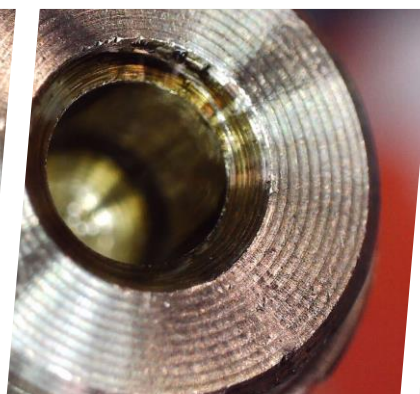
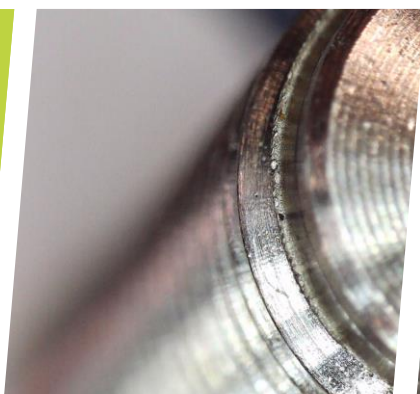




Avgitt desember 2022

RAPPORT BANE 2022/08

*Feil i sikringsanlegget på Jar
T-banestasjon, Kolsåsbanen
27. november 2021*



This report is also available in English

Statens havarikommisjon (SHK) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre jernbanesikkerheten.

Formålet med Havarikommisjonens undersøkelser er å klarlegge hendelsesforløp og årsaksfaktorer, utrede forhold som antas å ha betydning for forebyggelsen av ulykker og alvorlige hendelser, og fremme eventuelle sikkerhetstilrådinger. Det er ikke Havarikommisjonens oppgave å fordele skyld og ansvar.

Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sikkerhetsarbeid skal unngås.

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	4
OM UNDERSØKELSEN	5
1. FAKTA	8
1.1 Hendelsesdata	8
1.2 Hendelsesforløp	8
1.3 Arbeid i nærheten	9
1.4 Skader	9
1.5 Været	9
1.6 Involverte aktører	9
1.7 Kjøretøyundersøkelser	10
1.8 Trafikkledelse og signalsystem	10
1.9 Befaring og observasjoner av reléets feiltilstand	10
1.10 Undersøkelser av V.T.1-relé	11
1.11 Lover og forskrifter	19
1.12 Sikkerhetsstyring – internt regelverk og prosedyrer	20
1.13 Liknende hendelser	20
2. ANALYSE.....	23
2.1 Hendelsesforløp	23
2.2 Vippeakselen «vane» kan ha blitt hindret i rotasjonen av mekaniske årsaker	23
2.3 Ytre påvirkning kan ha manipulert reléet	24
3. KONKLUSJON.....	27
3.1 Årsaker og medvirkende faktorer	27
3.2 Gjennomførte og planlagte tiltak etter hendelsen	27
3.3 Annet	27
4. SIKKERHETSTILRÅDINGER.....	29

Sammendrag

Lørdag 27. november 2021 kl. 0756 oppdaget Sporveien T-banen AS' trafikkleder at tog 1316, en sporvogn av typen SL95, i fjernstyringssystemet framstod som «Lost at track». Trafikkleder gjennomførte etablerte feilsøkingrutiner, og fikk bekreftet tilstanden da det etterfølgende tog 303, et MX T-banetog, heller ikke bela sporfelt 839. Dette sporfeltet dekker sporavsnittet ved inngående plattform for T-banetrafikken på Jar stasjon.

Sporveiens personell gjennomførte undersøkelser i signalhuset og fant at reléet for sporfelt 839 ikke falt av som forutsatt da sporfelt 839 ble kortsluttet. Etter å ha tatt reléet ut av holderen og satt det tilbake på plass igjen, fungerte det som normalt. Imidlertid ble reléet byttet som følge av hendelsen og før normal drift ble gjenopprettet. Sporfeltreléet hadde vært revidert hos produsent og leverandør i mai 2021, og vært i bruk i anlegget i under seks måneder.

Det oppsto ingen konsekvenser som følge av tilstanden, men manglende spordeteksjon setter signalanlegget ut av spill og øker faren for sammenstøt mellom kjøretøy.

Havarikommisjonen har fått utført tester av reléet hos produsent Siemens Mobility Limited i England, samt detaljerte målinger og undersøkelser hos Kongsberg Aviation Maintenance Services og Forsvarets laboratorietjenester.

Havarikommisjonen har ikke med sikkerhet kunnet fastslå årsaken til at reléet ikke falt av da sporfeltet ble kortsluttet av kjøretøyene. Etter Havarikommisjonens vurdering er det likevel mest sannsynlig at små metallfragmenter, funnet i lagrene for reléets vippeaksel («vane»), har forhindret rotasjonen.

Det har heller ikke vært mulig å fastslå hvordan fragmentene fant veien inn i lagrene. Reléet er en forseglet enhet som kun åpnes på fabrikk. En mulig forklaring kan være måten lagrene ble produsert eller oppbevart på i fabrikken, eller mangelfull rengjøring da lageret skulle settes sammen igjen etter revisjon.

Havarikommisjonen fremmer ingen sikkerhetstilrådinger etter denne undersøkelsen ettersom Siemens Mobility Ltd. har endret sin prosess for rengjøring av lagre før montering.

Om undersøkelsen

Beslutning om å undersøke

Statens havarikommisjon (SHK) mottok 29. november 2021 varsel fra Sporveien T-banen AS om at det 27. november 2021 hadde oppstått en tilstand hvor sporfelt 839 ikke indikerte belegg¹ når kjøretøy befant seg på det aktuelle sporfeltet.

Beslutning om å gjennomføre en sikkerhetsundersøkelse er gjort på bakgrunn av hendelsens alvorlighetsgrad, med hjemmel i lov 3. juni 2005 nr. 34 om varsling rapportering av jernbaneulykker og jernbanehendelser m.m. (jernbaneundersøkelsesloven) § 11.

Informasjon om at SHK hadde igangsatt undersøkelse ble meddelt involverte parter den 3. desember 2021. European Union Agency for Railways (ERA) ble informert samme dag.

Formål

Statens havarikommisjon er undersøkelsesmyndighet ved jernbaneulykker og jernbanehendelser. I henhold til jernbaneundersøkelsesloven § 3 skal undersøkelsesmyndigheten klarlegge hendelsesforløp og årsaksfaktorer, utrede forhold av betydning for å forebygge jernbaneulykker og avgi undersøkelsesrapport.

Undersøkelsesmyndigheten skal ikke ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Undersøkelsen skal foregå uavhengig av annen etterforskning eller undersøkelse som helt eller delvis har slikt formål.

Organisering, omfang, og avgrensninger

Organisering og mandat for undersøkelsen ble besluttet i oppstartmøtet. Undersøkelsen er gjennomført som et prosjektarbeid, ledet av undersøkelsesleder. Undersøkelseseier er avdelingsdirektør, baneavdelingen i Statens havarikommisjon.

Havarikommisjonen avgjør selv omfanget av undersøkelsen og hvordan den skal gjennomføres. Ved avgjørelsen tas det hensyn til hvilken lærdom undersøkelsen forventes å gi med tanke på å forbedre sikkerheten, ulykken eller hendelsens alvorlighetsgrad, dens innvirkning på jernbanesikkerheten generelt og om den inngår i en serie av ulykker eller hendelser.

Havarikommisjonen har i denne undersøkelsen fokusert på mulige årsaker til at sporfelt 839 ikke ble belagt og at sporfeltreléet ble hengende, til tross for at sporfeltet var kortsluttet eller drivspenningene til reléet var fjernet.

Undersøkelsesprosessen

Ved oppstart av en undersøkelse varsles berørte parter via brev og SHK sin nettside. Før rapporten ferdigstilles sendes et utkast til berørte parter, slik at disse kan bli kjent med rapportens innhold og komme med innspill. I noen tilfeller kan dette medføre ytterligere undersøkelser for å fjerne uklarheter eller for å verifisere nye elementer som er gjort kjent for Havarikommisjonen. Havarikommisjonen beslutter hvilke innspill som skal tas med i den endelige rapporten.

¹ Belegg – et belagt sporfelt detekter at et kjøretøy, eller andre tekniske innretninger for å lage belegg, befinner seg på sporfeltet.

Undersøkelsesrapporten er utformet jf. forskrift 31. mars 2006 nr. 378 om offentlige undersøkelser av jernbaneulykker og alvorlige jernbanehendelser m.m. (jernbaneundersøkelsesforskriften) § 12

Endelig undersøkelsesrapport oversendes Samferdselsdepartementet, som treffer nødvendige tiltak for å sikre at det tas behørig hensyn til sikkerhetstilrådingene, jf. forskrift 31. mars 2006 nr. 378 om offentlige undersøkelser av jernbaneulykker og alvorlige jernbanehendelser m.m. (jernbaneundersøkelsesforskriften) § 16.

