


RAPPORT

JB 2017/03



RAPPORT OM AVSPORING NORD FOR BØN STASJON PÅ HOVEDBANEN 31. MAI 2016

 English summary included

Statens havarikommisjon for transport (SHT) 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.

ISSN 1894-5848 (trykt utg.)
ISSN 1894-5910 (online)

Statens havarikommisjon for transports virksomhet er hjemlet i lov 3. juni 2005 nr. 34 om varsling, rapportering og undersøkelse av jernbaneulykker og jernbanehendelser m.m. § 3 jf. forskrift 31. mars 2006 nr. 378 om offentlige undersøkelser av jernbaneulykker og alvorlige jernbanehendelser m.m. § 2

INNHOLDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG.....	3
ENGLISH SUMMARY	4
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER	5
1.1 Melding om ulykken	5
1.2 Undersøkelsen og organisering	5
1.3 Hendelsesdata	5
1.4 Hendelsessted.....	5
1.5 Hendelsesforløp	7
1.6 Personskader	8
1.7 Skader på involvert materiell	8
1.8 Skadebeskrivelse av infrastruktur og kjørevei	9
1.9 Andre skader	10
1.10 Været.....	10
2. GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER.....	11
2.1 Avgrensninger for undersøkelsen	11
2.2 Involverte aktører.....	11
2.3 Personellinformasjon	11
2.4 Materiellundersøkelser.....	12
2.5 Undersøkelser av infrastruktur.....	14
2.6 Sikkerhetsstyring.....	23
2.7 Lovverk	27
2.8 Liknende ulykker	27
3. ANALYSE.....	30
3.1 Innledning	30
3.2 Hendelse- og konsekvensanalyse.....	30
3.3 Manglende kontroll med trykkspenninger i skinner	31
3.4 Utilstrekkelig oppfølging av sporfeil	32
3.5 Sårbarheter i risikovurdering i grensesnitt prosjekt og drift	34
4. KONKLUSJON	36
5. GJENNOMFØRTE TILTAK	38
6. SIKKERHETSTILRÅDINGER	39
7. REFERANSER	40
8. VEDLEGG.....	41

SAMMENDRAG

Den 31. mai var første varme dagen i 2016, noe som bidro til at Green Cargo AB sitt godstog 5242 sporet av i en solslung rett nord for Bøn stasjon på Hovedbanen. De fire bakerste vognene sporet helt eller delvis av, og både materiell og infrastruktur ble påført store skader. Strekningen ble stengt for reparasjon i totalt fire uker.

På avsporingstedet hadde Bane NOR SF året før lagt en kabelkanal for veisikringsanlegget på Bøn stasjon, inntil ballastskulderen. Dette arbeidet kan ha bidratt til å svekke sidestøtten i kurven der solslungen oppstod. Samtidig med føringsveiprojektet ble det utført vegetasjonsrydding langs strekningen, noe som medførte økt solinnstråling og dermed kan ha gitt økte trykkspenninger i det helsveisede sporet. I tilknytningen til solslungen var det også en sporfeil som hadde utviklet seg over tid. Sporfeilen hadde blitt registrert av de fire siste målevognskjøringene på strekningen (utført i perioden mai 2015 til april 2016), og tendensen var allerede tilstede før arbeidet med føringsveiene startet. I august 2015, samtidig med arbeidet med kabelkanal og rørgjennomføringer, ble det meldt om setninger i sporet på strekningen.

I risikovurderingen prosjektet utførte i forkant var det kun identifisert én fare knyttet til avsporing. Stedlige forhold knyttet til infrastrukturens alder, banens kurvatur, mangel på VUL (varig utfesting av linjen), økt solinnstråling som følge av vegetasjonsfjerning, eller svekkelse av sidestabilitet på grunn av pæling av kabelkanalen, ble ikke vurdert.

Et gjennomgående trekk når man ser på solslungproblematikk er at det ofte har vært utført en form for arbeid i sporet i forkant av hendelsen. Det er grunn til å anta at Bane NOR SF sitt vedlikeholdsarbeid i 2015 var en medvirkende faktor til at solslungen oppstod, men det var også andre forhold som sporfeil og endrede omgivelser som bidro. Havarikommisjonen mener at arbeidet med å vurdere hvor kritisk en sporfeil er må ses i sammenheng med banens tilstand for øvrig, og hvorvidt forhold har endret seg i den senere tid. Dette inkluderer påvirkninger fra arbeid både i og nær sporet, slik som man har sett i denne avsporingen. I dette arbeidet vil Havarikommisjonen fremheve at samarbeid og involvering i risikovurderinger er svært viktig.

Havarikommisjonen mener at de viktigste medvirkende faktorene til avsporingen var:

- Bane NOR hadde ikke tilstrekkelig kontroll med trykkspenningene i skinnegangen.
- Bane NOR hadde ikke korrigert sporfeil i tide.
- Det totale risikobildet for strekningen var ikke tilstrekkelig kjent og håndtert i forbindelse med arbeider høsten før.

Statens havarikommisjon for transport fremmer to sikkerhetstilrådinger til Bane NOR SF etter denne ulykken. Den ene retter seg mot kontrollmekanismene som skal sikre at sporkorrigerende blir utført og dokumentert. I den andre sikkerhetstilrådingen ønsker Havarikommisjonen at Bane NOR SF styrker prosessen for felles risikoforståelse i grensesnittet mellom prosjektbasert arbeid og daglig drift.

ENGLISH SUMMARY

31 May was the first hot day in 2016, which contributed to Green Cargo AB's freight train 5242 derailling due to buckling of the track just north of Bøn station on the Hovedbanen line. The four rearmost wagons were completely or partly derailed, and the damage to both rolling stock and infrastructure was extensive. The section was closed for repairs for a total of four weeks.

The year before, Bane NOR SF had installed a cable duct at the derailment site for the level crossing protection system at Bøn station, next to the ballast shoulder. This may have contributed to weakening the lateral support in the curve where the buckling occurred. At the same time as the cabling project was carried out, vegetation was removed along the section, which led to increased sun exposure and may thereby have caused increased compressive forces on the continuously welded track. In connection with the buckling, there was also a track fault that had developed over time. The track fault had been registered in the last four measurements by the line measurement and inspection vehicle on the section (carried out during the period between May 2015 and April 2016), and the tendency was already present before the cable duct work started. In August 2015, at the same time as work was carried out, some track irregularities on the section were reported.

The risk assessment that the project carried out before the work started only identified one risk relating to derailment. Local conditions relating to the age of the infrastructure, the curvature of the track, lack of geodetic control marks (VUL), increased sun exposure as a result of vegetation having been cleared, and weakening of lateral stability due to piling of the cable duct, were not assessed.

It is a common feature of buckling incidents that some form of work has often been carried out on the track before the incident. There is reason to assume that the maintenance work carried out by Bane NOR SF in 2015 contributed to the buckling, but other circumstances, such as a track fault and changes in the surroundings, also played a role. In the Accident Investigation Board Norway's (AIBN) view, work on assessing how critical a track fault is must be seen in conjunction with the general condition of the track and whether the conditions have changed recently. This includes consequences of work on and near the track, which was the case in this derailment incident. In this work, the AIBN emphasises that cooperation and involvement in risk assessments is very important.

The AIBN believes that the most important contributory causes to the derailment were as follows:

- Bane NOR did not have sufficient control of the compressive stresses on the tracks.
- Bane NOR had not corrected the track fault in time.
- The overall risk situation for the section was not sufficiently known and addressed in connection with the work carried out the previous autumn.

The AIBN submits two safety recommendations to Bane NOR SF as a result of this accident. One concerns the control mechanisms that are intended to ensure that track corrections are carried out and documented. In the other safety recommendation, the AIBN recommends that Bane NOR SF strengthen its process for ensuring a shared risk understanding at the interface between project-based work and day-to-day operations.

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

1.1 Melding om ulykken

Statens havarikommisjon for transport (SHT) ble varslet den 31. mai 2016 kl. 1500 av Jernbaneverket om at et tog fra Green Cargo AB hadde sporet av ved Bøn stasjon. Deler av Jernbaneverket endret navn den 1. januar 2017 til Bane NOR SF (heretter kalt Bane NOR), men SHT har valgt å bruke det nye navnet i denne rapporten.

SHT mottok ikke varsel fra Green Cargo AB. Tre havariinspektører reiste til ulykkesstedet og innledet undersøkelser kl. 1700. Informasjon om at SHT hadde igangsatt undersøkelse ble meddelt involverte parter den 6. juni, og European Union Agency for Railways (ERA) ble informert 10. juni 2016.

1.2 Undersøkelsen og organisering

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 for transport.

1.3 Hendelsesdata

Tabell 1: Om hendelsen

Avsporing nord for Bøn stasjon 31. mai 2016	
Hendelsestidspunkt:	31. mai 2016 ca. kl. 1427
Hendelsessted:	Km 64,7 - nord for Bøn stasjon på Hovedbanen
Tognummer:	5242
Togtype:	Godstog
Involvert aktør:	Green Cargo AB
Involvert materiell:	Traxx Re lokomotiv og 12 vogner
Togdata:	644,2 tonn og 423,53 meter
Besetning:	1

1.4 Hendelsessted

Hendelsesstedet er på en strekning av Hovedbanen som følger Andelva, en elv mellom Hurdalssjøen og Vormå i Eidsvoll kommune (figur 1). Hovedbanen ble åpnet i 1854 og er med det Norges eldste jernbanestrekning. Banen går mellom Oslo og Eidsvoll, og er 67,8 km lang. Banen er viktig for godsframføring, mens det meste av persontrafikken kun går mellom Dal og Oslo. Ved avvikssituasjoner eller vedlikeholdsarbeid avlaster imidlertid Hovedbanen deler av trafikken på Gardermobanen.

Strekningen hadde på hendelsestidspunktet DATC¹ og signalanlegg av typen NSI-63. Strekningen er enkeltsporet og elektrifisert. Mellom Dal og Eidsvoll finnes det flere bruer og kurver med liten radius (under 400 m). På avsporingssstedet er tillatt hastighet 90 km/t.

¹ DATC - delvis automatisk togkontroll.



Figur 1: Hovedbanen mellom Jessheim og Eidsvoll med hendelsessted markert. Kart: Bane NOR kartvisning

Banestrekningen ble ifølge Bane NOR sist oppgradert på 1990-tallet og har kvalitetsklasse K3. En oversikt fra Synergi viser at førere tidligere har rapportert om «slenger» i sporet og ujevne overganger til bruer på strekningen. På avspøringsstedet er det skinner av type S49 med Pandrol PR-clip befestigelse og NSB enhetssviller i betong.

