


# RAPPORT

Bane 2021/05



## TEMARAPPORT OM AKSELLAGERHAVARIER 7. NOVEMBER 2019 OG 27. MARS 2020

 English summary included

*Statens havarikommisjon (SHK) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre jernbanesikkerheten. Formålet med undersøkelsene er å identifisere feil og mangler som kan svekke jernbanesikkerheten, enten de er årsaksfaktorer eller ikke, og fremme tilrådinger. Det er ikke Havarikommisjonens oppgave å ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sikkerhetsarbeid skal unngås.*



**INNHOLDSFORTEGNELSE**

SAMMENDRAG.....	3
ENGLISH SUMMARY .....	4
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER .....	5
1.1 Melding om ulykkene .....	5
1.2 Undersøkelsen og organisering .....	5
1.3 Hendelsesdata .....	5
1.4 Hendelsesforløp .....	6
1.5 Personskader .....	12
1.6 Skader på involvert materiell .....	12
1.7 Skadebeskrivelse av infrastruktur og kjørevei .....	12
1.8 Været.....	13
2. GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER.....	14
2.1 Fokus og avgrensninger .....	14
2.2 Metode .....	14
2.3 Involverte aktører.....	14
2.4 Materiellundersøkelser.....	16
2.5 Tekniske undersøkelser av aksellagre.....	20
2.6 Undersøkelser av infrastruktur.....	32
2.7 Sikkerhet- og kvalitetsstyring .....	36
2.8 Liknende hendelser .....	47
2.9 Forskning, utvikling og trender i transportsektoren.....	49
2.10 Lover og forskrifter.....	53
3. ANALYSE.....	57
3.1 Innledning .....	57
3.2 Hendelsesforløp .....	57
3.3 Sammenlikning av de to hendelsene.....	58
3.4 Funn av strømskader på andre aksellagre .....	63
3.5 En gjennomgang av årsaker til varmgang i et aksellager .....	66
3.6 Å avdekke et begynnende aksellagerhavari i tide.....	74
4. KONKLUSJON .....	76
5. GJENNOMFØRTE OG PLANLAGTE TILTAK ETTER ULYKKEN .....	79
6. SIKKERHETSTILRÅDINGER .....	80
VEDLEGG.....	81

## SAMMENDRAG

Denne temaundersøkelsen tar for seg to avsporinger (7. november 2019 og 27. mars 2020) med samme type to-akslede godsvogner (Lgns). I begge hendelsene førte aksellagerhavarier til oppvarming og deformasjon av vognas aksellager og hjulaksel, som igjen førte til at hjulet på vogna mistet sin posisjon og sporet av.

I havariene ble komponentene svært ødelagte og deformerte av varme og store belastninger. Siden det gjorde det vanskelig å tyde skadebildet, har Havarikommisjonen valgt å gjennomgå de vanligste feilårsakene til varmgang med hensikt å beskrive relevans til de to havariene. Dette, sammen med en gjennomgang av arbeidsprosessen knyttet til vedlikehold av aksellagre, avdekket flere forhold som Havarikommisjonen mener kan forbedres. Flere av dem retter seg mot å dokumentere alle deler av arbeidsprosessen, også det som kun foreligger som en etablert praksis eller skjønnsmessige vurderinger. Som følge av dette har CargoNet AS oppdatert sine krav til vedlikeholdsleverandør Mantena AS. Likevel kan ingen av disse funnene direkte knyttes til havariene, men de kan ved forbedring bidra til å redusere sannsynligheten for varmgang i aksellagre.

Et jernbaneforetak har ansvaret for at deres materiell er i tilfredsstillende stand ved fremføring, også etter vedlikehold. Som bestiller av vedlikehold har kunden mulighet til å stille spesifikke krav til hvordan vedlikeholdet av deres materiell skal utføres. Havarikommisjonen anser det likevel som krevende å skulle sette seg inn i, og forstå hva som ligger til grunn for, de enkelte arbeidsbeskrivelsene hos en profesjonell ECM-godkjent vedlikeholdsleverandør. Det er derfor viktig med et godt samarbeid mellom de ulike partene.

Som en følge av detaljerte undersøkelser av aksellagre i mikroskop, ble det observert skader fra strømgjennomgang. I forkant anså man ikke dette som et stort problem ved godsvogner med denne typen aksellager. Det har ikke vært innenfor denne sikkerhetsundersøkelsens mandat å undersøke videre i hvilke situasjoner dette oppstår. Et slikt arbeid anses som svært omfattende. Havarikommisjonen mener et samarbeid mellom flere aktører må til for å skaffe mer kunnskap om skadene relatert til strømgjennomgang i aksellagre.

Det var ingen overvåkningssystemer som fanget opp tegn til varmgang på forhånd ved de to aksellagrene som havarerte. Havarikommisjonen mener Bane NOR SF bør utrede effektiviteten ved dagens nettverk for deteksjon av materiell med feil, og samtidig vurdere det fremtidige behovet for detektordata i tilstandsbasert vedlikehold.

Havarikommisjonen fremmer tre sikkerhetstilrådinger etter denne temaundersøkelsen:

1. For å få et bedre kunnskapsgrunnlag bør vedlikeholdsleverandør kartlegge og dokumentere hvilke skadetyper man finner ved underkjente aksellagre.
2. Et samarbeid mellom flere aktører bør kartlegge årsakene, omfanget og alvorlighetsgraden ved strømgjennomgang i aksellagre på denne typen materiell.
3. Infrastrukturforvalter bør i samarbeid med relevante aktører utrede effektiviteten ved dagens system for overvåkning av feil ved rullende materiell, inkludert fremtidige behov.



## ENGLISH SUMMARY

This class report looks into two derailments (on 7 November 2019 and 27 March 2020) involving the same type of two-axle freight wagon (Lgns). In both incidents, the failure of an axle bearing caused overheating and deformation of the wagon's axle bearing and wheel axle, which, in turn, caused the wheel to lose its position and derail.

In both incidents, the components were largely destroyed and deformed by heat and heavy loads. Because this made it difficult to interpret what lay behind the damage, the Norwegian Safety Investigation Authority (NSIA) chose to review the most common faults that cause overheating with a view to assess their relevance to the two incidents. That review, together with a review of work processes for maintenance of axle bearings, brought to light several factors that, in the NSIA's opinion, leave room for improvement. Several of these factors concern the need for documentation of all parts of the work process, including those that are exclusively based on established practice or discretionary assessment. As a consequence, CargoNet AS has updated their requirements to Mantena AS, the maintenance contractor. Though none of the above findings can be seen to have had any direct links to the incidents in question, improvements on this point can help reduce the likelihood of axle bearings becoming overheated.

A railway undertaking is responsible for ensuring that its rolling stock is in good running order, including after having undergone maintenance. The undertaking placing the maintenance order, may set specific requirements on how to maintain their rolling stock. Even so, the NSIA deems it a demanding task to examine and understand the grounds for the individual work descriptions of a certified entity in charge of maintenance (ECM). Good cooperation between the various parties involved is therefore important.

Current leakage erosion was observed in connection with a detailed examination of axle bearings under a microscope. This had not previously been considered a major problem in freight wagons with this type of axle bearing. It has not been part of the scope for this safety investigation to study the type of situations that give rise to such erosion. This is considered to be a very extensive task. The NSIA is of the opinion that there is a need for collaboration between several of the parties involved in order to gain more knowledge about current leakage erosion in axle bearings.

No monitoring systems were in place for advance detection of signs of overheating in the two axle bearings that failed. In the NSIA's opinion, Bane NOR SF should examine the effectiveness of today's network for detecting faulty rolling stock, and, at the same time, assess the future needs for detector data in connection with condition-based maintenance.

The Norwegian Safety Investigation Authority submits three safety recommendations following this class investigation:

1. In order to build more knowledge, the maintenance contractor should register and document the types of damage found in discarded axle bearings.
2. A collaboration of several parties should be set up to register the causes, scope and severity of current leakage erosion in axle bearings in this type of rolling stock.
3. The infrastructure manager, in collaboration with relevant parties, should examine the effectiveness of today's system for monitoring faults in rolling stock, and assess future needs.

# 1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

## 1.1 Melding om ulykkene

Statens havarikommisjon (SHK) mottok 7. november 2019 kl. 0314 varsel fra CargoNet AS om avsporing under innkjøring til Bergen stasjon. To havariinspektører reiste til stedet for å utføre undersøkelser samme dag. Informasjon om at SHK hadde igangsatt undersøkelse ble meddelt involverte parter den 11. november 2019. The European Union Agency for Railways (ERA) ble informert 13. november 2019.

27. mars 2020 skjedde en ny avsporing ved Bergseng på Dovrebanen. På grunn av likhetstrekk med den første avsporingen, ble det besluttet å behandle dem i en felles temaundersøkelse.

## 1.2 Undersøkelsen og organisering

Statens havarikommisjon er undersøkelsesmyndighet ved jernbaneulykker og jernbanehendelser. I henhold til jernbaneundersøkelsesloven § 3 skal undersøkelsesmyndigheten klarlegge hendelsesforløp og årsaksfaktorer. Den skal også 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.

Beslutning om å gjennomføre sikkerhetsundersøkelse er gjort på bakgrunn av ulykkens alvorlighetsgrad. Organisering og mandat for undersøkelsen ble besluttet i oppstartmøtet. Undersøkelsen er gjennomført som et prosjektarbeid, ledet av undersøkelsesleder. Undersøkelseseier er avdelingsdirektør, Jernbaneavdelingen i Statens havarikommisjon.

## 1.3 Hendelsesdata

Tabell 1: Fakta om avsporingene

<b>Avsporing</b>	<b>Bergen</b>	<b>Bergseng</b>
<b>Hendelsestidspunkt:</b>	7. november 2019, kl. 0243	27. mars 2020, kl. 1254
<b>Hendelsessted:</b>	Bergen stasjon	Bergseng, Dovrebanen
<b>Tognummer:</b>	5511	5731
<b>Togtype:</b>	Godstog	Godstog
<b>Involvert materiell:</b>	E114 lokomotiv med 14 vogner	E114 lokomotiv med 16 vogner
<b>Registrering avsporet vogn:</b>	Lgns 4276 4432 357-3 (vogn nr 13)	Lgns 4276 4432 078-5 (vogn nr 6)
<b>Togdata (fra vognopptak):</b>	377 m 937 tonn	429 m 915 tonn
<b>Eier:</b>	CargoNet AS	CargoNet AS
<b>Bruker:</b>	CargoNet AS	CargoNet AS
<b>ECM (1–4):</b>	CargoNet AS (ECM 1–3) Mantena AS (ECM 4)	CargoNet AS (ECM 1–3) Mantena AS (ECM 4)
<b>Besetning:</b>	1	1

## 1.4 Hendelsesforløp

De to hendelsene er beskrevet i hvert sitt delkapittel.

### 1.4.1 Avsporing med tog 5511 på Bergen stasjon 7. november 2019

Den 7. november 2019 ca. klokken 0243 sporet vogn nr. 13 i tog 5511 av under innkjøring på Bergen stasjon. Toget fra CargoNet AS kom fra Alnabru med Bergen som endestasjon. Fører merket ikke noe unormalt før han mistet trykket i hovedledningen.

Toget kom ut fra Ulriken tunnel i spor 14, og var på vei inn mot veksel 1 og videre inn i veksel 3. Toget sporet av med den nest bakerste vognen (litra Lgns 4276 4432 357-3) ca. 300 m etter innkjørhovedsignal på Bergen stasjon. Avspøringsmerket startet ved km 470,04.

Det avsporede hjulets akselkassehus ble funnet i sporet i Ulriken-tunnelen, nær blokksignalet ved km 466,25. Det ble ikke funnet skader av betydning der akselkassehuset lå. Fra punktet der akselkassehuset ble funnet til avspøringsmerket var det ca. 3,8 km.

Tog 5511 til Bergen stasjon var på vei inn i spor 83/82 da fører observerte at hovedledningstrykket falt. Toget stanset i spor 82, og fører ble gjort oppmerksom på avsporingen via Txp/togleder som hadde blitt varslet av personell på terminalen.

Avsporingen skjedde som følge av et lagerhavari på vognas venstre side (bakre aksel). Vogna fikk da en helning mot venstre som gjorde at den tippet over og mistet lasten da den kom til sporveksel 3. Avsporingen gjorde at begge lastbærerne på vogna falt av.



Figur 1: Sporplan for Bergen Stasjon, med rød ring markerer avsporingen. Kilde: Bane NOR SF



Figur 2: Avspningsstedet. Foto: SHK



Figur 3: Avspningsstedet sett fra bakerste vogn og veltet container. Foto: SHK



Figur 4: Ombufring i forbindelse med avsporet vogn. Foto: SHK



Figur 5: Den avsporede vogn. Foto: SHK



Figur 6: Hjul med lagerhavari på avsporet vogn. Foto: SHK

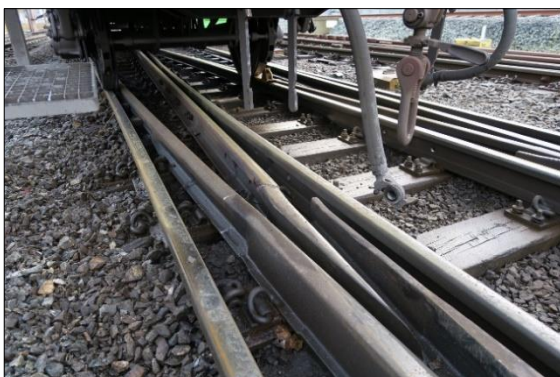




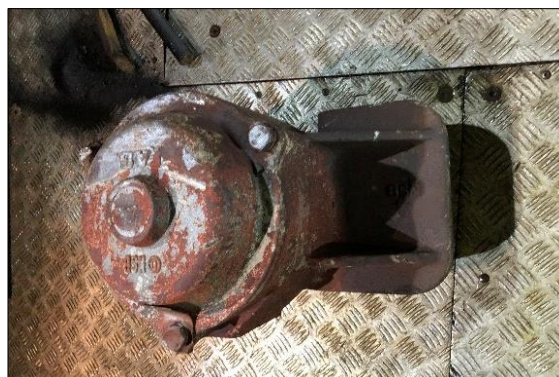
Figur 7: Første merke i skinnegangen, ca. 200 m fra bakre vogn. Foto: SHK



Figur 8: Store merker på venstre skinne hvor avsporingen startet. Foto: SHK

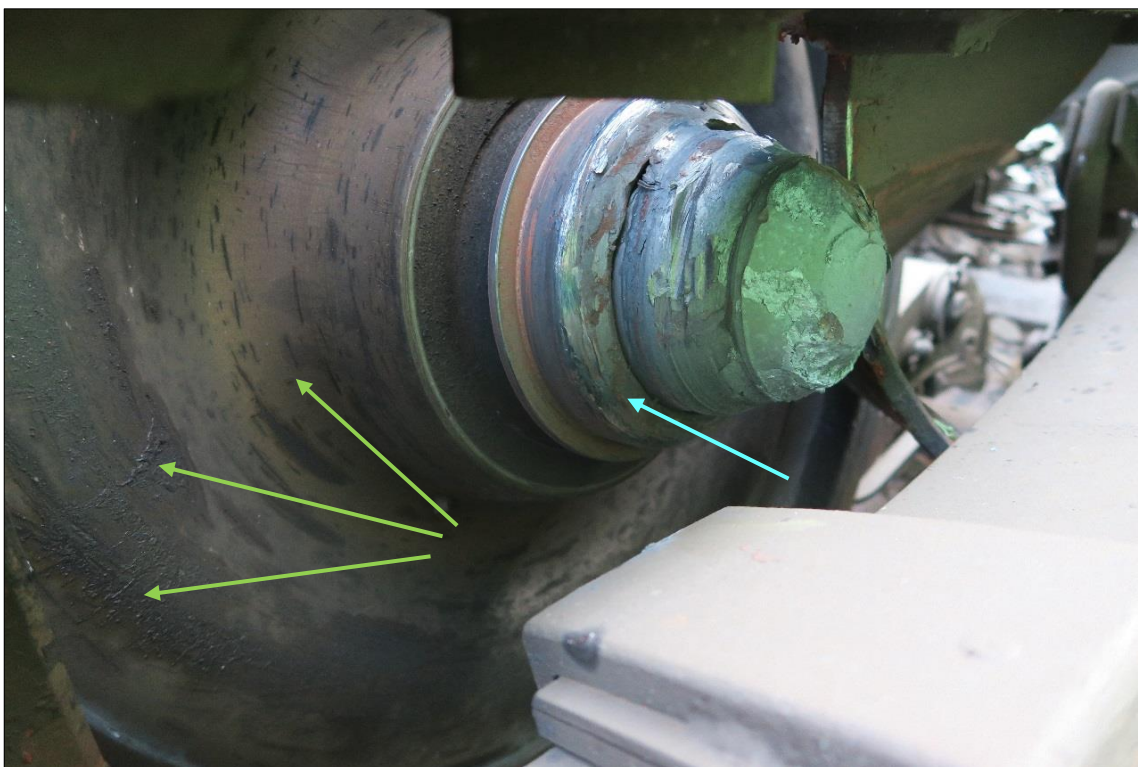


Figur 9: Skadet skinnekryss i sporveksel 3. Foto: SHK



Figur 10: Akselkassehus funnet i tunnel. Foto: Bane NOR

Det ble observert fettutkast på hjulet etter havariet (figur 11). Støvringen satt fortsatt på akselen.



Figur 11: Fettutkast på hjul (grønne piler), støvring (blå pil). Foto: SHK



#### 1.4.2 Avsporing med tog 5731 ved Bergseng, Dovrebanen 27. mars 2020

Den 27. mars 2020 kl. 1254 var tog 5731 fra CargoNet AS på vei fra Alnabru til Trondheim. Fører har opplyst at han hadde «kjør» og «forvent kjør» i innkjør hovedsignal A på Bergseng stasjon, men at signalet skiftet til «stopp» mens toget var inne på stasjonen. Som følge av dette tok fører nødbrems og merket samtidig et «rykk» i toget som kunne sammenlignes med et slakt kobbelt mellom lokomotiv og vogn. Rett etter ringte togleder og gav beskjed om at det ikke var kontroll på sporeksel 1 som toget hadde passert. Fører oppdaget da at vogn 6 (Lgns 4276 4432 078-5) i toget hadde sporet av. Lagerhavariet skjedde på vognas fremste aksel, på venstre side.

Avsporingsmerket ble funnet ved km 172,957. Vogna gikk avsporet i 2 053 m og stanset ved km 175,100. Resten av akseltappen og akselkassehuset ble funnet langs sporet, ca. 50 m før avsporingsmerket. Støvringen ble også funnet i sporet. Bane NOR SF anslår at ca. 3 500 sviller ble skadet.



Figur 12: Bergseng stasjon syd for Lillehammer på Dovrebanen. Kart: Bane NOR SF kartvisning





Figur 13: Avsporet vogn 42 76 443 2078-5. Foto: CargoNet AS



Figur 14: Fremre aksel, venstre side. Foto: CargoNet AS





Figur 15: Akselkassehus funnet i sporet.  
Foto: Bane NOR SF



Figur 16: Akseltapp funnet langs sporet.  
Foto: Bane NOR SF



Figur 17: Merking på hjulsats.  
Foto: Bane NOR SF



Figur 18: Akseltapp med 3 bolter.  
Foto: Bane NOR SF



Figur 19: Skilt med verkstedkode, dato og fettype.  
Foto: SHK



Figur 20: Bruddflate i akseltapp. Foto: SHK





Figur 21: Akselkassehus utvendig.  
Foto: SHK



Figur 22: Akselkassehus med skadet lager. To løse bolthoder ble funnet. Foto: SHK



Figur 23: Innvendig i lager. Foto: SHK



Figur 24: Innvendig i lager ses ruller. Foto: SHK

## 1.5 Personskader

Det oppstod ingen personskader i forbindelse med de to avsporingene.

## 1.6 Skader på involvert materiell

En vogn ble kondemnert etter havariet, tre lastbærere fikk skader og 1–2 vogner måtte ha mindre reparasjoner. De direkte kostnadene til de havarete vognene med tilhørende skader anslås til ca. 350 000 kroner. Dersom de indirekte kostnadene knyttet til merarbeid tas med, er estimatet 1,5–2 millioner kroner.

## 1.7 Skadebeskrivelse av infrastruktur og kjørevei

### 1.7.1 Bergen

Bergen stasjon ble stengt fra 7. november 2019 kl. 0243 til 8. november 2019 kl. 0920 som følge av avsporingen. Godsterminalen i Bergen ble stengt noe lenger. Bane NOR SF vurderte skadeomfanget som følger:

- Bytte av ca. 230 sviller (spor 14)
- Skader på sporveksel 1 og sporveksel 3, og muligens også sporveksel 28
- En ødelagt kryssveksellykt (for sporveksel 3)

De direkte kostnadene til reparasjon av infrastruktur estimeres til ca. 1,85 millioner kroner.

### 1.7.2 Bergseng

Ca. 3 500 sviller ble ødelagt, alle sporvekselsviller i sporveksel 1, samt ATC-balisene for forsignal-/innkjør hovedsignal A ble skadet.

Bane NOR anslår totale kostnader for hendelsen til 9,2 millioner NOK.

## 1.8 Været

Tabell 2: Værobservasjoner. Kilde: Meteorologisk institutt

Sted	Værobservasjoner
Bergen:	Ifølge Meteorologisk institutt var det 7. november 2019, kl. 03, ca. 3 °C og svak vind fra sør-øst i Bergen.
Bergseng:	Ifølge Meteorologisk institutt var det 27. mars 2020, kl. 13, ca. 6 °C og opphold ved Bergseng.

## 2. GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER

### 2.1 Fokus og avgrensninger

Undersøkelsen har fokusert på faktorene i et lagerhavari og mulighet for å detektere tilløp til lagerhavari for å unngå jernbaneulykker.

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 jernbanesikkerheten. Ulykken eller hendelsens alvorlighetsgrad, dens innvirkning på jernbanesikkerheten generelt og om den inngår i en serie av ulykker eller hendelser blir også vurdert.

### 2.2 Metode

Statens havarikommisjon benytter sitt felles sikkerhetsfaglig rammeverk og analyseprosess for systematiske undersøkelser<sup>1</sup>. Rammeverket beskriver hvordan SHK analyserer informasjon fra ulykker på en systematisk og etterprøvable måte.

Denne undersøkelsen tar for seg to hendelser på ulike tidspunkt som ble vurdert å ha sentrale fellestrekk. Det ble dermed besluttet å se på begge hendelsene i en felles undersøkelse for om mulig finne eventuell felles årsak(er).

Samme informasjon er innhentet for begge hendelsene for å ha et grunnlag for sammenlikning. Dette gir dermed basis som underlag for analyse av lokale sikkerhetsproblemer, medvirkende faktorer, barrierer og mer systemiske sikkerhetsproblemer i henhold til NSIA-metoden.

### 2.3 Involverte aktører

#### 2.3.1 CargoNet AS

I begge hendelsene ble godstoget fremført av CargoNet AS (heretter kalt CargoNet). CargoNet AS ble opprettet i 2002 som en videreføring av NSB Gods og kombivirksomheten i det svenske godsselskapet GreenCargo AB. Fram til 2010 var selskapet eid 55 % av NSB AS og 45 % av GreenCargo AB. Siden 2010 er selskapet eid 100 % av NSB (nå Vygruppen AS). CargoNet er Norges største transportør av gods på jernbane, og tilbyr transport i Norge og til og fra Sverige.

CargoNet har tillatelse til å drive trafikkvirksomhet knyttet til godstransport, inkludert transport av farlig gods, på jernbanenettet. Sikkerhetssertifikat del A og B er utstedt av Statens jernbanetilsyn med varighet til 31. mars 2026.

Førernes tjeneste på hendelsesdagen og i forkant av hendelsene viser at det ikke har vært noe unormalt med tjenesten.

---

<sup>1</sup> <https://havarikommisjonen.no/Om-oss/Metodikk>

Tabell 3: Oversikt over tjeneste i forkant. Kilde: CargoNet AS

	Bergen	Strekning
<b>29.10.2019</b>	kl. 18:13–02:17	Hønefoss–Bergen
<b>30.10.2019</b>		Fri ut dato
<b>31.10.2019</b>	kl. 21:31–04:30	Hønefoss–Bergen
<b>01.11.2019</b>	kl. 18:13–02:17	Bergen–Hønefoss
<b>02.11.2019</b>	kl. 14:42–20:09	Hønefoss–Alnabru–Hønefoss
<b>03.11.2019</b>	kl. 22:41–05:40	Hønefoss–Bergen
<b>04.11.2019</b>	kl. 18:13–02:17	Bergen–Hønefoss
<b>05.11.2019</b>	kl. 14:42–24:07	Hønefoss–Alnabru–Hønefoss
<b>06.11.2019</b>	kl. 21:31–04:30	Hønefoss–Bergen

Tabell 4: Oversikt over tjeneste i forkant. Kilde: CargoNet AS

	Bergseng	Strekning
<b>17.3.2020</b>	kl. 18:46–02:50	Alnabru–Langemyr
<b>18.3.2020</b>	kl. 21:40–05:37	Langemyr–Alnabru
<b>19.3.2020</b>		Fri ut dato
<b>20.3.2020</b>		Fri
<b>21.3.2020</b>		Fri
<b>22.3.2020</b>		Fri
<b>23.3.2020</b>		Fri
<b>24.3.2020</b>	kl. 07:56–15:40	Alnabru–Langemyr
	kl. 23:45–06:51	Langemyr–Alnabru
<b>25.3.2020</b>	kl. 21:04–04:10	Alnabru–Dombås
<b>26.3.2020</b>	kl. 13:59–21:00	Dombås–Alnabru
<b>27.3.2020</b>	kl. 08:00–15:28	Alnabru–Dombås

### 2.3.2 Mantena AS

Mantena AS (heretter kalt Mantena) var den tidligere verkstedenheten til Norges Statsbaner. Selskapet ble skilt ut som eget aksjeselskap i januar 2002, da med NSB(Vy) som eier frem til juli 2017. Fra 1. januar 2020 er selskapet eid av Nærings- og fiskeridepartementet. Mantena vedlikeholder og reparerer skinnegående kjøretøy, komponenter og skinnegående anleggsmaskiner for en rekke jernbaneselskaper.

Mantena utfører en rekke vedlikeholdsoppgaver, blant annet aksellager-revisjon, for CargoNet.

### 2.3.3 Bane NOR SF

Bane NOR SF (heretter kalt Bane NOR) er et statlig foretak med ansvar for den nasjonale jernbaneinfrastrukturen. Bane NOR har ansvaret for planlegging, utbygging, forvaltning, drift og vedlikehold av det nasjonale jernbanenettet. De har også ansvaret for trafikkstyring (herunder togledersentraler) og jernbaneeiendommer. Bane NOR har om lag 4 400 ansatte og har hovedkontor i Oslo. Bane NOR er 100 prosent eid av staten og er underlagt Samferdselsdepartementet.

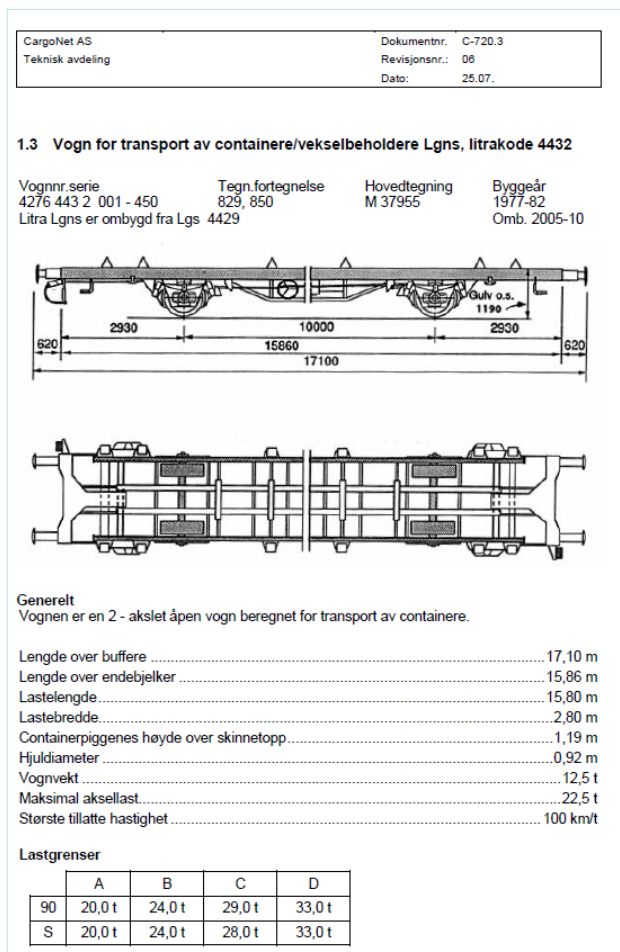
Bane NOR har tillatelse til drift av infrastruktur på jernbanenettet. Bane NOR har som infrastrukturforvalter sikkerhetsgodkjenning fra 1. januar 2017. Sikkerhetsgodkjenningen er gitt til 31. desember 2021. Sikkerhetsgodkjenningen gjelder for det nasjonale

jernbanenettet og tilknyttet infrastruktur som Bane NOR etter avtale påtar seg å drive for private, herunder sidespor og terminalspor.

## 2.4 Materielle undersøkelser

### 2.4.1 Om vogntypen Lgns

Vogntypen som sporet av i begge hendelsene har litra Lgns og typebetegnelse 4432. I følge CargoNet er vogntypen en 2-akslet containervogn med konvensjonelt UIC løpeverk. Løpeverket er avfjæret av parabelfjærer innfestet med fjærleker i vognrammas fjærknekter. Vognas egenvekt er ca. 12 tonn, lastekapasiteten er på 33 tonn og største aksellast er på 22,5 tonn.



Figur 25: Lgns vogn. Kilde: CargoNet AS

Vognen ble opprinnelig bygget som litra Lgjs i perioden 1977–1982. Bufferbjelkene på denne vogntypen var avfjæret ved hjelp av en fjærinnsats midt på vogna. Vognene ble senere bygget om i perioden 1995–1998 til litra Lgs og i perioden 2005–2010 til dagens litra Lgns.

Bortsett fra havariene i Bergen og ved Bergseng, har CargoNet bare hatt én hendelse med lagerhavari de siste 5 år (2014–2019). Dette skjedde mellom Alnabru og Lillestrøm med

litra Lgns 4276 4432 115-5 den 25. februar 2016. Interngranskningen<sup>2</sup> utført av CargoNet kom ikke frem til en entydig årsak for havariet.

## 2.4.2 Vedlikeholdshistorikk for vognene

### 2.4.2.1 *Vogn 4276 4432 357-3 (Bergen)*

Det er fra 2013 (da vedlikeholdsstyringssystemet SAP ble innført) og frem til avsporingstidspunktet ikke registrert hendelser eller skader på vognna som kan bidra til å forklare lagerhavariet.

Vogna var inne til ettersyn 18. desember 2017 (ettersyn hvert 2. år) og forfalt til neste preventive vedlikehold 18. desember 2019. Vognen nærmet seg dermed sitt fastsatte revisjonsintervall ved avsporingen.

Den havarete hjulsatsen (serienummer 60071) gikk på vogn 4432 042 fra juni 2014 til oktober 2017. Den ble tatt ut pga. hjulslag/rubb av ukjent størrelsesorden. Etter dette ble den i januar 2018 innmontert på den aktuelle vognna.

Hjulsatsen var merket med «04.14» og hadde dermed siste lagerrevisjon og skivebytte i april 2014. Hjulsatsens løpslengde var ved havariet registrert til 581 449 km. Aksellagre revideres i forbindelse med vedlikehold av hjulsats som har revisjonsintervall på 12 år. I praksis gjøres dette allerede etter 6–8 år på grunn av hjulslitasje. Hjulsatsen i motsatt ende (serienummer 60016) var merket «12.12» noe som betyr at siste lagerrevisjon var i desember 2012. Aksellagrene på vognna var dermed ikke nær tiden for ny revisjon.

Alle de bremsetekniske komponentene var innenfor det fastsatte revisjonsintervallet på ulykkestidspunktet. Det samme gjaldt parabelfjærene.

### 2.4.2.2 *Vogn 4276 443 2078-5 (Bergseng)*

Det er fra 2013 (da SAP ble innført) og frem til avsporingstidspunktet ikke registrert hendelser eller skader på vognna som kan bidra til å forklare lagerhavariet.

2-årlig ettersyn ble utført 18. februar 2016 og 12. april 2018. Vognna skulle etter planen til 6-års revisjon i april 2020.

Malfunction start	Completion by date	Description	Activity text
27.03.2020		Lagerhavari aksel 1	Lagerhavari aksel 1 (37312). Skivebytte utført 02.2018 på aksel*
07.02.2020	10.02.2020	Lekk.veieventil (b ende)*	Lekk.veieventil (b ende)
17.12.2019	17.12.2019	Oppstigningshåndtak mangler	
16.10.2019	17.10.2019	Løs bufferhylse (inn-ut)	Løs bufferhylse (inn-ut)
22.10.2018	24.10.2018	Materialutfall hjul 2	
16.04.2018	16.04.2018	Sveising ved 2ÅE	I.h.t WPS-111-006
16.04.2018	16.04.2018	Hjulbytte ved 2ÅE	

\*) Ifm versktedbesøk blir det alltid utført kontroll av hjulskiver, aksler og akselkasser. Det ble ikke avdekket noe unormalt.

Figur 26: Utdrag fra oversikt over korrektivt vedlikehold etter siste 2-årige ettersyn. Kilde: Vognenes vedlikeholdsstatus, CargoNet AS

<sup>2</sup> Varmgang i lager på Lgns 4276 4432 115-5, Rapport 2016-01, CargoNet AS, 13.4.2016

Hjulsatsens løpslengde var ca. 268 000 km ved havariet og den ble innmontert på vogna 16. april 2018. Historikken til hjulsatsen viser ingen hendelser (hjulslag, materialutfall etc.) som kan bidra til å forklare lagerhavariet.

Hjulsats	Serienummer	Innmontert	Årsak hjulbytte	Historikk
HJG1	37312	16.04.18 1)	Materialutfall	Hjulsatsen fikk skivebytte og lagerrevisjon i mars 2018 og har gått 268003 km på vogn 4432-078 etter revisjon.
HJG2	60143	24.10.18	Materialutfall	Hjulsatsen fikk skivebytte og lagerrevisjon i februar 2011 og har gått minimum 683 123 km etter forrige skivebytte/revisjon.2) Den har gått 178093 km på vogn 4432-078 etter montering. Hjulsatsen har vært inne til dreieing i november 2014 og august 2018.

1) Byttet ved 2 årlig ettersyn

2) Basert på historikk i SAP MRO fra mai 2014.

Figur 27: Utdrag fra status for hjul på hjulsats med lagerhavari (HJG1 37312). Kilde: Vognenes vedlikeholdsstatus, CargoNet AS

Alle bremsetekniske komponenter (styreventil, lastbremsventil m.m.) og parabelfjærer var innenfor det fastsatte revisjonsintervall på ulykkestidspunktet.

### 2.4.3 Vognoptak for togene i de to hendelsene

Tabell 5: Vognoptak

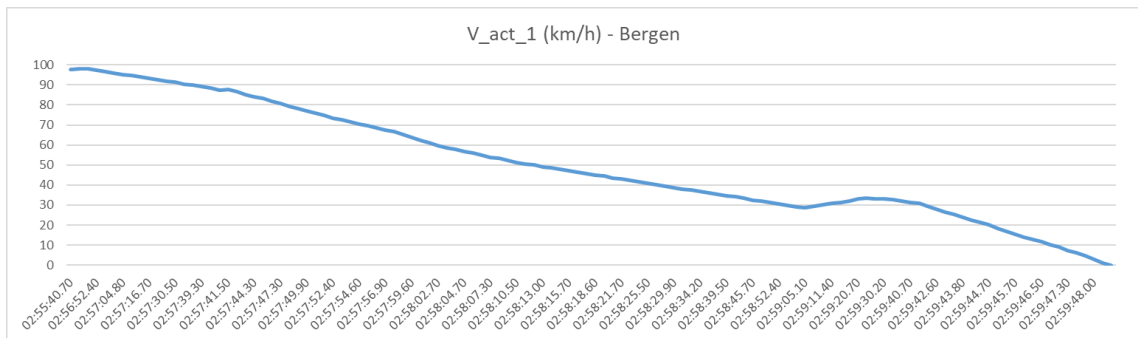
Vognoptak	Beskrivelse
<b>Tog 5511 Alnabru– Bergen</b>	<p>Godstog 5511 bestod av et EI14 (EI14 2200) lokomotiv med 14 vogner. Vogntypen Lgns som sporet av har litrakode 4432. Den avsporede vognen (4276 4432 357-3) hadde en bruttovekt på 32 tonn (egenvekt 12 tonn), noe som er innenfor den maksimale lastekapasiteten til vogna. Vogna var ikke lastet med farlig gods.</p> <p>Bremseprosenten inklusive lokomotivet var på 79 % og den totale togvekten på 937 tonn.</p> <p>Togets vognoptak er vist i Vedlegg E.</p>
<b>Tog 5731 Alnabru– Trondheim</b>	<p>Godstog 5731 bestod av et EI14 (EI14 2168) lokomotiv med 16 vogner. Vogntypen Lgns som sporet av har litrakode 4432. Vogna (4276 4432 078-5) er samme type som ved avsporingen i Bergen. Den avsporede vognen hadde en bruttovekt på 31 tonn (egenvekt 12 tonn), noe som er innenfor den maksimale lastekapasiteten til vogna. Vogna var ikke lastet med farlig gods.</p> <p>Bremseprosenten inklusive lokomotivet var på 81 % og den totale togvekten på 915 tonn.</p> <p>Togets vognoptak er vist i Vedlegg E.</p>

#### 2.4.4 Kjøremønster før hendelsene

I begge hendelsene ble det benyttet E114 lokomotiver. E114 har ferdsskriver av typen Teloc som registrerer tid, tilbakelagt distanse, hastighet, akselerasjon/retardasjon, og et begrenset antall digitale signaler.