Informasjonskilder og metoder

- Informasjon fra systemer hos Sporveien T-banen AS og Sporveien AS
- Internt regelverk, styrende dokumenter og instruksjer
- Gjeldene lovgivning og forskrifter
- Intervjuer
- Befaring på hendelsesstedet
- Undersøkelser gjennomført av Havarikommisjonen selv, med støtte fra den britiske havarikommisjonen, leverandører og særskilt ekspertise
- NSIA sikkerhetsfaglige rammeverk med tilhørende metoder

Bruk av rapporten

Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sikkerhetsarbeid skal unngås.

Ved gjengivelse av innhold fra rapporten skal kildehenvisning oppgis.

1. Fakta

1.1 Hendelsesdata	8
1.2 Hendelsesforløp	8
1.3 Arbeid i nærheten	9
1.4 Skader	9
1.5 Været	9
1.6 Involverte aktører	9
1.7 Kjøretøyundersøkelser	10
1.8 Trafikkledelse og signalsystem	10
1.9 Befaring og observasjoner av reléets feiltilstand	10
1.10 Undersøkelser av V.T.1-relé	11
1.11 Lover og forskrifter	19
1.12 Sikkerhetsstyring – internt regelverk og prosedyrer	20
1.13 Liknende hendelser	20

1. Fakta

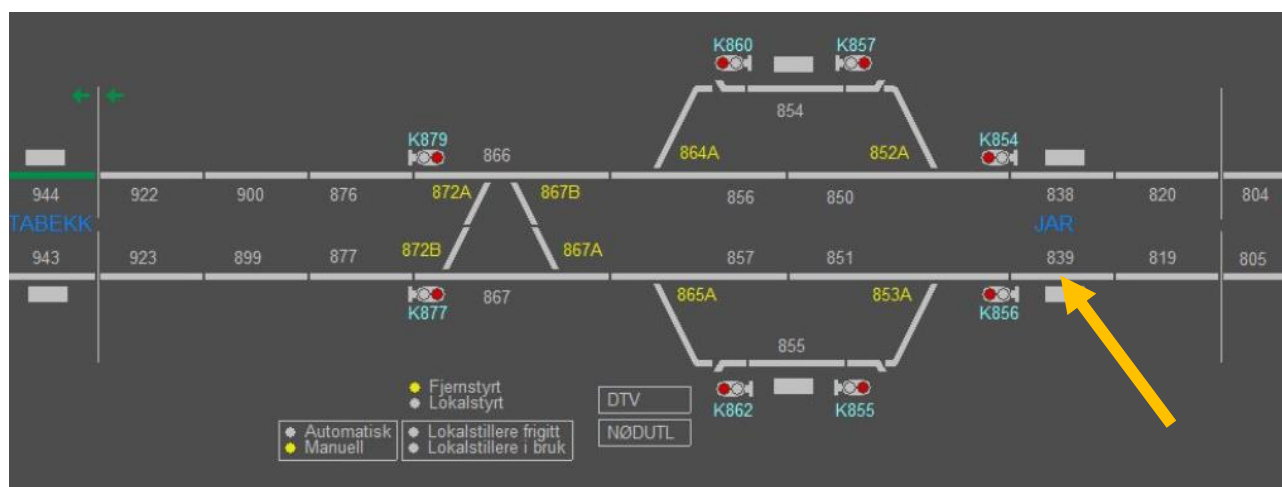
1.1 Hendelsesdata

Tabell 1: Om hendelsen

Sporfelt feilaktig ikke belagt	
Hendelsestidspunkt:	Lørdag 27. november 2021 kl. 0756
Hendelsessted:	Jar stasjon, Bærum kommune
Tognummer:	1316
Involvert materiell:	SL95
Infrastrukturforvalter og jernbaneforetak:	Sporveien T-banen AS

1.2 Hendelsesforløp

Lørdag 27. november 2021 kl. 0756 oppdaget Sporveien T-banen AS' trafikkleder at tog 1316, en sporvogn av typen SL95, i fjernstyringssystemet framstod som «Lost at track». Trafikkleder gjennomførte etablerte feilsøkingrutiner, og fikk bekreftet tilstanden da det etterfølgende tog 303, et MX T-banetog, heller ikke belaste sporfelt 839. Dette sporfeltet dekker sporavsnittet ved inngående plattform for T-banetrafikken på Jar stasjon (figur 1).



Figur 1: Oversikt over sporplan og sporfelt på Jar stasjon (aktuelt sporfelt markert). Kilde: Sporveien T-banen AS

Trafikkleder kalte ut signalmontør for å feilsøke på stedet, og tok samtidig automatikken ut av bruk på Jar for å kontrollere togenes bevegelser manuelt.

Signalmontøren gjennomførte undersøkelser i signalhuset og fant at reléet for sporfelt 839 ikke falt av som forutsatt da sporfelt 839 ble kortsluttet. Etter å ha tatt reléet ut av holderen og satt det tilbake på plass igjen, fungerte det som normalt. Imidlertid ble reléet byttet som følge av hendelsen og før normal drift ble gjenopprettet.

Det oppsto ingen konsekvenser som følge av tilstanden, men manglende spordeteksjon setter signalanlegget ut av spill og øker faren for sammenstøt mellom kjøretøy.

1.3 Arbeid i nærheten

Det hadde ikke blitt utført arbeid i Sporveien T-banens signalanlegg i forkant, eller på samme tid som hendelsen oppstod.

1.4 Skader

1.4.1 PERSONSKADER

Det oppsto ingen personskader i hendelsen.

1.4.2 SKADER PÅ INVOLVERTE KJØRETØY

Det oppsto ingen skader på kjøretøy i hendelsen.

1.4.3 SKADER PÅ INFRASTRUKTUR

Det oppsto ingen skader i infrastrukturen som følge av hendelsen.

1.5 Været

Lørdag 27. november 2021 ble det på Metrologisk institutts målestasjon på Blindern i Oslo målt temperaturer mellom -3,8 og -2,1 grader Celsius. Det er ikke rapportert om nedbør denne dagen eller i dagene umiddelbart før hendelsen.

1.6 Involverte aktører

1.6.1 SPORVEIEN T-BANEN AS

Sporveien T-banen AS (Sporveien T-banen) drifter og leverer all T-banetrafikk i Oslo og Viken. Selskapet har tillatelse fra Statens jernbanetilsyn for drift av infrastruktur, trafikkledelse og trafikkvirksomhet. Verkstedet og infrastrukturen, som er organisert i morselskapet Sporveien AS, inngår i T-banens driftstillatelse.

Sporveien T-banen kjører i henhold til avtale med administrasjonsselskapet Ruter AS, der Ruter bestiller ruteplan, og Sporveien T-banen planlegger og leverer trafikken. Sporveien T-banen drifter fem linjer i Oslo, hvorav to strekker seg inn i Bærum kommune i Viken fylke. Ved utgangen av 2021 hadde Sporveien T-banen 596 ansatte.

1.6.2 SPORVEIEN AS

Sporveien AS (Sporveien) eier Sporveien T-banen. I tillegg er Sporveien leverandør av utbyggings- og vedlikeholdstjenester til datterselskapet Sporveien T-banen AS.

Avdelingen Infrastruktur og prosjekter i Sporveien har ansvaret for å vedlikeholde, bygge og forvalte konsernets eiendommer og infrastruktur for trikk og T-bane – herunder stasjoner, tunneler, bygninger og skinnegang. Enheten har om lag 370 medarbeidere fordelt på lokasjonene Tøyen, Etterstad, Majorstuen, Grefsen og Holtet.

1.6.3 SIEMENS MOBILITY LTD.

Siemens Mobilty Limited er leverandør av signalsystemet som er i bruk på Jar stasjon, og også produsent av reléet som var involvert i hendelsen. Fabrikken i Chippenham, England produserer og vedlikeholder sporfeltreléer.

1.7 Kjøretøyundersøkelser

Med bakgrunn i at feilen var uavhengig av kjøretøytype og -individ som passerte sporfelt 839 har Havarikommisjonen ikke gjennomført tekniske undersøkelser av kjøretøyene som passerte Jar stasjon.

Ingen av de involverte kjøretøyene er rapportert med utfordringer ved passeringen av andre sporfelt. Tidligere erfarte problemstillinger knyttet til bruk av sand på skinnene, som isolerte vognene fra sporfeltene, er derfor ikke vurdert som relevante i denne undersøkelsen.