Bane NOR opplyser at de ikke har noen historikk for solsløng i dette området tidligere. Forrige alvorlige hendelse i området var en avsporing mellom Bøn stasjon og blokksignalet ved km 64,5 for om lag 15 år siden, og det ble da lagt nye sviller og foretatt stikkbytte. Bane NOR opplyser videre at det ble lagt isolerte skjøter ved blokkposten for ca. 3 år siden, og det har forekommet «noen» skinnebrudd med 5 meters kapp.



Figur 2: Oversiktsfoto med start for avsporingmerker markert. Foto: Bilder ©2017 Google

1.5 Hendelsesforløp

Tog 5242 fra Green Cargo AB var på vei fra Åndalsnes til Alnabru da det sporet av nord for Bøn stasjon på Hovedbanen. I følge fører forløp turen normalt før avsporingen. Lokomotivet lå i bremsegruppe G på grunn av togets vekt på over 600 tonn. Etter passering av innkjørhovedsignal B Bøn (HS B(732), km 62,875) merket fører uregelmessige bevegelse i toget i fartsretningen, etterfulgt av et kraftig rykk. Fører anslo farten han holdt til ca. 80 km/t. Kontaktledningen begynte deretter å svaie, og fører senket lokomotivets strømvaktaker og bremset toget for å stanse. På dette tidspunktet tømmes hovedledningstrykket til 0 bar. Utkjørhovedsignal til Bøn falt så i stopp (HS N(733), km 62,616). Toget stanset på Bøn stasjon, og basert på mengden støv og røyk bak toget forstod fører hva som hadde skjedd. I ettertid mener fører å ha sett uregelmessigheter i sporet før Dønnum blokkpost (blokksignal HS B(738), km 64,506).

Togleder ble varslet kl. 1429, og fører gikk deretter bakover for å få overblikk over situasjonen. Lokomotivet ble rigget ned og de to fremste vognene ble sikret med fire bremsesko. Det ble satt på parkeringsbrems på lokomotivet og to vogner. Deretter ble transportleder for Green Cargo AB i Oslo varslet. De første opplysningene gikk ut på at toget hadde tre vogner med farlig gods, og togleder formidlet derfor dette til nødetatene. Fører varslet deretter til alarmtelefonen til Green Cargo AB i Sverige. Det viste seg etterhvert at det var snakk om tomme gasstanker og gassflasker. Da nødetatene og fagleder brann ankom, vurderte de det som at de tomme beholderne for farlig gods ikke utgjorde noen fare i form av lekkasje.



Figur 3: Avsporingsted. Foto: SHT

Da toget stanset hadde vogn 12 (bakerste vogn) mistet alle seks hjulganger, og både denne og vogn 11 hadde gått helt avsporet og gravd seg ned i pukken (se figur 6). Vogn 10 hadde sporet av med alle hjulganger, men var mindre skadet enn de to bakerste vognene. Vogn 9 hadde sporet av med fremre og bakre boggi, mens midtre boggi fortsatt var på sporet.

Ved km 64,7 kunne man observere en solsllyng. De bakre vognene gikk etter denne solsllyngen avsporet i ca. 2,57 km og ødela infrastruktur langs linja. Nes elvebru fikk store skader, og i tillegg knakk flere KL-master og en drivmaskin ble knust.

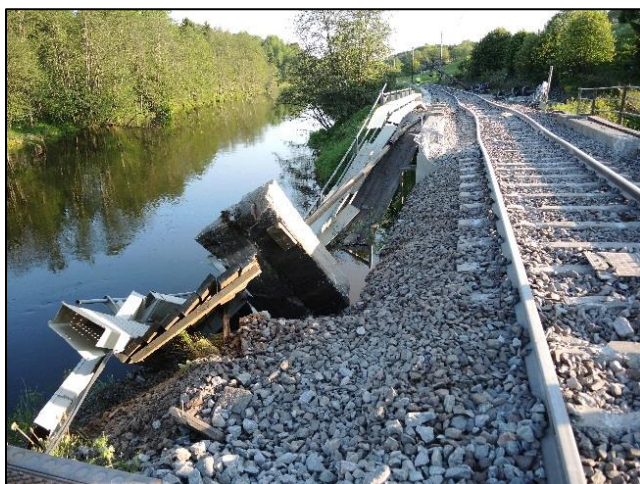
Siste tog som gikk før avsporingen var tog 5262 som passerte Bøn stasjon kl. 1040. Mellom tog 5242 og 5262 hadde Bane NOR passert strekningen med en lastetraktor. Ingen av disse varslet om uregelmessigheter i sporet.

1.6 Personskader

Det oppstod ingen personskader i forbindelse med avsporingen.

1.7 Skader på involvert materiell

Fire vogner var involvert i avsporingen. To fikk mindre skader og kunne etter reparasjon tas i bruk igjen. De to bakerste ble totalskadet, og spesielt gikk det ut over løpeverk, trykkluft- og bremseanlegg. Green Cargo har estimert kostnadene til ca. 866 389 NOK, i tillegg kom kostnadene for skrotning av de to totalskadede vognene.



Figur 4: Bro ved innkjør Bøn. Foto: SHT



Figur 5: Hjul løsnet fra vogn. Foto: SHT

Tabell 2: Vognrekkefølge og skader

Nr.	Individnr.	Type/Litra	
0	1431	RE	Lokomotiv
1	33 68 4954 500-7	SGGMRS	Fullastet, ADR fremre del, 1 container
2	33 68 4953 586-7	SGGMRS	Fullastet, fire containere
3	33 68 4955 389-4	SDGGMRS-L	Tom foran, ADR på bakre del
4	37 80 4954 009-9	SGGMRS	Fullastet, 2 containere
5	37 80 4952 475-4	SGGMRS	Fullastet, 2 containere
6	33 68 4954 714-4	SGGMRS	Kvart lastet, 1 container
7	33 68 4954 722-7	SGGMRS	Tom
8	31 80 4993 316-7	SDGGMRS-L	Uskadet. Fullastet, 2 containere
9	33 68 4953 811-9	SGGMRS	Delvis avsporet (fremre og bakre boggi), ADR 58 2014 4 stk tanker, fullt lastet. Reparerer.
10	33 68 4955 241-7	SDGGMRS-L	Avsporet, Container, halvt lastet. Reparerer.
11	33 68 4955 272-2	SDGGMRS-L	Totalskadet, tom
12	33 68 4953 588-3	SGGMRS	Totalskadet, tom

1.8 Skadebeskrivelse av infrastruktur og kjørevei

Som følge av avsporingen ble ca. 2 km spor mer eller mindre skadet. Mast til innkjørssignal B Bøn ble knekt, drivmaskinen til sporveksel 2 ble ødelagt. Flere KL-master ble knekt og Nes elvebru fikk omfattende skader. Reparasjonsarbeidet pågikk i fire uker, fra 1. til 29. juni 2016. De estimerte kostnadene for dette arbeidet var 19-20 000 000 NOK.



Figur 6: Nest bakerste vogn. Foto: SHT



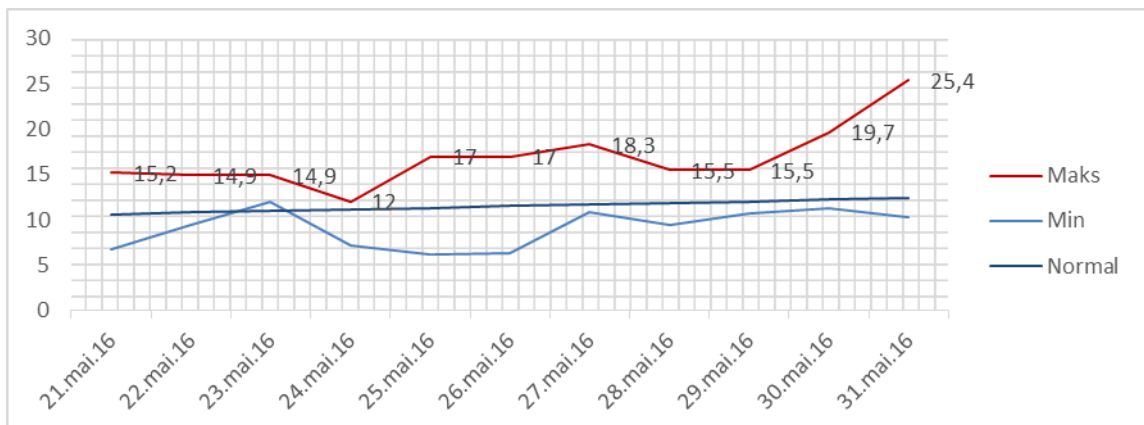
Figur 7: Skadet KL mast. Foto: SHT

1.9 Andre skader

Havarikommisjonen kjenner ikke til at det oppstod andre skader på last, reisegods eller annen eiendom i forbindelse med avsporingen.

1.10 Været

Den 31. mai 2016 var det sol og varmt vær på avsporingstedet. Nærmeste målestasjon til Bøn stasjon er Gardermoen, 11,5 km unna. Det ble der registrert årets, til da, høyeste lufttemperatur på 25,4 °C (se figur 8). Avsporingstedet ligger lunt til, og sporet har retning syd-vest med en bratt skjæring på høyre side og elva på venstre side (se figur 3).



Figur 8: Temperaturutvikling i °C ved nærmeste målestasjon i dagene før avsporingen. Kilde: Meteorologisk institutt

2. GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER

2.1 Avgrensninger for undersøkelsen

Sikkerhetsundersøkelsen har i stor grad fokusert på faktorer som er med å bidra til at solslyng kan oppstå.

