utsatt.

Endringer i forhold til tidsplan:

Er litt forsinket med del 1 i forhold til tidsplanen.

Kommentarer:

Har hatt et møte i Oslo med NSB, og kommer antageligvis til å ha et møte til. Venter spent på målinger fra simulatorsenteret, men har fått indikasjoner på at jeg skal få disse målingene innen rimelig tid slik at jeg får brukt de i oppgaven. Ellers har arbeidet og kommunikasjonen med veileder fungert bra.