

Forord

Denne rapporten er et resultat av prosjektoppgaven "Trafikkmessig risikovurdering av omlegginger av togtrafikken", gitt ved Institutt for Produksjon og kvalitetsteknikk (IPK) ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Oppgaven er gjennomført høsten 2007.

Mange personer har bidratt med innspill og hjelp i forbindelse med prosjektoppgaven, og jeg ønsker derfor å benytte anledningen til å takke disse. Først og fremst vil jeg takke min veileder Nils Olsson ved SINTEF Teknologi og Samfunn for alle innspill og hjelp til oppgaven. En stor takk går også til min veileder og faglærer Tom Fagerhaug ved IPK, som har bidratt med viktige innspill og forslag.

Jeg vil i tillegg takke en rekke personer i NSB og Jernbaneverket, for stor interesse og for at de stilte sin tid til disposisjon for spørsmål, intervjuer og diskusjoner. Spesielt vil jeg takke Jan Vetle Moen i NSB for all hjelp han har bidratt med.

Trondheim 18. desember 2007

Joachim Søderlund

Sammendrag

Rapporten omhandler punktlighet og sikkerhet i jernbanen ved planlegging av omlegginger av togtrafikken. Omlegginger er i rapporten definert som planlagte avvik i togtrafikken.

Jernbanedrift opererer i et marked med sterk konkurranse fra alternative transportslag. Fra et kundeperspektiv har punktlighet blitt vist å være den viktigste indikatoren på kvalitet i jernbanen. Dette med bakgrunn i at jernbanen blir betraktet som et sikkert transportmiddel. Sikkerhet og punktlighet er de viktigste aspektene ved togfremføring, og det er dermed viktig å fokusere på disse med kontinuerlige forbedringer i form av nye tiltak og løsninger.

Punktligheit innebærer at togene ankommer og forlater stasjoner i henhold til gjeldende rutetabeller. Sikkerhet kjennetegnes ved lavt antall uønskede hendelser som medfører dødsfall eller personskader, og er definert som fravær av uakseptabel risiko. Definisjonen av risiko er sannsynligheten for at en uønsket hendelse skal inntreffe og graden av konsekvens for hendelsen.

Tradisjonelle metoder innenfor kvalitetsstyring er prestasjonsmåling, og bruk av de syv verktøyene: histogram, linjediagram, flytdiagram, spredningsdiagram, paretodiagram, styringsdiagram og årsak-virkningsdiagram. Fokus er valgt å legges på de tre sistnevnte, da disse sees på som mest sentrale. Hensikten med et paretodiagram er å få oversikt over de viktigste årsakene for et problem, her punktligheten. Styringsdiagram skiller vanlige årsaker, betegnet som "støy", fra årsaker som skyldes spesielle hendelser. Resultatene fra disse kan videre bli analysert i et årsak-virkningsdiagram. Metodikken for dette diagrammet er å foreslå så mange feilkilder som mulig, for deretter å jobbe seg frem til rot-årsakene til problemet.

Hensikten med sikkerhets- og risikostyring er å hindre at uønskede hendelser inntreffer. Det arbeides etter ALARP-prinsippet som sier at risiko skal reduseres så langt det er realistisk praktiserbart. Kostnad/nytte analyser må benyttes for å vurdere lønnsomheten av tiltak. Verktøyene som brukes innenfor sikkerhetsstyring er risikoanalyser. FMECA og HAZOP er mye brukte kvalitative analysemetoder som baserer seg på gruppeaktivitet, med en strukturert form for gjennomgang av potensielle farekilder og effekten av disse. Analysene kan overføres til bruk innenfor kvalitetsstyring. Dette kan gjøres ved å forandre parametere, stikkord og alvorlighetsklassers betydning.

Arbeidet med sikkerhetsmessig planlegging av omlegginger av togtrafikken består av en risikovurdering hvor det blir tatt beslutning av behovet for videre analyser. Om behovet foreligger blir disse utført, som regel som en Sikker Jobb Analyse, med worksheet og sjekklister. Jernbaneverket arbeider ut fra dokumentet "*Sikkert arbeid i og ved Jernbaneverkets infrastruktur*". Det punktlighetsmessige arbeidet i forkant av omlegginger sikter mot en "knirkefri" gjennomføring av avviket. Behovet for struktur og metodebasert arbeid foreligger her. Forslag til forbedringer baserer seg på måling av prestasjoner, dokumentasjon og struktur i form av faste prosedyrer.

Figurliste

- Figur 1 Rapportens oppbygning
- Figur 2 Jernbanens oppbygning i Norge
- Figur 3 Passasjerkilometer fordelt på bransjer 1970-2000. Kilde: "White paper - European transport policy for 2010 - time to decide"
- Figur 4 Kapasitet i makstimen og døgngjennomsnitt (Jernbaneverket, 2007)
- Figur 5 Samspill mellom kriterier i Sink og Tuttle's modell (Sink og Tuttle, 1989)
- Figur 6 Kvalitetssløyfe. Redigert fra (AFNOR, 2007)
- Figur 7 Styringsdiagram (Strekerud, 2007)
- Figur 8 Paretdiagram
- Figur 9 Årsak-virkningsdiagram
- Figur 10 PUKK forbedringssirkel (Kvaavik, 2005)
- Figur 11 Modell for sikkerhetsstyring. Redigert fra Aven (2005)
- Figur 12 Aktivitetssløyfe: Risikostyring. Redigert fra Andreassen (2007) og Høj og Kröger (2001).
- Figur 13 ALARP-prinsippet (Andreassen, 2007)
- Figur 14 Risikomatrikse (Andreassen, 2007)
- Figur 15 Barriere (Rosness, 2002)
- Figur 16 HAZOP worksheet. (IEC 61882, 2001)
- Figur 17 Eksempel på en systemstruktur (Rausand, 2004)
- Figur 18 FMECA worksheet (Rausand, 2004)
- Figur 19 Feil-tre. Redigert fra Rausand (2004)
- Figur 20 Punktlighetsmatrikse
- Figur 21 Årsak-virkningsdiagram Fokkstua nr. 1
- Figur 22 Årsak-virkningsdiagram Fokkstua nr. 2
- Figur 23 Illustrasjon av driftsavvik

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Figurliste	iii
Innholdsfortegnelse	iv
1 Trafikkmessig risikovurdering av omlegginger av togtrafikken	- 1 -
1.1 Bakgrunn	- 1 -
1.2 Oppgaven	- 1 -
1.3 Avgrensing og omfang	- 2 -
1.4 Mål	- 3 -
2 Metode	- 6 -
2.1 Typer metoder	- 6 -
2.2 Oppgavens metoder	- 8 -
3 Jernbanen i Norge	- 9 -
3.1 Historie	- 9 -
3.2 Instanser	- 10 -
3.2.1 Statens jernbanetilsyn	- 10 -
3.2.2 Jernbaneverket	- 10 -
3.2.3 Operatører	- 11 -
3.3 Konkurransen	- 11 -
3.4 Kapasitet på banenettet	- 12 -
3.5 Pågående jernbaneprosjekter	- 13 -
3.6 Punktlighet og sikkerhet i jernbanen	- 15 -
4 Kvalitetsstyring og punktlighet	- 17 -
4.1 Definisjoner	- 17 -
4.1.1 Kvalitet	- 17 -
4.1.2 Robusthet	- 17 -
4.1.3 Punktlighet	- 18 -
4.1.4 Regularitet	- 18 -
4.2 Prestasjonsmåling	- 18 -
4.2.1 Bakgrunn	- 18 -
4.2.2 Definisjon av prestasjonsmåling	- 19 -
4.2.3 Hvorfor måle prestasjon?	- 19 -
4.2.4 Sink og Tuttle's modell	- 20 -
4.2.5 Prestasjonsmåling i transportindustrien	- 21 -
4.2.5 Forholdet mellom prestasjonsmåling og kvalitet	- 22 -
4.3 Sentrale verktøy	- 23 -
4.3.1 Styringsdiagram	- 23 -
4.3.2 Paretdiagram	- 24 -
4.3.3 Årsak-virkningsdiagram	- 25 -
4.3.4 PUKK forbedrings sirkel	- 26 -
5 Sikkerhetsstyring	- 28 -
5.1 Risiko og risikostyring	- 31 -
5.1.1 Definisjon av risiko	- 31 -
5.2 Risikoaksept	- 33 -
5.2.1 ALARP og risikomatrise	- 33 -
5.2.2 Akseptkriterie	- 35 -
5.3 Barriere	- 36 -
5.4 Analyseverktøy	- 37 -
5.4.1 Hazard and Operability analyse (HAZOP)	- 37 -
5.4.2 Feilmodi, effekt og kritikalitet analyse (FMECA)	- 40 -
5.4.3 Feil-tre analyse (FTA)	- 43 -
6 Overførbarhet og sammenligning av metoder og begrep	- 46 -
6.1 Sammenligning av sikkerhets- og punktlighetsstyring	- 46 -

6.2	Diskusjon av forholdet mellom sikkerhet og punktlighet.....	- 49 -
6.3	Overførbare verktøy	- 50 -
6.3.1	Risikomatrise	- 50 -
6.3.2	FMECA	- 51 -
6.3.3	Prosedyre HAZOP	- 52 -
6.3.4	Årsak-virkningsdiagram	- 54 -
7	Omlegging av togtrafikken og forslag til forbedringer.....	- 56 -
7.1	Planlegging av omlegging av togtrafikken	- 56 -
7.2	Sikkerhetsmessig planlegging av omlegginger.....	- 57 -
7.2.1	Sikkert arbeid i og ved Jernbaneverkets infrastruktur	- 57 -
7.2.2	Sikker Jobb Analyse (SJA).....	- 57 -
7.3	Punktlichetsmessig planlegging av omlegginger.....	- 59 -
7.4	Forslag til tiltak i planleggingsfasen av en trafikkomlegging.....	- 59 -
7.4.1	Kvalitet og forutsigbarhet	- 59 -
7.4.2	Prosedyrer og dokumentasjon.....	- 60 -
8	Konklusjon	- 61 -
8.1	Rapportens konklusjon	- 61 -
8.2	Feilkilder og begrensninger	- 62 -
8.3	Måloppnåelse.....	- 62 -
8.4	Forslag for videre arbeid.....	- 62 -
9	Referanser.....	- 63 -

Vedlegg A: Forstudierapport

Vedlegg B: Fremdriftsrapport

Vedlegg C: Aktivitetsdiagram ved planlagte avvik, NSB

1 Trafikkmessig risikovurdering av omlegginger av togtrafikken

Ved større jernbaneutbygginger vil det ofte være behov for å legge om trafikken. Dette er en naturlig del av jernbanens utvikling og forbedring. Det kan være nødvendig å stenge eller redusere trafikken på enkelte strekninger. Planlegging av denne omleggingen vil være viktig for å ivareta jernbanens punktlighet og sikkerhet. Omlegging blir i oppgaven definert som planlagte avvik i trafikken. Rapporten omhandler planleggingsfasen, og vurderer hvilke verktøy som her kan benyttes innenfor sikkerhet og punktlighet. Det blir også vurdert hvilke sikkerhetsverktøy som kan benyttes for punktlighetsforbedring.

Rapportens første kapittel tar for seg oppbygning, avgrensning og omfang, samt mål og bakgrunn for oppgaven.

Togtrafikk er også en miljøvennlig transporttjeneste basert på vannkraft, og er dermed viktig i utviklingen mot en bærekraftig transportindustri.

1.1 Bakgrunn

Jernbanedrift opererer i et marked med sterk konkurranse fra alternative transportslag. Det er viktig å forske på løsninger og tiltak som kan føre til punktlighetsmessige og sikkerhetsmessige forbedringer. Oppgaven er gjennomført i samarbeid med NSB og forskningsprosjektet PEMRO (Performance Measurement in Railway Operations).

Det ble i januar 2002 undertegnet en langsiktig samarbeidsavtale mellom NSB og Sintef. Sintefs nære forhold til NTNU muliggjør bruk av masterstudenter for prosjekt- og hovedoppgaver. Denne prosjektoppgaven er et av resultatene av dette samarbeidet.

1.2 Oppgaven

Den generelle problemstillingen er hentet fra oppgaveteksten:

I tilknytning til større jernbaneutbygginger blir det nødvendig med ulike omlegginger av trafikken. Det kan være sporbrudd over eksempelvis enn helg, eller perioder med redusert kapasitet på en del av en strekning. Oppgaven går ut på å beskrive egnede analyser som bør gjøres i forkant av slike omlegginger. Hensikten er å finne tiltak som bidrar til at togtrafikken kan gjennomføres med normal punktlighet under og etter slike omlegginger. Det kan være aktuelt å sammenstille erfaringene fra tidligere omlegginger i trafikken.

Videre er det delt inn i fire deloppgaver:

1. Gjennomføre et litteraturstudium og sammenstille kunnskapsgrunnlag om eksisterende former for usikkerhetsvurderinger av forventet robusthet av trafikken ved omlegginger.

Fokus legges både på trafikken i perioden med alternativ trafikk, og på overganger mellom normal og alternativ trafikk

2. Gjennomføre og sammenstille et litteraturstudium om usikkerhetsanalyser i ulykkes/HMS-perspektiv
3. Vurdere overførbarhet av metoder og erfaringer fra usikkerhetsanalyser i ulykkes/HMS-perspektiv til vurderinger av robusthet av togtrafikk
4. Foreslå tiltak og innretning på videre arbeid med forberedelser av omlegginger av togtrafikken

Prosjektoppgaven skal gjennomføres som et prosjekt hvor prosjektstyring er en del av oppgaven.

1.3 Avgrensning og omfang

Det ble i samråd med forfatterens veiledere besluttet å ikke avgrense litteratursøket til kun å omhandle et system i omlegging, da tilgjengelig litteratur ikke kunne besvare oppgavens problemstilling i deloppgave 1.

Videre ble det valgt å avgrense litteraturstudiet til å omhandle metodikk som kan benyttes i planleggingsarbeidet ved omlegginger av togtrafikken. Dette er også indikert i oppgaveteksten og uttrykt i deloppgave 1 og 4. Ved vurdering av overførbarhet av analyser ble det avgrenset, og fokusert på metoder som kan anvendes av NSB. Forbedringstiltak ble i tillegg avgrenset for å konsentrere seg om togindustrien i Norge.

Prosjektoppgaven ble utlevert 28.8.07 og sluttdato er 18.12.07. Tidsrammen er dermed på 16 uker. Videre har prosjektet en størrelse på 15 studiepoeng, noe som betyr at gjennomsnittlige belastningstimer er 24/uke. Innenfor disse rammene har det blitt utarbeidet en tidsplan, med milepæler for når de forskjellige aktivitetene skal være ferdigstilt. Dette er gjort ved bruk av prosjektstyringsverktøyet Gantt og finnes i vedlegg A (Forstudierapport). Det er også blitt utarbeidet en oversikt over antall timer og dager som skal brukes på de forskjellige delene av rapporten (vedlegg A).

Litteraturstudiet skal omhandle kvalitetsstyring og sikkerhetsstyring i planleggingsfasen. Det presiseres at alle beslutninger angående avgrensninger er tatt i samråd med forfatters veiledere.

1.4 Mål

Det er viktig å kartlegge mål for oppgaven. Forfatter har definert følgende effektmål, resultatmål og delmål:

Effektmål

For interessenter:

- Vurdering og forbedring av nåværende prosedyrer ved omlegginger av togtrafikken.
- Øke kvaliteten på sine transporttjenester.

For forfatter:

- Økt forståelse for prosjektstyring og rapportskrivning.
- Økt kunnskapsgrunnlag innenfor punktlighets- og risikoanalyser.
- Bedre innsikt i jernbanedrift, spesielt ved omlegginger av trafikken.

Resultatmål

1. Opparbeide en oversikt over litteratur og informasjon vedrørende punktlighet og risiko forbundet med omlegginger av togtrafikken.
2. Belysning av dette temaet med hensyn på jernbanedrift i Norge.
3. Kartlegge eventuelle overførbare metoder.
4. Foreslå forbedringstiltak.

Delmål

1. Gjennomføre nett- og bibliotekbasert litteratursøk.
2. Utarbeide intervjuguide og gjennomføre en intervjurunde hos NSB og Jernbaneverket og andre aktuelle.
3. Prosessere materiale innhentet i delmål 1 og 2.
4. Presentere materiale skriftlig.
5. Vurdere analysemetoder i innhentet materiale fra hhv. punktlighet og sikkerhet opp mot hverandre.
6. Presentere vurderinger fra delmål 5 skriftlig og trekke konklusjoner.

1.5 Oppgavens oppbygning og innhold

Oppgaven er delt inn i fem deler og ti kapitler. En illustrasjon av oppbygningen kan sees i figur 1.

Del 1: Kapittel 1

Kapittel 1 inneholder en innledning til oppgaven. Her blir det tatt med bakgrunn for oppgaven, oppgavebeskrivelse, avgrensinger og omfang, mål for oppgaven, samt oppgavens oppbygning og innhold.

Del 2: Kapittel 2 og 3

Kapittel 2 tar for seg metodebruk og forklarer de forskjellige tilnæringsmetodene. Kapittelet sammenligner metoder og gir en oversikt over hvilke metoder som er valgt for oppgaven. Kapittel 3 gir en introduksjon til jernbanen i Norge med historie, utfordringer og pågående jernbaneprosjekter.

Del 3: Kapittel 4 og 5

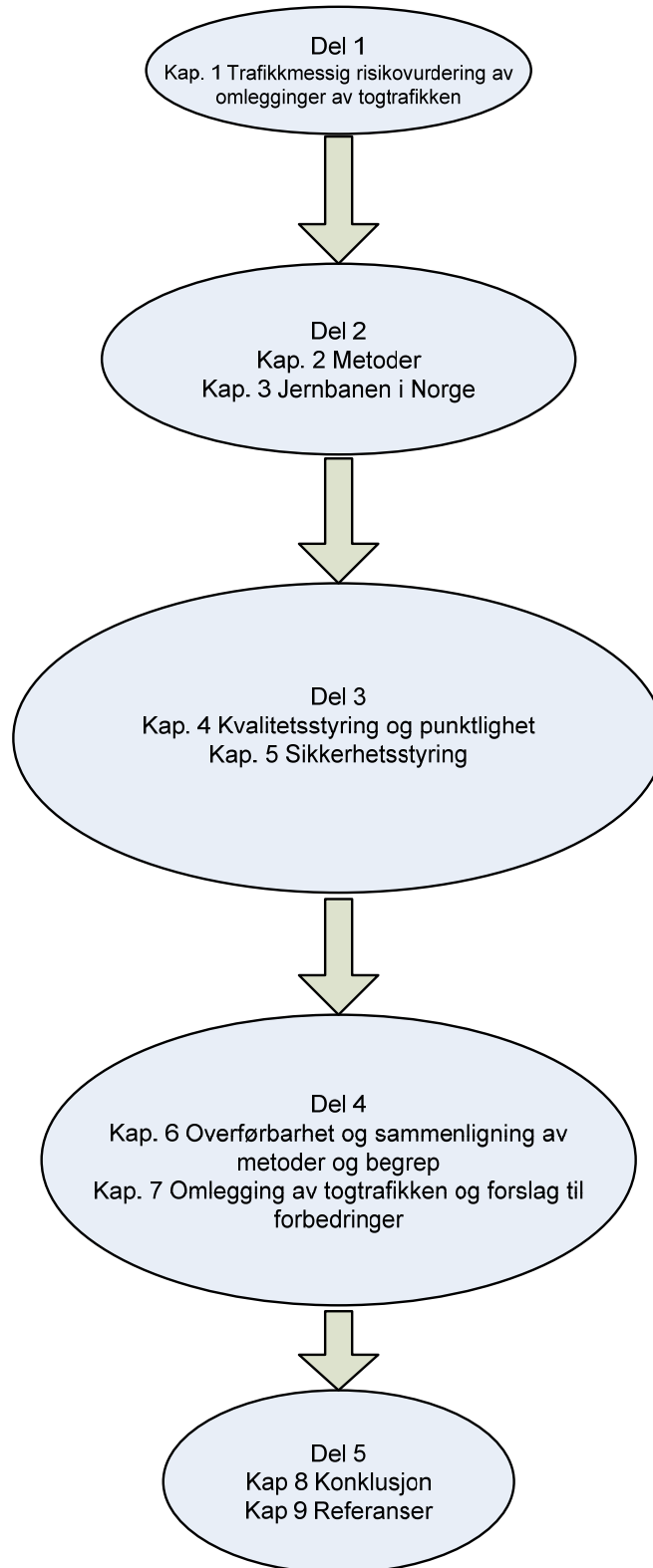
Kapittel 4 og 5 presenterer materiale fra litteraturstudiet. Kapittel 4 tar for seg kvalitetsstyring og punktlighet, med definisjoner, prestasjonsmåling, forbedringsarbeid og ulike verktøy. Kapittel 5 presenterer sikkerhetsstyring med underliggende begreper og metoder. Det blir presentert måter å styre risiko på, med verktøy og risikokriterier.

Del 4: Kapittel 6 og 7

Kapittel 6 diskuterer og foreslår verktøy som kan overføres til bruk for punktlighetsforbedring. I tillegg blir det gjort en sammenligning mellom faggrenene sikkerhets- og punktlighetsstyring, og begrepene sikkerhet og punktlighet blir diskutert. Kapittel 7 skisserer hva som blir gjort sikkerhets- og punktlighetsmessig, i forkant av trafikkomlegginger. Direkte forslag til forbedringer blir her i tillegg uttrykt.

Del 5: Kapittel 8 og 9

Rapportens konklusjoner blir gjengitt i kapittel 8. Her blir også feilkilder og begrensninger, og grad av måloppnåelse vurdert. I tillegg blir det foreslått forslag til videre arbeid innenfor rapporten tema. Kapittel 9 er rapportens referanser, med litteratur-referanser og intervju/samtale-referanser.