2.2 Involverte aktører

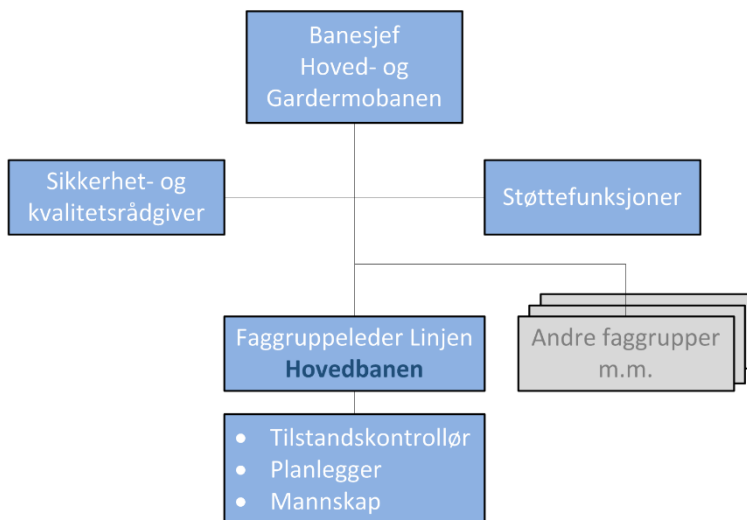
2.2.1 Green Cargo AB

Green Cargo AB (heretter kalt Green Cargo) er et svensk jernbaneforetak som driver godstransport i Europa, eid av den svenske staten gjennom Näringsdepartementet. Foretaket har ca. 2000 ansatte i Sverige, og en liten avdeling i Norge. Det opererer nærmere 400 lokomotiver og omlag 5000 vogner. Selskapet opererer på flere strekninger i Norge, og trafikkerer jevnlig Hovedbanen med godstog.

2.2.2 Bane NOR SF

Bane NOR har i Norge ansvaret for jernbaneinfrastrukturen med tilhørende anlegg og innretninger, drift av kjørevei og trafikkstyring. Bane NOR er direkte underlagt Samferdselsdepartementet. Bane NOR har et systemansvar for samfunnstrygghet og beredskap ved jernbanen i Norge. Bane NOR regulerer tilgangen til sporene gjennom sportilgangsavtaler med de enkelte jernbanevirksomhetene.

Strekningen fra Eidsvoll til Bøn stasjon på Hovedbanen hører inn under ansvarsområdet til Hoved- og Gardermobanen, i infrastrukturområde Oslokorridoren (figur 9). Trafikkstyring blir utført av togleder på trafikkstyringssentralen i Oslo som er underlagt Trafikksjef Øst.



Figur 9: Utsnitt av organisasjonen med ansvar for Hovedbanen hos Bane NOR. Illustrasjon: SHT

2.3 Personellinformasjon

Fører var på ulykkestidspunktet ansatt som lokfører i Green Cargo, men har arbeidet som fører i ulike selskaper i ca. 17 år og var godt kjent på strekningen. Fører avløste og kjørte tog 5242 fra Dombås mot Alnabru. Arbeidstiden i forkant var normal (se tabell 3).

Tabell 3: Oversikt over tjeneste i forkant

Dato:	27.5.2016	28.5.2016	29.5.2016	30.5.2016	31.5.2016
Fører	Ingen tjeneste	0900-1600	0900-1600	1440-2350	1004-1758

2.4 Materielle undersøkelser

2.4.1 Om toget

Toget besto av 12 vogner samt lokomotiv Re 1431, og det var både containerlastede vogner, tomvogner og semitrailere i toget. Togets lengde var 424 meter, og det hadde en brutto vekt på 644,2 tonn. I vognopptaket var det oppgitt at tre vogner fraktet farlig gods.

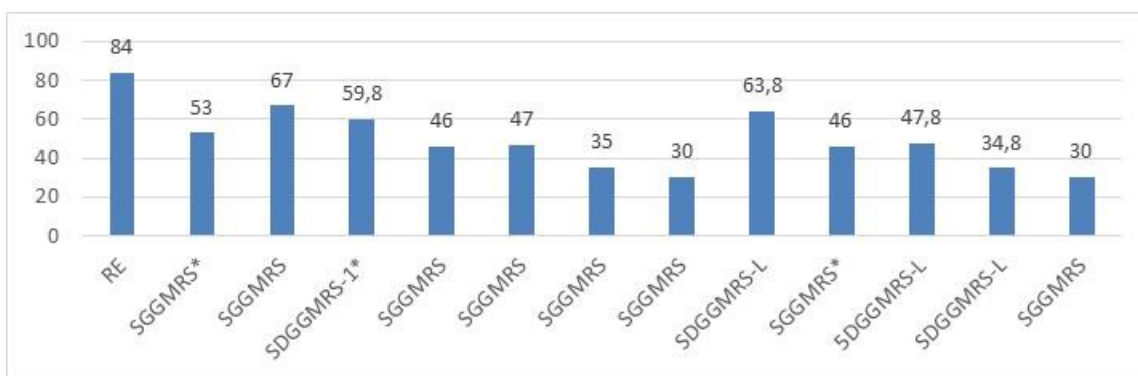


Figur 10: Re 1431. Foto: SHT



Figur 11: Spor fra sanding for hjul på lokomotiv ifm. nødbrøms. Foto: Bane NOR

Hjulene på de to bakerste avsporede vognene ble kontrollert i etterkant av avsporingen uten at man fant tegn på unormal slitasje. På samme måte ble sentertappen på de to vognene besiktiget for å avdekke eventuelle tegn på feil som kan ha medvirket til dårlig gangegenskaper for boggien. Slike tegn ble ikke funnet. Vektdistribusjon i toget er vist i figur 12.



Figur 12: Bruttovekt i toget, vogner med farlig gods markert med *. Kilde: Vognopptak fra Green Cargo AB

2.4.2 Farlig gods

I de første meldingene om ulykken ble det opplyst at toget fraktet farlig gods. Togleder ved trafikkstyringssentralen i Oslo varslet derfor redningsetatene om dette. En forsterket beredskap som inkluderte brannvesen ble derfor sendt til stedet. Ved nærmere undersøkelser viste det seg at toget fraktet tomme beholdere for farlig gods. Tabell 4 viser

hvilke stoffer som hadde vært i beholderne, flere av dem representerer fare for brann, eksplosjon og miljømessige skader.

Tabell 4: Oversikt over beholdere for farlig gods. Kilde: Green Cargo AB

Vogn	Lastbærer	Last
1	33 68 4954 500-7	Tomme beholdere for: <ul style="list-style-type: none"> • BNSU783777-0: Hydrokarbongassblanding flytende N.O.S. (UN 1965), Acetylen (UN 1001), Karbondioksid (UN 1013), Nitrogen (UN 1066), Oksygen (UN 1072), Argon/Karbondioksid (UN 1956), Nitrogen/Karbondioksid (UN 1956) • BNSU783794-9: Hydrokarbongassblanding flytende N.O.S. (UN 1965), Argon (UN 1006), Kjølemediumgass N.O.S. (UN 1078), Oksygen (UN 1072), Argon/Karbondioksid (UN 1956)
3	33 68 4955 389-4	Tomme beholdere for: <ul style="list-style-type: none"> • NETL782060-8: Hydrokarbongassblanding flytende N.O.S. (UN 1965), Argon/Karbondioksid (UN 1956), Acetylen (UN 1001), Nitrogen (UN 1066), Argon (UN 1006) • BNSU783768-2: Hydrokarbongassblanding flytende N.O.S. (UN 1965), Acetylen (UN 1001), Argon (UN 1006), Karbondioksid (UN 1013), Nitrogen (UN 1066), Oksygen (UN 1072), Argon/Karbondioksid (UN 1956), Nitrogen/Karbondioksid (UN 1956)
9	33 68 4953 811-9	Fire tomme tanker for: <ul style="list-style-type: none"> • Hydrogen peroxide, aqueous solution (UN 2014), class 5.1 (8), PG II, (E)



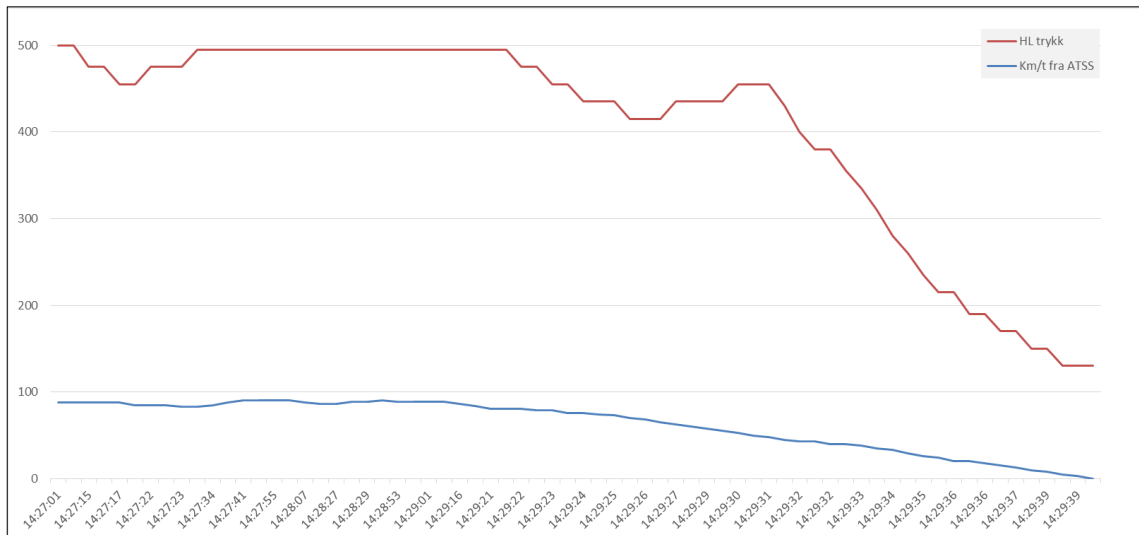
Figur 13: Beholder har forskjøvet seg. Foto: SHT

2.4.3 Registrerende hastighetsmålerutstyr og datalogger

Tillatt hastighet på stedet er 90 km/t. Lokomotivets registreringsenhet viste at toget ikke var over denne hastigheten da avsporingen skjedde. Registreringsenheten logger bl.a. hovedledningstrykk, tilbakelagte meter, ATC informasjon og hastighet, noe SHT har brukt til å rekonstruere hendelsesforløpet. Registreringsenheten gikk 2 min 24 sek for

fort, noe det er korrigert for. Det er ikke justert for misvisning som en eventuell slitasje på hjul kan gi.

I kurvene før avsporsingsstedet har fører redusert farten noe, før toget tas opp i normalhastighet igjen inn mot avsporingspunktet. Lokomotivet passerte avsporingspunktet (km 64,7) ca. kl. 1427 og den bakerste vogna passerte stedet 10 til 15 sekunder senere.