1.8 Trafikkledelse og signalsystem

T-banen i Oslo har et fulloverbåket og fjernstyrt signalsystem hvor togene hovedsakelig gis kjøretillatelse gjennom førerromssignalering. Dette er et system som kontinuerlig oppdateres gjennom signaler som sendes gjennom skinnegangen og som fanges opp av antenner på toget. Tillatt hastighet bestemmes av sporets geometri og avstanden til forankjørende tog. Sporet er derfor delt inn i et stort antall sporfelt som detekterer togenes posisjon. Dette rapporteres til signalanlegget som fastsetter hastighetskoden som sendes til toget.

Korrekt deteksjon av tog er derfor sentralt for sikker drift. Sporveien T-banen har etablert ulike muligheter til å avdekke manglende togdeteksjon. Fjernstyringssystemet er normalt automatisk drevet. Dette gjør at togene følger en på forhånd planlagt rute, og trafikkledelsen kan overvåke dette på sine skjermer. Om et tog ikke detekteres på et sporfelt mister det sin identitet på trafikkleders sporplan og i systemet. Det vil derfor etter relativt kort tid bli oppdaget av trafikkledelsen. I slike tilfeller følger trafikkleder egne retningslinjer for å håndtere situasjonen. I hendelsen på Jar ble disse rutinene fulgt som forutsatt.

1.9 Befaring og observasjoner av reléets feiltilstand

Statens havarikommisjon var 20. januar 2022 på befaring i signalkiosken på Jar stasjon. Ved befaringen deltok signalmontøren som feilsøkte anlegget på ulykkesdagen, i tillegg deltok signalingeniører og representanter fra Sporveien T-banens sikkerhetsstab. Under befaringen fikk Havarikommisjonen demonstrert anlegget og det ble gjort dokumentasjon av reléer og infrastruktur. Hendelsesforløpet fra hendelsesdagen ble gjennomgått og feilsøkingsaktivitetene ble beskrevet og demonstrert. Havarikommisjonen legger til grunn personellet fra Sporveien sin beskrivelse av observasjoner og feilsøking i anlegget:

- Sporfasen til reléet ble brutt for å sjekke frafall og tiltrekk på reléet, men uten at reléet falt av.
- Spenning på sporfasen med brudd ble målt (0,03 V).
- Kontrollerte spenningene på sporfasen (2,54 V) og lokalfasen (227,08 V) uten brudd i kretsen.
- Brøt kun lokalfase uten at reléet falt av og målte spenning (0,63 V).
- Brøt begge spenningene uten at reléet falt av.
- Satt på spenningen igjen og målte alle fasene mot jord (ingen unormale verdier).
- Jordfeilindikering på relérommet ble kontrollert.
- Sporfeltreléet ble fysisk tatt ut, med resultat at det falt av. Det ble satt inn igjen og det trakk. Sporfasen ble fjernet og reléet falt av som normalt.
- Reléet ble deretter byttet ut. Spor- og lokalfase ble koblet ut og reléet tatt ut, slik at det var belegg i sporfelt imens nytt relé ble hentet.
- Da nytt relé var montert ble verdiene på sporfeltet målt som følger:

- Kortslutningsstrøm sporfelt – 3,5 A
- Strømtrekk relé normaldrift – 290 mA
- Fallshunt – 0,6 ohm
- Dragshunt – >1 ohm

Signalteknikerens visuelle observasjon og beskrivelse tilsier at reléet på hendelsestidspunktet var tiltrukket da det skulle ha falt av. Dette samsvarer med observasjonene gjort av togførere og trafikkleder i ATP-systemet, og også indikeringene i fjernstyringsanlegget. For å simulere togpassering, eller manglende strømforsyning fra lokalnettet, ble sikringene for disse fasene lagt ut. Dermed skulle magnetfeltet vært borte, og reléet skulle ha falt av ved tyngdekraften. Reléet falt av først da det ble fysisk håndtert ved å tas ut av basen.

1.10 Undersøkelser av V.T.1-relé

1.10.1 OM RELÉET

Reléet involvert i hendelsen på Jar var av typen Westinghouse Rail Systems Ltd. Style V.T.1-6F-4B med serienummer E02410989 produsert av Siemens Mobility LTD (figur 2).



Figur 2: Relé av type V.T.1-6F-4B. Foto: SHK

Relétypen fungerer ved at en roterende aksel, «vane» trekkes til gjennom et magnetfelt skapt av én spole med strømtilførsel fra strømmettet (lokalfase) og én spole med strømtilførsel fra sporfeltet (sporfase). Reléet faller av ved hjelp av tyngdekraften når én av strømtilførselene faller bort. Den roterende bevegelsen overføres til lineær bevegelse på en kontakttrekke gjennom veivaksler. Kontaktene i kontakttrekken er belagt med en spesiell legering for å hindre fastbrenning ved høyere

strømmer enn beregnet. Tidligere tester utført av Siemens Mobility for videreutvikling og kvalitetssikring av relétypen, har vist at for å oppnå klebing i disse kontaktpunktene måtte varmen være så høy at andre komponenter først smeltet og ble deformerte. Reléet er lukket og forseglet, og åpnes ikke av brukerne. Det monteres i en tilhørende base som igjen er forbundet med de aktuelle kontaktpunktene som er i bruk i anlegget.

Reléet var revidert hos produsent og leverandør Siemens Mobility i Chippenham, England, 25. mai 2021, og ble montert i anlegget på Jar 17. juni 2021. På hendelsesdagen hadde reléet dermed vært i bruk i underkant av seks måneder, og Havarikommisjonen anslår antall bevegelser til ca. 20 000. Sporveien T-banen har i sitt styrende dokument IE-TB0000-300-AC-103 krav om revisjon av slike reléer etter åtte år i drift. Største tillatte lagringstid mellom revisjon og driftsettelse er tre år. I tillegg til dette gjennomføres det periodiske kontroller av sporfelt og reléer.

Siemens Mobility opplyser at de beregner reléenes levetid til 10 år eller 1 million bevegelser.

V.T.1-reléer er en anerkjent og vanlig relétype for sporfelt. Westinghouse Brake and Signal Company utviklet og startet produksjon av typen på 1950-tallet, og i 2022 nyproduseres typen fortsatt. I dag er det Siemens Mobility som viderefører produksjon og vedlikehold, og det bygges og revideres mellom 500 og 700 reléer årlig. Siemens opplyser at MTBF (gjennomsnittlig tid mellom feil) ved to ulike feilkilder er henholdsvis 2 557 544 og 6 666 666 667 timer.

Produksjon, vedlikehold og kontroll av reléene gjøres av et fåtall personer med lang erfaring.

Etter at reléet er klart til forsendelse til brukeren pakkes det i en spesielt tilpasset eske utstyrt med overvåking som detekterer støt. Sporveien oppbevarer reléene i disse eskene når de ikke er montert i anleggene. Før reléene tas ut av esken for montering i signalanlegget, kontrolleres det at støtindikatoren ikke har løst ut. I slike tilfeller vil reléet sendes tilbake til fabrikken for kontroll og ny revisjon.

Havarikommisjonen har oppbevart reléet i samme type eske etter at det ble tatt i besittelse for undersøkelser.

1.10.2 UNDERSØKELSER AV V.T.1-RELÉET HOS SIEMENS MOBILITY CHIPPENHAM

For å forstå mulige årsaker til at reléet ikke falt av som forutsatt gjennomførte Statens havarikommisjon 16. mars 2022 tester av reléet hos fabrikanten Siemens Mobility Limited i Chippenham, England. Hensikten med undersøkelsen var å verifisere reléets funksjonalitet, dokumentere eventuelle feil, og forstå hvordan produksjon og testing av reléer ble gjennomført.

Transport av reléet til og fra testene skjedde som håndbagasje oppbevart i originalesken. Før undersøkelsene hos Siemens hadde Havarikommisjonen kun undersøkt reléet visuelt uten å demontere det. Reléet har vært håndtert med varsomhet når det har vært tatt ut av esken.

Testingen ble gjennomført i samarbeid med den britiske havarikommisjonen Rail Accident Investigation Branch ([RAIB](#)). RAIB deltok også i planlegging av testingen, og har i tillegg bidratt med sin kompetanse i undersøkelsen før og etter selve testingen i Chippenham.

Samtidig med testene demonstrerte Siemens Mobility sitt system for vedlikehold av slike reléer, og medarbeidere viste hele vedlikeholdsprosessen. Havarikommisjonen ble presentert for lagerhold, rutiner for vedlikehold av enkeltdeler og når eventuell kassasjon skjer. Medarbeiderne viste demontering og montering av reléer.

Havarikommisjonen fikk av Siemens Mobility demonstrert montering og kontroll av et V.T.1-relé. Oppbevaringen av hylsene som benyttes som lager for akseltappene skjer i en eske som står i verkstedlokalet. Hylsene leveres av en underleverandør og de er boret til korrekt diameter. For å

unngå smuss ved montering blåses hylsene rene med trykkluft før de monteres i reléet sammen med «vane». Lokalene var rene, og det var krav til bekledning for personellet og gjester.