Figur 1 Rapportens oppbygning

2 Metode

For å kunne svare på oppgavens problemstillinger er det nødvendig med kunnskap og innsikt. Det må legges opp en strategi for hvordan kunnskapen skal tilegnes for best å kunne besvare de ulike problemstillingene. I denne strategien må det velges hvilke metoder man skal benytte i de ulike delspørsmålene. "Metoder" blir brukt om fremgangsmåter for å hente inn, bygge opp og analysere et datamateriale. (Holter og Kalleberg, 1996)

2.1 Typer metoder

Det finnes en rekke metoder for å finne informasjon, hvor majoriteten av disse vanligvis blir kategorisert som enten kvalitative eller kvantitative. Holter og Kalleberg (1996) peker imidlertid på at et kvalitativt forskningsopplegg som regel vil ha innslag av kvantitative elementer. På samme måte vil kvantitative analyser også berøre kvalitative forhold. (Holter og Kalleberg, 1996)

Kvalitative metoder

Det sentrale innenfor kvalitative undersøkelser er å skape en dyp forståelse for problemstillingen. Metoden innebærer liten grad av formalisering, er fleksibel og undersøkelsesopplegget kan endres underveis. Typiske kvalitative metoder for datainnsamling er intervju, diskusjon samt narrative undersøkelser. Dette fører til en nærhet til kilden og påvirkning kan dermed skje begge veier. Informasjon og data fra kvalitativ forskning er først og fremst basert på tekst. (Holter og Kalleberg, 1996)

Kvantitative metoder

I Kvalitative undersøkelser har forskeren avstand til materialet, og det forekommer dermed liten eller ingen påvirkning mellom de to. Metoden er formalisert og strukturert hvor forskeren har full kontroll på problemstillingen. Undersøkelsen kan ikke endres på samme måte som i kvalitativ forskning. Informasjon som blir innhentet kan foreligge metriske data. Statistiske målemetoder spiller dermed en sentral rolle. (Bell, 2005)

Sammenligning og kombinasjon av metoder

I følge Holme og Solvang (1996) vil det ikke være slik at en av metodene er overlegen, men at en kombinasjon ofte vil være nødvendig for å utføre en god analyse eller rapport. Dette med bakgrunn i at det ofte finnes flere problemstillinger som krever ulike metodebruk. Holme og Solvang (1996) utdyper dette ved å nevne fire forskjellige måter kvalitativ og kvantitativ metode kan kombineres:

- *Kvalitative undersøkelser som forberedelse til kvantitativ analyse.*
- *Kvalitative undersøkelser som oppfølging av kvantitative undersøkelser.*
- *Parallell utnytting av kvalitative og kvantitative tilnærminger under både datainnsamling og analyse.*
- *Innsamling av kvalitative data som kvantifiseres under analysen.*

Metodene sammenlignet:

<i>Metode</i>	Kvalitativ	Kvantitativ
<i>Generelt</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fortolkninger. ▪ Problemstilling kan endres og utvikles i løpet av datainnsamling. ▪ Går i dybden (mange opplysninger) med få informanter. ▪ Direkte kontakt med informantene. ▪ Observasjon, tekstanalyse og intervju. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Årsak/Virkning. ▪ Problemstilling ferdig utformet før datainnsamling. ▪ Går i bredden (få variabler) med mange informanter. ▪ Avstand til informantene. ▪ Statistikk.
<i>Forskningslogikk</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fortolkende subjekt-subjekt forhold. ▪ Forsker er ute i felt og kan påvirkes av informant og vice versa. ▪ Søker å forstå det spesifikke i en helhet. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Subjekt-objekt forhold. ▪ Generalisering fra enhet til univers. ▪ Positivisme og objektivitet. ▪ Lav grad av påvirkning mellom forsker og informanter.
<i>Begreper for datakvalitet</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Troverdighet ▪ Bekreftbarhet ▪ Overførbarhet 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reliabilitet ▪ Validitet ▪ Generalisering

Tabell 1: Forholdet mellom kvalitative og kvantitative metoder. Sentrale kjennetegn. (Lilledahl og Hegnes, 2000)

2.2 Oppgavens metoder

Oppgavens bruk av metoder vil være å benytte seg av både kvalitative og kvantitative tilnæringer. Ved gjennomføring av litteraturstudiet vil det være naturlig å benytte en kvantitativ metode, hvor flere kilder blir brukt innenfor oppgavens faste rammer. Informasjonskildene vil ha avstand til forfatter og være flere. Påvirkning vil dermed ikke være til stede, da forfatter ikke har direkte kontakt med kildens forfattere. Denne metoden blir brukt i delene av rapporten som baserer seg på litteraturstudiet av kvalitetsstyring og sikkerhetsstyring. Hovedsakelig vil dette si kapittel 4 og 5. Den direkte strategien for tilegnelse av nødvendig kunnskap vil her være litteratursøk, og studering av funn. Litteraturen har stort sett blitt funnet ved hjelp av nettsøk i teknologiske databaser og søk i NTNUs biblioteker. Det har i tillegg blitt benyttet tidligere masteroppgaver og prosjektoppgaver, blant annet etter tips fra veiledere. Jernbaneverket og NSB har også vært hjelpelige med generell litteratur rundt temaene punktlighet og sikkerhet.

Kvalitative metoder har i kapittel 6 og 7, blitt benyttet for å besvare deloppgave 3 og 4. Det er her inkludert forfatters egne fortolkninger, og direkte kontakt med informasjonskilde har vært en sentral arbeidsmetode. Strategien har først og fremst vært bruk av intervju. Påvirkning mellom intervjuer og objekt har vært til stede, noe som ofte har ført til interessante samtaler og diskusjoner. Direkte spørsmål har også blitt stilt enkeltvis, da ofte på telefon. Intervjuene og samtalene har stort sett inkludert personlig oppmøte, da oppgavens tema er såpass kompleks. Ansikt til ansikt-strategien gjør det lettere å forstå hverandre, og vite om man snakker om de samme tingene, noe som her har vært essensielt. Det er utført intervjuer og samtaler med sentrale mennesker i NSB og Jernbaneverket. En oversikt over disse finnes i kapittel 9 Referanser.

En detaljert oversikt over bruk av metoder sees i denne tabellen, hvor **x** betyr ”til en viss grad” og **xx** betyr ”i stor grad”:

<i>Metoder/Kapittel</i>	Kvalitative	Kvantitative
3	x	xx
4		xx
5		xx
6	xx	x
7	xx	

Tabell 2: Oppgavens metoder

Kapittelet har presentert ulike metoder for informasjonstilegning og gitt en oversikt over rapportens arbeidsmetoder. I det neste kapittelet blir det gitt en introduksjon til jernbanen i Norge, med vinkling relatert til spørsmål som reises.

3 Jernbanen i Norge

Kapittelet introduserer jernbanen i Norge sett i et perspektiv av fremdrift, utvikling og begrensninger. En kort oversikt blir gitt over jernbanens historie i Norge, samt de forskjellige instansene, kapasitetsnivå i dag, og pågående utbygginger. Prosjektet omhandler sikkerhet og punktlighet og en innledende diskusjon er i dette kapittelet skissert.

3.1 Historie

Den første jernbanestrekningen i Norge ble ferdigstilt i 1854 etter tre år med arbeider. Ideen kom fra England, som i 1825 fikk sin første jernbane bygget. Norges første bane ble kalt Norsk Hoved-jernbane og strakk seg fra Oslo, den gang Christiania, til Eidsvoll. Hovedbanen, som strekningen fortsatt kalles, fraktet det første året 128.000 passasjerer og ble en stor suksess (Jernbaneverket, 2007). Tre år senere vedtok Stortinget at tre nye baner skulle bygges:

- Lillestrøm over Kongsvinger til svenskegrensen
- Hamar - Elverum
- Trondheim - Støren

Dette hadde en prislapp på 2/3 av statsbudsjettet og viste virkelig hvilken tro Staten hadde på jernbanen. Videre frem til 1883 ble det bygget 11 nye strekninger og jernbanen hadde nå en samlet linjelengde på 150 mil. Dovrebanen kom i 1921 og jernbanen nådde dermed sin største utstrekning på 4415 km (Veiseth, 2002).

I 1920-årene økte konkurransen fra biltrafikken da utbygging av veinettet var høyt prioritert. Jernbanen fikk altså økt konkurranse og man begynte å vurdere andre driftsformer enn den konvensjonelle dampdriften.

Da 2. verdenskrig pågikk (1940-45) mistet Norge kontrollen over Norges Statsbaner (NSB) til tyske styrker. I disse årene med krig ble materiell og baner drevet på en uansvarlig måte. Da freden kom var ressursene tappet, materiell og infrastruktur nedslitt og ødelagt. Behovet for nye investeringer var stort og i 1952 ble det gitt en fornyelsesbevilgning. Det ble utarbeidet en plan kalt "Vekk med dampen" som et ledd i moderniseringen. Denne planen kartla arbeidet for å legge om driftsform fra damp til elektrisitet og diesel. Ved å innføre elektrisk kraft istedenfor dampkraft, kunne man fordoble transportkapasiteten (Veiseth, 2002). Selv med bevilgningen i 1952 ble årene etter vanskelige for jernbanen. Frigivelsen av bilkjøp kom i 1960 og biltrafikken ble nå for alvor en konkurrent for NSB. I årsskiftet 1969-70 ble "Vekk med dampen" fullført, noe som medførte en total utskiftning av damplokomotivene, til fordel for elektriske- og dieseldrevne lok. Energikrisen på 1970-tallet resulterte i en kraftig vekst i antall reisende og i 1980 ble Oslotunnelen åpnet (Jernbaneverket, 2007).

1. Desember 1996 ble Jernbaneverket opprettet og NSB ble omdannet til et særlovselskap, noe som medførte at de *"økonomisk sett fikk samme krav og rammer som et statsaksjeselskap"* (Veiseth, 2002). Jernbaneverket skulle være ansvarlig for

infrastrukturen og vedlikeholdet av denne etter dette. I dag er det statlige jernbanenettet 4087 km, hvor 218 km er dobbeltsporede strekninger. Nettet er hovedsakelig elektrifisert med enkelte unntak hvor det blir brukt diesellokomotiv.

3.2 Instanser

I Norge har vi tre hovedinstanser for jernbanedrift: Statens Jernbanetilsyn (STJ), Jernbaneverket (JBV) samt 9 aktører som driver transporttjenestene. Denne tredelingen sørger for at det er forskjellige instanser som driver tilsyn og utøving av sikkerhet innenfor jernbanen. Jernbaneverket og de forskjellige utøvere er pålagt å følge lover og regler når det gjelder sikkerhet. Figur 2 viser en illustrasjon over påvirkning mellom de tre instansene. STJ er overordnet tilsynsorgan mens Jernbaneverkets handlinger påvirker aktørene ved utbygging og tildeling av sporkapasitet samt trafikkstyring.

3.2.1 Statens jernbanetilsyn

Statens jernbanetilsyn (STJ) er et forvaltningsorgan som driver kontroll og tilsyn av jernbanevirksomhet i Norge. Jernbaneverket og de ulike aktørene som opererer på banenettet er underlagt SJT, som sørger for at jernbaneloven, med forskrifter og bestemmelser gitt med hjemmel i denne loven, blir fulgt.

Fra Statens jernbanetilsyns instruks, § 2 Formål og avgrensning (2003): *"Innenfor rammebetingelser fastsatt av overordnet myndighet skal Statens jernbanetilsyn arbeide for at jernbanevirksomheten utøves på en sikker og hensiktsmessig måte til det beste for de reisende, banens personale og publikum i alminnelighet. Statens jernbanetilsyn skal føre tilsyn med at utøvere av jernbanevirksomhet oppfyller de vilkår og krav som er satt til virksomheten i henhold til jernbanelovgivningen"* (SJT, 2003)

Jernbaneverket og aktørene er i tillegg pålagt å rapportere ulykker og ulykkesårsaker årlig til STJ. Statens jernbanetilsyn utarbeider og publiserer ulykkesstatistikk og årsrapporter med bakgrunn i materiale fra jernbaneverket og de forskjellige aktørene. I tillegg publiserer STJ tilsynsrapporter, veiledninger og forskriftskommentarer.

3.2.2 Jernbaneverket

Jernbaneverket (JBV) er ansvarlig for at jernbanens infrastruktur driftes og vedlikeholdes på en måte som tilfredsstiller markedets og samfunnets krav.

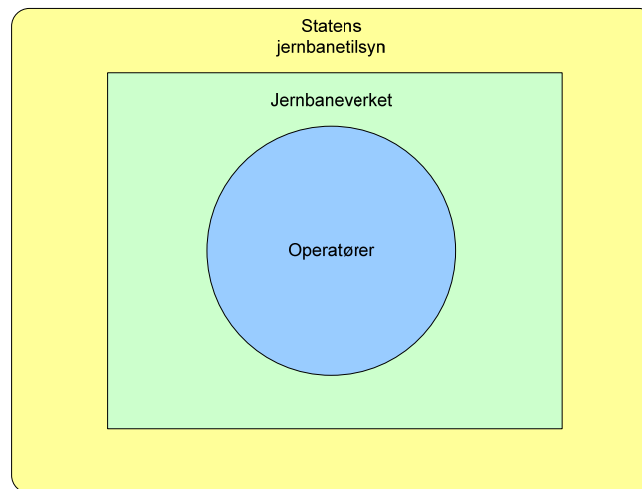
Jernbaneverkets hovedoppgaver (Jernbaneverket, 2007a):

- Drift og vedlikehold av stasjoner, terminaler og banenett
- Ruteplanlegging i form av å tildele ruteleier samt å fordele sporkapasitet mellom de forskjellige aktørene
- Trafikkstyring fra togledersentralene samt togekspeditører på stasjoner
- Planlegge, prosjektere og foreslå gjennomføring av jernbaneprosjekter

I tillegg er jernbaneverket energileverandør til eget jernbanenett samt privatmarkedet.

3.2.3 Operatører

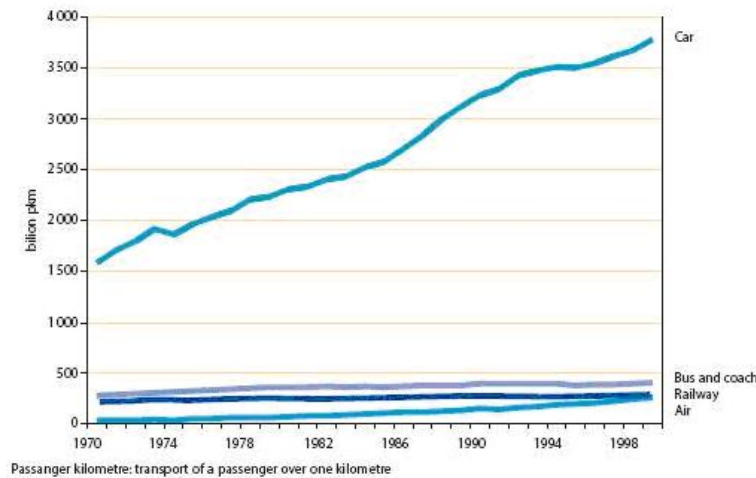
Operatører er selskaper som driver person- eller godstransport på jernbanenettet. Disse har selv ansvar for eget togmateriell og personell. I dag har vi ni operatører på jernbanenettet: NSB AS, CargoNet AS, Flytoget AS, Green Cargo AB, Hector Rail AB, Malmtrafikk AS, NSB Anbud AS, Ofotbanen AS og Tågakeriet i Bergslagen AB. I tillegg har Nya Inlandsgods AB og Veolia Transport Norge AS (tidligere Connex) drevet transport i 2007, henholdsvis frem til 3. august og 3. juli. (SJT, 2007)



Figur 2 Jernbanens oppbygning i Norge

3.3 Konkurransen

Regjeringen i Norge besluttet i 2004 å satse 10 milliarder på jernbanen i tidsrommet 2006-2011 (Jernbaneverket, 2007). Kapitalen er nødvendig for at togtrafikken skal kunne være konkurransedyktig med andre transporttjenester som bil, fly, båt og buss. Midlene har blitt brukt og brukes på utbygging og modernisering av jernbanelinjer, samt GSM-Rail. GSM-R er et kommunikasjonssystem for tog som ble tatt i bruk 1.11. 2007 (Olsen, 2007). Jernbanen har en lang vei å gå for å konkurrere med bil når det gjelder ant. personkilometer/tid. Som vi ser av figur 3 øker bilbruken i et jevnt tempo, mens antall personkilometer med tog ikke har den samme utvikling å vise til. Flexibilitet og tilgjengelighet er åpenbare fordeler bilen har. Å vende transportindustrien i en bærekraftig retning vil være en lang prosess, og det er dermed enda viktigere å jobbe hardt for dette.

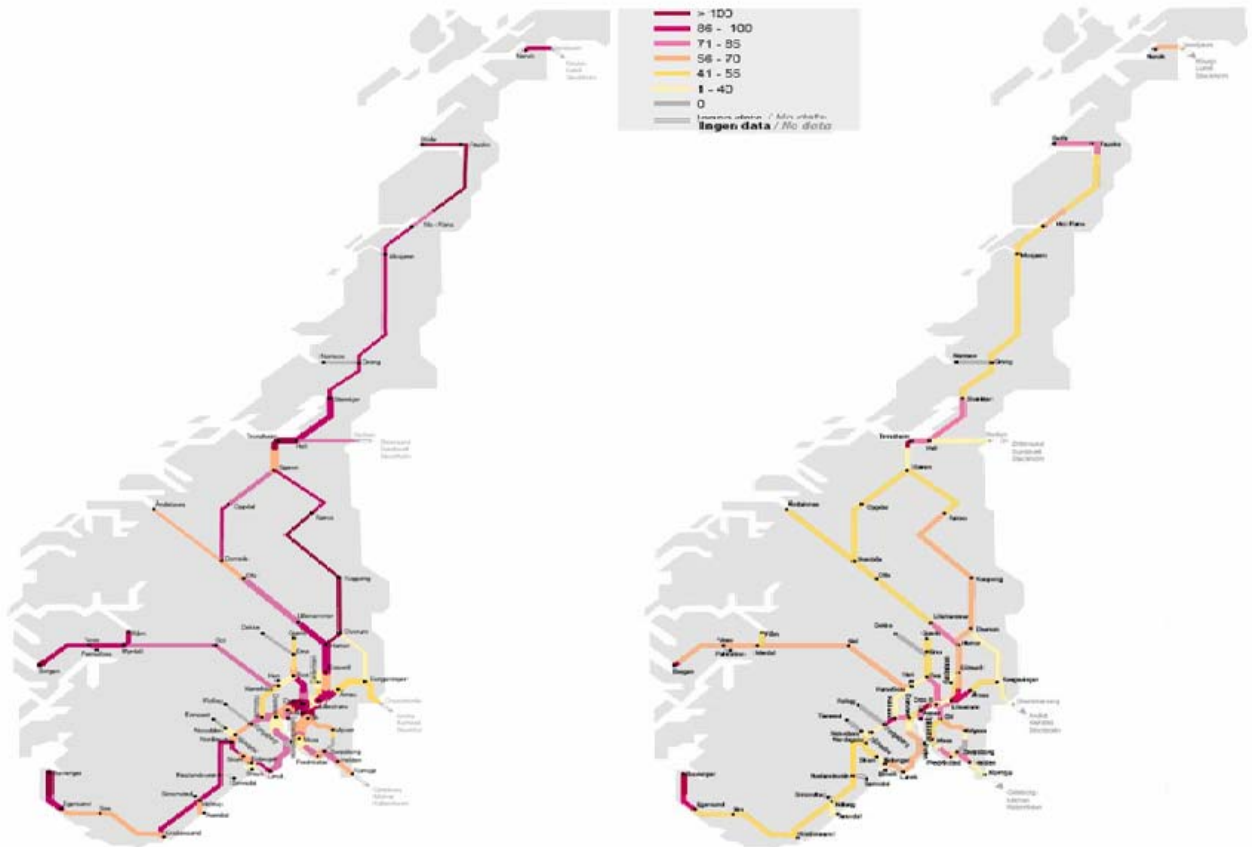


Figur 3 Passasjerkilometer fordelt på bransjer 1970-2000. Kilde: "White paper - European transport policy for 2010 - time to decide"

3.4 Kapasitet på banenettet

Dagens jernbanenett består hovedsakelig av enkeltsporede strekninger. Dette fører til lite fleksibilitet og stor sårbarhet for avvikssituasjoner. Togrutene er planlagt slik at tog kan passere hverandre på møteplasser uten å bli forsinket. Den ekstra tiden passeringene krever er iberegnet i rutetabellen. Om derimot et tog er forsinket skaper dette problemer også for møtende tog som kanskje må vente til det forsinkede toget har passert. Dette er en vanlig årsak til forsinkelser og blir kalt følgeforsinkelser. Et tiltak mot disse er å gi tog som er i rute prioritet, og heller la det forsinkede toget vente ved møteplassene. Dette fører imidlertid til at det forsinkede toget blir ytterligere forsinket.

Figurene nedenfor illustrerer hvor mye av banenettets kapasitet som blir utnyttet, henholdsvis makstimen og døgngjennomsnitt. 100 (%) indikerer her banens eller strekningens maksimale antall tog, med maksimal hastighet, som kan fremføres. Steder med vinrød farge indikerer at kapasiteten blir utnyttet mer enn 100 % (> 100%). Dette vil være mulig om togenes hastighet blir senket til et sikkerhetsmessig forsvarlig nivå. Noe som forlenger reisetiden og påvirker punktligheten.



Figur 4 Kapasitet i makstimen og døgngjennomsnitt (Jernbaneverket, 2007)

Av figurene ser man i hvilken grad banenettet blir utnyttet. Vi legger merke til at det er i Stavanger-området og på Østlandet man presser kapasiteten mest.

3.5 Pågående jernbaneprosjekter

Det jobbes kontinuerlig med utbygging og forbedring av jernbanenettet for å tilfredsstille markedets krav. Mens arbeider pågår langs skinnegangen vil det være nødvendig å legge om togtrafikken. De største pågående jernbaneprosjekter er her skissert, hvor omlegging av togtrafikken kan foregå over måneder og år.