##### 2.4.4.1 *Ferdsskriver fra E114 2200 (Bergen)*

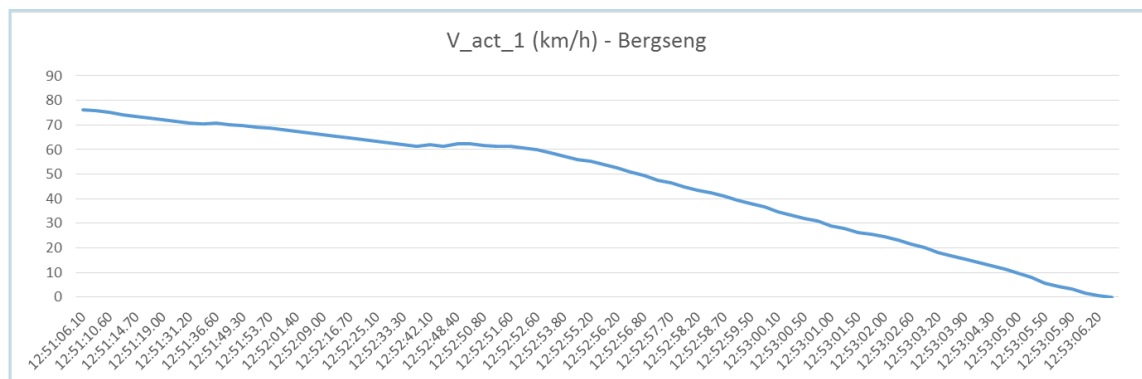
Skiltet hastighet i Ulriken-tunnelen på vei inn mot Bergen stasjon er 110 km/t, men i sporvekslene der avsporingen skjedde er skiltet hastighet 30 km/t. Hastighetsgrafene starter anslagsvis der akselkassehuset ble funnet og viser hastigheten toget holdt mens vogna gikk med havarett lager i 3,8 km (figur 28):



Figur 28: Hastighet fra akselkassehus falt av og frem til avsporing og stans. Kilde: Ferdsskriver i E114 lokomotiv<sup>3</sup>

##### 2.4.4.2 *Ferdsskriver E114 2168 (Bergseng)*

Skiltet hastighet på Bergseng stasjon der avsporingen skjedde er 80 km/t. Hastigheten før avsporingen var som vist i figur 29. Hastighetsgrafene starter anslagsvis der akselkassehuset ble funnet og viser hastigheten toget holdt mens vogna gikk avsporet i 2,1 km. Skiltet hastighet for strekningen fra Brøttum og frem til der akselkassehuset ble funnet er hovedsakelig 90 km/t (med et lite parti skiltet 70 km/t).



Figur 29: Hastighet fra akselkassehuset falt av, vogna sporet av og inntil toget stanset. Kilde: Ferdsskriver til E114 2168

<sup>3</sup> Det er ca. 15 minutter avvik mellom klokken i ferdsskriveren og faktisk tid.



## 2.5 Tekniske undersøkelser av aksellagre

### 2.5.1 Innledning

Aksellagrene fra begge hendelsene er undersøkt i flere omganger. Representanter fra CargoNet og Mantena har vært tilstede. Laboratorieundersøkelser har blitt utført på vegne av Havarikommisjonen hos Forsvarets Laboratorietjeneste, Kjemi og Material (FOLAT) og hos lagerprodusent SKF.

### 2.5.2 Om aksellager

#### 2.5.2.1 Komponenter

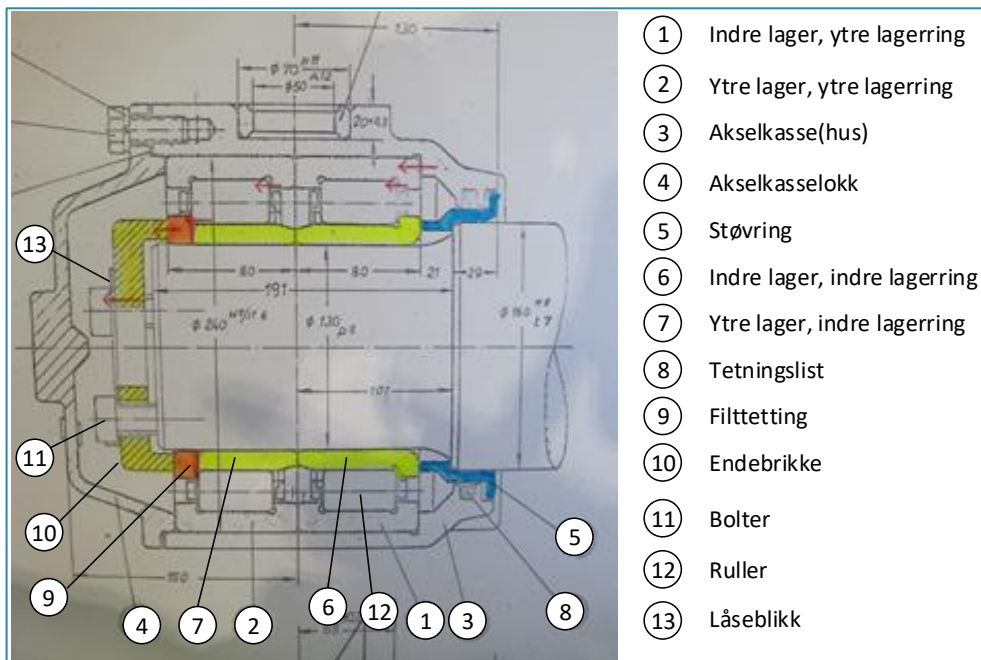
En hjulsats på en Lgns-vogn er utstyrt med to sylindriske rullelagre (aksellagre) på hver side, et indre og et ytre. Hvert aksellager består av en indre lagerring (innerring) som er krympet fast på akselen og en ytre lagerring (ytterring) med ruller holdt på plass av et rullebur imellom ringene.

De ulike komponentene tilknyttet et aksellager er vist i prinsippsskissen i figur 31.

Ytre diameter er 240 mm og indre 130 mm. Det finnes flere produsenter av aksellagre. ZVL betegner sine for PLC 410-33-2/34-2 (RWU 130x240), mens SKF bruker betegnelsen WU130x240. Hos CargoNet benytter man lagre fra SKF, ZVL og FAG.



Figur 30: Eksempel på revidert aksellager klart til bruk (ytterring og ruller i rullebur). Foto: SHK



Figur 31: Prinsippskisse. Kilde: CargoNet AS / SHK

Rulleburene i aksellagrene er laget av kunststoffmaterialet polyamid, forsterket med glassfiber. Mens det tidligere var vanlig med rullebur av messing, gikk CargoNet og NSB over til aksellagre med polyamidrullebur på midten av 90-tallet. CargoNet har erfart noen tilfeller med sprekkdannelser i disse, men det har blitt oppdaget før det ble kritisk.

CargoNet anslår levetiden for ZVL-lagre til 27 år, men har ikke tilsvarende beregning for lagre fra andre produsenter. En levetidsberegning av et lager inkluderer lagerets ytterring, innerring, og ruller, men ikke rulleburet, støvringen, labyrintringen eller andre krager.

### 2.5.2.2 Smørefett

Mantena har i mer enn 20 år brukt fett av typen UNIWAY LIX625 i aksellagre. En normal «kjøkkenvekt» er tilgjengelig for veiing av riktig fettmengde som deretter smøres på ruller og dermed ytre lagerbane. Arbeidsbeskrivelsen<sup>4</sup> til Mantena spesifiserer at mengden skal være ca. 600 gram. SKF anbefaler på sin side en fettmengde på 700 gram (noe avhengig av design), mens internasjonale retningslinjer for vedlikehold som VPI-regelverket<sup>5</sup> spesifiserer 650 gram +/- 50 gram. Det er ingen etterfylling av fett i denne typen lagre, derfor er faren for såkalt oversmøring liten.

Lagerprodusenten SKF poengterer videre at fettet må fordeles jevnt på begge lagre, på sidene og at selve lageret blir helt fylt. Ved påføring er renhold viktig, og det skal brukes hansker og annet rent utstyr. Påføringen av fettet må skje i et rent miljø. Beholderen skal ha lokk for å unngå eventuelle forurensinger, slik det også oppbevares hos Mantena.

Ved bruk kan det observeres at fargen på fettet går fra lyst, via brunt til nesten sort. Ifølge smørefettleverandør FUCHS skyldes fargeendringen at det starter en oksideringsprosess i fettet ved oppvarming. Ifølge FUCHS forkorter dette smørefettets levetid<sup>6</sup>. For hver 10. grad over 70 °C reduseres levetid eksponentielt. Oksidasjonsprosessen starter før fettet når 70 °C, og går forttere jo varmere det blir. Det kan betraktes som en funksjon av temperatur, tid og andel metallpartikler/slitasje. Dersom det oppstår klumper (koksing) i fettet kan det bety at lageret har blitt kjørt for lenge uten ettersyn, eller det har vært for varmt. Smørefettets dråpepunkt er ved 200 °C, der bæremiddelet ikke klarer å holde på oljen lenger slik at «svampen» kollapser og de to komponentene skilles. En iblanding av gammelt fett vil fremskynde oksidasjonsprosessen og virke som en katalysator. På generell basis vil brent fett sette seg mer fast og dermed gjøre det vanskeligere å rengjøre lageret. Dersom smørefett kommer i kontakt med vann blir fargen melkeaktig.

UniWay LiX 625						
Smørefett fortykket med litiumkompleks, basert på mineralolje. Fungerer som universalsmørefett og egner seg for lagersmøring innen både industri- og kjøretøyformål. NLGI 2.5						
Produkt	Spesifikasjon	NLGI	Baseoljeviskositet ved 40 °C	Fortykningsmiddel	Baseolje	Temperaturområde °C
UniWay LIX 625	L-XCDB2.5 in accordance with ISO 6743/9. KP2.5N-30 according to DIN 51502.	2.5	215	LIX	M	-30 - +150, max 220

Figur 32: Egenskaper ved smørefett UniWay LiX625. Kilde: FUCHS AS

En prøve av smørefettet fra hver av de to havarerte hjulsatsene (fra sidene med intakt lager) ble sendt til analyse hos Forsvarets Laboratorietjeneste, Kjemi og Material

<sup>4</sup> Arbeidsbeskrivelse 200032910, Akselkasse for godsvogn, for hjulsats 200032281 og 100000928, MG-70-P004.03, Mantena AS

<sup>5</sup> VPI European Maintenance Guide (VPI-EMG) <https://www.vpihamburg.de/en/vers/vpi-emg>

<sup>6</sup> FUCHS Lubricants' bok om smørefett, <https://www.fuchs.com/no/no/produkter/inspirasjon-og-kunnskap/>

(FOLAT). Hensikten var å undersøke sammensetting og kontrollere for eventuelt vanninnhold eller partikler. Litt av hver fettprøve ble løst i n-heptan og filtrert gjennom 5 um polykarbonatfilter. Filteret ble pålagt gull for analyse av partikler i skanning elektronmikroskop (SEM) med energi dispersive spektrum (EDS). Partiklene var i hovedsak stål- og/eller jernbasert med innslag av andre elementer. Det ble ikke avdekket noen unormal mengde slitasjepartikler.

### 2.5.3 Skadebeskrivelse av aksellager fra Bergen

Etter avsporingen i Bergen ble aksellageret fraktet til SHKs lokaler i Lillestrøm der det ble åpnet og dokumentert. På grunn av deformasjon var det behov for kraftigere verktøy for å åpne det ytterligere, og det ble derfor videre undersøkt på verkstedet til Mantena Grorud den 21. januar 2020. Den 15. mai 2020 ble lagre fra begge hendelser, inkludert lagre på motsatt side av havarert hjul undersøkt videre på Mantena Grorud. Tilstede var representanter fra CargoNet, Mantena, SHK og FOLAT. Observasjonene er gjengitt i dette kapittelet.

Tabell 6: Observasjoner knyttet til lagre fra Bergen

<b>Akselkassehus:</b>	FAG 1979
<b>Type hjulsats:</b>	Type 928 (Tidligere betegnelse 71.39)
<b>ID-merke:</b>	N-CN 71.39 60071B (avlest på motsatt side der det var intakt)
<b>Revisjonsmerke:</b>	GRD 04 14 FETT DB
<b>Ytre observasjoner:</b>	Utsiden av akselkassehuset er flasket og rødlig, noe som tyder på høy varmpåvirkning (figur 35).
<b>Bolter i endebrikke:</b>	Alle tre boltene satt fortsatt i endebrikken, men var slitt av i en vridende bevegelse.
<b>Bolter i akselkasselokk:</b>	Alle boltene var på plass. Det måtte betydelig kraft til for å få løsnet boltene til akselkasselokket.
<b>Låseblikk:</b>	Intakt.
<b>Produsent innringer (begge lagre):</b>	Ukjent, for skadet til å kunne fastslå.
<b>Produsent ytterringer, rullebur og ruller (begge lagre):</b>	Ytterringer med rullebur og ruller var fra samme produsent (ZVL, Slovakia). Lageret er av typen PLC410-33-2/34-2 produsert av ZVL. Lager var merket med ZVL, PWU 130 x 240 <uleselig tegn>, SLOVAKIA, og ZVL
<b>Tilstand ruller:</b>	Ytre lager: Se figur 38. Rullene har mistet sin skarpe form, noe som tyder på at de har fortsatt en tid å bevege seg selv om de har begynt å bli deformert pga. varme. Indre lager: Figur 42, figur 43, figur 44.
<b>Støvring:</b>	Satt fast på aksel.
<b>Andre observasjoner:</b>	Det indre lageret synes å ha blitt mer skadet/varmpåvirket enn det ytre.
<b>Distansering:</b>	ZVL
<b>Ende og side:</b>	Aksellageret som havarerte i Bergen var på hjulsatsens B-side, innmontert i vognas A-ende.





Figur 33: Distansering. Foto: SHK



Figur 34: Indre lager/innerring. Foto: SHK



Figur 35: Utside akselkassehus og skilt med verksted, dato og fettype. Foto: SHK



Figur 36: Bolter med låseblikk intakt. Foto: SHK



Figur 37: Boltene er slitt av. Foto: SHK



Figur 38: Ytre lager med ruller. Foto: SHK

En av rullene fra havariet i Bergen er skråstilt (figur 44), men det kan ikke fastslås hvordan rullene på hver side av denne har vært posisjonert. I en undersøkelsesrapport fra den nederlandske havarikommisjonen<sup>7</sup>, konkluderte man blant annet med at siden en rulle stod på tvers mellom to ruller i rett posisjon hadde sannsynligvis rulleburet gitt etter før lageret gikk til havari (figur 40). Skadebildet kunne tyde på at en eller flere ruller hadde

<sup>7</sup> Goods derailment Amsterdam-Muiderpoort, 22 November 2008, The Dutch Safety Board, 2010.

<https://www.onderzoeksraad.nl/en/page/1151/derailment-of-goods-train-near-amsterdam-muiderpoort-station>



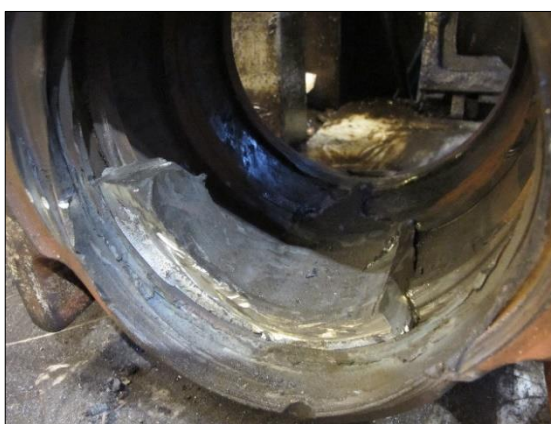
kilt seg fast mot ytterringen, mens innerringen fortsatte å rotere. Siden rullen har plass til å tverrstill seg antok man at en eller flere holdere/seksjoner i rulleburet på et tidspunkt hadde knekt, men at dette skjedde før selve lageret begynte å havarere. Det er verdt å merke seg at rulleburet var av messing, ulikt de i kunststoff som brukes av CargoNet, men fortolkningen av skadebildet er fortsatt relevant.



Figur 39: Ruller fra lager, Bergen.  
Foto: SHK



Figur 40: Eksempel tverrstilt rulle. Kilde: The Dutch Safety Board<sup>7</sup>



Figur 41: Rester av indre lager når annet er fjernet. Foto: SHK



Figur 42: Ruller ses i indre lager. Foto: SHK



Figur 43: Innerring fra indre lager med deformerte ruller. Foto: SHK

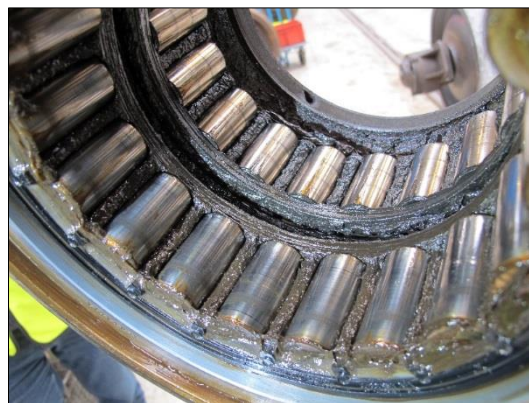


Figur 44: Innerring fra indre lager med skråstilt rulle. Foto: SHK

Demontering av aksellagre fra *motsatt side* av det havarerte lageret fra Bergen fortsatte hos Mantena den 15. mai 2020. Både indre og ytre aksellagre (innringer, ytteringer, rullebur, ruller) var fra ZVL. Låseblikk var intakt. Fettet var brunt i fargen og etter rengjøring av lagre ble det konstatert noe misfarging på innringer. Det ble observert lett rust på yttersiden av lageret.



Figur 45: Låseblikk, endebrikke, bolter.  
Foto: SHK



Figur 46: Ytre lagerringer med ruller og rullebur.  
Foto: SHK



Figur 47: Indre lagerringer på akseltapp.  
Foto: SHK



Figur 48: Begge innringer var merket med ZVL. Foto: SHK

Begge hjulsatser på vogna ble målt og kontrollert av Mantena i etterkant. Det ble ikke funnet skader av typen slag, utfall, rubb, utvalsing eller fettutkast. E-målene<sup>8</sup> var innenfor kravet på 1360 +/- 1 mm. Det ble målt 0,2 mm kast midt på akselen til hjulsatsen som ikke havarete. Hjulprofil ble også kontrollert og funnet i orden.

#### 2.5.4 Skadebeskrivelse av aksellager fra Bergseng

Lagerhuset og akseltappen ble fraktet til Hamar og plassert ved Ringstallen i lokstallen av Spordrift søndag 29. mars 2020. Delene ble kontrollert og fotografert utvendig av SHK mandag 30. mars. Akselkassehuset (Kovis 2016) ble åpnet for videre undersøkelser tirsdag 31. mars. Tilstede var representanter fra CargoNet, Mantena, og SHK. Observasjonene er listet i tabell 7.

Tabell 7: Lager fra Bergseng

<b>Produsent lagerhus:</b>	Kovis 2016
<b>Type hjulsats:</b>	Type 928 (Tidligere betegnelse 71.39)
<b>ID-merke:</b>	N-CN 71.39 37312A
<b>Revisjonsmerke:</b>	GRD 02 18 FETT DB

<sup>8</sup> E-mål: avstanden mellom hjulskivenes innvendige flater, dokumenteres med 3 målinger jevnt fordelt.



<b>Ytre observasjoner:</b>	Lagerhuset virket tørt. Det ble ikke observert rester av fett inne i eller utvendig på lagerhuset. Lagerhuset virket rent utvendig. Malingen hadde begynt å flasse.
<b>Bolter i endebrikke:</b>	Alle tre boltene i endebrikken var knekt rett bak hodet. En av boltene satt fortsatt i låseblisset, de to andre var løse. Gjengedelene av boltene satt igjen i akseltappen. Lengden på disse boltene tilsvarte tykkelsen på endebrikken. Akseltappen og gjengedelen av boltene hadde vært utsatt for stor varme og var delvis deformert. Det var ikke tegn til at boltene hadde løsnet og laget merker på innsiden av akselkasselokk.
<b>Bolter i akselkasselokk:</b>	Alle boltene i akselkasselokket var skrudd godt til. To av boltene ble åpnet med fastnøkkel og lette slag med hammer, mens den tredje boltene ble løsnet med håndkraft.
<b>Låseblikk:</b>	Låseblisset var intakt, noe deformert.
<b>Distansering:</b>	Kinex/ZVL
<b>Produsent innringer (begge lagre)</b>	Ukjent, skadet.
<b>Produsent ytterringer, rullebur og ruller (begge lagre):</b>	SKF
<b>Støvring:</b>	Falt av og funnet i sporet.
<b>Ende og side:</b>	Ved Bergseng var det også innmontert i A-enden, men da på hjulsatsens A-side.



Figur 49: Løse deler. Foto: SHK



Figur 50: Låseblikk med et bolthode. Foto: SHK



Figur 51: Ruller i ytre lager. Foto: SHK



Figur 52: Distansering fra Kinex/ZVL. Foto: SHK



Figur 53: Endebrikkens tykkelse vist mot det som var igjen av bolter i akseltapp. Foto: SHK



Figur 54: Låseblikk og tre bolthoder. Foto: SHK

Videre demontering av aksellagre fra Bergsenseng ble utført hos Mantena 15. mai 2020. En av innerringene hadde en bruddflate som ble sendt til videre undersøkelse hos Forsvarets laboratorietjeneste (se kap. 2.5.6).



Figur 55: Ytre lagerbane med en rulle fra havarert lager. Foto: SHK



Figur 56: Produsent av ytteringer er SKF (både indre og ytre lagre). Foto: SHK

Lageret på motsatt side ble demontert og sendt til rengjøring for deretter å kunne inspiseres for eventuelle skader (figur 57–figur 60). Låseblikk og bolter var intakte og tilskrudde. Begge innringer var av type ZVL, aksellageret ellers var produsert av FAG. Indre lager var merket «97/97», mens det ytre var merket «07/07». Det ble observert rust utenpå lagrene, fettene var brunlig og man kunne se noe misfarging på ruller i begge lagre.





Figur 57: Låseblikk på lager på motsatt side. Foto: SHK



Figur 58: Demontering av lager på motsatt side, før rengjøring. Foto: SHK



Figur 59: Ytterringer og ruller på motsatt side (begge) av havareert lager er produsert av FAG. Foto: SHK



Figur 60: Begge innringer på motsatt side er produsert av ZVL. Foto: SHK

Begge hjulsatser på vogna ble målt og kontrollert av Mantena i etterkant. Det ble ikke funnet skader av typen slag, utfall, rubb, utvasking eller fettutkast. E-målene var innenfor kravet på 1360 +/- 1 mm. Det ble målt 0,1 mm kast midt på akselen til hjulsatsen som ikke havareerte. Hjulprofilen ble også kontrollert og funnet i orden.

#### 2.5.5 SKF laboratorieundersøkelser

Lagerprodusenten SKF ble bedt om å gjøre en vurdering av mulighetene for å finne årsak(er) til havariet for lageret fra Bergseng. Etter deres syn var ikke det mulig siden skadene ble ansett å være for omfattende.

I løpet av undersøkelsen ble det observert at svært mange aksellagre hos Mantena har merker i form av grålige bånd på ruller og rullebaner (se eksempel i tabell 8). Det var stor usikkerhet rundt årsaken til disse merkene. Som følge av dette ble to aksellagre plukket ut for detaljerte undersøkelser ved laboratoriet til SKF i Gøteborg. Det ene av de to lagrene (Bearing 1 – SKF) ble valgt på bakgrunn av analyse av detektordata fra Sverige. Det andre (Bearing 2 – ZVL) ble valgt da det ble opplevd som «noe varmt» ved sikkerhetskontroll etter ankomst i tog til Alnabru.

SKF konkluderte med at begge lagrene hadde skader med årsak i strømgjennomgang. Dette oppstår når strømmen velger en annen vei utenom returkretsen, via hjul, aksel, og lagre. Se Vedlegg I for generell informasjon om strømskader i lager.

**SUMMARY**

**Conclusions:**  
 Microscopic melt craters on rolling elements. These are generated by current leakage with microscopic sparks that causes locally high temperatures which deteriorates the lubricant and re-harden the surface to be brittle. Over-rolling of such area can generate surface distress (cracks) which develop fatigue in the end. The circular indentations are copy marks generated by over-rolling of solidified excess material from the melt craters.

Discolorations on raceways are deposits from the deteriorated lubricant (caused by current leakage).



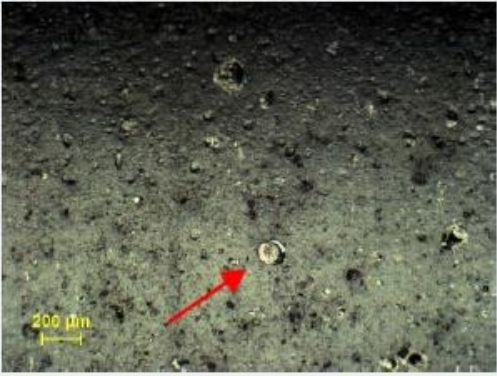
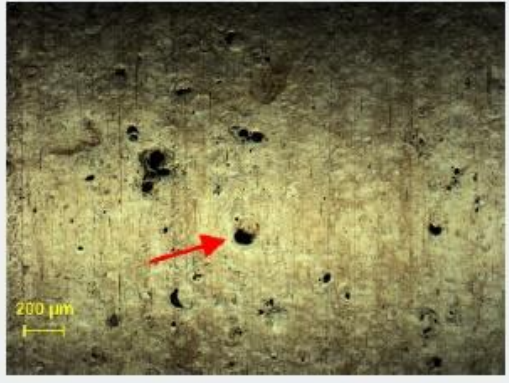
Etchings at roller distance on outer ring raceway. These are developed during stand still. This indicates presence of external fluid/moisture.

Outer ring outer diameter has partly fretting corrosion. This is generated by relative movements between the ring and the housing. The position and appearance of the corrosion indicates uneven support in the housing.

**Equipment used during investigation:**  
 Camera GBIG011-2, Microscope no GBIG001, Camera GBIG008

Figur 61: Konklusjon fra undersøkelser hos SKF<sup>9</sup>

Tabell 8: Oppsummering av SKF analyse. Kilde: SKF rapport<sup>9</sup>

Bearing 1	Bearing 2
Bearing type: Cylindrical roller bearing (CRB) SKF bearing designation: WU 130x240 TN	Bearing type: Cylindrical roller bearing (CRB) Other bearing manufacturer: ZVL Other manufacturer designation: PLC 410-33-2/34-2 (RWU130X240)
 <p>“Dull grey surface with several circumferential discoloration bands. Indentations around the circumference. A few etchings.”</p>	 <p>“Dull grey path pattern with one distinct circumferential discoloration band axially positioned towards un-marked side. Indentations around the circumference.”</p>
 <p>“A lot of microscopic melt craters”</p>	 <p>“Grey dull path pattern with microscopic melt craters on the rolling elements.”</p>

<sup>9</sup> SHK bearings from CargoNet, SKF, Report number GL20R0064, 2020-09-24. Nedlastbar fra <https://havarikommisjonen.no/Bane/Avgitte-rapporter/2021-05>

Den 8. juli 2020 ble det avdekket nok et lager med begynnende skader. Vogn 4276 4432 114-8 ble tatt ut av trafikk på grunn av konsistente RS1 varsler fra Fleet One systemet (akustiske detektorer). Ved inspeksjon fant man ulyder i lager, og det hadde tydelige skader på den innerste innerringen og fettene hadde en uvanlig konsistens, særlig i det innerste lageret. Det ble avdekket rustskader i hulil i akseltappen i området mellom støvringen og den innerste innerringen. Aksellageret ble deretter sendt til SKF sitt laboratorium for videre undersøkelser der de fant strømskader, i tillegg til rust.

CargoNet har vurdert at unormalt lang ståtid for hjulsatsen (to perioder på 10–11 måneder), i kombinasjon med at filttettingen hadde en glippe i skjøten som lå nede i stedet for oppe, kan ha gjort at vann trengte inn. Ved ståtid utover 2 år skal hjulsatsen i henhold til bestemmelser fra CargoNet sendes til lagerrevisjon.

### 2.5.6 Forsvarets laboratorietjenester (FOLAT)

Forsvarets laboratorietjeneste avdeling for Kjemi og Material (FOLAT) har bistått SHK med ekspertise innen materialteknikk og skadevurdering.

De havarete aksellagrene hadde vært utsatt for store påkjenninger og varmebelastning. Det ble derfor vurdert både av FOLAT og lagerprodusenten SKF at det var lite sannsynlig å få klare svar ut ifra disse komponentene. For innerring til det indre lageret fra Bergseng ble det likevel gjort en vurdering av bruddflaten (se kap. 2.5.6.1). Videre ble et utvalg innringer hos Mantena tatt med for kontroll av eventuell skader som ikke var synlige ved visuell inspeksjon (se kap. 2.5.6.2).

#### 2.5.6.1 *Bruddflate i innring fra indre lager Bergseng*

En del av indre aksellagers innring fra havariet ved Bergseng ble sendt for videre undersøkelse av bruddflaten som hadde oppstått i havariet. FOLAT konkluderte med at bruddet sannsynligvis hadde oppstått tidlig i skadeforløpet. Utmatting kunne verken bekrefte eller utelukkes, og de anbefalte å følge opp begynnende utmattingsskader på komponenter som kommer til vedlikehold. Full rapport fra undersøkelsen er gjengitt i Vedlegg J.



Figur 62: Del av indre lagerbane. Foto: FOLAT



## Oppsummering:

1. Bilder av bruddflaten vist på s.1 og 2 viser lite synlig deformasjon i tilknytning til bruddskaden.
2. Bilder i digitalmikroskop antyder plane bruddflater, men bilder ved høyere forstørrelse påviser glødeskall (s.5).
3. Fraktografi av bruddflaten viser kløvningsbrudd i restbruddet og ingen spor av opprinnelig bruddflate i område med glødeskall.
4. Metallografi av tverrslip gjennom brudd påviser et glødeskall med tykkelse på ca 140µm. Mikrostrukturen består av herdestruktur iblandet ferritt/perlitt.

## Kommentar:

Bruddflaten er plan med betydelig glødeskall som viser at bruddskaden har oppstått tidlig i skadeforløpet. Mikrostrukturen antyder temperaturer opp mot austenitt temperatur, dvs. 730-1100°C. Utmatting kan ikke bekreftes men heller ikke utelukkes.

Det vil være hensiktsmessig å avklare om det er observert begynnende utmattingsskader på indre lager i forbindelse med vedlikehold.

Figur 63: Konklusjon fra laboratorieundersøkelse. Kilde: FOLAT

### 2.5.6.2 Undersøkelser av «reviderte» innringer hos FOLAT

Et utvalg innringer ble tatt med fra Mantena for mikroskopundersøkelser. FOLAT konkluderer med at misfargningen på innringer og ruller var forenlig med strømgjennomgang. Full rapport fra undersøkelsen er gjengitt i Vedlegg K.



Figur 64: Utvalg av lagerkomponenter til undersøkelse. Foto: FOLAT

1. Overflaten til lagerbanen viser sirkulære overflateuregelmessigheter som kan knyttes til begynnende kontaktutmatting.
2. Tverrslip viser at lagerbanen er varmpåvirket, mest sannsynlig som følge av strømgjennomgang.
3. Det virker å være en sammenheng mellom misfarging/skader på lagerbaner og ruller som kan knyttes til strømgjennomgang.

Figur 65: Konklusjon fra laboratorieundersøkelse. Kilde: FOLAT

## 2.6 Undersøkelser av infrastruktur

### 2.6.1 Videoovervåkning langs sporet

Bane NOR har videoovervåkning på svært mange stasjoner langs sporet. Havarikommisjonen har undersøkt hvorvidt noen av lagerhvariene, med påfølgende avsporing kan observeres på disse videopptakene. Ingen av Bane NORs opptak viser noe unormalt med godstogene, verken for tog 5511 (Bergen) eller tog 5731 (Bergseng).

### 2.6.2 Dagens system for deteksjon av hjulskader, varmgang og sporkrefter

Det finnes teknologi som kan overvåke trafikk og potensielt varsle om vogner med hjulskader, skjevlast og varmgang. På hendelsestidspunktet for det første havariet i 2019 var det i Norge 8 steder med til sammen 14 detektorer (se detaljer i Vedlegg B):

- 6 detektorer som målte hjulskade
- 4 som lyttet akustisk etter lagerskade
- 4 varmgangsdetektorer.

Informasjon om detektorene finnes i Bane NORs Network Statement. I henhold til den skal eventuelle alarmer formidles fra Bane NOR direkte til jernbaneforetaket eller via DROPS-systemet:

*Hjulskadedetektorer og akustiske detektorer er knyttet opp mot et sentralt overvåkingssystem Fleet One som eies og driftes av Bane NOR. Jevnlig overvåking må JBF<sup>10</sup> selv ivareta. Alle passeringer gir status på hjullager og hjulslag på togets hjul. JBF har selv ansvaret for å utnytte gevinsten av dette. Bane NOR vil motta alarm når hjulslagalarmen overskrider definert terskel. Toget vil da bli bedt om å redusere hastigheten eller stoppe toget, avhengig av alvorlighetsgrad. I tilfeller hvor infrastrukturen skades, vil systemet bli benyttet for å vurdere hvem som er ansvarlig for skaden.<sup>11</sup>*

Det varierer hvordan overvåkning og tilhørende alarmer er koblet til Bane NORs systemer for trafikkstyring. I noen tilfeller går alarmer direkte via et eget grensesnitt til togleder som stopper tog og videreformidler til jernbaneforetaket. I andre tilfeller håndteres alarmer mer manuelt utenfor togleders trafikkstyringssystemer. Bane NOR opplyser at det er sjeldent disse varsler om varmgang som gjør at de må stanse tog, men det forekommer. Bane NOR tilbyr foreløpig ikke data fra alle detektorer til de enkelte jernbaneforetakene. Den strekningen der man bruker detektordata mest aktivt er på Ofotbanen, der blant annet CargoNet, SJ og LKAB har tilgang til data.

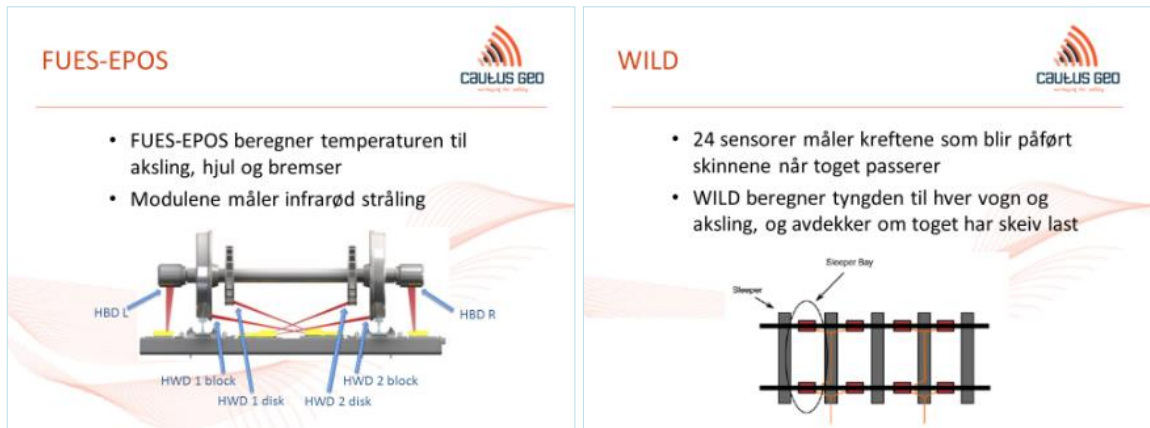
I 2019 opplevde CargoNet noen tilfeller der alvorlighetsgraden av hjulskader og lagerskader ved deres materiell ikke ble tilfredsstillende oppdaget av Bane NORs detektorer. CargoNet mener det er nødvendig å verifisere at detektorene har gode nok forutsetninger for å detektere aksellagerfeil, og at varslene via RAILBAM-systemet bør bli mer brukervennlige.