1.10.2.1 Testprogram

Det var i forkant av de tekniske undersøkelsene av reléet satt opp en plan for gjennomføringen. Representanter fra SHK og RAIB deltok, dokumenterte og overvåket alle deler av undersøkelsene. Programmet bestod av:

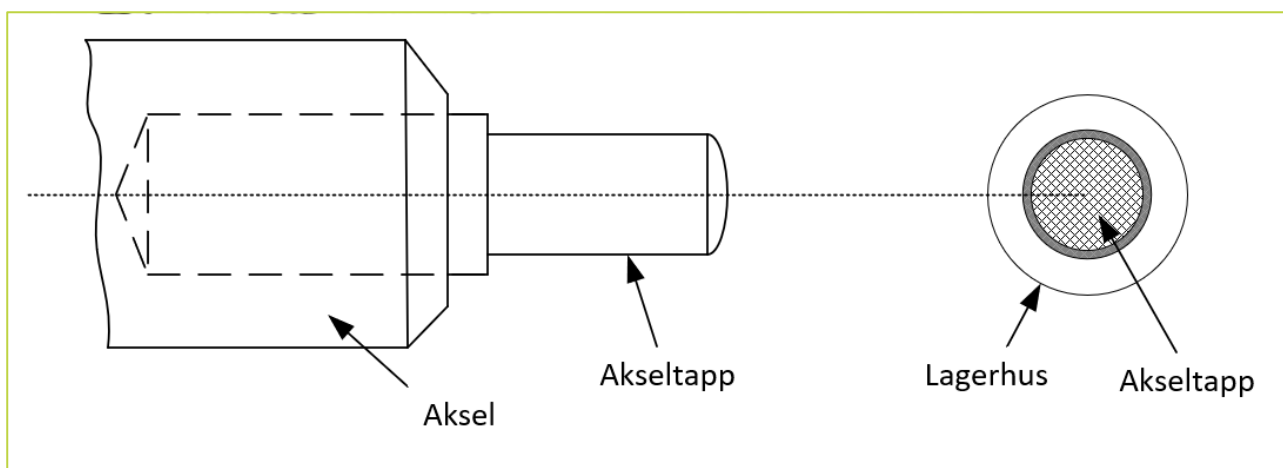
- Presentasjon og diskusjon om problemstillingen – visuell kontroll av reléet.
- Test av reléet i testbenk – både ved bruk av verdier målt på Jar hendelsesdagen og grenseverdier i reléets spesifikasjon.
- Kontroll mot et tilsvarende relé i testbenk.
- Ulike typer manipulering i testbenk for å fremprovosere mulige feil.
- Sluttkontroll – som om reléet skulle leveres til kunde.
- Kontrollmåling av alle toleranser, vekter og klaringer.
- Demontering av reléet for inspeksjon av alle deler.

1.10.2.2 Resultater av testene

Testene som ble gjennomført før demontering viste at reléet fungerte som forutsatt og uten feil. Det var ingen tegn til låsinger, heng eller brems som kunne forklare hvorfor reléet ikke falt av som forutsatt hendelsesdagen. Reléet falt av ved tyngdekraften og minste normert vekt er 9 gram. I dette reléet var vekten 14 gram. Havarikommisjonen forsøkte ulike former for manipulering av reléet for å teste ulike arbeidshypoteser, men det var ikke mulig å gjenskape feilen med tiltrukket vippeaksel «vane» slik som på hendelsesdagen.

Undersøkelsene ga to hovedfunn:

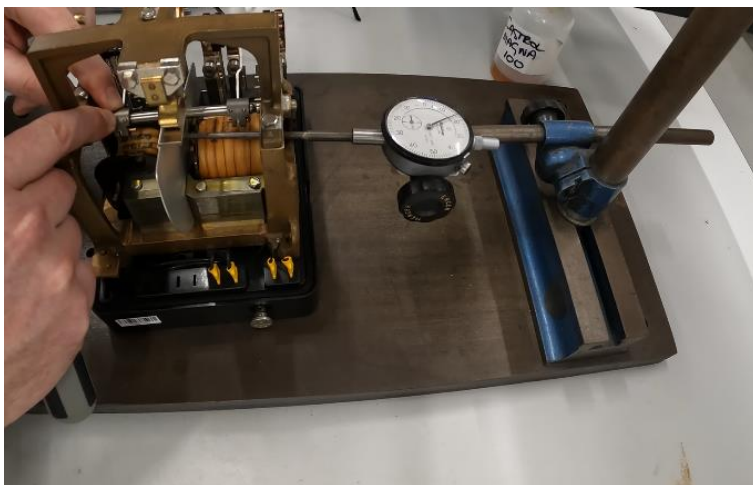
1. Ved kontroll av reléet mot spesifikasjonene i sluttkontrollen ble vippeakselen, «vane» funnet sideveis forskjøvet med 1/1000 tomme sett mot spesifikasjonen for sluttkontroll.
2. Etter demontering ble det funnet partikler i lagrene for vippeakselen, «vane» (figur 6, figur 8).



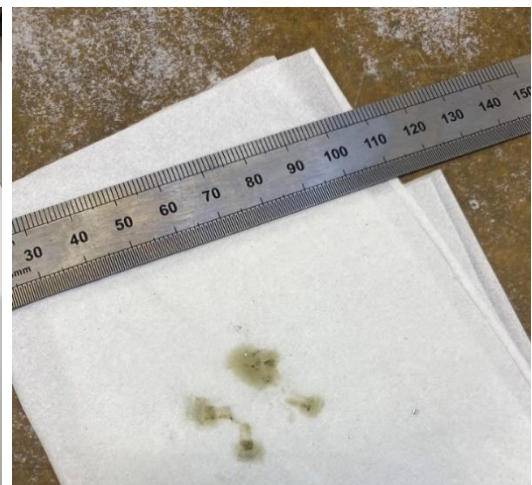
Figur 3: Skisse av vippeaksel «vane» og lager. Illustrasjon: SHK



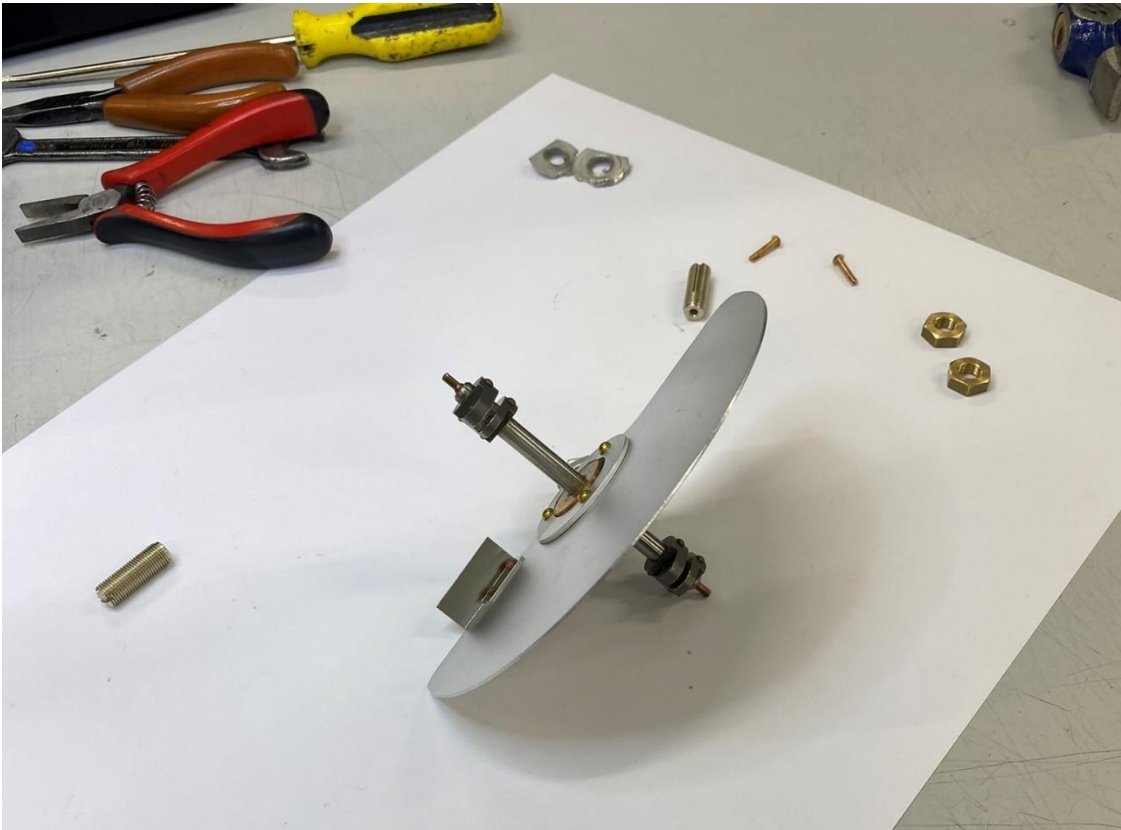
Figur 4: Sammenlikningsrelé montert oppe på testbenk. Det aktuelle reléet står på benken til venstre.
Foto: SHK



