

STATENS JERNBANETILSYN

Vurdering av pålitelighets- og sikkerhetsanalyser av sikringsanlegg



2001-03-29

Elektronisk kopi

Sag	00.5131	Utarb.	SGM
J.nr.	SJT NSI-63 Rapport-2.doc	Kontroll	PDC
Utg.	2	Godk.	TOC
Dato	2001-03-29		

Eks 2j

Hovedrapport (apen)

9656.25 NSB Sta

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	1
1.1	Oversikt	1
1.2	Rapportens innhold og leseveiledning	2
2.	Konklusjon	3
2.1	Innledende kommentar	3
2.2	Overordnet konklusjon	3
2.3	Anbefalinger	6
3.	Metodikk	8
3.1	Oversikt	8
3.2	Gjennomgang av rapportene og annet materiale	9
3.3	Analyse av registreringer av feil fra BaneDataBanken og Synergi	10
3.4	Oppstilling av testscenarier og utprøving	11
3.5	Signalsystemer i Norge	11
3.6	Begreper og refererte metoder	12
3.7	Avgrensninger	15
4.	Pålitelighets- og sikkerhetsvurderinger	16
4.1	Oversikt	16
4.2	SINTEF rapporten	16
4.2.1	Oversikt	16
4.2.2	Dekking og representivitet	16
4.2.3	Kvalitativ analyse	19
4.2.4	Menneskelig pålitelighet	21
4.3	Tretten-rapporten	22
4.4	Åsta-rapporten	23
4.5	Brumunddal	23
5.	Teknisk analyse av NSI-63	25
5.1	Oversikt	25
5.2	Scenarier	25
5.3	Gjennomføringsdrift	26
5.4	Gjentagelsessperre	27
5.5	Feilåpenbaring og immunitet	28
5.6	Større stasjoner	29
5.7	Sporfelt	30
6.	Analyse av registreringer av feil	34
6.1	Oversikt	34
6.2	Grunnlag for statistisk analyse	34
6.3	Fordeling av feil	35

6.4	Driftserfaringer og pålitelighet	36
6.5	Sikkerhetsfeil	37
7.	Drift og vedlikehold	40
7.1	Oversikt og avgrensning	40
7.2	Regelverk	40
7.3	Konfigurasjons- og dokumentasjonsstyring	41
7.4	Feilhåndtering	42
7.5	Organisasjon av vedlikehold	42
8.	Referanser	44
8.1	Referansemateriale	44
8.2	Supplerende materiale	45
8.3	Vedlegg	46

Forsidebillede: Signalstemning Oslo S Foto C. Lundsten

1. Innledning

1.1 Oversikt

Rapporten er en vurdering av NSI-63 relésikringsanlegg basert på tidligere vurderinger i rapporter; SINTEFs "Pålitelighets- og sikkerhetsanalyse av signalanlegg 1993), og analyser og vurderinger gjort i forbindelse med ulykker og hendelser (Tretten 1975, Åsta 2000, Brumunddal 2000), samt en teknisk analyse vedrørende mer overordnede trafikk- og tekniske forhold, basert på analyse av dokumentasjon, feilrapporter, befaringer, intervju og prøver.

Bakgrunnen for arbeidet er Åsta-rapportens anbefaling av en teknisk gjennomgang av NSI-63. Da det gjennom årene er gjennomført en rekke slike analyser, er det naturlig å anvende disse som basis. I tillegg er en vurdering av driftserfaringer, som f.eks. rapportering av sikkerhetsfeil og feilrapporter forøvrig brukt som basis.

Hensikten med denne rapport er:

- Å vurdere SINTEFs "Pålitelighets- og sikkerhetsanalyse av signalanlegg" med hensyn til:
 - Er rapportens omfang og gjennomførte analyse dekkende som en samlet pålitelighets- og sikkerhetsanalyse av NSI-63 sikringsanlegget ?
 - Er grunnlaget for rapporten representativt, - også i dag ?
- Sammenholde nevnte SINTEF rapport med andre rapporter, bl.a. Tretten-rapporten og Åsta-rapporten
- Å vurdere driftserfaringer med NSI-63, herunder rapporterte sikkerhetsfeil og analyse av feilrapporter i BaneDataBanken og Synergi
- Å foreta eventuelle supplerende tekniske analyser av NSI-63
- Å identifisere hvilke forhold der bør vurderes videre

Rapporten er utført på oppdrag av Statens Jernbanetilsyn ved Senioringeniør (sikkerhet/signal) Gunhild Halvorsrud.

Pensjonert Signalmontør Rolf Hovind har gitt bidrag fra sitt arbeide for Statens Jernbanetilsyn med granskning av sikkerhetsfeil, og sitt store kjennskap til NSI-63, herunder spesielt hvordan vedlikehold og feilretting fungerer.

En takk til Jernbaneverket for assistanse ved befaringer, velvillig diskusjon, dokumentasjon og ved å stille Signalskolens NSI-63 anlegg til rådighet for prøving.

Konsulent ved rapporten er Senioringeniør Paul van de Ven, Holland Railconsult, og det norske er sikret ved Grete Underhaug.

Rapporten er utarbeidet av Sjefkonsulent Stig Munck, Senioringeniør Erik Amtoft og Senioringeniør Carsten Lundsten, Avdelingen for Banesikkerhet og styring, RAMBØLL

1.2 Rapportens innhold og leseveiledning

Den samlede vurdering av NSI-63 er dokumentert i denne rapporten med vedlegg. I rapporten er det gitt en sammenfatning og en utdypning av den tekniske vurdering, slik at den er leselig uten stor kjennskap til signalteknikk. I vedleggene er samlet den detaljerte tekniske analyse, som er basert på inngående kjennskap til signalteknikk og jernbaneteknikk.

Denne rapport omfatter:

Innledning	Dette avsnitt med bakgrunn og leseveiledning
Konklusjon	Den samlede konklusjon delt opp i overordnet og mer spesifikk. Det er søkt å gi konkrete anbefalinger
Metodikk	I dette avsnitt er beskrevet metoder og begreper anvendt i analysen. Det anbefales å lese dette avsnitt først, hvis en ikke har kjennskap til slike analyser
Pålitelighets- og sikkerhetsvurderinger	Avsnittet sammenfatter tidligere analyser, samt vurderer pålitelighet og sikkerhet i selve NSI-63
Teknisk analyse av NSI-63	I dette avsnitt er beskrevet en overordnet analyse av forskjellige tekniske aspekter av NSI-63, samt en analyse av NSI-63s sikkerhetsmessige funksjoner i relasjon til togdriften
Analyse av registreringer av feil	Utfra registreringer av feil er det vurdert og sammenfattet typer av feil, mulig feilrate og driftserfaringer
Drift og vedlikehold	Det er ikke en del av arbeidet å gjennomføre en analyse av drift og vedlikehold. Det er likevel ansett for nødvendig å inkludere momenter av dette for å sette den tekniske analyse i relieff.

2. Konklusjon

2.1 Innledende kommentar

Innledningsvis skal en merke seg, at NSI-63 ble konstruert og installert første gang for ca. 35 år siden, og at utviklingen både i teknologi og metodikk i arbeidet med sikringsanlegg er vesentlig endret og utviklet siden begynnelsen av 60-tallet. I vurdering av NSI-63 skal det derfor tas med at både de teknologiske muligheter og de driftsmessige forutsetninger har endret seg.

I en vurdering av et sikringsanleggs sikkerhet må en skjelne mellom selve de sikkerhetsmessige funksjoner, altså hva sikringsanlegget skal gjøre, og den tekniske realisering, dvs hvordan er dette tekniske etablert.

NSI-63 er i relasjon til sikringsanlegg i Norge unik, idet den sikkerhetsmessige funksjon er videreført i en rekke av senere utviklinger av sikringsanlegg i Norge.

Utilstrekkelig sikkerhetsmessig funksjon i NSI-63 kan derfor inngå i de senere utviklete typer av sikringsanlegg som f.eks NSB-87. Likeledes må det tas med at de forutsetninger den sikkerhetsmessige funksjon i NSI-63 er spesifisert etter, kan være endret. Dette er bakgrunnen for anbefalingen i Åsta-rapporten om en teknisk gjennomgang av NSI-63.

Linjeblokken, stillerapparat og fjernstyring er ikke en del av NSI-63. I vår analyse er det sett på det totale system, da samspill og grenseflater mellom disse systemer ofte kan være kritiske.

Grunnlaget for vår tekniske gjennomgang er en rekke tekniske rapporter og dokumentasjon, vurdering av feilrapporter, befaring til enkelte utvalgte anlegg, samt en prøving av spesielle potensielle feilmuligheter.

2.2 Overordnet konklusjon

Vurderes overordnet sikkerheten ved jernbanene i Norge, er det et generelt forbedret sikkerhetsnivå siden krigen. I de siste 20 år siden Tretten-ulykken endog med en markant bedring. Dette kan bero på innførsel av automatisk togkontroll (ATC). I [Ref./5/] er dette satt i perspektiv. Her konstateres det at transport med jernbane er meget sikkert.

Statistikk og driftserfaringer viser at anleggene er tilfredsstillende sikkerhetsmessig, men den tekniske analyse viser at NSI-63 har visse svakheter som under gitte forhold kan føre til farlige situasjoner. Det er her viktig å sikre at de grunnforutsetninger NSI-63 er konstruert under stadig er gjeldende både teknisk og i relasjon til de gitte driftsprosedyrer.

SINTEFs rapport "Pålitelighets- og sikkerhetsanalyse av signalanlegg" er innenfor sin avgrensning en i all vesentlig korrekt analyse av påliteligheten av reléteknikken i NSI-63, og overordnet gis en statistisk vurdering av NSI-63's pålitelighet.

SINTEF rapporten kan bare tas som en vurdering av NSI-63s tekniske realisering, ikke over at NSI-63 har den korrekte sikkerhetsmessige funksjon. Rapportens avgrensninger og analyse er hensiktsmessig for en vurdering av NSI-63s basale pålitelighet, men den er ikke et uttrykk for om NSI-63 er et sikkert anlegg.

Den sikkerhetsmessige funksjon i NSI-63 hviler på antagelser om trafikken og hvordan denne avvikles. Der er en tett forbindelse mellom prosedyrer for trafikkavvikling og sikringsanleggets funksjon. Endres det på dette, f.eks. ved tettere trafikk, annen instruks eller endring i kompetanse i togledelse, må den sikkerhetsmessige funksjon revurderes for å opprettholde det gitte sikkerhetsnivå.

Statistisk vurdering av påliteligheten av NSI-63 reléanlegg viser at indre del (relé) av NSI-63 er meget pålitelig, og at den langt overveiende kilde til feil er ytre påvirkninger og slitasje. NSI-63 anlegget har en begrenset evne til å vise feil og en lav vedlikeholdsvennlighet, som relésikringsanlegg generelt. Det betyr at drift og vedlikehold er kostnadskrevende, og at det er begrensede muligheter for å finne feil som kommer og går. Korrekt vedlikehold, oppfølging på feil og forebyggende innsats er derfor av stor betydning for å opprettholde NSI-63-anleggets pålitelighet.

Der har vært spesiell fokus på at den tekniske realisering med reléteknikk er pålitelig. Det er på det nivå ikke behov for å utdype dette videre.

Det er under vurderingen konstatert, at det i flere tilfelle er forskjell mellom stasjoner. Spesielt om RTp (registrert togpassasje for innkjørhovedsignal) og gjentagelsessperre er implementert. Dette gjør det vanskelig å gi en definitiv vurdering.

En sikker oppfølging på feil er svært viktig for å kunne forebygge. Registreringen av feil er mangelfull og ca 15% av registreringene måtte tas ut. Dette svekker grunnlaget for statistisk vurdering av sikkerheten, og svekker Jernbaneverkets mulighet for oppfølging og forebygging av feil.

I tillegg er flere punkter som EMC (også påpekt av SINTEF) av stigende betydning. Sammenholdt med Tretten-rapporten og Åsta-rapporten må det konstateres at det ikke i disse rapporter er et dekkende bevis for at NSI-63 er fri for feil, men tvertimot at det er indikasjoner på svakheter.

Vi konstaterer at det er en betenkelig utvikling innen Jernbaneverket omkring drift og vedlikehold, som betyr at NSI-63 anlegg ikke i alle tilfeller vedlikeholdes etter reglene og sikkerhetsmessig forsvarlig.

Vurderes registreringer av feil og identifiserte sikkerhetsfeil må det konstateres at sporfelter ikke har den pålitelighet som synes antatt ved konstruksjonen av NSI-63. Der er også belegg for at anta, at det er både installasjons-, konstruksjons- og ikke kjente feil i konkrete anlegg.

Det konstateres, at det har vært liten fokus på analyse av feil i forbindelse med fremmedspenninger, strømforsyning og jordingsproblemer, herunder om dimensjoneringsgrunnlaget er korrekt for den nåværende situasjon. Det er av økende betydning at sikringsanlegget er immunt overfor slike påvirkninger da moderne elektriske tog i flere tilfelle har større strømforbruk og utsender støystrømmer.

De tidligere tekniske analyser har fokusert på selve NSI-63 komponenter og tekniske realisering og kun i begrenset omfang vurdert det overordnede trafikkmessige og systemmessige samspill, altså den generelle sikkerhetsmessige funksjonalitet. I arbeidet har det derfor vært gjennomført en teknisk analyse av selve NSI-63s sikkerhetsmessige funksjonalitet.

En foreløpig analyse, som tar utgangspunkt i samspill mellom stasjoner, deres sikringsanlegg, linjeblokk og trafikk, viser at det under visse, ikke usannsynlige driftsforhold er et ulykkespotensiale ved en enkelt feil, f.eks. svikt av et sporfelt.