---

<sup>10</sup> JBF = Jernbaneforetak

<sup>11</sup> Bane NOR Network Statement 2019

Varmgangsdetektoren i Gravhalsen ble etablert på eget initiativ i 2016 fra Bane NORs organisasjon i region Vest (Infrastruktur – Prosjekter Vest) med hensikt å avdekke varmgang ned fra fjellet. Bane NOR ønsket å avdekke faren for at tog antente branner langs sporet. Detektoren registrerer varmgang i lager med første alarmgrense ved 70 °C, og varme bremses ved 300 °C. Det er ikke satt grenseverdier for aksellast eller skjevlast som også kan gi alarm. 24 sensorer måler kreftene som blir påført skinnegangen ved togpassering. Figur 66 viser målepunktene for temperatur som er tilpasset både skive- og klossbremset materiell. Gravhalsdetektoren stod ikke oppført i Network Statement fra 2019, men ble lagt til i 2020 utgaven. Den er ikke koblet til togleders systemer, men varsler via epost til administrasjonsvakt i Bane NOR. Systemet gav totalt 14 alarmer for varmgang i lager/bremses i 2019.



Figur 66: De to detektorene i Gravhalsen. Kilde: Bane NOR

Bane NOR stiller krav om RFID-merking av alle tog/vogner slik at disse kan identifiseres. Likevel har ikke Gravhalsen-detektoren RFID-leser for identifikasjon av vogner. Den eneste måten å søke opp en gitt vogn er ved å kjenne til omtrent tidspunkt for togets passering og deretter telle seg frem til rett vogn basert på antall aksler og vognopptak.

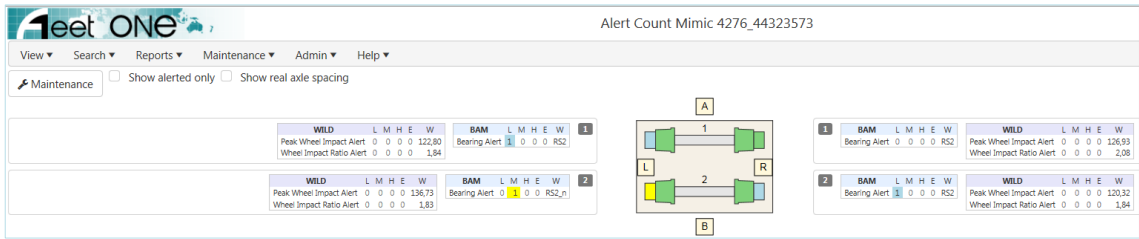
Bane NOR gjør ingen analyser av data fra denne da de ikke har opplevd at det er etterspørsel etter slike data. Mangelen på RFID-leser gjør at det er vanskelig å hente ut større datamengder for analyser over et lenger tidsrom.

### 2.6.3 Registreringer fra detektorer på vogn 4276 4432 357-3 (Bergen)

Vogna som fikk lagerhavari passerte to detektorer på vei til Bergen:

4. Huseby/Lierstranda: ingen varsel for aktuelt lager.
5. Gravhalstunnelen ved Myrdal: høyere temperatur enn for resten av toget er målt, men under varslingsgrense.

Figur 67 viser en utskrift fra Bane NORs system for akustisk deteksjon av lagerskader (Fleet One) ved Huseby på Lierstranda for vognen med lagerhavari i Bergen. Vogna er registrert med tre varsler i kategoriene «Low» og «Medium», men disse gjelder de andre aksellagrene og ingen av dem trigger noen aksjon.

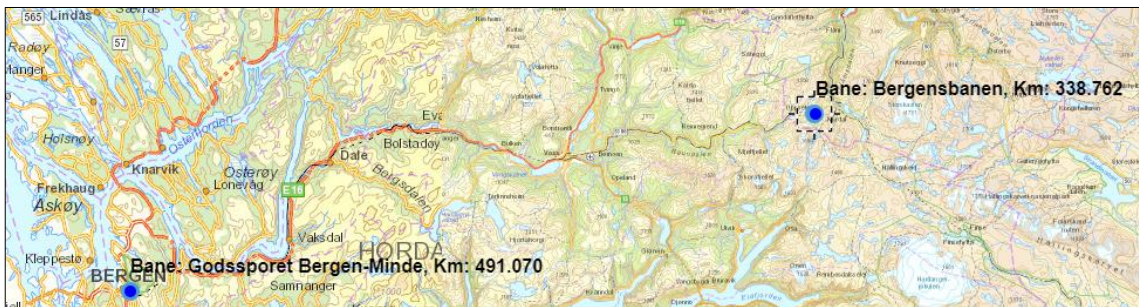


Figur 67: Fleet One. Kilde: Bane NOR SF / CargoNet AS

Detektoren ved Huseby registrerer også vognlast, aksellast og hjullast (figur 104 i Vedlegg C). Da den aktuelle vogna passerte ble det registrert en bruttovekt på ca. 30 tonn, mens vognopptaket sier 32 tonn. Den tilhørende aksellast og hjullast viser liten forskjell. Man kan derfor anslå at eventuell misvisning på detektoren er akseptabel. Vedlegg C viser hjullast for vognene i toget, den aktuelle akselen (nr. 60) er markert med stiplet sirkel. Detektoren viser at vogna ikke er skjevlastet.

For å undersøke om vogna skilte seg ut i dagene forut for hendelsen ble data fra siste passeringer av Huseby og Langum detektorer innhentet (3. november 2019 og 31. oktober 2019). For det havarerte lageret var det ikke rapportert noen varsler ved disse passeringene (figur 108 og figur 109 i Vedlegg C).

Tog 5511 passerte Gravhalsen varmgangs- og hjulslagdetektor på vei til Bergen (km 336,5). Denne står ca. 153 km før avsporingen (figur 68).



Figur 68: Avstand mellom detektor i Gravhalsen og ulykkessted. Kilde: Bane NOR karttjeneste

Figur 69 fra varmgangsdetektoren viser at det ble registrert noe høyere temperatur på venstre side (den havarerte siden) av hjulsats 60 sammenlignet med høyre side. Målingene anslår ca. 30 °C, noe som ikke vil utløse alarm for «Warm Threshold».



Figur 69: Lagertemperatur. Kilde: Gravhalsen RAD-X / Bane NOR SF

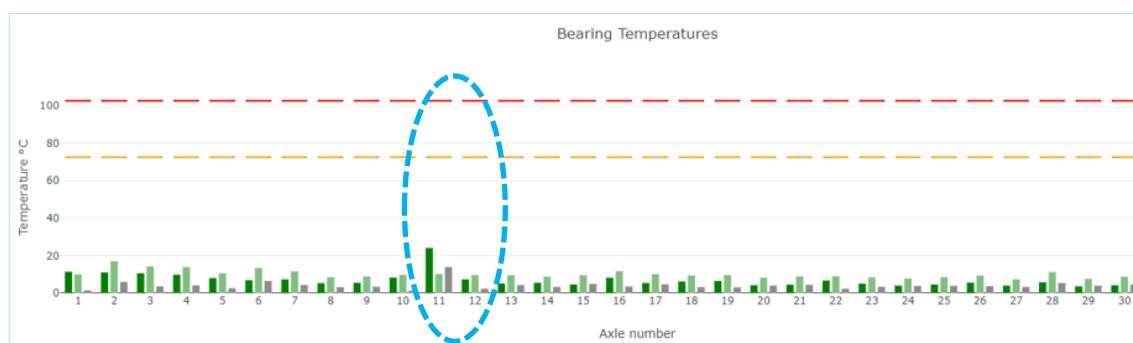
Vogna har i perioden 31. oktober–6. november passert samme detektor fem ganger uten å få utslag for varmgang.

## 2.6.4 Registreringer fra detektorer på vogn 4276 4432 078-5 (Bergseng)

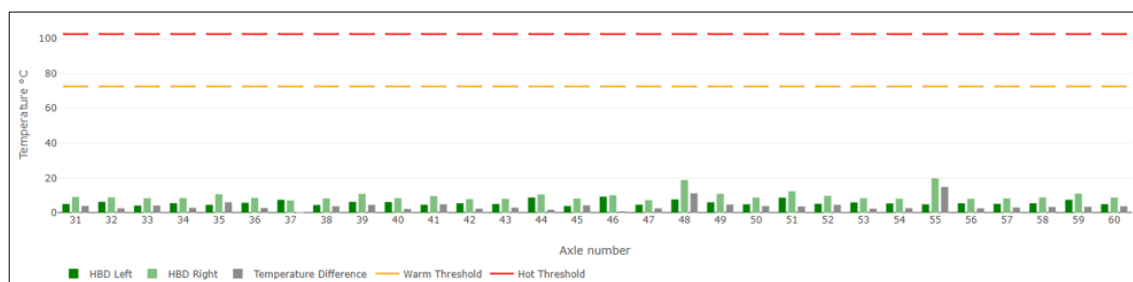
I perioden januar–februar hadde vogna som fikk lagerhavari ved Bergseng passert følgende detektorer:

- Høyseth hjulskade- og skjevlastdetektor: vogna passerte dagen før havariet uten at den registrerte noe unormalt.
- Huseby akustisk lagerskadedetektor: flere ganger i perioden 8. januar 2020 til 7. februar 2020, men «No fault found» er registrert ved alle passeringer.
- Gravhalstunnelen: 7. februar ble det målt høyeste temperatur i toget, men under varslingsgrense.

Vogna passerte Gravhalstunnelendetektoren 7. februar 2020. Figur 70 viser at venstre akselkasse på hjulsats 11<sup>12</sup> har den høyeste temperaturen av de 120 akselkassene i toget. Målingene anslår temperaturen på akselkassen til ca. 25 °C, som er godt under alarmgrensen.



Figur 70: Fremre del av tog i Gravhalstunnelen, 07.02.2020. Aktuell vogn markert. Kilde: CargoNet/Bane NOR



Figur 71: Bakre del av tog, Gravhalstunnelen, 07.02.2020. Kilde: CargoNet/Bane NOR

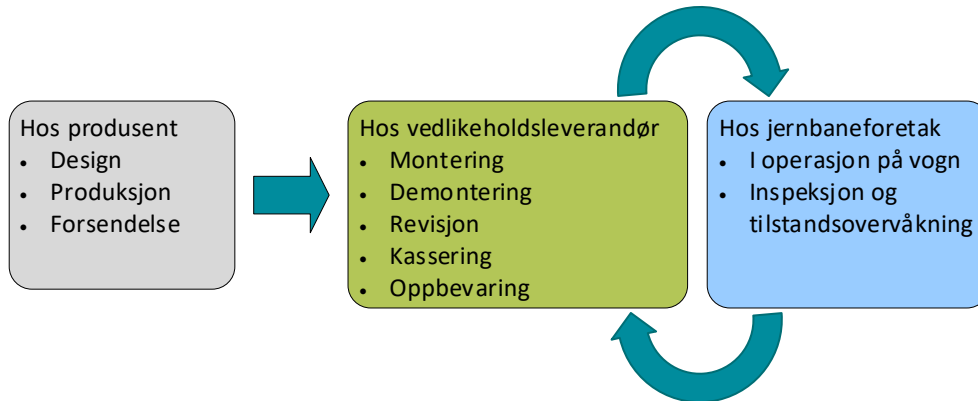
<sup>12</sup> CargoNet mener at siden vogna ble satt direkte over i trafikk på Dovrebanen etter denne turen, er det grunn til å anta at den akselen som gikk først på vogna på vei fra Bergen til Alnabru var den samme akselen som gikk først når vogna havarerte på vei til Trondheim 7 uker senere.



## 2.7 Sikkerhet- og kvalitetsstyring

### 2.7.1 Innledning

Sikkerhets- og kvalitetsstyring utføres i alle faser av et aksellagers livsløp. Dette kapitlet vil redegjøre for relevante sikkerhets- og kvalitetsrelaterte aktiviteter. Dette inkluderer aktiviteter fra og med et lager kjøpes inn av vedlikeholdsleverandør til det settes i drift, og gjennom inspeksjon og revisjon. Hensikten er å gjennomgå hele prosessen for om mulig å avdekke forbedringspunkter.



Figur 72: Aksellagerets livsløp. Illustrasjon: SHK

### 2.7.2 Sikkerhets- og kvalitetsstyringsaktiviteter ved normal operasjon

#### 2.7.2.1 *CargoNet er sertifisert ECM*

CargoNet er *Entity in Charge for Maintenance* (ECM) for alle vogner de eier, inkludert de 2-akslede Lgns 4432 som hadde lagerhavari i Bergen og på Bergseng. CargoNet er også ECM for et utvalg innleide vogner.

ECM deles inn i 4 nivåer: vedlikeholdsstyring, vedlikeholdsutvikling, flåtestyring og vedlikeholdsutførelse. CargoNet er sertifisert for ECM nivå 1 til 3 (vedlikeholdsstyring, vedlikeholdsutvikling og flåtestyring), samt ECM nivå 1-4 for Rana Gruber.

Kopi av sertifikater er vist i Vedlegg H.

#### 2.7.2.2 *Kontroll ved avgang av tog*

Ved avgang gjennomfører terminalpersonellet på stedet en bremseprøve i henhold til CargoNet sine prosedyrer<sup>13</sup>. I bremseprøven inngår også en teknisk visitasjon hvor bremseprøveren ser på fjærer, koblinger, buffere, klosser, lytter etter lekkasjer og annet som er unormalt. Deretter foretas det en funksjonskontroll av bremses, med tetthetsprøve av hovedledningen, inkludert at bremsene tilsetter og løser ut igjen. I tillegg kommer en kontroll av at last og lastsikring er i samsvar med CargoNets anvisninger<sup>14</sup>. I forbindelse med disse aktivitetene kan terminalpersonellet bidra til at eventuelle feil ved materiellet avdekkes.

<sup>13</sup> Sikkerhetskontroll og funksjonstesting av bremses, Dok. Nr. 2.5.16, CargoNet AS, *Håndtering av feilsituasjoner i forbindelse med bremseprøving*, Dok.nr. 2.4.17, CargoNet AS

<sup>14</sup> Sikkerhetskontroll etter opplasting kombitrafikk, Dok. Nr. 2.5.13, CargoNet AS

### 2.7.2.3 Sikkerhetskontroll ved ankomst av tog

CargoNet har inspeksjon av sine vogner ved hver 2600 km. For vognene som går i trafikk i blokktoget har man av praktiske årsaker innført sikkerhetskontroll ved hver ankomst til Alnabru (også kalt ankomstkontroll).

Vognvisitasjonen utføres av vognvisitører i henhold til instruks i:

- C-710-7 Sikkerhetskontroll ved togankomst, C-710-7 – Rev 0 – CN, Teknisk avdeling
- C-711 Skadekatalog, C-711 – 28.01.2016 – Rev 4 – CN, Produksjon Teknisk

I figuren under er et utdrag av instruksjonen for sikkerhetskontroll gjengitt.

Ved "sikkerhetskontroll ved togankomst" kontrolleres vognene om de er trafikkdyktige.

Sikkerhetskontrollen av godsvogn skal skje etter de prinsipper som forutsettes i GCU reglementet Annex 9 punkt 2.2:

*"Kontrollen innebærer en vurdering av vognenes operative sikkerhet og løpsdyktighet i forhold til skadekatalogens kriterier og på dette grunnlag iverksette nødvendige tiltak. For å vurdere skadekatalogen feilkriterier skal vognvisitøren gå på begge sider av vognstammen og grundig inspisere hver enkelt vogn."*

Den praktiske tolkningen av teksten ovenfor innebærer at vognvisitøren går rolig langs vognsiden, på begge sider av hver vogn, og utfører en visuell kontroll i forhold til skadekatalogens kriterier. I mørket skal det benyttes egnet lyskilde ved visitasjonen.

Dersom det oppdages mistanke om avvik så må det vurderes om nærmere undersøkelser er nødvendig. Dette kan innebære at vognvisitøren må kontrollere komponenten mer inngående, om nødvendig fra vognens over- eller underside. Ved mistanke om feil (f.eks løse bolter) kan det være nødvendig med en fysisk kontroll for å verifisere tilstanden. Mistanke om overskridelse av måltoleranser (for eks. hjulslitasje) kan nødvendiggjøre målkontroll. Ved mistanke om avvik vinterstid kan det være nødvendig å fjerne snø lokalt for å få avklart forholdet.

Figur 73: Utdrag fra C-710-7 Sikkerhetskontroll ved togankomst. Kilde: CargoNet AS

Det innebærer at de havarerte vognene i 5511 og 5731 ble sist visitert da de kom til Alnabru dagen før hvert havari, men det ble ikke funnet feil:

- Vogn 4276 4432 357-3 (Bergen) ble visitert på Alnabru 06. november 2019 kl. 0129.
- Vogn 4276 4432 078-5 (Bergseng) ble visitert på Alnabru 26. mars 2020 kl. 0906.


CargoNet opplyser at vogner som går til Trondheim og Bergen, med Alnabru som utgangspunkt, visiteres ca. 6–7 ganger pr måned.

Feil som avdekkes ved sikkerhetskontroll ved togankomst skal så raskt som mulig registreres i vedlikeholdsstyringssystemet SAP MRO.

Et av punktene som skal sjekkes med tanke på varmgang er fettutkast på hjul da det indikerer en lekkasje fra lager (figur 74). Slike vogner skal tas ut av trafikk. CargoNet opplyser at de i årene 2011–2020 har registrert få feil knyttet til akselkasser (tabell 9).

Tabell 9: Feil oppdaget i kontroller 2011–2020. Kilde: RAMS statistikk, CargoNet AS

Periode	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Fettutkast akselkasse	0	0	0	0	1	0	6 <sup>15</sup>	0	0	0
Hull i akselkasselokk	1	2	1	1	0	0	2	0	0	0
Manglet akselkasselokk	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Tabell 1: Hjulaksler og hjul					
1	2	3	4	5	6
Detalj	Nr	Skade/kriterie/anvisning	Trafikk innen Norge samt til/ fra Sverige	Internasjonal trafikk	Feil klasse
Akselkasse	1.8 1.8.1.2	Tap av akselkassens smøremiddel <ul style="list-style-type: none"> <li>Smøring eller oljerester sprutet ut over hjulskive</li> </ul>  Ikke tillatt	Utsettes	Utsettes	4
<i>Klasse 4 Alvorlig feil Feil som medfører at vognen ikke lenger er løpsdyktig eller driftsikker, og feil som kan medføre personskaade.</i>					

Figur 74: Utdrag fra skadekatalog. Kilde: CargoNet AS

#### 2.7.2.4 Periodisk kontroll av vogner

CargoNet har etablert et vedlikeholdsprogram<sup>16</sup> for sine vogner. I dette fremkommer det at 4432 Lgns har følgende faste ettersyn og revisjoner:

Tabell 10: Revisjons- og ettersynsintervall for type 4432. Kilde: CargoNet

Vogntype	Antall	1 ÅR	2 ÅR	3 ÅR	4 ÅR	6 ÅR	8 ÅR	12 ÅR
4432 Lgns	311			3ÅE		6REV		12REV

CargoNet har opplyst at det ble gjort en endring på vedlikeholdsintervallet for vogntype 4432 og 4955 fra midten av 2018. Det innebar et 3-årlig ettersyn mellom revisjonene, mens det tidligere ble utført 2-årlige ettersyn.

Vogn 078-5 (Bergsenseng) var inne til siste 2-årlige ettersyn 12. april 2018, kort tid før endringen ble etablert. Vogna fikk da neste forfall for preventivt vedlikehold 2 år frem i tid (april 2020), men dersom vogna ikke hadde vært involvert i havariet hadde dette i løpet av perioden blitt endret til et 3-årlig ettersyn med forfall i april 2021.

Vogn 357-3 (Bergen) var inne til siste 2-årlige ettersyn 18. desember 2017 og fikk da neste forfall for preventivt vedlikehold 2 år frem i tid (desember 2019). Da havariet skjedde 7. november 2019 hadde den fortsatt én måned igjen til den nominelle fristen for neste preventive vedlikehold. Selv om endringen til 3 års intervall hadde blitt etablert på dette tidspunktet, var vogna ennå ikke merket om fra 2 til 3 år. På tilsvarende måte som for vogna fra Bergsenseng ville vognas merking blitt endret slik at neste forfall for preventivt vedlikehold ville ha blitt desember 2020.

I henhold til det opprinnelige 2-årlige intervallet for ettersyn, nærmet begge vognene seg tiden for periodisk kontroll. Ved periodisk kontroll av vogntypen inngår også kontroll av

<sup>15</sup> CargoNet opplyser at majoriteten av disse ikke var reelle fettutkast, men vel så mye et resultat av ekstra fokus på problemstillingen.

<sup>16</sup> C-710-2 Vedlikeholdsprogram for godsvogner, CargoNet AS

hjulsats og akselkasse. Selve aksellageret er ikke synlig for inspeksjon i denne aktiviteten, slik at eventuelle feiltilstander ikke nødvendigvis oppdages. I prosedyren for kontroll, demontering og montering av hjulsatser på godsvogner gis det detaljerte føringer for hva man skal se etter ved kontrollen:

*Dette dokumentet beskriver den prosedyren som skal følges for kontroll av hjulsatser når vogn er i verksted for korrektivt vedlikehold, ettersyn eller revisjon. Dokumentet beskriver også de aktiviteter som skal ivaretas ved demontering, montering samt etter montering av hjulsatser. Ettersom hjulsatser er en av de mest sikkerhetskritiske komponenter på vognene, samt at bytte av hjulsatser er det mest vanlige korrektive vedlikehold, så er det vurdert som hensiktsmessig å utgi et eget dokument hvor kravene vedrørende hjulsatser er samlet og formalisert.<sup>17</sup>*

Kapittel 4 i ovennevnte dokument spesifiserer blant annet at det skal kontrolleres for:

- fettutkast
- unormale lyder fra akselkasse ved rotasjon av hjulsatsen
- akselkasse med tegn på varmgang
- skader eller deformasjoner på akselkasse
- løse eller manglende manganplater på akselkasse.

Det er også spesifisert at «*tidspunkt for lagerrevisjon skal kontrolleres*».

### 2.7.3 Sikkerhets- og kvalitetsstyringsaktiviteter hos vedlikeholdsleverandør Mantena AS

#### 2.7.3.1 *Mantena AS som vedlikeholdsleverandør*

Mantena AS (heretter Mantena) utfører reparasjoner, modifikasjoner og vedlikehold av alle typer elektriske og mekaniske komponenter i ulike skinnegående kjøretøy. Mantena har ansvar for å utføre vedlikehold i henhold til kontrakt med CargoNet. For å utføre denne tjenesten har virksomheten sertifisering som ECM nivå 4 (vedlikeholdsutførelse). Mantenas sertifisering dekker både generelt vedlikehold av vogner og overhaling av komponenter. Kopi av sertifikater er vist i Vedlegg H. Mantena er sertifisert etter flere standarder og krav (figur 75).

---

<sup>17</sup> C-710-6 Kontroll, demontering og montering av hjulsatser på godsvogner, CargoNet AS

- ECM EU 445/2011
- ECM I-III Mantena
- ECM Maintenance Delivery Function
  - Mantena Vedlikehold
  - Mantena Industri inkl. Hamar
- EN 15085-2 Sveising på skinnegående kjøretøy og komponenter
- NS-EN ISO 9001:2015 System for kvalitetsstyring
- NS-EN ISO 14001:2015 Miljøstyring
- Bedriftssertifisering ifølge EU forordning F-gass 842/2006 med underforordning 303/2008
- Mantena NTO sertifikat 2018–2022
- TransQ-sertifisert innen relevante kategorier

Figur 75: Standarder og krav Mantena er sertifisert etter. Kilde: Mantena AS

I følge Mantena skal de kontinuerlig forbedre og tilpasse innholdet og omfanget av sine tjenester i dialog med kundene. Det er et særlig fokus på vedlikeholdssystemer som baserer seg på å være «føre var». Mantenas fokus er oppsummert i figur 76.

Mantenas fokus:

- Bevissthet vedrørende leveranser på alle nivåer
- Forbedre datakvalitet
- Aktiv bruk av måltall
- Kompetanseutvikling
- Kontinuerlig forbedring av prosedyrer og prosesser
- Holdningsskapende arbeid

Vi har etablert og målbare kvalitetsmål som regelmessig følges opp og revideres.  
Styringssystemet oppfylder kravene i henhold til ISO 9001:2015.

Figur 76: Om Mantenas fokus på kvalitet. Kilde: Mantena AS<sup>18</sup>

Når det gjelder den konkrete oppgaven med kontroll av aksellagre opplyser Mantena at de har fire personer som utfører denne. Disse har tatt kurs om temaet hos Kompetansesenteret for Roterende Maskineri (KRM). To av dem tok kursene på midten av 2000-tallet og to tok et kurs i 2012. Kursene tar for seg lagre generelt, og ikke spesifikt aksellagre til bruk på jernbane. Mantena forholder seg til SKF sine vedlikeholdsdokumenter og skadekatalog for revisjon. Mantena har opplyst at som sertifisert ECM har de blitt revidert på hjulprosessen sin to ganger, uten at det medførte avvik direkte relatert til denne type arbeider.

### 2.7.3.2 Kvalitetsikringsrutiner ved innkjøp av nye aksellagre

CargoNet anslår at det er ca. 13 000 lagre av typen PLC 410-33-2/34-2 i bruk i deres virksomhet. CargoNet bruker dette lageret på alle sine vogner, unntatt tømmervogner.

Aksellagrene anskaffes av Mantena, primært fra produsenten [SKF](#) (Sverige), men det er også lagre av merket [FAG](#) (Tyskland) og [ZVL](#) (Slovakia) i bruk. Alle leverandørene er sertifiserte i henhold til internasjonale standarder som ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 mfl.

<sup>18</sup> [https://mantena.org/om-mantena\\_nn/#kompetens](https://mantena.org/om-mantena_nn/#kompetens)

Nye aksellagre transporteres fra produsent i egnet emballasje og oppbevares i denne, på tørt lager, inntil de skal brukes.

EN 12080 spesifiserer at lagre som leveres fra produsent skal komme med korrosjonsbeskyttelse garantert for minst 2 års oppbevaring i uåpnet pakning. SKF anslår at deres nye lagre kan oppbevares så lenge som 5–10 år.

### 2.7.3.3 *Arbeidsbeskrivelse for montering av aksellager*

Ved montering av akselkasse i godsvogn følger Mantena en fast arbeidsbeskrivelse (forenklet utgave vist i Vedlegg F) som signeres av de som utfører arbeidet. Bolter skal skrues til med kalibrert verktøy som dermed sikrer rett moment. Korrekt feste av låseblakk er S-merket<sup>19</sup> og må kontrolleres av sidemann. Etter noen tilfeller med løse endebolter tilbake i 2017, er fokus på å montere komponentene tett sammen og med rett moment skjerpet.

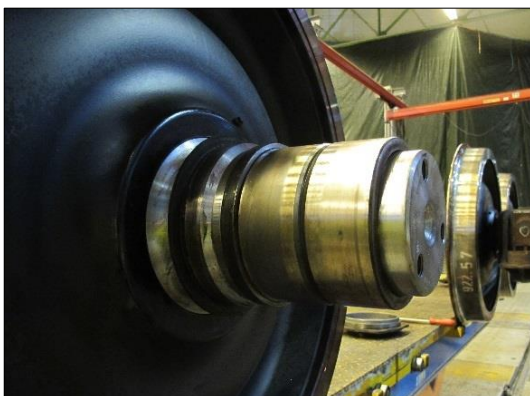
Mantena har som hovedregel at det kun monteres indre og ytre lager fra samme produsent, men på en hjulsats kan det være ulike lagerprodusenter på hver ende. Figur 77 viser akseltapp med påmontert labyrinth/støvring, indre innerring, ytre innerring, distansering samt endebrikke med en av boltene (sekskantskruer) i inngrep.



Figur 77: Hjulaksel med innringer, distansering og endebrikke etter demontering. Foto: CargoNet AS



Figur 78: Akselager med plasthylse for styring inn på aksel. Foto: SHK



Figur 79: Indre og ytre innringer. Foto: SHK



Figur 80: Låseblakk og sekskantskruer før tiltrekking. Foto: SHK

<sup>19</sup> Arbeid på delsystem eller komponent med sikkerhetskritisk betydning.



Kopi av utført arbeidsordre for hjulsats 37312 (Bergsenseng) er vist i figur 81, men Mantena har ikke kunnet fremskaffe en tilsvarende for hjulsats 60071 (Bergen). I følge Mantena har den gått tapt i en overgang mellom ulike IT-systemer.

**Mantena** Debuok 22/2 Side 1 av 1

**2005724 S.nr.37312 OV skivebytte evic**

Artikkel:	810000028	HJULSATS_NYKSELKASSE 620MM 22,5T	Bestillert:	17. Jan. 2018
Serialnr:	37312		Bestillertid:	20. Feb. 2018
Materiell:			Kunde ID:	450000224
Antall:	1		Kunde Ad:	10003226
Kunde:	CargoNet AS			

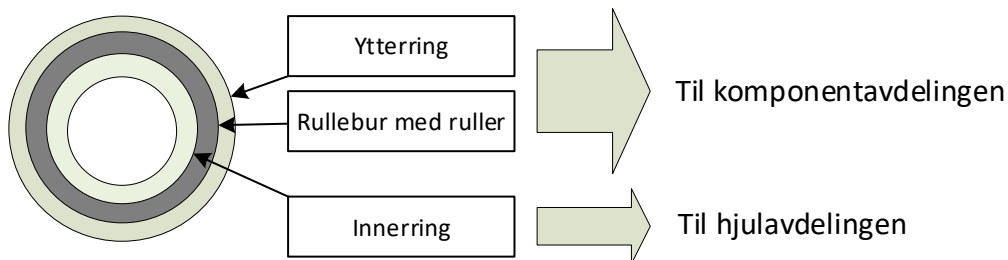
Utførelse for utført arbeid:  
 (og beskrivelse av arbeidet spesifisert i serviceordren or utført i saksvur med gjeldende regelverk.)  
 Dato: 28/1-18 Tekst: MANTENA Signatur/ID: \_\_\_\_\_

Figur 81: Kopi av utført arbeidsordre for hjulsats 37312 (Bergsenseng). Kilde: CargoNet/Mantena

#### 2.7.3.4 Revisjonsrutine for aksellager

Aksellagre kan gjenbrukes etter å ha gjennomgått en kontroll. Ved denne kontrollen inspiseres yttering, rullebur og ruller i «komponentavdelingen» hos Mantena, mens innerringen, som er krympet på akselen, følger hjulsatsen til «hjulavdelingen». De to delene til aksellageret vil derfor ikke følge hverandre i det videre livsløpet. På denne måten vil inner- og ytteringer av ulike produsenter og produksjonspartier blandes. Tidligere ble aksellagre av denne typen benyttet om hverandre i person- og godstrafikk, men dette holdes separat i dag. Det betyr likevel, på grunn av sin lange livslengde, at aksellager-komponenter som er i bruk i dag kan ha stått på annet type materiell før.

Brukte innringer oppbevares og monteres i hjulavdelingen. De gjenbrukes ved behov, og det skilles ikke på hvilken kunde de har tilhørt eller hva slags type trafikk de har blitt brukt i.



Figur 82: Ved revisjon splittes aksellageret. Illustrasjon: SHK

Et aksellager av denne typen har lang levetid. Mantena har ikke et eksakt tall, men antar at lagrene som p.t. er i omløp er mellom 13 og 29 år gamle. ZVL ble levert i perioden 2007–2008. FAG ble levert i perioden 1993–1994 (et parti til godsvogner), i tillegg til lagre levert med NSBs personvognmateriell og nyere anskaffelse av erstatningslagre på 2000-tallet. De eldste lagrene i omløp er fra SKF, men det antas at disse ikke kan være eldre enn ca. 25 år siden de alle har polyamidrullebur. Polyamidrullebur ble først ble tatt i bruk av NSB/CargoNet på midten av 90-tallet.

CargoNet anslår at det opprinnelig var ca. 12 000 ZVL-lagre i omløp, og det er sannsynlig at det fortsatt finnes flest av denne typen. CargoNet har beregnet levetiden til ZVL-lagre i henhold til deres bruk til ca. 27 år, men tilsvarende er ikke gjort for de andre lagrene.

Et hjulbytte skjer normalt før 12 år, og da revideres også lager. Ved store hjulskader byttes alltid aksellagre. Dersom en hjulsats har fått en stor hjulskade (hjulslag > 80 mm) kasseres ZVL-lagre og erstattes med SKF-lager.

Det føres ingen oversikt over hvor mange ganger et lager har blitt revidert. Det stilles heller ikke slike krav fra produsentene av lagre.

Det er ingen styring av aksellager på individnivå, noe som innebærer at det ikke er mulig å dokumentere historikken til et lager. Dette er normal praksis i bransjen, ikke kun hos Mantena. På denne måten vil et aksellager på en vogn bestå av komponenter som i løpet av livsløpet sitt har blitt brukt på ulike vogner, med ulike innringer.

I forbindelse med riving (demontering) av akselkasse, suges lageret tomt for smørefett, slik at det kun skal være mindre mengder igjen når det sendes til kontroll. I komponentavdelingen vaskes komponentene fra aksellageret i en egen vaskemaskin (figur 85), men denne fjerner ikke alle rester av gammelt smørefett. Vaskemiddelet i maskinen tilsettes Surtec 042 (forbruket er 240 liter årlig for avdelingen for revidering kulelager) som har en korrosjonsinhibitor tilsatt. Lagerprodusent SKF stiller ingen krav til metode for vasking, men poengterer at det er viktig at vann og rester av vaskemiddel fjernes etter vask for å unngå korrosjon eller etsing. Overflater som kan korrodere, må ifølge SKF settes inn med et korrosjonsbeskyttende medium/preserveringsolje.

SKF anbefaler videre at de indre overflatene i akselkassehuset smøres med et tynt lag «anti fretting» pasta. Dette er også rutinene hos Mantena som bruker antikorrosjonsbeskyttelsen Dinitrol Pasta.

Yttering, bur og ruller kontrolleres deretter for feil, og det fylles med nytt fett dersom det blir funnet i orden. Deretter sendes de ut i produksjon igjen.



Figur 83: Inspeksjon av yttering, rullebur og ruller. Foto: SHK



Figur 84: Gjenbruk av filttetting. Foto: SHK





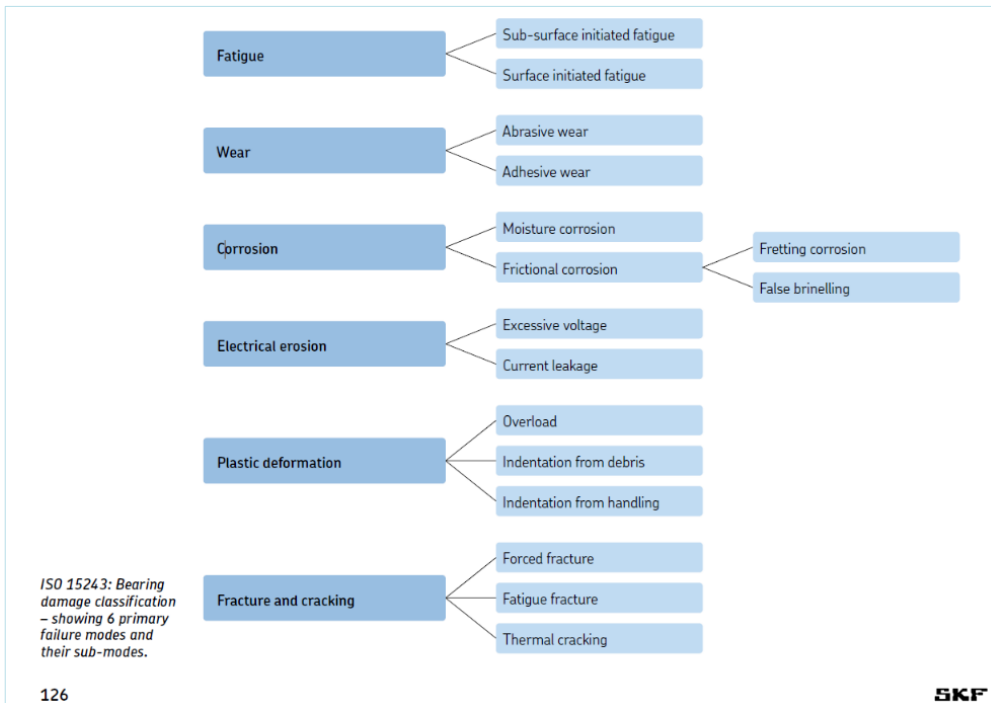
Figur 85: Vaskefasiliteter for aksellagre.  
Foto: SHK



Figur 86: Revidert lager i akselkassehus.  
Foto: SHK

Det er ingen egen arbeidsbeskrivelse for dette arbeidet. Mantena opplyser at de baserer seg på SKF sitt vedlikeholdsdokument og skadekatalog, uavhengig av hvilken produsent det aktuelle aksellageret er fra.

SKF sin metode for inspeksjon av aksellagre baserer seg på en metodikk for klassifisering av skader og feil på aksellager (ISO 15243). SKF anbefaler å bruke deres referanseoversikt over ulike typer skader, i kombinasjon med erfaring og statistikk hos de som utfører inspeksjonene. Denne standarden lister seks primære skader/feilmoduser med undermoduser, relatert til skade som kan oppstå etter produksjon og ved bruk (illustrert i figur 87). Disse er hovedsakelig rettet mot synlige merker eller skader på rulleelementenes kontaktflater og peker på mekanismene som kan forårsake hver type skade.



Figur 87: Primære skader ved aksellager. Kilde: SKF<sup>20</sup>

<sup>20</sup> Bearing investigation, SKF Railway Technical Handbook, Volume 1, Chapter 6, Page 122 to 135.