Figur 5: Måling av sideveis klaring for vippeaksel «vane».
Foto: SHK

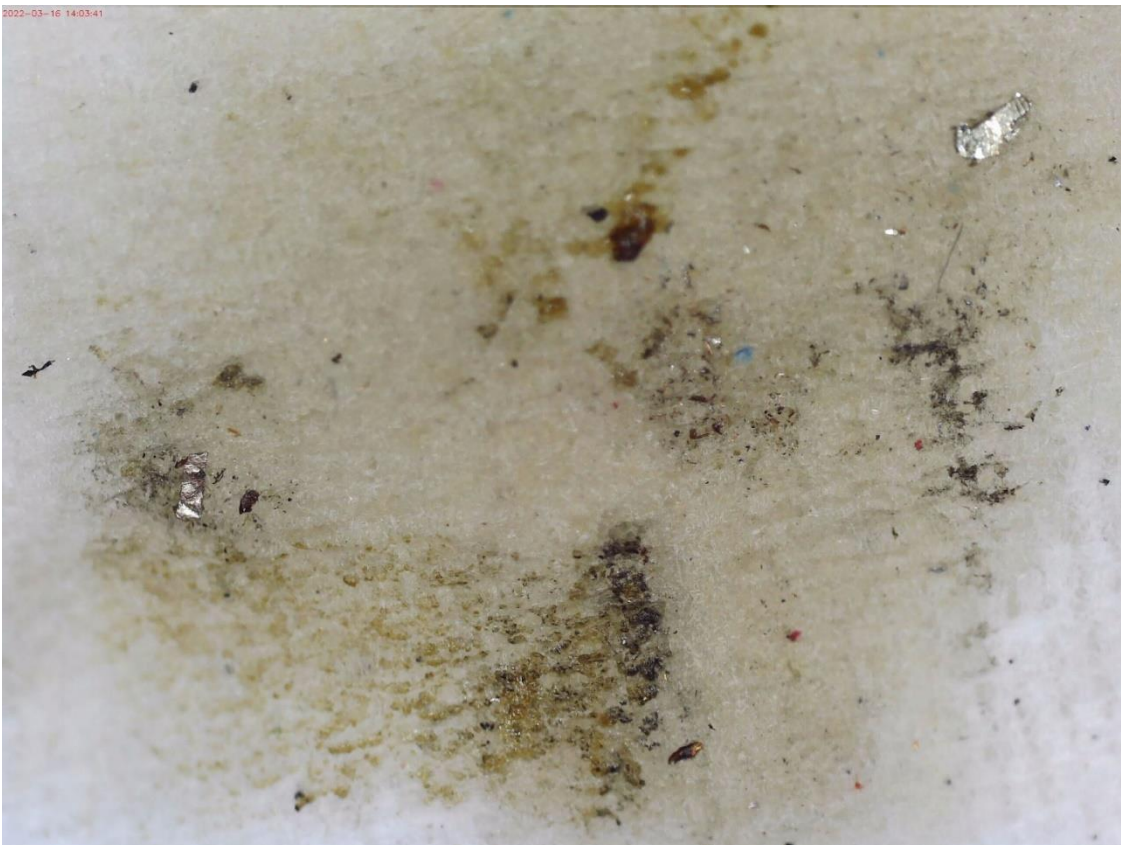


Figur 6: Avtørket materiale fra akseltapper på vippeaksel «vane». Foto: SHK



Figur 7: Vippeaksel, «vane». Foto: SHK

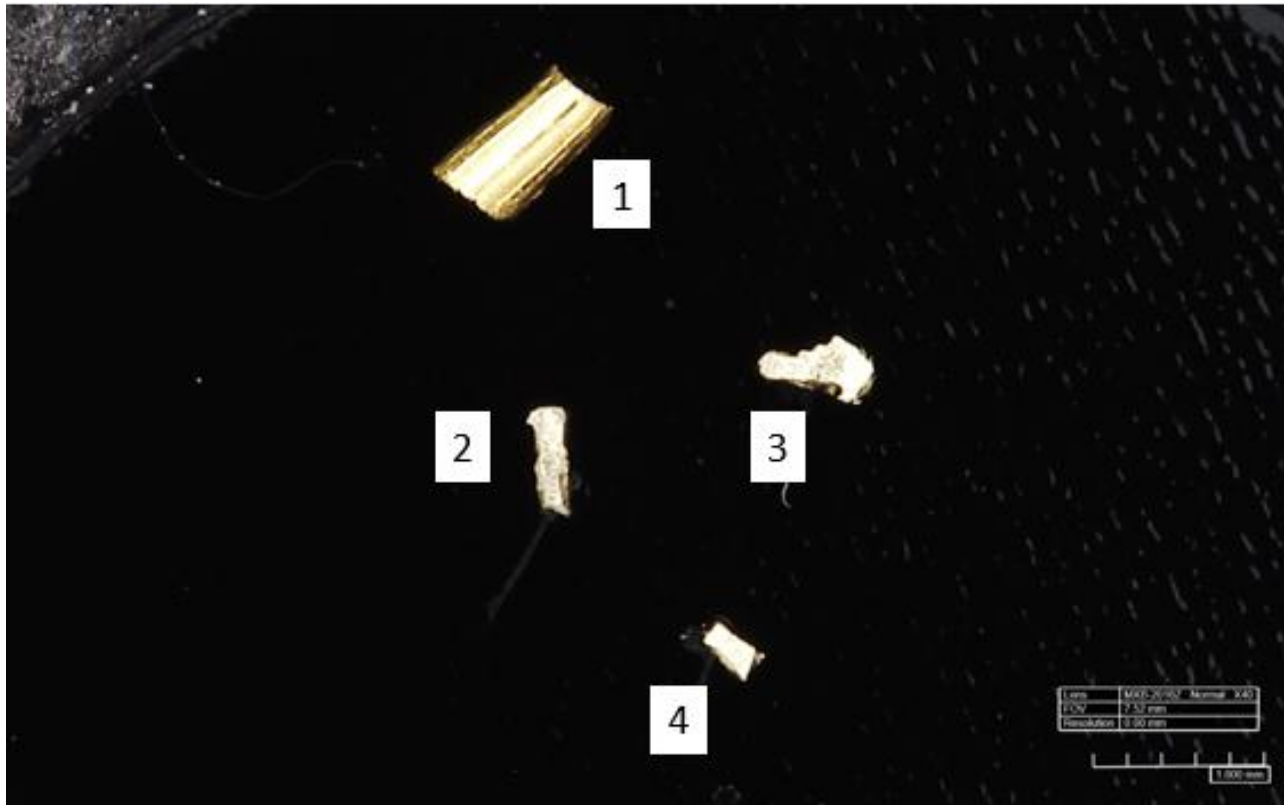
Materialet som ble tørket av fra akseltappene og lagrene ble undersøkt i et mikroskop Siemens Mobility hadde tilgjengelig, og siden fraktet med tilbake til SHK for videre undersøkelser.



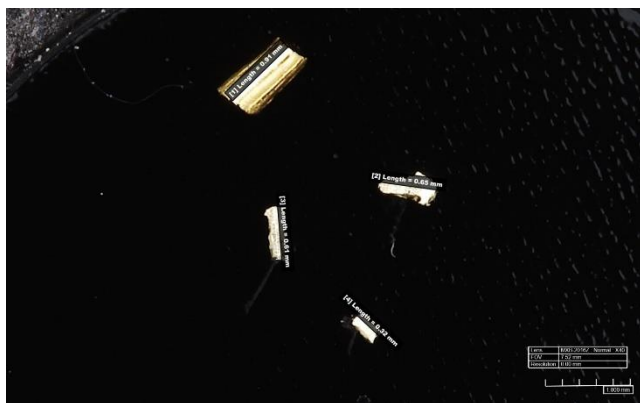
Figur 8: Fragmenter funnet på akseltapper fotografert med mikroskop. Foto: Siemens Mobility Ltd.