Figur 14: Rekonstruksjon av hendelsesforløp basert på registreringsenhet. Illustrasjon: SHT

2.5 Undersøkelser av infrastruktur

2.5.1 Merker på stedet

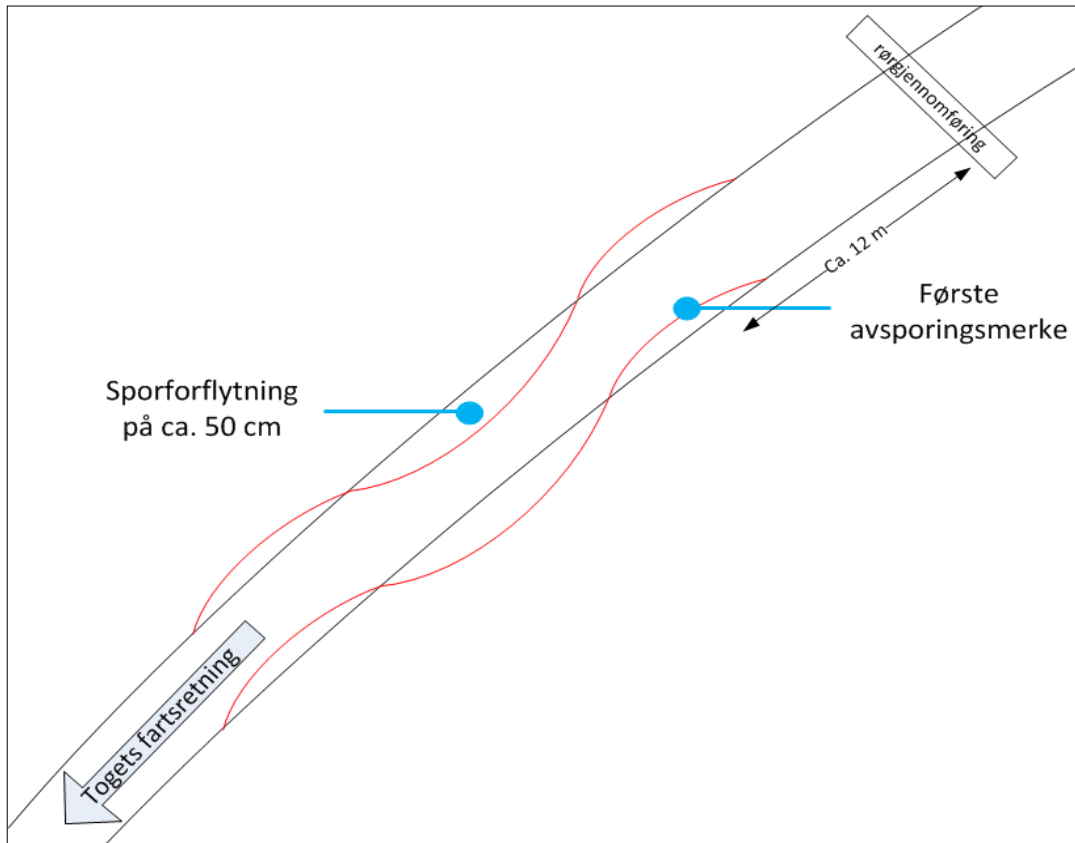
Inn mot avsporingsstedet fulgte toget først en høyrekurve med sirkelradius 394 m og overhøyde på 125 mm. Mellom denne kurven og den neste er det to overgangskurver i hver sin retning med et felles overgangspunkt (FOB), en såkalt S-kurve. Den neste kurven er en venstrettet sirkelkurve på 410 m og 120 mm overhøyde. Solslyngen oppstod i forbindelse med den siste kurven, og avsporingen skjedde i overgangskurven rett etter FOB.



Figur 15: Oversikt over ulykkesstedet. Illustrasjon: SHT med basis i Bane NOR kartvisning

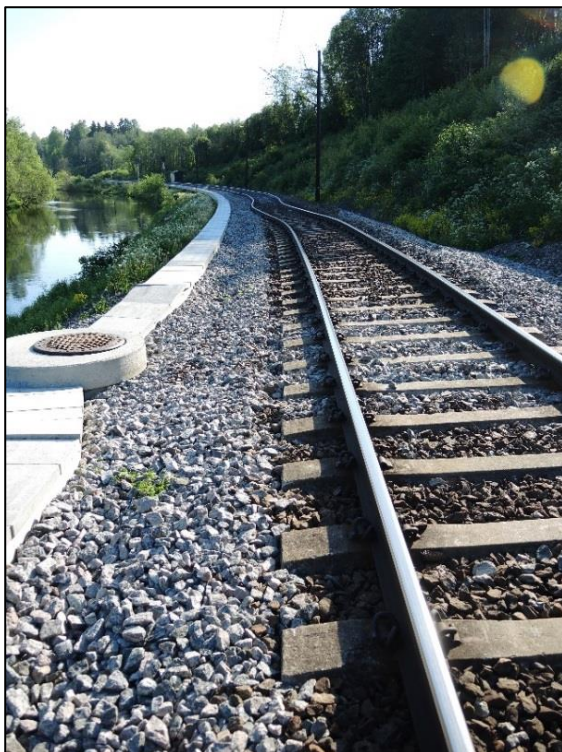
Infrastrukturen hadde skader fra avsporingsstedet og frem til stedet der toget stanset etter ca. 2,57 km. De første avsporingsmerkene var ca. 12 meter etter en rørgjennomføring under sporet, mellom to kummer ved km 64,7 (se figur 3 og figur 15).

Derfra kunne man observere at sporet hadde forflyttet seg ca. 25 cm mot høyre (se figur 16). Det var minst 3 avsporingsmerker til venstre side og etter ca. 18 meter kunne man se merker på svillene på utsiden av sporet på venstre side. Etter ca. 21 meter kunne det observeres at sporet begynte å forflytte seg mot venstre og hadde på det meste 50 til 60 cm «utknekking» mot venstre. Etter ca. 25 meter var det flere avsporingsmerker (minst 4) til både høyre og venstre side. Sporet hadde så en forflytning på ca. 27 cm mot høyre. I dette området var det flere avsporingsmerker, både mot høyre og venstre.

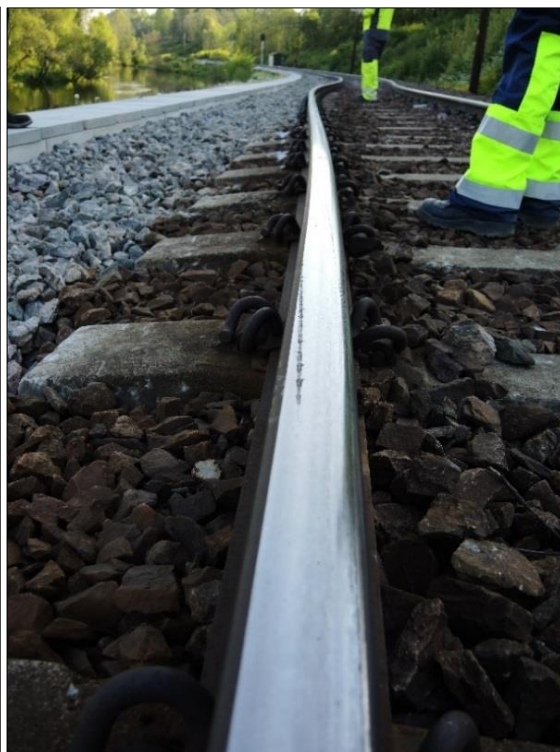


Figur 16: Skisse over sporets forflytninger og merker. Illustrasjon: SHT

Det kunne i alt observeres minst 10 avsporingsmerker, men flere hjulganger har sannsynligvis fulgt tilnærmet samme spor. Det er derfor vanskelig å fastslå nøyaktig hvor mange vogner som sporet av på dette tidspunktet. Basert på merker bl.a. på sviller er det grunn til å anta at kun de to bakerste, ulastede vognene gikk avsporet frem til Nes elvebru.



Figur 17: Merker etter sporets forflytning.
Foto: SHT



Figur 18: Første avsporingssmerke. Foto: SHT

Fra avsporingssstedet (km 64,7) til Nes elvebru (km 62,88) var skadene relativt små, men man kunne se merker etter flere hjulganger på begge sider av sporet (se figur 19).



Figur 19: Merker etter avsporet vogn/vogner rett før Nes elvebru (retning nord). Foto: SHT



Figur 20: På Nes elvebru (retning syd).
Foto: SHT

2.5.2 Måling av skinnetemperatur

SHT foretok måling av temperatur inne på stasjonsområdet og ut mot avsporingssstedet fra kl. 1725 til 1816. Resultat av målingene er vist i tabell 5, der høyeste målte temperatur var 47,8 °C, ca. 3,5 timer etter avsporingen. Et spor skal tåle opp mot 55 °C dersom det tilfredsstillende tekniske krav til beliggenhet og spenningsfrihet. Det var ikke mulig å fastslå sikkert hva skinnetemperaturen var på avsporingstidspunktet, men en gjennomgang av lufttemperatur ved nærmeste målestasjon til Bøn i dagene før og etter avsporingen viste at varmeste time var ca. kl. 19.



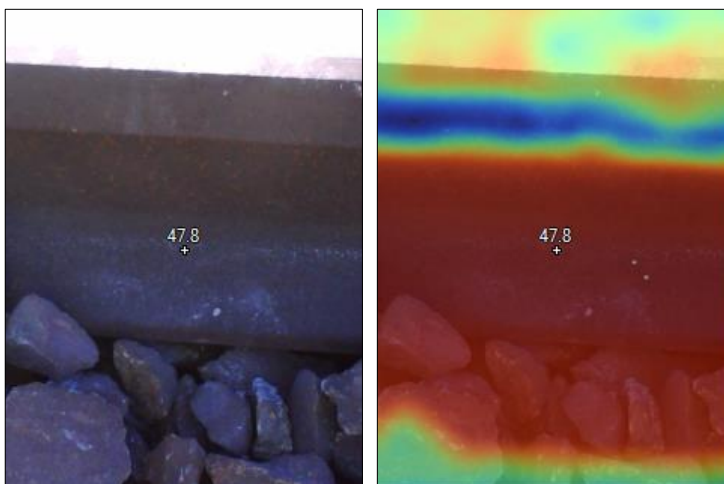
Figur 21: Fluke termokamera for måling av skinnetemperatur. Foto: SHT

Tabell 5: Temperaturmålinger. Kilde: SHT

Tid	Sted	Venstre skinne*	Høyre skinne*
1725	Bak bakre vogn	40 – 42 °C.	-
1743	KL-mast 3555	47,2 °C – 47,4 °C.	-
1801	KL-mast 3574	Venstre side: 43,0 °C Høyre side: 47,8 °C	Venstre side: 44,7 °C
1816	KL-mast 3585 (ved skap før avsporsingsmerker)	Venstre side: 41,0 °C Høyre side: 42,0 °C Skinnetopp: 38,9 °C.	Venstre side: 39,2 °C Høyre side: 41,1 °C Skinnetopp: 36,4 °C

* i togets kjøretning

Figur 22 viser ved hjelp av termofoto hvilke deler av skinnen som var varmest da det ble målt 47,8 °C. Skinnetoppen var kaldest, mens skinnefoten og skinnesteget var de varmeste delene.