Dersom det finnes skader eller slitasje, kasserer Mantena lageret i stedet for å bytte ut deler. Det er mulig å plukke ut én rulle for inspeksjon av ZVL-lagre (eks. i figur 88), men det er ikke en del av normal inspeksjonsrutine. Mantena har anslått at 10–25 % av aksellagrene som kommer til revisjon blir vraket, men det føres ingen oversikt over dette.

Når det gjelder aksellagre til godsvogner mener Mantena at den vanligste skadetyper er misfarging og riper. Mantena er av den oppfatning at aksellager fra personvogner noe oftere har skader relatert til strømgjennomgang. Dersom et lager underkjennes ved revisjon dokumenterer ikke Mantena skadetype eller produsent. Hvorvidt et lager kasseres basert på misfarging avgjøres ved skjønn. Mantena har ikke satt spesifikke føringer for hvor mye man kan akseptere av denne skaden.



Figur 88: Mulighet for inspeksjon av ytre rullebane på ZVL-lager. Foto: SHK

Det er ingen unik ID for et lager, og derfor ingen sporbarhet. I mange tilfeller kan det være vanskelig å tyde merkingen etter en tids bruk. Produsentene merker ikke aksellagrene sine likt. Standarden EN 12080 beskriver hvordan lagre skal merkes. Noen lagre har preget inn en bokstavkode for produksjonsår, mens andre har et påtrykt merke som lett slites av. ZVL-lageret fra Bergen var påført produksjonsår 2007 eller 2008 (se kap. 2.5.2). Merkingen på SKF-lageret fra Bergsens var uleselig (se kap. 2.5.4).

Ved lagerhavariet i Bergen var et ZVL-lager involvert, mens i Bergsens var det et SKF-lager. Produsentene produserer etter samme standard og oppleves som like gode, men Mantena erstatter kasserte lagre hovedsakelig med nye SKF-lagre. Mantena har ikke inntrykk av at en produsent er dårligere enn en annen. Siden det ikke føres oversikt over årsak og produsent for kasserte aksellagre, har man ikke eksakte tall som underbygger dette inntrykket.

Filtettinger som anses som gode nok gjenbrukes. Filtettingens ender skal legges over hverandre i 45° vinkel i aksial retning, og skjøten skal ligge opp.

Akselkasser utstyrt med nye oppsmurte lager pakkes inn i plast før de sendes til såkalt «cleanlager», eller rett til produksjon for montering.

### 2.7.3.5 Kvalitetssikring av rutiner for montering av aksellager

Mantena følger som hovedregel SKF sine vedlikeholdsdokumenter og skadekatalog for vedlikehold av aksellagre. Det finnes også andre internasjonale retningslinjer slik som for eksempel *VPI maintenance manual*<sup>21</sup>. Dette er en industristandard for vedlikehold, som ved sertifisert etterlevelse på lik linje som internasjonale ISO-, EN-standarder, eller nasjonale standarder, kan gi grunnlag for ECM sertifisering.

Som en følge av de to lagerhavariene igangsatte CargoNet en gjennomgang av Mantenas arbeidsbeskrivelser sammenliknet med retningslinjene i VPI. Kartlegging av krav i VPI opp mot retningslinjene fra SKF hadde som mål å avdekke og avklare betydningen av eventuelle forskjeller mellom de to referansene. SHK deltok som observatør i denne

<sup>21</sup> VPI European Maintenance Guide (VPI-EMG) <https://www.vpihamburg.de/en/vers/vpi-emg>

gjennomgangen og det ble avdekket en rekke ulikheter. Lagerprodusenten SKF ble også forespurt om deres syn på eventuelle ulikheter mellom VPI og Mantenas praksis. CargoNet har selv påpekt at mange av disse forholdene heller ikke har vært omfattet av deres krav til Mantena, og at det derfor ikke har vært fokus på dette fra noen av partene. Resultatet av dette arbeidet blir nye og oppdaterte krav til lagerrevisjon fra CargoNet som skal tas i bruk i 2021.

Et av hovedtrekkene ved gjennomgangen var at Mantenas rutiner og fremgangsmåter ikke alltid var godt dokumentert. Med dette menes tilgang til skriftlige arbeidsbeskrivelser, referansekataloger eller gitte grenseverdier. Blant funnene som ble gjort var:

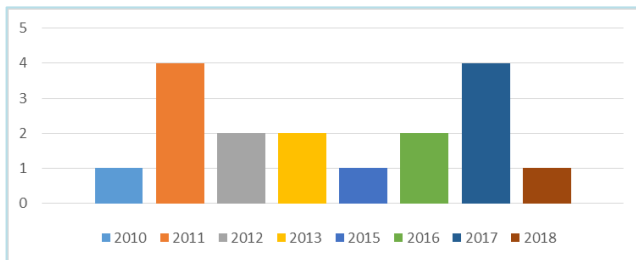
- Rengjøring av innerringer med ruller og rullebur i vaskemaskin fjerner ikke alle rester av gammelt smørefett. Det var også usikkerhet rundt effekten av gammelt fett som blander seg med nytt fett i et revidert lager.
- Påfylling av korrekt fettmengde gjøres manuelt og kan derfor gi rom for menneskelige feil. Miljøet arbeidet utføres i, samt verktøyet som benyttes, var ikke beskyttet mot støv, smuss og partikler.
- Det er ingen rutine for avlesning av alder på lagre (inner- og yttering), og det er ikke satt aldersgrenser for hvor lenge en komponent kan være i bruk. Det kan i tillegg være betydelige utfordringer med å lese av merking på aksellagerkomponenter da noen produsenter historisk sett har brukt merketmetoder som slites bort ved bruk.
- Det stilles ikke kvalitetskrav til oppbevaring og inspeksjonsrutiner for innerringer. Innerringer krympet på akselen følger som nevnt sitt eget løp der de demonteres, kontrolleres og monteres i hjulavdelingen. Det er ingen spesifikk arbeidsbeskrivelse som tar for seg inspeksjon av disse, men det brukes faglig skjønn og erfaring. De oppbevares ikke tildekket og beskyttet mot støv og smuss, men tørkes av etter montering. Dersom et lager kasseres i komponentavdelingen, er man ikke sikret at det samme skjer med tilhørende innerring i hjulavdelingen. Siden et skademønster kopieres mellom ruller og begge rullebaner, bør innerringer ha den samme raten for kassering, men dette har ikke Mantena oversikt over. Støvringer eller andre former for krager må vurderes ut fra en eventuell skade/slitasje og om nødvendig kontrolleres gjennom oppmåling opp mot original dokumentasjon. SKF anbefaler at innerringen bør vurderes ut fra de samme kriterier som yttingen og ruller da de tre komponentene jobber sammen. Dette gjøres ikke systematisk i dag hos Mantena.
- Filttetninger gjenbrukes, mens både VPI og anbefalinger fra SKF sier at disse normalt bør byttes ut med nye hver gang. Arbeidsbeskrivelsen inneholder heller ingen instruksjoner om filttetningens skjøtt eller posisjon. Mantena opplyser at det er opp til kunden å velge hvorvidt filttetningen skal byttes ut, men at de p.t. ikke har noen kunder som har stilt et slikt krav.
- Det ble funnet flere punkter knyttet til kontroll med oppvarmingen som benyttes i montering og demontering av komponenter. Både VPI-regelverket og anbefalinger fra SKF poengterer at man må holde kontroll med temperaturen for at det ikke skal bli for varmt. Det ble anbefalt at Mantena sikret dette ved å sjekke temperatur jevnlig med et kontakttermometer. Dette gjaldt spesielt ved oppvarming av akselkassehus før montering av lager, og ved håndtering av innerringer som blir krympet på akselen.

Feil ved påkrymping av innringer kan føre til sprekkdannelser og/eller at de løsner fra akselen. Det ble satt spørsmål ved om det er behov for kontroll av innvendig diameter på brukte innringer med tanke på såkalt «ring growing phenomenon» i forbindelse med oppvarming og korrekt krymp på aksel i forhold til diameter på denne.

## 2.8 Liknende hendelser

### 2.8.1 Norge

Det meldes inn få hendelser med varmgang i aksellagre til Statens jernbanetilsyn (SJT). En statistikk fra SJT viser at det i perioden 2010–2018 var ca. 1–4 hendelser pr år (figur 89).



Figur 89: Registreringer knyttet til varmgang i aksellager. Kilde: SJT, Synergi™ Life

Havarikommisjonen har undersøkt liknende hendelser tidligere og fremmet flere sikkerhetstilrådinger som retter seg mot større bruk av overvåkning av materiell med feil (se tabell 11).

Tabell 11: En oversikt over tidligere og liknende hendelser. Kilde: SHK

Tid og sted	
2018 – Helldalsmo	Undersøkt av virksomheten, men ikke SHK.
2016 – Avsporing ved Oppegård (JB 2016/04)	«Havarikommisjonen har tidligere påpekt at Jernbaneverket i for liten grad bruker hjulskadedetektorene sine som et verktøy for å få oversikt over tyngde og vektfordeling i materiell som trafikkerer jernbanenettet.»
2015 – Avsporing ved Svene (JB 2015/03)	«Havarikommisjonen mener det er avgjørende at Jernbaneverket utnytter de mulighetene man har for overvåkning, slik at avvikende materiell som påvirker infrastrukturen negativt kan tas ut av drift. Havarikommisjonen mener derfor det er viktig at Jernbaneverket sørger for å holde hjulskadedetektorene sine operative slik at de gir pålitelige resultater.»
2009 – Tjuvbrems og varmgang i aksellager mellom Fjellhamar– Hanaborg (JB 2010/09)	Sikkerhetstilråding JB nr. 2010/16T: «Mulighetene for å oppdage en hjul- eller lagerskade i et godstog underveis før skaden blir fatal er relativt lav og har blitt redusert over tid gjennom reduksjon i antallet betjente stasjoner. Det synes videre å være stort sprik i hvordan skadepotensialet ved et lagerhavari vurderes av hhv. Jernbaneverket og CargoNet AS. Havarikommisjonen tilrår at Statens jernbanetilsyn pålegger Jernbaneverket og jernbaneforetakene å gjennomgå problemstillingen med hjul- og lagerskader, og avstemme vurderingene av skadepotensiale og frekvens slik at eventuell bruk av detektorer langs sporet eller i tog kan gis en riktig prioritering i sikkerhetsstyringen.»

<b>2005–2006 – Flere tilfeller av aksellagerfeil (JB 2008/09)</b>	Havarikommisjonen viser for øvrig til tidligere sikkerhetstilråding: «Statens jernbanetilsyn (SJT) bør vurdere om det skal pålegges å installere system for overvåking og varsling av varmeutvikling/vibrasjon fra hjul/aksellager ved godkjenning av materiell og/eller banestrekninger.»
<b>2005 – Aksellagerfeil mellom Kambo og Moss (JB 2006/10)</b>	Havarikommisjonen viser videre til tidligere sikkerhetstilråding: «Statens jernbanetilsyn (SJT) bør vurdere om det skal pålegges å installere system for overvåking og varsling av varmeutvikling/vibrasjon fra hjul/aksellager ved godkjenning av materiell og/eller banestrekninger (JB tilråding nr. 43/2004).»
<b>2003 – Aksellagerfeil mellom Gardermoen og Lillestrøm (JB 2004/13)</b>	Sikkerhetstilråding JB nr. 43/2004: «Statens jernbanetilsyn (SJT) bør vurdere om det skal pålegges å installere system for overvåking og varsling av varmeutvikling / vibrasjon fra hjul / aksellager ved godkjenning av materiell og/eller banestrekninger.»
<b>2002 – Aksellagerhavari (JB 2004/12)</b>	Fire umiddelbare sikkerhetstilråding ble gitt rettet mot design og vedlikehold av lager.

### 2.8.2 Europa

Det europeiske jernbanebyrået ERA samler alle rapporter fra havarikommisjonenes undersøkelser av alvorlige hendelser og ulykker med jernbane i Europa. Det er ikke mulig å hente ut en helt nøyaktig oversikt over hvor mange saker som er direkte knyttet til lagerhavari, men ERA har søkt opp alle rapporter der ordet «bearing» forekommer. Dette søket vil dermed også få med seg rapporter som ikke er relevante, men tabell 12 viser antall undersøkelser og land. Som oversikten viser er det relativt få undersøkelser sett opp mot den totale jernbanetrafikken i Europa. Dette kan bety at alvorlighetsgraden ved lagerhavariene ikke er i en slik størrelsesorden at det undersøkes av undersøkelsesmyndigheter, og at granskning overlates til jernbaneforetakene selv.

Tabell 12: Undersøkelser i ERAIL relatert til aksellager. Kilde: ERA

	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Totalsum
<b>Austria</b>			1		1			1						3
<b>Bulgaria</b>											2			2
<b>Czech Republic</b>			1		1		3		3		1		1	10
<b>Germany</b>									2	2		1		5
<b>Hungary</b>							1		2	1				4
<b>Ireland</b>				1		1								2
<b>Italy</b>							1	1						2
<b>Poland</b>													1	1
<b>Romania</b>					4	1				1			3	9
<b>Slovak Republic</b>										1				1
<b>Spain</b>							1			1		1		3
<b>Sweden</b>		1												1
<b>The Netherlands</b>				1										1
<b>United Kingdom</b>	1				1	1								3
<b>Totalsum</b>	1	1	2	2	7	3	6	2	7	6	3	2	5	47

## 2.9 Forskning, utvikling og trender i transportsektoren

### 2.9.1 Utbygging og fremtidig bruk av detektorer

Bane NOR har ingen overordnet strategi for utbygging av detektorer, slik man hadde ved utbygging av blant annet Langum, Høyset og Straumsnes. Dette er nå et desentralisert ansvar i de ulike regionene i Bane NOR. Samtidig ser Bane NOR nytteverdien av å samle inn data fra slike detektorer og gjøre dem tilgjengelige for eksempel i en skybasert tjeneste. De er i starten på dette arbeidet, og har beregnet at det vil ta minst et(t) år bare å utvikle rammeverket. Tidligere deltok Bane NOR i et nordisk fagsamarbeid om detektorer, men dette eksisterer ikke lenger.

I Sverige har man bygget ut et stort detektornettverk med ca. 190 detektorer, og detektordata brukes mer aktivt enn i Norge (se kap. 2.9.5). Bane NOR mener det beskjedne antallet detektorer i Norge primært skyldes at jernbaneforetakene ikke har vist interesse for bruk av slik data. Bane NOR mener også at det er lite hjulslag i Norge sammenliknet med utlandet, og det bidrar også til å gjøre data mindre relevant. Denne oppfatningen støttes derimot ikke av enkelte operatører.

CargoNet benytter detektordata aktivt både i Norge og Sverige, men det har i forbindelse med denne sikkerhetsundersøkelsen kommet frem at både bruk og kjennskap til detektorer varierer mellom ulike jernbaneforetak. For å kartlegge bruken og interessen for denne typen data kontaktet Havarikommisjonen noen av de største aktørene som opererer i Norge; Vygruppen AS, SJ Norge AS, Flytoget AS og Go-Ahead Norge AS.

På spørsmål om hvilke detektordata virksomhetene benyttet i dag, svarte alle bortsett fra SJ, at de kunne motta varsler fra hjulskadedetektoren ved Huseby/Lierstranda.

SJ opplyste at de har stor nytteverdi av detektordata i Sverige, men hadde på dette tidspunktet ikke fått tilgang til data fra norske detektorer ennå. Go-Ahead Nordic og deres vedlikeholdsoperatør hadde heller ikke fått tilgang til alle detektorer på det tidspunktet de ble forespurt. I tilfeller med akutte alarmer hos Bane NOR vil fører hos den aktuelle operatør bli varslet, som igjen håndterer dette i samarbeid med sitt driftsoperative senter.

Flytoget og deres vedlikeholdsoperatør benytter detektordata aktivt. Disse henter ut data nærmest daglig, for overvåking av kjøretøyets tilstand i henhold til oppsatte vedlikeholdsplaner.

Både CargoNet og Flytoget kan vise til konkrete tilfeller der varsler fra detektorer har medført at det har blitt oppdaget skader ved deres materiell.

Aktørene har ulikt syn på kvalitet og pålitelighet av data. Vy, som er den som benytter data i minst grad, opplever at de får feilvarslinger. Flytoget, som er en aktiv bruker, mener at data samsvarer med faktiske funn på materiellet, men er kritiske til at oppetiden til anleggene tilsynelatende ikke har prioritet hos Bane NOR. Go-Ahead Nordic er også positive til kvaliteten, men stiller spørsmål ved om Bane NORs varslingsrutiner og kriterier er gode nok.

Alle aktørene uttrykker et tydelig ønske om å øke bruken av detektorer i tilstandsbasert overvåking i tiden fremover. Det vises til at dette også er trenden innen jernbanetrafikk i sentral-Europa. Likevel sies det at inntil nå har sensorer installert direkte på kjøretøyet



vist seg å være mer nyttig enn Bane NORs detektorer, og at erfaringen med hvordan nyttiggjøre seg slike data er liten.

Alle aktørene ønsker flere detektorer på flere steder i jernbanenettet, og gjerne med ulike teknologier og formål (eks. overvåkning av strømvaktakere).

Verken Vy, Go-Ahead Nordic eller Flytoget har kjennskap til det store detektornettverket i Sverige, men SJ har naturlig nok lang erfaring med bruk av dette.

Tilstandsbasert overvåkning trenger ikke kun å rette seg mot overvåkning av kjøretøy. Det er mulig å kontrollere sporets kvalitet ved at tog i normal trafikk utstyres med sensorer som melder tilbake til Bane NOR om uregelmessigheter ved sporet, kontaktledning etc. Aktørene som ble forespurt stiller seg i stor grad positiv til et slikt samarbeid. De anser det å levere data tilbake til Bane NOR som en «vinn-vinn» situasjon, der man utnytter teknologien til fulle.

Bane NOR ønsker et samarbeid med Norske Tog AS når det skal bestilles nytt materiell, slik at det legges til rette for deling av data ikke bare om materiellet, men også om sporets kvalitet.

Det er Norske Tog AS som eier store deler av jernbanemateriellet som brukes i persontrafikk i Norge. De stiller seg positive til at jernbaneforetak som bruker deres materiell benytter detektordata for tilstandsovervåkning, da dette kan bidra til å avdekke feil og dermed øke påliteligheten. Til Havarikommisjonen har Norske Tog AS uttalt:

*Vi ønsker å samarbeide med Bane NOR og bidra til installasjon av sensører på kjøretøy og dele data med både operatører og Bane NOR. Norske tog kan bidra med installasjon av sensorer på kjøretøy i samarbeid med operatørene.*

*Vi ønsker å implementere tilstandsbasertvedlikehold på flere relevante tekniske systemer på våre kjøretøy. Vi vil prioritere dører, trykkluft, boggi og flere elektroniske systemer for å forbedre pålitelighet og øke levetiden. I tillegg til sensorer for overvåkning av selve kjøretøyet er det interessant å etablere en dialog med Bane NOR for å avdekke om det er sensorer som kan overvåke infrastruktur kan samkjøres med kjøp av nye kjøretøy.*

### 2.9.2 Avdekke feil i tidlig fase ved hjelp av detektordata

CargoNet har et samarbeid med Predge AB i Sverige om analyse av data for deres tog fra både norske og svenske detektorer<sup>22</sup>. Hensikten er å finne ut om man over tid kan analysere data, og dermed avdekke lager som begynner å vise tegn på feil før de ender med havari. Data fra dette arbeidet har bidratt til å identifisere aksellagre med mistenkelige målinger.

CargoNet har ved minst to tilfeller avdekket begynnende aksellagerhavarier med bakgrunn i alarmer fra detektorer. I etterkant av avsporingen i Bergen ble Bane NOR og CargoNet enige om at Predge AB ble gitt direkte tilgang til data fra de tre detektorene (Huseby/Lierstranda, Straumsnes, Skatval). Målet er at samarbeidet skal bidra til å verifisere nøyaktigheten ved målingene gjennom sammenlikning med funn CargoNet gjør på sitt materiell.

<sup>22</sup> <https://www.predge.se/cargonet-digitizes-decision-support-using-predge-4/>

### 2.9.3 Teknologitrender i transportsektoren

På oppdrag fra Jernbanedirektoratet har SINTEF Digital utarbeidet en rapport<sup>23</sup> som tar for seg forventninger til fremtidige teknologitrender innen transportsektoren. Rapporten peker på at fremtidens transportsektor vil kjennetegnes av økt digitalisering og automatisering. En av teknologiene som trekkes fram er Smart infrastruktur. Det sies blant annet:

*Det vil også komme flere og bedre sensorer på gods som transporteres av de ulike transportmidlene, såkalt intelligent gods<sup>24</sup>. Sensorene på godset vil bl.a. kunne overvåke godsets status og sende alarmer til vareeier/varemottaker om uregelmessigheter, f.eks. dersom godset blir utsatt for temperaturer eller støt utenfor akseptabelt område eller dersom godset registrerer at det er utenfor planlagt rute og tidsplan. Sensorer iblant annet infrastruktur som kommuniserer med resten av banenettet, tog og baksystemer vil i nær fremtid kunne endre måten togtransport gjennomføres på. Gjennom kommunikasjon med sensorer og satellitter vet toget selv hvor det befinner seg og hvor det skal kjøre.*

*Interkonnektivitet gjør at toget selv vil tilpasse fart til situasjonen på linjen. Toget vil videre kontinuerlig overvåke hvorvidt togsettet er fullstendig og avdekke om noe ikke stemmer. Det betyr at mye tradisjonelt utstyr blir overflødig, og at annet utstyr (f.eks. sporskiftere) blir selvdrevne, elektriske løsninger.*

*Sensorer langs toglinjen vil videre kontinuerlig overvåke og rapportere tilstand på skinner og utstyr, slik at forebyggende vedlikehold kan gjennomføres. Dette optimerer pålitelighet og tilgjengelighet.*

*Felles for datainnsamling fra infrastruktur, transportmidler og utstyr i tilknytning til infrastrukturen er at data vil kunne brukes i læring og styring av transporten i transportsystemet. Ny sensorteknologi og nye effektive kommunikasjonsløsninger vil gjøre at transportsystemene vil bli instrumentert som Internet of Things (IoT) hvor innsamlede sensordata og data fra overvåkings- og styringsprosesser blir brukt til både å forutse uønskede hendelser og til å støtte operatørene i deres håndtering av uønskede hendelsene på en sikker og effektiv måte.*

### 2.9.4 Europeisk forskning på overvåkningssystemer i jernbane

I det europeiske forskningsprosjektet D-RAIL<sup>25</sup> så man blant annet på hvordan man kunne bruke overvåkningssystemer til å forutsi og forhindre avsporinger. Prosjektet er blant annet oppsummert i en svensk rapport<sup>26</sup> som sier at:

*...med relativt små åtgärder kan övervakningssystem koordineras och data överförs mellan länder. Detta leder till stora möjligheter för förbättrad trafikövervakning. Som ett enkelt exempel kan en vagn med höga hjulkrafter följas oavsett var den befinner sig inom EU. Detta gör att underhåll kan planeras in för*

<sup>23</sup> Teknologitrender som påvirker transportsektoren, (2017-03003), SINTEF Digital. 2017-09-18

<sup>24</sup> Dreyer, H., T. Foss (2012): Intelligent goods in transport systems (ISBN 978-82-321-0204-4) Akademika publishing

<sup>25</sup> Development of the Future Rail Freight System to Reduce the Occurrences and Impact of Derailment (D-RAIL), 2011-2014, <https://cordis.europa.eu/project/id/285162>

<sup>26</sup> «D-RAIL konsten att inte spåra ur En sammanfattning av de viktigaste resultaten från ett europeiskt forskningsprojekt», Anders Ekberg Chalmers tekniska högskola, Björn Paulsson, Trafikverket/UIC

*att utföras då den anländer lämpligt serviceställe istället för att tåget stoppas på linjen med trafikstörningar och onödiga kostnader som konsekvens.*

Prosjektet sier videre at 50 % av avsporingene i EU (tilsvarende 75 % av kostnadene) kan håndteres med tre typer inspeksjoner/overvåkningssystemer:

- Varmgangs-/tjuvbremsetektorer
- Hjulkraftsdektorer
- Sporgeometrimålinger

Trafikverket i Sverige, som forvalter jernbaneinfrastruktur på tilsvarende måte som Bane NOR, deltok i D-RAIL. I Sverige har man et stort nettverk på 190 stasjonære dektorer langs sporet. Disse skal bidra til å oppdage skader ved kjøretøy som kan forårsake avsporinger, skade på skinnegang, nedringing av kontaktledning m.m. (se Vedlegg C). D-RAIL konkluderte med at både sporgeometri og hjulkraftsmålinger er kostnadseffektive systemer. Ifølge Trafikverket er deres eksisterende varmgangs- og tjuvbremsetektorer i teorien kostnadseffektive. Samtidig kom deres egne beregninger, og beregninger i D-RAIL, fram til at utbygging av nye dektorer forbundet med store kostnader. Det skyldes at man antar at varmgang i et aksellager kan utvikle seg til havari over relativt kort avstand, og at den optimale avstanden mellom installasjonene dermed var maksimalt 50 km. Siden man mente at denne typen dektorer er relativt vanlige i Europa og avsporinger forårsaket av varmgang/tjuvbremser er relativt sjeldne, vurderte man effekten av å installere ytterligere varmgangs-/tjuvbremsetektorer som lav.

### 2.9.5 Detektornettverk i Sverige

Trafikverket har en uttalt strategi om å blant annet anlegge nye og bedre dektorer, samt øke samarbeidet med jernbaneforetakene for å forbedre analyse av dektordata<sup>27</sup>.

Trafikverket tilbyr tjenesten «*Teknisk kontroll av fordon*»<sup>28</sup>, et verktøy der jernbaneforetak kan hente og analysere data fra sine dektorpasseringer med hensikt å avdekke begynnende feil før de gir skade. Slike data blir lagret i to år, og tjenesten inngår kostnadsfritt til de kunder som tegnet en *Trafikeringsavtal (TRAV)* med Trafikverket. Tjenesten tilbys også til vogniere gjennom en godkjenning av aktuell operatør.

Trafikverket opererer med tre ulike nivåer for kjøretøysalarmer (figur 90). I 2018 mottok Trafikverket 300 «högnivåalarmer» for varmgang (dvs. over 100 °C) som er stoppende alarmer. Av disse fikk man bekreftet begynnende lagerhavari for to alarmer, men Trafikverket har ikke kontrollert de resterende. Trafikverket registrerer ca. 98 000 000 akselpasseringer per år. Ca. 0,003 promille av disse gav alarm for varmgang «Hög» i 2018.

<sup>27</sup> <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/anlaggningsteknik/Detektorer/>

<sup>28</sup> <https://www.trafikverket.se/tjanster/system-och-verktyg/trafik/operativ-jarnvagsdrift/Teknisk-kontroll-av-fordon-DPC/>

## 5.2.3 NIVÅER FÖR FORDONSLARM

Följande nivåer för fordonslarm förekommer:

- **Hög** – den högsta larmnivån, som indikerar att det föreligger akut risk för skada eller urspårning
- **Låg** – indikation på skada eller fel som kräver kontroll eller åtgärd
- **Varning** – indikation på mätvärde som väsentligt överstiger normala driftvärden

Figur 90: Kap. 5.2.3, TDOK 2014:0689. Kilde Trafikverket

Ifølge Trafikverket er en del av alarmene sesongavhengige. Figur 91 viser variasjonen per måned for antall «hög-, låg- og varningslarm» for hjulskader i årene 2011–2012. Dette mønsteret ser man gjentar seg år for år. Trafikverket mener likevel det har blitt en bedring etter at jernbaneforetakene begynte å aktivt innhente og benytte Trafikverkets detektordata i sitt forebyggende vedlikehold.



Figur 91: Alarmer for hjulskader fordelt på måneder. Kilde: Trafikverket

## 2.10 Lover og forskrifter

### 2.10.1 Forskrift om sikkerhetsstyring for jernbanevirksomheter på det nasjonale jernbanenettet (sikkerhetsstyringsforskriften)

- § 1-2. Formål  
Formålet med denne forskriften er at jernbanevirksomheten skal arbeide systematisk og proaktivt slik at det etablerte sikkerhetsnivået på jernbanen opprettholdes og i den grad det er nødvendig forbedres, samt at jernbaneulykker, alvorlige jernbanehendelser og jernbanehendelser unngås.
- § 2-1. Overordnet ansvar for sikkerhet  
Jernbanevirksomheten har ansvaret for en sikker drift av sin del av jernbanesystemet og kontroll på risikoer der disse oppstår i jernbanesystemet. Jernbanevirksomheten har plikt til å iverksette nødvendig risikohåndtering, og der det er relevant, samarbeide med de øvrige virksomhetene i jernbanesystemet.
- § 3-1. Krav til sikkerhetsstyringssystem  
Jernbanevirksomheten skal ha et sikkerhetsstyringssystem. Sikkerhetsstyringssystemet skal være tilpasset arten og omfanget av den aktuelle virksomheten og andre forhold ved denne. Sikkerhetsstyringssystemet skal videre sikre håndtering av alle risikoer forbundet med virksomheten.

*Sikkerhetsstyringssystemet skal ta hensyn til alle relevante risikoer som oppstår som følge av andre jernbanevirksomheters og tredjeparters virksomhet. Sikkerhetsstyringssystemet skal vise hvordan kontrollen er sikret fra den øverste ledelsens side på ulike nivåer, hvordan personalet på alle nivåer er involvert og hvordan den kontinuerlige forbedringen av sikkerhetsstyringssystemet sikres.*

*Sikkerhetsstyringssystemet skal omfatte bruk av leverandører.*

*Jernbanevirksomheten skal stille de samme styrings- og sikkerhetskrav til aktiviteter utført av leverandører som til aktiviteter utført av egen virksomhet. Infrastrukturforvalters sikkerhetsstyringssystem skal ta hensyn til virkningene av forskjellige jernbaneforetaks virksomhet på det nasjonale jernbanenettet og omfatte bestemmelser som skal gjøre det mulig for alle jernbaneforetak å drive i samsvar med krav i jernbanelovgivningen, samt krav i og vilkår fastsatt i deres sikkerhetssertifikat*

2.10.2 Forskrift om vedlikehold av godsvogner på det nasjonale jernbanenettet (ECM-forskriften) (KOMMISJONSFORORDNING (EU) nr. 445/2011 av 10. mai 2011 om et system for sertifisering av enheter med ansvar for vedlikehold av godsvogner og om endring av forordning (EF) nr. 653/2007(\*))

- 3) Uten at det berører jernbaneforetakenes og infrastrukturforvaltningenes ansvar for sikker drift av tog, bør enheten som er ansvarlig for vedlikehold, ved hjelp av et vedlikeholdssystem sikre at godsvognene som den er ansvarlig for vedlikehold av, har en sikker driftstilstand. Idet det tas hensyn til de mange ulike konstruksjons- og vedlikeholdsmetodene, bør dette vedlikeholdssystemet være et prosessorientert system.
- 6) Jernbaneforetakene eller infrastrukturforvaltningene bør ved hjelp av sitt sikkerhetsstyringssystem sørge for å ha kontroll med all risiko knyttet til sin virksomhet, herunder bruk av underleverandører. For dette formål bør et jernbaneforetak ha inngått avtaler som omfatter enheter med ansvar for vedlikehold, for alle godsvognene det bruker. Dette kan være en avtale mellom jernbaneforetaket og enheten ansvarlig for vedlikehold, eller en avtalekjede som omfatter andre parter, for eksempel innehaveren. Disse avtalene bør være i samsvar med framgangsmåtene som et jernbaneforetak eller en infrastrukturforvaltning har beskrevet i sitt sikkerhetsstyringssystem, herunder for utveksling av opplysninger.
- Artikkel 5
  2. Forhold mellom parter som deltar i vedlikeholdsprosessen
 

Alle parter som deltar i vedlikeholdsprosessen, skal utveksle relevante opplysninger om vedlikehold i samsvar med kriteriene oppført i avsnitt I.7 og I.8 i vedlegg III.

    - I.7: Opplysninger — en strukturert metode for å sikre at viktige opplysninger er tilgjengelige for dem som skal foreta bedømming og treffe beslutninger på alle nivåer i organisasjonen
    - I.8: Dokumentasjon — en strukturert metode for å sikre at alle relevante opplysninger kan spores
  3. Etter at det er inngått en kontraktmessig avtale kan et jernbaneforetak anmode om opplysninger om vedlikeholdet av en godsvogn av hensyn til



*driften. Enheten med ansvar for vedlikehold av godsvognen skal svare på slike anmodninger enten direkte eller gjennom andre avtaleparter.*

- *4. Etter at det er inngått en kontraktmessig avtale kan en enhet med ansvar for vedlikehold anmode om opplysninger om driften av en godsvogn. Jernbaneforetaket eller infrastrukturforvaltningen skal svare på slike anmodninger enten direkte eller gjennom andre avtaleparter.*
- *5. Alle avtaleparter skal utveksle opplysninger om sikkerhetsrelaterte funksjonsfeil, ulykker, hendelser, nestenulykker og andre farlige episoder samt eventuelle restriksjoner på bruken av godsvogner.*

### 2.10.3 Forskrift om nasjonale tekniske krav m.m. for jernbaneinfrastruktur på det nasjonale jernbanenettet (jernbaneinfrastrukturforskriften)

*§ 2-4. Drift og vedlikehold av jernbaneinfrastruktur  
Infrastrukturforvalter skal drifte og vedlikeholde jernbaneinfrastrukturen i henhold til nasjonale og internasjonale standarder.*

*Infrastrukturforvalter skal ha en vedlikeholdsplan for hver strekning. Vedlikeholdsplanen skal inneholde grenseverdier for alle systemer, deler og komponenter av sikkerhetsmessig betydning som angir når umiddelbare tiltak skal iverksettes. Planen skal videre inneholde en beskrivelse av tiltak som skal gjennomføres når disse grensene er overskredet, samt terminer for vedlikehold og tidspunkt for utskifting av sikkerhetskritiske komponenter. Ved fastsettelse av grenseverdiene skal det blant annet tas hensyn til kjøretøy som tillates brukt på strekningen og strekningens tillatte kjørehastigheter.*

*Infrastrukturforvalter skal dokumentere utført vedlikehold.*

### 2.10.4 TSI WAG-forskriften (TSI-rullende materiell – godsvogner på det nasjonale jernbanenettet)

- *4.2.3.6.5. Akselkasser/lagre:  
Akselkassen og rullelageret skal konstrueres med hensyn til mekanisk motstand og tretthetsegenskaper. Det skal defineres driftsgrenseverdier for temperatur som er relevante for deteksjon av varmgang. Dokumentasjon av samsvar er beskrevet i nr. 6.2.2.4.*
- *4.2.6.2. Beskyttelse mot elektriske farer  
4.2.6.2.1. Beskyttende tiltak mot indirekte kontakt (beskyttende jording)  
Impedansen mellom vognkasse og skinne skal være lav nok til å hindre farlig spenning mellom dem. Enhetene skal være jordet i samsvar med bestemmelsene beskrevet i nr. 6.4 i EN 50153:2002.*
- *4.2.3.4. Overvåking av aksellagertilstand  
Det skal være mulig å overvåke aksellagertilstand enten ved:  
– deteksjonsutstyr langs sporet, eller  
– utstyr montert om bord.  
Dersom enheten er ment å skulle kunne overvåkes av utstyr langs sporet på jernbanenett med sporvidde 1435 mm, skal enheten oppfylle kravene i nr. 5.1 og 5.2 i EN 15437-1:2009 for å kunne sikret tilstrekkelig sikt.*

## 2.10.5 TSI-OPE-forskriften (TSI-drift og trafikkstyring på det nasjonale jernbanenettet)

- *4.2.3.5. Registrering av data*  
*Data som gjelder togframføring, skal registreres og lagres med henblikk på å:*
  - *støtte en systematisk sikkerhetsovervåking for å forebygge hendelser og ulykker,*
  - *identifisere lokomotivføreren, toget og infrastrukturens yteevne i tidsrommet fram til og om nødvendig umiddelbart etter en hendelse eller ulykke for å kunne avdekke årsaker, for på denne måten å godtgjøre nye tiltak eller endringer av tiltak som kan forhindre gjentakelser,*
  - *registrere opplysninger om yteevnen til både lokomotivet/motorvognen og lokomotivføreren.**Det skal være mulig å henføre registrerte data til:*
  - *datoen og tidspunktet for registreringen,*
  - *den nøyaktige geografiske angivelsen av stedet der hendelsen ble registrert*
  - *identifikasjon av toget,*
  - *lokomotivførerens identitet.*
- *4.2.3.5.1 Registrering av overvåkingsdata utenfor toget*  
*Infrastrukturforvaltningen skal minst registrere følgende data:*
  - *feil på utstyr montert langs sporet som er knyttet til togbevegelsene (signaler, sporskiftene osv.),*
  - *påvisning av overopphetet aksellager, dersom dette utstyret er montert,*
  - *sikkerhetsrelatert kommunikasjon mellom lokomotivføreren og togekspeditøren.*

### **3. ANALYSE**

#### **3.1 Innledning**

Dette kapittelet har som hensikt å gi en fremstilling av hendelsen slik Havarikommisjonen har vurdert den, samt peke på områder der man mener det kan oppnås en sikkerhetsmessig gevinst gjennom forbedringer.