Nytt dobbeltspor Skøyen - Asker

Det blir bygget to nye spor på strekningen Skøyen - Asker. Man vil på denne strekningen doble kapasiteten med totalt 4 spor. Tidsperspektivet på de forskjellige delprosjektene ser slik ut:

<i>Strekning/Stasjon</i>	<i>Byggestart</i>	<i>Ferdig</i>
Sandvika - Asker	2001	2005
Lysaker - Sandvika	2007	2011
Skøyen - Lysaker	>2015	
Lysaker st.	2006	2009

Nytt dobbeltspor Oslo S - Ski

Prosjektet er delt inn i to faser. Strekningen Ski - Kolbotn bygges først ut og deretter Kolbotn - Oslo. Ski stasjon må i tillegg utvides for det nye dobbeltsporet fra Oslo. Oppstart og tidsplan er avhengig av bevilgninger i statsbudsjettet, og for 2008 er det ikke satt av midler for å starte utbyggingen av Ski stasjon. En oversikt er vist i tabellen:

<i>Strekning/Stasjon</i>	<i>Byggestart</i>
Ski - Kolbotn	Tidligst 2010
Kolbotn - Oslo	Etter 2012
Ski st.	Avhenger av bevilgninger i statsbudsjettet

Nytt spor Sandnes - Stavanger

Dagens enkeltspor blir bygget ut til dobbeltspor mellom Sandnes og Stavanger. I tillegg vil det bli bygget nye holdeplasser på Gausel, Jåttåvågen og i Paradis. Hillevåg holdeplass legges ned, og Mariero holdeplass oppgraderes. Byggeperiode: 2006 - 2009

Godsterminal på Ganddal

Godsterminalen bygges ut og erstatter dagens terminal i Stavanger. Utbyggingen øker godkapasiteten og fleksibiliteten ved terminalen, samtidig som det blir frigjort kapasitet for persontrafikk mellom Sandnes og Stavanger. Arbeidene startet desember 2005 og terminalen er planlagt åpnet desember 2007.

Modernisering av Vestfoldbanen

Arbeidene med moderniseringen ble startet i 1993 og i dag står over 17 km dobbeltsporet høyhastighetsbane ferdig fra Skoger utenfor Drammen, til Sande i Vestfold. Videre utbyggingsplan antydes å se slik ut:

<i>Strekning</i>	<i>Byggestart</i>
Barkåker – Tønsberg	2008
Holm – Holmestrand	2009
Farriseidet – Porsgrunn	2010
Holmestrand – Nykirke	2012

Alnabru terminal utvides

Det planlagt å bygge en ny delterminal på sør-området av Alnabruterminalen. Prosjektet må kvalitetssikres av Finansdepartementet og tidligste byggestart vil dermed være i 2009 (Jernbaneverket, 2007).

3.6 Punktlighet og sikkerhet i jernbanen

Punktlighet og sikkerhet er kanskje de to viktigste aspektene med togtrafikk. Flere forskningsrapporter har vist at det kunder verdsetter mest er at toget er i rute, at det er punktlig (Veiseth, 2002). Punktlighet har dermed blitt vist i å være den største kvalitetsparameteren. Som vist i figur 6 i kapittel 4 er kundetilfredshet forholdet mellom forventet og oppfattet kvalitet. Togindustrien stiller her med litt spesielle spilleregler da kunder forventer at man har mer kontroll over miljøet enn for eksempel buss (Murray, 1989). Når en buss er forsinket kan dette skyldes stor trafikk, hvor kundene kan se ut av vinduet for å få forståelse og sympati for dette. Når det oppstår problemer med jernbanen er disse problemene som regel vanskelig å forstå for kunden, som kan reagere med frustrasjon over dette.

Oppfattet kvalitet er bygget på tidligere erfaring med tjenesteytere. Sikkerhet, service, renhet og komfort er også andre kvalitetsparametere som kunden har erfaring med. Togtransport er i Norge ansett for å være en meget sikker transportform, men man kan tenke seg om dette hadde vært annerledes så kunne mennesker forandret sitt syn på kvalitet i jernbanen. At jernbanen er en sikker transporttjeneste er noe som blir, og kanskje bør bli, tatt for gitt.

Et vesentlig skille mellom punktlighet og sikkerhet er regimet. Mens sikkerhet er underlagt lover og regler er punktlighet noe som er opp til hver enkelt operatør å vurdere viktigheten av. Punktlighetsmål er noe som eksisterer i bedriftene, men det foreligger ingen formelle punktlighetskrav med følger om disse ikke blir møtt fra et overordnet organ.

Kapittelet har skissert utfordringer jernbanen har, i form av konkurranse og kapasitet på jernbanenettet. Det har blitt gitt en oversikt over hvilke instanser jernbaneindustrien i Norge består av, og hvilke ansvarsområder disse har. Videre er de største

jernbaneprosjektene skissert, og en diskusjon rundt punktlighet og sikkerhet påbegynt. Oppgaven går nå videre og ser på hva som kan gjøres i planleggingsarbeidet, og hvilke verktøy som kan bli benyttet her.

4 Kvalitetsstyring og punktlighet

Det blir her beskrevet metoder og verktøy for styring mot bedret punktlighet og kvalitet i jernbanen. Kapittelet begynner med å definere viktige begrep som kvalitet og punktlighet, for videre å se på prestasjonsmåling, samt viktige verktøy som kan benyttes. Prestasjonsmåling blir definert og måleparametere blir foreslått for jernbanen. I tillegg blir Sink og Tuttle's tidlige modell skissert. Verktøyene styringsdiagram, paretdiagram og årsak-virkningsdiagram blir presentert og eksemplifisert. Kapittelet har bakgrunn i litteraturstudiet.

4.1 Definisjoner

4.1.1 Kvalitet

Kvalitet er et ord som blir brukt til daglig, uten at vi alltid har en klar formening om ordets definisjon. Om et produkt oppfyller våre forventninger sier vi gjerne at det har kvalitet. Disse forventningene kan derimot variere fra person til person, og dermed blir kvalitetsvurderingen til en viss grad subjektiv.

En av de største "guruene" innenfor kvalitetsfaget, William Edwards Deming, definerer kvalitet som: *"Et produkt eller en tjeneste innehar kvalitet om det er til nytte for noen og opererer i et godt og bærekraftig marked. Handel avhenger av kvalitet"* (Deming, 1994). Aune (2001) definerer kvalitet innenfor 3 kategorier på følgende måte:

1. *Produkt- og/eller brukerbasert: Kvaliteten beskrives av produktegenskaper (som underforstått tilfredsstillende brukerens behov).*
2. *Produksjonsbasert: Kvalitet vil si fravær av feil – overensstemmelse med gitte spesifikasjoner.*
3. *Følelsesbasert: Kvalitet innebærer noe ettertraktelsesverdig og udefinert, som du imidlertid kjenner igjen når du ser det – noe luksuriøst, noe som koster mer".* (Aune, 2001)

ISO 9000 (2000) definerer kvalitet som: *"I hvilken grad en samling iboende egenskaper oppfyller krav"*.

4.1.2 Robusthet

Engelsk Wikipedia (2007) definerer robusthet som *"the quality of being able to withstand stresses, pressures, or changes in procedure or circumstance"*. Videre blir det sagt at et system kan bli omtalt som robust om det er i stand til å takle variasjoner (herunder også uforutsette) i miljøet det opererer i med minimal skade, endring, eller tap av funksjonalitet (W, 2007).

Haimes (2004) definerer robusthet som *"upåvirkeligheten et system og systemets prestasjoner har i forhold til eksterne stressmomenter"*

4.1.3 Punktlighet

Punktligheit kan bli sett på som *"muligheten til å oppnå en sikker ankomst til et bestemmelsessted, etter en på forhånd kunngjort tidstabell"* (Veiseth, 2002)

Rudnicki (1997) definerer punktlighet i transportindustrien som følgende:
"punktligheit kjennetegnes ved at et forhåndsdefinert kjøretøy ankommer, forlater eller passerer et forhåndsdefinert punkt på en forhåndsdefinert tid"

4.1.4 Regularitet

Flyindustrien definerer regularitet som hvor mange av de på forhånd planlagte flyvningene som faktisk blir gjennomført (SAS, 2007):

$$\text{Regularitet} = \frac{\text{Antall faktiske flyvninger} \times 100\%}{\text{Antall planlagte flyvninger}}$$

Om man overfører denne definisjonen til togindustrien vil dette gjelde fra en stasjon til en annen. Veiseth (2002) definerer regulariteten for tog: *"Regulariteten til en togavgang ved et punkt, på en på forhånd planlagt rute/strekning/linje, brytes dersom toget ikke ankommer, forlater eller passerer dette punktet"*

4.2 Prestasjonsmåling

For en bedrift skal kunne være konkurransedyktig er det viktig å kunne holde følge, for ikke å si ligge foran, konkurrentene. Kvalitetskravene øker stadig og det er dermed viktig å kontinuerlig kunne forbedre seg. For å gjøre dette er det viktig å kunne se hvordan man utnytter sine ressurser og måle effektiviteten. Prestasjonsmåling er et verktøy som er utviklet for å opplyse bedrifter om hvor godt ressursene blir utnyttet.

4.2.1 Bakgrunn

Årene etter 2. Verdenskrig bar preg av målrettet arbeid, spesielt i Japan som var hardt rammet av krigen. Landet var okkupert av Amerika og behovet for oppreisning var stort. De tre kvalitetsguruene Deming, Juran og Ishikawa ledet landet mot bedret ledelse og kvalitet. På starten av 1980-tallet kunne Japan vise til høyere kvalitetsnivå enn sine vestlige konkurrenter (Aune, 2001). Dette fører til en vekst av vestlige ledelsefilosofier og vi blir blant annet kjent med Total Kvalitetsledelse (TKL).

På midten av 1980-tallet opplever vi et viktig skille når det gjelder bedrifters tankegang. Måling av produktivitet var noe som hadde blitt gjort i tiår om ikke århundrer, men ordet produktivitet skulle nå bli byttet ut med prestasjon. Fokus på, og måling av prestasjoner ble introdusert som den nye strategien. I dag er prestasjonsmåling en viktig del av Total Kvalitetsledelse (Oakland, 2003) (Andersen og Fagerhaug, 2002).

4.2.2 Definisjon av prestasjonsmåling

Neely og Kennerley (2002) definerer prestasjonsmåling på denne måten: *"Performance measurement enables informed decisions to be made and actions to be taken because it quantifies the efficiency and effectiveness of past actions through acquisition, collation, sorting, analysis, interpretation and dissemination of appropriate data"*. Kvantifisere betyr å uttrykke noe som vanligvis ikke uttrykkes numerisk, numerisk (ASME, 2007). Med "efficiency" menes effektivt med hensyn på tid, penger og innsats. "Effectiveness" er kvaliteten på output, kvaliteten på sluttprodukt (SEI, 2007).

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Ressurser faktisk brukt} \times 100 \%}{\text{Ressurser planlagt brukt}}$$

$$\text{Effectiveness} = \frac{\text{Faktisk output} \times 100 \%}{\text{Forventet output}}$$

Videre lister Neely og Kennerly (2002) opp 3 punkter som utgjør en prestasjonsmåling:

1. Individuelle målinger som kvantifiserer effektiviteten og kvaliteten av handlinger.
2. Et sett med målinger som kombineres for å vurdere prestasjon av en organisasjon som helhet.
3. En støttende infrastruktur som muliggjør innhenting, innføring, sortering, analysing, tolkning og spredning av dataene.

Aune (2001) vektlegger at innsamlede data skal brukes for å bedre prestasjoner og ikke kun passivt registreres. Han definerer prestasjonsmåling: *"Med prestasjonsmåling menes å kontrollere prosesser og utføre måling av prosessenes godhet. Dette omfatter målinger av effektivitet, produktivitet, kvalitet o.a"*

Hronec (1993) definerer prestasjonsmåling som: *"En kvantifisering av hvor bra aktivitetene i en prosess, eller resultatene av en prosess, overensstemmer med et spesifikt mål"*

4.2.3 Hvorfor måle prestasjon?

'When you can measure what you are speaking about and express it in numbers, you know something about it'. Kelvin

Prestasjonsmåling i bedrifter og organisasjoner kan sammenlignes med prestasjonsmålinger som blir gjort i idrettsverdenen. En sprinter som går igjennom et 3-ukers treningsprogram vil kontinuerlig foreta målinger, gjerne som sekunder over en gitt strekning. Senere kan atleten sammenligne resultater fra starten av treningsprogrammet med dem han oppnådde på slutten. Resultatet av denne sammenligningen forteller da noe om treningsprogrammet, om det hadde noen effekt eller ikke. Det kan siden bli prøvet ut nye treningsmetoder for så å sammenligne resultatene fra disse opp mot det tidligere 3-ukers-programmet. Slik kan man jobbe seg frem til de mest gunstige treningsmetodene. På samme måte kan man måle bedrifters prestasjoner, for så å videre bruke resultatene på

en konstruktiv måte. Man har dermed et verktøy som peker ut svakheter og styrker i et produksjonssystem. Hvis en bedrift ønsker å implementere en ny strategi, kan man teste denne ut over en gitt tid hvor man utfører prestasjonsmålinger, for så å sammenligne disse resultatene med tidligere oppnådde. Da har man altså et referansepunkt i "bedrift med gammel strategi" som man kan sammenligne med "bedrift med ny strategi".

Prestasjonsmåling kan hjelpe bedriften å (Andersen, 1998):

- *Identifisere prosesser eller områder som har behov for forbedring*
- *Få et inntrykk av egen utvikling over tid*
- *Sammenligne eget prestasjonsnivå med andres*
- *Måle om forbedringstiltak man iverksetter virkelig gir resultater*

Oakland (2003) nevner 8 grunner hvorfor prestasjonsmåling er nødvendig, og hvorfor det spiller en nøkkelrolle i kvalitet- og produktivitetsforbedring:

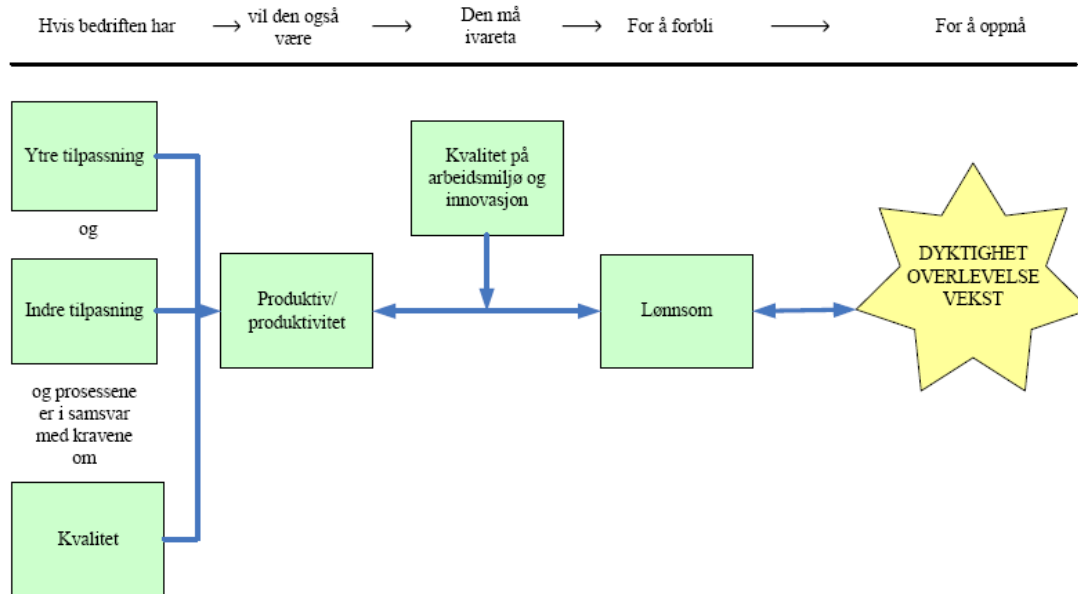
- For å sikre at kundens krav har blitt møtt.
- For å kunne sette fornuftige mål og etterkomme disse.
- For å kunne fastsette standarder for sammenligning.
- For å sørge for synlighet i form av en måltavle slik at mennesker kan overvåke sine egne prestasjoner.
- For å synliggjøre kvalitetsproblemer og kunne kartlegge fokusområder.
- For å gi en indikasjon av kostnadene forbundet med dårlig kvalitet.
- For å rettferdiggjøre ressursbruken.
- For å sørge for tilbakemeldinger som driver forbedringer.

4.2.4 Sink og Tuttle's modell

Sink og Tuttle var noen av de første som kom med en tilnærming til prestasjonsmåling da de i 1989 ga ut boken *Planning and Measurement in Your Organization of the Future*.

I boken blir det presentert en modell som består av 7 forskjellige kriterier som påvirker en organisasjons prestasjoner. Tidligere hadde man vært mest opptatt av produktivitet og Sink og Tuttle ga dermed bedrifter et nytt syn på hva som skulle til for å oppnå gode prestasjoner (Andersen og Fagerhaug, 2002). Figur 5 viser samspillet mellom de 7 kriteriene (Sink og Tuttle, 1989):

- Ekstern tilpassing
- Intern tilpassing
- Kvalitet
- Produktivitet
- Arbeidsmiljø
- Innovasjon
- Lønnsomhet



Figur 5 Samspill mellom kriterier i Sink og Tuttle's modell (Sink og Tuttle, 1989)

4.2.5 Prestasjonsmåling i transportindustrien

Prestasjonsmåling er et viktig verktøy i transportindustrien. Det er nødvendig å få tilbakemeldinger på hvilken effekt forandringer og tiltak har på prestasjoner. Det er flere faktorer som utgjør bedriftens totale produktkvalitet. Kvalitet i jernbanen kan settes sammen av parametrene som nevnt i 3.6 i tillegg til turtilbud i form av transporttid og tilgjengelighet, og miljøvennlighet. Kundens syn på kvalitet er viktig å forstå og målinger bør inkludere viktige kvalitetsparametere som punktlighet og tilgjengelighet.

Andersen og Pettersen (1995) gir følgende beskrivelse på prestasjonsmål i logistikkprosesser:

- Leveringstid: tiden som forløper fra en ordre blir gitt til ordren er fullført
- Leveringsevne: evnen til å levere en bestilling på det tidspunktet kunden ønsker.
- Leveringspålitelighet: evnen til å levere en bestilling på det bekreftede tidspunkt.
- Leveringskvalitet: den andelen som ikke oppfylte kundens spesifikasjoner.
- Leveringsfleksibilitet: evnen til å på kort varsel kunne endre produktspesifikasjoner, volum og leveringstid på vegne av kunden så billig som mulig.
- Informasjonsferdighet: evnen til å svare på kundes spørsmål angående status til deres bestillinger.

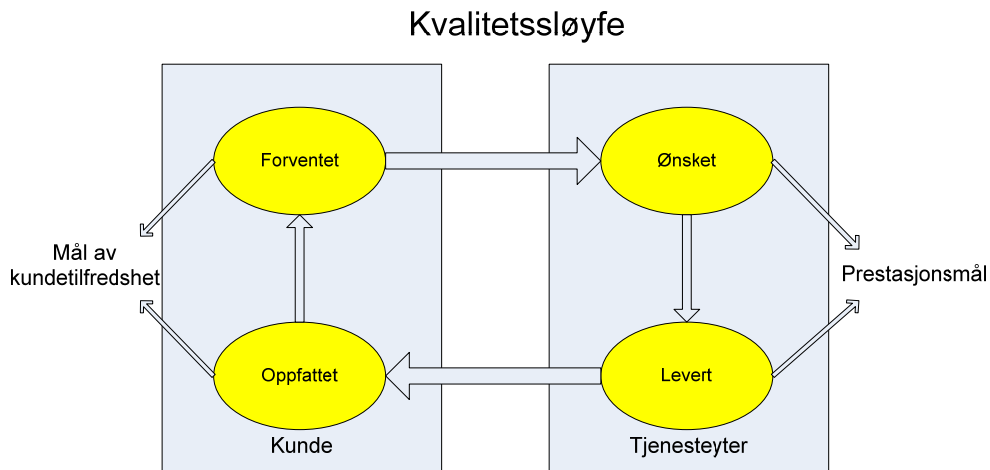
Disse prestasjonsmålene fokuserer på kundens krav til bedriften. Målinger av disse elementene vil være ressurskrevende, og en må dermed vurdere nytten av hvert enkelt element og hvilke forbedringer som kan oppnåes ved å måle dette. En kan her undersøke hvilke som er viktigst hos kunden og dermed fokusere på disse.

Andre parametere som er viktig å måle i tillegg til punktligheten i transportindustrier er:

sikkerhet, forurensing, støy, drivstoff eller strømforbruk og kostnader. Resultatene fra disse målingene blir brukt for å se utvikling og trender, og blir kontinuerlig publisert som statistikk i årsrapporter, månedsrapporter og punktlighetsrapporter. Det blir dermed blant annet gitt tilbakemelding på om tiltak har lyktes eller ikke.

4.2.5 Forholdet mellom prestasjonsmåling og kvalitet

AFNOR (French Organization for Standardization) har utviklet et forholdsdiagram mellom oppfattet, forventet, ønsket og levert kvalitet av tjenester, som vist i figur 6. Figuren illustrerer en sløyfe mellom gruppene kunder og tjenesteytere. Om denne sløyfen blir opprettholdt blir tjenesten betraktet som vellykket. Sløyfen illustrerer viktigheten av oppfattet og forventet kvalitet hos kunder, hvor det er disse elementene som avgjør om sløyfen lukkes og kunder returnerer til tjenesten. Figuren illustrerer i tillegg prestasjonsmål som forholdet mellom ønsket og levert kvalitet samt kundetilfredshet som forholdet mellom forventet og oppfattet kvalitet (AFNOR, 2007).



Figur 6 Kvalitetssløyfe. Redigert fra (AFNOR, 2007)

4.3 Sentrale verktøy

Kapittelet tar for seg sentrale verktøy brukt i total kvalitetsledelse. Det er vanlig å snakke om verktøyene flytdiagram, linjediagram, histogram, spredningsdiagram, styringsdiagram, paretodiagram og årsak-virkningsdiagram som de 7 viktigste for styring mot kvalitet. Det er her valgt å fokusere på verktøyene styringsdiagram, paretodiagram og årsak-virkningsdiagram, da disse er ansett som mest sentrale. Et eksempel på flytdiagram kan imidlertid sees i sikkerhetsdelen av oppgaven. Hensikten med et flytdiagram er å synliggjøre de forskjellige delene av en prosess.