Det må konstateres at den sikkerhetsmessige funksjonalitet i NSI-63 i lyset av en mer intensiv trafikk utgjør en potensiell risiko for farlige feil. Det er her viktig å ta med at automatisk togkontroll (ATC) er basert på at det er tilstrekkelig sikkerhetsmessig funksjonalitet, og at automatisk togkontroll ikke forhindrer farlige situasjoner, som følger av feilaktig signalgiving på grunn av manglende sikkerhetsmessig funksjonalitet i NSI-63.

Det er konstatert at funksjonen "kunstig togpassasje" er en ordre med stor virkning i systemet, idet linjeblokken utløses alene med sporfeltet som sikkerhet imot nu potensiell farlig signalgiving. Likeledes kan gjentakelsessperre heves ved ordre fra fjernstyring. Det er derfor av stor betydning å sikre imot utilsiktet avgiving av denne ordre.

Det er konstatert at gjentakelsessperre, som er en svært viktig sikring imot sporadisk og utilsiktet frimelding av et sporfelt, i flere tilfelle ikke er aktiv i nødvendig omfang ved stasjoner koblet i gjennomkjøringsdrift.

2.3 Anbefalinger

Det er vår anbefalinger at:

Videre analyser/undersøkelser av NSI-63 konsentreres omkring de systemmessige, drifts- og vedlikeholdsmessige forhold, basert på funksjonelle og trafikkmessige analyser. Spesiell framheves at det må sikres at:

- Det ikke er et større ulykkespotensiale ved vesentlige endringer som f.eks. større trafikkmengde og ved bruk av nytt materiell og lette kjøretøyer.
- Elektromagnetisk kompatibilitet og immunitet imot påvirkninger av fremmedspenninger er oppfylt, samt forhold omkring strømforsyning og returstrømløp. Her er især påvirkninger på sporfelter, kabler og utligningsforbindelser av betydning.
- Gjentakelsessperrenes og sporfelternes funksjon i relevante trafikksituasjoner ikke fører til at en enkelt og ikke erkjent feil eller utilsiktet avgitt ordre, fører til en farlig feil.
- Det blir undersøkt hvilke feil NSI-63 kan vise, og eventuelt tilpasse vedlikeholdsinnsats etter dette, herunder spesielt feil fra sporfelter.
- At nevnte svakheter i NSI-63s sikkerhetsmessige funksjonalitet ikke finnes i andre anleggstyper.

Tekniske tiltak konsentreres om å sikre at

- RTp og gjentakelsessperrefunksjon er implementert overalt.
- "Kunstig togpassasje" ikke aktiveres utilsiktet. I stillerapparat skal denne især sikres ved fjernstyring.
- Kritiske komponenter som sporfelter vedlikeholdes og revideres etter forskriftene. Eventuelt må disse forskrifter revurderes, slik at slitasje og feil ikke utgjør et ulykkespotensiale. Spesielt skal det være oppmerksomhet på sporadiske feil
- Det sporfelter har høye feilrater, er under vanskelige driftsforhold og der det trafikkeres av lett materiell, overveies utskifting til mer pålitelige typer og en styrket gjentakelsessperre.
- Alle anbefalte tiltak i bl.a. Tretten rapporten er etablert, herunder at alle sikkerhetsreléer har polduk.
- Det etableres logg på alle fjernstyringer/sikringsanlegg.

Innen drift og vedlikehold sikres at:

- Gjennomkjøringsdrift ikke brukes der RTp ikke er implementert.
- Forebyggende vedlikehold prioriteres da NSI-63 har en begrenset evne til å vise feil. Det bør lagges faste planer for alt forebyggende vedlikehold og de utførte arbeidene bør dokumenteres.
- Det er en god og representativ registrering av feil. Spesielt bør feil kunne spores til komponentgrupper, spesifikke komponenter og spesifikke anleggsdeler, slik at vedlikeholdsinnsatsen kan målrettes optimalt.
- Dokumentasjonen for sikringsanleggene er korrekt og løpende kvalitetssikres. Dokumentasjonsrettelser utføres uten unødig forsinkelse
- Alle endringer, feilrettinger og vedlikehold loggføres ved de enkelte installasjoner
- Det er faste rutiner og avprøvningsplaner for friskmelding av signalanlegg etter vedlikehold, reparasjon og endringer, slik at anleggene blir installert og avprøvt korrekt.

Det anbefales at Jernbaneverket fremover

- Innfører en konsistent og ensartet styring og registrering av alt vedlikehold på signalanlegg, både korrigerende og forebyggende, basert på et ensartet vedlikeholdssystem.
- I forbindelse med spesifisering, fabrikasjon, installasjon, drift og vedlikehold fokusere på funksjonelle krav basert på pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikeholdsvennlighet og sikkerhet i henhold til internasjonale standarder. Spesielt bør det være fokus på vedlikeholdsvennlighet.
- Vurderer om de sikkerhetsmessige forhold omkring planoverganger er tilstrekkelig belyst.
- Vurderer sikkerhetsmessige forhold ved store stasjoner, skifting og dobbeltspor.
- I forbindelse med spesifisering av anlegg sikrer at det er mulig å etablere loggføring av alle vesentlige hendelser og manøvrer i sikringsanlegget.
- Nøye overveier erfaringer, fordeler og ulemper ved den nåværende desentralisering og oppdeling mellom forvaltning og produksjon i forbindelse med drift og vedlikehold, slik at det er tilstrekkelig kompetanse og ressurser til å sikre et forsvarlig vedlikehold av sikringsanleggene
- Nøye overveier hvordan det sikres at drifts- og vedlikeholdspersonale er godt motiverte, velutdannede og i deres arbeide har sikkerhet som en første prioritet

3. Metodikk

3.1 Oversikt

Avsnittet sammenfatter vår tilgang og metodikk for løsning av oppdraget, som er en teknisk analyse av NSI-63, som anbefalt i Åsta-rapporten.

Arbeidet har oversiktlig omfattet:

- Gjennomgang av rapporter og annet materiale
- Analyse og vurdering av registreringer av feil fra Banedatabanken og Synergi
- Analyse av tegningsmateriale
- Oppstilling av testscenarier og utprøving

I forbindelse med arbeidet ble det gjort befaring på Brumunddal, Jessnes og Hamar på Dovrebanen, og Daler og Skotselv på Drammensbanen.

Spesifikt omfatter oppdraget:

<p>Vurdering av SINTEF "Pålitelighets- og sikkerhetsanalyse av signalanlegg" med hensyn til:</p> <ul style="list-style-type: none">• Er rapportens omfang og gjennomførte analyse dekkende som en samlet pålitelighets- og sikkerhetsanalyse av NSI-63 sikringsanlegget ?• Er grunnlaget for rapporten representativt, - også i dag ? <p>Sammenholde nevnte SINTEF rapport med andre rapporter, bl.a. Tretten og Åsta</p>	<p>Rapporten er gjennomgått og sakkyndig vurdert. Metodikken og omfang av analyse er beskrevet i dette avsnitt, og selve resultatet er beskrevet i avsnitt 4.2</p> <p>De øvrige rapporter er gjennomgått med samme metodikk, og resultatet er beskrevet i avsnitt 4.3, 4.4, og 4.5. For disse rapporter er det også kommentert likheter og avvik med SINTEF rapporten.</p>
<p>Vurdere driftserfaringer med NSI-63, herunder rapporterte sikkerhetsfeil og analyse av feilrapporter i BaneDataBanken og Synergi</p>	<p>Data fra BaneDataBanken og Synergi er lagt inn i egen database og analysert. Metodikken for analysen er beskrevet i avsnitt 3.3 og resultatet i avsnitt 6</p>

Foreta eventuelle supplerende tekniske analyser av NSI-63	<p>Ett antall scenarier ble oppstilt på grunnlag av rapportene og etter på utprøvd på signalskolen.</p> <p>Ytterlige tekniske vurderinger ble gjort av de punktene i rapportene, som var framhevet som begrensninger og anbefalinger til videre analyse.</p>
Identifisere hvilke forhold som bør vurderes videre	<p>Ut fra sakens natur er en komplett teknisk analyse av NSI-63 omfattende. Det er derfor fokusert stikkprøvevis på den tekniske og funksjonelle sikkerhet, da dette særlig har vært et vesentlig punkt.</p> <p>I forbindelse med de tekniske analyser er det utført en vurdering av tidligere påpekte punkter og rapportenes forutsetninger. På grunnlag av dette er det så beskrevet hvilke forhold som bør vurderes videre. En kommentert liste er gitt i avsnitt 5.</p>

3.2 Gjennomgang av rapportene og annet materiale

En rekke rapporter og annen dokumentasjon var stilt til rådighet, se avsnitt 8 Referanser. Materialet ble gjennomlest og sakkyndig vurdert på grunnlag av vår generelle erfaring.

Det er gjennom årene utført en del pålitelighets- og sikkerhetsvurderinger. Jernbaneverket (oppr. NSB Bane) fikk i 1992/93 utarbeidet en sikkerhets- og pålitelighetsanalyse av SINTEF [Ref. /1/]. I tillegg er det i uhellskomisjonernes rapporter fra ulykkene ved Tretten [Ref. /2/] og Åsta [Ref. /3/] presentert en rekke vurderinger, analyser og anbefalinger.

I tillegg ble forskjellige spørsmål avklart med M. Rasch fra Jernbaneverket.

For SINTEF-rapporten ble denne vurdert med hensyn på følgende punkter:

- Er SINTEFs analyse representativ, dvs er analysen tilstrekkelig generell i relasjon til anleggstype og anvendelse ?
- Er grunnlaget for rapporten dekkende, og gjelder dette også i dag ?
- Er den anvendte metodikk anvendelig, og er resultatene troverdige ?

Tretten-rapporten og Åsta-rapporten er gjennomgått tilsvarende og sammenholdt med SINTEFs rapporten. Spesielt er Tretten-rapporten anvendt til kontroll av SINTEF-rapportens konklusjoner og til supplerende informasjon. Åsta-rapporten er primært brukt for vurdering av det drifts- og vedlikeholdsmessige.

SINTEF har brukt Ler stasjon med tilhørende linjeblokk som grunnlag. Relé-skjemaer og tegninger fra Ler stasjon, linjeblokk med videre er analysert på grunnlag av vår generelle erfaring og viten omkring denne type relésikringsanlegg med sikte på å identifisere svakheter og stille opp mulige potensielt farlige scenarier. Spesiell fokus ble gitt til:

Sjekk av tegningene	Tegningene ble gjennomgått kritisk med hensyn til feil og eventuelle logiske feil
Overordnet samspill mellom stasjoner, blokkposter og linjeblokka	Ut fra bl.a. Tretten-rapporten, Brumunddal-rapporten og delvis Åsta-rapporten ble et antall scenarier listet opp med henblikk på nærmere analyse og utprøving
Samspill med linjeblokk	
Gjennomkjøringsdrift	
Håndtering av feil i ytre enheter	

3.3 Analyse av registreringer av feil fra BaneDataBanken og Synergi

Jernbaneverket har stilt en rekke registreringer av feil til rådighet. Det er foretatt et uttrekk fra Banedatabanken, en database med en struktur tilpasset disse analysene. Registreringer av sikkerhetsfeil i signalanlegg fra Synergi databasen er benyttet på samme måte. Overordnet har metodikken for analyse av registreringer av feil vært:

Generell sjekk av kvaliteten av registreringer av feil	<p>Registreringer av feil ble validert med hensyn til den generelle kvalitet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brudd på referentiel integritet, d v s feil i angivelse av materielltype, feiltype og årsakstype • Manglende kvalitet i registrering av feil: <ul style="list-style-type: none"> • Manglende dato angivelser • Manglende kommentarer. • Dubletter • Fjerning av registreringer omkring vedlikehold
--	--

Verifisere SINTEFs generelle statistikker	Det ble søkt å etablere en tilsvarende statistikk som SINTEF, samt vurdert årsaker til avvik.
Verifisering av SINTEFs grunnlag for FMEA	De angitte feilhyppigheter i SINTEFs FMEA analyser er vurdert mot registreringer i databasen.
Vurdering av trender	Det er analysert om det er trender i feilhyppigheter, bl.a. endret fordeling av feil, økende eller minkende antall over tid, og om visse stasjoner /strekninger har særlig høye hyppigheter i relasjon til anleggsomfang.

3.4 Oppstilling av testscenarier og utprøving

På basis av Tretten-rapporten, Brumunddal-hendelsene og Åsta-rapportene og resultatet av analysen av tegningsmaterialet, ble det satt opp et antall scenarier for utprøving på signalskolen (se avsnitt 5)

Flere scenarier ble prøvd, og det ble undersøkt om det var følsomhet av bl.a. strømsvikt, tilfeldig betjening etc..

På grunn av den begrensede tid ble det ikke gjennomført en full utprøving av alle scenarier.

EMC (Electromagnetic Compability) kunne ha vært interessant, men det krever et betydelig oppsett av testoppstillinger og en betydelig arbeidsinnsats, derfor er dette utelatt.

3.5 Signalsystemer i Norge

De norske signalanleggene er utviklet gjennom en årrekke, men er f.eks. i sammenligning med danske ganske homogene. Den overveiende del av de norske jernbanestrekninger, målt i kilometer, er enkeltsporete strekninger med krysningsstasjoner.

NSI-63 er det mest utbredte signalanlegg. NSI-63 er basert på reléteknikk og betegnes som et frittforbundet anlegg.

NSI-63 er basert på erfaringer fra tidligere reléanlegg som NSI-EB. NSI-63 utgjør en familie av sikringsanlegg, og det er skjedd en løpende utvikling, slik at den grunnleggende sikkerhetsfunksjon er videreført, men det er anvendt annen teknisk realisering.