Analysen er strukturert som følger:

- Kap. 3.2: gir en kort beskrivelse av de to havariene
- Kap. 3.3: inneholder en sammenlikning av havariene med hensyn til fellestrekk
- Kap. 3.4: redegjør for funn av strømskader i andre aksellagre
- Kap. 3.5: gir en vurdering av potensielle årsaker til aksellagerhavarier
- Kap. 3.6: inneholder en vurdering av bruk av systemer for overvåkning av varmgang og hjulskader

#### **3.2 Hendelsesforløp**

##### **3.2.1 Havari 7. november 2019 på Bergen stasjon, Bergensbanen**

Den 7. november 2019 klokken 0243 sporet vogn nr. 13 av i CargoNet AS sitt tog 5511, under innkjøring på Bergen stasjon. Toget var på vei fra Alnabru til Bergen og vogna sporet av på grunn av lagerhavari på venstre side på vognas bakerste aksel.

Fører merket ikke noe unormalt før han mistet trykket i hovedledningen. Akselkassehuset ble senere funnet inne i Ulrikentunnelen, ca. 3,8 km før avspøringsstedet. Det betyr at toget har gått i minst 4 km med varmgang i aksellageret.

##### **3.2.2 Havari 27. mars 2020 på Bergseng stasjon, Dovrebanen**

Den 27. mars 2020 kl. 1254 sporet vogn nr. 6 av i CargoNet AS sitt tog 5731 på Bergseng stasjon. Toget var på vei fra Alnabru til Trondheim og vogna sporet av på grunn av lagerhavari på venstre side på vognas fremste aksel.

Fører har opplyst at innkjør hovedsignal A på Bergseng stasjon skiftet til «stopp» mens toget var inne på stasjonen. Som følge av dette tok fører nødbremser og merket samtidig et «rykk» i toget, som kunne sammenlignes med et slakt kobbelt mellom lokomotiv og vogn. Rett etter ringte togleder og gav beskjed om at det ikke var kontroll på sporveksel 1 som toget hadde passert. Fører oppdaget da at en vogn i toget hadde sporet av.

Vogna hadde gått avsporet i mer enn 2 km før den stanset. Resten av akseltappen og akselkassehuset ble funnet langs sporet, ca. 50 m før avspøringsmerket. Siden det kreves en betydelig varmgang for å presse av et akselkassehus er det grunn til å anta at lagerhavariet startet et stykke før funnstedet.

### 3.3 Sammenlikning av de to hendelsene

#### 3.3.1 Innledning

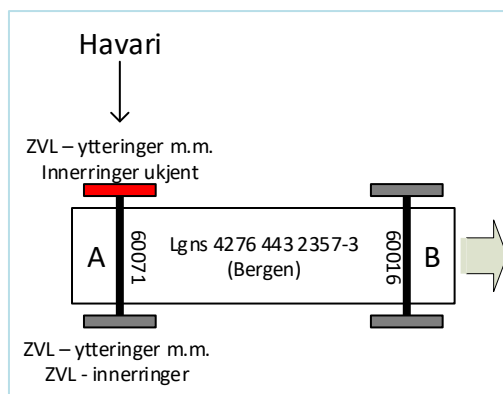
Aksellagerhavarier skjer sjeldent, men det at samme type vogn og lager fikk havari med kun måneders mellomrom, gjorde det naturlig å kontrollere dem for eventuelle fellestrekk. I det etterfølgende er en rekke faktorer ved de to havariene sammenliknet.

#### 3.3.2 Vogntype og togsammensetting

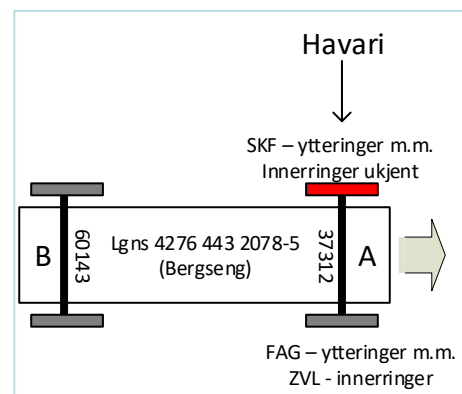
- *Vogntype:* I begge avsporingene var samme type vogn (Lgns) involvert.
- *Toglengde:* Tog 5511 (Bergen) bestod av 14 vogner, mens tog 5731 (Bergseng) hadde 16 vogner.
- *Bremseprosent og togvekt:* Bremsesprosjenter for de to togene og total togvekt var svært like. Vognenes bruttovekt var henholdsvis 32 tonn og 31 tonn.
- *Trafikk på strekninger:* Vogna i tog 5511 hadde i den tiden hjulsatsen hadde vært innmontert (1 år 10 mnd) gått i fast trafikk på Bergensbanen. Hjulsetsen som havarerte i tog 5731 hadde siste 8 måneder trafikkert Bergensbanen, Dovrebanen og Nordlandsbanen.
- *Løpslengde hjulsats:* Hjulsetsen i tog 5511 hadde gått ca. 581 450 km, mens hjulsatsen i tog 5731 hadde gått under halvparten så langt, det vil si ca. 268 000 km.

#### 3.3.3 Skadebeskrivelse

- *Produsent av aksellager:* Det var ulike produsenter for aksellagerne som var involvert (figur 92, figur 93). I havariet i Bergen var aksellager med tilhørende ytterringer fra ZVL. I havariet ved Bergseng var SKF produsenten av aksellager med tilhørende ytterringer. I begge hendelsene var innerringene for skadet til å kunne identifisere produsent.



Figur 92: Bergen. Illustrasjon: SHK



Figur 93: Bergseng. Illustrasjon: SHK

- *Avsporingmerker og avstander:* I Bergen hadde aksellageret havarert flere kilometer før avsporingssstedet, siden akselkassehuset ble funnet 3,8 km før avsporingssstedet. I hendelsen ved Bergseng falt akselkassehuset av nær avsporingssmerket, men toget fortsatte i ca. 2 km før avsporingen ble oppdaget. Det er dermed vanskelig å avgjøre hvor lenge varmgangen i aksellageret har pågått før det endte med lagerhavari.





Figur 94: Aksellager fra tog 5511 (Bergen).  
Foto: CargoNet AS



Figur 95: Aksellager fra tog 5731 (Bergseng).  
Foto: CargoNet AS

- *Fettutkast:* For havariet i Bergen kunne noe fettutkast på hjulskiven observeres, mens dette ikke var tilfellet for havariet ved Bergseng. Det er usikkert hvor i hendelsesforløpet fettutkastet startet.
- *Akselkassehus:* Akselkassehusene i de to hendelsene var fra ulike produsenter. Ved havariet i Bergen var det produsert av FAG (1979) mens Kovis (2016) hadde produsert akselkassehuset i havariet ved Bergseng. Det var ikke merker innvendig i akselkassehusene eller skader på dem utvendig (utover at de hadde blitt utsatt for høy varme). Det var ingen spor etter bolthoder på innsiden av lokket til akselkassene som kunne bety at de har vært løse.
- *Bolter akselkasselokk:* I begge havariene satt fortsatt alle tre bolter i akselkasselokket.
- *Låseblikk:* Låseblikkene var montert og korrekt brettet opp mot bolthodene. Det var noe deformert etter hendelsen ved Bergseng.
- *Bolter i endebrikke:* I havariet ved Bergseng var boltene knekt rett bak bolthodet, men resten av boltstammene satt igjen i akseltappen. Alle boltene satt på plass etter havariet i Bergen, men de var mer «slitt av» i en vridende bevegelse bak endebrikken. Det er dermed noe forskjell mellom havariene i hvor langt inne på boltstammen de er brutt/slitt av.
- *Endebrikker:* Disse satt korrekt på.
- *Distansering:* Disse satt på plass i begge havariene.
- *Støvring:* Denne satt fortsatt krympet på akselen i havariet i Bergen, mens den hadde falt av og ble funnet i nærheten av akselkassehuset for havariet ved Bergseng.
- *Skader på indre lager sammenliknet med ytre:* For begge havariene var det indre lageret mer skadet enn det ytre. De indre lagrene var fullstendig deformerte med ruller som har smeltet samme med lagrenes innerringer. Disse har sannsynligvis blitt utsatt for mer varme enn de ytre, og kan dermed ha havarert først.
- *Innerringer:* Disse hadde blitt utsatt for kraftig varmeutvikling, slik at de ulike lagerkomponentene etter hvert smeltet inn i hverandre og ble «smurt» opp mot akselkassens overside. Det ble observert en bruddflate i innerring fra Bergseng som

FOLAT beskriver som «[...] plan med betydelig glødeskall som viser at bruddskaden har oppstått tidlig i skadeforløpet. [...]. Utmatting kan ikke bekreftes men heller ikke utelukkes.» Dette åpner for muligheten for at et brudd oppstod før selve varmgangen.

- *Ruller og rullebur:* Det fantes ingen rester av rulleburene i noen av havariene. Rullene i ytre lager fra havariet i Bergen hadde mistet sin opprinnelige, skarpe form i større grad enn ved havariet ved Bergseng. Figur 39 viser ruller som tyder på at de har fortsatt å rulle, selv om de begynte å bli deformerte på grunn av varme. Ytre lagers ruller fra Bergseng var fortsatt skarpe i kantene, noe som kan tyde på at de ikke har fortsatt å rulle mens de ble utsatt for varme. Som man ser av figur 44 var en av rullene fra Bergenshavariet skråstilt, men det kan ikke fastslås om en rulle har tverrstilt seg eller om det skyldes at rullene har blitt ødelagt en etter en. Det er derfor ikke grunnlag for å mistenke at rulleburet har havarert før selve lageret.
- *Akseltapp:* I begge hendelsene ble selve akselen svært varm og utsatt for store påkjenninger, noe man kan se av den reduserte diameteren (målt til kun 90 mm ved Bergseng). Det er sannsynlig at den på et tidspunkt ikke tålte overbelastningen og gikk til brudd. Ved oppvarming vil også akseltappen forlenges slik at den kan ha bidratt til å presse akselkassehusene av.

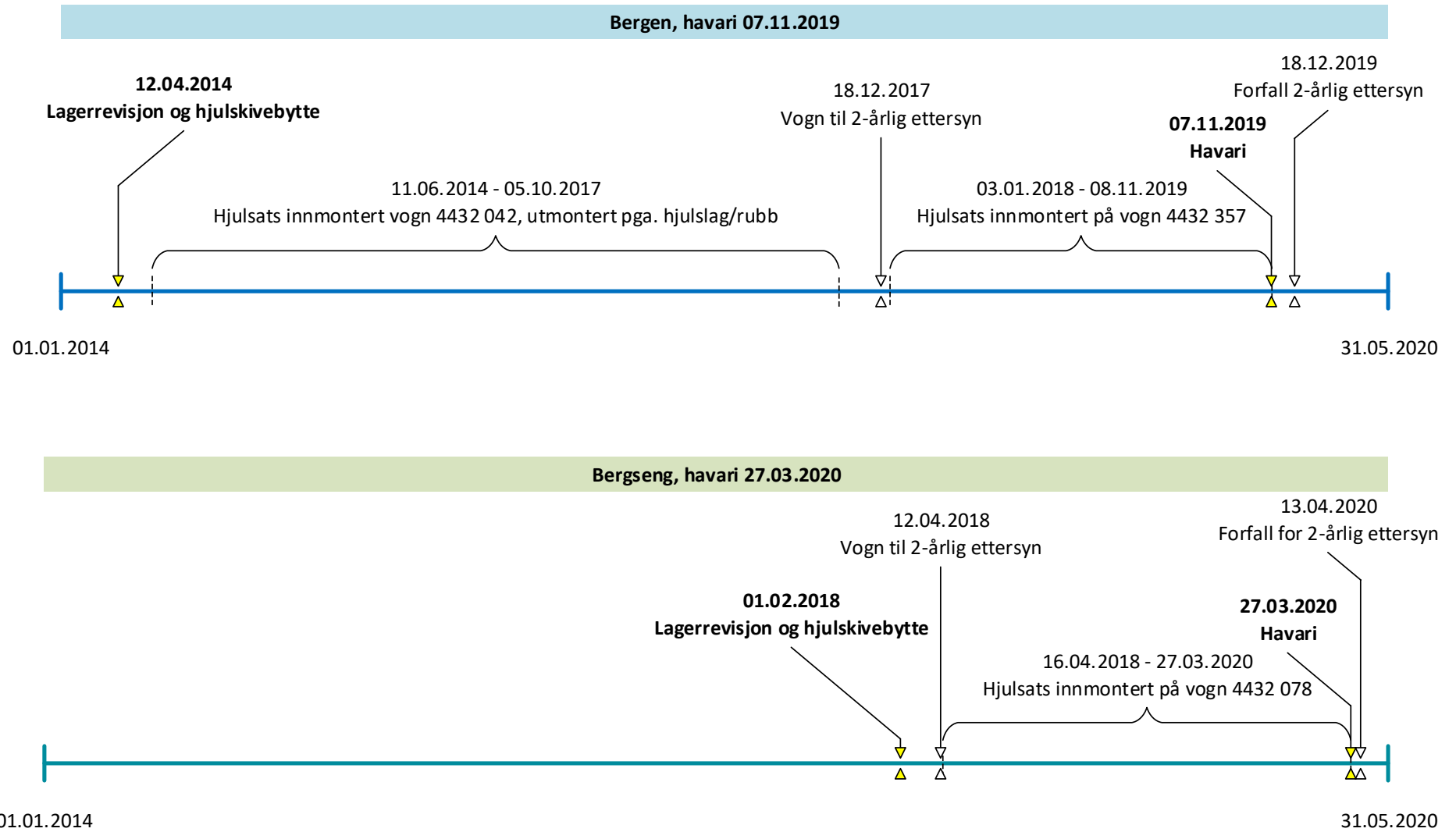


Figur 96: Akseltapp fra Bergseng.  
Foto: SHK

### 3.3.4 Historikk og tidligere hendelser

Historikken til vogn og hjulsatser er vist i figur 97. Vogn i tog 5511 (Bergen) hadde vært til 2-årlig ettersyn 18. desember 2017 og skulle inn til nytt ettersyn 18. desember 2019 (1 måned og 11 dager etter hendelsen). Vogna i tog 5731 (Bergseng) hadde vært til ettersyn 12. april 2018, og hadde dermed neste ettersyn 12. april 2020, det vil si 16 dager etter havariet. Begge vognene nærmet seg dermed det opprinnelige 2-årige intervallet for periodisk ettersyn, men dette ville blitt utsatt med ett år på grunn av endringen til 3-årlig i 2018.

Mantena har fremlagt utfylt og signert arbeidsordre for hjulsats 37312 (Bergseng), men de har ikke klart å fremskaffe tilsvarende dokumentasjon for hjulsats 60071 (Bergen).



Figur 97: Tidslinje med relevante hendelser knyttet til hjulsats. Illustrasjon: SHK

Det er ikke registrert noen hendelser ved vognene som tilsier at de har gått med skade. Dette er informasjon hentet fra SAP som har vært i bruk hos Mantena og CargoNet siden 2013. Hjulsatsen fra Bergsens hadde ikke registrerte hendelser etter skivebytte (materialutfall, hjulslag etc.), mens hjulsatsen fra Bergen hadde vært inne for hjuldreing i 2017.

Hjulsatsene i begge hendelsene var av type 928. Hjulsats involvert i hendelsen i Bergen hadde vært innmontert på vogna siden januar 2018, det vil si 1 år og 10 mnd. Før dette hadde den vært på en annen vogn i 3 år. Hjulsatsen som var involvert på Bergsens hadde vært montert på vogna i 1 år og 11 mnd. Begge hjulsatsene har dermed blitt innmontert av Mantena i perioden januar–april 2018.

Hjulsatsen i hendelsen ved Bergen hadde sist hatt bytte av hjulskive og aksellager-revisjon i april 2014. Det vil si at lageret hadde vært i bruk i 5 år og 7 måneder. Aksellageret som havarerte ved Bergsens ble revidert i februar 2018, og hadde dermed kun vært i bruk i 2 år og 2 måneder. Den korte brukstiden reduserer sannsynligheten for at vogna og aksellageret har blitt utsatt for langvarige operasjonelle eller miljømessige påkjenninger. Arbeidet hadde i begge tilfeller blitt utført ved Mantena Grorud. I praksis vil en aksellager-revisjon utføres samtidig med hjulrevisjon, ca. hvert 6.–8. år, noe som betyr at aksellageret fra Bergen nærmet seg tiden for ny revisjon.

### 3.3.5 Øvrige komponenter

Det ble ikke funnet andre feil som kan bidra til å vise en felles årsak mellom de to havariene. Bremsetekniske komponenter var innenfor korrekt revisjonsintervall. Det ble ikke funnet feil ved fjærsystemet ved vognene. Vognene hadde en rekke skader som ble ansett som følgeskader fra avsporingen.

### 3.3.6 Deteksjon av hjulskade eller andre avvik i forkant

I tiden før havariene har vognene passert flere av Bane NORs detektorer for hjulskade og varmgang. Ingen av disse har detektert så høye verdier at de har utløst alarmer. I varmgangsdetektoren på Bergsensbanen kan man observere at temperaturen på lageret som senere havarerte var noe høyere enn på resten av toget. Det var likevel godt under angitt temperaturgrense for alarm.

### 3.3.7 Konklusjon fra sammenlikning

De to aksellagrene var av samme type (men fra ulike produsenter), ble brukt på samme type vogner og i samme type trafikk. Skadebildet etter havariene var sammenliknbare. Den ene hjulsatsen hadde vært i bruk i til sammen 5 år, innmontert på en annen vogn tidligere. Den andre hadde kun vært i bruk i under 2 år. Hjulsatsene hadde begge blitt montert av Mantena i perioden januar–april 2018. Det er ikke registrert noen hendelser ved vognene som tilsier at lagrene har blitt utsatt for ekstra belastninger.

Havarikommisjonen har ikke avdekket tydelige fellestrekk mellom de to havarerte lagrene som støtter at de har sammenfallende årsak, blant annet på grunn av store skader på ruller og lagerringer. Ved granskning etter bakenforliggende årsaker mener Havarikommisjonen at det er en svakhet at hendelser og vedlikeholdshistorikk for det enkelte aksellager ikke dokumenteres.



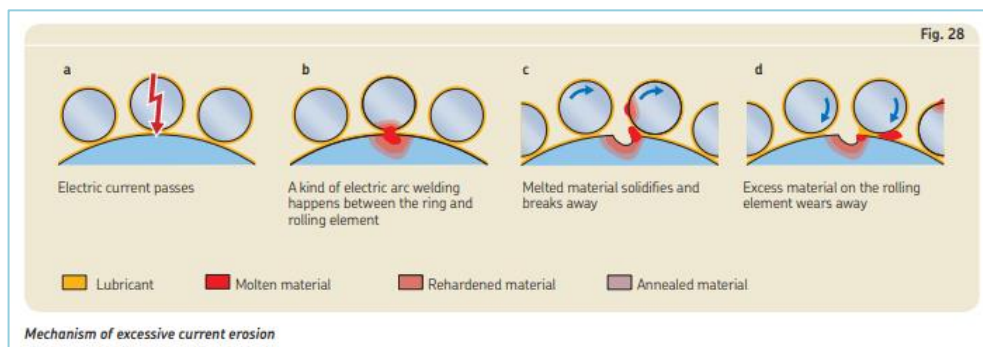
### 3.4 Funn av strømskader på andre aksellagre

I forbindelse med en gjennomgang av rutine for vedlikehold ble det observert en rekke lagre med varierende grad av misfargning i form av mørke bånd/striper på rullene. De tilsvarende merkene kunne også ses på innerringer og ytterringer. Da man ved visuell inspeksjon ikke kunne fastslå årsaken til denne misfargingen, ble et utvalg sendt til mer detaljerte undersøkelser i laboratorium hos Forsvarets Laboratorietjeneste, kjemi og material (FOLAT) og lagerprodusent SKF.

To aksellagre (ytterring med ruller og rullebur, ikke innerring) ble plukket ut av CargoNet og Mantena, det ene fremstod som noe varmt ved sikkerhetskontroll og det andre hadde tydelige brune misfarginger.

Laboratoriet hos SKF gjorde en skadevurdering av disse og utarbeidet en rapport<sup>29</sup> som konkluderte med at begge lagre hadde tydelige tegn på skader fra strømgjennomgang. Disse funnene støttes av undersøkelser hos FOLAT som vurderte et tilfeldig utvalg innerringer. Disse hadde misfargninger av en størrelsesorden som gjorde at de var vurdert som gode nok til å gjenbrukes. Konklusjonen var den samme, også her var det tydelige tegn på strømskader.

Strømskader kan observeres gjennom mikroskop som små groper eller kratere, der det har vært en gnistantenning som har smeltet noe av metallet. Dette skjer med høy temperatur. Over tid vil dette føre til avskalling av biter og lageret vil gradvis forringes inntil det havarerer. Det er sannsynlig at dette er en prosess som går sakte. Varmeutviklingen vil også gradvis svekke smøremiddelet i lageret.



Figur 98: Mekanismene som gir strømskade. Kilde: SKF (Vedlegg I)


Årsakene til at et aksellager får strømgjennomgang kan være flere, og det er vanskelig å fastslå med sikkerhet når, og hvordan de oppstod. Strømgjennomgang oppstår når strømmen passerer gjennom ytterring, via ruller og innerring og deretter gjennom aksel og hjul på vei mot jord. Det at strømmen velger å ta en annen vei enn i den etablerte returkretsen kan for eksempel skyldes:

- Feil ved materiellet
- Feil ved returkretsen i infrastrukturen
- Feil ved jording i forbindelse med sveisearbeider

<sup>29</sup> SHK bearings from CargoNet, SKF, Report number GL20R0064, 2020-09-24

Havarikommisjonen mener det store omfanget av misfargede aksellagerkomponenter tilsier at skadene ikke har oppstått sporadisk, men kan tyde på at vogner jevnlig utsettes for denne belastningen. Lagre fra ulike produsenter kan ha stått på ulikt materiell i løpet av sin levetid. SKF- og FAG-lagre kan blant annet ha stått på type 69, men ZVL-lagre har kun vært i bruk på CargoNet sine godsvogner. Det at strømskader identifiseres på disse betyr at problemet ikke er begrenset til materiell brukt i persontrafikk.

Fenomenet er ikke ukjent, da man på Malmbanan i Sverige i 2003 hadde tilsvarende problemer med strømskadede aksellagre<sup>30</sup>. I arbeidet med å finne årsaken til dette, fant man at perioder med lavt grunnvannsnivå og svekket ledeevne i jordsmonnet gjorde at strømmen valgte andre veier enn i skinnegangen. Problemet ble i stor grad løst ved at Trafikverket etablerte langsgående jordleder. Det var et omfattende arbeid å identifisere hvor problemet oppstod.

Rapport BRNB 2004:10 Lagerskador orsakade av strömgenomgång 

## Förord

Denna utredning initierades i september 2003 när Duroc Rail slog larm till Banverket om att volymen av strömskadede lager plötsligt ökat dramatiskt. En arbetsgrupp tillsattes med representanter från Banverket centralt och regionalt, järnvägsföretagen, InterFleet (på uppdrag av SJ) samt Duroc.

F.d. Järnvägsinspektionen, nu Järnvägsstyrelsen har fortlöpande tillställts mötesprotokoll och utredningsresultat samt deltagit med en lokal representant vid ett antal möten.

## Sammanfattande slutsatser

Lagerskador orsakade av strömgenomgång av den typ och omfattning som främst drabbat malmvagnar littera UAD är ett okänt fenomen i omvärlden. Av denna anledning har hela utredningsgången präglats av att mätmetoder och analyser varit helt nya och har anpassats och modifierats under utredningens framskridande. Av denna anledning kan inte Banverket vara hundra procentigt säkra i de slutsatser som gjorts och rekommendationen är att i en första etapp prövas åtgärder i infrastrukturen. Omfattningen bör överenskommas mellan BV och LKAB/MTAB så att tydliga positiva effekter kan förväntas. Innan vidare åtgärder görs bör genom ett mätprogram göras sannolikt att förväntade effekter uppnåts. Därefter kan beslut tas om fortsatta åtgärder."

Strömskador på personvagnars lager är inget okänt problem i omvärlden. Det finns bl.a. en tysk standard (DIN VDE 0123) som beskriver problemet och olika åtgärder mot problemet samt företaget som marknadsför diverse skyddsåtgärder i form av olika typer av jorddon.

## Lagerskador på gods- och malmvagnar

Utredningen har försökt identifiera olika typer av händelser som förekommit i samband med att antalet strömskadede lager som upptäcks vid underhållet av vagnarna år 2004 synbarligen plötsligt började öka dramatiskt. De som ses som mest möjliga – kopplat till infrastrukturen – att ha kunnat ha betydelse för problemet, listas nedan.:

- Vid den tidpunkt som lagerskadorna upptäcktes var avvattningsåtgärderna för banan klara. Detta i kombination med en normal återkommande låg grundvattennivå gjorde sammantaget att banan blev ovanligt torr. Eftersom jordningen av banan blir sämre med en torr bankropp kom utredningen fram till att detta kan ha en stor betydelse för uppkomsten av problemet.
- Strömskador uppstår även i nuläget på UAD vagnar men i betydligt mindre omfattning än under 2003/2004 trots att grundvattennivån nu är återställd. Detta styrker teorin om att grundvattnets inverkan på lagerskador men att banan har permanent försämrad förmåga att återleda ström pga. de genomförda avvattningsåtgärderna som genomförts i STAX 30 upprustningen.

Figur 99: Utdrag fra rapport om lagerskader<sup>30</sup>

Det er ikke gitt at dette er årsaken til skadene som er funnet i denne undersøkelsen. Store deler av det norske jernbanenettet har returkrets som forutsetter at returstrømmen skal gå

<sup>30</sup> Rapport BRNB 2004:10 *Lagerskador orsakade av strömgenomgång*. Banverket

i skinnegangen. Havarikommisjonen anser at det å finne eventuelle steder der strømgjennomgang kan oppstå er en tidkrevende oppgave, og et arbeid som må gjøres utenfor rammene av denne sikkerhetsundersøkelsen.

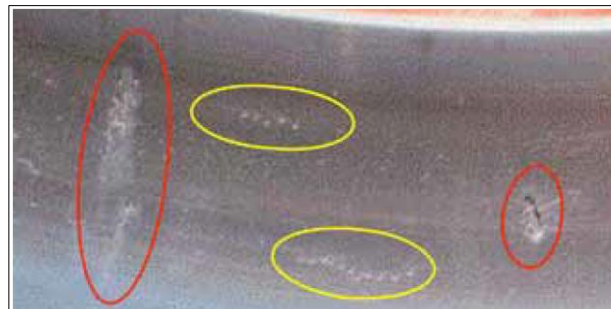
Før undersøkelsen av de havarerte lagrene ble igangsatt, var problemet med strømskader ansett som lite relevant for denne typen lagre. Når fakta viser at dette også er å finne på lagre brukt på godsvogner, mener Havarikommisjonen at aktørene har et ansvar for å skaffe seg mer kunnskap om disse skadene. Hvordan og hvor oppstår strømgjennomgang, og ikke minst hvor alvorlig er dette på kort og på lang sikt.

Jernbanedirektoratet har det overordnede ansvaret for at sektorens samhandling fungerer. Direktoratet har videre delegert hovedansvaret for å koordinere arbeidet med sikkerhet og beredskap til Bane NOR<sup>31</sup>. Ifølge dem krever koordinering «*aktiv samhandling og informasjonsutveksling mellom aktørene, herunder samarbeid om systematisk læring og forbedring*». Havarikommisjonen mener Bane NOR derfor bør spille en viktig rolle i dette arbeidet.

Denne undersøkelsen har vist at Mantenas inspeksjonsrutiner ikke er tilstrekkelige for å avgjøre om et lager har strømskader eller ikke. Skadene fra strømgjennomgang er så små at de ikke kan observeres uten bruk av mikroskop. Det gjøres heller ingen kartlegging av årsakene til at et lager kasseres, og man vet derfor ikke hva slags skader som er de dominerende. ECM-direktivet spesifiserer at det skal foregå utveksling av relevante opplysninger mellom partene som deltar i vedlikeholdsprosessen. Opplysningene kan være viktige for dem som skal treffe beslutninger om blant annet vedlikeholdsstyring. Inntil denne kunnskapen er kartlagt, er det krevende å velge hvilke tiltak som er best egnet for å øke kvaliteten i de ulike faser av et aksellagers livsløp.

Havarikommisjonen mener CargoNet, i samarbeid med produsentene av aksellagre, bør gjøre en vurdering av levetiden til et aksellager basert på deres bruk. I tillegg bør de tilhørende innerringene settes under strengere kontrollregime da de vil ha det samme skadebildet som resten av aksellageret det har være montert sammen med.

Det finnes i tillegg andre kjente skadetyper for lager som på samme måte som for strømskader kan være vanskelig å avdekke uten bruk av mikroskop. Ekte og falske brinellingmerker er eksempler på dette. Brinellingmerker fremstår som groper i rullebanen, og gir avskalling og dermed økt vibrasjon i lageret (eksempel i figur 100). Årsaken er enten statisk overbelastning, eller plutselige påkjenninger ved bruk eller montering av lager. Falsk brinelling kan oppstå når aksellageret er i ro, men mikrovibrasjoner medfører slitasje der rullene er i kontakt med rullebanen siden det ikke fordeles smøring rundt rullene på samme måte som



Figur 100: Eksempler på strømskade (gult) og chipping fra brinelling eller korrosjon (rødt). Kilde: The Dutch safety board<sup>37</sup>

<sup>31</sup> <https://www.jernbanedirektoratet.no/no/jernbanesektoren/sikkerhet>

det vil gjøre når hjulet er i bevegelse. I forbindelse med laboratorieundersøkelsene i denne saken ble det ikke funnet denne typer skader på lagre.

### 3.5 En gjennomgang av årsaker til varmgang i et aksellager

Varmgang i et aksellager kan ha mange årsaker, og det kan være vanskelig å fastslå årsaken med stor sikkerhet, spesielt dersom komponentene har blitt svært ødelagte i havariet. Sammenlikningen gjort i kapittel 3.3 avdekker få likheter som kan peke tilbake på en felles årsak. Havarikommisjonen mener at selv om de to hendelsene likner på hverandre, kan de betraktes som uavhengige hendelser når det kommer til feilårsak.

Det lave antall lagerhavariet man opplever i Norge betyr også at komponentene er robuste. Svært mange lagre har merker som sannsynligvis indikerer strømgjennomgang. I mikroskopundersøkelser av lagre som vurderes som akseptable, kunne det likevel observeres skader i overflatene til indre-, ytre lagerbane og ruller. Det betyr at aksellagre er svært feiltolerante for denne type skader. Det er de inntil et visst punkt der det blir varmgang og havari på relativt kort tid. Havarikommisjonen mener målet må være å få flere måter å overvåke tilstanden til disse komponentene på, slik at de som begynner å nærme seg slutten av sin levetid kan tas ut i god tid før et havari.

Fra de skadede aksellagrene har det ikke vært mulig å identifisere bakenforliggende årsaker. Havarikommisjonen valgte derfor å gjennomgå de vanligste feilårsakene med hensikt å sannsynliggjøre eventuell relevans til havariene. Det er tatt utgangspunkt i lagerprodusenten SKF sin feilmatrix som setter sammenheng mellom kjente skadetyper og mulige årsaker<sup>32</sup>, men med egne tillegg.

Feilårsakene er delt inn i fem temaer som gjennomgås i de etterfølgende kapitlene:

1. Operasjonsmessige faktorer
2. Miljøfaktorer
3. Smørerelaterte faktorer
4. Faktorer i montering eller revisjon av lager
5. Andre feilkilder

---

<sup>32</sup> *Bearing investigation*, extract from the Railway technical handbook, volume 1, chapter 6, page 122 to 135



### 3.5.1 Faktorer knyttet til operasjon



Figur 101: Mulige årsaker knyttet til operasjon. Illustrasjon: SHK

I det etterfølgende gjennomgås en rekke kjente risikofaktorer knyttet til operasjon med tanke på relevans for de to havariene:

- Skjevlast eller overlast på en vogn kan medføre økt belastning på et eller flere hjul med tilhørende komponenter. Overbelastning av et aksellager kan over tid gi mer slitasje, og introdusere en skade i aksellageret som reduserer dets levetid. Av vognopptakene for de to hendelsene kan man se at begge er lastet innenfor de tillatte grenseverdier, og det er dermed ikke mistanke om overlast for akkurat disse togene. Detektordata for tog 5511 til Bergen viser heller ikke skjevlast, det samme gjelder for vognene i tog 5731. Det er ikke mulig å avdekke om de aktuelle vognene har vært utsatt for feil lasting på et tidligere tidspunkt. Ved lasting på terminal vil både kraner og trucker kontrollere eventuell overvekt for den enkelte lastbærer.
- Dersom en hjulsats blir påført støt eller sjokkbelastning, for eksempel ved lasting/lossing, eller går med en hjulskade kan dette medføre skader i aksellageret. CargoNet har erfaring med at dette kan ha bidratt til en varmgang i 2016<sup>33</sup>. Det er ikke individstyring ned på de enkelte aksellagere, noe som betyr at de ulike delene av et aksellager kan ha vært montert på mange hjulsatser i løpet av sitt livsløp. Informasjon om tidligere skade begrenser seg derfor til historikken om den aktuelle hjulsatsen på den gitte vognen den er montert på til enhver tid. Hjulsatsen involvert i Bergen hadde på forrige vogn hatt et tilfelle av rubb som krevde dreining, men størrelsen er ukjent. Hvilke hendelser et aksellager har vært utsatt for gjennom hele sitt livsløp vil derfor ikke være mulig å kontrollere. En skade kan bruke lang tid på å utvikle seg til et havari, noe som gjør forekomsten av lagerhavariene med på å underbygge.
- For høy hastighet eller for hyppige endringer av hastighet kan generelt påvirke lagre, men det anses ikke som en relevant problemstilling for et normalt godstog.
- Et lager med vibrasjoner er et tegn på at det går med skade. Dette kan avdekkes ved varmgang og lyd, noe som må oppdages i sikkerhetskontrollen eller ved utslag på akustiske detektorer. Det har ikke fremkommet opplysninger som tilsier at de havarerte aksellagrene gikk med denne typen feil.

<sup>33</sup> Varmgang i lager på Lgns 4276 4432 115-5, CargoNet, Oppdaget mellom Alnabru og Lillestrøm 25. februar 2016.

- Et aksellager vil ha en gitt levetid, avhengig av type bruk. CargoNet har ikke fått opplyst levetid for aksellagre fra alle leverandører som benyttes. SKF viser til en generell metode for levetidsberegning i henhold til ISO 281 i sin publikasjon *Railway Technical handbook*<sup>34</sup>. Hjulsatsen fra Bergen nærmet seg 600 000 km, men det er ikke mulig å fastslå den totale strekningen et aksellager har kjørt da det kan ha stått på andre hjulsatser tidligere. Havarikommisjonen anbefaler CargoNet å få utført en levetidsberegning som kan benyttes som underlag for deres vedlikeholdsprogram og krav i dette. Lagerprodusenten SKF har opplyst at en levetidsberegning inkluderer lagerets innerring, noe som underbygger at også dette har en endelig alder i bruk. Samtidig vil den svake merkemethoden som ofte benyttes gjøre det vanskelig å kontrollere for lagerkomponenter som har oversteget anbefalt levetid.
- Feil eller skader ved akselkassehuset kan påvirke lagerets operasjonsbetingelser, men i dette tilfellet er det ikke noe som tyder på at akselkassen har bidratt til lagerhavariene.
- Besiktigelse av vognene etter hendelsen gav ingen indikasjoner på at det var feil eller slitasje ved vognenes øvrige komponenter. Det var falt ut et mellomlegg, men man anså det som en følge av selve avsporingen.
- Trepunktsmåling ble gjort på aksler fra begge hendelser uten å finne avvik som indikerer kast i aksel som kan ha utsatt aksellager for belastninger.
- Fra internasjonale undersøkelser vet man at hjul med stor slitasje antas å ha bidratt i lagerhavariene<sup>35</sup>. I begge disse havariene er hjulsatsenes profiler kontrollmålt uten å finne avvik fra grenseverdier.
- Skader som for eksempel hjulslag vil medføre økt påkjenning på et aksellager. Lageret på Bergseng hadde kun gått ca. 2 år i drift. Hjulsatsen fra Bergen hadde vært inne til dreining i oktober 2017 på grunn av rubb, men siden det ikke registreres større skade er det uvisst hvilken påvirkning dette kan ha hatt på lageret. Til sammenlikning er det lite sannsynlig at hjulsatsen på Bergseng har vært utsatt for ytre påvirkning i den korte tiden den har vært i bruk og uten at det er registrert noen hendelser.

### 3.5.2 Faktorer relatert til miljøet vognene trafikkerer

Det finnes også en rekke faktorer i miljøet vognene trafikkerer som kan påvirke aksellagrene.

- Det er ikke gunstig å trafikkere områder med enten svært høye eller lave temperaturer, men det anses ikke som svært relevant i gjennomsnittlig nordisk klima som disse vognene har blitt brukt i. Vognene kan bli utsatt for lave temperaturer vinterstid, men smøremiddelet skal tåle ned til -30 °C.
- Dersom støv, smuss eller vann trenger seg inn i lageret vil det forringe smøremiddelet, og dette tas opp i kapittel 3.5.3. Det er ikke registrert lange ståtidene for noen av hjulsatsene der for eksempel fukt kan ha hatt mulighet til å trenge inn.