1.10.3 UNDERSØKELSER AV FRAGMENTER FUNNET PÅ VIPPEAKSEL

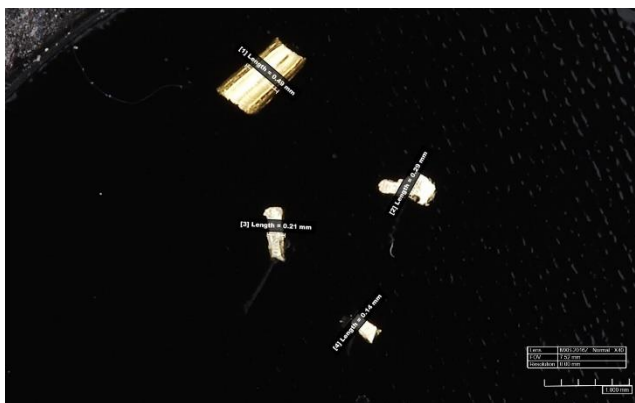
Med bakgrunn i funnene av fragmenter i lagrene ba Havarikommisjonen om bistand til ytterligere undersøkelser av disse fragmentene hos Forsvarets laboratorietjeneste. Disse undersøkelsene dokumenterer fragmentenes størrelse og legering. Ved opptak av EDS-spektre beskrives partiklene som en messing-legering. Havarikommisjonen observerte ikke slitasje på akseltapp eller i lageret som kan forklare fragmentene.



Figur 9: Oversiktspåse av fragmentene funnet på akseltappen. Størrelser er angitt i tabell 4. Foto: Forsvarets laboratorietjeneste



Figur 10: Fragmenter merket med lengde. Foto: Forsvarets laboratorietjeneste



Figur 11: Fragmenter merket med bredde. Foto: Forsvarets laboratorietjeneste

1.10.4 UNDERSØKELSER AV RELÉET HOS KONGSBERG AVIATION MAINTENANCE SERVICES (KAMS)

Havarikommisjonen har fått bistand til å måle diameter på akseltapper og lager hos Kongsberg Aviation Maintenance Services. Virksomheten har spesialutstyr for dette formålet. Det ble målt

diameter tre steder på henholdsvis akseltapp «vane» og inne i lageret. Målte diameter er angitt i tommer (imp) da dette er måleenheten i originaltegningene. Resultatene er vist i tabell 2.

Tabell 2: Oversikt over målte diametere i lager og akseltapper «vane». Tabell: SHK

	Lager høyre side, diameter	Lager venstre side, diameter	Vane høyre side, diameter	Vane venstre side, diameter	Klaring lager mot vane høyre side	Klaring lager mot vane venstre side
Øverst/ytterst	0,0998	0,0998	0,0929	0,0929	0,0069	0,0069
Midt	0,0992	0,0992	0,0927	0,0928	0,0065	0,0064
Nederst/innerst	0,0986	0,0987	0,0926	0,0926	0,0060	0,0061

Tabell 2 viser målte diametere i lager og akseltapper «vane» og beregnet klaring mellom lager og akseltapp for de respektive målingene. Minste beregnede klaring er 0,006 tommer. Minste beregnede klaring er brukt som grenseverdi for størrelse på fragmenter, vist i tabell 4.

Tabell 3 viser kravene til toleranse for akseltapp og lager. Alle målte varianter er innenfor dette kravet.

Tabell 3: Oversikt over krav til toleranser mellom akseltapp «vane» og lager. Kilde: Siemens Mobility Ltd. Tegning A51071 og A15012

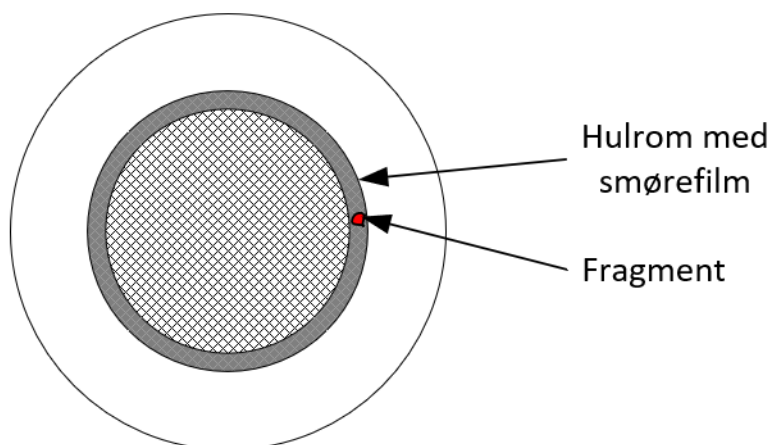
	Lager	Vane
Maksimum	0,100	0,0935
Minimum	0,098	0,0925

Tabell 4: Oversikt over størrelse på fragmentene og hvor disse overskrider klaringen mellom lager og akseltapp markert i rødt. Tabell: SHK

Biter funnet i lager, ref. figur 9	Bredde	Lengde
1	0,0193	0,0358
2	0,0114	0,0256
3	0,0083	0,0240
4	0,0055	0,0126

Sammenholdt med målingene av fragmentene vist i kap. 1.10.3, viser den røde markeringen i tabell 4 de alternativene hvor fragmentets maksimale størrelse overskrider det tilgjengelige klaringsrommet mellom lager og akseltapp (illustrert i figur 12).

Flere fragmenter kan også ha blitt liggende sammen og dermed bidratt til større total størrelse enn hvert individuelle fragment.



Figur 12: Lager, akseltapp, hulrom og fragment. Skisse: SHK

1.10.5 UNDERSØKELSER AV YTRE PÅVIRKNINGER PÅ JAR STASJON

Havarikommisjonen gjennomførte 20. januar 2022 undersøkelser og fotodokumenterte infrastrukturen og signalkiosken på Jar stasjon. Anlegget er nybygget i forbindelse med ombyggingen av Kolsåsbanen og ble i sin helhet levert av Siemens Mobility i 2011. Stillverket er lokalt og av Siemens Mobilitys type Westrace. Anlegget er et datamaskinbasert signalsystem med forriglinger i anleggets programvare. Reléene i anlegget benyttes i hovedsak til å detektere belagte sporfelt, og reléenes ut-signal gir datamaskinen informasjon om sporfeltet er belagt eller ikke. Anlegget overvåkes og fjernstyres fra T-banens trafikksentral.

Havarikommisjonen ba Sporveien T-banen om å dokumentere og logge ulike parametere i signalkiosken på Jar. Havarikommisjonen ønsket dokumentasjon for å kunne vurdere eller utelukke påvirkning på reléer fra forhold rundt belastning fra strøm, motstand og spenning over tid. I tillegg var det forhold rundt elektromagnetisk påvirkning som kunne være relevant ved undersøkelse av selve reléet. I en tidligere undersøkelse² knyttet til Sporveiens signalanlegg, var denne typen logging avgjørende for å klarlegge hendelsesforløpet.

Etter gjentatte henvendelser fra Havarikommisjonen meddelte Sporveien T-banen at de ikke ønsket å gjennomføre slike målinger da deres vurdering var at slik logging ikke ville bidra til å finne årsaken. På dette tidspunktet var resultatene fra fragmentundersøkelsen klare, og teorien om mekanisk feil styrket. Havarikommisjonen har anledning til å kreve undersøkelser utført, men vurderte at det i denne saken ikke var hensiktsmessig å igangsette videre undersøkelser i signalanlegget uten infrastrukturforvalterens samarbeid. Sikkerhetsundersøkelsen kan dermed ikke utelukke denne typen påvirkning siden målinger ikke er utført.

Havarikommisjonen mottok 13. juli 2022 supplerende dokumentasjon fra Sporveien T-banen om mulig EMC-påvirkning på V.T.1-reléer. Dokumentet³ er utarbeidet av DB Engineering & Consulting GmbH i forbindelse med idriftsettelse av SL18, en ny sporvognstype.

² [2021/02 Rapport om signalfeil på Grønland T-banestasjon 2. mars 2020.](#)

³ SL 18 Tram Sporveien 3rd Party assessment for Testing & Commissioning Compatibility Oslo infrastructure/ signalling Framework ID: RAM-00645 Framework Title: Technical Advice support Compatibility Case Report TDS –75 Hz VT1 track relay

I rapporten heter det blant annet:

By their design, two element AC induction track relays are immune to frequencies that differ considerably from the local frequency. They are also phase sensitive.

Et utdrag fra «SL 18 Tram Sporveien 3rd Party assessment for Testing & Commissioning Compatibility Oslo infrastructure / signalling Framework»³ er gjengitt i figur 13.

The EMC control plan for SL 18 issued by CAF (Q.68.97.010.00 Rev. D, 2020) mentions in chapter 6.3.1.1 track circuits operating at 50Hz and 75Hz. For these types, neither EN50238-2 (CLC/TS 50238-2, 2020) contains absolute interference limits, nor did SPV communicate any information to CAF. Hence, the proposal of the vehicle manufacturer CAF was to use reference measurements from an existing SL-95 vehicle to determine interference limits. These limits are stated as:

“From the measurements done in SL 95 type vehicle, the following values have been defined (transients excluded) as reference for the compatibility between trams and track circuits:

- 50Hz track circuits: 2.26A rms
- 75Hz track circuits: 1.50A rms”

These limits are to be understood as relevant to a small band of the frequency spectrum only, filtered around the nominal frequency (here 50Hz). They refer to the total current at the current collector.