Summarisk kan NSI-63 "familietreet" sammenfattes slik:

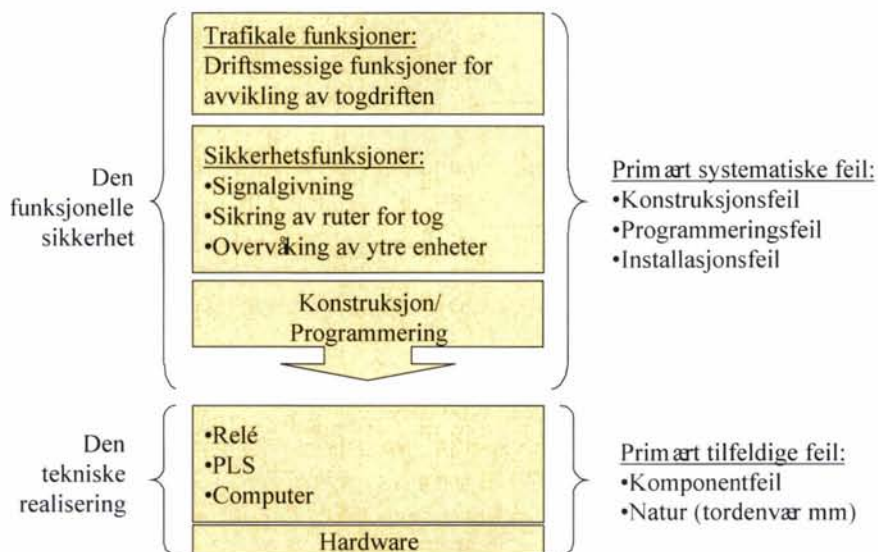
NSI-63	Frittforbundet relésikringsanlegg. Sikkerhetsfunksjoner i sikkerhetsreléer, og andre funksjoner i telefonreléer. I denne rapport: <ul style="list-style-type: none">• Ler stasjon• Tretten stasjon• Brumunddal stasjon
NSI-63/PLS	Samme som NSI-63, men telefonreléer er erstattet av PLS Det finnes en del varianter over dette tema.
NSB-78	Relégruppeanlegg
NSB-84	Relégruppeanlegg
NSB-87	PLS-anlegg med sikkerhetsfunksjoner i reléteknikk I denne rapport: <ul style="list-style-type: none">• Åsta
NSB-94	PLS-anlegg med dobbelt PLS, men grunnleggende med samme sikkerhetsfunksjoner som NSI-63. Det er ytterligere supplert med ekstra overvåkingsfunksjoner.

I tillegg til disse anleggstypene finnes bl.a. Siemens ESTW (Gardermobanen), NSB-GS (ADTRANZ) (Oslo S). Disse har en annen sikkerhetsmessig funksjon og teknisk realisering.

3.6 Begreper og refererte metoder

I rapporten brukes referanser til forskjellige metoder og begreper. I dette avsnittet gis en oversiktlig og forenklet beskrivelse.

Sikkerhet kan beskrives som at potensielle farlige hendelser er under kontroll. I jernbanesammenheng er sikkerhet en kombinasjon av sikkerhet i tekniske anlegg, trafikkavvikling og vedlikehold. I denne rapport vurderes kun sikringsanlegget, som har til formål å sikre at to eller flere tog ikke befinner seg samme sted samtidig. Sikkerheten i et sikringsanlegg er basert på forskjellige funksjoner, slik det er vist på figuren:



En må skjelne mellom den funksjonelle sikkerhet, d v s hvilke sikkerhetsfunksjoner trengs for å sikre togdriften, og den tekniske realisering, d v s hvordan dette er implementert. Sikkerheten av det samlede system avhenger at den rette sikkerhetsmessige funksjonalitet er spesifisert, at den er implementert korrekt enten ved konstruksjon av reléskjemaer eller programmering og at den tekniske realisering er pålitelig, tilgjengelig og vedlikeholdsvennlig.

I rapportene anvendes pålitelighet og sikkerhet. I en snever forstand er pålitelighet det at en komponent utfører den spesifiserte funksjon korrekt, hverken mere eller mindre. I bruken av sikkerhetssystemer må en også sikre at disse er tilgjengelige, og ytterligere at det spesifiserte vedlikehold ikke forringer systemet. Samlet betegnes disse begreper RAM (Reliability, Availability and Maintainability) og er grunnlaget for alt moderne sikkerhetsfaglig arbeide. Samlet betegnes dette som driftssikkerhet, altså at en får utført den spesifiserte sikkerhetsfunksjon.



I rapportene skjelnes mellom hindrende feil, d v s feil som fører til en sikker tilstand, men stopper trafikken, og farlige feil, som ikke stopper trafikken og som kan føre til en ulykke.

I forbindelse med disse begreper brukes ofte feilsikker (Fail-safe). Dette betyr at en (evt. flere feil) medfører at systemet går i en sikker tilstand, f.eks. at alle signaler viser stopp. Sikringsanlegg antas at være feilsikre og feil skal i prinsippet føre til en hindrende feil, og ikke til en farlig feil. I praksis er dette ikke fullt mulig, men må tilstrekkelig. Et systems sannsynlighet for svikt av den sikkerhetmessige funksjon er uttrykt ved Safety Integrity Level (SIL). Det mest sikre nivå er SIL 4, som betegnes som feilsikker.

Feilåpenbaring betyr at en feil detekteres og at systemet gir mulighet for å identifisere feilen. Hvis en feil ikke åpenbares, kan det ikke erkjennes at det er en feil, og da er det en potensiell mulighet for farlige kombinasjoner av flere feil. Feilåpenbaring er en viktig del av et sikringsanlegg. Hvis feilåpenbaringen er svak, må det settes inn med forebyggende vedlikehold.

I rapportene er det anvendt forskjellige analysemetoder. Der er generell anvendt anerkjente og velprøvde metoder.

SINTEFs rapport anvender Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Dette kan beskrives som en analyse av feiltilstander for komponenter og deres konsekvens for det analyserte system. Det er en meget anvendt metode for å identifisere de kritiske komponentene. SINTEF angir metodens begrensninger, bl.a. at det kreves et inngående kjennskap til systemet og det utstyr som analyseres. Prinsippet i metoden er at det ses på de forskjellige feiltilstandene en komponent kan være i (stoppet, avbrutt, defekt etc.) og under antagelsen at andre komponenter er i orden, ses på konsekvens. Svakheten i metoden er at kombinasjoner av feil ikke behandles og at mangler i kunnskap om systemet kan begrense vurderingene.

I tillegg er anvendt feiltrær, som viser sammenhengen mellom feil, slik at man kan beregne den endelige sviktsannsynlighet. Oppstilling av feiltrær avhenger av kjennskap om systemet, og baseres her på FMEA-analysen.

Disse metodene er spesielt egnet for vurdering av driftssikkerheten av den tekniske realiseringer.

For vurdering av den menneskelige faktor anvender SINTEF metoden Action Error Mode Analysis (AEMA). SINTEF drøfter korrekt begrensninger i metoden, bl.a. at det praktisk ikke er mulig å identifisere alle tenkelige feilhandlinger, unormale tilstander i systemet. Som med FMEA er kombinasjoner av feil vanskelige å håndtere. Metoden er også begrenset i relasjon til et mer omfattende forløp av hendelser.

I Tretten-rapporten, Åsta-rapportene og vår overordnede analyse er det brukt scenarier. I dette identifiseres en uønsket hendelse og det beskrives et mulig hendelsesforløp. Det er en bra metode for overordnet vurdering av den overordnede sikkerhetsfunksjonalitet. Metoden kan være meget tidskrevende og krever et inngående kjennskap til både togdrift og sviktmuligheter i systemet. Metoden er ikke egnet for vurdering av driftssikkerhet eller feil i den tekniske realisering.

3.7 Avgrensninger

SINTEF rapporten omfatter også en vurdering av menneskelig pålitelighet og ATS. For vurdering av sikkerheten i NSI-63 er dette ikke vesentlig. Det er derfor ikke tatt med i vurderingen, bortsett fra der hvor det er relevant eller bidrar til å sette i perspektiv.

I denne rapporten er det utelatt følgende punkter:

EMC (elektromagnetisk kompatibilitet)	<p>Dette er et svært omfattende arbeide. Innenfor en rimelig frist er dette ikke mulig. En undersøkelse av dette bør omfatte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifikasjon av alle potensielle støykilder innen EMC, f.eks. tog, radio eller høyspenningsanlegg. • Vurdering av jordningsforhold • Vurdering av koblinger mellom telekabler, signalkabler, strømforsyningskabler og kjørestrommen <p>Da området er stort, foreslår vi at det foretas en overordnet risikovurderinger, som identifiserer de potensielt mest kritiske områder.</p>
Samspill mellom fjernstyring og sikringsanlegg.	<p>Dette er omfattende, fordi togleders og togpersonalets arbeide må inngå i dette.</p> <p>Fjernstyring anses tradisjonelt for å være ikke sikkerhetskritisk, men spørsmålet er om dette er en antagelse som fremdeles er korrekt</p>

4. Pålitelighets- og sikkerhetsvurderinger

4.1 Oversikt

Dette avsnittet sammenfatter vår vurdering av SINTEF-rapporten og det supplerende materialet i form av uhellskommissjonenes arbeide.

Grunnlaget for pålitelighets- og sikkerhetsvurderingene er:

- SINTEFs rapport "Pålitelighets- og sikkerhetsvurdering av signalanlegg"
- Tretten-rapporten
- Brumunddal hendelsene
- Åsta-rapporten

4.2 SINTEF rapporten

4.2.1 Oversikt

NSB Banedivisjon fikk i 1992-3 utarbeidet en sikkerhets- og pålitelighetsanalyse av NSI-63 sikringsanlegget. Analysen ble utarbeidet av SINTEF og er dokumentert i rapporten STF75 F93022 "Pålitelighets- og sikkerhetsanalyse av signalanlegg".

Rapporten tar utgangspunkt i Ler stasjon, som er en enkel krysningstasjon. I analysen inngikk også linjeblokk med blokkpost. Det er således en typisk representant for de stasjonstyper NSI-63 er beregnet for.

SINTEFs rapport og analyse omfatter

- Beskrivelse av NSI-63 anlegget, prinsipper, personellet og dets funksjoner, driftsformer og hvordan fjernstyring inngår
- Kvalitativ analyse av det tekniske utstyr, herunder identifikasjon av forskjellige typer av feil og deres innvirkning
- Vurdering av menneskelig pålitelighet i forbindelse med krysning på stasjon med togekspeditor
- Vurdering av driftserfaringer, feilrater og tilgjengelighet

SINTEFs grunnlag var tegninger for Ler Stasjon, registreringer av feil 1990-1991 fra Banedatabanken, samt NSBs generelle dokumentasjon og regelverk. Det var også en forutsetning at det ikke var installasjonsfeil i anleggene.

4.2.2 Dekking og representivitet

Rapporten tar som nevnt utgangspunkt i Ler stasjon, som er en enkel krysningstasjon. I analysen inngikk også linjeblokk med blokkpost.

I henhold oppdraget skal det vurderes om SINTEF rapportens analyse kan antas å være representativ, dvs at analysene i SINTEF rapporten gjelder generelt for alle NSI-63 anlegg. NSI-63 er som nevnt anvendt bredt i Norge. Følgende andre anvendelser er identifisert:

<p>Ens anlegg</p>	<p>Det er konstatert i mange tilfelle at stasjonene ikke har samme funksjonalitet. Ler stasjon, som betegnes som en "standard" stasjon, og som er undersøkt av SINTEF, avviker fra "standard" tegningssettet, idet RTp (Registrert togpassasje for innkjørhovedsignal) ikke er implementert. Disse avvikene begrenser de generelle vurderinger som kan foretas, da det er prinsipielle avvik mellom stasjoner.</p> <p>Konklusjoner i rapportene må derfor ta hensyn til at lokale avvik finnes.</p>
<p>Flere spor</p>	<p>Ekstra spor kan normalt implementeres uten å fravike de generelle prinsipper i NSI-63 og utgjør i prinsippet kun ekstra enheter i anlegget. I slike tilfelle er SINTEF rapporten representativ.</p>
<p>Forgreningsstasjon</p>	<p>En del stasjoner er forgreningsstasjoner. I forgreningsstasjonene er det et vist brudd med prinsippene i NSI-63, som er basert på anvendelse av sporvekslenes stilling til å angi sikre togveier.</p> <p>Dette er ikke dekket av SINTEFs analyse.</p>
<p>Planovergang</p>	<p>I prinsippet er en planovergang ikke en integrert del av sikringsanlegget, men inngår likevel med en del avlåsninger.</p> <p>Dette er ikke dekket av SINTEFs analyse, men er delvis behandlet av Tretten-rapporten</p>
<p>Store stasjoner</p>	<p>Fritt oppbygde reléanlegg som NSI-63 er av natur primært egnet til mindre stasjoner med enkelt spornett. NSI-63's togveis- og signalsperrefunksjoner er oppbygd slik at de utnytter mest mulig stasjonens enkle spornett.</p> <p>Ved større stasjoner blir det flere brudd på prinsippene og en markant større kompleksitet, som øker muligheten for konstruksjonsfeil, feil i installasjon og vanskeligheter.</p>

	gere å feilsøke og vedlikeholde. Dette er ikke dekket av SINTEFs analyse
Skifting	En del stasjoner har mulighet for skifting. Dette betyr en økning av den generelle kompleksitet. Dette er ikke dekket av SINTEFs analyse.
Dobbelspor	I prinsippet det samme som for forgreningsstasjoner. Dette er ikke dekket av SINTEFs analyse

I forbindelse med tegningsgjennomgangen ble det identifisert en del feil i dokumentasjonen for Ler stasjon. Disse mangler og feil har dog ingen vesentlig betydning for representiviteten av SINTEFs analyse.