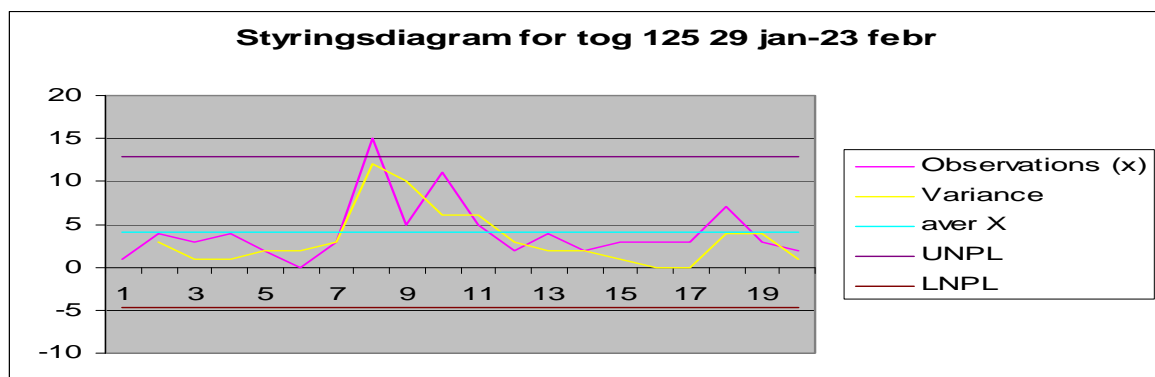
Det er videre er det valgt å inkludere en norsk oversettelse av Demings forbedringssirkel, da denne vil være selve rammeverket for kvalitetsforbedring.

4.3.1 Styringsdiagram

Hensikten med å bruke styringsdiagram er å identifisere målinger som ligger utenfor de normale variasjonene som prosessen har. Et styringsdiagram baserer seg på stikkprøver eller målinger over en gitt tid, og er en metode for å fastsette om en prosess er under statistisk kontroll. Diagrammet er ment å filtrere data som skyldes spesielle hendelser fra ”støy”. Med støy menes det vanlige årsaker i motsetning til spesielle hendelser som forekommer sporadisk og tilfeldig. Om målinger er normalfordelte vil variasjoner som skyldes støy med 99,73 % sikkerhet ligge innenfor ”øvre naturlige prosessgrense” og ”nedre naturlige prosessgrense”. Målinger som havner utenfor disse grensene har med 99,73 % sannsynlighet sin grunn i spesielle hendelser (Kvaavik, 2005). Et styringsdiagram, som vist i figur 7, inneholder følgende:

- Punkter som representerer måling av kvalitetskarakteristikk tatt som stikkprøver fra prosessen i løpet av en tid (Observations (x)).
- Senterlinje som representerer gjennomsnittet av målingene (aver x).
- Øvre og nedre naturlige prosessgrenser (ØNPG/UNPL, NNPG/LNPL).

Observasjoner som ligger utenfor ØNPG eller NNPG kan man finne årsaken til, ved for eksempel å benytte seg av et årsak-virkningsdiagram.



Figur 7 Styringsdiagram (Strekerud, 2007)

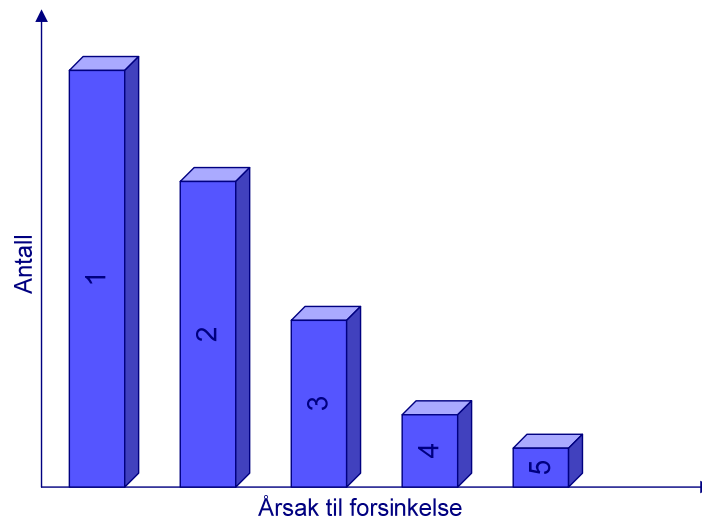
4.3.2 Paretdiagram

Et Paretdiagram er en form for søylediagram. Forskjellen er at dataene i diagrammet er ordnet på en måte hvor de "høyeste" søylene er venstrejustert. Sagt på en annen måte vil søylene med størst y-verdi bli rangert med lavest x-verdi. Diagrammet blir generert ut fra målinger gjort på forhånd.

Et eksempel på diagrammet sees i figur 8, hvor man tenker seg ulike årsaker (1-5) til forsinkelse, og hvor ofte de forskjellige inntreffer. Eksempel på årsaker kan her være (Jernbaneverket, 2003):

1. Diverse driftsforhold inkludert omlegging av trafikk
2. Feil på sikringsanlegg
3. Baneforhold
4. Trekkraft materiell
5. Ytre forhold og driftsuhell

Hensikten med dette diagrammet er å fremstille dataene på en måte som gjør det enkelt å se hvor det største forbedringspotensialet ligger (Oakland, 2003). Årsaker for punktlighetsbrist blir sortert ut slik at man enkelt kan finne problemområdet som har størst effekt på prestasjoner. Dette problemområdet bør analyseres videre for å finne bakenforliggende årsaker. Et verktøy som kan brukes for dette formålet er årsak-virkningsdiagram.



Figur 8 Paretdiagram

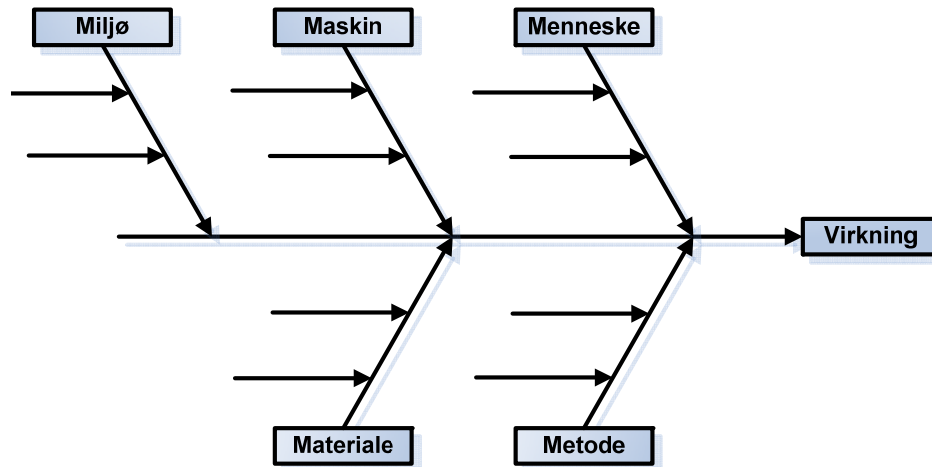
4.3.3 Årsak-virkningsdiagram

Årsak-virkningsdiagram har sitt opphav fra den japanske kvalitetsguruen Kauro Ishikawa og blir også kalt Ishikawadiagram, eller fiskebensdiagram fra formen diagrammet har. Hensikten med diagrammet er å identifisere, utdype og grafisk fremstille mulige rot-årsaker til en definert virkning, eller tilstand. Rot-årsakene vil være de årsakene som direkte fører til virkningen. For å komme frem til rot-årsakene må det jobbes på en strukturert måte. Man etablerer et team bestående av folk med forskjellige kompetanse, og begynner med å fastslå og skrive ned problemet (virkningen). Deretter skal det utarbeides en oversikt over mulige årsaksforhold. Dette gjøres ved idemyldring eller brainstorming. En vanlig metode er også å bruke såkalt "negativ brainstorming". Dette er en form for brainstorming som går ut på å kartlegge alt som skal til for å sørge for at problemet oppstår (Oakland, 2003). For hver årsak som blir funnet bør teamet vurdere om denne er direkte eller bakenforliggende og hvilke forhold den virker gjennom. Figur 9 viser et årsak-virkningsdiagram med de generelle hovedkategoriene miljø, maskin, materiale, menneske og metode. Dette vil være hovedårsakene i diagrammet. De tilknyttede pilene viser til bakenforliggende årsaker innenfor kategorien. Diagrammet kan bli illustrert ned til et detaljnivå som viser rot-årsaken av problemet. Alternativt kan man ut fra det første diagrammet lage et nytt, som detaljiserer årsakene innenfor den kritiske grenen, og stryker forhold som sannsynligvis har lite innvirkning. Det vil stort sett være nødvendig å lage flere diagrammer, da metoden er en tilnæringsprosess og basert på brainstorming uten noen form for skepsis i startfasen (Oakland, 2003).

Fordeler med årsak-virkningsdiagram:

- Finner og vurderer alle mulige årsaker til et problem, ikke kun de mest opplagte.
- Identifiserer rot-årsaker av et problem på en strukturert måte.
- Oppfordrer til gruppedeltagelse og benytter seg av kompetanse innenfor forskjellige fagfelt.
- Fokuserer på mulige grunner til problemet uten å blande inn kritikk av forslag og unødvendige diskusjoner.
- Sørger for en layout av problemet som er lett å forstå og forholde seg til.
- Øker kunnskapsnivået hos deltagere angående det aktuelle systemet.
- Identifiserer områder som bør bli studert videre.

Årsak-virkningsdiagram kan også bli brukt for å identifisere sikkerhetsmessige årsaker til et problem, noe som det kommes tilbake til i kapittel 6.



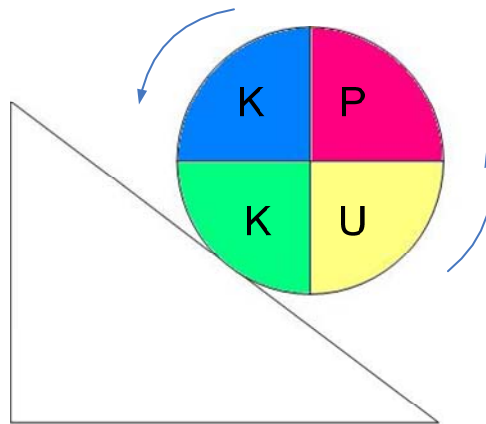
Figur 9 Årsak-virkningsdiagram

4.3.4 PUKK forbedringssirkel

PUKK forbedringssirkel er en oversettelse fra Deming-sirkelen med punktene *Plan, Do, Check, Act*. I Kvaaviks (2005) modell er disse punktene oversatt til Planlegg, Utfør, Kontroller og Korrigjer. Sirkelen, som vist i figur 10, illustrerer de fire punktene og en kontinuerlig bevegelse mot bedret kvalitet. Det overordnede målet er en kontinuerlig kvalitetsforbedring ved hjelp av (Kvaavik, 2005)(Wendel, 2002):

- **Planlegg:** det vektlegges å planlegge arbeidet godt og velge riktig metode. Spørsmål som skal stilles er hva som skal oppnåes og hvilken metode som skal benyttes.
- **Utfør:** Utføre arbeidet som det står definert i planen.
- **Kontroller:** Prestasjonsmåling. Kontrollere og gjennomgå resultatene og sammenligne disse med hva som er forventet.
- **Korriger:** iverksette tiltak og korrigeringer for å kontinuerlig forbedre seg.

Forbedringssirkelen forteller at kvalitetsarbeidet aldri tar slutt, og at man hele tiden må søke mot bedre løsninger. Den kan sees på som et rammeverk innenfor kvalitetsledelse og kvalitetsstyring hvor man bruker de overnevnte verktøy, samt prestasjonsmåling.



Figur 10 PUKK forbedringssirkel (Kvaavik, 2005)

Kapittelet har gitt en oversikt over viktige kvalitetsverktøy, definert begreper, diskutert prestasjonsmåling og illustrert prinsippet i kvalitetsledelse og kvalitetsstyring. Videre blir det nå sett på sikkerhetsstyring med underliggende begreper, verktøy og metoder.

5 Sikkerhetsstyring

Kapittelet omhandler sikkerhetsstyring, og gir en oversikt over underliggende deler. Sikkerhet og risiko er noe som henger sammen, og det blir her presentert definisjoner på risiko og sikkerhet. Det blir sett på hvilke prinsipper som ligger til grunn for sikkerhetsstyring, samt hvilke kvalitative verktøy som kan benyttes for å styre risiko og sikkerhet. Mye av metodikken i dette kapittelet er hentet fra Safety Analysis Railway Systems (SARS), Unger (2007).

Med sikkerhetsstyring forstår vi alle systematiske tiltak som iverksettes for å oppnå og opprettholde et sikkerhetsnivå i overensstemmelse med de mål og krav en har satt seg. I dette arbeidet inngår det også å kontinuerlig jobbe med å forbedre sikkerheten. Sikkerhetsstyring er en aktivitet som løper parallelt med øvrige aktiviteter i prosjektet, eller bedriften. Det skal også være sagt at "over-engineering", eller unødvendig høyt sikkerhetsnivå, ikke vil være hensiktsmessig i en bedrift med pengeflyt og kostnad-nytte "filosofi" (Skelton, 1997).

Sikkerhetsstyring kan sammenlignes med andre styringsoppgaver i en bedrift som økonomistyring, lagerstyring og produksjonsstyring. Disse styringsoppgavene har alle samme prinsipper som ligger til grunn (Aven, 2005)(Rausand, 1991):

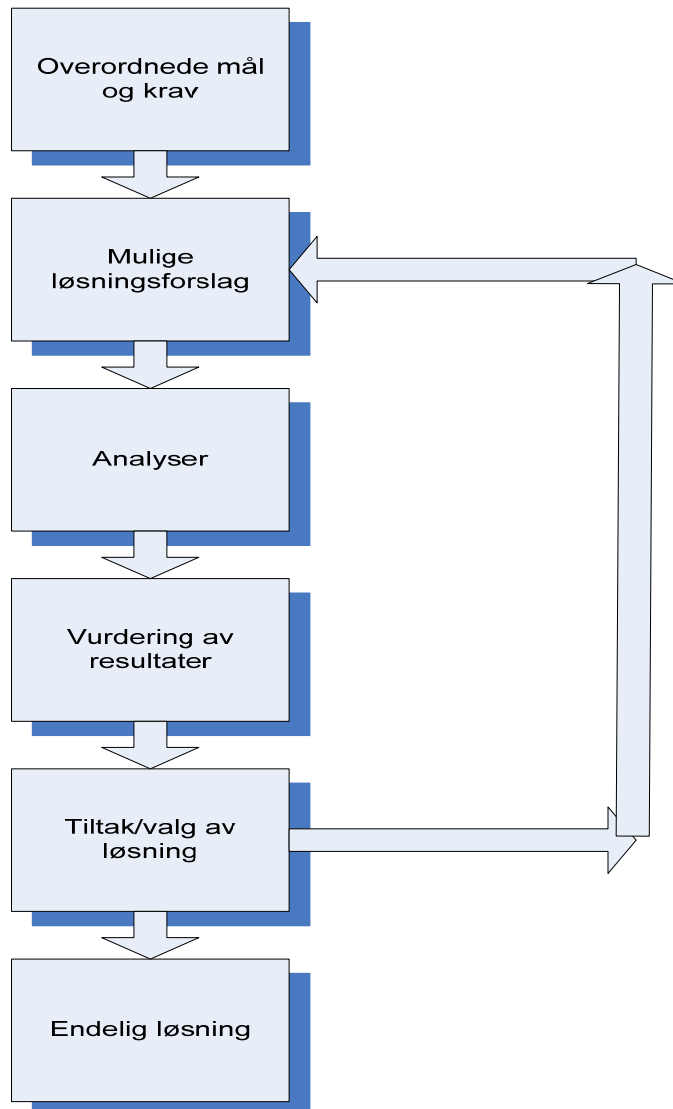
- Spesifisere overordnede mål og krav.
- Løsningsforslag som antas å kunne tilfredsstille disse mål utarbeides.
- Bruke analysemetoder for å slå fast hvordan man faktisk ligger an i forhold til satte mål og krav.
- Basert på analyser må tiltak og løsninger iverksettes.

Arbeidsgangen i sikkerhetsstyring vil være en iterasjonsprosess, hvor man stadig går mer i detalj for å finne frem til den beste løsningen. Figur 11 viser hovedlinjene i sikkerhetsstyring, hvor man begynner med å definere mål og krav for videre å skissere løsningsforslag. Disse blir analysert og vurdert, for deretter å velge en løsning. Dersom ikke løsningen er akseptabel må man gå tilbake, og skissere et nytt forslag.

Det er naturlig å nevne to andre begreper i forbindelse med sikkerhetsstyring: *internkontroll* og *kvalitetssikring*. Internkontroll stiller krav om systematikk i sikkerhetsarbeidet, og har oppstått i forbindelse med myndighetenes overgang fra detaljkontroll gjennom inspeksjoner, til systemtilsyn og sikkerhetsrevisjoner (Aven, 2005). Vanlige definisjoner på internkontroll og kvalitetssikring er:

- *"Internkontroll er systematiske tiltak som skal sikre at virksomhetens aktiviteter planlegges, organiseres, utføres og vedlikeholdes i samsvar med krav fastsatt i eller i medhold av helse-, miljø- og sikkerhetslovgivningen."* (ROS, 1997)
- *"Kvalitetssikring er alle planlagte og systematiske tiltak som er nødvendig for å gi tillit til at et produkt eller tjeneste tilfredsstiller gitte krav til kvalitet"* (Vere, 1990)

Kvalitetssikring og sikkerhetsstyring kan bli betraktet som to parallelle sideordnede aktiviteter som er bygget opp etter samme prinsipper, men disse kan også slås sammen til et totalt kvalitetssikringssystem (Aven, 2005).



Figur 11 Modell for sikkerhetsstyring. Redigert fra Aven (2005)

Sikkerhetsstyring foregår i alle fem faser av et prosjekt: planleggingsfasen, byggefasen, oppstartsfasen, driftsfasen og avviklingsfasen. Sikkerhetsstyring i planleggingsfasen vil ha som hovedhensikt å skaffe underlag for de sikkerhetsmessige beslutninger som taes. Risikoanalyser vil være et viktig verktøy, for å sørge for et solid beslutningsgrunnlag for prosjektet. Det forutsettes da at resultatene fra disse vil være tilgjengelig i god tid før avgjørelser blir gjort. God tidsplanlegging vil dermed være essensielt (Aven, 2005).

Risikoanalyser kan i planleggingsfasen benyttes i to forskjellige sammenhenger (Rausand, 1990):

- *"Som et 'design'-verktøy, dvs. spesifisere krav på grunnlag av en risikoanalyse"*

Det blir her lagt vekt på å fremskaffe resultater i tide. Jo senere man kommer i prosjekteringsfasen, jo dyrere blir det å foreta forandringer i designet. Kostnadseffektiviteten av risikoreduserende tiltak varierer etter hvor langt prosjektet er kommet i planleggingen. Endringer i de tidligste fasene av prosjektet koster lite, samtidig som effekten vil være høy (Rausand, 1990).

- *"Som et 'kontroll'-verktøy, dvs. kontrollere risikonivå mot akseptkriterier"*

Beslutninger og endringer underveis må kontrolleres og analyseres for å slå fast om disse påvirker sikkerhetsnivået og de overordnede mål i prosjektet. (Rausand, 1990)

Aven (2005) gir en oversikt over de viktigste sikkerhetsaktivitetene i planleggingsfasen:

- *Klargjøre rammebetingelser.*
- *Etablere mål og krav.*
- *Etablere sikkerhetsprogram.*
- *Planlegge og gjennomføre analyser, identifisere og vurdere risikoreduserende tiltak.*
- *Utarbeide retningslinjer for hvordan avvik og identifiserte problemer skal følges opp i prosjekteringen.*
- *Identifisere kritisk utstyr og systemer, kontakte leverandører av kritisk utstyr, konkretisere krav til slikt utstyr, implementere krav i forespørselsdokumenter, gjennomføre forbedringsprogrammer for kritisk utstyr.*
- *Etablere oversikt over forutsetninger og antagelser (Aven, 2005).*

5.1 Risiko og risikostyring

Risikostyring innebærer å kontrollere risiko på en kostnadseffektiv måte. Risiko må analyseres og resultater må sammenlignes med bedriftens kriterium for hvor mye risiko som skal aksepteres og tolereres. Figur 12 viser en generell modell for risikostyring med underdelene risikovurdering og risikoanalyse.

5.1.1 Definisjon av risiko

Sikkerhet blir definert som "*fravær av uakseptabel risiko*" (EN 50126, 1999). For å forstå denne definisjonen blir det nødvendig å også ha en forståelse for begrepet risiko. Risiko blir forbundet med sannsynligheten for at en hendelse med en negativ konsekvens skal inntreffe. Høj og Kröger (2001) foreslår at risiko skal defineres som "*et mål med usikkerhet for alvorlighetsgraden av en fare*" og presenterer videre risiko som en funksjon av frekvens og konsekvens: Risiko = f(F, K). Risiko blir som regel definert som produktet av F og K, eller F og xK, hvor $x > 1$ og konsekvensene dermed høyere vektet. Det foreligger altså ingen fast bestemt sammenheng mellom variablene (Høj og Kröger, 2001).