<sup>34</sup> *Railway technical handbook, Volume 1, Axleboxes, wheelset bearings, sensors, condition monitoring, subsystems and services*. ISBN 978-91-978966-3-4. SKF Group 2011, side 109.

<sup>35</sup> *Axle Bearing NIR Investigation, RSSB, Final Report, Issue: 1, Date: August 2014*.

Feil montering av filttingen vil kunne bidra til at fukt trenger inn, både i normal drift og dersom hjulsatsen blir stående stille utendørs over tid.

- Aksellager kan utsettes for strømgjennomgang dersom håndtering av returstrøm og jording på banestrekningen ikke er god nok, eller ved feil på materiellet. Det er ikke mulig å fastslå om lagrene som var involvert i havariene hadde skader fra strømgjennomgang. Underveis i denne undersøkelsen har det blitt avdekket at en rekke andre lagre hos CargoNet/Mantena har denne typen skade. Dette ble omtalt i kapittel 3.4.

### 3.5.3 Faktorer knyttet til smøremiddelet

Smørerelaterte faktorer anses som en av hovedgrunnene til lagerhavariet. Smøring brukes for å redusere friksjon, håndtere varme, beskytte mot korrosjon, fjerne partikler, og lager en hydrodynamisk film mellom metallflatene. Under er en rekke risikofaktorer ved smøremiddel listet opp, og relevansen i denne sammenheng er vurdert.

- Feil ved smøremiddelet (feil viskositet, feil tilsetningsstoffer m.m.) kan bidra til å redusere effekten av smøremiddelet. I dette tilfelle har Mantena i mer enn 20 år brukt samme type smøremiddel fra samme produsent til alle typer aksellager de vedlikeholder. Det er ikke grunn til å tro at feil ved selve smøremiddelet har forårsaket havariet.
- For lite smøremiddel er uheldig over tid. Dersom det ikke er en lekkasje, vil ikke denne aksellagertypen forbruke smøremiddel og skal dermed ha den samme mengden smørefett gjennom hele sin levetid. Ved revisjon av lager hos Mantena gjøres oppmåling av riktig mengde smøremiddel for hånd. Mengden kan kontrolleres med en bordvekt som er tilgjengelig, men det gjøres også basert på skjønn og erfaring. Det er ikke gjort funn som kobler denne feilårsaken direkte til de to havariene. Det var noen tegn på at fett hadde lekket ut på hjulskiven ved havariet i Bergen, men det er ikke mulig å fastslå om dette forårsaket varmgangen eller var en konsekvensskade. Ved sikkerhetskontroll av vogner på Alnabru er dette et sjekkpunkt for vognvisitør. Begge vogner ble visitert dagen før havariene.
- For mye smøremiddel er heller ikke gunstig over tid. Denne typen lager etterfylles ikke med smøremiddel slik noen typer lager krever. Det vil derfor ikke være mulig å overfylle lageret med for mye smøremiddel annet enn ved revisjon. Som for punktet med for lite smøremiddel, vil menneskelige feil kunne skje i denne aktiviteten. Det er likevel ikke funnet noe ved de to havariene som tyder på at årsaken kan ha vært feil mengde smøremiddel.
- Urenheter i smøremiddel i form av forurensning kan bidra til å degenerere smørefettet slik at det ikke kan utføre sin funksjon effektivt. Partikler eller vann kan komme inn via utette pakninger under normal drift. Partikler kan også overføres til smørefettet, ruller og rullebaner i miljøet de oppbevares og monteres i, via skitne hender, verktøy eller i rengjøringsmidler. Store mekanisk påkjenninger kan påvirke fett og i noen tilfeller bidra til såkalt «koksing» der bindemiddel og fett separeres. Ved analyser av smørefett fra aksellagre på motsatt side av de havarete, ble det funnet lite forurensning i form av metallpartikler. SHK har ikke holdepunkter for å mene at forurenset smørefett bidro i hendelsene. Oppbevaring av smørefett skjer i lukket beholder. Arbeidsplassen i komponentavdelingen hos Mantena fremstår som et

normalt vekstedmiljø, men uten spesielle tiltak for å unngå smuss, støv eller partikler fra andre aktiviteter. Måten lagrene rengjøres på sikrer ikke at alle fettrester fjernes før revisjon. Leverandør av smørefett har opplyst at rester av gammelt fett vil fremskynde nedbrytning av det nye smørefettet og potensielt redusere dets levetid.

### 3.5.4 Faktorer relatert til montering eller revisjon av aksellager

#### 3.5.4.1 *Mulige skader som kan oppstå i håndtering og montering*

Et aksellager av denne typen er svært robust og det skjer sjeldent havarier blant de 12–13 000 tilsvarende lagrene som er i bruk hos CargoNet. Likevel er de sårbare for skader som kan påføres under håndtering, montering og demontering:

- Støt ved fall i bakken, banking på lagerdeler med hammer eller annen sjokkbelastning kan forårsake mikroskopiske sprekker som er med på å svekke komponenten. Det vil ikke være mulig å spore årsaken til de to havariene tilbake til dette.
- Over- eller undertiltrekking av bolter, eller skjevstilling av komponenter ved montering som gjør at komponentene ikke monteres butt i butt, kan medføre at lageret overbelastes. Montering av aksellager regnes som en viktig og kritisk aktivitet hos Mantena. Det er derfor alltid to personer som er involvert i sidemannskontroll av hverandres arbeid, og momenttrekker skal være kalibrert. Mantena har ikke kunnet fremskaffe dokumentasjon på utfylt arbeidsordre for mer enn en av hjulsatsene.
- Feil ved påkrymping av støvring eller krave kan medføre at den løsner og dermed mister sin funksjon. I det ene havariet satt støvringen fortsatt på, mens i det andre var den løsnet og falt av. Det kan ikke fastslås med sikkerhet hvorvidt støvringen ved Bergseng var løs før hendelsen, eller om det skjedde som en konsekvens av varmgangen.
- Manglende oppbretting av låseblikk kan medføre at boltene løsner og skrur seg ut. Det har vært tilfeller av dette for noen år tilbake, men i de senere år har det ikke forekommet. Det kunne ikke observeres merker eller annet som tilsier at dette har vært tilfelle ved disse to havariene.
- Feil ved, eller løse, endebolter har vært årsak i tilsvarende havarier og tilløp til havarier, både i Norge og internasjonalt. I noen tilfeller har man trukket til bolter med for mye moment for å få låseblikket til å passe bedre<sup>36</sup>. Det kunne ikke observeres merker eller annet som tilsier at dette har vært tilfelle ved disse to havariene.

#### 3.5.4.2 *Personell og kompetanse ved revisjon*

Det er eget fagpersonell som utfører kontroll av aksellager hos Mantena. De har tatt kurs innen temaet for 9–15 år siden, men det har ikke vært noen videre utdanning eller kurs etter dette.

Inspeksjonen for å avdekke feil ved lagre gjøres kun visuelt og ved å kjenne etter merker i overflaten. Undersøkelser med mikroskop avslørte at lagerkomponenter hadde klare tegn på smeltekratre og fordypninger på grunn av gnistdannelser i forbindelse med strømgjennomgang. Dette vil over tid lede til materialtretthet i form av avskalling

---

<sup>36</sup> Axle Bearing NIR Investigation, Report v1, RSSB, October 2016, <https://www.risas.co.uk/>



(«spalling»), der små sprekker fører til at små biter metall løsner fra rullebanene eller rullene. Spalling vil gradvis kunne medføre økt vibrasjon. Dette underbygger at en del feiltyper ikke er mulig å avdekke på basis av kun visuell inspeksjon. Dette er sammenfallende med andre ulykkesgranskninger internasjonalt, slik som etter ulykken ved Muiderpoort<sup>37</sup>.

Mantena har tilgang til SKF sin skadekatalog, men har ikke en egen samling av komponenter med representative skader som kan benyttes for å avgjøre toleransegrenser for feil og eventuell kassering. Havarikommisjonen mener dette kan være formålstjenlig, spesielt i lys av disse undersøkelsene som har avdekket at lagerkomponenter får skader som kan være vanskelige å oppdage.

#### 3.5.4.3 *Det er ikke satt en levetid for aksellager eller en grense for hvor mange ganger det kan revideres*

CargoNet har ikke beregnet antatt levetid for sine aksellagre, og innerringer og ytterringer med ruller er komponenter uten individstyring. Mantena har derfor ingen krav til å kontrollere alder på komponentene.

I svært mange tilfeller kan produksjonsår fra produsent bli slitt bort slik at det er umulig å sortere ut komponenter basert på alder. Havarikommisjonen mener lagerprodusenter bør forbedre sine merkemeter slik at viktig informasjon er synlig også etter en tids bruk.

Et aksellager kan gjenbrukes flere ganger, men Mantena har ingen mulighet til å avdekke om en lagerkomponent har oversteget det antall kjørte km det er designet for. I Storbritannia avdekket man for eksempel at et aksellager hadde blitt revidert 4 ganger og dermed sannsynligvis hadde oversteget antatt levetid<sup>38</sup>.

#### 3.5.4.4 *Rust avdekkes*

Mantena opplyser at det ikke er uvanlig at aksellager som kommer til revisjon har en viss grad av rustflekker på lagerets ytre mantel (pasningsrust eller fretting corrosion). De fleste større lager som er montert i lagerhus med en forholdsvis løs pasning, vil få noe pasningsrust etter en tids bruk. Rust på rullebaner og ruller er derimot ikke akseptabelt. Basert på skjønn og erfaring kasseres de som anses å være for skadet. Rust kan over tid bidra til å forringe smøremiddelet, små metallpartikler vil falle av og man får en økende degenerering av aksellageret i form av vibrasjoner m.m. Det er ikke satt noen konkret grense eller eksempler for hvor mye rust som tillates.

#### 3.5.4.5 *Sjeldent feil ved rullebur*

I den visuelle inspeksjonen sjekkes også rullebur for tegn på utmattelse. Mantena har opplyst at det er sjeldent man ser slike feil. Sprekker kan oppstå dersom vibrasjoner i hjul får rullene til å vibrere mot stolpene i rulleburet slik at utmattingsprekker dannes. Over tid vil dette medføre at stolper i rulleburet kan knekke, og rullene mister sin støtte og kommer ut av posisjon. Dersom ruller ute av posisjon blokkerer lageret slik at det slutter å rotere vil det raskt utvikle seg til varmgang. Denne typen havarier er sjeldne, og noe

<sup>37</sup> *Goods train derailment Amsterdam-Muiderpoort 22 November 2008*, The Dutch Safety Board, March 2010 (project number M2008RV1122-01), [www.safetyboard.nl](http://www.safetyboard.nl)

<sup>38</sup> Axle Bearing NIR Investigation, Report v1, RSSB, October 2016, <https://www.risas.co.uk/>

man i større grad så tidligere da rullebur ofte var laget av messing. Rullebur av polyamid slik som CargoNet bruker på Lgns-vognene er ikke kjent for denne typen skade.

#### 3.5.4.6 *Kassering og årsak*

Mantena anslår at man kasserer 10–25 % av alle aksellagre som kommer til kontroll. Dette gjelder ytterringer, rullebur og ruller. Innerringer er ikke omfattet av denne kontrollen da de er påkrympet hjulakselen. Mantena har ikke oversikt over hva kasseringsraten er for innerringer. Havarikommisjonen mener at siden skadebildet fra ruller kopieres over til begge rullebanene, burde kasseringsraten for innerringer være i samme størrelsesorden som for de ytre. Havarikommisjonen mener Mantena i større grad bør behandle innerringene på samme måte som resten av lageret når det kommer til inspeksjon av skader.

Mantena gjør ingen årsaksvurdering av skader som observeres på kasserte lagre. Man vet derfor for eksempel ikke hvilken type feil som forekommer hyppigst, om noen lagerprodusenter skiller seg ut, eller om spesielle produksjonspartier er utsatt for flere feil enn andre. Som denne undersøkelsen har vist er det også skadetyper som ikke kan avdekkes med visuell inspeksjon. Det betyr at man ikke har en slik statistikk som kan bidra med nyttig kunnskap i granskning. Havarikommisjonen anbefaler at man starter en slik kartlegging for å avdekke eventuelle systematiske feilkilder. Dette kan være et viktig bidrag når man tar beslutninger innen vedlikeholdsstyring.

#### 3.5.5 Andre feilkilder

I tillegg til faktorene som er gjennomgått i de foregående kapitlene, er det også andre faktorer som kan spille inn:

- Feil i produksjon av lager kan forekomme, men vurderes som lite sannsynlig. Mantena bruker lager fra et fåtall produsenter som alle er anerkjente og sertifisert i henhold til en rekke standarder. De to hendelsene har skjedd med aksellager av ulike produsenter, det er derfor ikke grunnlag for å hevde at en serie eller en batch aksellager har vært produsert med feil.
- Under transport kan aksellagre utsettes for vibrasjoner og sjokkbelastninger i form av støt. I utgangspunktet skal dette være håndtert gjennom innpakning i tett plast og trekasser fra fabrikk.
- Feil oppbevaring kan medføre støv, smuss eller korrosjon, avhengig av miljøet de lagres i. Mantena har dem ikke liggende lenger enn anbefalt, og de blir også oppbevart på en trygg måte.
- Lagre som skal gjenbrukes oppbevares på pall under bobleplast på rent lager, mens de tilhørende innerringene er stablet oppå hverandre ute i verkstedmiljøet uten beskyttelse. Ved montering opplyser Mantena at disse tørkes av med klut før bruk. Havarikommisjonen har i denne rapporten pekt på et manglende fokus på innerringer sammenliknet med resten av aksellageret, og dette inkluderer også oppbevaring.

### 3.5.6 Konklusjon fra gjennomgang

Varmgang med påfølgende havari i aksellager kan ha en rekke årsaker. En gjennomgang av de vanligste feilårsakene og eventuell relevans til havariene har vist at det finnes partier i livsløpet til et aksellager der man kan oppnå sikkerhets- og kvalitetsmessige forbedringer.

Et jernbaneforetak har ansvaret for at deres materiell er i tilfredsstillende stand ved fremføring, også etter vedlikehold. Som bestiller av vedlikehold har kunden mulighet til å stille spesifikke krav til hvordan vedlikeholdet av deres materiell skal utføres. ECM-direktivet spesifiserer blant annet hvordan partene skal samhandle. Havarikommisjonen anser det likevel som krevende å skulle sette seg inn i, og forstå, hva som ligger til grunn for de enkelte arbeidsbeskrivelsene hos et profesjonelt ECM-godkjent vedlikeholdsverksted. Det er derfor viktig med et godt samarbeid mellom de ulike partene.

Funnene er gruppert i tabell 13 i henhold til overordnede årsakskategorier:

Tabell 13: Årsakskategorier og funn. Kilde: SHK

<p><b>Operasjonsmessige faktorer:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Støt og sjokkbelastninger på et aksellager kan introdusere skader som over tid kan medføre havari. Da det ikke er individstyring på denne komponenttypen vil man ikke kunne registrere dette og i ettertid følge opp slike hendelser. Lagerets komponenter vil etter revisjon på nytt gå inn i produksjon og benyttes på andre vogner.</li> <li>• Et aksellager vil ha en gitt levetid, avhengig av type bruk. CargoNet har ikke definert øvre grense for levetid for aksellagre som benyttes. En levetidsberegning kan benyttes som underlag for vedlikeholdsregime og krav i dette.</li> </ul>
<p><b>Miljøfaktorer:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det er viktig at fylltetting i akselkassehuset er montert riktig for å unngå vanninntrenging, både ved lange ståtider og i normal drift. I henhold til lagerprodusent SKF og internasjonale retningslinjer, bør man også stille krav til at disse ikke gjenbrukes slik de gjøres i dag.</li> <li>• Det har blitt avdekket at en stor andel av lagrene har skader i form av misfarging som sannsynligvis stammer fra strømgjennomgang. Det å avdekke hvor og hvordan dette skjer har ikke vært innenfor denne undersøkelsens rammer.</li> </ul>
<p><b>Smørerelaterte faktorer</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagre som gjenbrukes kan fortsatt ha rester av gammelt smørefett iblandet det nye. Ifølge leverandør av smørefett vil dette bidra til å forringe smøremiddelet og potensielt redusere dets levetid.</li> <li>• Aktiviteten med påfylling av smøremiddel i revisjon har forbedringspunkter med tanke på å sikre korrekt mengde, og smussfritt arbeidsmiljø og verktøy.</li> </ul>

<p><b>Faktorer knyttet til montering eller revisjon av aksellager</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Den visuelle inspeksjon avdekker ikke alle skadetyper, og det er ikke satt dokumenterte grenseverdier for hva som anses som akseptabel grad av skade eller misfarging for de som utfører oppgaven.</li> <li>• Innringerer til et lager er ikke underlagt samme inspeksjonsrutine som resten av aksellageret, selv om de får identiske skader som de andre tilhørende lagerkomponentene.</li> <li>• Siden maksimal levetid ikke er beregnet for aksellagre, kan man ikke utelukke at lagre blir revidert og brukt lengre enn de er designet for.</li> <li>• Lagerprodusenter utstyrer ikke sine lagre med god nok merking som tåler slitasje i normal bruk. Det vanskeliggjør vedlikehold basert på dato og produsent. Dersom alder på et lager skal legges til grunn for kassering ved revisjon, må det etableres rutiner for hvordan man skal forholde seg dersom alder ikke er lesbar.</li> <li>• Det føres ingen oversikt over hvilke skader som gjør at ca. 10–25 % av alle aksellagre som kommer til kontroll kasseres. Havarikommisjonen mener dette er informasjon som både Mantena og CargoNet kunne benyttet til sikkerhets- og kvalitetsmessige forbedringer.</li> </ul>
<p><b>Andre observasjoner:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I sammenlikningen av Mantenas arbeidsbeskrivelse for montering av akselkasse med internasjonale vedlikeholdsregler ble det funnet flere forskjeller som man ikke kjenner bakgrunnen for eller konsekvens av (kap. 2.7.3.5). Disse er i hovedtrekk dekket av punktene over, men i tillegg ble det stilt spørsmål om det er nok fokus på temperaturkontroll i ulike deler av prosessen. Havarikommisjonen mener Mantena bør sikre jevnlig kontroll og kalibrering av temperatur ved utstyr, maskiner og verktøy der oppvarming benyttes.</li> </ul>

### 3.6 Å avdekke et begynnende aksellagerhavari i tide

Aksellagerhavariene i denne sikkerhetsundersøkelsen har begge blitt oppdaget etter at havariet og avsporingen var et faktum. I begge tilfeller har havariet foregått over flere kilometer, men det finnes få systemer som kunne oppdaget og varslet om dette.

Tilgjengelig teknologi gjør det mulig å måle varmgang, registrere belastning fra eventuelle hjulskader, akustisk overvåke tilstand til aksellagre m.m. Infrastrukturforvalter Bane NOR har per i dag et begrenset tilbud av data fra systemer langs sporet som overvåker materiellets tilstand (se Vedlegg B). Havarikommisjonen er kjent med at jernbaneforetak har stilt seg kritiske til kvaliteten på data fra disse detektorene. Det er heller ikke etablert noen automatisk varsling ved temperaturer over grenseverdi, og oppfølgingen foregår manuelt.



Til tross for at Bane NOR opplyser at de ikke har opplevd særlig etterspørsel etter data fra sine detektorer, er alle de store jernbaneforetakene i Norge positive til utbygging av overvåkningsteknologi som de kan benytte i tilstandsbasert vedlikehold. Norske Tog AS, som har oppgaven med å anskaffe, eie og forvalte togmateriell for persontogtransport, mener at det også vil være en naturlig utvikling at materiellet overvåker og varsler tilbake om feil ved infrastrukturen.

Varmgang i et aksellager kan raskt utvikle seg til et havari. I et europeisk forskningsprosjekt [D-Rail](#)<sup>39</sup>, initiert av ERA, utredet man muligheter for å redusere antall avsporinger med godstog i Europa, og minske kostnadene ved en avsporing. I dette arbeidet så man på ulike måter for å overvåke tilstanden både til materiell og infrastruktur. Eksisterende varmgangs- og tjuvbremsetektorer ble vurdert som effektive, men samtidig vil etablering av nye ha betydelige installasjonskostnader siden de optimalt bør plasseres tett (ca. hver 50.–70. km). Underveis i denne undersøkelsen ble et lager av samme type med feil avdekket ved hjelp av detektordata. Dette viste seg å være i en tilstand som innen kort tid kunne ha ført til et havari (kap. 2.5.5).

Persontog er i større grad utstyrt med sensorer for tilstandsbasert vedlikehold enn godstogmateriell. På disse har man derfor bedre muligheter til å oppdage begynnende svikt i et aksellager. Norske Tog AS har opplyst til Havarikommisjonen at de fremover ser økt bruk av tilstandsbasert overvåkning på deres materiell. De stiller seg også positive til et samarbeid med Bane NOR der materiellet deres bidrar med å gi data om blant annet sporkvalitet tilbake til Bane NOR. Havarikommisjonen mener dette vil være et viktig bidrag til både sikkerhet og pålitelighet ved jernbanen som system.

Et velfungerende detektornettverk vil kreve at en rekke forutsetninger er på plass. Det må avgjøres optimal plassering, effektive grenseverdier, og ikke minst hvilke aksjoner de skal føre til. Kvaliteten på data må være god, og det må legges til rette for at det enkelte jernbaneforetak har tilgang til og kan benytte dem i sine vedlikeholdsprogrammer. Havarikommisjonens vurdering er at dette er et omfattende og kostnadskrevenende arbeid, der samarbeid mellom en rekke aktører blir avgjørende. I tråd med utviklingen ellers i samfunnet, er det å ta i bruk og utnytte ny teknologi også innen jernbane, en retning Havarikommisjonen mener er riktig.

Havarikommisjonen har ved tidligere, liknende hendelser fremmet flere sikkerhetstilrådinger (tabell 11) som retter seg mot økt bruk av overvåkningsteknologi for å avdekke materiell med feil.

---

<sup>39</sup> <http://d-rail-project.eu/>

## 4. KONKLUSJON

Denne sikkerhetsundersøkelsen har tatt for seg to avsporinger med samme type to-akslede godsvogner (Lgns). I begge hendelsene førte aksellagerhavarier til oppvarming og deformasjon av vognas aksellager og hjulaksel, som igjen førte til at hjulet på vogna mistet sin posisjon og sporet av.

Den 7. november 2019 var tog 5511 fra CargoNet AS på vei fra Alnabru til Bergen. Da toget ankom Bergen stasjon kl. 0243 sporet en av vognene av. Den 27. mars 2020 skjedde en tilsvarende hendelse da tog 5731 fra CargoNet AS var på vei fra Alnabru til Trondheim. Da toget var på Bergsens stasjon kl. 1254 ble det oppdaget at en vogn i toget hadde sporet av.

Det at samme type vogn med samme type lager fikk havari med kun måneders mellomrom var uvanlig. Det er mange fellestrekk ved vognene, blant annet har vært brukt i samme type trafikk, og vedlikeholdet har i begge tilfeller blitt utført ved samme verksted hos Mantena AS. Havarikommisjonen har likevel ikke gjort funn som tydelig støtter at det to aksellagerhvariene har en felles årsak.

For å finne bakenforliggende årsaker, bør man etter Havarikommisjonens syn kjenne flere detaljer fra aksellagerets livsløp. Slik praksis er i bransjen i dag, er det ikke lagt til rette for at hendelser og vedlikeholdshistorikk for det enkelte aksellager kan dokumenteres. Havarikommisjonen mener dette er en svakhet som gjør at man i mange tilfeller ikke vil finne den egentlige årsaken til et aksellagerhavari.

I havariene ble komponentene svært ødelagte og deformerte av varme og store belastninger. Siden det gjorde det vanskelig å tyde skadebildet, har Havarikommisjonen valgt å gjennomgå de vanligste feilårsakene til varmgang med hensikt å beskrive relevans til de to havariene. Dette, sammen med en gjennomgang av arbeidsprosessen knyttet til vedlikehold av aksellagre, avdekket flere forhold som Havarikommisjonen mener kan forbedres. Flere av dem handler om å dokumentere alle deler av arbeidsprosessen, også det som kun foreligger som en etablert praksis eller skjønnsmessige vurderinger. Som følge av dette har CargoNet AS oppdatert sine krav til vedlikeholdsleverandør Mantena AS. Likevel kan ingen av disse funnene direkte knyttes til havariene, men de kan ved forbedring bidra til å redusere sannsynligheten for varmgang i aksellagre:

- Det er ikke individstyring og dermed ikke tilstrekkelig kontroll på eventuelle tidligere skader ved gjenbruk av aksellagerkomponenter. Dette er normal praksis i bransjen, ikke kun hos Mantena. Spesielt innringer har ikke blitt underlagt tilsvarende inspeksjonsregime, selv om rullene i lageret vil kopiere eventuelle skader til både yttering og innerring.
- Det har blitt avdekket at et stort antall lagre har skader fra strømgjennomgang, uten at man kjenner til årsak eller konsekvens. Det er ikke satt akseptkriterier for denne typen skader.
- Flere punkter i arbeidsbeskrivelsene for vedlikehold relatert til aksellagre skiller seg fra internasjonale standarder, uten at man kan redegjøre tilstrekkelig for bakgrunn eller konsekvens av ulikhetene.

- Det finnes ingen oversikt over hvorfor 10–25 % av aksellagre kasseres på grunn av skader, og dette benyttes ikke i intern læring.
- Et aksellager har en gitt levetid avhengig av bruk, men CargoNet AS har ikke fått beregnet denne. Lagerprodusenter utstyres ofte ikke sine lagre med merking som tåler slitasje, noe som vanskeliggjør utsortering basert på alder.
- Rengjøringsprosessen som skal fjerne gammelt smørefett før et aksellager revideres har mangler, noe som kan bidra til å forringe levetiden til smøremiddelet.

Et jernbaneforetak har ansvaret for at deres materiell er i tilfredsstillende stand ved fremføring, også etter vedlikehold. Som bestiller av vedlikehold har kunden mulighet til å stille spesifikke krav til hvordan vedlikeholdet av deres materiell skal utføres.

Havarikommisjonen anser det likevel som krevende å skulle sette seg inn i, og forstå hva som ligger til grunn for, de enkelte arbeidsbeskrivelsene hos en profesjonell ECM-godkjent vedlikeholdsleverandør. Det er derfor viktig med et godt samarbeid mellom de ulike partene.

Mantena har et uttalt fokus på kompetanseutvikling, og forbedring av sine tjenester og datakvalitet. I den sammenheng mener Havarikommisjonen at blant annet det å skaffe seg mer kunnskap om årsaker til skader på aksellagre vil bidra til økt internkompetanse og dermed mulighet for å gi bedre råd til sine kunder. I tillegg vil dette støtte opp under Mantena AS sitt fokus på vedlikeholdssystemer som baserer seg på å være «føre var».

Havarikommisjonen mener at flere aktører må bidra i arbeidet med å skaffe mer kunnskap om skadene relatert til strømgjennomgang i aksellagre. Slike skader oppstår gjerne i et samspill med infrastrukturen. Det bør undersøkes hvordan dette oppstår, hvorvidt det har årsak i infrastruktur, og om andre aktører utover CargoNet AS har samme type problemer og ikke minst hvor alvorlig dette er på kort og på lang sikt. Havarikommisjonen mener derfor at Bane NOR bør koordinere samarbeid mellom relevante aktører, for å kartlegge årsaker, omfang og alvorlighetsgraden ved strømgjennomgang i aksellagre.

Det var ingen overvåkningssystemer som fanget opp tegn til varmgang i lageret på forhånd ved disse to hendelsene. Begge vognene gikk med feil i flere kilometer før avsporingene ble oppdaget. Et europeisk forskningsprosjekt<sup>40</sup> hevder at en stor andel av kostnadene til godstogavsporinger kan reduseres ved hjelp av med inspeksjoner og overvåkningssystemer.

Bane NOR SF tilbyr i dag detektorer for å avdekke hjulskader, varmgang eller lagerskader på 9 lokasjoner, fordelt på 4 200 km jernbane. Til sammenligning har Trafikverket i Sverige rundt 190 slike detektorer fordelt på 12 000 km jernbane. Trafikverket i Sverige har en uttalt strategi om å blant annet anlegge nye og bedre detektorer, samt øke samarbeidet med jernbaneforetakene for å forbedre analyse av detektordata. Bane NOR SF har ikke en slik strategi.

Havarikommisjonen mener Bane NOR SF må utrede effektiviteten ved dagens nettverk og behovet for fremtidige analyser av detektordata. Dette bør gjøres i samarbeid med aktørene i bransjen, som i stor grad er positive til denne typen tjenester. I tillegg bør det legges en strategi for hvordan fremtidig materiell kan bidra med informasjon tilbake til

---

<sup>40</sup> <http://d-rail-project.eu/>

Bane NOR SF om blant annet sporkvalitet. Dette er også i tråd med konklusjonene fra Jernbanedirektoratets rapport<sup>41</sup> om teknologitrender som man forventer vil påvirke transportsektoren.

Havarikommisjonen ønsker å vektlegge følgende funn fra denne sikkerhetsundersøkelsen:

- Det finnes flere forbedringspunkter i aktivitetene knyttet til vedlikehold av aksellagre.
- Det er funnet tydelige skader fra strømgjennomgang på aksellagre i normal bruk, uten at man kjenner årsak.
- Bane NOR SF har få overvåkningssystemer for å oppdage materiell med skader, selv om bransjen ønsker å øke bruken av denne typen tjenester.

---

<sup>41</sup> *Teknologitrender som påvirker transportsektoren*, (2017-03003), SINTEF Digital. 2017-09-18

## **5. GJENNOMFØRTE OG PLANLAGTE TILTAK ETTER ULYKKEN**

Etter lagerhavariene i Bergen og på Bergseng har CargoNet iverksatt en rekke tiltak for å forebygge flere slike hendelser:

- Praktisk gjennomgang av de prosedyrer Mantena benytter ved lagerrevisjon.
- Gjennomgang av VPI-regelverket for lagerrevisjon sett opp mot praksis hos Mantena.
- Bedre formaliserte krav overfor Mantena, antas operativt i løpet av 1. halvår 2021.
- Lagerundersøkelser hos SKF i Gøteborg.
- Samarbeide med SKF Norge.
- Utvikling av system for å varsle lagerskader i samarbeide med Predge AB.

Mantena har opplyst til Havarikommisjonen at de p.t. er i løpende dialog med CargoNet for å tilpasse underlag og forbedre dagens arbeidsbeskrivelser.



## 6. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Statens havarikommisjon fremmer følgende sikkerhetstilrådinger<sup>42</sup>:

### **Sikkerhetstilråding Bane nr. 2021/12T**

I 2019 og 2020 var det to avsporinger med kun fem måneders mellomrom på grunn av lagerhavarier med samme type godsvogn fra CargoNet AS. Undersøkelsen har avdekket at vedlikeholdsleverandør Mantena AS ikke fører oversikt over hvilke skader aksellagre som underkjennes ved revisjon har. I utvikling av vedlikehold kan et jernbaneforetak i henhold til ECM-forskriften be om slik informasjon for å kunne finne årsakene til at skader oppstår.

Statens havarikommisjon tilrår Statens jernbanetilsyn å be CargoNet AS, i samarbeid med Mantena AS, om å dokumentere hvilke skadetyper de har ved sine underkjente aksellagre.

### **Sikkerhetstilråding Bane nr. 2021/13T**

I 2019 og 2020 var det to avsporinger med kun fem måneders mellomrom på grunn av lagerhavarier med samme type godsvogn fra CargoNet AS. Undersøkelsen har avdekket at en stor andel aksellagre i normal drift hos CargoNet AS har skader fra strømgjennomgang. Slike skader oppstår gjerne i et samspill med infrastrukturen. Det bør undersøkes hvordan dette oppstår, hvorvidt det har årsak i infrastruktur, og om andre aktører utover CargoNet AS har samme type problemer.

Statens havarikommisjon tilrår Statens jernbanetilsyn å be Bane NOR SF koordinere et samarbeid mellom relevante aktører, for å kartlegge årsaker, omfang og alvorlighetsgraden ved strømgjennomgang i aksellagre.

### **Sikkerhetstilråding Bane nr. 2021/14T**

I 2019 og 2020 var det to avsporinger med kun fem måneders mellomrom på grunn av lagerhavarier med samme type godsvogn fra CargoNet AS. Feilene ved aksellagrene ble ikke avdekket i forkant. Gjennom tilstandsovervåkning langs sporet kan ulike feiltilstander ved rullende materiell oppdages før det blir kritisk, men denne typen systemer er lite brukt i Norge.

Statens havarikommisjon tilrår Statens jernbanetilsyn å be Bane NOR SF, i samarbeid med relevante aktører, om å utrede effektiviteten ved dagens system og fremtidige behov for overvåkning av feil ved materiell.

Statens havarikommisjon for transport

Lillestrøm, 5. mai 2021

---

<sup>42</sup> Undersøkelserapport 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.

## **VEDLEGG**

Vedlegg A – Safety Recommendations

Vedlegg B – Bane NOR Network Statement 2019/2020

Vedlegg C – Registreringer fra detektorer på vogn 4276 4432 357-3 (Bergen)

Vedlegg D – Registreringer fra detektorer på vogn 4276 4432 078-5 (Bergseng)

Vedlegg E – Sveriges detektordatatjeneste

Vedlegg F – Arbeidsbeskrivelse for montering av akselkasse for godsvogn

Vedlegg G – Vognopptak

Vedlegg H – ECM sertifikater for CargoNet og Mantena

Vedlegg I – Bearing Damage And Failure Analysis: Electrical Erosion

Vedlegg J – Laboratorieundersøkelser hos FOLAT av innerring tilhørende indre aksellager fra Bergseng

Vedlegg K – Laboratorieundersøkelser hos FOLAT av et utvalg innringer

## VEDLEGG A – SAFETY RECOMMENDATIONS

The Norwegian Safety Investigation Authority proposes the following safety recommendations<sup>43</sup>

### **Safety recommendation Rail no 2021/12T**

In 2019 and 2020, two derailments were caused by bearing failure in the same type of freight wagon from CargoNet AS, within the space of only five months. The investigation has shown that Mantena AS, the maintenance contractor, does not keep an overview of the type of damage found in bearings that are discarded during inspections. In accordance with the ECM Regulation (Commission Regulation (EU) No 445/2011), a railway undertaking may request such information when developing maintenance specifications, with a view to determining causes of damage.

The Norwegian Safety Investigation Authority recommends that the Norwegian Railway Authority request CargoNet AS to cooperate with Mantena AS to document the types of damage found in discarded axle bearings.

### **Safety recommendation Rail no 2021/13T**

In 2019 and 2020, two derailments were caused by bearing failure in the same type of freight wagon from CargoNet AS, within the space of only five months. The investigation has shown that current leakage erosion is found in a large proportion of the axle bearings used in CargoNet AS's ordinary operations. Such damage generally arises as a result of interaction with the infrastructure. How this occurs, whether the cause lies in the infrastructure and whether the same problem is experienced by railway undertakings other than Cargo Net AS are matters that should be further investigated.

The Norwegian Safety Investigation Authority recommends that the Norwegian Railway Authority request Bane NOR SF to coordinate collaboration between relevant players in order to register the causes, scope and severity of current leakage erosion in axle bearings.

### **Safety recommendation Rail no 2021/14T**

In 2019 and 2020, two derailments were caused by bearing failure in the same type of freight wagon from CargoNet AS, within the space of only five months. The faults in the axle bearings were not detected before the incidents occurred. By means of condition monitoring along the track, it is possible to detect different fault conditions in rolling stock before they become critical, but such systems are hardly used in Norway.

The Norwegian Safety Investigation Authority recommends that the Norwegian Railway Authority request Bane NOR SF to collaborate with relevant parties to examine the effectiveness of today's system and future needs for monitoring faults in rolling stock.

---

<sup>43</sup> The investigation report is submitted to the Ministry of Transport, which takes necessary action to ensure that due consideration is given to the safety recommendations, cf. the Regulation of 31 March 2006 No 378 relating to official investigations into railway accidents and serious railway incidents etc. (the Railway Investigation Regulation) Section 16.

## VEDLEGG B – BANE NOR NETWORK STATEMENT 2019/2020

I dette vedlegget gjengis informasjonen som var tilgjengelig i Network Statement 2019 og 2020 om tilstandsovervåking som ble tilbudt av Bane NOR på dette tidspunktet.

### 3.6.6 Andre tekniske anlegg, herunder rengjørings- og vaskeanlegg

#### 3.6.6.1 Installasjoner i forbindelse med «Tilstandsovervåking av rullende materiell - TWMS»

Hjulskadedetektorer finnes på følgende steder:

- Langum – Sørlandsbanen – mellom Guskogen stasjon og Mjøndalen stasjon
- Huseby – Drammensbanen venstre hovedspor – mellom Brakerøya stasjon og Lier stasjon
- Høyseth – Dovrebanen – mellom Ler stasjon og Lundamo stasjon
- Skatval – Nordlandsbanen – mellom Skatval stasjon og Langstein stasjon
- Straumsnes – Ofotbanen – mellom Narvik stasjon og Straumsnes stasjon
- Haugfjell – Ofotbanen – mellom Katterat stasjon og Bjørnfjell stasjon

Akustiske detektorer (for lagerskade) finnes på følgende steder:

- Huseby – Drammensbanen høyre hovedspor – mellom Lier stasjon og Brakerøya stasjon
- Huseby – Drammensbanen venstre hovedspor – mellom Brakerøya stasjon og Lier stasjon
- Skatval – Nordlandsbanen – mellom Skatval stasjon og Langstein stasjon
- Straumsnes – Ofotbanen – mellom Narvik stasjon og Straumsnes stasjon

Alarmer blir viderefremmet til JBF direkte eller via DROPS systemet.