Under befaring er det konstatert mangler i dokumentasjonen og en del endringer i de reelle anlegg.

SINTEF antar implisitt at tegninger er korrekte og at for like stasjoner er der like signalanlegg. Disse forutsetningene kan i lyset av vår konstateringer under befaring, og også at det samme er konstatert i forbindelse med bl.a. Åsta-rapporten, fører til at selve analysen må vurderes som en vurdering av det generelle funksjonalitet i NSI-63. Det finnes så mange avvik og spesielle utgaver at noe definitivt neppe kan fastslås om den reelle pålitelighet.

SINTEF har følgende antagelser og avgrensninger:

EMC (Elektromagnetic Compability), frem- medspenninger	SINTEF har ikke tatt med dette, men nevner det som et punkt for videre analyse. På tidspunktet for rapporten var EMC av mer begrenset betydning for påvirkning av signalanlegget. Dette er i dag et svært viktig moment i forbindelse med elektrifiserte jernbaner, spesielt som følge av kraftigere tog og støystørme fra tyristorstyringene.
---	---

Tidsmessige bindinger	<p>I NSI-63 er der en rekke tidsmessige bindinger:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forsinkelse på tiltrekk / frafall av reléer • Opplosningstid for blokk/togveier • Signalleringsstid <p>SINTEF tar ikke disse med i analysen (selv metodikken med feiltrær egner seg ikke), men nevner dette som et punkt for videre analyse. Også i Tretten-rapporten nevnes at dette er et problem.</p>
Forenkling	<p>SINTEF anvender en forenklet tilgang, og ser kun på sentrale reléer, og tar med kun i begrenset omfang problemer i ytre enheter.</p> <p>Det antas at prinsippet i relésystemer er korrekt, og det ses kun på svikt i komponenter</p>
Samspill mellom flere stasjoner, linjeblokka og andre driftsformer	<p>Det er i den forenklete tilgang ikke tatt med samspill over flere stasjoner og tilhørende linjeblokk. SINTEF tar med kun en stasjon og en linjeblokk.</p> <p>Likeledes er det også utelatt betjening fra stillerapparat og fjernstyring. Det antas at dette skjer korrekt</p>

SINTEF angir i rapporten (avsnitt 7) en rekke punkter som oppsummeres. En del er forslag til videre tekniske tiltak/analyser. Spesielt nevnes behov for analyse av sporfelter. Det foreslås også scenarier, men begrenset og uten overordnet samspill.

4.2.3 Kvalitativ analyse

I avsnitt 3 i del I gjennomgås sikringsanlegget i en kvalitativ analyse.

SINTEF skiller mellom farlige feil og hindrende feil, hvilket er rimelig, idet systemet jo generelt er konstruert på grunnlag av fail-safe prinsipper.

SINTEF tar utgangspunkt i komponenter, slik at det ses på reléer, sporfelt, sporveksler (drivmaskiner), kabler og samlede enheter (f.eks. hovedsignal), som naturlig oppfattes som én komponent i et sikringsanlegg. Hensikten med SINTEFs analyse er å danne bakgrunn for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) analysen.

FMEA analysen er oppdelt omkring en rekke komponenter:

- Hoved / forsignal, hvor det identifiseres et antall mulige farlige feil, og foretas en reduksjon av disse til de analyserte feilmodi i feiltrær. Generelt er det i de analyserte feil ikke tatt med EMC-feil.
- Sporfelt, her ses på feil i komponenter, men ikke f.eks. de tilfellene som oppstår p.g.a. jording, jordfeil, ubalanse i returstrømmer og innvirkning fra frekvenser fra moderne eltog. Spesielt må man her se sporfeltet i en sammenheng med en rekke analoge faktorer som ikke enkelt kan sammensettes til et feiltre, f.eks. for høyt justert + frost + snø kan medføre sviktende belegg. SINTEF konkluderer at et sporfeltsrelé ikke kan bli låst i tiltrekt tilstand, men dette er nettopp tilfellet i et antall feil p.g.a. tordenvær. Jording er tilsynelatende et punkt som har betydning. Se avsnitt 5.
- Sporveksel, som deles i sporvekseldetaljer (noe uklart hva som menes), stenger og drivmaskin. SINTEF tar også med lokalstillere og VK-relé (kontrollrelé for sporveksel). SINTEF vurderer et antall feilmodi. SINTEF konkluderer at det ikke finnes enkeltfeil som kan føre til en farlig feil. Men i praksis er det konstatert i registreringene av feil at ombyttete ledninger kan gi feilaktig kontroll, og at kontrollstenger kan bøyes, slik at sporvekselen synes å være i kontroll, men er i midtstilling etc.
- Indre anlegg, SINTEF anser dette for komplekst til at alle komponenter kan analyseres, og foretar derfor kun en full FMEA for kontakter som kan gi utkjør, samt en litt grovere vurdering av de øvrige reléer. Samlet er analysen korrekt utfra sine forutsetninger, men utilstrekkelig for å kunne gi en noenlunde vurdering av sikkerheten. SINTEF antar også at det ikke er feil i reléskjemene. Spesielt finner SINTEF at feilagtig tiltrekt sporfeltsrelé er en usannsynlig modus. Dette er ikke i overensstemmelse med hva som finnes i forbindelse med vår analyse av sikkerhetsfeil. SINTEF vurderer ikke konsekvens av kortvarig trekk av sporfeltsrelé, som jo er sannsynlig. Se avsnitt 5. Tretten-rapporten er på dette punkt lang mer detaljert.
- Linjeblokk, SINTEF foretar en analyse, men antar at prinsippet er korrekt, spesielt antas at Gjentakelsessperre sikrer imot utløsning av blokka ved kortvarig ubelegg. Se avsnitt 5.
- Manøveranlegget vurderes meget summarisk. SINTEF antar at potensielle feil alene oppstår i forbindelse med ordre-reléene. Spesielt er det ikke tatt med at "Kunstig Togpassasje" knappen alltid er aktiv. For sveivrigelkontakter finner SINTEF at det er en mulig farlig feil ved svikt i dette. Slik feil er funnet i feildatabasen. Se avsnitt 5.

- Kabling. SINTEF vurderer kabler med hensyn på henholdsvis kortslutning og koblingsfeil. Samlet er vurderingen korrekt utfra forutsetninger. Men som tidligere nevnt er det ikke vurdert betydningen av fremmedspenninger og jordfeil. Likeledes kan svekket isolasjon gi anledning til overledning. Bl.a. bærer kabel 6 jo både svakstrøm og sterkstrøm. En rekke slike feil er funnet i registreringene av feil, og det pekes i en Synergirapport på at uarmerte kabler er en særlig risiko.
- ATC vurderes av SINTEF. Vi har ikke tatt med dette i den foreløpige analysen, da feil i NSI-63 jo gjenspeiles i ATC systemet.
- Strømforsyning anses av SINTEF kun å gi hindrende feil ved strømsvikt. Denne antagelsen er ikke helt i overensstemmelse med erfaringer. Det er registrert ganske mange jordfeil, og disse kan både gi fremmedspenninger, uventede returløp og skadelige overspenninger. Strømforsyning er som forsyning ikke generell sikkerhetskritisk, men forhold omkring returløp, jording og fremmedspenninger kan utgjøre en risiko for farlige feil. I Tretten-rapporten er det en analyse av disse forhold. Spesielt er det etter Tretten-rapporten og SINTEFs rapport tatt i bruk nye togsett og lokomotiver. EMC vurderinger bør gjenspeile det reelle materiell som anvendes.
- Fjernstyring er ikke tatt med. Men i praksis vil en helhetlig vurdering være nødvendig. Spesielt er det muligheten for å avgi feilaktige ordrer (spes. "Kunstig TogPassasje), samt risiki i forbindelse med magasinerte ordrer.

4.2.4 Menneskelig pålitelighet

SINTEFs rapport legger stor vekt på det menneskelige aspekt, spesielt i relasjon til togekspeditør (txp) og lokomotivfører.

Utgangspunktet er en analyse av 2 scenarier om rutemessig krysning på stasjon med txp henholdsvis med og uten linjeblokk. SINTEF anvender som basis Action Error Mode Analysis (AEMA). SINTEF diskuterer korrekt begrensninger i metoden, men antar implisitt at txp følger reglene. Stressfaktorer er kun tatt med i begrenset omfang. Togleder i fjernstyringssentralen har klart en mer presset arbeids situasjon, ettersom der skiftes mellom flere forskjellige stasjoner. Det er en begrensning i analysens verdi at samspillet mellom fjernstyring og sikringsanlegg ikke er tatt med. Der kan derfor være et potensiale for høyere verdier for menneskelig feil. (se bl.a. [Ref. /11/])

Generelt er SINTEFs vurdering av den menneskelige faktor tillagt stor betydning, men det er en rekke andre faktorer SINTEF ikke har tatt med.

Mennesket anses i SINTEF-rapporten alene som en sviktmulighet. I praksis har mennesket også en funksjon som stoppende faktor, da det kan gripes aktivt inn

overfor feilaktig funksjon av sikringsanlegget. Det kunne derfor være av interesse å kjenne til de "nesten" feilene som har skjedd.

Ut fra de antagelser SINTEF har gjort, er de angitte menneskelige feiltrater i samsvar med vanlige erfaringer, se f.eks. [Ref. /11/]

4.3 Tretten-rapporten

Etter en av Norges verste jernbaneulykker ved Tretten 22. februar 1975 ble det oppnevnt sakkyndige til å foreta en teknisk vurdering av sikringsanleggene ved Tretten stasjon

Dette er dokumentert i rapporten etter Trettenulykken [Ref. /2/].

Mandatet for undersøkelsen omfattede:

- En generell vurdering av signalsystemet og fjernstyringssystemet
- Undersøke hvorvidt det er mulig å utelukke tekniske feil slik at signalet viser grønt, når det skulle vise rødt
- En spesiell granskning av de konkrete forhold for signalanlegget og fjernstyringsanlegget med tilknytting til ulykken
- Foreta en vurdering av NSB's uhellskommissjonens undersøkelser
- Hvorvidt det kan utelukkes at det etter ulykken er foretatt manøvrering av fjernstyringsanlegget.

Tretten-rapporten er i sin undersøkelse målrettet mot å vurdere hvorvidt det kunne ha vært grønt lys i hovedutkjørsignall L fra spor 1 på Tretten stasjon, men man ser også på en rekke feilkilder og feilmodi i slike relébaserte anlegg.

I denne sammenheng er rapporten interessant da den er målrettet mot å identifisere alle typer feil som kan føre til et utilsiktet grønt signal, såvel som at det også ses på samspill mellom stasjonsanlegg og linjeblokka.

Tretten stasjon er en litt mer komplisert krysningsstasjon enn Ler stasjon som behandles av SINTEF-rapporten, om man ser bort fra planovergang er det ikke store avvik.

Rapporten vurderer følgende typer feil:

- Logisk feil
- Installasjonsfeil
- Komponentfeil
- Kabel- og ledningsfeil
- Fremmedspenninger
- (EMC)
- CTC anlegg

I denne sammenheng er rapporten verdifull, da den er målrettet mot å søke å demonstrere en eventuell feil i sikringsanlegget. Likeledes vurderer rapporten også samspill mellom nabostasjonen og linjeblokk. Rapportens svakhet er den sterke avgrensning til selve Tretten ulykken, men omvendt har rapporten en styrke i den helhetlige angrepsvinkel.

Rapporten har spesielt vært verdifull i forbindelse med oppstilling av scenarier. Likeledes er det en del verdifulle vurderinger av feilmodi og potensielle feilkilder i ytre anlegg, bl.a. også omkring EMC.

Etter Tretten-ulykken ble det innført polduk for å sikre imot klebende reléer og innført gjentagelsessperre.

4.4 Åsta-rapporten

Etter jernbaneulykken ved Åsta 4. januar 2000 ble det oppnevnt en uhellskommissjon til å utrede ulykken.

I tillegg er det utarbeidet en særlig rapport av politiet.

Dette er dokumentert i rapporten over Åstaulykken [Ref. /3/].

Uhellskommissjonens mandat var:

"Undersøkelleskommisjonen skal foreta de undersøkelser som den finner nødvendige for å bringe på det rene de faktiske omstendigheter omkring ulykken og årsaken til den.

Kommisjonen kan dessuten ta opp andre forhold i tilknytning til ulykken. Kommisjonen skal fremme forslag til om de tiltak som etter Kommisjonens mening bør treffes for å hindre nye ulykker av lignende art"

Signalanleggene på Rørosbanen utgjør i forhold til denne analysen en på mange måter annen type anlegg, bl.a. p.g.a. bruk av PLS. Linjeblokken er også av en annen type.

Enkelte av de oppstilte scenarier inngår i oppstillingen av våre testscenarier.

Rapporten er svært nyttig i forbindelse med vurdering av de organisatoriske forhold. Likeledes er det også i forbindelse med Åsta konstatert mangler i dokumentasjon, feil i installasjon og udokumenterte endringer etc.

4.5 Brumunddal

På Brumunddal stasjon ble det rapportert om feilaktig kjøresignall 18. april 2000, og videre ble den anført at tilsvarende hendelser var skjedd i 1992.

I den forbindelse har Jernbanelverket region Øst utarbeidet en rapport om dette. Det er også installert en oppsamling av registreringer.

I denne sammenheng er disse rapportene svært interessante, og har i sammenheng med registreringer av reléstillinger dannet grunnlag for oppstilling av testscenarier

I denne forbindelse er det foretatt vurdering av rapportene, samt en befarings og enkelte loggføringer er analysert. Det er ikke innenfor dette arbeide og tidsramme mulig å gjennomføre en detaljert analyse.