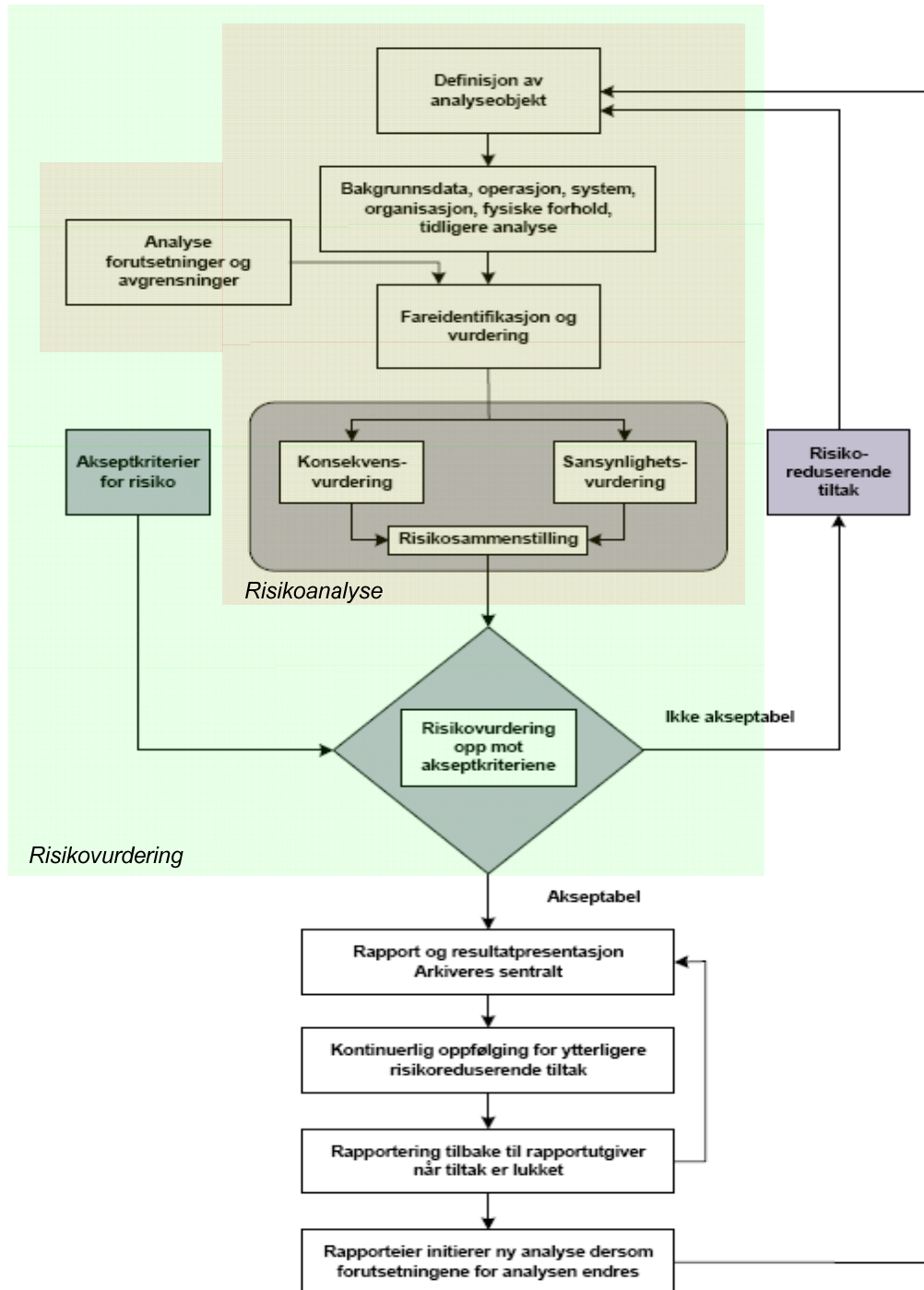
Risiko = F x K blir vanligvis brukt, mye på grunn av sin enkelhet, ovenfor ansatte som til daglig er ansvarlig for NSBs togfremføring (Johannessen, 2007). Denne definisjonen er enkel å forstå og kan dermed være med på å motivere ansatte til sikkert arbeid.

Ved å definere risiko som produktet av F og K sier man at en hendelse med svært høy konsekvens og svært liten sannsynlighet/frekvens, er "det samme" som en hendelse med svært liten konsekvens og svært høy sannsynlighet/frekvens. Definisjonen vil generere de samme risikonivåer for hendelsene noe som kan være uheldig og ifølge Rausand (2004) og Kaplan (1980) ikke medfører riktighet.

Muttram (2002) foreslår en definisjon hvor antall dødsfall eller tilsvarende dødsfall/år er den samlede risiko. For å fange hendelser som inntreffer sjelden, men med høy alvorlighetsgrad er definisjonen basert på gjennomsnittlige verdier med langt tidsperspektiv (Muttram, 2002):

$$\begin{aligned}
 & \text{Frekvens} \\
 & \text{gjennomsnittlig frekvens på hvor ofte en uønsket hendelse} \\
 & \text{inntreffer (antall hendelser/år)} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Konsekvens} \\
 & \text{gjennomsnittlig konsekvens om den uønskede hendelsen} \\
 & \text{skulle inntreffe (antall dødsfall eller} \\
 & \text{tilsvarende dødsfall/hendelse)} \\
 & \quad = \\
 & \text{Samlet Risiko} \\
 & \text{(antall gjennomsnittlige dødsfall eller} \\
 & \text{tilsvarende dødsfall/år)}
 \end{aligned}$$

Britisk Standard (BS) definerer risiko som *sannsynligheten for at en uønsket hendelse skal inntreffe og graden av konsekvens for hendelsen* (EN 50126, 1999). Rapporten benytter Britisk Standards definisjon på risiko.



Figur 12 Aktivitetssløyfe: Risikostyring.
 Redigert fra Andreassen (2007) og Høj og Kröger (2001).

5.2 Risikoaksept

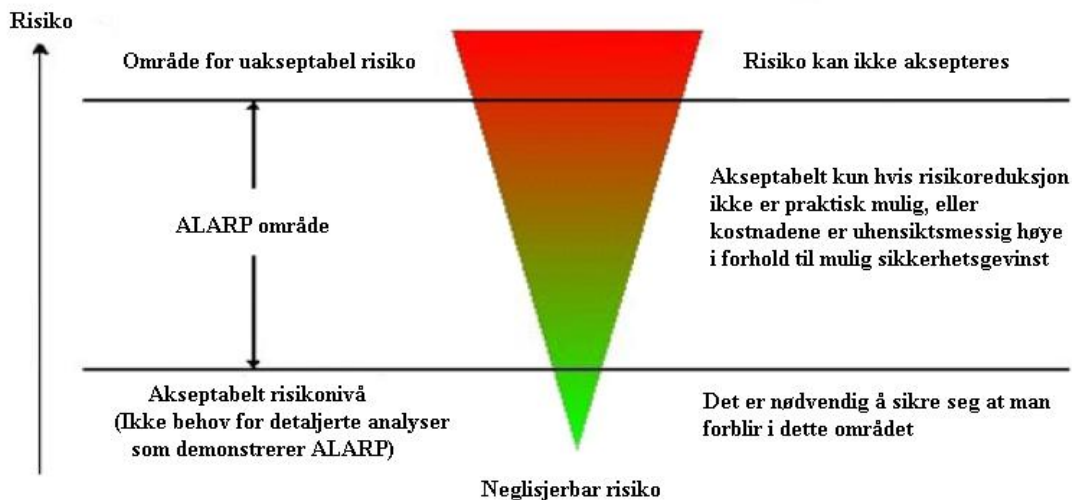
Risiko er noe som kan reduseres til et akseptabelt eller lavt nivå, men den aldri fjernes helt. Kaplan (1980) illustrerer dette med ligningen: $Risk = Hazard/Safeguard$. Ligningen kan eksemplifiseres om man tenker seg at en "hazard" (farekilde) er et hav som skal krysses: man kan da øke "safeguarden" (beskyttelsen) ved å velge et cruiseskip istedenfor en robåt. Ligningen dikterer at risiko prinsipielt aldri kan bli lik null (Kaplan, 1980). Det er imidlertid nødvendig å ha visse mål, eller kriterier, på hvilken risiko man vil operere under og akseptere.

5.2.1 ALARP og risikomatrise

En utbredt og fundamental måte å håndtere risikokriterier på, er etter ALARP-prinsippet (Melchers, 2000). ALARP er forkortelsen for As Low As Reasonable Practicable, og innebærer at risiko skal redusering så langt det er realistisk praktiserbart. Kontinuerlig forbedring av risikosituasjonen er det viktigste virkemiddelet for metodikken (Andreassen, 2007).

Figur 13 illustrerer prinsippet, hvor vi observerer fire områder for risiko: neglisjerbar, akseptabel, ALARP og uaksepterbar. ALARP område blir ofte omtalt som området for tolererbar risiko. Tolererbar risiko har en annen betydning enn akseptabel risiko, og viser til den risiko vi er villig til å godta for å sikre visse goder (Rausand, 2004).

Den øvre toleransegrensen for hvilken risiko som er akseptert er illustrert ved skillet mellom ALARP område, og område for uakseptabel risiko. Om en aktivitet befinner seg over toleransegrense vil dette innebære at denne ikke kan gjennomføres, med mindre risikoreduerende tiltak iverksettes og lykkes. Disse tiltakene må sørge for at aktiviteten blir ansett for å være i ALARP område eller lavere, for å kunne bli utført. ALARP metodikken er basert på kostnad/nytte- og kostnad/effektivitet-analyser. For aktiviteter som ligger i ALARP-området må det forskes, for å finne mulige tiltak for å redusere risikoen. Disse bør så implementeres dersom tiltaket ikke innebærer kostnader som er u hensiktsmessige høye, i forhold til risikoreduksjonen (Aven, 2004).



Figur 13 ALARP-prinsippet (Andreassen, 2007)

ALARP-metoden blir brukt som et ledd i risikostyringen innenfor “high hazard” industrier (Melchers, 2000). Med ”high hazard” industrier menes det industrier som olje/gass, kjernekraft, gruvedrift, luftfart og jernbane, hvor en uønsket hendelse har potensial til å forårsake katastrofe. ”Hazard” betyr farekilde og katastrofe defineres av Unger (2007) som mer enn 2 døde og/eller flere alvorlige skader per uønsket hendelse.

For å bedømme hvor man risikomessig befinner seg på figuren, og i hvilket område man er, kan man benytte risikomatrise. Risikomatrise er et nyttig og mye brukt verktøy for å beskrive risiko (Rausand, 2004). Matrisen kan bli sett på som en xy-graf, hvor de ulike konsekvenskategoriene følger y-aksen og frekvenskategorier følger x-aksen. Matrisen er vist i figur 14, hvor det tatt med 5 kategorier og genererer dermed 25 risikoområder, som videre er delt inn i kategorier fra 1 til 3, som henholdsvis indikerer lavest og høyest risikoområde. Frekvenskategoriene går fra kategori F1, som indikerer en *svært lite sannsynlig* hendelse, til F5 som indikerer at hendelsen er *svært sannsynlig*. Konsekvenser er rangert fra kategori K1, som indikerer *førstehjelpsskade*, til K5 som er kvantifisert som *1 eller flere drepte*. Kvantifisering av frekvenskategoriene vises i tabell 3. ALARP område er i risikoområde 2, indikert med gul farge. Område 1 (grønn) indikerer at risikoen er akseptabel. Område 3 (rød) indikerer at risikoen er uakseptabel og kompenserende tiltak eller driftstans må iverksettes.

Konsekvens- kategorier:	Frekvenskategorier:				
	F1 (Svært lite sannsynlig)	F2 (Lite sannsynlig)	F3 (Sannsynlig)	F4 (Meget sannsynlig)	F5 (Svært sannsynlig)
K5 (1 eller flere drepte)	2	3	3	3	3
K4 (1 eller flere skadet, mulig varig mén)	2	2	3	3	3
K3 (Alvorlig personskade)	1	2	2	2	3
K2 (Medisinsk behandling)	1	1	1	2	2
K1 (Førstehjelpsskade)	1	1	1	1	2

Figur 14 Risikomatrise (Andreassen, 2007)

F5	Svært sannsynlig	En hendelse pr mnd eller mer
F4	Meget sannsynlig	En hendelse mellom hvert år og hver måned
F3	Sannsynlig	En hendelse mellom hvert 10 år og hvert år
F2	Lite sannsynlig	En hendelse mellom hvert 100 år og hvert 10 år
F1	Svært lite sannsynlig	Mindre enn en hendelse hvert 100 år

Tabell 3 Frekvenskategorier (Andreassen, 2007)

5.2.2 Akseptkriterie

Hensikten med akseptkriteriene er at disse skal angi hvilken risiko som er akseptabel for bedriften. Det er altså et mål, eller en sikkerhetsstandard, som er designet for sammenligning med resultater fra risikoanalysen. Man forholder seg i jernbanen til akseptkriterier på to nivåer (Unger, 2007):

- a) *virksomhetens trafikkikkerhetsmål*
- b) *designkriterier og akseptkriterier for å kontrollere eller redusere risiko på system/funksjonsnivå i materiellets driftsfase*

Akseptkriterier blir utformet med mål om at enkeltfeil ikke skal føre til uønskede hendelser som tap av menneskeliv, eller alvorlig personskade. Kriteriene fungerer som kontrollør av risiko, hvor utilfredsstillende resultat skal føre til kompensierende tiltak som nye konstruksjonsløsninger, operasjonelle - eller vedlikeholdstiltak. (Unger, 2007)

Andreassen (2007) definerer akseptkriterier som "*krav avledet av overordnede trafikkikkerhetsmål som skal legges til grunn for beslutninger om tiltak for å oppnå et akseptabelt trafikkikkerhetsnivå*".

NSBs og Jernbaneverkets akseptkriterier er kvalitative og utformet som prinsipper for å hindre at forandringer som gjøres påvirker sikkerheten i negativ retning:

- *Dagens risikonivå innenfor NSB AS virksomhetsområde skal derfor sees på som akseptabelt og som en minimumsnorm for tillatt risiko, dvs. NSBs akseptkriterium. (Andreassen, 2007)*

Jernbaneverket har følgende overordnede sikkerhetsmål:

- *Det etablerte sikkerhetsnivået for jernbanetransport skal opprettholdes. Alle endringer skal sikre en utvikling i positiv retning. (Jernbaneverket, 2007)*

Akseptkriterier, som et mål på en øvre grense for akseptert risiko, er noe som har vært brukt i oljeindustrien de siste 20 år, og blir sett på som uunnværlig for å kunne utføre en risikoanalyse. (Aven og Vinnem, 2004).

5.3 Barriere

En barriere kan bli forstått som en beskyttelse eller et beskyttelseslag mot en farekilde. Figur 15 viser en illustrasjon av dette. Barrierer skal sikre at *en* feil ikke leder til en uønsket hendelse eller ulykke. Sikkerhetsnivå bestemmer hvor mange barrierer et system skal ha. Det blir vanligvis skillet mellom to forskjellige typer barrierer (Unger, 2007):

- Frekvensreducerende barrierer
 - Disse barrierene er aktive ved vanlig drift
- Konsekvensreducerende barrierer
 - Aktive ved behov. For eksempel ved nødsituasjoner.

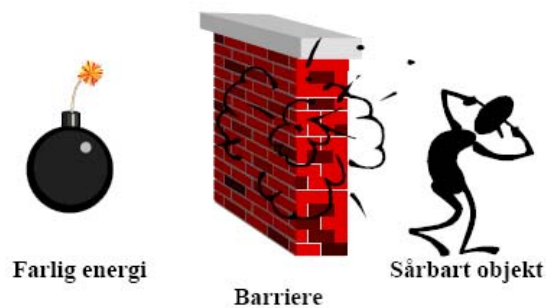
Noen eksempler på barrierer innenfor disse kategoriene i jernbanen er (Unger, 2007):

Frekvensreducerende:

- Togsignal
- Automatisk Trafikk Kontroll (ATC)
- GSM-R
- Fjernstyring (CTC)

Konsekvensreducerende:

- Brannslukningsutstyr
- Alarmsystemer og nødutgangskilt
- Kollisjonsegenskaper
- Brannegenskaper



Figur 15 Barriere (Rosness, 2002)

5.4 Analyseverktøy

Det vil her bli sett på hvilke verktøy og analysemetoder som kan bli brukt i planleggingsfasen av et prosjekt. Kapittelet gjennomgår analyseverktøyene HAZOP, FMECA, og feil-tre. HAZOP og FMECA er kvalitative analyser, noe som vil si at resultatet ikke blir gitt i en absolutt tallverdi, men kan bli illustrert som en verdi på en gitt skala. Feil-tre analyser utføres først på en kvalitativ måte, men kan senere kvantifiseres ved å knytte numeriske sannsynligheter til elementene. Kvalitative analyser er det som brukes hos NSB (Johannessen, 2007) og er dermed vektlagt i dette kapittelet.

5.4.1 Hazard and Operability analyse (HAZOP)

Med kompliserte anlegg og avansert teknologi er det vanskelig å påvise farer, trusler og svakheter tilknyttet et system. Hazard and Operability (HAZOP) studier er en kvalitativ, systematisk og strukturert risikoanalyse hvor målet er å identifisere alle problemer som (Rausand, 2004):

- representerer høy risiko for personell eller utstyr
- hindrer effektiv drift

HAZOP ble først utviklet for å utføre analyser i kjemisk prosessindustri, men har etter hvert utvidet sitt bruksområde. Metoden er i dag utbredt i prosess-, transport og softwareindustrien, og blir sett på som en av de mest effektive metodene for å påvise potensielle farer i prosessanlegg (Aven, 2005). Marvin Rausand (2004) lister opp fire typer analyser:

- **Prosess HAZOP**
 - Fokuser på anlegg og prosesser
- **Menneskelig HAZOP**
 - Fokuserer på menneskelige feil
- **Prosedyre HAZOP**
 - Fokuserer på prosedyrer eller operasjonelle sekvenser
- **Software HAZOP**
 - Fokuserer på feil i software ved utvikling av et program

HAZOP studier utføres i team som fordelaktig består av fagfolk med forskjellig kompetanse, samt en team-leder og -sekretær. Det blir planlagt flere møter hvor teamet diskuterer og foreslår ulike scenarioer som kan medføre fare eller operasjonelle problemer. Aktiviteten blir ofte beskrevet som "brainstorming", og den foregår ved at et sett stikkord blir gitt, hvor disse skal relateres til parametere innenfor prosessbetingelser, aktiviteter, materialer, tid eller sted. Stikkordene skal beskrive avvik som fører til at en komponent befinner seg utenfor sine konstruksjonsrammer. Eksempler på parametere er: trykk, strømming, temperatur, hastighet, minutter og vedlikehold. Stikkordene, eller "guide-words", er vanligvis: Ikke/Ingen, Mer (høyere), Mindre (lavere), Deler av, Mer enn, Motsatt og Andre/Annerledes. For å forklare dette nærmere kan en se på et eksempel med en rørledning fra *en* enhet til *en* annen, hvor parameter er trykk: Spørsmål: Trykk i rør, Svar: Mer (høyere) – Dette betyr da at trykket i det aktuelle røret er høyere enn det er designet for.

Når man da har oppdaget et avvik vil det være nødvendig å granske hva årsaken til dette kan være, sannsynlighet for at det skjer, samt hva konsekvensene vil være. Årsak, sannsynlighet og konsekvens blir i tillegg til anbefalinger og beskyttelse, dokumentert for hvert avvik som fremkommer under spørreundersøkingen/diskusjonen (Aven 2005). Disse dokumentene blir kalt worksheets og er vist i figur 16. Et annet eksempel er vist i tabell 4, hvor stikkordene er relatert til strømming i et rør.

Et eksempel fra prosessindustrien på en sammensetning av et team med arbeidsoppgaver kan være (Rausand, 2004):

- Team-leder:
 - Definere mål for analysen
 - Velge team-medlemmer
 - Planlegge og forberede studiene
 - Lede HAZOP møtene
- Team-sekretær:
 - Klargjøre HAZOP worksheets
 - Registrere diskusjoner og samtaler på møtene
 - Klargjøre utkastets rapporter
- Team-medlemmer; prosjektingeniør, fullmakts manager/leder, prosessingeniør, instrument/elektro-ingeniør, sikkerhetsingeniør:
 - Være aktive i diskusjon – Alles bidrag er viktig
 - Være konsis – Unngå endeløse detaljdiskusjoner
 - Være kritisk på en konstruktiv måte
 - Være ansvarlig – Del kunnskap

Team-lederen bør være uavhengig og ikke ha noe ansvar for det aktuelle anlegget som analyseres og dets prestasjoner (Rausand, 2004).

Stikkord	Betydning	<i>Eksempel: Avvik i funksjonen: strømming av væske i rør</i>
Ikke/Ingen	Definert funksjon uteblir fullstendig	<i>Ingen strømming</i>
Mindre/Lavere	Kvantitativ minskning	<i>Mindre strømming</i>
Mer/Høyere	Kvantitativ økning	<i>Mer strømming</i>
Deler av	Kun en del av definer funksjon inntreffer	<i>Lav konsentrasjon av en viss komponent</i>
Mer enn	Noe mer utover definert funksjon	<i>Strømming inneholder ytterligere komponent(er)</i>
Motsatt	Motsatsen til definert funksjon	<i>Strømming i motsatt retning</i>
Andre/Annerledes	Noe annet inntreffer istedenfor	<i>Gass istedenfor væske</i>

Tabell 4 Eksempel på stikkord og deres betydning eksemplifisert (Davidsson, 2003).

HAZOP-teamet går på møtene igjennom alle komponenter av et system, hvor man stiller spørsmål for å kartlegge eventuelle avvik i tur og orden. Disse komponentene blir i analysen kalt noder, og ved å definere disse sikrer man seg mot misforståelser og forvirring. Svarene blir gitt i stikkordsform og har hver sin betydning som definerer et avvik. Mulige problem som blir identifisert av teamet noteres i protokollen og følges videre opp. Tabell 4 er et eksempel på hvilken betydning stikkordene har, når vi har en definert funksjon. Denne funksjonen er mer presist forklart som den strømmingen røret er designet/konstruert for. Mulige avvik utenfor denne designen blir notert.

Study title:							Page: of		
Drawing no.:			Rev no.:				Date:		
HAZOP team:							Meeting date:		
Part considered:									
Design intent:			Material: Source:			Activity: Destination:			
No.	Guide-word	Element	Deviation	Possible causes	Consequences	Safeguards	Comments	Actions required	Action allocated to

Figur 16 HAZOP worksheet. (IEC 61882, 2001)

HAZOP er spesielt nyttig for å identifisere svakheter i systemer som involverer materialflyt, mennesker, aktiviteter i en planlagt sekvens, samt prosedyrene som kontrollerer denne sekvensen. HAZOP er et nyttig verktøy når man designer eller konstruerer et nytt system, men kan også være verdifullt når man skal vurdere mulige problemer i forskjellige operasjonsstadier. Disse stadiene kan være: Oppstart, standby, normal, nød, omlegging og avslutning (IEC 61882, 2001).