The document (Q.68.97.010.00 Rev. D, 2020) was accepted by SPV with no comments.

Subsequent EMC testing by CAF (Q.68.92.775.61 Rev -, 2020) reported that these limits were not exceeded.

There are no objections in this result, because the VT1 relay is frequency-selective.

The EMC compatibility was challenged due to comments from SPV.

SL18-DBE-1.7.17-RE-0005-V_Compatibility_Case_Test_Report_75 Hz VT1_v.02.docx

Page 9 of 21

Figur 13: Utdrag fra rapport om EMC påvirkning. Kilde: Sporveien T-banen AS

Sporveiens vurdering, med bakgrunn i denne rapporten, er at eventuelle tilstedeværende frekvenser utenfra ikke kan påvirke denne type reléer.

Siden Havarikommisjonen ikke har fått dokumentert eventuell ekstern påvirkning i signalkiosken på Jar har Havarikommisjonen heller ikke vurdert eller testet rapportens reliabilitet på dette punktet ytterligere.

1.11 Lover og forskrifter

I denne undersøkelsen er det vedlikehold av komponenter i Sporveien T-banens signalanlegg som er vektlagt. For drift av infrastruktur på T-bane er det forskrift 10. desember 2014 nr. 1572 om krav til sporvei, tunnelbane forstadsbane m.m. (kravforskriften) som fastsetter minimumskrav til styring av virksomheten for å opprettholde eller forbedre sikkerhetsnivået. Dette innebærer drift av infrastruktur, herunder signalanleggene.

Videre har lov 3. juni 2005 nr. 34 om varsling, rapportering og undersøkelse av jernbaneulykker og jernbanehendelser m.m. (jernbaneundersøkelsesloven) vært relevant i forbindelse med gjennomføring av undersøkelsen.

1.12 Sikkerhetsstyring – internt regelverk og prosedyrer

Sporveien T-banen har et sikkerhetsstyringssystem som ligger til grunn for tillatelsen gitt av Statens jernbanetilsyn for drift av Infrastruktur, trafikk og trafikkstyring på T-banenettet. Styringssystemet stiller krav til leverandører som Sporveien og underleverandører, i dette tilfellet Siemens Mobility.

Sporveien T-banen har et teknisk regelverk som inneholder krav til sporfelt⁴.

Krav til vedlikehold av togdeteksjonen er beskrevet i et eget dokument⁵. I tillegg foreligger det flere instruksjoner for det konkrete vedlikeholdet som skal gjennomføres og kompetansekravene til utfører.

Krav til revisjon av sporfeltreléer er beskrevet i dokumentet K1-T-300-10 versjon 8.00/02.08.2016.

ID	S-pkt	Kilde Krav*	Komponent	Beskrivelse av aktivitet	Utført sign	Merknad
1.	S			Revisjon av sporfeltrelé - Sporfeltrelé erstattes med et nytt/revidert relé, og leveres til revisjon hos leverandør. - Alle innstikk (kontaktfjærer) må sjekkes etter utskifting av releer. Skiftmelding fylles ut og meldes IFS. Benytt skjema K1-IE-V-1 Melding om bytting/flytting av komponenter og individer		

Figur 14: Krav til bruk av leverandør for revisjon av sporfeltreléer. Kilde: Dokument K1-T-300-10 versjon 8.00/02.08.2016

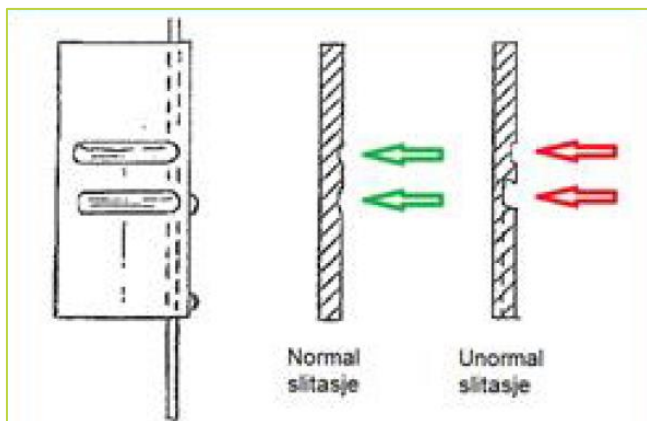
1.13 Liknende hendelser

Det er få hendelser registrert knyttet til feil på V.T.1-reléer. Gjennom undersøkelsen har Havarikommisjonen blitt gjort kjent med enkelte hendelser. Hendelsene er fra flere infrastrukturforvaltere enn Sporveien T-banen:

- En feil hvor reléet har blitt hengende som følge av unormal slitasje på «vanes» stopplate/anleggsplate og hvor det oppsto klebing/mekaniske forhold som hindret «vane» i å returnere til avfalt posisjon (figur 15). Denne feiltypen er kjent, og Sporveien T-banen følger opp dette i periodiske kontroller beskrevet i «Standardjobb 20». Denne inspeksjonen gjøres visuelt og er lett tilgjengelig for signalmontøren. Feilen er kjent fra flere tilsvarende anlegg og er etter det Havarikommisjonen kjenner til håndtert av infrastrukturforvaltere som benytter denne typen reléer.

⁴ IE-TB0000-300- AC-0007 Kapittel 4 Togdeteksjon versjon 03G/27.09.2011.

⁵ IE-TB0000-300- AC-1013 versjon 03G/27.09.2011.



Figur 15: Beskrivelse av feil hvor V.T. 1-reléets stopplate/anleggsplate er unormalt slitt. Kilde: Sporveien T-banen Standardjobb 20 versjon 10.20.

- Vinteren 1994 skjedde det på Majorstuen stasjon en liknende hendelse som på Jar, hvor tog fikk kjøretillatelse uten restriksjoner inn i et besatt sporavsnitt. Undersøkelser etter hendelsen viste at det aktuelle sporfeltreléet hadde blitt utsatt for kraftig ytre påvirkning fordi signalkiosken var blitt påkjørt av en snøryddingstraktor.
- En hendelse hvor et relé ikke falt av som forutsatt. Undersøkelser avdekket at reléet, i forbindelse med lagerhåndtering, hadde falt i bakken fra høyde uten at dette var blitt rapportert.

2. Analyse

2.1 Hendelsesforløp	23
2.2 Vippeakselen «vane» kan ha blitt hindret i rotasjonen av mekaniske årsaker	23
2.3 Ytre påvirkning kan ha manipulert reléet	24

2. Analyse

2.1 Hendelsesforløp

27. november 2021 oppsto det en situasjon på Jar stasjon der sporfelt 839 ikke indikerte belegg når kjøretøy befant seg på det aktuelle sporfeltet. T-banens trafikkledelse ble raskt oppmerksomme på situasjonen og håndterte denne etter gjeldende retningslinjer. Det oppsto ingen konsekvenser som følge av tilstanden, men manglende spordeteksjon setter signalanlegget ut av spill og øker faren for sammenstøt mellom kjøretøy.

Personell fra Sporveien T-banen som feilsøkte fant at sporfeltreléet ikke hadde falt av som forutsatt. Det falt heller ikke av da man gjorde det spenningsløst. Først da det ble fysisk håndtert, ved å ta det ut av basen, falt reléet av. Reléet ble remontert og fungerte da som normalt. Signalmontøren vurderte imidlertid at reléet ikke kunne bli værende i drift, og erstattet det med et nytt relé.

Manglende togdeteksjon er en farlig tilstand som kan medføre sammenstøt mellom kjøretøy, noen ganger i høy hastighet. Signalanleggene er derfor et delsystem som er tett fulgt opp gjennom krav til inspeksjoner, vedlikehold og revisjoner.

Det involverte reléet (V.T.1-6F-4B) er av en anerkjent type som er i bruk i et stort antall hos flere infrastrukturforvaltere både nasjonalt og internasjonalt. Reléet hadde nylig vært revidert hos produsent og leverandør Siemens Mobility i Chippenham, England, 25. mai 2021, og ble montert i anlegget på Jar 17. juni 2021. Feil, slik som på Jar, er meget sjeldne, men har et stort farepotensial. Produsenten anslår reléenes levetid til 10 år eller 1 million bevegelser.

Havarikommisjonen har i denne undersøkelsen arbeidet med to sikkerhetsproblemer som hovedhypoteser for at tilstanden kunne oppstå:

- Kan vippeakselen «vane» ha blitt hindret i rotasjonen av mekaniske årsaker?
- Kan ytre påvirkning ha manipulert reléet?