I forbindelse med hendelsen den 18. april 2000 er det konstatert at det i tillegg til hendelsen ca. kl. 13 er ytterligere to registreringer av feil umiddelbart før dette tidspunktet. Den ene var en feil omkring en lampe i stillerapparat og den annen en feil i bakloket på et dvergsignal. Det er vesentlig i en utredning å ta med all aktivitet på stasjonen.

Det er ikke konstatert en spesiell overvekt av feil i Brumunddal, men ved befaringsen ble det konstatert håndskrevne rettelser i dokumentasjonen, at kabling var gammel og at forbindere i visse tilfeller ved visuell inspeksjon ikke var i god stand.

Ved vår vurdering av logger, dvs registreringer av forskjellige reléstillinger, kan det konstateres at det er tett trafikk på stasjonen og at det er sterk indikasjon på at lette tog kan sveve i opptil ett sekund

I tillegg har Brumunddal stasjon flere sporfelter i perrongspor. Vi har en indikasjon på at NSI-63s sikkerhetsmessige funksjon er svak når der er flere sporfelter på stasjonen enn vanlig på en krysningsstasjon.

Det foreslås i lys av disse hendelsener at Brumunddal stasjon gjennomgås nøye og at det sikres at dokumentasjonen er helt korrekt. Sporfelte bør sjekkes med hensyn til spesiell følsomhet overfor elektriske forstyrrelser og dårlige forbindelser. Likeledes bør oppdelingen av sporfeltene i Brumunddal vurderes spesielt med hensyn på gjentakelsessperrens funksjon.

5. Teknisk analyse av NSI-63

5.1 Oversikt

Dette avsnittet beskriver de scenarier og svakheter i NSI-63 som er funnet i vår analyse. Den tekniske analysen er sentrert om:

- Scenarier for analyse av samspill mellom stasjonsanlegg og linjeblokk
- Vurdering av gjentakelsessperrens hensikt og funksjon, utledet fra analyse av reléskjema og scenarier
- NSI-63's evne til å håndtere og vise feil
- En vurdering av NSI-63s egnethet for forskjellige anleggstyper
- Vurdering av sporfelters feilpotensiale

NSI-63 er et relébasert sikringsanlegg utviklet av Norsk Signal Industri i tett samarbeide med NSBs signalingeniører. NSI-63 er et såkalt frittforbundet relésikringsanlegg, der man utfra reléskjemaer og tegninger bygger opp anlegget av enkeltreléer. NSI-63 er tenkt som et enkelt, robust og lønnsomt anlegg for mindre kryssingstasjoner på enkeltsporede strekninger, altså det mest utbredte jernbaneanlegg i kilometer i Norge. Tilsvarende anleggstyper finnes også i Danmark, Sverige og øvrige Europa.

Når vi skiller mellom sikkerhetsmessig funksjonalitet og tekniske realisering (se avsnitt 3.6) kan det konstateres at NSI-63 relésikringsanlegget's store styrke er de enkle prinsipielle konstruksjonsprinsipper, som betyr at konstruksjonsfeil er mindre sannsynlige enn i et teknisk komplisert anlegg.

Det enkle prinsipp i NSI-63 er imidlertid også en svakhet på flere plan. NSI-63 er best egnet for enkle kryssingstasjoner og i mindre grad for større og mer kompliserte stasjoner. NSI-63 har en svak evne til å vise feil (feilåpenbaringsevne) som betyr at feil i anlegget ikke alltid blir synlige.

I denne undersøkelsen er det ikke bare sett på NSI-63 anlegget på stasjonen. Det overordnede samspill mellom flere stasjoner og linjeblokka er den normale driftssituasjonen. Over 35 år er det skjedd endringer i trafikkmonster, anvendt rullendemateriell og det er en høyere grad av fjernstyring. I tillegg er det foretatt en del endringer med bl.a. innføring av gjentakelsessperre. Spørsmålet er også om den sikkerhetsmessige funksjonen i NSI-63 har fulgt med tiden.

5.2 Scenarier

I SINTEFs rapport er det i det vesenligste fokusert på at den tekniske realisering, dvs reléer og komponenter, er pålitelige. SINTEF foretar en vurdering av en driftssituasjon med togekspediter (txp), men ikke med fjernstyring. I Tretten-rapporten og Åsta-rapportene er det angitt eksempler på scenarier. Der er derfor vurdert et

antall scenarier som anses for sannsynlige og som reflekterer de svakheter som er funnet ved vurdering av reléskjemaer. Det er spesielt sett på:

- Drift av en strekning med en stasjon på gjennomkørselsdrift, en meget vanlig situasjon
- Bruk av "kunstig togpassasje", som er en funksjon til å utløse blokken ved feil.
- Tekniske feil

Disse scenarier er analysert med hensyn på tett trafikk og feil i sporfelter.

Innenfor denne analyse er det ikke mulig å lage en komplett liste over scenarier. Det foreslås at det generelt utarbeides driftsmessige scenarier for alle relevante driftssituasjoner, både i normal drift og ved driftsforstyrrelser. Slike scenarier er også velegnet for optimalisering av togleders arbeidssituasjon og til vurdering av sikkerhetsprosedyrer.

Spesielt er det en indikasjon på at samtidig feil på flere sporfelter kan være kritisk, f.eks. ved snø og is, eller ved elektriske forstyrrelser.

5.3 Gjennomkøringsdrift

Fire scenarier er vurdert:

- Tog B følger tog A med god avstand (liten trafikk) over strekning med gjennomkoblet stasjon og ingen feil.
- Tog B følger tog A med god avstand (liten trafikk) over strekning med gjennomkoblet stasjon. Perrongsporisolasjon på stasjon feiler, tog B er for langt vekk til at ulykke inntreffer, men det fås feilaktig kjøresignal
- Tog B følger tog A (tett trafikk) over strekning med gjennomkoblet stasjon. Perrongsporfelt på stasjon feiler, tog B tett på. Tog A har forlenget opphold på stasjonen. Tog B kjører på tog A.
- Tog B følger tog A over strekning med gjennomkoblet Andre stasjon. Perrongsporfelt på stasjon feiler. Etter tog As ankomst på Tredje Stasjon stilles feilaktig utkjør, samtidig med at tog B stopper på feilet sporfelt. Blokk vender og motkjørende tog C har fri togvei til kollisjon med tog B.

Det er konstatert ved analyse av nevnte scenarier og utprøving at dersom en stasjon kobles på gjennomkøringsdrift, er det under visse omstendigheter kun sporfeltets korrekte funksjon som en garanti for sikker signalgiving. Dette betyr at hvis disse ikke uvanlige betingelser er oppfylt, kan det stilles feilaktig kjørsignal imot et motkjørende tog eller medkjørende tog, f.eks. idet blokken oppløses, utføres en magasinert togveisordre.

Når vi betrakter samspillet mellom fjernstyring (CTC) og NSI-63 anlegget er det konstatert ved analyse og utprøving at funksjonen "kunstig togPassasje" er en meget inngripende ordre til utløsning av blokken. Når "kunstig togpassasje" anvendes er der kun sporfeltet tilbake som barriere imot å stille kjøresignal imot et motkjørende tog.

Overraskende er denne kommando, som også kan utløses ved trykk på en knapp i stillerapparatet, ikke sperret når stasjonen er under fjernstyring, og den kan lett aktiveres utilsiktet.

5.4 Gjentagelsessperre

Gjentagelsessperre er påbygget linjeblokka i nyere tid (omkring 1990) og har til hensikt å sikre at et feilaktig fritt sporfelt på strekningen ikke kan føre til en farlig feilfunksjon av linjeblokken.

På stasjonen etableres gjentagelsessperre når det stilles en utkjørstogvei, og gjentagelsessperre oppheves når tog kjører inn på neste stasjon (eller passerer neste blokkpost). Tillatelse til opphevinge av gjentagelsessperren kommer fra strekningens ankomststasjon og blir hindret hvis strekningen er belagt av tog (sperres av sporfeltene). Gjentagelsessperren hindrer at det kan stilles ny utkjørtogvei til strekningen før foregående tog er ankommet på ankomststasjonen.

Gjentagelsessperren hindrer også at blokka kan utløses ved "Kunstig Togpassasje" fra ankomststasjonen i tilfelle toget ikke detekteres av sporfeltene.

Den ovenfor antydede funksjon er den ønskete funksjon, men analyser av blokka og tester utført på Grorud viser at det er en rekke svakheter:

- Gjentagelsessperre etableres ikke hvis toget kjører ut på strekning uten togvei, for eksempel hvis det er feil i utkjørtogveien på stasjonen.
- Utløsning av gjentagelsessperre og av blokk-fastlegging er basert på en protokoll som i en rekke situasjoner utløser gjentagelsessperren automatisk i forbindelse med forsøk på utløsning av linjeblokka. I disse situasjonene utgjør gjentagelsessperren ingen barriere mot utløsningsfeil.
- Når stasjonen er gjennomkoblet skal stasjonens innkjørhovedsignal og utkjørhovedsignal fungere som blokkposter for etterfølgende tog. Stasjonen har i midlertid ikke gjentagelsessperre og utgjør derfor et svakt led.
- Ved gjennomkoblet stasjon kan blokka utløses selv om gjentagelsessperre på gjennomkoblet stasjon er etablert. Som nevnt ovenfor har stasjonen i funksjon som blokkavsnitt ikke selv gjentagelsessperre og det er derfor mulig å utløse

linjeblokka hvis sporfelt mellom stasjonens innkjørhovedsignal (i kjøreretningen) og ankomststasjonen blir frie ved en feil.

Det er dessuten betenkelig at "kunstig togpassasje" kan iverksettes ved kun et enkelt trykk på en knapp, som også er aktiv når stasjonen er fjernstyrt. "Kunstig togpassasje" kan også iverksettes av en enkelt feilaktig fjernstyringsordre.

5.5 Feilåpenbaring og immunitet

Reléanlegg utmerker seg ved en meget stor teknisk sikkerhet i kraft av sikkerhetsreléenes høye pålitelighet. Konstruksjonsprinsippene for denne type anlegg tilsier at alle de sannsynlige feil ved sikkerhetsreléene ikke fører til farlige feil.

Dette overholdes generelt i NSI-63, og er tidligere ble verifisert gjennom analyser (SINTEFs FMEA vurderinger). Imidlertid har reléanlegg en svak evne til å vise feil (feilåpenbaring) dvs en feil indikeres ikke alltid. Årsaken er at

- Overvåkingsfunksjoner kompliserer reléanlegget, og derfor overvåkes kun de viktigste feil. Det er derfor ikke mulig å indikere sjeldne kombinasjoner av feil, f.eks. ved kortslutninger eller fremmedspenninger
- Der er liten "hukommelse" i reléanlegg, slik at intermitterende feil ikke fanges opp.
- Reléer er i prinsippet binære, og derfor er overvåking av grenser for spenninger, strømmer og frekvenser vanskelige og kompliserte å etablere.
- Mellomstillinger av reléer er ikke alltid mulige å åpenbare.

Især er problemet at en feil ikke åpenbares som en presis veldefinert feil, men mer som at det er noe "rart" i anlegget eller at en gang imellom fås en forbigående feil.

I konstruksjonen betyr den generelle anvendelse av fail-safe prinsippet at en feil alltid leder til en sikker tilstand, som oftest stopp, og at det generelt ikke blir vurdert om en latent feil som i første omgang blir "fanget" kan ha en sideeffekt som kan utgjøre en risiko når de ses i større perspektiv.

Et annet problem utgjøres av "sjeldne" strømløp, som anvendes i spesielle driftsituasjoner. Her kan feil ligge latent og uoppdaget.

I registreringene av feil ses ganske mange feil, men ingen feil er funnet, eller ingen årsak funnet til en feil. Ofte medfører en sporadisk feil at blokk eller stasjonsanlegg går i en slags vranglås. Der foretas så en "kunstig togpassasje" og deretter fungerer anlegget igjen.

Det foreslås at det foretas en nøye vurdering av NSI-63s feilåpenbaringsevne, herunder spesielle begrensninger, og at begrensninger i feilåpenbaringsevne følges opp med rutiner for forebyggende vedlikehold.

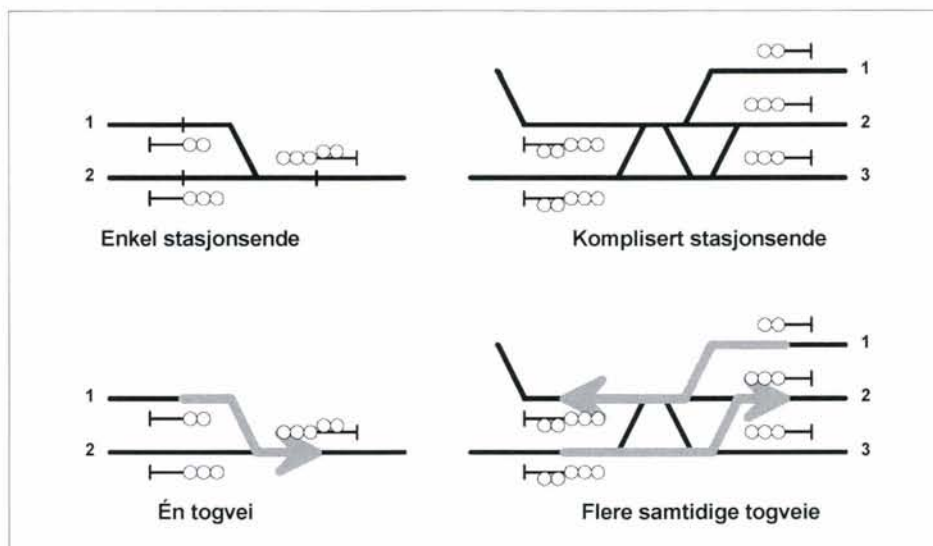
5.6 Større stasjoner

Fritt oppbygde reléanlegg som NSI-63, er av natur primært egnet til mindre stasjoner med enkelt spornett. Stasjonene som er vurdert i denne rapport er alle enkle 2-spors krysningsstasjoner, en stasjonstype som NSI-63 er ganske godt egnet for. NSI-63 anvendes også på betydelig større og mere komplekse stasjoner.