Figur 22: Termofotografering av skinne. Foto: SHT

2.5.2.1 Skinnetemperatur

Skinnetemperaturen som ble målt på Bøn regnes som høy, men fortsatt innenfor temperaturspennet fra -30 °C til +55 °C (<http://jernbanekompetanse.no>, 2017) som kan oppleves i løpet av et år i Norge. Faktorer som bidrar til skinnetemperatur, i tillegg til solinnstråling, er lufttemperatur, luftfuktighet og skinnenes orientering i forhold til

himmelretningene. En sydvestlig retning på sporet og i le for vind kan ha bidratt til å øke temperaturen i skinnene ytterligere.

Det har blitt utarbeidet en rekke formler for å beregne skinnetemperatur basert på lufttemperatur, men siden lokale forhold spiller inn er det ingen som anses å gi et helt korrekt sanntidsestimat (Wu, et al., 9.8.2011). Det finnes også systemer basert på sensorer som settes på selve skinnegangen som kan varsle ved høye temperaturer. Disse plasseres der man mener det er økt risiko for solslang. SHT kjenner ikke til om slike er vurdert, eller i bruk i Norge.

En masteroppgave utført for Bane NOR i 2015 hadde som formål å se på beredskap mot solslang (Kalvø, 2015). I denne innhentet man data om skinnetemperatur fra to hjulskadedetektorer, Høyset (km 518,46 på Dovrebanen mellom Lundamo og Ler) og Skatval (km 43,340 på Nordlandsbanen mellom Trondheim og Steinkjer). De høyeste registrerte skinnetemperaturene fra Høyset detektorstasjon i 2012 og 2013² var 4 målinger mellom 41 og 45 °C. Målinger fra Skatval detektorstasjon i perioden mai til august i 2012, 2013 og 2014 viser at det ble oppnådd 4 tilfeller av skinnetemperaturer mellom 46 og 50 °C.

2.5.3 Spormålinger

Avsporingsstedet ved km 64,7 ligger i en s-formet overgangskurve. Strekningen er klassifisert som kvalitetsklasse K3, noe som gir føringer for skiltet hastighet og krav til sporgeometri, beliggenhet og utforming av geodetisk fastmerkenett (se mer om GVUL i kap. 2.6.2). En jernbanes horisontale linjeføring settes hovedsakelig sammen av tre elementer: rette linjer, overgangskurver og sirkelkurver. Mellom disse elementene er det traseringspunkter:

- OB (punkt mellom rett linje og overgangskurve)
- OE (punkt mellom overgangskurve og sirkelkurve)
- FOB (felles punkt for 2 overgangskurver i ulike retninger, S-kurve)

Disse punktene med kurveradius, overhøyde, lengder på overgangskurver og ramper, samt hastighetssignaler og andre signaler, samt strekningens vertikalgeometri dokumenteres i et løfteskjema som viser banens utforming.

Løfteskjemaene brukes blant annet ved kjøring av målevogn for å sammenlikne sporets faktiske beliggenhet i forhold til teoretisk plassering. Spormålingene registrerer følgende parametere:

- Beliggenhet i høyde for venstre skinne i kjøreretningen
- Beliggenhet i høyde for høyre skinne i kjøreretningen
- Vindskjevhet med basis i 2 meters lengde på grunn av boggiene
- Vindskjevhet med basis i 9 meters lengde på grunn av 2-akslede vogner

² Målinger er gjort i tidsrommet 22.5.2012–3.7.2012 og 1.5.2013–17.6.2013.

- Overhøyde
- Horisontal kurvatur uttrykt ved den inverse verdi av radius (pilhøyde)
- Beliggenhet i side for venstre skinnegang i kjøreretningen
- Beliggenhet i side for høyre skinnegang i kjøreretningen
- Sporvidde

Tabell 6: Utdrag av løfteskjema. Kilde: Bane NOR

Km	Traseringspunkter og objekter			R	h	l	Hastighet (stigende km)	Hastighet (synkende km)
64,6530	OE			410	120	62		
64,7150	FOB			0	0			
64,7660	OE			-394	125	51		
64,9090	SE ³							
64,9270	HBP ⁴							
64,9450	SE							
65,0390	OE			-394	125	60		
65,0960	Hastsign.							Opp 90 +5

I tidsrommet 27. mai 2015 til 18. mai 2016 ble det kjørt fire spormålinger på strekningen:

- a) 27. mai 2015: Lillestrøm–Eidsvoll
- b) 19. september 2015: Eidsvoll–Lillestrøm
- c) 18. april 2016: Lillestrøm–Eidsvoll
- d) 18. mai 2016: Lillestrøm–Eidsvoll⁵

Diagrammene fra målingene (se Vedlegg D) viser at det har foreligget sporfeil på stedet som har utviklet seg over tid. Den første kjøringen er fra 27. mai 2015, før arbeidet langs sporet startet, og allerede her vises det uregelmessigheter på stedet. Vindskjevheten på 2 meters basis lå på 8 mm, noe som er over vedlikeholdsgrensen⁶ på 7 mm, men under tiltaksgrensen på 10 mm. Høydefeil både for høyre og venstre skinnestreg lå under vedlikeholdsgrensen. Neste kjøring i september 2015 viste at vindskjevheten på 2 meters basis hadde økt med 2 mm og var nådd tiltaksgrensen på 10 mm. Høydefeil både høyre og venstre hadde økt fra hhv. 6 og 9 mm til 11 og 15 mm, dvs. over vedlikeholdsgrensen på 10 mm, men under tiltaksgrense på 16 mm. Ved kjøring i april 2016 hadde vindskjevheten nådd 11 mm, og høydefeil venstre ble målt til 20 mm, mens høydefeil høyre hadde økt til 13 mm. Høydefeil venstre var dermed over tiltaksgrensen. Kjøringen 1 måned senere viste at vindskjevheten hadde stabilisert seg, mens høydefeilene hadde økt med ytterligere 1 mm, slik at de nå lå 2 mm under tiltaksgrense for høyre

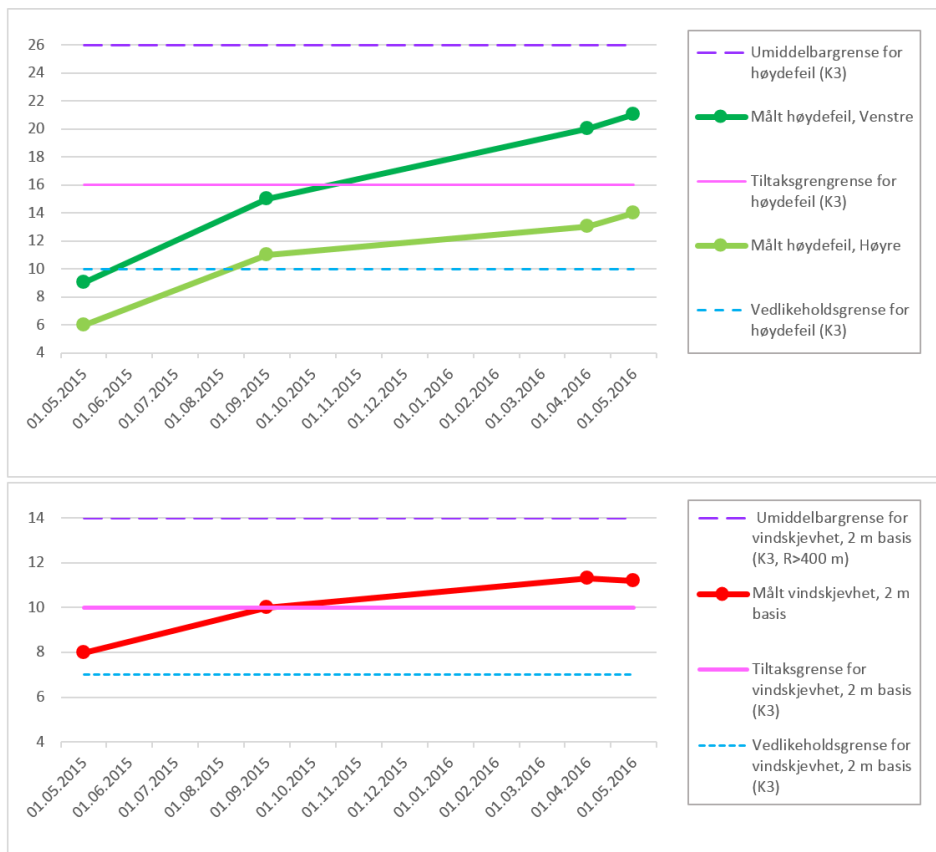
³ Angir stigningskurvens ende (SE) i vertikalgeometrien.

⁴ Angir høybrekkspunkt i vertikalgeometrien.

⁵ Denne kjøringen med målevogn har delt opp strekningen i K3 og K4. Bane NOR bemerker at dette er en feil, da hele strekningen er å regne som K3. Toleransgrensene vil derfor være annerledes i diagrammet sammenliknet med a), b) og c).

⁶ Alle grenseverdiene som oppgis i dette avsnittet er hentet fra Bane NOR Teknisk regelverk, og gjelder for banestrekninger med kvalitetsklasse K3. For andre kvalitetsklasser kan andre grenseverdier gjelde. Se mer i Vedlegg C.

skinnestreng og 5 mm over for venstre. Utviklingen i sporfeil med grenseverdier er vist i figur 23.



Figur 23: Utvikling av sporfeil over tid, målt med målevogn. Kilde: Bane NOR

I følge Bane NOR var det bestilt pakkmaskin i tidsrommet 8. til 10. juni 2016 som skulle justert sporfeilene, dvs. 8 dager etter avsporingen.

SHT benyttet manuell, elektronisk måletralle (Geismar Amber Trolley) for å gjøre spormålinger på ulykkesstedet. I motsetning til målevognskjøringer utføres disse målingene på ubelastet spor. Måletrallen registrerer tilbakelagte meter, sporvidde, overhøyde, vindskjevhet på 2- og 9-meters basis og GPS-koordinater der man har noe å bemerke.