2.2 Vippeakselen «vane» kan ha blitt hindret i rotasjonen av mekaniske årsaker

Havarikommisjonen undersøkte reléet for å avdekke om mekanisk påvirkning kan ha hindret «vane» i å rotere. Undersøkelsene ble gjennomført i Norge og hos leverandøren i England. Det var ikke mulig å gjenskape feilen hvor reléet ikke falt av. Det var heller ikke mekaniske spor på noen av de bevegelige delene. Alle bevegelige deler løp fritt og presist.

Havarikommisjonen fant at vippeakselen «vane» var sideforskjøvet utenfor kravene til sluttkontroll. Sideforskyvingen var likevel ikke så stor at aluminiumsplatene tok bort i noen av spolene som driver reléet, og kan dermed ikke forklare hvorfor det ikke falt av.

Videre ble det funnet metallfragmenter i smøreoljen på akseltappene da disse ble tørket rene. Fragmentene bestod av en messing-legering, som ikke stammer fra akseltappen eller selve lagerhuset. I normal drift skal ikke reléet produseres spon eller fragmenter, og vippeakselens horisontale posisjon gjør at det er svært lite sannsynlig at noe ved hjelp av tyngdekraften «faller» inn i klaringen mellom aksellager og akseltappen. Havarikommisjonen vurderer det derfor som sannsynlig at fragmentene har kommet inn i lageret når reléet har vært åpent. Reléet er normalt lukket og forseglet, og er kun åpent ved produksjon og revisjon på fabrikken.

Havarikommisjonen fikk av Siemens Mobility demonstrert montering og kontroll av et V.T.1-relé. Hylsene som benyttes som lager for akseltappene oppbevares i en eske som står i verkstedlokalet. Hylsene leveres ferdig boret til korrekt diameter av en underleverandør. For å unngå smuss ved montering blåses hylsene rene med trykkluft før de monteres i reléet sammen med «vane». Lokalene var rene, og det var krav til bekledning for personellet og gjester. Likevel mener Havarikommisjonen at kontrollen med hylsene og oppbevaringen av disse er et sårbart punkt.

Havarikommisjonen har dermed ikke kunnet fastslå hvor fragmentene stammer fra, men mulige kilder er:

- delene som brukes kan være utsatt for forurensning fra omgivelsene siden de oppbevares i en åpen eske i lokalet
- spon fra produksjonsprosessen

Havarikommisjonens vurdering er at det er sannsynlig at ett eller flere av fragmentene kan ha befunnet seg i enden av akseltappen ved sluttkontrollen i juni 2021, og gjennom dette gjort at sideveisplasseringen av «vane» var korrekt da reléet var til sluttkontroll. I perioden reléet var i bruk kan fragmentene ha flyttet seg fra enden av akseltappen og over på lagerflaten. Som vist i tabell 4 er det flere muligheter for at et eller flere fragmenter kan fylle rommet mellom lager og akseltapp, og gjennom dette forhindre start av rotasjon. Flere fragmenter kan også ha blitt liggende sammen og dermed bidratt til større total størrelse enn hvert individuelle fragment.

Havarikommisjonens mener det kan være forbedringspunkter knyttet til prosessen for å blåse deler rene hos Siemens Mobility. Det store antallet reléer av denne typen i bruk på verdensbasis, og samtidig et svært lavt antall feil, underbygger derimot at produksjonsprosessen i all hovedsak sikrer at reléene er trygge i bruk. Kort tid etter at reléet ble undersøkt endret Siemens monteringsprosessen for å håndtere problemstillingen. På denne bakgrunnen gir derfor ikke Havarikommisjonen noen sikkerhetstilråding etter denne undersøkelsen.

2.3 Ytre påvirkning kan ha manipulert reléet

Reléet drives av to separate strømforsyninger som begge må være til stede for at reléet kan trekke. Den ene strømforsyningen kommer fra sporfeltet, mens den andre kommer fra strømmettet. Konstruksjonen som sikkerhetsrelé gjør at det faller av ved tyngdekraften når en av spenningene forsvinner. Et sporfelt som kortslettes av kjøretøyets aksel gjør at spenningen blir borte og reléet skal da falle. En alternativ hypotese til mekanisk påvirkning av «vane» er derfor om ulike former for elektrisk støy kan ha påvirket reléet. Enten gjennom frekvenspåvirkning eller ulike former for magnetisering.

Havarikommisjonen ba Sporveien T-banen utføre målinger av slike forhold, slik det ble gjort i forbindelse med undersøkelsen av en signalfeil på Grønland stasjon i 2020². Denne typen tekniske undersøkelser krever inngripen i signalanlegget, og et samarbeid med infrastrukturforvalter er avgjørende. I løpet av undersøkelsen vurderte Sporveien T-banen at denne typen målinger ikke hadde nytteverdi for saken og ønsket ikke å gjennomføre disse. Sporveiens vurdering er at eventuelle tilstedeværende frekvenser utenfra ikke kan påvirke denne type reléer. Havarikommisjonen har derfor kun teoretisk data som sier noe om mulighet for slik påvirkning. På dette tidspunktet var resultatene fra andre undersøkelser klare. Hypotesen rundt mekanisk påvirkning ble vurdert som så sannsynlig, at ønsket om å gjennomføre målinger i signalanlegget ble frafalt.

I en undersøkelse hvor den direkte utløsende årsaken til tilstanden ikke er åpenbar, er utelukkelse av aktuelle hypoteser en viktig del av metodikken for å sannsynliggjøre hva årsaken kan ha vært. I dette tilfellet har ikke Havarikommisjonen hatt muligheter til å avkrefte hypotesen om påvirkning av

elektrisk eller magnetisk støy og det kan svekke undersøkelsens kvalitet. Havarikommisjonens formål er å forstå og forklare ulykken, og identifisere eventuelle sikkerhetsproblemer. Hensikten er at det kan settes inn rette tiltak så ikke en tilsvarende hendelse eller ulykke skjer igjen. Dersom undersøkelsen ikke blir så fullstendig som den kunne ha vært, kan det bety at en fare fremdeles er latent samtidig som det kan ha blitt satt inn ressurser mot faktorer som ikke nødvendigvis trengte å bli prioritert.

3. Konklusjon

3.1 Årsaker og medvirkende faktorer	27
3.2 Gjennomførte og planlagte tiltak etter hendelsen	27
3.3 Annet	27

3. Konklusjon

3.1 Årsaker og medvirkende faktorer

27. november 2021 oppsto det en farlig tilstand på Jar stasjon da sporfelt 839 ikke ble belagt da T-banetog 1316 befant seg på sporfeltet. Reléet hadde vært revidert hos produsent og leverandør i mai 2021, og vært i bruk i anlegget i under seks måneder.

Det oppsto ingen konsekvenser som følge av tilstanden, men manglende spordeteksjon setter signalanlegget ut av spill og øker faren for sammenstøt mellom kjøretøy.

Havarikommisjonen har ikke med sikkerhet kunnet fastslå årsaken til at reléet ikke falt av da sporfeltet ble kortsluttet av kjøretøyene. Etter Havarikommisjonens vurdering er det likevel mest sannsynlig at små metallfragmenter, funnet i lagrene for reléets vippeaksel («vane»), har forhindret rotasjonen.

Det har heller ikke vært mulig å fastslå hvordan fragmentene fant veien inn i lagrene. Reléet er en forseglet enhet som kun åpnes på fabrikk. En mulig forklaring kan være måten lagrene ble produsert eller oppbevart på i fabrikken, eller mangelfull rengjøring da lageret skulle settes sammen igjen etter revisjon.

Havarikommisjonen fremmer ingen sikkerhetstilrådinger etter denne undersøkelsen ettersom Siemens Mobility Ltd. har endret sin prosess for rengjøring av lagre før montering.

3.2 Gjennomførte og planlagte tiltak etter hendelsen

Umiddelbart etter at undersøkelsene hos Siemens i England var utført endret Siemens sin arbeidsprosess:

- Alle lagerskruer blir før montering ultralydvasket for å sikre at all skjæreolje og eventuelle partikler fra produksjonen er fjernet.
- Smøreolje som brukes ved monteringen oppbevares i en lukket beholder, og påføringen skjer ved bruk av en ren sprøyte.

3.3 Annet

Havarikommisjonen har ikke avdekket andre forhold av sikkerhetsmessig art i forbindelse med denne undersøkelsen.

4. Sikkerhetstilrådinger

4. Sikkerhetstilrådinger

Statens havarikommisjon fremmer ingen sikkerhetstilrådinger i denne undersøkelsen.

Statens havarikommisjon
Lillestrøm, 15. desember 2022