NSI-63s togveis- og signalsperrefunksjoner er oppbygd slik at de utnytter mest mulig stasjonens enkle spornett. På stasjonsender som vist på figuren nedenfor kan man for eksempel klare seg med ett felles togveissperrerele i hver stasjonsende på den enkelte stasjon, da det jo bare kan være én togvei av gangen i hver stasjonsende.

Hvis man derimot ser på den kompliserte stasjonsende, så er de innbyrdes togveissperringene noe mer kompliserte. For eksempel utkjørtogvei fra spor 1 mot øverste spor og samtidig innkjørtogvei fra nederste spor mot spor 2.

Hvis det derimot er utkjørtogvei fra spor 3 mot øverste strekningsspor så er alle andre togveier sperret.



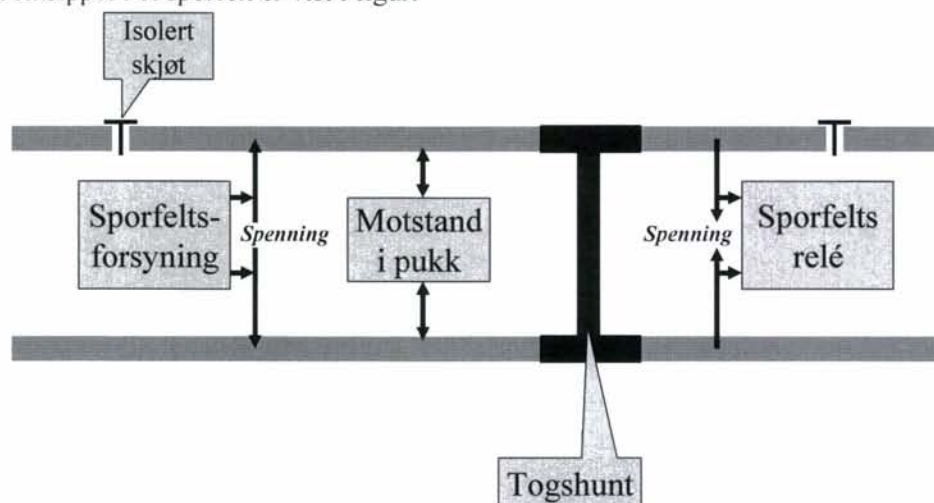
På kompliserte stasjoner med flere strekninger, mange spor og skiftetogveier blir togveissperringene mye mer kompliserte. Dette utgjør en stor fare for ved konstruksjon, feilsøking eller endringer såfremt konstruksjonspersonalet ikke er rutinerne og har lang erfaring. Det samme gjelder også kontroll - og utprøvningspersonale. F eks var en sikkerhetsfeil på Ski stasjon en feilkonstruksjon, som var i drift i lang tid, fordi hverken konstruktør, kontrollør eller personene som gjennomførte driftsprøvene oppdaget feilen.

Til større stasjoner bør det kun brukes signalanlegg som i sin grunnleggende konstruksjon sikrer at det selv ved kompliserte sporforhold garanteres de grunnleggende sikkerhetsfunksjoner. Som eksempel kan nevnes geografiske relé- og elektroniske anlegg og fritt oppbygde elektroniske anlegg med et prosjekteringsverktøy. Dersom det anvendes friforbundet reléanlegg til større anlegg bør kontrollprosedyrene skjerpes, og alle spesielle forhold må beskrives nøye slik at vedlikehold får de optimale betingelser.

5.7 Sporfelt

SINTEF har ikke gjennomført en egentlig analyse av feilmuligheter i sporfelter. Her skal ikke gis en detaljert analyse, men bare antyde hvordan de forskjellige faktorer kan spille sammen.

Prinsippet i et sporfelt er vist i figur:



En spenning påtrykkes i den ene ende av sporfeltet og denne holder sporfeltsreléet tiltrekt. Ved passasje av et tog kortsluttes sporfeltsforsyningen, og dermed faller sporfeltsreléet, og der indikeres belegg.

Sporfeltet er i høy grad basert på at toget kan kortslutte effektivt. Togets kortslutning betegnes togshunten. Togshunten har en rekke feilkilder, som kan gi en for stor (=dårlig) togshunt:

Snø og is, sand	Gir belegg på skinnegangen, og dermed dårlig kontakt.
Rustent spor	Dårlig kontakt, høy motstand
Liten togvekt	Dårlig kontakt. Dette avhenger også av antall aksler og akseltrykk

Hjulkonstruksjon	Kan ha større motstand enn vanlig. Generelt er det en UIC-norm for dette, men vedlikehold av tog skal sikre at denne er oppfylt
------------------	---

På grunn av at togshunten har en viss størrelse vil toget ikke kortslutte fullstendig, og det er derfor en restspenning som avhenger av:

Togshuntens størrelse	Høy motstand gir høy restspenning
Motstand i pukken / annen avledning	Hvis det er stor avledning, må spenning oppjusteres. Avledning avhenger av en rekke lokale forhold, herunder også vann i skinnegangen. Hvis sporet blir tørt faller avledning. Det finnes grenser i Regelverket, men det skal utføres et løpende sjekk. Der kan være stor variasjon over tid av de lokale forhold.
Spenning fra sporfeltforsyningen	Kan svinge, eller være feil justert
Hvor på sporfeltet toget er	Ved lange sporfelter, eller ved mating midt i sporfelt, vil togshunten ikke alltid gi en optimal reduksjon av spenningen ved sporfeltsreléet.

Sporfeltsreléet i seg selv kan tiltrekke på for lav spenning / det kreves lav spenning og strøm. Hvor det brukes en bestemt frekvens kan det være dårlig filterfunksjon f.eks. harmoniske spenninger fra returstrøm.

I tillegg kommer mulige fremmedspenninger. Disse kan forårsakes av:

Defekte forbindere	Dette betyr at der er ubalanse i jording. På elektrifiserte strekninger kan det oppstå ubalanse på grunn av returstrøm. Jording kan bli ubestemt, slik at uforutset avledninger/spenninger oppstår.
Tordenvær	Ved tordenvær genereres høye spenninger, som i noen tilfelle kan løpe i sporet. Det kan medføre en kraftig påvirkning av sporfeltet. For mekaniske sporfelter kan disse "låses" i tiltrekkt tilstand.
Høyspenning/ kjørestrøm	Feil i nærliggende høyspenning eller nedfalte kjørelidninger gir samme effekter som tordenvær.

Returløp av kjørestrøm	Ideelt sett skal kjørestrømmen ikke påvirke sporfeltet. I praksis kan det under togets passasje være usymmetri i returløp, harmoniske i strømmen og generelt høye verdier (kraftige lokomotiver). Lokale jordingsforhold kan ha betydning, idet ikke all returstrøm vil forløpe i skinnegangen.
------------------------	---

I registreringen av feil ses få feil omkring feilaktig "ikke belegg" ved togpassasje, men NSI-63 relésikringsanlegget kan ikke detektere kortvarige "ikke belegg". Slike registreringer oppdages vanligvis ved togleder eller togførers oppmerksomhet over en rar indikasjon.

Der er mange feilaktige belegg. I visse tilfelle vil samme feilkilder føre til både den ene (farlige) eller den andre (hindrende) feil. Det gjelder f.eks. især fremmedspenninger. En annen mekanisme er sporfeltforsyningen og for lav motstand i pukk. Feilaktig jording eller at returstrøm utbreder seg i jorden omkring skinnegangen kan også føre til feilaktig belegg.

En verst tenkelig kombinasjon som fører til "ikke belegg" er:

- For høy spenning fra sporfeltforsyning f.eks. fordi den er for høyt justert fordi det var mye vann i pukken og liten motstand ved innjustering. Ved frost eller tørt vær stiger motstanden i pukken.
- Lav følsomhet (f.eks. høy impedans eller dårlige forbindelser) i sporfeltsrelé
- Dårlig togshunt, f.eks. lett tog, snø og is, rustent spor
- Fremmedspenning, f.eks. store strømmer og dårlige forbindelser.

SINTEF vurderer alene dårlig togshunt som årsak til en farlig feil, og vurderer andre feil som hindrende. Man ser det som vanskelig at sporfeltsrelé kan bli låst i tiltrekt tilstand.

Utfra denne oversiktlige kvalitative vurderingen og at det i registreringene av feil, samt i de undersøkte sikkerhetsfeil er ca 1 feil pr år, hvor sporfelter viser "ikke belegg" selvom det er et tog på strekningen, viser at sporfelter kan være mere feilbeheftet enn hittil antatt.

Det er registrert mange falske belegg, hvor ingen feil er funnet. Men da NSI-63 ikke detekterer sporadiske feil må det konkluderes med at sporfelter utgjør en potensiell større risiko enn forutsatt i NSI-63 sikkerhetsmessige funksjonalitet. Gjentakelsessperre har derfor en viktig sikkerhetsmessig funksjon.

I lys av de her påpekte problemstillinger, og at sporfelter er årsak til en betydelig andel av alle sikkerhetsfeil, bør driftssikkerheten for sporfelter analyseres, spesielt omkring:

- Feilkilder omkring togshunt
- Påvirkninger fra jording, feil i kabling og generell påvirkning fra fremmedspenninger.
- Sporfeltsteknologien egnethet, herunder også krav til vedlikehold

Ved introduksjon av nytt materiell bør det sikres at:

- Togshunten er tilstrekkelig og innenfor de tekniske grenser for sporfeltene. Spesielt må vurderes antall aksler og akseltrykk likesom at det sikres at materialet oppfyller de spesifiserte krav (UIC-norm)
- At påvirkninger fra toget, f.eks. strømforbruk og elektromagnetisk kompatibilitet er innenfor de tekniske grenser.

6. Analyse av registreringer av feil

6.1 Oversikt

I BaneDataBanken registrerer Jernbanelivet en rekke opplysninger om anleggets sammensetting (konfigurasjon), og en rekke driftsmessige registreringer.

Som et ledd i denne undersøkelsen er det vurdert et antall registreringer av feil. JBV (før NSB) har generelt registrert feil i BaneDataBanken. I tillegg er det også registrert en rekke hendelser i Jernbanelivets HMS database (Synergi).

Dette avsnitt omfatter en kort beskrivelse av grunnlaget for den statistiske analyse, en generell oversikt over feilfordeling m.v., en vurdering av driftserfaringer, feilrater og tilgjengelighet, og mulige trender.

Det er utført en generell analyse av data og ikke en egentlig statistisk behandling, da det er konstatert for store usikkerheter i materialet.

6.2 Grunnlag for statistisk analyse

Generelt er det konstatert mangler i registrering av feil. Anleggstyper stemmer ikke, feil registreres ikke etter et fast regelsett. I noen tilfelle registreres planlagt vedlikehold, men ikke systematisk. Feil henføres kun til en gruppe av komponenter, og det er mange feil i registreringene i form av dubletter. Tilsammen svekker dette påliteligheten av analysene som kan foretas på grunnlag av disse data, likevel kan det trekkes visse konklusjoner ut av materialet etter en systematisk "vasking" av registreringene.

Det er tilsynelatende skjedd en rekke endringer i måten anleggstype, NSI-63 materiell, feil og spesielt årsak klassifiseres på. Dette gjelder spesielt for årsak til de feilene, som det er vanskelig å etablere en forbindelse med de angitte kodene for årsak til feil som finnes i SINTEF rapporten .

Det er bekymringsfullt at det i forbindelse med overføring av data fra BaneDataBanken ble funnet ganske mange registreringer av feil, som det burde være umulige å legge inn. Blant annet er datoer feil, det forekommer at visse obligatoriske felter ikke er utfylt, og det er i noen tilfelle angitt andre anleggstyper enn det faktisk er på den aktuelle stasjonen.

Det må konstateres at det neppe finnes gode datasjekk for registrering i BaneDataBanken. Dette betyr at verdien av disse data er dårlig. Av dette kan vi også konstatere at registrering åpenbart ikke benyttes. Dersom BaneDataBanken ble benyttet ville disse mange feil i registreringene blitt oppdaget slik at de ikke kunne ha forsvunnet i så mange år.

Ca. 24.000 feil er stilt til rådighet i analysen fra BaneDataBanken. Av disse ble ca. 15 % fjernet p.g.a. dubletter og fordi de var registrering av vanlig vedlikehold. Total var basis derfor 22.711 registreringer av feil. Det er ikke foretatt egentlige revurderinger av kategorisering av de enkelte registreringer av feil innenfor feiltype, årsakstype og materielltype.

Jernbaneverket har identifisert ca. 150 registreringer av feil i BaneDataBanken og Synergi til å være av sikkerhetsmessig karakter. Disse ble spesiell vurdert av Rolf Hovind i et eget prosjekt. I avsnitt 6.5 er dette nærmere vurdert.

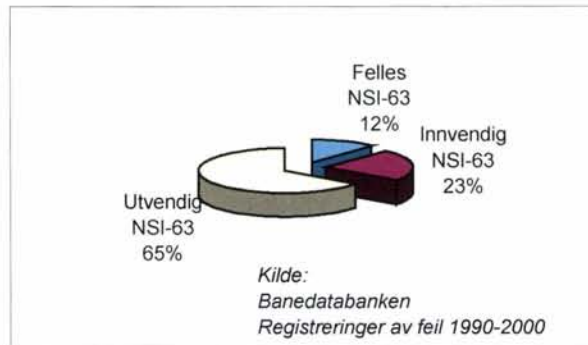
Det er en generell tendens at det er færre komponenter og færre feil enn SINTEF har med. Dette kan skyldes generelle avvik, og at det er foretatt en "vasking" av registreringer av feil.