Verktøyet ser kun på individuelle deler av et system og hvilken innvirkning en feil vil ha. Avhengige feil og følgefeil blir dermed ikke sett på ved hjelp av HAZOP metoden, og man må her vurdere andre metoder som feil-tre analyser (FTA) og hendelsetre-analyse (ETA) (IEC 61882, 2001).

5.4.2 Feilmodi, effekt og kritikalitet analyse (FMECA)

FMECA (Failure modes and Effect Analysis) er en analysemetode som tar utgangspunkt i hver enkel systemkomponent, og undersøker hva som skjer med systemet dersom denne svikter. Metoden søker å finne alle mulige feilmodi, og kritikaliteten forbundet med den spesifiserte feilen (Aven, 2005). Kritikalitet er en funksjon av feileffekt og sannsynlighet/frekvens. Feilmodi og effekt analyse (FMEA) er tilsvarende FMECA, men uten kritikalitets faktoren. I realiteten er forskjellene mellom den opprinnelige FMEA og FMECA forbisett, og FMECA blir ofte omtalt som FMEA selv om kritikalitet også er inkludert i analysen (Aven, 2005)(Rausand, 2004).

Feilmodi, effekt og kritikalitets analyse (FMECA) er en metodologi for å identifisere og analysere (Rausand, 2004):

- Alle potensielle feilmodi av de forskjellige delene av et system.
- Effekten disse feilene kan ha på systemet.
- Hvordan unngå feil eller/og redusere effekten av feilen på systemet.

Det finnes hovedsakelig tre forskjellige typer av FMECA (Rausand, 2004)

- Design FMECA: Intensjonen er å eliminere feil før produksjonen er i gang, altså i designfasen. Her blir alle typer feil gjennom produktets livsløp vurdert.
- Prosess FMECA: Fokuserer på problemer som kan sees i sammenheng med produksjon, vedlikehold og drift.
- System FMECA: Ser på potensielle problemer og flaskehalsen i store prosesser, som for eksempel hele produksjonslinjer.

Tilnærmingen for FMECA vil hovedsakelig være "top-down", "bottom-up", eller en kombinasjon av de to (Haimes, 2004). I praksis kan disse tilnærmingene tolkes som en måte å tenke på hvor "bottom-up" ser på feilmodi hos hver enkelt del, og "top-down" vurderer funksjonelle feilmodi hvor man ser på systemet som helhet.

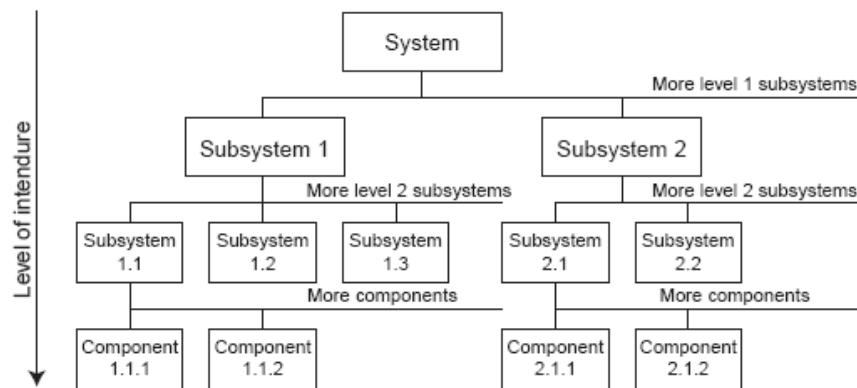
- "Bottom up": Blir brukt når et systemkonsept har blitt etablert. Hver komponent på laveste nivå blir systematisk studert. Tilnærmingen blir også kalt "hardware" tilnærmingen, og er komplett da alle komponenter blir vurdert.
- "Top-down": Blir som regel brukt i en tidlig designfase, før hele systemstrukturen er fastsatt. Tilnærmingen starter med hovedfunksjonene av systemet og ser på hvordan disse kan feile. Denne metoden blir også kalt funksjonell, og vil ikke nødvendigvis være komplett (Rausand, 2004)(Haimes, 2004).

FMECA blir utført som en team-aktivitet, av en gruppe mennesker med spesiell kompetanse, gjerne innenfor forskjellige disipliner. Hensikten er at team-medlemmene sammen skal ha en total kompetanse innenfor alle deler av det aktuelle systemet. Teamet begynner med å definere et system som skal analyseres, hvor det blir fastsatt:

- Systemgrenser.
- Systemets hovedfunksjoner.
- Operasjonelle og miljømessige forhold.

Videre blir det samlet informasjon som tegninger, spesifikasjoner, skjemaer, komponentlister og funksjonsbeskrivelser, for å få en fullstendig beskrivelse av systemet. Deretter samler man inn informasjon fra tidligere og tilsvarende løsninger eller design. Her kan man benytte såkalt FRACAS data, eller intervju designere, annet personell og komponentleverandører. FRACAS (Failure Reporting Analysis and Corrective Action System) er et system for rapportering av feil og korrigerende tiltak, og kan i denne fasen bli brukt for å se historikken til komponenter i det aktuelle systemet.

Etter informasjonsinnhenting må man dele det definerte systemet opp i håndterbare enheter. I hvilken grad systemet bør brytes ned avhenger av målet med analysen. Man bør imidlertid søke mot å starte så høyt i hierarkiet som mulig, forutsatt at dette kan forsvares. Dette for å få en kostnadseffektiv analyse som ikke går mer i dybden enn sikkerhetsmessig nødvendig. Figur 17 viser et eksempel på et system med subsystemer og komponenter med en struktur som et hierarkisk trediaagram. Et alternativ til denne systempresentasjonen er et funksjonelt blokkdiagram (Rausand, 2004).



Figur 17 Eksempel på en systemstruktur (Rausand, 2004)

Etter at systemstrukturen er på plass skal teamet gå igjennom hvert subsystem og hver komponent, og vurdere om feil her vil ha en uakseptabel effekt på systemet. Alle elementenes funksjoner i alle driftsformer må taes med i vurderingen. Om uakseptable feil finnes må disse undersøkes nærmere ved bruk av worksheets. Et eksempel på et worksheet er vist i figur 18 hvor man har 12 kolonner (Rausand, 2004):

1. Referanse nummer, "tag" nummer eller navn på element.
2. Funksjon: alle funksjonene til elementet
3. Operasjonsmodus: hvilke driftsformer elementet har. Eksempel: standby, normal, oppstart.
4. Feilmodi: alle feilmodi i alle driftsformer og funksjoner elementet har.
5. Feilmekanisme: årsaken til feilmodiene funnet i kolonne 4. Eksempel: materialtretthet, korrosjon.
6. Oppdagelse av feil: ulike muligheter for å oppdage feilen blir listet opp. Sannsynligheten for å oppdage feil kan bli vurdert på en skala fra 1 til 10, og bli tildelt en separat kolonne.

7. Effekt av feil på subsystem: den ”lokale” effekten en feil har på andre komponenter innenfor samme subsystem.
8. Effekt av feil på systemfunksjonen: den ”globale” effekten en feil har på systemfunksjonen. Avhengig av behov kan man i tillegg føye inn kolonner for effekt av feil med hensyn på sikkerhet og tilgjengelighet her.
9. Feilrate: feilrater for hver feilmodi blir her notert. Eksempel: sannsynlig (en gang per år)
10. Alvorlighetsgrad: rangering av alvorligheten til effekten av feil på systemfunksjonen. Her blir den høyeste graden som er realistisk valgt. En skala fra 1 til 10 blir valgt hvor de forskjellige nivåene blir definert med hensyn på hva slags system man vurderer.
11. Risikoreduserende tiltak: mulige tiltak som kan rette feil og være konsekvensreduserende og frekvensreduserende blir notert.
12. Kommentarer: alt av viktighet som ikke har blitt notert i de andre kolonnene.

Description of unit			Description of failure			Effect of failure		Failure rate	Severity ranking	Risk reducing measures	Comments
Ref. no	Function	Operational mode	Failure mode	Failure cause or mechanism	Detection of failure	On the subsystem	On the system function				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)

Figur 18 FMECA worksheet (Rausand, 2004)

Etter gjennomgang av worksheets blir det foretatt en risikorangering. Denne rangeringen kan bli utført ved hjelp av en risikomatrix, som vist i 5.2.1, eller ved hjelp av Risk Priority Number (RPN). Risiko Prioriterings Nummer (RPN) rangerer risiko ved hjelp av formelen:

$RPN = S \times O \times D$, hvor $O =$ Occurrence, $S =$ Severity og $D =$ Likelihood of detection.

Disse tre faktorene blir rangert på en skala fra 1 til 10. ”O” er sannsynligheten for hver feilmodi, ”S” er alvorlighetsgraden til feilen og ”D” er sannsynligheten for at feilen blir oppdaget før systemet når sluttbruker. Alternativt kan man inkludere kolonner for S, O, D og RPN i worksheet.

FMECA prosedyren er et verktøy som blir benyttet for å forbedre en rekke faktorer. Det kan bidra til forbedret design av produkter og prosesser, noe som resulterer i høyere pålitelighet, bedre kvalitet og sikkerhet, økt kundetilfredshet og reduserte kostnader. Verktøyet kan i tillegg bli brukt for å etablere og optimalisere vedlikeholdsplaner og bidra til kvalitetssikring (Weibull, 2007)

5.4.3 Feil-tre analyse (FTA)

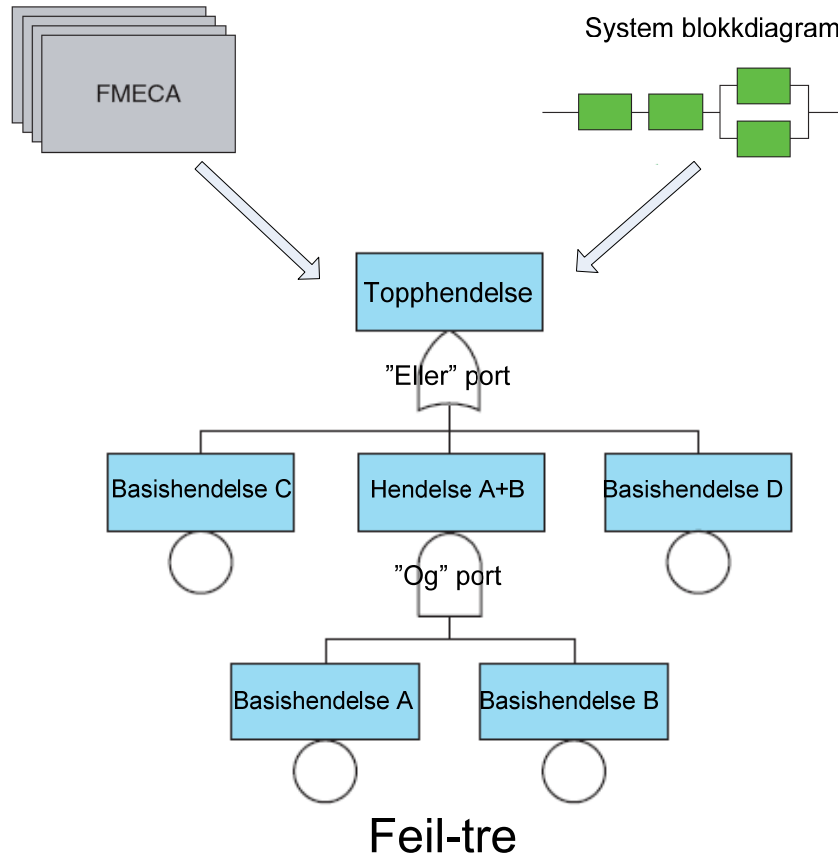
Feil-tre analyser (FTA) er den mest brukte metodikken for å undersøke hva som kan lede til en uønsket hendelse (Rausand, 2004). Det er en "top-down" årsaksanalyse, hvor man begynner med å se på en uønsket hendelse, for deretter å kartlegge hvilke andre hendelser som fører til denne "topp-hendelsen". Metoden kan bli brukt for å avdekke svakheter ved et system, og finne den mest sannsynlige årsaken til en systemfeil (Haimes, 2004).

Hovedstegene i FTA er (Rausand, 2004):

- Definere topphendelsen/den uønskede hendelsen
- Definere systemgrenser
- Konstruksjon av feil-treet: Om en FMECA er utført kan denne benyttes for å gi innsikt og informasjon om systemet. Alternativt kan et blokkdiagram over systemet benyttes for å konstruere feil-treet.
- Identifisere minimale kuttmengder: En kuttmengde er de basishendelsene som ved å feile samtidig forårsaker topphendelsen. De *minimale* kuttmengdene er de hendelsene som ved samtidig feil *først/tidligst* fører til topphendelsen.
- Kvalitativ analyse av feil-treet
- Eventuell kvantitativ analyse av feil-treet
- Rapportering av resultater

Feil-treet blir konstruert ved hjelp av enkle symbolfigurer med porter og basishendelser, som leder opp til topphendelsen. Basishendelser vil være en teknisk eller menneskelig svikt. Portene er forskjellig utformet og har forskjellig betydning. Det finnes tre typer porter: "Og" port, "Eller" port og "K av N" port. "Og" porten viser til at en hendelse blir utløst dersom alle hendelser i det lavere leddet er til stede samtidig. "Eller" port utløser hendelsen dersom en av de tilknyttede lavere hendelsene er til stede. "K av N" port utløser hendelsen dersom et visst antall, k, av n hendelser er til stede. Et eksempel på hvordan et feil-tre kan se ut er vist i figur 19. Her blir topphendelsen utløst ved at enten hendelse C, D, eller A og B (samtidig) er til stede.

De minimale kuttmengdene blir dermed {Basis-C}, {Basis-D}, {Basis-A, Basis-B}



Figur 19 Feil-tre. Redigert fra Rausand (2004)

Når de minimale kuttmengdene er bestemt, kan en kvalitativ evaluering av feil-treet bli utført. Viktigheten av en kuttmengde avgjøres ofte av kuttmengdens orden, da kuttmengder av høyere orden trenger flere hendelser som må oppstå samtidig for at topphendelsen skal inntreffe. Det skal imidlertid være sagt at sannsynlighet for de individuelle hendelsene, samt avhengighet, må vurderes slik at man får fastslått rangeringen av kuttmengdene. Vanligvis blir basishendelsene rangert på denne måten (Rausand, 2004):

- Menneskelig svikt
- Svikt av "aktivt" utstyr
- Svikt av "passivt" utstyr

Bakgrunnen for denne rangeringen er erfaringer og antagelser. "Passivt" utstyr som blir brukt sjelden har lavere sannsynlighet for å feile enn "aktivt" utstyr som blir brukt mer eller mindre kontinuerlig. Videre er menneskelig svikt antatt å forekomme oftere enn svikt av "aktivt" utstyr (Unger, 2007).

Ved å bruke feil-tre analyser får man oversikt over alle hendelser som kan initiere topphendelsen. Man kan evaluere treet og se på hvor det er behov for sikkerhetstiltak.

Behovene må sees på med hensyn på hvilken nytte en forbedring vil gi til hvilken kostnad. Nødvendige tiltak bør iverksettes på en kostnadseffektiv måte.

Kapittelet har presentert sikkerhetsstyring og risikostyring. Her har det blitt tatt med definisjoner av risiko og hvilken risiko man skal tolerere, samt metoder for sikker styring. Ved beskrivelsen av metoder har det blitt lagt vekt på hvilke som kan være nyttige for den aktuelle industri, jernbaneindustrien. Beskyttelse mot risiko har i tillegg blitt skissert. I de neste kapitlene vil det bli presentert resultater i form av hvordan diskuterte metoder kan overføres til punktlighets- og kvalitetsarbeid, samt diskusjoner rundt punktlighet og sikkerhet.

6 Overførbarhet og sammenligning av metoder og begrep

Dette kapittelet diskuterer overførbarhet av metoder brukt innen risiko og sikkerhetsstyring for punktlighets- og kvalitetsforbedringsarbeid, i planleggingsfasen av et prosjekt. I tillegg blir det gjort en sammenligning av sikkerhetsstyring og punktlighetsstyring, og diskutert påvirkning mellom sikkerhet og punktlighet.

En oversikt over hvordan verktøyene risikomatrix, HAZOP og FMECA kan overføres blir her forklart. I tillegg blir årsak-virkningsdiagrammet eksemplifisert, da dette er et verktøy som egner seg for bruk innenfor begge faggrener, og kan vise sammenhengen mellom disse. Feil-tre analyser kan brukes for å finne enhver feilkilde i et system, såfremt feilkilden ikke er skjult, eller usynlig. Det er vurdert at informasjonen gitt i kapittel 5 er dekkende når det gjelder feil-tre analyser og det presiseres at denne metoden er overførbar til punktlighets- og kvalitetsstyring.

Kapittelet begynner med en sammenligning mellom sikkerhetsstyring og kvalitetsstyring, samt en diskusjon rundt forholdet sikkerhet og punktlighet har.

6.1 Sammenligning av sikkerhets- og punktlighetsstyring

Tabell 5 viser en sammenligning mellom sikkerhets- og punktlighetsstyring. Her er hovedtrekkene innenfor de to grenene tatt med. Prinsippet innenfor sikkerhetsstyring er å unngå uønskede hendelser som kan føre til skade på mennesker eller materiell. Her vil det tidligere diskuterte ALARP-prinsippet, som sier at risiko skal bli redusert så langt det er realistisk praktiserbart, gjelde. Prinsippet innenfor punktlighetsstyring er å holde tidsplaner. Med dette menes det at togene er punktlig. Man opererer i NSB med punktlighetsmål på 90 %. Regimet er en av hovedforskjellene på de to grenene. Mens sikkerhetsstyring er underlagt lover og regler, i form av jernbaneloven og tilhørende forskrifter, er styring for punktlighet noe som er selvpålagt. Det er altså opp til operatører som NSB å vurdere ressursbruken og viktigheten av punktlighet. Metoder innenfor sikkerhets- og punktlighetsstyring er diskutert i de foregående kapitlene, og det blir senere i dette kapittelet diskutert overførbarhet av risikoanalyser for punktlighet. Konsekvenser ved feilslått styring vil være grunnlaget for mange av forskjellene mellom grenene. Feilslått sikkerhetsstyring kan føre til at menneskeliv går tapt. Dårlig punktlighet fører til tidstap som kan overføres til økonomisk tap.

<i>Sammenligning</i>	Sikkerhetsstyring	Kvalitets- og punktlighetsstyring
<i>Prinsipper</i>	Hindre skader og ulykker	Holde tidsplaner
<i>Regime</i>	Lover og regler	Selvpålagt
<i>Metoder</i>	Risikoanalyser	TKL verktøy
<i>Konsekvens ved utilstrekkelig styring</i>	Tap i form av menneskeliv og materielle verdier	Tidstap

Tabell 5: Sammenligning: sikkerhetsstyring og punktlighetsstyring

Videre kan man sammenligne verktøy brukt for styring. Tabell 6 viser en sammenligning mellom risikoanalyser og prestasjonsanalyser. Fra tabellen ser vi at det finnes likheter mellom analysene. Risikoanalyser kan, så vel som prestasjonsanalyse, bli brukt for å vurdere lønnsomheten av et tiltak, og hjelpe med prioritering mellom ulike løsninger. Analysene blir brukt for å belyse områder eller prosesser hvor det foreligger forbedringspotensial og behov for økt fokus. I tillegg er begge analysene og deres resultater med på å motivere ansatte mot målrettet arbeid.

Sammenligning: prestasjonsanalyse og risikoanalyse	Risiko- og pålitelighetsanalyser	Prestasjonsmåling og prestasjonsanalyse (inkludert punktlighetsanalyse)
<p style="text-align: center;">Formål</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Underlag for å prioritere mellom alternative løsninger og tiltak ▪ Underlag for å vurdere om pålitelighet og risiko er akseptabel ▪ Underlag for å vurdere lønnsomheten til et prosjekt ▪ Grunnlag for utvikling av sikre og effektive prosedyrer for operasjon eller overvåking av prosessen eller utstyret ▪ Systematisk beskrivelse av uønskede hendelser, og de følger slike hendelser kan få ▪ Økt systemforståelse ved analyse av kopling og interaksjon mellom komponenter i systemet ▪ Kompetanse og motivasjon for systematisk sikkerhetsoppfølging <p style="text-align: right;">(Aven, 2005)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifisere muligheter for forbedring av strategi, produkt og organisasjon ▪ Mulighet for å følge fremskritt og måle disse opp mot bedriftens mål ▪ Ha grunnlag for å måle opp mot kundens forventning ▪ Fungere som et tidlig varslingsystem ▪ Identifisere prosesser eller områder som har behov for forbedring ▪ Ha underlag for å vurdere om forbedringstiltak gir positive resultater ▪ Motivasjonsfaktor for ansatte <p style="text-align: right;">(Andersen og Fagerhaug, 2002)(Oakland, 2003)</p>

Tabell 6: Sammenligning: risikoanalyser og prestasjonsanalyse

6.2 Diskusjon av forholdet mellom sikkerhet og punktlighet

Punktligheit og sikkerhet er noe mange fagfolk mener går hånd i hånd (Lein, 2007)(Johannessen, 2007). Det er imidlertid en diskusjon vedrørende om en søken etter bra punktlighet går på bekostning av sikkerheten. Om sikkerheten blir svekket om man fokuserer for mye på å holde planer. Punktligheit kan bli sett på som en trussel mot sikkerhet om man "presser" systemet og kanskje bryter sikkerhetsbarrierer. Det skal også sies at terskelen for ikke å følge tidsplaner er lav, om dette blir forbundet med økt risiko. Slik regjerer sikkerhet over punktlighet.