Sporet ble målt i en distanse på ca. 600 meter, fra ca. 400 meter nord for avsporingen og frem til skadene på sporet ble tydelige. Som målingene viser indikerer det sporutvidelse og vindskjevhet på 2 meter basis ved de første avsporingmerkene.

Tabell 7: Måleresultater manuell spormåling. Kilde: SHT

Metres	Gauge	X-Level	Twist 2 m basis	Twist 9 m basis
0,125	1436,9	-41,9	0	0
445,125	1449	-85,5	-1,7	-8,8
459,125	1446,9	-96,5	-8,3	-2,7
460,625	1443,8	-101,2	-8	-8,5
470,875	1448,7	-117,2	0,3	-13,7
471,375	1448,7	-116,6	1,4	-12,1
473	1447,3	-114,7	2,5	-6,5

Metres	Gauge	X-Level	Twist 2 m basis	Twist 9 m basis
475,375	1443,3	-111,8	2,6	1,7
479,5	1442,1	-107,9	1,1	10,1

2.5.4 Tidligere og planlagte arbeider på stedet

Fra juli til november 2015 ble det etablert nye føringsveier på Bøn stasjon og nordover. Arbeidet ble utført med prosjektledelse fra Bane NOR, mens Team Bane var utførende entreprenør. Hensikten med denne var å forberede for nytt veisikringsanlegg på stasjonen, samt gjøre klart for FATC⁷. Kabelkanalen som ble laget er ca. 5 km og består av betongelementer, mens det på bruene er lagt glassfiber. Der det ikke var tilstrekkelig plass, slik som ut mot elva der det er for skrått, ble det «pælet» ned støtte for kanalen.

Under sporet ble det lagt ned en kabelgjennomføring mellom to kummer (se figur 24). I slike gjennomføringer under sporet legges det ned 3 stk. 90-110 mm rør, deretter fylles det på med singel og komprimeres. Regelverket sier at dersom man ikke graver ut mer enn 4 meter under skinnegangen, kreves det ikke at man kapper skinnene (se regelverk i kap. 1.4). Etter at man har fylt tilbake masse utføres det først manuell pakking, deretter maskinell pakking. Før normal hastighet og trafikk tillates, slippes det over et visst antall tog med redusert hastighet. Forutsetningen for dette er at det ikke foreligger andre forhold som tilsier at nøytraltemperaturen, sporgeometrien eller annet ved sporet er feil. Dette er den vanligste måten å gjøre denne formen for arbeid på, men det finnes også andre alternativer, slik som pressing eller styrt boring som reduserer sjansen for setninger i ettertid.

I forbindelse med føringsveiprojektet ble det også supplert med mer pukke over den eksisterende pukken. På avsporsingsstedet var dette gjort på venstre side ut mot elva, fra Bøn og frem til ca. 50 m før Dønnum blokkpost. Samtidig med arbeidet med nye føringsveier rensket Bane NOR grøfter og drenering, og fjernet vegetasjon langs linja. Det var ikke behov for vegetasjonsfjerning akkurat ved avsporsingsstedet, men økt soleksponering av et helsveiset spor vil gi økte trykkspenninger langs hele strekningen, også der man ikke endrer graden av solinnstråling.

I forkant av arbeidet gjorde prosjektorganisasjonen i Bane NOR en risikovurdering av nye føringsveier for kabler på Bøn (Jernbaneverket, 15.12.2014). Risikovurderingen er basert på en tidligere analyse som dekket kabelføringer både på Alnabru og Bøn. Risikovurderingen har tatt opp faren for avsporing på grunn av ustabile spor ved rørgjennomføringer og kummer, men anser ikke at tiltak er nødvendig dersom pakking og kontrollmåling utføres før trafikk settes på. Det er ikke identifisert noen andre avsporsingsfarer, verken knyttet til kabelkanalen som skulle legges langs sporet, eller andre forhold som er spesielle for strekningen. Rapporten ble forelagt driftsorganisasjonen for innspill før den ble slutført.

Strekningen kontrolleres årlig iht. generiske kontrollrutiner, utover det gjøres det ikke andre kontroller hvis det ikke meldes om feil eller liknende. Det har ikke vært utført kapping og nøytralisering av skinnene på avsporsingspunktet. Det nærmeste man kommer slikt arbeid var 5. mai 2015 da dette ble gjort ca. 1 km sør for avsporsingspunktet (km 63,75-63,85).

⁷ FATC – Fullstendig hastighetsovervåkning.

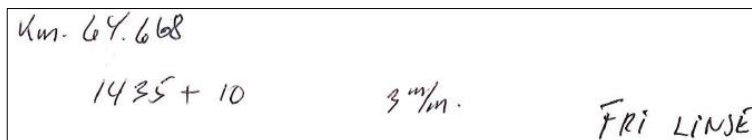


Figur 24: Setning mellom kummene før solslyng (tatt i retning mot nord). Foto: SHT

Prosjektet har underveis i arbeidet vært oppmerksom på problemet med solslyng. I referat fra byggemøte i prosjekt «Føringsveier på Bøn» fra 6. august 2015 er det anført i pkt. 1.5.1 at det er «Viktig å ha fokus på at sol og høy temperatur øker risikoen for solslyng. Ballastskulder på ytterstreng må ha tilstrekkelig god bredde, min. 40-50 cm fra sville-ende». Det nevnes ikke noe om fokus på sidestøtte i innerkurve.

I samme referat (pkt. 4.6.1.) er det også oppført «Alle rørkryssinger som ikke er pakket av pakkmaskin pakkes over med håndpakker e.l. Det er mottatt meldinger om at det er setninger/blindslag.» Dette punktet har Bane NOR svart ut med følgende kommentar: «Byggherre har bestilt pakkmaskin for pakking av 11 punkter». Bane NOR kan videre fremlegge pakkmaskinrapporter fra to ulike pakninger på strekningen (11.-12. mai 2015 og 9.-10. august 2015), men ingen av disse viser at det er pakket på det aktuelle stedet.

Entreprenøren skal ifølge Bane NOR ha gjennomført kontroll på rørkryssingene med manuell pakking med pakkaggregat og manuell innmåling av eventuelle vindskjevheter i etterkant. Den 24. juli 2015 har hovedsikkerhetsvakt fylt ut skjemaet «Påsetting av trafikk etter arbeid i og ved Jernbaneverkets infrastruktur». Med dette skjemaet erklæres det at sporet er kontrollert og klart for trafikk. Det er notert at skjemaet skal gjelde etterkontroll av strekningen km 62,082 (inne på Bøn stasjon) til 65,312 (litt nord for avsporsingsstedet) og at arbeidet gjelder «nedsetting av to kummer og gjennomføring». Skjemaet inneholder en rekke manuelle spormålinger langs linja, bl.a. for km. 64,668 som antas er sammenfallende med rørgjennomføringen ved avsporsingsstedet, selv om ikke kilometer er helt eksakt. Her angis det at fagansvarlig linjen har målt en sporutvidelse på 10 mm og en vindskjevhet på 3 mm, noe som er innenfor tillatte grenseverdier (se figur 25).



Figur 25: Fra etterkontroll av rørgjennomføring. Kilde: Bane NOR

2.6 Sikkerhetsstyring

2.6.1 Krefter i spor

2.6.1.1 Nøytraltemperatur

Norge har utfordringer på grunn av store forskjeller i temperatur mellom vinter og sommer, noe som gjør nøytralisering av skinnene spesielt viktig. Skinnene i et helsveiset spor vil oppvarmes og avkjøles avhengig av temperatur, og stålets utvidelse kan gi solslang om sommeren. Tilsvarende kan stålets sammentrekning i kulde gi store strekkrefter som medfører at sporet trekkes inn i kurver eller at man får skinnebrudd.

Bane NOR har bestemt et temperaturintervall for skinnnetemperaturen der aksialkreftene i sporet skal være null. Denne nøytraltemperaturen er satt til +21 °C (+/-3 °C) (se Vedlegg C, kap. 1.4). Dersom man setter en høy nøytraltemperatur vil man få mindre trykkrefter i skinnene om sommeren, men desto større strekkrefter om vinteren som igjen kan lede til skinnebrudd.

Effekten av sporforflytning innover i kurve blir verre jo mindre kurveradiusen er. I følge et eksempel gitt i kompendiet *Krefter i helsveist spor* (Sørli, 18.4.2008) vil en forflytning av sporet på kun 7 cm innover i en kurve med radius 300 m resultere i en økning av nøytraltemperatur på +20 °C. Tilsvarende forflytning i en kurve med radius på 1000 m vil gi en endring på +6 °C.

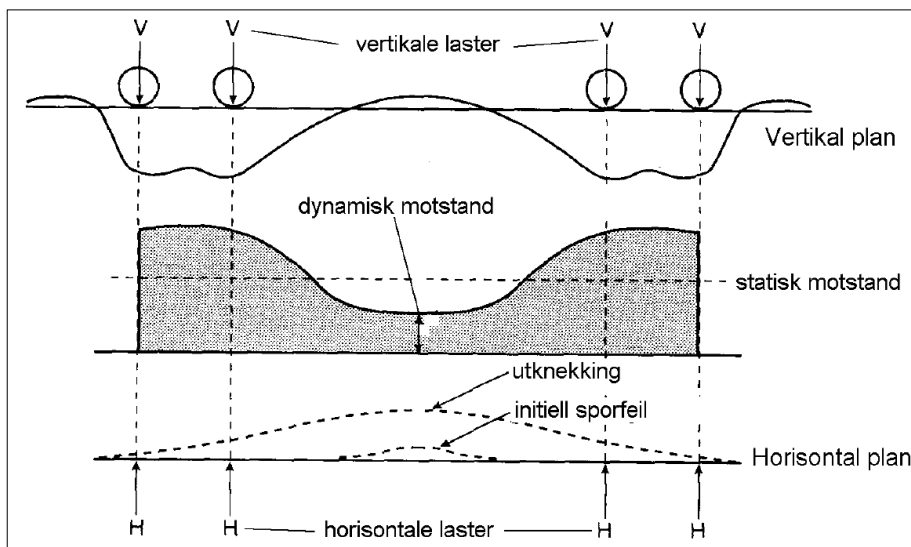
2.6.1.2 Om solslyng

Solslyng oppstår når stålet i jernbaneskinne varmes opp slik at trykkspenningene blir større enn svillenes evne til å holde sporet på plass. Sporet vil da knekke ut der svilletverrkraften er minst. Solslyng kan ofte utløses av mekanisk påvirkning fra toget når skinnen står i spenn, gjerne i kombinasjon med en uregelmessighet i sporet, for eksempel et såkalt "blindslag".