6.3 Fordeling av feil

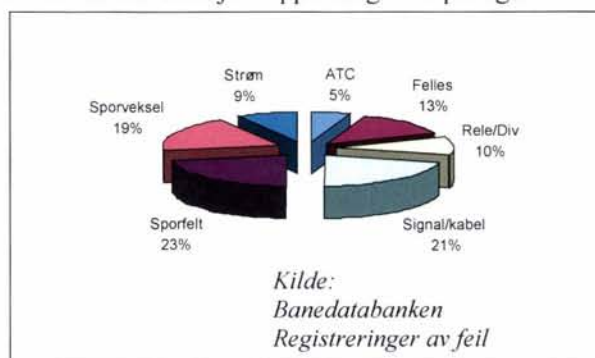
Helt overordnet kan sikringsanlegget tenkes oppdelt etter:

- Felles (f.eks. strømforsyning)
- Innvendig (f.eks. reléer, visse komponenter)
- Utvendig (f.eks. signaler, sporveksler og sporfelter)

Fordeling av feil er vist på figur:



I alt overveiende grad oppstår feil i forbindelse med utvendig anleggsdeler, hvilket ikke overrasker. Ved en mer detaljert oppdeling som på figuren nedenfor:



kan det konstateres at reléanlegget i seg selv er meget pålitelig, og at for utvendig utstyr fordeler feil seg jevnt på sporveksel, sporfelt og signal/kabel.

Sammenholdes denne med SINTEFs rapport ser vi at feilfordelingen avviker noe, idet der er noen færre sporfeltsfeil enn SINTEF angir. Analyseres bare data for 1990/91 blir det dog en bedre korrelasjon. Vurderes denne fordelingen over tid, ser vi at det nettopp i den perioden SINTEF ser på, er det et markant fall i sporfeltsfeilandelen. Hvorfor kan ikke umiddelbart forklares. En annen, men ikke så markant utvikling, ses i at feil i signal/kabel utgjør en større andel. I denne kategorien inngår brente lamper. En nærmere analyse viser at det er et stigende antall registreringer av brente lamper som later til å være noe av årsaken.

Det er likevel mulig innenfor en rimelig sikkerhet å kunne konstatere:

- Av ca. 23.000 registrerte feil i perioden 1990-2000 er det funnet ca. 30 sikkerhetsfeil, dvs feil som kunne føre til en farlig hendelse eller ulykke.
- Feil i ytre enheter; sporveksler, signaler, kabling m.m., utgjør ca. 70%. Ca. 20% er feil i strømforsyning m.v., og ca. 10% av analyserte feil kan henføres til reléanlegget.
- Sporfelter alene utgjør ca. 25% av alle feil, og av de analyserte sikkerhetsfeil utgjør sporfelter ca. 50%.
- Der er ikke tydelige tegn på endringer over tid, men der er en antydning at antallet av kabel og signalfeil er stigende.

6.4 Driftserfaringer og pålitelighet

Foretas en analyse og beregning på påliteligheten

Anleggstype	Driftsår (anlegg)	Driftsår (To-spor)	Antall feil	Feil pr driftsår pr anlegg	Feil pr driftsår pr tosporsekv.	Feilrate/time pr anlegg	Feilrate/time pr tosporsekv.
NSB-78	271,0	585,3	1878	6,9	3,2	$7,91 \cdot 10^{-4}$	$3,66 \cdot 10^{-4}$
NSB-84	86,7	216,8	1338	15,4	6,2	$1,76 \cdot 10^{-3}$	$7,05 \cdot 10^{-4}$
NSB-87	124,4	189,4	896	7,2	4,7	$8,22 \cdot 10^{-4}$	$5,40 \cdot 10^{-4}$
NSI-63	2419,0	5844,9	18535	7,7	3,2	$8,75 \cdot 10^{-4}$	$3,62 \cdot 10^{-4}$

Note: i materialet har feilregistreringer fra NSB-94 og NSB-GS ikke inngått.

For øvrige anlegg anses materialet for lite omfattende til at noen sikker vurdering kan gjøres. For NSB-78, NSB-84 og NSB-87 bør det tas med at datamaterialet er lite, men der ses en tendens til at NSB-63 er mest pålitelig.

I disse tallene er ikke inkludert en korleksjon for trafikkmengde. Forskjell i registrering av feil skal vurderes med en betydelig usikkerhet. Anleggstypene realisert med PLS har i noen tilfelle bedre overvåking av feil (feilåpenbaringsevne), og da vil feil oftere bli oppdaget.

6.5 Sikkerhetsfeil

Rolf Hovind har på vegne av Statens Jernbanetilsyn undersøkt nærmere et antall feil, som er ansett som farlige sikkerhetsfeil. Dette er sammenfattet i egen rapport.

Vurderes sikkerhetsnivå på grunnlag av sikkerhetsfeil, og her tas utgangspunkt i Jernbaneverkets klassifisering, kan det gjøres en oversiktlig vurdering av sikkerhetsnivået.

Denne vurderingen må tas med stort forbehold, da det statistiske materialet er liten. I prinsippet er kun NSI-63 relevant:

Anleggstype	Driftsår	Driftsår (To-spor)	Antal sikkerhetsfeil	Feil pr. driftsår	Feil pr driftsår (tospor)	Feilrate/time pr anlegg	Feilrate/time pr tosporsekv.
NSB-78	271,0	585,3	6	$2,21*10^{-2}$	$1,03*10^{-2}$	$2,53*10^{-6}$	$1,17*10^{-6}$
NSB-84	86,7	216,8	2				
NSB-87	124,4	189,4	3				
NSB-94	35,8	43,8	1				
NSB-GS	42,4	602,9	9				
NSI-63 (note)	2419,0	5844,9	27	$1,12*10^{-2}$	$4,62*10^{-3}$	$1,27*10^{-6}$	$5,27*10^{-7}$

(Note: Grunnlaget, er 27 NSI-63 sikkerhetsfeil, men reelt er funnet 29, hvorav 2 er overtreddelse av instruks)

I de nyere sikkerhetsnormer anvendes begrepet Safety Integrity Level (SIL), sannsynligheten for svikt av en sikkerhetsfunksjon. Det er 4 diskrete nivåer; SIL 1, 2, 3, 4, der SIL 4 er det mest krevende.

Brukes definisjonen i IEC 61508 [Ref /12/], som generelt brukes i industrien, kreves at feilintensiteten for SIL 4 skal være lavere enn 10^{-9} , og for SIL 3 skal feilintensiteten være lavere enn 10^{-7} .¹

Med den meget store usikkerhet det er i det statistiske materialet kan det totale SIL-nivå for NSI-63 under ett, og for hele anlegget beregnes til ca. SIL 2 nivå.

Ser vi på det indre anlegg er det bare registrert sikkerhetskritiske feil for sporfeltsreléer. Beregnes SIL-nivå under ett for det indre anlegg finnes, inklusiv sporfeltsreléer (4 feil, da 1 feil er en instruksfeil) en feilhyppighet på ca $2*10^{-7}$, hvilket omtrent motsvarer SIL 3.

¹ De angitte tal er basert på IEC 61508, da de spesielle jernbanenormer ENV 50129 og prEN 50128 under utarbeidelse, på dette punkt er under harmonisering med den generelle IEC 61508.

SIL-nivå for indre anlegg uten sporfeltsreléer kan ikke etterprøves, da det ikke er kjente feil med f.eks. klebende SR relé som vil være sikkerhetskritisk. Indre anlegg i seg selv, uten sporfeltsreléer, vil kunne sis å ha et SIL-nivå på 4. For det totale SIL-nivå gjelder at det også inkluderer konstruksjonsfeil etc..

Disse vurderinger skal tas med stor forsiktighet, da en statistisk etterprøving af SIL-nivå reelt krever både en effektiv feilåpenbaring, troverdig registrering av feil og et stort antal driftstimer. Vurderes NSI-63 over hele perioden (fra første anlegg), ville det skønsmessig vært forventet maksimalt én farlig feil ved SIL 4. Utover sporfeltsreléer er det ikke registrert slike feil.

Vurdering av SIL-nivå viser også at feil i ytre enheter, i sporfelter og konstruksjonsfeil er de vesentligste årsaker til farlige feil. Sikkerhet er aldri sterkere enn det svakeste ledd (og SIL-nivå er jo netopp et av midlene til å beskrive kjedens styrke).

Innsats omkring sikkerhet bør konsentreres om sporfelter, ytre enheter og forebygging av funksjonelle feil. Det siste må gjennomføres med systematisk vedlikehold og sikkerhetsledelse på alle nivåer.

Av de 142 registrerte sikkerhetsfeilene i NSI-63 var det 113 driftsfeil og 29 reelle sikkerhetsfeil, hvorav noen er registrert i Synergi (NSB eller JBV).

Her er det oppsummert de reelt konstaterte sikkerhetsfeil (liste fra Rolf Hovind):

BDB	87190	Gronud	Sporfelt ikke belagt av tog. Salt / forurensning
BDB	5801	Marienburg	Sporfelt ikke belagt av tog. Hang mekanisk (Westinghaus).
BDB	6723	Ila-linjen	Sporfelt ikke belagt av skift. Sf. parallellkoblet i spor etter feilretting.
BDB	6036	Verdal	Sporfelt ikke belagt av tog. To brudd i jordskinne.
BDB	5212	Gardsenden bp	Sporfelt ikke belagt av tog. Jordinger feil montert.
BDB	22566	Røra	Sporfelt ikke belagt av tog. Feilkoblet ved feilretting.
BDB*	33092	Mjøndalen	Sporfelt ikke belagt av tog. Siemens skjøteløse sf. feiljustert.
BDB	4946	Helldalsmo	Sporfelt ikke belagt av tog. Hang mekanisk (JRV). Lyn.
BDB	4763	Audnedal	Sporfelt ikke belagt av tog. Hang mekanisk (JRV).
JBV	577	Holmes-Skopp	Sporfelt ikke belagt av tog. Hang mekanisk (JRV).
JBV*	10845	Hønefoss-Sokn	Sporfelt ikke belagt av skinnetraktor på grunn av leire, sno og is. Togleder trakk utkjør for annet tog. Feilbetjening, han skal sperre sporet, se instruks.
BDB	68158	Soknedal	Feil kjøresignal. Kabelfeil. (entreprenør).
BDB	6666	Melhus	Feil kjøresignal. Kabelfeil (skjotemuffe).
BDB	65660	Sandvatten	Feil kjøresignal. Kabelfeil (skjotemuffe entreprenør).
BDB	36402	Sandnes	Feil kjøresignal. Kabelfeil (skadet av entreprenør)
BDB*	10192	Bergen	Feil kjøresignal. Kabelfeil (skjotemuffe entreprenør).
JBV	194	Gyland	Feil kjøresignal. Kabelfeil.

BDB	6422	Soknedal	Feil kjøresignal. Kabel feilkoblet.
BDB	24106	Brumunddal	Feil kjøresignal. Ingen feil funnet.
BDB	10765	Grorud	Feil kjøresignal. Konstruksjonsfeil.
JBV	658	Stavanger	Feil kjøresignal. Konstruksjonsfeil. (krgl. feilkoblet).
JBV	583	Brumunddal	Feil kjøresignal. Ingen feil funnet.
NSB	12304	Bryn	Feil kjøresignal. Ingen feil funnet.
NSB	14336	Bryn	Feil kjøresignal. Ingen feil funnet.
BDB*	10765	Grorud	Falsk kontroll sporveksel. Feilkoblet etter revisjon.
BDB	14644	Ingedal	Falsk kontroll sporveksel. Feil justert.
BDB	10275	Brakerøya	Falsk kontroll S-lås . Feilkoblet ved feilretting.
JBV	1678	Eidsvoll	Sikkerhetsmann skrudde ut minus nøkkel og brukte den i Sporvekselen.
JBV	10728	Ski	Ikke middel for togvei. Isolasjon feil plassert.

(*: finnes ikke i vår uttrekk fra BaneDatabanken)

Av de 29 sikkerhetsfeilene var det

- 1 i indre anlegg (sporfeltsrelé regnes som del av utvendig anlegg)
- 23 i utvendig anlegg
 - Her spesielt 4 sporfeltsreléer som hang bl.a. p.g.a. tordenvær
 - 7 feil relatert til kabler

14 feiler kan henføres til manglende vedlikehold

4 feiler er egentlige konstruksjonsfeil

Det er i registreringene av feil funnet tilsammen 44 konstruksjonsfeil, men mange er av mekanisk art, der signalmontørene har funnet konstruksjonen svak.

7. Drift og vedlikehold

7.1 Oversikt og avgrensning

Det er ikke innenfor rammene av denne rapporten å gi en vurdering av Jernbaneverkets system for drift og vedlikehold. Der er likevel en rekke aspekter som har sammenheng med påliteligheten og sikkerheten av signalanleggene i forbindelse med den måten drift og vedlikehold gjennomføres på.

Der er derfor overordnet sett på aspekter av drift og vedlikehold, slik som også Rolf Hovind vurderte disse aspekter i forbindelsen med gjennomgangen av sikkerhetsfeilene. Vi har tatt dette med i vår vurdering. Det skal understrekes at vår vurdering er overordnet og alene reflekterer vårt inntrykk etter befaring og ved lesning av Jernbaneverkets planer og regelverk.

NSI-63 er historisk utviklet innenfor rammene av en organisasjon, som hadde en meget fast struktur på 60- og 70-tallet). Det betyr at på mange måter (det var ikke uvanlig), var kunnskap om anleggene ikke formalisert, men ble gitt videre personlig gjennom arbeidet.