Et annet synspunkt er at bra punktlighet bidrar til god sikkerhet. Om mennesker må operere under unormale omstendigheter bidrar dette til økt risiko. Menneskelig pålitelighet blir påvirket av hvor komplisert oppgaven er, og om man har tidligere erfaring med oppgaven. I tillegg påvirker forstyrrelser og fareeksponering menneskelige prestasjoner. Derfor mener Johannessen (2007) at "*om man har bra punktlighet, så har man bra sikkerhet*". Det menes her at hvis alt går som planlagt og mennesker har jobbet i samme situasjon flere ganger tidligere, vil man gjøre mindre feil.

I et system i omlegging som for eksempel omlegging av togtrafikken vil de overnevnte menneskelige prestasjonsfaktorene spille inn. Om man ikke har jobbet under tilsvarende omstendigheter tidligere vil dette øke faren for at uønskede hendelser inntreffer. For å kompensere for denne økte risikoen er det nødvendig å se på mulige tiltak og iverksette disse.

For vidare å se på hvordan sikkerhet påvirker punktlighet og regularitet, kan vi se på et eksempel fra kort tid tilbake. Jernbanen er et komplekst system bestående av blant annet et komplekst elektrisk system. Natt til onsdag 28.11.2007 oppstod det brann i det sentrale kabelanlegget på Oslo Sentralstasjon. Brannen førte til at all togtrafikk på det sentrale Østlandet måtte innstilles, da man hos togledersentralen mistet forbindelsen. Dette var den mest omfattende trafikkstansen jernbanen har vært utsatt for, som følge av brann og teknisk svikt (Jernbaneverket, 2007). Et eksempel i mindre skala er presentert i 6.3.4.

6.3 Overførbare verktøy

Verktøyene risikomatrise, FMECA og HAZOP blir her diskutert, og konkrete løsninger for overførbarhet blir foreslått. I tillegg blir årsak-virkningsdiagram diskutert, da dette er en metode som blir brukt innenfor sikkerhet så vel som kvalitetsfaget.

6.3.1 Risikomatrise

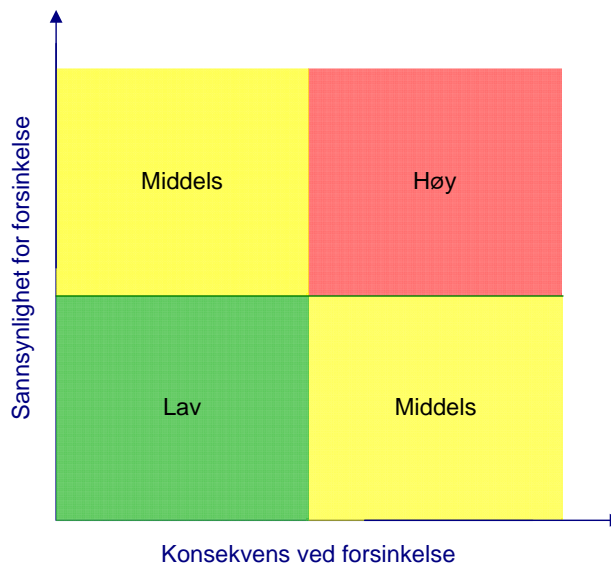
Risikomatrisen, som beskrevet i 5.2.1 er en enkel måte å fremstille hvor man befinner seg sikkerhetsmessig. En forenklet utgave av denne kan bli brukt innenfor punktlighet. Figur 20 viser risikomatrisen for punktlighet. Risikoen forbundet med forsinkelse vil bestå av "mykere" parametere, hvor konsekvensene ikke vil være fysiske skader, men heller lavere kundetilfredshet.

Faktorer for konsekvens av forsinkelse kan være:

- Antall passasjerer på berørt.
- Kritiske passasjerer: antall passasjerer som må nå en overgang.
- Tid: større konsekvens tidligere på dagen da folk har jobb og avtaler, lavere konsekvens i helger og kvelder da folk ikke har tidsfrister i like stor grad.
- Sted: avhengig av hvor forsinkelsen geografisk finner sted vil dette ha ulik effekt på kundemisinøye. Dette er basert på erfaringer (Haugland, 2007).

Faktorer for sannsynlighet for forsinkelse kan være:

- Tid på året: generelt lavere punktlighet på vinteren
- Kapasitet: hvor trafikkert strekningen er (avhengig av tid på dagen)
- Antall kunder: hvor stor kundemasse som skal reise (avhengig av tid på dagen og årstid)
- Teknisk tilstand: hvilken tilstand materiell er i (avhengig av vedlikehold og alder på materiell)



Figur 20 Punktlighetsmatrise

Punktlighetsmatrisen er en grov og enkel metode for å kartlegge om man befinner seg i et område for høy punktlighetsrisiko, karakterisert av betydelige konsekvenser kvalitetsmessig og en reell sannsynlighet for hendelsen.

6.3.2 FMECA

Feilmodi, effekt og kritikalitet analyse er en metode først utviklet for sikkerhetsmessige hensyn, men er ofte nevnt i TKL litteratur, og lar seg overføre til bruk for kvalitetsforbedring. Feileffektene som blir funnet ved bruk av metoden påvirker prestasjonen til produktet og tjenesten. Hvor kritisk en feil er kan også sees i sammenheng og kobles opp mot prestasjoner. Med prestasjoner menes det her punktlighet når vi snakker om kvalitet i transporttjenester. Metodikken inkluderer å kalkulere et risikoprioriteringsnummer (RPN), og ved å forandre alvorlighets (S) parametrene i ligningen $RPN = O \times S \times D$, kan man overføre bruken til måling av kvalitetsrisiko. Faktorene O, S, og D blir gitt på en skala fra 1 til 10, hvor alvorlighetsgrad (S) tradisjonelt blir rangert på denne måten:

Rangering	Alvorlighetsklasse	Beskrivelse
10	Katastrofe	Feil resulterer i alvorlig skade eller død
7-9	Kritisk	Feil resulterer i mindre skader, skadelig kjemikaliekontakt, skadelig stråling, brann eller forurensing av miljøet.
4-6	Alvorlig	Feil resulterer i moderat kontakt med farlige kjemikalier eller stråling, eller aktivering av anleggsalarm
1-3	Mindre	Feil resulterer i mindre skader på systemet, men innebærer ikke personskader og utslipp eller menneskelig kontakt av/med kjemikalier og stråling

Tabell 7: Tradisjonell alvorlighetsklasse i FMECA

Om man velger en innfalsvinkel som går på kvalitet og kundetilfredshet, kan disse alvorlighetsklassene forandres til følgende:

Rangering	Alvorlighetsklasse	Beskrivelse
10	Kritisk	Feil vil føre til alvorlig og mulig irreversibel kundemisnøye
8-9	Svært Alvorlig	Feil vil føre til en stor grad av misnøye hos kunden
6-7	Alvorlig	Feil vil føre til misnøye hos kunden
3-5	Mindre	Feil vil resultere i mindre misnøye hos kunden
1-2	Neglisjerbar	Feil vil være av en grad som vanskelig lar seg oppdage av kunden

Tabell 8: Alvorlighetsklasse for kundetilfredshet i FMECA

FMECA er en enkel analysemetode som er lett å lære, selv for mennesker uten erfaring med risikoanalyser. Tilnærmingen gjør det lett å evaluere kompliserte systemer som togfremføring. Ved å skreddersy metoden kan den lett la seg overføre til kvalitets- og punktlighetsstyring. Dette kan gjøres ved å tilpasse worksheet med for eksempel å legge inn en kolonne for ”effekt på tilgjengelighet”.

6.3.3 Prosedyre HAZOP

Rausand (2004) viser til fire forskjellige typer HAZOP-analyser: prosess, menneskelig, prosedyre og software HAZOP. Prosedyre HAZOP fokuserer på problemer forbundet med prosedyrer eller operasjonelle sekvenser. Metoden er en undersøkelse av operasjonsprosedyrer, og identifiserer årsaker og farekilder for operasjonelle problemer, kvalitetsproblemer og forsinkelser. Prosedyre HAZOP kan anvendes på alle sekvenser av en operasjon og (Rausand, 2004):

- er en systematisk undersøkelse
- er en multidisiplinær analysemetode
- nyttiggjør operasjonell erfaring
- dekker sikkerhet og operasjonelle aspekter
- kan sørge for løsninger på indikerte problemer
- dekker menneskelige feil

Stikkordene (guide-words) er fleksible, og kan forandres for å tilpasse analysen for fokusering på punktlighet og kvalitet. Et eksempel på et nytt sett med stikkord kan se slik ut:

Stikkord/Guide-word	Betydning
Uklar	Prosedyre er laget for ambisiøs eller preget av forvirring
Trinn på feil plass	Prosedyren vil lede til at handlinger blir gjennomført i feil mønster/rekkefølge
Feil handling	Prosedyrens handling er feil spesifisert
Uriktig informasjon	Informasjon som er gitt i forkant av handling er feil spesifisert
Trinn utelatt	Manglende trinn, eller trinn krever for mye av operatør
Trinn mislykket	Trinn har stor sannsynlighet for å mislykkes
Påvirkning og effekter fra andre	Prosedyrens prestasjoner vil trolig bli påvirket av andre kilder

Tabell 9: Stikkord for prosedyre HAZOP

Videre kan parametere forandres for å passe inn i prosedyre-analysen. Et eksempel på dette med beskrivende avvik/stikkord er:

Parameter	Stikkord/Avvik
Tid	For tidlig, for sent
Sekvens	Feil sekvens, utelatt sekvens, feil handling
Prosedyre	Ikke tilgjengelig, ikke brukbar, ikke fulgt
Måling	Feil på instrument, observasjonsfeil
Organisering	Uklare ansvarsområder, ikke hensiktsmessig
Kommunikasjon	Feil på utstyr, ufullstendig informasjon
Personell	Manglende kompetanse, for få, for mange
Posisjon	Feil posisjon, bevegelse overskrider toleranse
Strøm	Fullstendig eller delvis mangel
Vær	Utenfor grenser - forårsaker forsinket operasjon

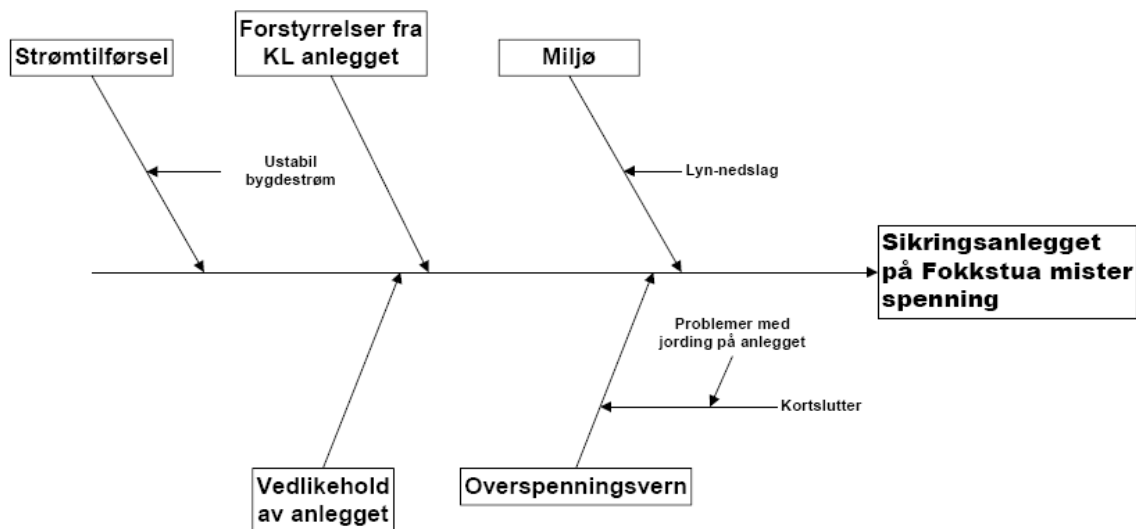
Tabell 10: Parametere for prosedyre HAZOP

HAZOP er en metode som er enkel å forstå, men krever innsikt og forståelse for systemet eller prosedyren på et detaljert nivå. Den kan være tidkrevende med flere møter, hvor hvert møte er anbefalt å vare 2-4 timer. ”Brainstorming” konseptet som HAZOP bygger på er ment å være inkluderende og det er viktig at alle bidrar, men at man er konsise og hindrer langvarige diskusjoner rundt uviktige ting. HAZOP vurderer sikkerhetsmessige, så vel som kvalitetsmessige aspekter, ved prosedyrer og produksjon, og kan taes i bruk ved vurderinger som gjøres i forkant av en omlegging av togtrafikken.

6.3.4 Årsak-virkningsdiagram

Årsak-virkningsdiagram ble først tatt i bruk innenfor kvalitetsfaget, men er i dag et utbredt verktøy for å finne årsaker til sikkerhetsbrister. Metoden er altså brukt innenfor både kvalitetsstyring og sikkerhetsstyring, og er her tatt med for å illustrere anvendbarheten, samt for å eksemplifisere sammenhengen mellom sikkerhet og punktlighet. En beskrivelse for hvordan diagrammet anvendes er gitt i 4.3.3, og det blir her vist et eksempel på hvordan dette er brukt i NSB:

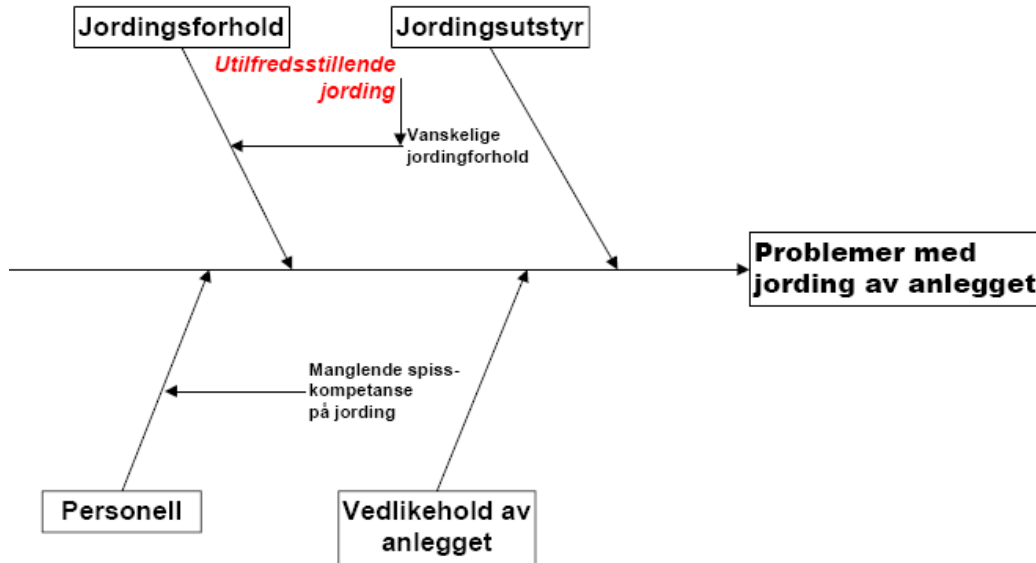
Problemet (virkningen) blir definert ut fra at man på Fokkstua den 9. november 2007 opplevde at sikringsanlegget mistet spenning. Deretter blir det vurdert hva årsakskategoriene for dette kunne være. Hovedårsakene miljø, strømtilførsel, forstyrrelser på KL anlegget, vedlikehold av anlegget og overspenningsvern blir foreslått og tegnet inn i diagrammet. Det blir vurdert underliggende årsaker innenfor hovedårsakene som lynnedslag, ustabil bygdestrøm og kortslutter. Figur 21 viser dette.



Figur 21 Årsak-virkningsdiagram Fokkstua nr. 1

Videre blir det diskutert hva rot-årsaken kan være. Her kommer man frem til at denne vil ligge innenfor ”overspenningsvern-grenen” hvor det er problemer med jording av anlegget.

Man konstruerer dermed et nytt diagram hvor virkningen er: ”Problemer med jording av anlegget”. Her blir det på nytt skissert årsaksgrener med underliggende forhold. Figur 22 viser det nye diagrammet. Her blir jordingsutstyr, jordingsforhold, personell og vedlikehold vurdert for å finne rot-årsaken. Som vi ser av figuren under blir rot-årsaken funnet i jordingsforhold, hvor det ble konstatert ”utilfredsstillende jording”.



Figur 22 Årsak-virkningsdiagram Fokkstua nr. 2

Forholdet som her er beskrevet førte til en forsinkelse på 45 minutter for et tog som var på vei til Trondheim. Eksempelet er hentet fra NSB Marienborg ved Børge Lein (2007).

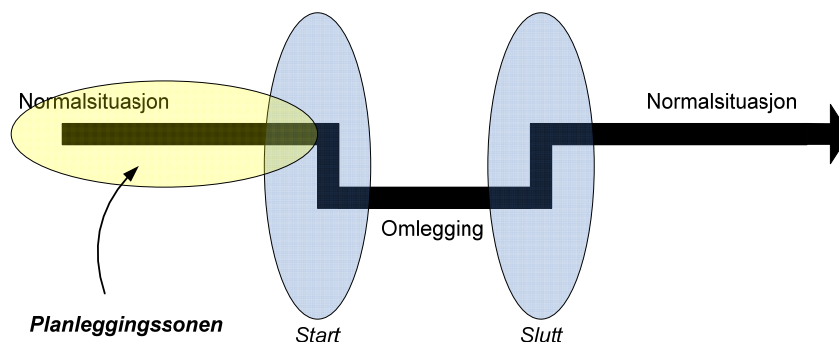
7 Omlegging av togtrafikken og forslag til forbedringer

Kapittelet gir innsikt i planleggingsfasen av omlegginger av togtrafikken og informerer om hva som blir gjort punktlighetsmessig og sikkerhetsmessig. Her blir det blant annet presentert Sikker Jobb Analyse, og dokumentet "Sikkert arbeid i og ved Jernbaneverkets infrastruktur". Videre i kapittelet blir det foreslått direkte kvalitetsforbedringstiltak.

Kapittelet bygger på samtaler og intervjuer med fagfolk innenfor sikkerhet og punktlighet i Jernbaneverket og NSB, så vel som forfatterens egne vurderinger og slutninger.

7.1 Planlegging av omlegging av togtrafikken

Planlagt omlegging av togtrafikken vil være et nødvendig onde i forbedring og utbygging av jernbanens infrastruktur. Med omlegging menes det planlagte avvik som representerer en forandring fra de normale driftsformer, illustrert i figur 23. Forandringer kan være endret togtetthet, senket hastighet, alternativ transportform som buss og taxi, eller en kombinasjon av disse. Et planlagt avvik blir planlagt av Jernbaneverket, som er ansvarlig for utbygging, et visst antall måneder før oppstart. Videre holder Jernbaneverket, NSB og andre berørte aktører koordineringsmøter, ca. 2 måneder før oppstart av planlagt avvik. Her finner man ut hvilke tog som er berørt, og lager en total oversikt over situasjonen. NSB begynner deretter med ressursplanlegging av materiell og personell. Ca. 6 uker før det planlagte avviket skal tre i kraft blir det utarbeidet foreløpige I-sirkulærer^(†), og kort tid etter gjennomgår et strekningsteam planen så langt. Her blir det gjort justeringer av driftsopplegget. 2 uker før planlagt avvik blir det utarbeidet endelig driftsopplegg, som kan inkludere bruk av buss og/eller taxi som alternativt transportmiddel. Endelige I-sirkulærer blir utsendt etter dette. Videre blir det utarbeidet informasjonsformidling av avviket, i form av plakater og oppdateringer på nettsiden til NSB. Kundeveiledere blir bestilt, og 3-5 dager før avviket blir disse briefet. Deretter blir avviket utført ved hjelp av kundeveiledere og alternativ transportform. Aktivitetsdiagram for planleggingsfasen hos NSB er lagt som vedlegg C.



Figur 23 Illustrasjon av driftsavvik

[†] Informasjonsrundskriv internt i NSB

7.2 Sikkerhetsmessig planlegging av omlegginger

Sikkerhet i jernbanen har alltid kommet i første rekke, og man har i Norge lang erfaring med dette. Man definerer dagens drift som et akseptkriterie for hvor stor risiko man skal tillate. Alle forandringer som blir gjort skal ikke påvirke sikkerhetsnivået i en negativ retning. Når man planlegger omlegginger av togtrafikken blir det sikkerhetsmessige vurdert, og beslutninger tatt angående nødvendigheten av risikoanalyser.

Som nevnt i begynnelsen av kapittel 5 er det viktig at eventuelle risikoanalyser foreligger i god tid innen prosjektstart. Dette er noe som ikke alltid er tilfelle ved omlegging av togtrafikken, hvor en eventuell sikkerhetsanalyse har tendens til å komme sent i planleggingsfasen (Bøklepp, 2007). Det er heller ikke fastsatt noen fast prosedyre for å utføre analyser ved forandret driftsform (Lundsgard, 2007).

7.2.1 Sikkert arbeid i og ved Jernbaneverkets infrastruktur

Jernbaneverket opererer etter dokumentet "*Sikkert arbeid i og ved Jernbaneverkets infrastruktur*". Dokumentet bygger på tidligere bestemmelser for "*sikkert arbeid i og ved spor og på og nær ved Jernbaneverkets høyspenningsanlegg*", og er forbedret basert på erfaringer fra uønskede hendelser og revisjoner. Hensikten med dokumentet er å samle alle regler, instruksjer, sjekklister og skjemaer for planlegging og gjennomføring av sikkert arbeid. Målet er at alle ansatte i JBV og tilknyttede leverandører, skal etterleve de samme bestemmelsene. Dokumentet omhandler nødvendig planlegging og gjennomføring av bygging og drift, for å ivareta internkontrollforskriften og jernbanelovgivningen. Det består av et sett med definisjoner, og et hovedkapittel som beskriver planlegging og gjennomføring av arbeid i og ved Jernbaneverkets infrastruktur (SAJ, 2007).

7.2.2 Sikker Jobb Analyse (SJA)

En Sikker Jobb Analyse (SJA) skal hindre ulykker og uhell. SJA skal vurdere farer for personell, reisende, 3. person, miljø og materielle verdier. Analysen skal utføres ved behov og skal foreligge før arbeidet starter. Alle som er involvert i planlegging og utførelse av arbeid, er ansvarlig for å identifisere behovet for analysen.