For å unngå solslyng på helsveisede skinner bruker man bl.a. betongsviller tunge nok til å holde skinnegangen nede, og med sidestøtte av pukk for å holde svillene/sporet i posisjon. Sidestøtte er vesentlig, da svilleyngde i seg selv ikke er tilstrekkelig til dette.

Sideforskyvningsmotstanden kan defineres som motstanden en sville møter når den beveger seg, eller prøver å bevege seg, sideveis. Den totale sideforskyvningsmotstand består av tre bidrag: motstand fra svillebunn, motstand fra svillesider/svill mellomrom og fra ballastskulder/svillendeer. Man anser at motstand fra svillesider og mellomrom er den som bidrar mest. Det er derfor viktig at det til enhver tid er tilstrekkelig med ballast mellom svillene. I tillegg til tilstrekkelig ballastskulder i kurver, må denne støtten også være jevn gjennom hele kurven.

Solslyng kan oppstå uten at et tog passerer, men det er ikke uvanlig at den utløses idet et tog passerer over et område med store spenninger i skinnegangen. I følge rapporten av Kish og Samavedam (Kish & Samavedam, 2013) oppstår hovedandelen av solslyng under kjøretøyet. Årsaken er at sporet under et tog beveger seg i vertikalplanet i bølgebevegelser. Under hver aksel og boggi får man en nedbøying, mens man foran, mellom og bak aksler og boggier får en heving av sporet (se figur 26). Avlastningen som oppstår medfører at sideforskyvningsmotstanden reduseres. Dette fører igjen til en reduksjon i kritisk knekktemperatur for skinnene, noe som øker faren for solslyng idet et tog passerer. Togets aksellast, akselavstand og boggiavstand er også med på å påvirke den dynamiske avlastingen, i tillegg til sporets vertikale stivhet og eventuelle uregelmessigheter.



Figur 26: Solslyng under togpassering. Kilde: Lærebøker i jernbaneteknikk (Jernbaneverket, 1.7.1999).

En solslyng vil typisk skje der forholdet mellom last og motstand er minst. En sporfeil vil fungere som en «bruddanviser» for en solslyng, enten på grunn av en geometrisk feil eller endret stivhet i sporet (eksempelvis feil i en isolerskjøt, feil med befestigelsen etc.). Dersom man får en utknekking i form av en solslyng har det enten vært for store trykkspenninger i skinnene, eller svakheter i overbygningen. Spenningstilstanden til sporet påvirkes av sporets plassering i forhold til opprinnelig trasé, og temperatur i omgivelsene.

De fleste sporarbeider kan påvirke både spenningstilstand og tilstanden til overbygningen, og det er derfor viktig at det utføres i henhold til gjeldene krav i Bane NORs regelverk. Kravene dekker både hvordan arbeidet skal utføres, dokumenteres og etterkontrolleres. En forutsetning for anvendelse av kravene er at sporet i utgangspunktet er feilfritt.

2.6.1.3 Beredskap mot solslyng

Måten Bane NOR blir oppmerksom på solslyng er i stor grad basert på lokalkunnskap, der man øker antall visitasjoner på strekninger der man erfaringsmessig har hatt problemer med solslyng tidligere. Dersom det oppdages solslyng eller tilløp til solslyng er første steg å redusere hastigheten på det aktuelle området. Hvis ikke dette er tilstrekkelig, vil banen bli stengt inntil situasjonen er under kontroll.

Høye lufttemperaturer i forbindelse med fint vær innebærer en økt risiko for solslyng. Bane NOR har ikke en egen rutine som dekker dette, men har en generell beredskapsinstruks som gjelder ved ugunstige værsituasjoner. Værvakta utføres på vegne av banesjefen og har en sentral rolle i denne beredskapen. Bane NORs værvakter har som oppgave å overvåke værsituasjonen, vurdere observasjoner langs sporet, og basert på dette sette et beredskapsnivå. Værvakta skal også gi informasjon til Bane NORs beredskapsvakt og administrasjonsvakt om værsituasjonens eventuelle påvirkning på infrastruktur. Dersom værvakt mener det er nødvendig kan han/hun varsle beredskapsvakt linjen som er ansvarlig for at det utføres ekstra visitasjon på strekningen. Ved visitasjonen skal det gjøres målinger av skinnnettemperatur, og områder som er definert som kritiske skal kontrolleres. Bane NOR lærer opp sine værvakter internt, og ut i fra prognoser, værmeldinger, visitasjoner og informasjon fra togledere og lokførere vurderer disse hvilket beredskapsnivå man bør ha.

I perioder med sterk, vedvarende varme, og når det utføres sporarbeider som svekker sporets stabilitet, skal det ifølge Bane NORs Tekniske regelverk *«foretas ekstra visitasjon. I tillegg skal det holdes spesielt oppsyn med skarpe kurver på smale fyllinger og strekningsavsnitt som erfaringsmessig er utsatt for solslyng eller solslyngtendenser. Tilsynet skal utføres i dagens varmeste timer, eller før eventuelle tog skal passere, og skal ikke opphøre før temperaturen er fallende»* (se Vedlegg C, kap .1.5).

Værvakt hadde ikke innført noen form for økt beredskap mot solslyng på strekningen. Toget som passerte strekningen i forkant av 5242, ca. klokken 1040, meldte heller ikke i fra om noen spesielle forhold på strekningen. Utdrag fra Synergi viser 5 innrapporteringer om «sleng» i sporet fra juni 2015 til mai 2016, i tillegg til at det er utbedret flere tilfeller av målte sporfeil.

SHT kjenner til at Bane NOR har vurdert om det skal innføres en beredskap for solslyngproblematikk på samme måte som med ekstremvær (Kalvø, 2015). Et sentralt

punkt i en slik overvåkning vil være sanntidsinformasjon om skinnetemperatur, noe man måler kun på et fåtall steder i jernbanenettet. Konklusjonen fra arbeidet var at på kort sikt regnes nøytralisering, pukksupplering for å øke sidestabilitet og tilgang til mannskap med riktig kompetanse for å håndtere oppståtte solsløng som viktigst. På lengre sikt anser Bane NOR at nøytralisering og innmåling av sporet iht. VUL/GVUL som de viktigste tiltakene mot solsløng (se mer i kap. 2.6.2).

2.6.2 Varig utfesting av linjen (VUL/GVUL)

I følge Bane NORs tilstandskontrollør er det store temperaturforskjeller mellom sommer og vinter i området. Nærhet til Andelva kan også over tid ha bidratt til å forandre elvebredden der sporet ligger. Fordi man ikke vet med sikkerhet om horisontalbeliggenheten til linja var slik den opprinnelig var tiltenkt, kan man ikke utelukke at det har oppstått spenninger som følge av endret kurveradius på avsporsingsstedet. For å kunne si om en bane ligger der den opprinnelig var tiltenkt benyttes referansemerker kalt «*Varig utfesting av linjen*» (VUL) eller «*Geodetisk Varig utfesting av linjen*» (GVUL). Disse merkene har som formål å definere sporets beliggenhet i et ytre lokalt referansesystem. Metoden baseres på at sporets teoretiske beliggenhet refereres som relativ beliggenhet i forhold til egne VUL-merker langs banen. For store avvik mellom disse, tilsier at sporet har forskjøvet seg og at det kan ha oppstått spenninger i sporet. Det var ikke etablert VUL eller GVUL på strekningen. I Bane NORs langsiktige planer for VUL/GVUL (Jernbaneverket, 19.11.2014), skulle merkene settes opp i perioden 2015-2016, med nøytralisering innen 2020. Hovedbanen var en av strekningene med lavest prioritet i Bane NORs planverk, men det lå en forventning om at det skulle skje tidligere i forbindelse med planlagte fornyelsesprosjekter.

2.6.3 Håndtering av sporfeil

Bane NOR kjører målevogn over sine strekninger flere ganger i året for å kontrollere sporets tilstand. Ofte deltar tilstandskontrollør fra driftsorganisasjonen på denne kjøringen. Sporfeil som ligger utenfor toleransegrensene fremkommer da i en rapport som legges inn i BaneData. BaneData er en database med informasjon om infrastrukturen i Bane NOR. Fra BaneData genereres elektroniske arbeidsordrer for sporfeil som krever tiltak. Arbeidsordrene skal kvitteres ut når de er utført, men det kan variere hvorvidt dette faktisk gjøres.

Retting av sporfeil som oppdages på andre måter enn av målevogn, og som krever tiltak fra driftsorganisasjonen, dokumenteres manuelt på et papirbasert skjema «Oppfølging av sporgeometriske feil».

Oppfølging av sporfeil som utvikler seg over tid er i stor grad manuell og basert på sammenlikning av utskrifter fra målevogn. Det er opp til den enkelte tilstandskontrollør å vurdere behov for forebyggende tiltak så lenge feilene er under tillatte grenseverdier.

2.6.4 Bane NORs tekniske regelverk

Bane NOR har et teknisk regelverk som er tilgjengelig på <https://trv.jbv.no/wiki>. Som en del av denne sikkerhetsundersøkelsen anses følgende som relevant (se mer i Vedlegg C):

- Vertikalgeometri: grenseverdier for vindskjevhet på 2- og 9-metersbasis
- Vertikalgeometri: grenseverdier for høydefeil

- Vertikalgeometri: krav ved justering
- Temperaturgrenser: sikring mot solsleng
- Sporjustering og stabilisering: krav til kontroll

En forutsetning for anvendelse av regelverket når det gjelder sporfeil, justering og krav til kontroll er at grenseverdiene er satt ut i fra at sporet ellers er normalt og uten feil. Dersom f.eks. sporets nøytraltemperatur, beliggenhet eller geometri fra før er påvirket, vil det ikke nødvendigvis være tilstrekkelig å anvende reglene slik de står, uten å legge inn ytterligere sikkerhetsmarginer.

2.7 Lovverk

Det stilles i Sikkerhetsstyringsforskriften § 6-1 krav om at det skal gjennomføres «risikovurderinger nødvendige for å fastslå om driften av virksomheten er innenfor akseptabel risiko».