Man skal merke seg at relésikringsanlegg har en lavere kompleksitet enn elektroniske systemer, og at man også ved å følge ledninger og granske installasjoner i prinsippet kan analysere, vedlikeholde og feilrette, også selv om dokumentasjonen er utilstrekkelig. Endringer er også tydeligere, idet endring i ledningsføring etterlater spor.

7.2 Regelverk

Jernbaneverket har utarbeidet et samlet regelverk for prosjektering, bygging og vedlikehold av signalanlegg, benevnt:

- JD550 - Regler for prosjektering
- JD551 - Regler for bygging
- JD552 - Regler for vedlikehold

Etter at det bl.a. i Åsta-rapportene ble påpekt mangler vedrørende sikkerhetsledelse ble det foretatt en dokumentgjennomgang av Jernbaneverkets regelverk.

Regelverket angis å utgjøre det formelle grunnlag. Det er mulig at de finnes ytterligere styrende dokumenter, men sammenholdes nivået på regelverket med Jernbaneverkets handlingsplan for sikkerhet [Ref. /9/] må det nok antas at regelverket (JD 550, 551, 552) er i en meget foreløpig utgave.

Strukturen er ikke innlysende praktisk for anvendelse og vedlikehold av regelverket. Det er inkonsistens i bruk og i referanser til normer og standarder. Det er

mange gjentakelser av regler, f.eks. angir hver av JD 55X definisjoner, symboler og regler for tegningsutforming.

En rekke definisjoner, prinsipper og metodikker, samt krav er ikke i samsvar med de refererte normer for sikkerhet.

I JD552 - Regler for vedlikehold finnes det mangler. Det angis ofte referanser til JD 550 og JD 551 for hvordan vedlikehold skal gjennomføres, men i mange tilfeller finnes disse ikke.

Det er i mange tilfelle angitt (i prinsippet utmerkede) regler for hvordan ting skal gjøres, men ved befaringer kunne det konstateres at en del av disse reglene ikke ble fulgt.

7.3 Konfigurasjons- og dokumentasjonsstyring

Konfigurasjons- og dokumentasjonsstyring er en av grunnpillarene for en effektiv sikkerhetsledelse.

Det er i EN 50126, prEN 50128, ENV 50129 stilt krav om konfigurasjons- og dokumentasjonsstyring, i tillegg kommer at dette jo også er et krav i ISO 9000 kvalitetssystemer.

I JD 550, JD551 og JD552 regelverket er det angitt at nevnte normer skal oppfylles. EN50126 er dog ikke særlig spesifikk, så det skal finnes operasjonelle anvisninger i regelverket.

Dette punktet er derfor konkret vurdert på grunnlag av JBVs JD550, JD551 og JD552 regelverk, idet det antas at dette er grunnlaget for konfigurasjons- og dokumentasjonsstyring for signalanlegg. I tillegg er det også tatt med våre observasjoner fra befaringer.

Det synes å være manglende kunnskap om hva konfigurasjonsstyring betyr.

Konfigurasjons- og dokumentasjonsstyring omfatter typisk:

- Identifikasjon (nummersystem)
- Prosedyrer for opprettelse, endring og fjerning av dokumentasjon/utstyr
- Et samlet konsistent register over alle dokumenter og utstyr, samt registreringer

Det finnes et dokumentasjonsnummersystem, men ikke et egentlig komponentnummersystem, f.eks. etter EN 61346.

Det kan også konstateres at dokumentasjonen ikke i alle tilfeller er underlagt konfigurasjonsstyring. Hertil kommer så anleggets komponenter. Dette er mindre kri-

tisk for NSI-63 sikringsanlegg, men meget kritisk ved bruk av elektroniske sikringsanlegg.

I Jernbaneverkets handlingsplan for sikkerhet [Ref. /9/] er det fastlagt en analyse og utforming av dokumentasjonsstyring, men tilsynelatende ikke av en konfigurasjonsstyring.

7.4 Feilhåndtering

Feilhåndtering er en sentral del av en effektiv sikkerhetsledelse, og også et krav i sikkerhetsnormene.

Det kan konstateres at Jernbaneverkets registrering av feil i BaneDataBanken er noe tilfeldig, og preget av de enkelte regioners større eller mindre engasjement.

Det må også konstateres at Jernbaneverket tilsynelatende ikke har et system for oppfølging av feil, det synes som om at det ikke er mulig å knytte typer av komponenter sammen med feil.

Jernbaneverket har utarbeidet rutiner for rapportering av feil [Ref /10/]. Her er en del gode momenter, men konkret ses f.eks at signalfeil ikke anses å ha konsekvens for sikkerhet. Generelt er vår vurdering at dette er et første trinn på veien.

Mangelfull feilhåndtering er også påpekt av SINTEF i deres rapport [Ref /1/]

7.5 Organisasjon av vedlikehold

Jernbaneverket er en følge av den omorganiseringen, som skulle adskille infrastrukturforvalter og operatør (den som driver togdrift), slik at det ble oppnådd en konkurransesituasjon og at ressurser og kompetanse ble optimalt utviklet og utnyttet.

Jernbaneverkets målsetting er uttrykt ved:

Jernbaneverket skal drive, fornye og utvikle det offentlige jernbanenettet på en optimal samfunnsøkonomisk måte, og slik at trafikkutøverne får dekket sine behov for infrastruktur til fremføring av tog.

Dette utdypes, men det er ikke noe sted angitt noen målsetting omkring pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikeholdsvennlighet og sikkerhet, slik det er fastlagt i EN 50126.

Jernbaneverkets målsetting gir inntrykket av at økonomi og NSBs oppfyllelse av regularitet er de primære målsettinger i Jernbaneverket. Sikkerhet er ikke nevnt i Jernbaneverkets overordnede mål. Jernbaneverket har i sikkerhetshåndboken defi-

nert en sikkerhetsfilosofi, men det er svært viktig at denne er en integrert del av de forretningsmessige mål, slik at det blir balanse mellom sikkerhet og økonomi.

Det er konstatert at bl.a. mange sporfeltsreléer ikke var revidert etter regelverket. Det kan ses som en indikasjon på, at forebyggende vedlikehold er lavt prioritert, eller at det er avsatt utilstrekkelige ressurser til forebyggende vedlikehold.

Desentralisering av en rekke funksjoner har også svekket styring av dokumentasjon, endringer og den generelle kompetanse. Regionene er muligens i noen tilfelle for små til å sikre et tilstrekkelig faglig miljø. Dette er svært problematisk da Jernbaneverkets dokumentasjonsstyring i forveien ikke er vel definert og innarbeidet.

Generelt er det konstatert at det er mangler i den dokumentasjonen vi har sett. Vi har på befaring konstatert feil i, og avvik i, og uoversiktlig dokumentasjon på stort sett alle anlegg. Unntak er konstatert der anlegget nylig har gjennomgått en stor og omfattende revisjon. Dette er ikke en ny situasjon.

Det ble opplyst at Jernbaneverket har opplevd mange endringer og at dette angivelig er årsaken til de mange feil i dokumentasjon og mangel på motivasjon blant personale. Vi må konstatere at de dokumentasjonsfeil, vi har sett, også gjelder for dokumentation som er utarbeidet for flere år siden. Også i forbindelse med Tretten ulykken og Åsta-ulykken er det konstatert mangler i dokumentasjonen. Dette er ett problem, da feil i dokumentasjon kan være kritisk i forbindelse med feilretting eller ved endringer i anleggene.

I handlingsplan for sikkerhet [Ref. /9/] er det angitt at dette skulle underkastes en kartlegging, men det må bekymre at dette først nå iverksettes. Hertil kommer så implementeringen. Det er også funnet dokumentasjonsfeil i systemdokumentasjonen for NSI-63, altså de tegninger som danner basis for prosjekteringen.

I Jernbaneverket har man delt drift og vedlikehold av signalanlegg (og andre anlegg) i forvaltning og produksjon. Det var inntrykket vårt ved befaringen at disse organisatoriske endringer ikke er fullt forankret, og at medarbeidene fant situasjonen svært vanskelig. Å etablere en slik organisasjonsendring inneholder også en rekke potensielle risiki for uklar ansvarsfordeling, svekkelse av motivasjon og at ikke alle konsekvenser er klart belyst. Det synes ikke klart hvordan f.eks ansvar for dokumentasjonsstyring, oppfølging av feil, vurdering av utviklingen innen feil og hvem som har spisskompetansen er håndtert.

Det skal understrekes at nevnte forhold er basert på vår uformelle befaring og kun uttrykker vårt umiddelbare inntrykk. Det er imidlertid forhold som også er nevnt i Åsta-rapportene og indirekte har Jernbaneverket jo også erkjent mange av nevnte problemer i forbindelse med sin sikkerhetsplan.

8. Referanser

8.1 Referansemateriale

Referanser nevnt her er direkte anvendt som basis for rapporten.

- /1/ Pålitelighets- og sikkerhetsanalyse av signalanlegg
SINTEF Rapport STF75 F93022
1993-03-11
Utarb. Lars Bodsberg (faglig ansvr.), Kjell Bergh, Per Hokstad, Johan F. Lindeberg, Ragnar Rossness, Knut Øien, Stein Øvstedal

- /1.1/ Del I Hovedrapport
- /1.2/ Del II Vedlegg A-D
- /1.3/ Del III Vedlegg E

- /2/ Jernbaneulykken ved Tretten 22.2.75
Teknisk vurdering av sikringsanlegget
1976-05-21
Utarb. Arne T. Holen, Ove Silkoset

- /3/ Åsta-ulykken, 4. Januar 2000
Hovedrapport
Rapport fra undersøkelseskomisjonen oppnevnt ved kongelig resolusjon 7. Januar 2000
Avgitt til Justis- og Politidepartementet 6. November 2000
Utarb. Vibecke Groth (leder), Ingemar Pålsson, Finn Mørch Andersen, Øystein Skogstad, Marika Kolbenstvedt, Joakim Böcher, Jacob Ferdinand Bull (sekr.)

- /3.1/ Hovedrapport
- /3.2/ SINTEF Report STF72 F00305 (vedlegg)
Train accident at Åsta, 4. Januar 2000.
Technical Investigation of the signalling Installation

- /4/ Rapport fra Region Øst
Hendelse på Brumunddal stasjon
18. april 2000

- /5/ "Er det blitt farligere å reise i Norge"
Tidskriftet Samferdsel nr. 6 / 2000, s. 8-9
Rune Elvik, dr. polit, forskningsleder ved Transport-økonomisk institutt

- /6/ Jernbaneverket
Signal JD550
Regler for prosjektering
(revisjonsdatoer 01.01.99, 01.01.00)

- /7/ Jernbaneverket
Signal JD551
Regler for bygging
(revisjonsdatoer 01.01.99, 01.01.00)

- /8/ Jernbaneverket
Signal JD552
Regler for vedlikehold
(revisjonsdatoer 01.01.99, 01.01.00)

- /9/ Jernbaneverket
Handlingsplan
Sikkerhetsrelaterte forbedringsaktiviteter i Jernbaneverket
November 2000
(versjonen datert 22.11.00)

- /10/ Jernbaneverket
Rutiner for innmelding og analyse av inntrufne feil ved infrastruktur
Utgitt 05.01.01

- /11/ SAFEWARE - System Safety and Computers
Nancy G. Leveson
ISBN 0-201-11972-2

- /12/ IEC 61508 : Functional safety of electrical/electronic/programmable
electronic safety-related systems

7 dele

8.2 Supplerende materiale

Referanser nevnt her er brukt som bakgrunn for rapporten, men er ikke direkte referert

- /Sup. 1/ Jernbaneverket:
Lærebok i jernbaneteknikk
L551, Kapittel 3
NSI-63
Utgitt : 01.09.99

- /Sup. 2/ Tegninger Ler stasjon
(detaljert liste i vedlegg)
- /Sup. 3/ Registreringer Brummundal
Registrering av indikeringer og reléstillinger (logg)
(detaljert liste i vedlegg)

8.3 Vedlegg

Vedlegg inneholder detaljerte tekniske analyser, gjennomgang av foreliggende materiale og beskrivelser.

Konklusjoner er angitt i de relevante avsnitt i rapporten.

- /Vedlegg 1/ SINTEF Rapport "Pålitelighets- og sikkerhetsanalyse av signalanlegg"

Detaljert gjennomgang av SINTEF Rapport STF75 F93022 - Pålitelighets- og sikkerhetsanalyse av signalanlegg [Ref. /1/]

- /Vedlegg 2/ Jernbaneulykken ved Tretten 22.2.75

Detaljert gjennomgang av Rapporten over Jernbaneulykken ved Tretten 22.2.75
[Ref. /2/]

- /Vedlegg 3/ Åsta-ulykken, 4. Januar 2000

Gjennomgang av Rapporten over Åsta-ulykken, 4. Januar 2000
[Ref. /3/]

- /Vedlegg 4/ Brumunddal-hendelserne

Vurdering av logg og feilregistreringer

- /Vedlegg 5/ Teknisk Analyse av NSI-63

Detaljert teknisk analyse av NSI-63:

- /Vedlegg 6/ Analyse av feilrapporter og sikkerhetsfeil

Detaljert teknisk analyse av registreringer av feil i BaneDatabanken og Synergi

/Vedlegg 7/ Befaringer/intervju

Rapportering av utførte befaringer og referat av opplysninger fra uformelle intervju.

/Vedlegg 8/ Prosjektering, drift og vedlikehold

Detaljert vurdering og sammenfatning av konstateringer omkring Jernbaneverkets regelverk, projektering, drift og vedlikehold av NSI-63

/Vedlegg 9/ Rolf Hovinds gjennomgang etc av NSI-63 sikkerhetsfeil

Rolf Hovinds rapport

/Vedlegg 10/ Detaljert referanseliste