Hjulskadedetektorer og akustiske detektorer er knyttet opp mot et sentralt overvåkingssystem Fleet One som eies og driftes av Bane NOR. Jevnlig overvåking må JBF selv ivareta. Alle passeringer gir status på hjullager og hjulslag på togets hjul. JBF har selv ansvaret for å utnytte gevinsten av dette. Bane NOR vil motta alarm når hjulslagalarmen overskrider definert terskel. Toget vil da bli bedt om å redusere hastigheten eller stoppe toget, avhengig av alvorlighetsgrad.

I tilfeller hvor infrastrukturen skades, vil systemet bli benyttet for å vurdere hvem som er ansvarlig for skaden.

Systemet er tilgjengelig via et WEB-grensesnitt som heter FleetONE, ved behov for tilgang, <https://hsd.opm.jbv.no/FleetOne/> og trykk på «Register» oppe i høyre hjørne.

JBF har ansvar for at alle tog/vogner er registrert med en RFID i henhold til gjeldene prinsipper for oppbygging av RFID. Dette for identifikasjon av vogner i overvåkingssystemet, og dermed en entydig og rask varsling til togselskapene ved hjulslag og/eller lagerskade. Det er særlig kritisk for rask respons fra togleder til tog ved høy hjulslag alarm.

Varmgangsdetektorer finnes på følgende steder:

- Haugan – Nordlandsbanen – mellom Vikhammer stasjon og Midtsand stasjon
- Hegra – Meråkerbanen – øst for Hegra holdeplass
- Skatval – Nordlandsbanen – mellom Skatval stasjon og Langstein stasjon
- Straumsnes – Ofotbanen – mellom Narvik stasjon og Straumsnes stasjon (bare varme hjul)

Resultat av målingene blir behandlet ved hver enkelt installasjon og overføres ved hvert tog passering til en SQL-database på Marienborg i Trondheim.

Alarmer går direkte via et eget grensesnitt til togleder i Region Midt, som stopper tog og viderefremmer til JBF. Data er foreløpig ikke tilgjengelig via WEB-grensesnitt.

Figur 102: Network statement 2019. Kilde Bane NOR SF

### 3.6.6 Andre tekniske anlegg, herunder rengjørings- og vaskeanlegg

#### 3.6.6.1 Installasjoner i forbindelse med «Tilstandsovervåking av rullende materiell - TWMS»

Hjulskadedetektorer finnes på følgende steder:

- Langum – Sørlandsbanen – mellom Gulskogen stasjon og Mjøndalen stasjon
- Huseby – Drammensbanen venstre hovedspor – mellom Brakerøya stasjon og Lier stasjon
- Gravhalsen – Bergensbanen – mellom Myrdal stasjon og Upsete holdeplass
- Høyseth – Dovrebanen – mellom Ler stasjon og Lundamo stasjon
- Skatval – Nordlandsbanen – mellom Skatval stasjon og Langstein stasjon
- Straumsnes – Ofotbanen – mellom Djupvik stasjon og Straumsnes stasjon
- Haugfjell – Ofotbanen – mellom Katterat stasjon og Bjørnfjell stasjon

Akustiske detektorer (for lagerskade) finnes på følgende steder:

- Huseby – Drammensbanen høyre hovedspor – mellom Lier stasjon og Brakerøya stasjon
- Huseby – Drammensbanen venstre hovedspor – mellom Brakerøya stasjon og Lier stasjon
- Skatval – Nordlandsbanen – mellom Skatval stasjon og Langstein stasjon
- Straumsnes – Ofotbanen – mellom Djupvik stasjon og Straumsnes stasjon

Alarmer blir videreformidlet til JBF direkte eller via DROPS systemet.

Hjulskadedetektorer og akustiske detektorer er knyttet opp mot et sentralt overvåkingssystem Fleet One som eies og driftes av Bane NOR. Jevnlig overvåking må JBF selv ivareta. Alle passeringer gir status på hjullager og hjulslag på togets hjul. JBF har selv ansvaret for å utnytte gevinsten av dette. Bane NOR vil motta alarm når hjulslagalarmen overskrider definert terskel. Toget vil da bli bedt om å redusere hastigheten eller stoppe toget, avhengig av alvorlighetsgrad.

I tilfeller hvor infrastrukturen skades, vil systemet bli benyttet for å vurdere hvem som er ansvarlig for skaden.

Systemet er tilgjengelig via et WEB-grensesnitt som heter FleetONE, ved behov for tilgang, bruk følgende <https://hsd.opm.jbv.no/FleetOne/> og trykk på «Register» oppe i høyre hjørne.

JBF har ansvar for at alle tog/vogner er registrert med en RFID i henhold til gjeldene prinsipper for oppbygging av RFID. Dette for identifisering av vogner i overvåkingssystemet, og dermed en entydig og rask varsling til togselskapene ved hjulslag og/eller lagerskade. Det er særlig kritisk for rask respons fra togleder til tog ved høy hjulslag alarm.

Varmgangsdetektorer finnes på følgende steder:

- Haugan – Nordlandsbanen – mellom Vikhammer stasjon og Midtsand stasjon
- Hegra – Meråkerbanen – øst for Hegra holdeplass
- Skatval – Nordlandsbanen – mellom Skatval stasjon og Langstein stasjon
- Straumsnes – Ofotbanen – mellom Djupvik stasjon og Straumsnes stasjon (bare varme hjul)

Resultat av målingene blir behandlet ved hver enkelt installasjon og overføres ved hver tog passering til en SQL-database på Marienborg i Trondheim.

Alarmer går direkte via et eget grensesnitt til togleder i Region Midt, som stopper tog og videreformidler til JBF. Data er foreløpig ikke tilgjengelig via WEB-grensesnitt.

Figur 103: Network Statement 2020. Kilde Bane NOR SF



## VEDLEGG C – REGISTRERINGER FRA DETEKTORER PÅ VOGN 4276 4432 357-3 (BERGEN)



Figur 104: Aksellast og vognlast for tog 5511 registrert av detektor ved Huseby. Kilde: Bane NOR SF / CargoNet AS

Figurer under viser hjullast for vognene i toget. Den aktuelle akselen er markert med stiplede sirkel.

Axles

Axle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Waggon	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	6	6
Waggon (Axle)	1	2	3	4	5	6	1	2	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	1	2
Axle Left	9,034	10,125	8,905	9,004	9,709	8,778	7,206	8,360	5,740	5,224	6,829	5,645	7,357	6,454	7,071	6,884	7,201	7,391	6,010	5,617	7,350	7,158	6,004	6,254
Axle Right	8,843	10,396	8,451	9,741	10,530	9,346	5,965	7,742	5,921	6,984	7,210	8,067	6,940	7,436	7,032	6,719	7,526	7,624	5,802	6,204	7,540	8,274	7,095	6,415
Axle Total	17,868	20,534	17,334	18,780	20,278	18,150	13,112	16,073	11,669	12,292	14,057	13,828	14,277	13,937	14,101	13,595	14,743	15,025	11,802	11,849	14,899	15,485	13,151	12,677
Vehicle Total	112,944	112,944	112,944	112,944	112,944	112,944	29,185	29,185	80,059	80,059	80,059	80,059	80,059	80,059	81,115	81,115	81,115	81,115	81,115	81,115	30,385	30,385	25,828	25,828
Waggon Type	6DCF	6DCF	6DCF	6DCF	6DCF	6DGF	2ACH-100	2ACH-100	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	2ACH-100	2ACH-100	2ACH-100	2ACH-100

Figur 105: Hjullaster for aksel 1–24. Kilde: Huseby detektor, Bane NOR SF

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46		
7	7	7	7	7	7	8	8	9	9	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	
1	2	3	4	5	6	1	2	1	2	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		
5,923	5,794	7,451	7,226	6,022	5,462	6,650	7,303	7,388	8,250	5,682	5,611	6,511	6,175	6,006	5,637	8,421	8,665	8,045	7,409	8,189	8,039		
5,860	6,269	7,626	7,925	5,620	6,305	6,466	7,841	8,466	8,672	5,640	5,621	6,333	6,727	5,722	6,183	9,705	9,481	10,144	10,258	8,208	8,233		
11,780	12,086	15,085	15,184	11,622	11,808	13,107	15,169	15,906	16,942	11,320	11,232	12,836	12,928	11,715	11,846	18,167	18,185	18,290	17,803	16,398	16,282		
77,565	77,565	77,565	77,565	77,565	77,565	28,277	28,277	32,848	32,848	71,878	71,878	71,878	71,878	71,878	71,878	105,145	105,145	105,145	105,145	105,145	105,145	105,145	
6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	2ACH-100	2ACH-100	2ACH-100	2ACH-100	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC

Figur 106: Aksel 25–46. Kilde: Huseby detektor, Bane NOR SF

47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	
12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	14	14	15	15	
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	2	2	
6,497	6,625	6,977	6,480	7,629	7,334	7,572	7,199	8,167	8,052	8,541	8,270	6,898	7,946	8,964	8,189	
6,646	6,679	7,524	8,055	7,029	7,397	7,031	7,507	8,428	8,478	8,901	8,578	7,654	7,376	7,061	8,317	
13,150	13,306	14,527	14,610	14,629	14,734	14,578	14,721	16,607	16,550	17,460	16,863	14,588	15,295	14,030	16,512	
84,957	84,957	84,957	84,957	84,957	84,957	96,779	96,779	96,779	96,779	96,779	96,779	96,779	29,883	29,883	30,542	30,542
6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	6JDC	2ACH-100	2ACH-100	2ACH-100	2ACH-100

Figur 107: Aksel 47–62. Aksel 60 fikk lagerhavari. Kilde: Huseby detektor, Bane NOR SF

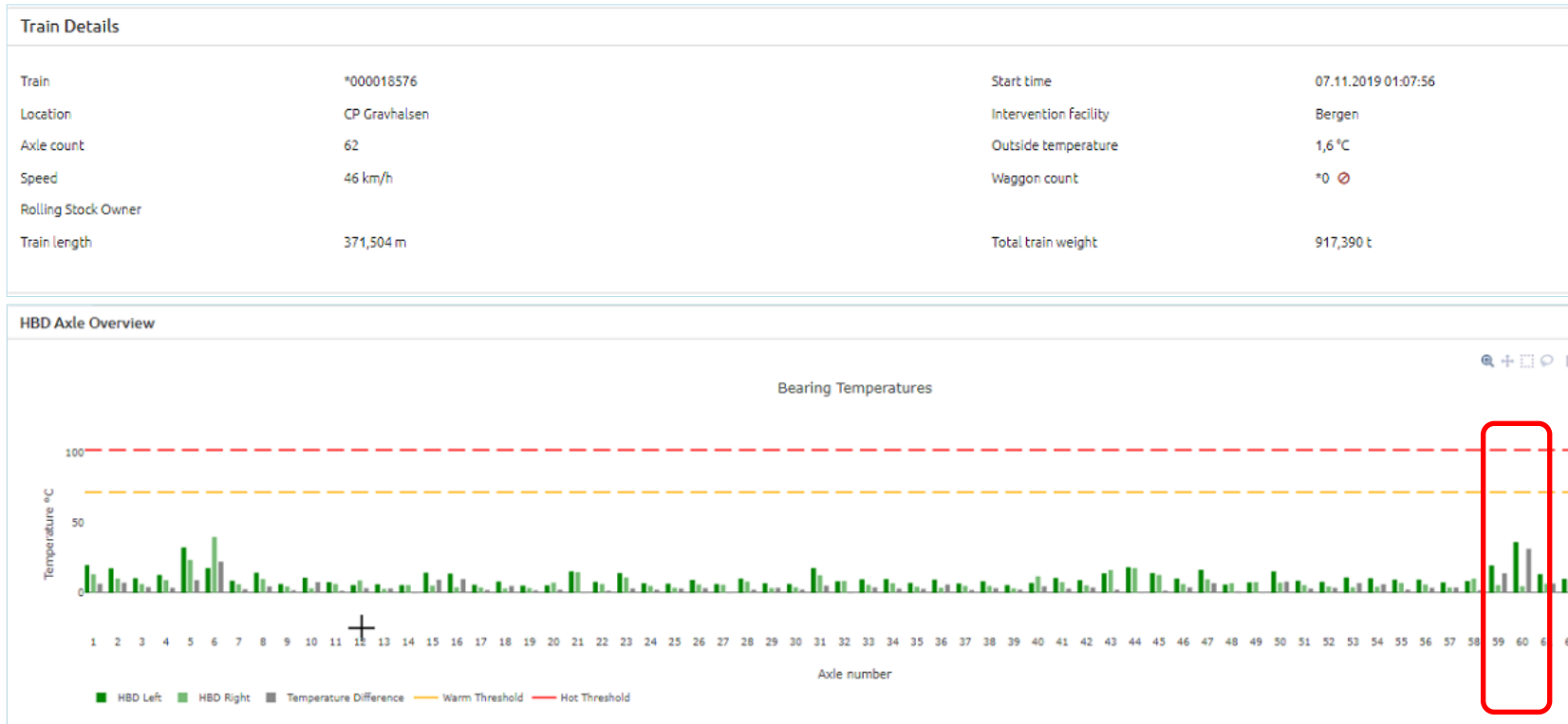
I Fleet One forutsetter betegnelsene venstre og høyre at man ser vogna fra ende B. Det er med andre ord verdiene fra høyre side som viser lageret som havarerte. Målingene i figurene under viser vognas venstre side (sett fra ende B mot A) fra to tidligere passeringer. Det er angitt et RS3 varsel for vogna på en av turene. CargoNet opplyser at RS3 meldinger er klassifisert som en «minor fault» i Fleet One. Man har gjort forsøk på å finne lagerskader på utvalgte lagre med gjentakende RS2 varsler («moderate fault»), men uten å finne noe.

Vehicle Tag: 4276_44323573 Vehicle Axle Number: 1 Side of Vehicle: L																					
	Data Quality	Train Time	Site	Sensor Type	Train Journey Id	Vehicle Number	Train Axle Number	Vehicle Type	Axle Speed (km/h)	Lead End	Direction	Side of Track	Bearing Fault	Bearing Alert	Is Consistent	Wheel Flat	ErsDB	Peak Wheel Impact Force (kN)	Peak Wheel Impact Alert	Wheel Weight (t)	Bogie Side Avg Wheel Load (t)
▶	✔	03.11.2019 21:57:41	Huseby VH	WCM2		3	9	C_2	97	A	To Oslo	Far						54		5,6	5,6
▶	✔	03.11.2019 21:39:11	Langum	WCM2		3	9	C_2	83	A	To Drammen	Far						60		6,1	6,1
▶	✔	31.10.2019 16:32:58	Huseby VH	WCM2		3	7	C_2	72	A	To Oslo	Far						61		4,8	4,8
▶	✔	31.10.2019 16:30:37	Huseby VH	RAILBAM		3	7	C_2	72	A	To Oslo	Far	RS3		No	-	66				
▶	✔	31.10.2019 16:01:40	Langum	WCM2		3	7	C_2	103	A	To Drammen	Far						91		5,9	5,9

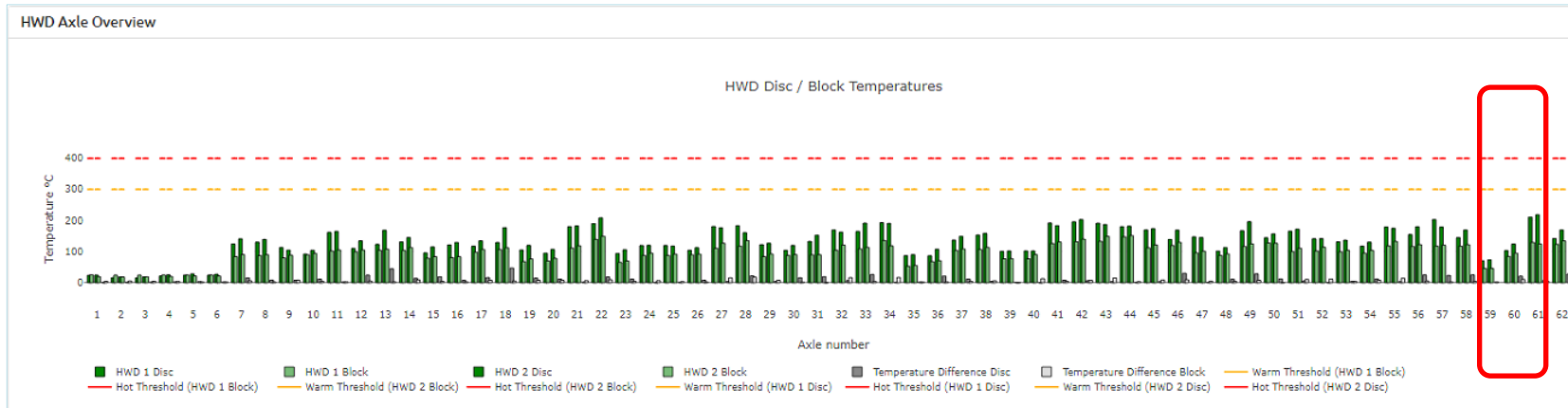
Figur 108: Målinger fra 3. november og 31.oktober. Kilde: Huseby/Langum detektorer, CargoNet AS / Fleet One

Vehicle Tag: 4276_44323573 Vehicle Axle Number: 1 Side of Vehicle: R																					
	Data Quality	Train Time	Site	Sensor Type	Train Journey Id	Vehicle Number	Train Axle Number	Vehicle Type	Axle Speed (km/h)	Lead End	Direction	Side of Track	Bearing Fault	Bearing Alert	Is Consistent	Wheel Flat	ErsDB	Peak Wheel Impact Force (kN)	Peak Wheel Impact Alert	Wheel Weight (t)	Bogie Side Avg Wheel Load (t)
▶	✔	03.11.2019 21:57:41	Huseby VH	WCM2		3	9	C_2	97	A	To Oslo	Near						74		5,3	5,3
▶	✔	03.11.2019 21:55:15	Huseby VH	RAILBAM		3	9	C_2	96	A	To Oslo	Near					61				
▶	✔	03.11.2019 21:39:11	Langum	WCM2		3	9	C_2	83	A	To Drammen	Near						50		5,1	5,1
▶	✔	31.10.2019 16:32:58	Huseby VH	WCM2		3	7	C_2	72	A	To Oslo	Near						69		5,6	5,6
▶	✔	31.10.2019 16:30:37	Huseby VH	RAILBAM		3	7	C_2	72	A	To Oslo	Near					60				
▶	✔	31.10.2019 16:01:40	Langum	WCM2		3	7	C_2	103	A	To Drammen	Near						77		4,8	4,8

Figur 109: Målinger fra 3. november og 31.oktober. Kilde: Huseby/Langum detektorer, CargoNet AS / Fleet One



Figur 110: Lagertemperatur registrert for tog 5511 (Alnabru–Bergen). Avsporet vogn merket. Kilde: Gravhalsen detektor, Bane NOR SF



Figur 111: Temperatur for skiver/bremseklosser registret for tog 5511. Avsporet vogn merket.  
 Kilde: Gravhalsen detektor, Bane NOR SF



## VEDLEGG D – REGISTRERINGER FRA DETEKTORER PÅ VOGN 4276 4432 078-5 (BERGSENG)

Figur 112 viser målinger for hjulet hvor akselhavariet skjedde (hjulsats 1 venstre (L)) de fire siste passeringer over hjulskade- og skjevlastdetektoren på Høyseth. Figur 113 viser hjulet på motsatt side av den samme hjulsatsen. (hjulsats 1 høyre (R)). Ingen passeringer har registrert hjulskade (kN) noe som indikerer at vogna ikke hadde hjulskader av betydning.

WCM-detektoren på Høyseth gir mulighet for å detektere overlast og ubalanse. End-to-End (ETE) og Side-to-Side (STS) alarmer genereres i Fleet One. Eventuelle alarmer fra detektoren sendes til Trafikkstyringssentralen på Marienborg.

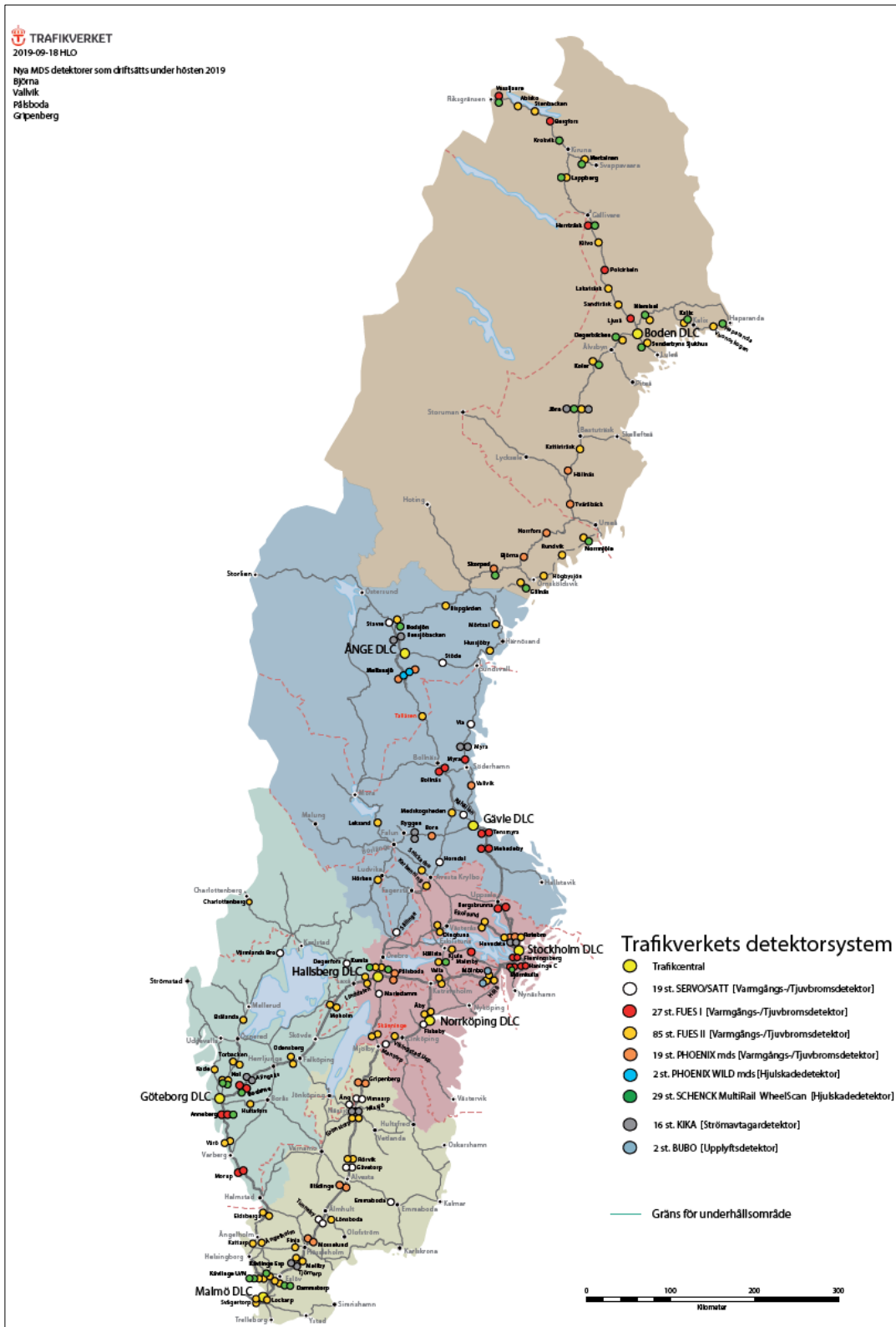
	Data Quality	Train Time	Site	Sensor Type	Train Journey Id	Vehicle Number	Train Axle Number	Vehicle Type	Axle Speed (km/h)	Lead End	Direction	Side of Track	Bearing Fault	Bearing Alert	Is Consistent	Wheel Flat	ErsDB	Peak Wheel Impact Force (kN)	Peak Wheel Impact Alert	Wheel Weight (t)	Bogie Side Avg Wheel Load (t)
▶	🟢	26.03.2020 00:14:59	Høyseth	WCM2		11	36	C_10	101	B	To Oslo	Far						78		8,0	
▶	🟢	24.03.2020 17:48:31	Høyseth	WCM2		8	39	C_2	96	A	To Trondheim	Far						57		5,8	
▶	🟢	20.03.2020 00:17:48	Høyseth	WCM2		11	38	C_10	86	B	To Oslo	Far						37		2,3	
▶	🟢	18.03.2020 17:41:49	Høyseth	WCM2		8	37	C_3	103	A	To Trondheim	Far						69		5,2	

Figur 112: Fleet One Høyseth detektor: Hjulsats 1 venstre (L) er havarert lager dagene før. Kilde: CargoNet/Bane NOR

	Data Quality	Train Time	Site	Sensor Type	Train Journey Id	Vehicle Number	Train Axle Number	Vehicle Type	Axle Speed (km/h)	Lead End	Direction	Side of Track	Bearing Fault	Bearing Alert	Is Consistent	Wheel Flat	ErsDB	Peak Wheel Impact Force (kN)	Peak Wheel Impact Alert	Wheel Weight (t)	Bogie Side Avg Wheel Load (t)
▶	🟢	26.03.2020 00:14:59	Høyseth	WCM2		11	36	C_10	101	B	To Oslo	Near						100		9,2	
▶	🟢	24.03.2020 17:48:31	Høyseth	WCM2		8	39	C_2	96	A	To Trondheim	Near						54		5,5	
▶	🟢	20.03.2020 00:17:48	Høyseth	WCM2		11	38	C_10	86	B	To Oslo	Near						40		2,6	
▶	🟢	18.03.2020 17:41:49	Høyseth	WCM2		8	37	C_3	103	A	To Trondheim	Near						69		5,6	

Figur 113: hjulet på motsatt side av den samme hjulsatsen. (Hjulsats 1 høyre (R)). Kilde: CargoNet/Bane NOR

# VEDLEGG E – SVERIGES DETEKTORDATATJENESTE



Figur 114: Trafikverkets nätverk med 190 detektorer för järnbaner. Kilde: Trafikverket.se

# VEDLEGG F – ARBEIDSBESKRIVELSE FOR MONTERING AV AKSELKASSE FOR GODSVOGN

Tabell 14: Arbeidsbeskrivelse, forenklet utgave. MG-70-P004.03. Kilde: Mantena AS

Pos.	Arbeidsbeskrivelse	Material	Kravspes.	Krav/ toleranse
	<b>Montering av akselkasse</b>		M28407	
3	Kontroller at hus er helt og fritt for skader som rust, sprekker, slag o.l. Hus kontrollmåles iht vedlagte vedlikeholdsmeddelelse. Defekte hus erstattes med nye/nyreviderte.	200111267 Kontr 1 stk	M28408	
8	Rullelagere legges inn i oppvarmet akselkasse og smøres med fett	Fabrikat ZKL/Kinex 200010516 Bytt 1 stk		
9	Rullelagere legges inn i oppvarmet akselkasse og smøres med fett	Fabrikat ZKL/Kinex 200010519 Bytt 1 stk		
1	Rullelagere legges inn i oppvarmet akselkasse og smøres med fett type Uniway LIX 625 (Statoil)	Fabrikat SKF/FAG 200010515 Alternativt 200010532 Bytt 1 stk	Fabrikknytt lager (200010532 og 200010533) skal kun monteres etter avtale med kunde	
2	Rullelagere legges inn i oppvarmet akselkasse og smøres med fett type Uniway LIX 625 (Statoil)	Fabrikat SKF/FAG 200010518 Alternativt 200010533 Bytt 1 stk		
9	Pakningsstrimmel monteres 12x12x620	200002235 Bytt 1 stk		
	Plasthylse tres inn i lager for styring			
	Kontroller at hus er helt og fritt for skader som rust, sprekker, slag o.l.			

Pos.	Arbeidsbeskrivelse	Material	Kravspes.	Krav/ toleranse
	Alle hulrom og rom mellom ruller, fylles med fett type Uniway LIX 625 (Statoil). Total fettmengde på hele akselkassen.	200070271 ca. 600 gram		
	Monter holdering for lagere			
	Akselkassen blendes med plast på begge sider.			
	Akselkassen merkes med artnr. og revisjonsdato (kun måned/år)			

# VEDLEGG G – VOGNOPPTAK



R206 5511 06.11.2019 ALNABR  
11-174021-1

Side 1 av 3

## Godsvogнопptak til lokfører

06.11.2019

Tognr.: 5511 Dato: 06.11.2019 Fra stasjon: ALNABR

Type	Nummer	Innsett stasjon	Utsett stasjon	Trekraft	
Forspannlok.	EI14	142200	ALNABRU	BERGEN	100

Løpenr.	ML	Vognummer	S	Sendest.	Bestst.	Brutto	Brems	Kloss	Aksler	P/G/A	Sth	Merknad	Utsettst.
1	ML	427644321775	L	ALNABRU	BERGEN	33	30		2	P	100		BERGEN
2	ML	337649551252	L	ALNABRU	BERGEN	77	77		6	P	100		BERGEN
3	ML	337649552441	L	ALNABRU	BERGEN	77	77		6	P	100		BERGEN
4	ML	427644321635	L	ALNABRU	BERGEN	32	30		2	P	100		BERGEN
5		427644323631	L	ALNABRU	BERGEN	29	29		2	P	100		BERGEN
6	ML	337649552128	L	ALNABRU	BERGEN	74	74		6	P	100		BERGEN
7	ML	427644322096	L	ALNABRU	BERGEN	30	30		2	P	100		BERGEN
8	ML	427644322302	L	ALNABRU	BERGEN	36	30		2	P	100		BERGEN
9	ML	337649552490	L	ALNABRU	BERGEN	68	68		6	P	100		BERGEN
10	ML	337649551518	L	ALNABRU	BERGEN	107	96		6	P	100		BERGEN
11	ML	337649553084	L	ALNABRU	BERGEN	83	83		6	P	100		BERGEN
12	ML	337649551872	L	ALNABRU	BERGEN	96	96		6	P	100		BERGEN
13		427644323573	L	ALNABRU	BERGEN	32	30		2	P	100		BERGEN
14	ML	427644320033	L	ALNABRU	BERGEN	33	30		2	P	100		BERGEN

Figur 115: Vognopptaket for tog 5511 den 6. november 2019. Kilde: CargoNet AS



R206 5731 27.03.2020 ALNABR  
11-174021-1

Side 1 av 2

## Godsvognopptak til lokfører

27.03.2020

Tognr.: 5731 Dato: 27.03.2020 Fra stasjon: ALNABR



Type	Nummer	Innsett stasjon	Utsett stasjon	Trekraft	
Forspannlok.	EI14	142168	ALNABRU	TRONDHEIM	100

Løpenr.	ML	Vognummer	S	Sendest.	Bestst.	Brutto	Brems	Kloss	Aksler	P/G/A	Sth	Merknad	Utsettst.
1	ML	337649551062	L	ALNABRU	BODØ	85	85		6	P	100		TRONDHEIM
2	ML	337649550676	L	ALNABRU	BODØ	75	75		6	P	100		TRONDHEIM
3	ML	337649550106	L	ALNABRU	TRONDHEIM	59	59		6	P	100		TRONDHEIM
4	ML	337649550197	L	ALNABRU	TRONDHEIM	91	91		6	P	100		TRONDHEIM
5	ML	427644323524	L	ALNABRU	TRONDHEIM	27	27		2	P	100		TRONDHEIM
6	ML	427644320785	L	ALNABRU	TRONDHEIM	31	30		2	P	100		TRONDHEIM
7	ML	337649550965	L	ALNABRU	TRONDHEIM	93	93		6	P	100		TRONDHEIM
8	ML	427644320488	L	ALNABRU	TRONDHEIM	30	30		2	P	100		TRONDHEIM
9		427644320868	L	ALNABRU	TRONDHEIM	33	30		2	P	100		TRONDHEIM
10	ML	427644321585	L	ALNABRU	TRONDHEIM	23	23		2	P	100		TRONDHEIM
11	ML	427644323896	L	ALNABRU	TRONDHEIM	16	16		2	P	100		TRONDHEIM
12	ML	427644324100	T	ALNABRU	TRONDHEIM	12	12		2	P	100		TRONDHEIM
13	ML	427644322518	T	ALNABRU	TRONDHEIM	12	12		2	P	100		TRONDHEIM
14	ML	337649550759	T	ALNABRU	TRONDHEIM	35	35		6	P	100		TRONDHEIM
15	ML	337649554165	L	ALNABRU	FAUSKE	91	91		6	P	100		TRONDHEIM
16	ML	337649551096	L	ALNABRU	FAUSKE	72	72		6	P	100		TRONDHEIM

Figur 116: Vognopptaket for tog 5731 den 27.mars 2020. Kilde: CargoNet AS



# VEDLEGG H – ECM SERTIFIKATER FOR CARGONET OG MANTENA

Entity in charge of maintenance certificate	
Confirming acceptance of the maintenance system of an entity in charge of maintenance (ECM) within the European Union in conformity with Directive 20014/49/EC and Regulation (EU) No 445/2011	
<b>1 CERTIFIED ENTITY IN CHARGE OF MAINTENANCE</b>	
Legal title:	CargoNet AS
Commercial designation or acronym	-
Business registration number:	983 606 598
Postal Address:	Schweigaards gate 23, Oslo
<b>2 CERTIFICATION BODY</b>	
Registrerat firmanamn:	AAA Certification AB
Commercial designation or acronym	A3CERT
Postal Address	Göteborgsvägen 16 H, 441 35 Alingsås
Referensnummer	SE/30/0115/0003
<b>3 CERTIFICATE INFORMATION</b>	
This is a <input checked="" type="checkbox"/> new certificate <input type="checkbox"/> renewed certificate <input type="checkbox"/> updated/amended certificate	ECM Identification Number of the previous certificate: -
Valid from: 2015-10-26	Valid until: 2020-10-26
Type of company:	
<b>4 SCOPE OF ACTIVITIES</b>	
Covers tank wagons for dangerous goods	YES <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Covers other wagons specialised in transport of dangerous goods	YES <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
<b>5 ADDITIONAL INFORMATION</b>	
--	
Date issued	2015-10-26
Internal reference number:	1288
Reference number:	SE/31/0115/0003
SIGNATURE	 Evert Larsson VD
	

Figur 117: ECM sertifikat CargoNet AS





Railway Conformity Across Europe

**CERTIFICATE of MAINTENANCE FUNCTIONS**  
 confirming acceptance of the maintenance system within the European Union and the Signatory States in conformity with the  
**COMMISSION REGULATION (EU) Nr. 445/2011**  
 of 10<sup>th</sup> May 2011

OTIF/EU IDENTIFICATION NUMBER

CH/32/0219/7264

**1. CERTIFIED ORGANISATION**

Legal domination:	Mantena AS, Division "Maintenance" Kari Johans gate 2 0154 Oslo, Norway	Acronym: ---
National registration number:	984 040 849	VAT No: NO 984 040 849

**2. CERTIFICATION BODY**

Organisation:	SCONRAIL Ltd, Zuercherstrasse 41, 8400 Winterthur
Country:	Switzerland

**3. CERTIFICATE INFORMATION**

This is a	<input type="checkbox"/> new certificate <input checked="" type="checkbox"/> renewed certificate <input type="checkbox"/> updated/amended certificate	EU identification Number of previous certificates CH/32/0217/9143
Valid from:	01.02.2019 to 31.01.2024	
Type of company: (keeper, maintenance supplier, railway undertaking, infrastructure manager, etc.)	Maintenance supplier	
The activities cover	<input type="checkbox"/> tank wagon for dangerous goods <input checked="" type="checkbox"/> wagons specialised in transport of dangerous goods	

**4. SCOPE OF MAINTENANCE ACTIVITIES**


	Yes	partly	No
Maintenance development	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Fleet maintenance management	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Maintenance delivery	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>


**5. ADDITIONAL INFORMATION**

Basis is the SCONRAIL audit report No. ECM-3200 / Scope of inspection see page 2

Issue date	01.02.2019
Internal reference number	ECM-7264
Signature:	 H. Germroth

Page 1 of 2





Railway Conformity Across Europe

**CERTIFICATE of MAINTENANCE FUNCTIONS**  
 confirming acceptance of the maintenance system within the European Union and the Signatory States in conformity with the  
**COMMISSION REGULATION (EU) Nr. 445/2011**  
 of 10<sup>th</sup> May 2011

OTIF/EU IDENTIFICATION NUMBER

CH/32/0219/7264

**5a. SCOPE OF INSPECTION**

**Certificates and Releases**

- NDT competences in accordance with IS 9712 (only workshop Grorud)
- Welding in accordance with EN 15085-2 (only workshop Grorud)
- ISO 9001, 14001

**Scope of maintenance**

**Workshop Grorud (Wagon), Ellert Smiths vei 1, 0975 Oslo, Norway**

- Yearly maintenance of wagons
- 6 to 12 year overhaul
- Replacing of components, brakes, wheel sets, buffer and draw gear
- Smaller modifications
- Rebuilding of load interface

**Workshop Kongsvinger, Jernbaneplassen 11, 2211 Kongsvinger, Norway**

- Two yearly maintenance of wagons
- 6-year overhaul
- Replacing of components, brakes, wheel sets, buffer and draw gear
- Smaller modifications
- Rebuilding of load interface

**Workshop Brattara, Havnsagaia 4, 7010 Trondheim, Norway**

- Yearly maintenance of wagons
- 6 to 12 year overhaul
- Replacing of components, brakes, wheel sets, buffer and draw gear
- Smaller modifications
- Rebuilding of load interface

**Workshop Narvik, Silsandmoen 6, 8514 Narvik, Norway**


- Inspection
- Replacing of components, brakes, wheel sets, buffer and draw gear


**Workshop Alnabru, Alf Bierckes Vei 19, 0582 Oslo, Norway**

- Yearly maintenance of wagons
- 6 to 12 year overhaul
- Replacing of components, brakes, wheel sets, buffer and draw gear
- Smaller modifications
- Rebuilding of load interface

Page 2 of 2

Figur 118: ECM sertifikat for vedlikeholdsutførelse, Mantena AS





Railway Conformity Across Europe

**CERTIFICATE of MAINTENANCE FUNCTIONS**  
 confirming acceptance of the maintenance system within the European Union and the Signatory States in conformity with the  
**COMMISSION REGULATION (EU) Nr. 445/2011**  
 of 10<sup>th</sup> May 2011

OTIF/EU IDENTIFICATION NUMBER

CH/32/0220/7269

**1. CERTIFIED ORGANISATION**

Legal domination:	Mantena AS, Division "Industry" Jernbanetorget 1 0154 Oslo, Norway	Acronym: ---
National registration number:	984 040 849	VAT No: NO 984 040 849

**2. CERTIFICATION BODY**

Organisation:	SCONRAIL Ltd, Zuercherstrasse 41, 8400 Winterthur
Country:	Switzerland

**3. CERTIFICATE INFORMATION**

This is a	<input type="checkbox"/> new certificate <input type="checkbox"/> renewed certificate <input checked="" type="checkbox"/> updated/amended certificate	EU identification Number of previous certificates CH/32/0219/7269
Valid from:	28.01.2020 to 31.01.2024	
Type of company: (keeper, maintenance supplier, railway undertaking, infrastructure manager, etc.)	Maintenance supplier	
The activities cover	<input type="checkbox"/> tank wagon for dangerous goods <input type="checkbox"/> wagons specialised in transport of dangerous goods	

**4. SCOPE OF MAINTENANCE ACTIVITIES**

	Yes	partly	No
Maintenance development	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Fleet maintenance management	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Maintenance delivery	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**5. ADDITIONAL INFORMATION**

Basis is the SCONRAIL audit report No. ECM-3504 / Scope of inspection see page 2

Issue date	28.01.2020
Internal reference number	ECM-7269-1
Signature:	 S. Dornfeld

Page 1 of 2





Railway Conformity Across Europe

**CERTIFICATE of MAINTENANCE FUNCTIONS**  
 confirming acceptance of the maintenance system within the European Union and the Signatory States in conformity with the  
**COMMISSION REGULATION (EU) Nr. 445/2011**  
 of 10<sup>th</sup> May 2011

OTIF/EU IDENTIFICATION NUMBER

CH/32/0220/7269

**5a. SCOPE OF INSPECTION**

**Certificates and Releases**

- NDT competences in accordance with IS 9712 (only workshop Grorud and Hamar)
- Welding in accordance with EN 15085-2 (only workshop Grorud and Hamar)
- ISO 9001, 14001

**Scope of maintenance**

**Workshop Grorud (Components), Ellert Smiths vei 1, 0975 Oslo, Norway**

- Inspection and revision of pneumatical and mechanical brake system components according to manufacturer's specifications
- Inspection and revision of wheelsets
- Inspection and revision of draw gears
- Repair of bogie frames

**Workshop Hamar, Stangeveien 101, 2321 Hamar, Norway**

- Maintenance of wagons according to customer's specifications
- Overhaul and repair
- Replacing of components, brakes, wheel sets, buffer and draw gear
- Smaller modifications
- Rebuilding of load interfaces
- Repair of bogie frames / wagon frames

Page 2 of 2

Figur 119: ECM sertifikat for vedlikeholdsutførelse, Mantena AS



# VEDLEGG I – BEARING DAMAGE AND FAILURE ANALYSIS: ELECTRICAL EROSION

Informasjonen under er hentet i sin helhet fra «*Bearing damage and failure analysis*» fra SKF<sup>44</sup>

Failure modes

## Electrical erosion

Excessive current erosion

5.4 Electrical erosion

5.4.2 Excessive current erosion

5.4.3 Current leakage erosion

- progressive removal of material
- high current: sparking
- localized heating at extremely short intervals: melting/welding
- craters up to 0,5 mm

Fig. 28

**Mechanism of excessive current erosion**

When an electric current (→ fig. 28) passes from one ring to the other via the rolling elements, damage will occur (a). At the contact surfaces, the process is similar to electric arc welding (high current density over a small contact surface, b). The material is heated to temperatures ranging from tempering to melting levels. This leads to the appearance of discoloured areas, varying in size, where the material has been tempered, rehardened or melted. Craters also form where the material has melted and consequently broken away due to the rotation of

the rolling element (c). The excess material on the rolling element wears away (d). Appearance: Craters in raceways and rolling elements. Sometimes zigzag burns can be seen in ball bearing raceways. Local burns are visible on the raceways and rolling elements.