Sikker Jobb Analyse skal utføres for arbeider som inkluderer farekilder som ikke er tilstrekkelig belyst fra før. Dette innebærer (SJA, 2007):

- *Jobber som planlegges (i prosjekt eller et bestilt oppdrag). SJA skal gjennomføres hver gang. I store prosjekter gjennomføres en risikoanalyse før arbeidet starter, men det kan oppstå situasjoner som tilsier at det gjennomføres ulike SJA-er mens prosjektet pågår.*
- *Rutinearbeid. Arbeidsoppgavene skal gjennomgås og oppdateres to ganger pr. år med tanke på forbedringer og følges opp lokalt med tiltak mot farer. SJA må signeres ved oppstart av arbeidet for eksempel ved årets start, eller ved oppstart av arbeidet iht. utarbeidet fremdriftsplan av dem som skal utføre jobbene.*

- *Feilretting. SJA skal utføres som punkt 2, dersom feilrettingen er planleggbare og rutinemessig, eller som punkt 4, dersom feilrettingen er lite planleggbare. Analysen skal være spesifisert på anlegg, sted osv.*
- *Andre, lite planleggbare arbeider. Her er det viktig at det gjøres en forenklet SJA før arbeidet starter. Eget loggskjema på notatblokker er utarbeidet for dette formålet, eller du kan benytte loggskjemaet som er vedlagt i SJA.*
- *Arbeidet pågår over tid. Det skal gjennomføres SJA ved behov underveis, for eksempel dersom forutsetninger og rammer endrer seg.*

En sikker jobb analyse utføres ved hjelp av et worksheet som inneholder kolonnene Nr., Aktivitet, Risikomoment, Risikovurdering og Tiltak, som vist i figur 24. I tillegg blir det brukt en sjekkliste, og den generelle strukturen for denne er vist under.

Sjekkliste i Sikker Jobb Analyse (SJA, 2007):

Risikomomenter

Hver aktivitet vurderes med hensyn til de mulige farer som kan oppstå i forbindelse med:

- alle arbeidsoppgaver som skal utføres
- alt materiell og utstyr som skal benyttes
- alle kjemikalier som skal benyttes
- alle helsefarer (fysisk og psykiske belastninger, støy, lys, etc.) som personalet kan utsettes for
- alle planlagte og akutte utslipp til det ytre miljø som kan finne sted
- hensynet til reisende og 3. person

Sannsynligheten for at en fare kan resultere i en uønsket hendelse og hvor alvorlig konsekvensen vil være med hensyn til ressurstap vurderes. Denne risikovurderingen gir grunnlaget for prioritering av farene.

Sikring av arbeidsplasser

Lokaler/lokale arbeidsplasser/maskiner/utstyr sikres:

- konstruksjonsmessig mot ulykker, brann, eksplosjon, forurensing etc.
- ergonomisk ved tilpasning av maskiner, utstyr og arbeidsoppgaver til arbeidstakerens forutsetninger
- ved bruk av vintermatter legges sklisikre gangbaner og merkes "Farlig glatt område"

Beskyttelse - atskillelse av arbeid mot arbeidstaker, reisende og 3. person

- Skilting/merking som:
 - generell advarselsskilting
 - merking av kjemisk helsefare og brann- og eksplosjonsfare
- Utfyllende sikring av maskiner/utstyr utover det som er en del av konstruksjon ved
 - faste hindringer
 - automatiske hindringer
- Personlig verneutstyr
- Instruksjoner/prosedyrer

Mennesket - styrking av den menneskelige faktor

- Trening og opplæring
- Holdningsendring/atferdspåvirkning

Nr.	Aktivitet (rekkefølgen av arbeidsoppgaver)	Risikomoment (som kan foreligge)	Risikovurdering	Tiltak (mulige forebyggende tiltak)
-----	---	-------------------------------------	-----------------	--

Figur 24 Kolonner i et SJA worksheet (SJA, 2007)

7.3 Punktlighetsmessig planlegging av omlegginger

Det som blir gjort punktlighetsmessig i forkant av omlegginger har som hensikt at avviket skal gjennomføres så ”knirkefritt” som mulig. Dette er basert på at nødvendig informasjon når kundene i stor grad. Ved at kundene vet hvor de skal gå, og hvilket transportmiddel de skal forflytte seg til, minsker bryderiet og tidstapet. Dette bidrar til en effektiv gjennomføring av avviket. Plakater og informasjon på nettsiden skal sørge for dette. Kundeveiledere vil være til stede for å oppklare uklarheter og hjelpe kunder som ikke har tilegnet seg informasjonen.

Turnering av materiell og ressursplanlegging er det planleggingsmøtene stort sett omhandler, og punktlighetsaspekter ved alternativ drift blir vurdert med sunn fornuft (Hogseth, 2007). Det finnes ikke faste prosedyrer for å vurdere punktligheten ved omlegginger. Evalueringer i etterkant blir gjort, hvor man ser på hva som har gått bra i det store og hele, men er ikke fokusert på detaljer (Hogseth, 2007).

I tillegg kan planlegging som påvirker punktligheten sees i 7.1 og vedlegg C.

7.4 Forslag til tiltak i planleggingsfasen av en trafikkomlegging

7.4.1 Kvalitet og forutsigbarhet

Det som oftest kom frem i forfatters samtaler og intervjuer med fagfolk innen sikkerhet og punktlighet i Jernbaneverket og NSB, er behovet for forutsigbarhet og kvalitet ved omlegginger. Ofte blir det planlagt et tog - buss – tog oppsett, som vil si at man kjører første del av ruten med tog, andre del med buss og siste del med tog igjen. Det diskuteres punktlighetsmessige og kvalitetsmessige aspekter ved dette. Om en kunde skal reise hele strekningen må han/hun gjøre to bytter underveis, noe som fører til mer stress og lavere tilfredshet (Olsen, 2007). Om man minimerer bryderiet for kunden ved å redusere antall bytter vil kvalitetsnivået heves. I dette eksempelet betyr det at man må velge et av disse alternativene:

- Kjøre hele strekningen med buss
- Kjøre første og andre del av strekningen med buss
- Kjøre andre og siste del av strekningen med buss

Ved å se på det samme eksempelet punktlighetsmessig, vil man se at bytte fra tog til buss og buss til tog, samt reisetiden med buss, vil ta lenger tid enn om det var normal drift, hvor tog kjørte hele strekningen. Toget som skal kjøre den siste strekningen vil være forsinket når kundene ankommer toget fra buss(er). Det som da skjer videre er at toget mister prioritet. For å minske følgeforsinkelser, det vil si forsinkelser som skyldes at andre tog er forsinket, blir forsinkede tog ikke prioritert og må ofte vente på kryssende tog. Dette kan føre til ytterligere forsinkelse for toget. Hvis omleggingen varer en uke vil dette toget miste prioritet hver dag. Et behov for forutsigbarhet er her tilstede da man vet, med en viss usikkerhet, at dette toget vil være x antall minutter forsinket (Hogseth, 2007). Ved å ta hensyn til dette i planleggingen, hvor man for eksempel legger inn at toget forlater stasjonen x minutter senere enn det ville gjort uten driftsendringen, vil toget ikke miste prioritet, og bli ytterligere forsinket. For å anslå hvor mye forsinket toget vil være, kan man i planleggingsfasen for prosjektet, bruke styringsdiagram fra tidligere omleggingsprosjekt, forutsatt likhet i løsninger. Dette estimatet kan senere justeres ved videre målinger. Ved å dokumentere løsninger og måle prestasjoner, vil man i fremtidige prosjekter ha et grunnlag for å ta gode beslutninger. Noe som fører til bedre kvalitet og punktlighet.

7.4.2 Prosedyrer og dokumentasjon

Sikkerhetsmessig foreligger det prosedyrer og analyser for vurdering av risiko ved omlegginger. Punktlighetsmessig foreligger det ingen faste prosedyrer ved omlegginger. Sikkerheten kommer i første rekke, noe den også bør, og det kommende forslaget for forbedring går på ingen måte ut på å skape en jevn arbeidsfordeling mellom de to grenene. Med dette vil jeg understreke viktigheten av at fokus på punktlighet ikke går på bekostning av sikkerhet.

Et behov for faste punktlighetsmessige prosedyrer kan være til stede ved planlegging av avvik i togtrafikken. Disse prosedyrene må kun fokusere på punktlighetsaspekter ved omleggingen. Prosedyrene kan være i form av brainstormingsmøter, hvor faste punkter blir diskutert og dokumentert. En HAZOP type gjennomgang kan være aktuell selv om denne kan være noe tidkrevende. Alternativt kan FMECA benyttes. Eventuelt kan man ha en sjekklister hvor trusler mot punktligheten blir kartlagt. Tiltak kan deretter bli iverksatt, og man kan måle og dokumentere effekten av disse, for videre bruk i fremtidige analoge prosjekter. En forutsetning for å kunne fokusere på, og diskutere punktlighet, er å ha total innsikt i tilgjengelige ressurser i form av materiell og personell, samtidig som man må holde seg innenfor sikkerhetsmessige rammer. Behov for synergi i planleggingsfasen har blitt uttrykt i form av at de forskjellige aktørene bør sitte mer sammen og diskutere (Johannessen, 2007). For å få en total oversikt over elementene er det viktig at møtene består av representanter med forskjellig ekspertise, slik det er skissert i 5.4.1 HAZOP.

Det sentrale i disse forslagene er viktigheten av prestasjonsmåling, prosedyrer og dokumentasjon for oppfølging og forbedring. Metodeverktøy sørger for en strukturert arbeidsmetode. Behovet for dette er helt klart til stede ved omlegging av togtrafikken (Haugland, 2007).

8 Konklusjon

Det avsluttende kapittelet i rapporten inneholder oppgavens konklusjoner, samt mulige feilkilder og begrensninger, vurdering av måloppnåelse og til sist forslag for videre arbeid.

8.1 Rapportens konklusjon

Rapporten begynner med en introduksjon av jernbanen i Norge, hvor det har blitt skissert utfordringer, aktører og pågående jernbaneutbygginger. Introduksjonskapittelet avslutter med en diskusjon rundt punktlighet og sikkerhet. I diskusjonen kommer det frem at forsinkelser i jernbanen ofte kan være vanskelig for en kunde å forstå, da grunnen som regel ikke kan observeres.

Kvalitetsstyringsverktøyene paretdiagram, styringsdiagram og årsak-virkningsdiagram har blitt presentert. De to førstnevnte diagrammene er problemidentifiserende verktøy, som hjelper bedriften med å fokusere på hovedårsaker til et problem. I kvalitetsstyring av jernbaneindustrien vil dette være punktlighet, da den viktigste kvalitetsparameteren for kunden er at toget er i rute. Årsak-virkningsdiagram kan bli brukt innenfor sikkerhetsstyring så vel som punktlighetsstyring. Diagrammet finner rot-årsaker til problemer, og gir en oversiktlig presentasjon over mulige feilkilder. Videre er måling av prestasjoner viktig for å kunne få tilbakemelding på om forandringer og tiltak har fungert. Viktige måleparametere i jernbanen er punktlighet, sikkerhet og kostnader.

Sikkerhet er definert som fravær av uønsket risiko, og dermed består sikkerhetsstyring av risikostyring med tilhørende metodikk. Risikostyring innebærer å avgjøre hvilken risiko man skal tolerere. Hvilken risiko man skal leve med såfremt man drar nytte av dette. ALARP-prinsippet er, sammen med risikomatriksen, noe som er brukt i jernbaneindustrien for nettopp dette. Med prinsippet menes det at risiko skal reduseres så langt det er realistisk praktiserbart. Videre blir kvalitative verktøy som HAZOP, FMECA og feil-tre analyser brukt for å kartlegge risiko, og foreslå tiltak for sikker styring. HAZOP og FMECA har blitt diskutert og vurdert som overførbare til bruk for punktlighetsforbedring. Overføringen skal skje ved at man forandrer stikkord, parametere og alvorlighetsklasser i Prosedyre HAZOP og FMECA. Risikomatriksen kan bli brukt som en punktlighetsmatrise, hvor verdier langs aksene er "sannsynlighet for forsinkelse" og "konsekvens ved forsinkelse". Feil-tre analyser har i tillegg blitt vurdert som overførbar til kvalitetsstyring.

Rapporten har sammenlignet punktlighetsstyring og sikkerhetsstyring, samt diskutert hvordan sikkerhet påvirker punktlighet og vice versa. Her har det kommet frem at sikkerhet regjerer over punktlighet, da man har en lav terskel for ikke å følge tidsplaner, om dette medfører økt risiko. Videre er det nevnt at punktlighet medfører god sikkerhet når man befinner seg i en tilstand man har god kjennskap til og erfaring med.

Det er stor forskjell når det gjelder arbeidsmengder i henholdsvis punktlighets- og sikkerhetsarbeidet i planleggingsfasen av en omlegging. Punktlighetsmessige aspekter

blir vurdert med sunn fornuft, og konsentrerer seg om å informere kunder om trafikkavviket og alternativ transport. Sikkerhetsmessig blir behovet for risikoanalyser som Sikker Jobb Analyse vurdert, og denne blir utført om nødvendig.

Forslag for punktlighets- og kvalitetsmessige forbedringer er uttrykt, og innebærer etablering av faste prosedyrer. Prosedyrene bør inneholde måling og dokumentasjon av prestasjoner. Metodiske arbeidsmåter er foreslått.

8.2 Feilkilder og begrensninger

Feilkilder i rapporten kan være et ufullstendig kunnskapsgrunnlag innenfor kvalitetsstyring, sikkerhetsstyring, prosjektstyring eller jernbanedrift. Rapporten er utarbeidet alene, og kan derfor være preget av forfatters interesseområder, noe som kan gi utslag i vinkling av problemstillinger og utelatelse av aspekter.

I tillegg kan feilkilder være forbundet med samtaler og intervjuer, hvor enkelte personers utsagn kan være vektlagt i større grad enn andres.

8.3 Måloppnåelse

Hovedmålet med rapporten er å besvare de fire delspørsmålene på en best mulig måte. Forfatter mener dette har blitt gjort, så langt det har vært mulig innenfor prosjektets rammer. Med dette menes det at jernbanedrift er en omfattende faggren, som krever år med erfaring for å kunne oppnå et totalt overblikk over produksjonen. Med tidsbegrensningen og studievekten prosjektet representerer, mener forfatter i tillegg at egne effektmål er oppnådd i stor grad. Forståelsen for hvordan jernbane driftes rent praktisk sett har økt betraktelig. Oppgaven har også bidratt med økt kunnskap når det gjelder prosjektstyring, sikkerhetsstyring og kvalitetsstyring. I tillegg har forfatter tilegnet seg kunnskap når det gjelder sammenhengen mellom sikkerhet og punktlighet. Feilkilder har blitt forsøkt minimert ved å ha samtaler med flere personer i NSB og Jernbaneverket som jobber innenfor samme fagfelt.

8.4 Forslag for videre arbeid

I det videre arbeidet med å planlegge omlegginger av togtrafikken, på en sikkerhets- og punktlighetsmessig best mulig måte, er det naturlig for forfatter å foreslå utarbeiding av faste prosedyrer og metoder. Disse prosedyrene bør inneholde måling og dokumentasjon av prestasjoner.

Videre kan en modell som kombinerer aspekter fra begge faggrener utarbeides. Denne bør være tilpasset for et system i omlegging, fortrinnsvis skreddersydd for togtrafikk. Det har av flere fagfolk blitt bekreftet at det er mye å hente både kvalitetsmessig og sikkerhetsmessig, ved planlegging av omleggingene. I tillegg har det blitt bekreftet et behov for modeller og metoder, da også hybridmodeller som kombinerer sikkerhet og punktlighet.

9 Referanser

- AFNOR, 2007: Hjemmesiden til Den Franske Organisasjon for Standardisering: www.AFNOR.org.
- Andersen, B., 1998: *Prestasjonsmåling og benchmarking på vedlikehold*, Foredrag på Underholdsmässen, Göteborg
- Andersen, B., Fagerhaug, T., 2002: *Performance Measurement Explained*. ASQ Press
- Andersen, B., Pettersen, P., G., 1995: *Benchmarking – en praktisk håndbok*, Tano
- Andreassen, G., R., 2007: *Krav til risikoanalyser*. Utgitt av: Trafikksikkerhet Godkjent av: Tom Ingulstad Dato: 07.02.2007
- ASME, 2007: Hjemmesiden til *The American Society of Mechanical Engineers*: www.asme.org
- Aune, A. 2001: *Kvalitetsdrevet ledelse - kvalitetsstyrte bedrifter*, Gyldendal
- Aven, T., 2005: *Pålitelighets- og risikoanalyse*, Universitetsforlaget
- Aven, T., Vinnem, J., E., 2004: *On the use of risk acceptance criteria in the offshore oil and gas industry*
- Bell, J., 2005: *Doing Your Research Project*, Open University Press
- C, 2007: Hjemmesiden til Caplex nettleksikon: www.caplex.no
- Davidsson, G., 2003: *Handbok for riskanalyse*, Elanders Tofters, Räddningsverket
- Deming, E., W., 1994: *The new Economist*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Center for Advanced Engineering Study.
- EN 50126, 1999: British Standard EN 50126:1999 *The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)*
- Haimes, Y., Y., 2004: *Risk modelling, assessment and management, 2nd edition*, Wiley
- Holme, I., Solvang, M., Krohn, B., 1996: *Metodevalg og Metodebruk*, Tano Aschehoug
- Holter, H., Kalleberg, R., 1996: *Kvalitative metoder*, Universitetsforlaget

- Hronec, S., M., 1993: *Vital signs: using quality, time and cost performance measurement to chart your company's future*. American Management Association
- Høj, N., P., Kröger, W., 2001: *Risk analyses of transportation on road and railway from a European Perspective*
- IEC 61882, 2001: British Standard IEC 61882:2001: *Hazard and operability studies (HAZOP studies) - Application guide*
- ISO, 2000: NS-EN ISO 9000:2000 Kvalitetsstandarder fra *International Organization for Standardization*
- Jernbaneverket, 2003: *Punktlighetsrapport 2003*
- Jernbaneverket, 2007: Jernbaneverkets hjemmeside: www.jbv.no
- Jernbaneverket, 2007a: *Presentasjon Jernbaneverket 2007*
- Kaplan, S., Garrick, J., 1980: *On The Quantitative Definition of Risk*
- Lilledahl, G., Hegnes, A., W., 2000: *Kvalitativ metode*
- Melchers, R., E., 2000: *On the ALARP approach to risk management*
- Murray, I., 1989: *Keeping the Trains on Time*
- Muttram, I., R., 2002: *Railway Safety's Safety Risk Model*
- Neely, A., Kennerly, M., 2002: *Performance measurement frameworks - a review*
- Oakland, J., 2003: *Total Quality Management, text with cases, 3rd edition*, Butterworth Heinemann
- Rausand, M., 1991: *Risikoanalyse – Veilednings til NS 581*, Tapir forlag
- Rausand, M., 2004: *System Reliability Theory; Models, Statistical Methods and Applications 2nd edition*, Wiley
- ROS, 1997: *Forskningsprogrammet ROS, Risiko- og Sårbarhetsforskning, Helse, Miljø og Sikkerhet, 1993-1998*, Definisjoner.
- Rosness, R., m. fl., 2002: *Feiltoleranse, barrierer og sårbarhet*, SINTEF rapport
- Rudnicki, A., 1997: *Measures of regularity and punctuality in public transport operation, Transportation systems, preprints of the 8th International fed. of automatic control, Vol 2.*

- SAJ, 2007: *Sikkert arbeid i og ved Jernbaneverkets infrastruktur*, Jernbaneverket 2007-06-16
- SAS, 2007: Hjemmesiden til SAS: www.sas.no
- SEI, 2007: Hjemmesiden til *Software Engineering Institute*: www.sei.cmu.edu
- Sink, S., Tuttle, T., 1989: *Planning and Measurement in Your Organization of the Future*, Industrial and Management Press, Norcross
- SJA, 2007: *Sikker Jobb Analyse*, Jernbaneverket 2007-01-07
- SJT, 2003: *Instruks for Statens jernbanetilsyn 2003*
- SJT, 2007: Hjemmesiden til Statens jernbanetilsyn: www.sjt.no
- Skelton, B., 1997: *Process safety Analysis – An introduction*, Gulf Publishing
- Strekerud, K., m. fl., 2007: *Punktlighetsprosjekt Østfoldbanen vestre linje Tog 104 og 125*. Prosjektrapport
- Unger, W., 2007: *Metodikk for risikoanalyse, SARS*. Utgitt av: NSB Materiell, Teknikk, Dato: 2003.07.21 Gjelder for: NSB AS
- Veiseth, M., 2002: *Punktlighet i jernbanedrift*, Hovedoppgave NTNU våren 2002
- Vere, T., 1990: *Styring av kvalitet*, Universitetsforlaget
- W, 2007: Wikipedia's nettside: www.wikipedia.com
- Weibull, 2007: Nettsiden: www.weibull.com, "*Web-based resource portal for the professional in reliability engineering and related fields*"
- Wendel, R., S., 2001: *Vedlikehold og forbedring i kvalitetsarbeidet*

Samtaler og intervjuer høsten 2007:*Navn, stilling, arbeidsgiver*

Haugland, Hans, Analysejef, NSB

Johannessen, Svein Ivar, Trafikksikkerhetssjef – Persontog Drift, NSB

Olsen, Steinar, Trafikksjef Persontog Drift Nord, NSB

Lein, Børge, Rådgiver, Persontog Drift Nord, NSB

Løvgren, Morten, Teamleder, DROPS – Korttidsplan, NSB

Bøklepp, Kåre Sikkerhetsrådgiver region Øst, NSB

Grønli, Aage Senior Konsulent Sikkerhet Nord, Jernbaneverket

Hogseth, Arne Ingar Senior Konsulent Punktlighet Øst, Jernbaneverket

Lundsgard Christiansen, Anette, Senior Konsulent Sikkerhet Øst, Jernbaneverket

Hegglund, Per Magnus, Punktlighetsleder Trafikkforvaltning nord, Jernbaneverket