Fig. 29 shows an example of a spherical roller bearing subjected to an excessive electrical current. A number of rather large craters can be seen on the roller. A magnification clearly shows the craters with the molten material around their edges.

**Excessive current erosion on the roller of a spherical roller bearing**

Fig. 29

Craters of 0,5 mm in size

Magnification

**Excessive current erosion on the outer ring raceway and ball of a deep groove ball bearing**

Fig. 30

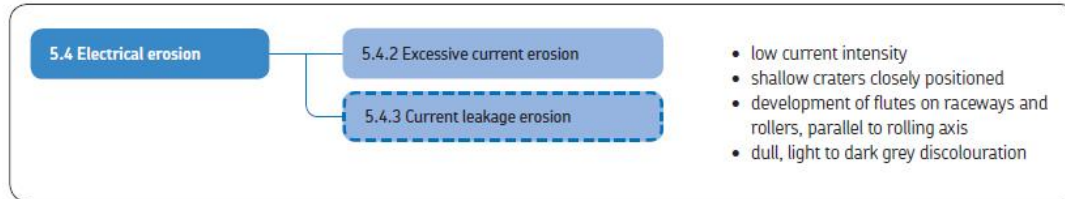
**SKF**

55

<sup>44</sup> [https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d1968064c148-Bearing-failures---14219\\_2-EN\\_tcm\\_12-297619.pdf](https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d1968064c148-Bearing-failures---14219_2-EN_tcm_12-297619.pdf)

4 ISO failure modes classification

Current leakage erosion

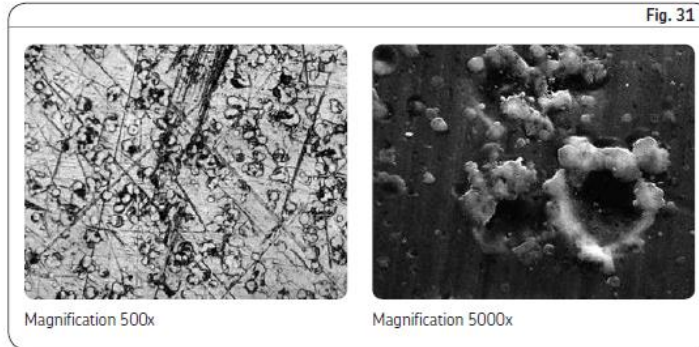


In the initial stage of current leakage erosion damage, the surface is typically damaged by shallow craters that are closely positioned to one another and smaller in diameter compared to the damage from excessive current. This happens even if the intensity of the current is comparatively low. The craters are shown in **fig. 31** at 500x magnification and 5000x magnification.

A washboard pattern may develop from craters over time. The pattern appears on the raceways (→ **figs. 32** and **34**). For roller bearings, the washboard pattern also appears on the rollers (→ **fig. 34**). In ball bearings, the balls typically become discoloured (dull, light to dark grey) over their entire surface.

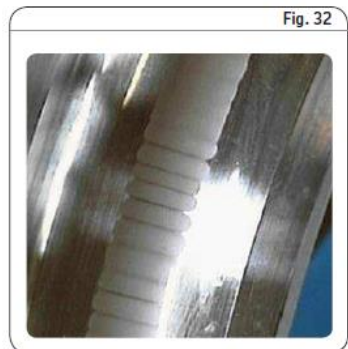
The extent of the damage depends on a number of factors: current intensity, duration, bearing load, speed and lubricant.

A cross section of a bearing is shown in **fig. 33** at 500x magnification. The white area shows that the metal has been rehardened, typically 66 to 68 HRC. This material is very hard and brittle. Below the rehardened area is a black layer, annealed by the heat, which is softer (56 to 57 HRC) than the surrounding bearing material.

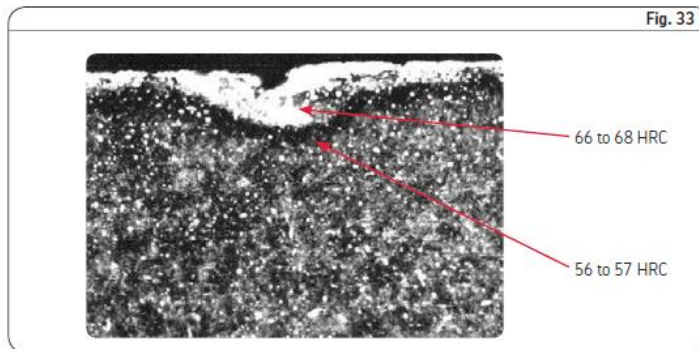


Craters from current leakage erosion

Washboarding caused by current leakage erosion



Changes in material hardness resulting from current leakage



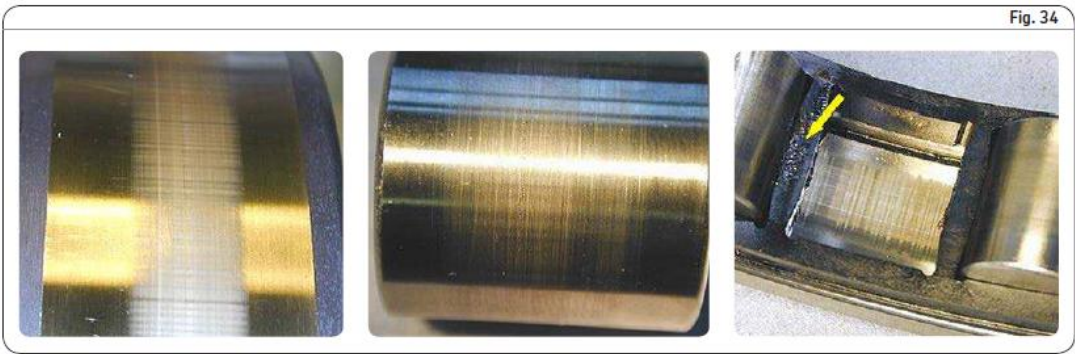
Failure modes

**Fig. 34** shows damage to a cylindrical roller bearing due to current leakage. Washboarding is developing on the raceways and rollers. Notice the grease on the cage pockets. At the start of this failure mode, the grease is gradually carbonized and loses its ability to form a lubricant film. This eventually leads to surface initiated fatigue, spalling and even sudden seizure.

4

*Washboarding on inner and outer rings and roller raceways*

Fig. 34





## VEDLEGG J – FOLATS LABORATORIEUNDERSØKELSER AV INNERRING TILHØRENDE INDRE AKSELLAGER FRA BERGSENG

Bruddflaten som kunne observeres på aksellagerets innerring tilhørende det indre aksellageret fra havariet ved Bergseng ble sendt til laboratorieundersøkelser hos Forsvaret Laboratorietjeneste Kjemi og Material (FOLAT). Rapporten fra denne undersøkelsen er gjengitt i sin helhet.

### *Forsvarets Laboratorietjeneste Kjemi og Material*

*Øyvind Frigaard, Dr.ing.  
Sjefingeniør*

E-post: [ofrigaard@mil.no](mailto:ofrigaard@mil.no)  
Mobil: +47 90957729

Pb.10  
N-2027 Kjeller  
NORWAY

Oppsummering av undersøkelser utført på del av indre lager mottatt ved befarings Mantena, 2/9-20.



Oversiktsbilde av undersøkt del av indre lager.

## Oversiktsbilder av bruddflater.



M-20-034

Bilde av bruddflate *a* slide 3 i digitalmikroskop.



M-20-034

4



Bilde av bruddflate a slide 3 i digitalmikroskop.

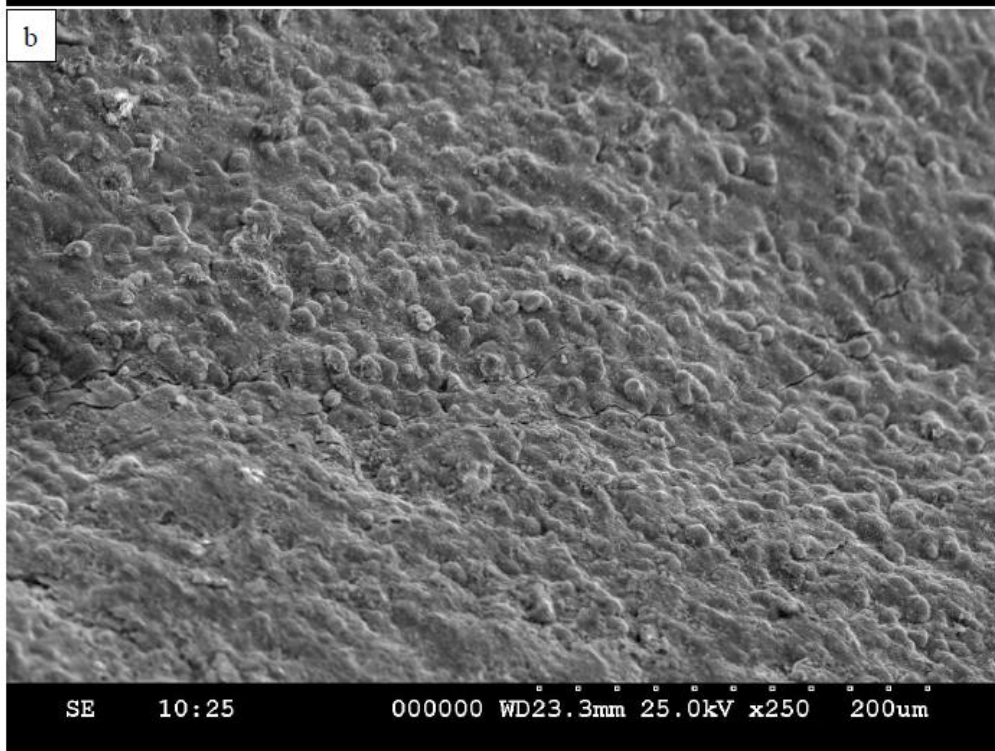
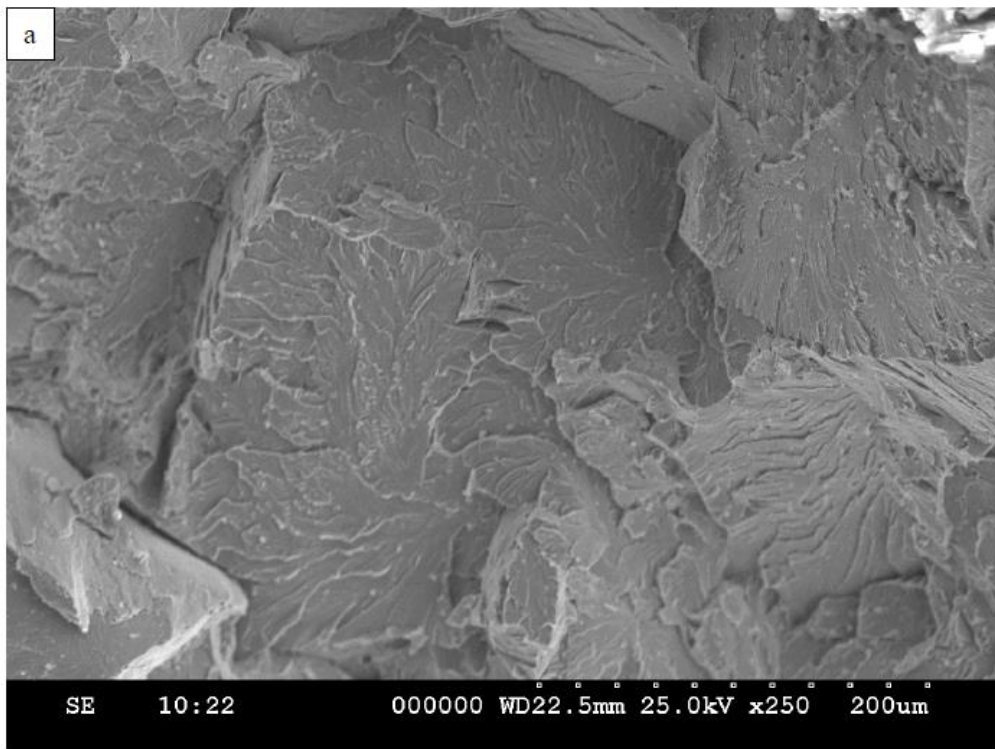


M-20-034

5

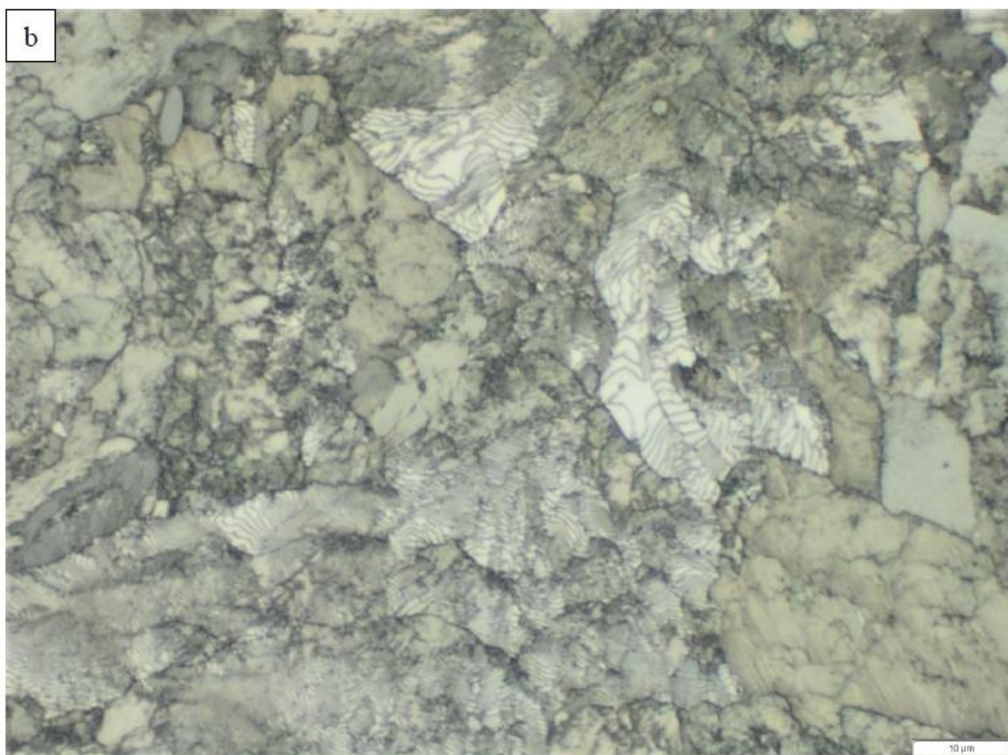
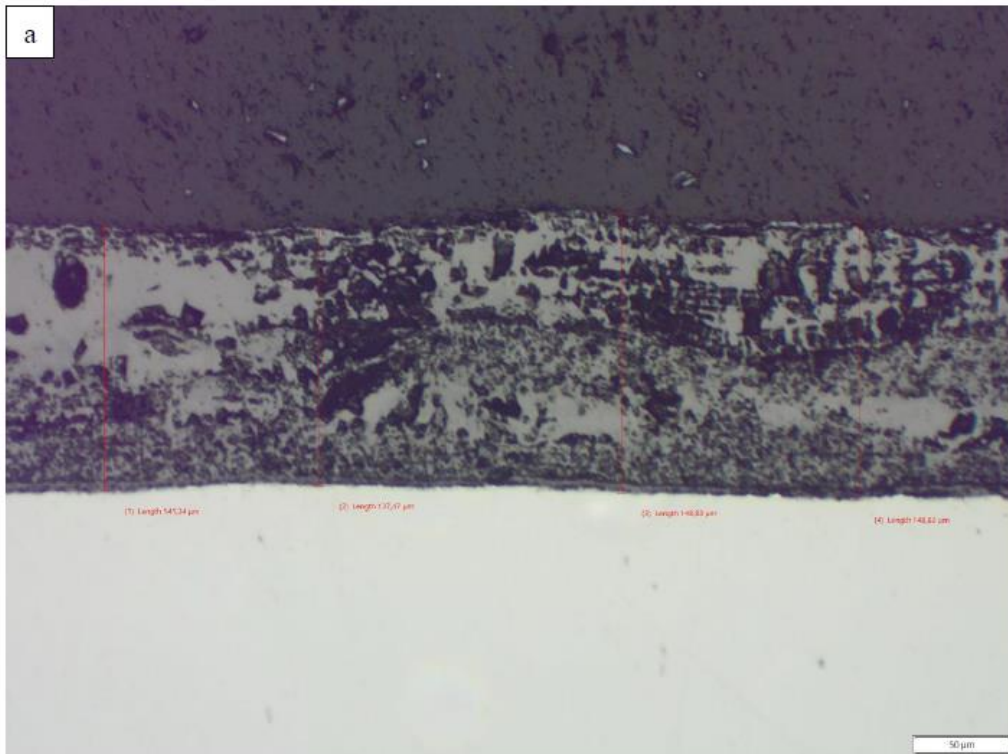


### Fraktografibilder i SEM av bruddflate $\alpha$ slide 3 i digitalmikroskop.



M-20-034

Bilde av tverrslip gjennom bruddflate *a* slide 3 i lysmikroskop.



M-20-034

### Oppsummering:

1. Bilder av bruddflaten vist på s.1 og 2 viser lite synlig deformasjon i tilknytning til bruddskaden.
2. Bilder i digitalmikroskop antyder plane bruddflater, men bilder ved høyere forstørrelse påviser glødeskall (s.5).
3. Fraktografi av bruddflaten viser kløvningsbrudd i restbruddet og ingen spor av opprinnelig bruddflate i område med glødeskall.
4. Metallografi av tverrslip gjennom brudd påviser et glødeskall med tykkelse på ca 140um. Mikrostrukturen består av herdestruktur iblandet ferritt/perlitt.

### Kommentar:

Bruddflaten er plan med betydelig glødeskall som viser at bruddskaden har oppstått tidlig i skadeforløpet.

Mikrostrukturen antyder temperaturer opp mot austenitt temperatur, dvs. 730-1100°C.

Utmatting kan ikke bekreftes men heller ikke utelukkes.

Det vil være hensiktsmessig å avklare om det er observert begynnende utmattingsskader på indre lager i forbindelse med vedlikehold.

## VEDLEGG K – FOLATS LABORATORIEUNDERSØKELSER AV ET UTVALG INNERRINGER

SHK valgte å sende et tilfeldig utvalg innerringer som var klarert til å brukes på nytt til laboratorieundersøkelser hos Forsvarets Laboratorietjeneste, Kjemi og Material (FOLAT). Hensikten var å undersøke om innerringen hadde spor etter skader som ikke lot seg avdekke i visuell inspeksjon, eller var vurdert til å ligge innenfor akseptabel slitasjegrense. Rapporten er gjengitt i sin helhet.

### *Forsvarets Laboratorietjeneste Kjemi og Material*

*Øyvind Frigaard, Dr.ing.  
Sjefingeniør*

E-post: [ofrigaard@mil.no](mailto:ofrigaard@mil.no)  
Mobil: +47 90957729

Pb.10  
N-2027 Kjeller  
NORWAY

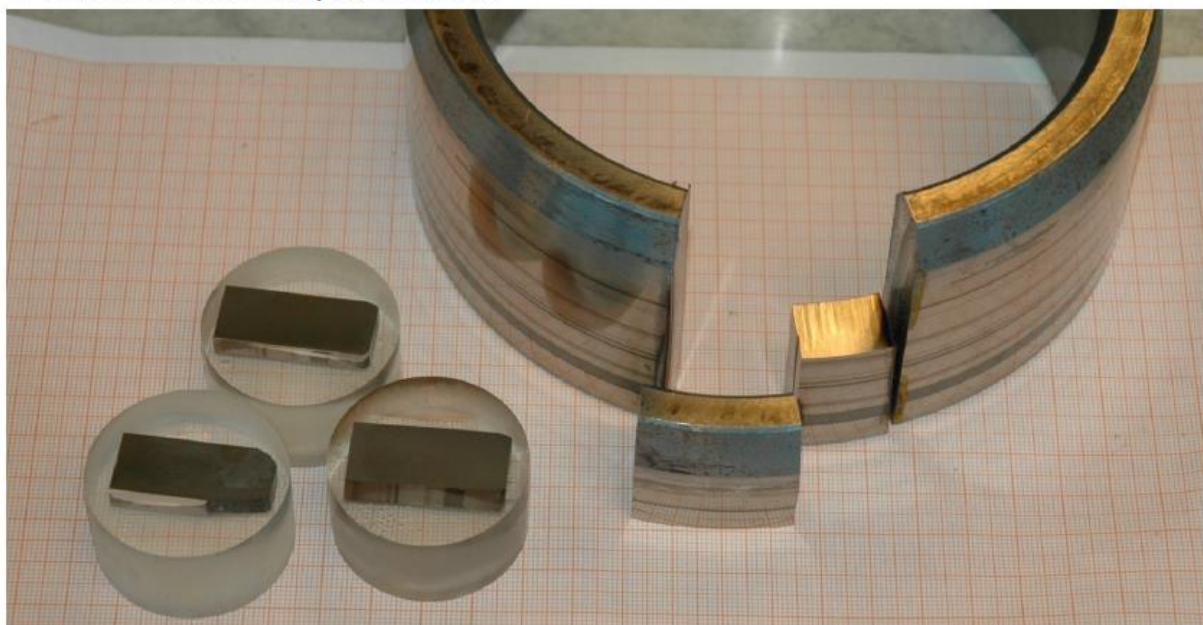


Oversiktsbilder av lagre mottatt fra SHK etter befarings hos Mantena.



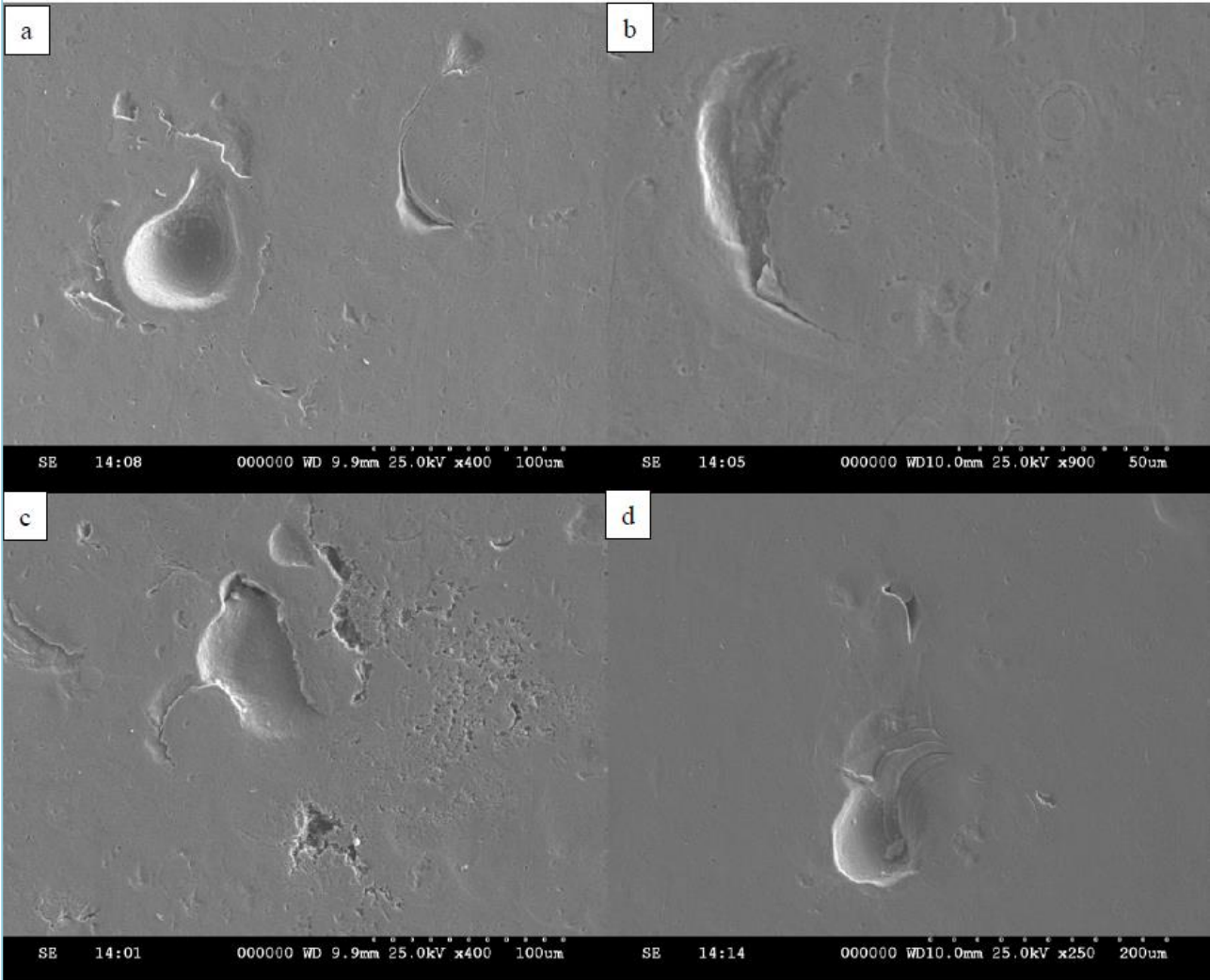
Det midtre lagret i bildet ble valgt til videre undersøkelser.

Oversiktsbilde av prøveuttak

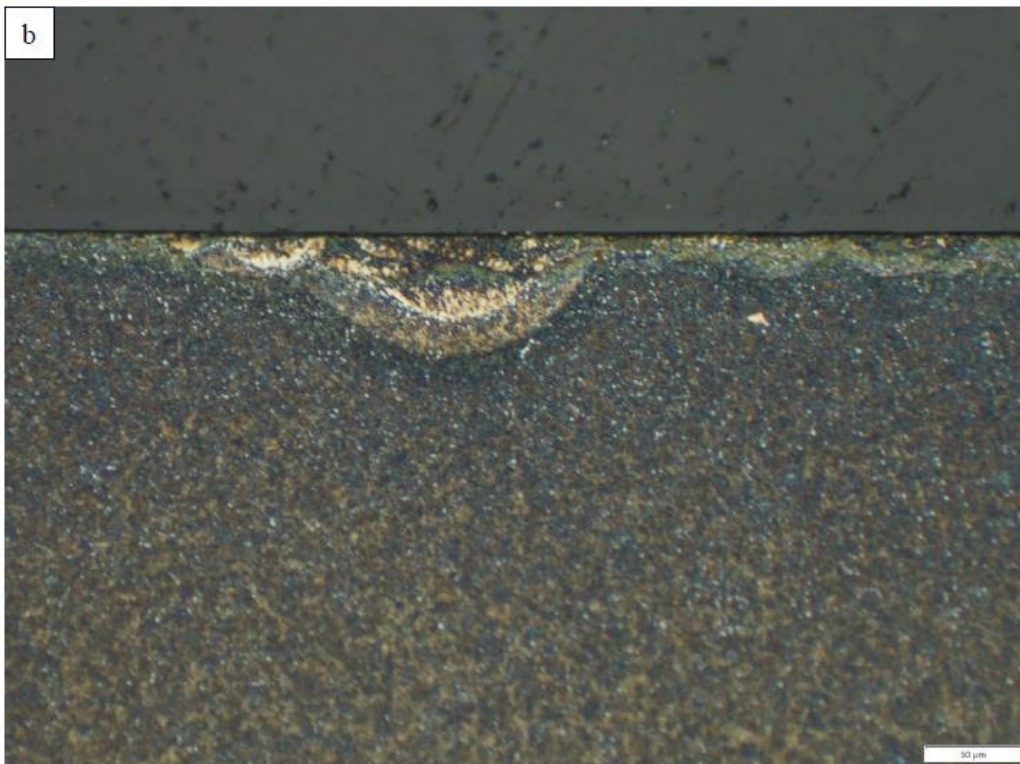




### Bilder av overflate til lagerbane i SEM.

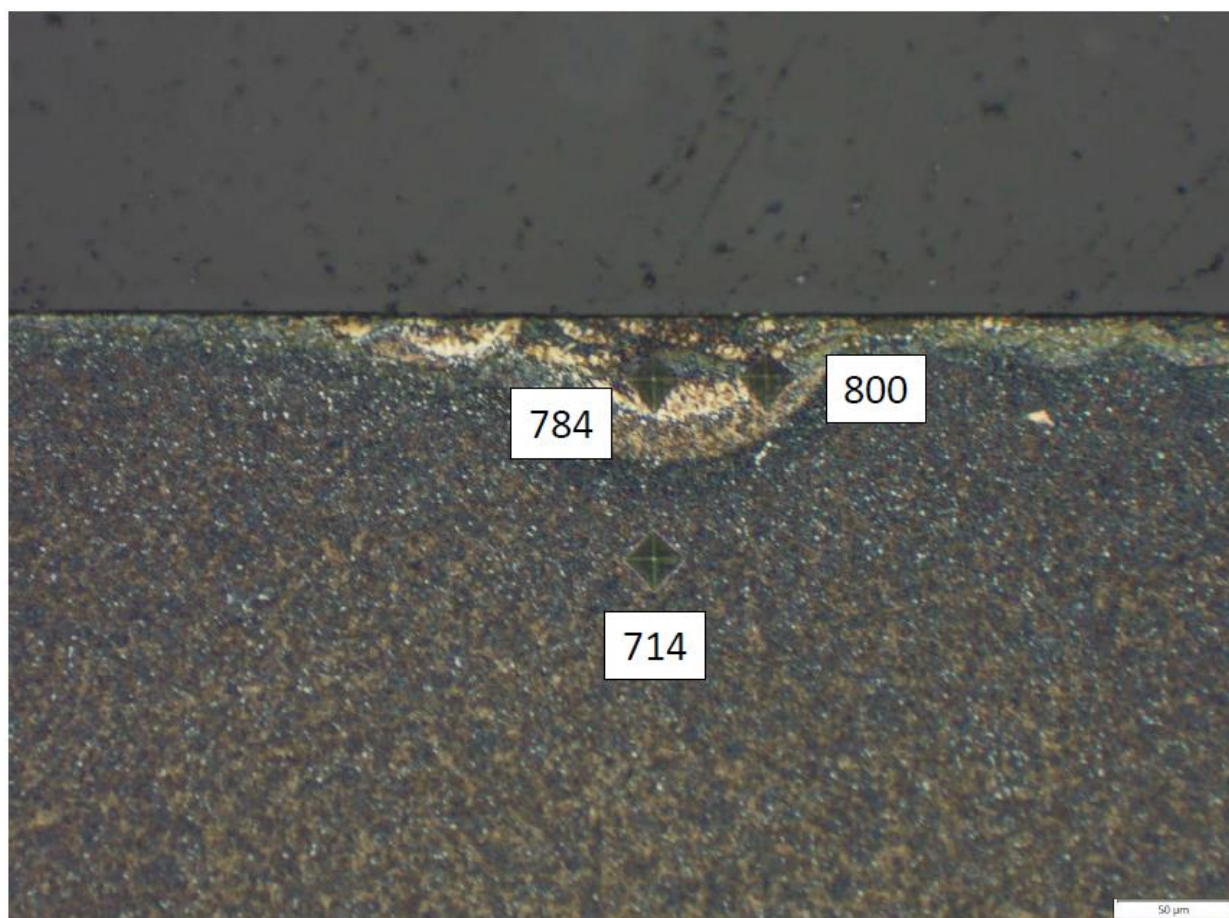


### Metallografisk tverrslip gjennom lagerbane etset i Nital 5%.



M-20-034

Mikrohardhetsmåling viser høyere hardhet i varmepåvirket sone.  
Verdier i HV<sub>0,3</sub>





## Oppsummering:

1. Overflaten til lagerbanen viser sirkulære overflateuregelmessigheter som kan knyttes til begynnende kontaktutmatting.
2. Tverrslip viser at lagerbanen er varmepåvirket, mest sannsynlig som følge av strømgjennomgang.
3. Det virker å være en sammenheng mellom misfarging/skader på lagerbaner og ruller som kan knyttes til strømgjennomgang.