I Bane NOR sin sikkerhetshåndbok står det følgende i «Krav til utførelse av Risikovurdering innen trafikksikkerhet»:

«Kravene gjelder for alle risikovurderinger innen sikkerhet ved togframføring. Dette omfatter risikovurderinger for drift av eksisterende infrastruktur, ved endringer i infrastruktur, organisasjon eller operative prosedyrer samt ved prosjektering av ny infrastruktur.»

Kapittel 6. Risikovurderinger

§ 6-1. Risikovurderinger

Jernbanevirksomheten skal planlegge og gjennomføre de risikovurderinger som er nødvendige for å fastslå om driften av virksomheten er innenfor akseptabel risiko. Risikovurderingene skal planlegges og gjennomføres på en systematisk og koordinert måte gjennom alle virksomhetsfaser.

Det skal fremgå hva som er formålet med de enkelte risikovurderinger samt hvilke forutsetninger og avgrensninger som ligger til grunn.

Risikovurderinger skal gjennomføres i henhold til anerkjente og hensiktsmessige metoder.

Fareidentifiseringen som inngår i risikovurderingen skal være på et tilstrekkelig detaljert nivå.

Ved behov skal det utføres sensitivitetsvurdering for å fastslå om risikovurderingen er tilstrekkelig robust.

Ved vesentlige endringer skal felles metode for risikovurderinger regulert i forskrift 12. mars 2010 nr. 401 om gjennomføring av kommisjonsforordning (EF) nr. 352/2009 om innføring av felles sikkerhetsmetode for risikovurderinger i henhold til artikkel 6. pkt. 3a i direktiv 2004/49/EF (forskrift om felles sikkerhetsmetode for risikovurderinger) benyttes i den grad forskriften selv bestemmer.

0 Endret ved forskrift 10 des 2014 nr. 1578 (i kraft 1 jan 2015).

Figur 27: Fra Sikkerhetsstyringsforskriften. Kilde: lovdata.no

2.8 Liknende ulykker

2.8.1 Tidligere avsporinger

Havarikommisjonen har gjennomgått alle tidligere saker der store trykkrefter i forbindelse med høy temperatur har vært medvirkende årsak til ulykken. Under følger en oppsummering av disse. I tillegg har man sett på erfaringer med solsleng fra Sverige.

2.8.1.1 *Avsporing ved Trofors på Nordlandsbanen i 2014*

Den 30. mai 2014 sporet tog 5790 av i en solslyng ved Trofors stasjon på Nordlandsbanen ([JB Rap. 2015/04](#)). Undersøkelsen i etterkant viste at det var utført sveisearbeider på avsporingstedet i oktober 2013 uten at sporet ble nøytralisert. Dette resulterte i høye trykkspenninger i sporet da det ble en lang varmeperiode i området i mai 2014. Nøytralisering var bestemt utført våren 2014, men arbeidet var ikke blitt registrert i BaneData som utsatt korrektivt vedlikehold. Arbeidet ble i dette tilfellet uteglemt som et utestående gjøremål. I forbindelse med avsporingen var det i tillegg utført mindre sporjusteringer tidligere denne dagen. Havarikommisjonen mener dette kan ha svekket sidestabiliteten til det allerede trykkutsatte sporet, og dermed redusert sporets motstand mot solslyng. Områdedirektør Nord informerte om at det er innskjerpet at det ikke blir utført skinnesveising så fremt det ikke samtidig kan foretas nøytralisering av sporet, eller det brukes lasking hvis det må utføres skinnesveising i temperaturer utenfor nøytraltemperaturområdet.

2.8.1.2 *Avsporing mellom Kvam og Sjøa på Dovrebanen i 2013*

Den 22. juli 2013 sporet godstog 41631 av i en solslyng mellom Kvam og Sjøa på Dovrebanen ([JB Rap. 2014/03](#)). Det var utført pakking av en setning i sporet på stedet tre dager tidligere. Det antas at dette arbeidet, sammen med høy skinnetemperatur, midlertidig svekket sporets sidestabilitet tilstrekkelig til at en solslyng ble utløst. Pakkingen ble ikke fulgt opp av daglige visitasjonskontroller. Varig utfesting av linjen (VUL) har som formål å definere sporets beliggenhet i et ytre lokalt referansesystem. VUL var innmålt ved Heggerusta på Dovrebanen, men var ikke vedlikeholdt og det ble derfor anbefalt Jernbaneverket å etablere en bindende fremdriftsplan for oppdatering av eksisterende strekninger og etablering av GVUL/VUL på eventuelt manglende strekninger.

2.8.1.3 *Avsporing mellom Dombås og Dovre på Dovrebanen i 2007*

Den 26. juli 2007 sporet godstog 5718 av mellom stasjonene Dombås og Dovre på Eidsvoll-Dombåsbanen ([JB Rap. 2007/10](#)). Havarikommisjonen antar at avsporingen skjedde som følge av en solslyng like syd for broen ved km 339,87. Hvorvidt solslyngen ble utløst av togpasseringen, eller om dette var oppstått på forhånd er usikkert. Avsporingen antas å ha direkte tilknytning til utbedringsarbeidene som ble gjennomført natten 23. til 24. juli for å utbedre solslyngen som var meldt den 21. juli. Siden sporet ikke var blitt kappet og gitt anledning til å ekspandere, var trykkspenningene fortsatt (for) høye. Samtidig ble sporets sidemotstand svekket som følge av baksingen og pakkingen som ble foretatt. Hastigheten i området ble satt opp til vanlig linjehastighet på stedet uten at ballasten var tilstrekkelig konsolidert. I tillegg vil havarikommisjonen anta at det sannsynligvis rådde usikkerhet ved hva faktisk nøytraltemperatur var i området før avsporingen, da siste kjente nøytralisering oppgis å være fra 1985, og at styring og kontroll av sporets beliggenhet i forhold til VUL-merkene ikke synes å være gjennomført.

2.8.1.4 *Avsporing ved Råde på Østfoldbanen i 2006*

Den 6. juli 2006 sporet godstog 45955 av etter Råde stasjon ([JB Rap 2007/11](#)). Havarikommisjonen antar at godstogets lokomotiv utløste en solslyng som deretter førte til at vognene sporet av. I det aktuelle sporområdet ble siste dokumenterte nøytralisering foretatt i mai år 2000 uten at sporets trasé ble dokumentert i forhold til VUL-merkene.

Sporet ble senere pakket grunnet dårlig vertikalgeometri (plaskepartier) høsten 2002 og høsten 2003, også her uten VUL-kontroll. Det kan heller ikke utelukkes at arbeidet med manuell pakking av en dobbel tresville påvirket sporets sidemotstand, selv om dette inngrepet hadde begrenset utstrekning. På avsporingdagen ble det ikke foretatt målinger av aktuell skinnetemperatur, men vedlikeholdsmannskapene anslår denne til 50-60 °C, noe som kan ha vært opp mot (og muligens over) forutsetningene i regelverket. Etter Havarikommisjonens vurdering skyldes avsporingen en kombinasjon av sannsynlig feil nøytraltemperatur som følge av endret horisontalgeometri for sporet etter nøytralisering, og svekket sidemotstand som følge av sporets generelle tilstand og pakking av dobbeltville.

2.8.2 Erfaringer fra utlandet

Sverige har tilnærmet de samme temperaturutfordringene som Norge og er derfor et naturlig sted for å innhente sammenliknbare data om solslyng. Trafikverket utgir etter hver sommersesong en oppsummering over årets erfaringer med solslyng (Cedergårdh, 1.12.2015). For 2015 var dette:

- *Skarvfria spår med 50E3 räl, Heybackbefästning och träsliper fortsätter att stå för en kraftig överrepresentation jämfört med anläggningsmängden där spårtypen utgör ca 15% av den totala mängden spårmeter. Hela 64 % av totala utfallet 2015 har inträffat i spår av denna typ.*
- *De dominerande orsakerna till solkurvorna 2015 är arbeten, varav de allra flesta är stabilitetspåverkande, samt ballastbrist. Materialbrist och övrig icke normenlighet är också vanligt förekommande.*
- *75% av alla solkurvor har inträffat i cirkulärkurvor och övergångskurvor.*
- *70% av alla solkurvor har inträffat inom 100 m från "fast punkt" (växel, plankorsning, bro, mm).*
- *75% av solkurvorna inträffade i skarvfritt spår och 25 % i skarvspår. Spårtyperna har motsvarande procentuella fördelning när det gäller andel spårmeter i Trafikverkets spåranläggning.*
- *Några platser där solkurvor återkommer årligen har kunnat identifieras*

3. ANALYSE

3.1 Innledning

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

3.2 Hendelse- og konsekvensanalyse

Den 31. mai 2016 sporet tog 5242 fra Green Cargo AB av i forbindelse med en solslyng ved km 64,7 nord for Bøn stasjon på Hovedbanen. Hendelsesstedet er på en strekning av Hovedbanen som går langs Andelva, en elv mellom Hurdalssjøen og Vorma i Eidsvoll kommune. Strekningen er enkeltsporet og elektrifisert, men infrastrukturen er generelt av eldre type. I forbindelse med reparasjonene etter avsporingen oppgraderte Bane NOR fra DATC til FATC.

På avsporingssstedet er tillatt hastighet 90 km/t. Førere oppfattet strekningen som noe «slengete» og med ujevne overganger til bruer, men det er ikke historikk for solslyng i området. I perioden juni-november 2015 hadde det blitt utført arbeid på strekningen i form av nye føringsveier langs linja, etterfylling av pukk, vegetasjonsrydding, drenering og kabelgjennomføringer under sporet. Underveis i dette ble det fra førere meldt om setninger i sporet, men det ble ikke verifisert at tiltakene som ble gjort var tilstrekkelige til å korrigere sporfeilene.

Det ble kjørt målevogn på strekningen i september 2015, samt i april og mai 2016. Disse viste at det var en sporfeil på stedet som utviklet seg over tiltaksgrensen. Etter målingen i april iverksatte driftsorganisasjonen tiltak, men det er ikke dokumentert at dette ble gjennomført. I etterkant av målingen i mai ble det bestilt pakkmaskin for å korrigere sporfeil, men dette skulle først skje i begynnelsen av juni. Bane NOR rakk dermed ikke å rette feilen før avsporingen skjedde.

Frem til avsporingen ved km 64,7 forløp turen som normalt. Etter passering av innkjørhovedsignal B før Bøn stasjon, merket fører uregelmessige bevegelser i toget i fartsretningen, etterfulgt av et kraftig rykk. Fører anslo farten til ca. 80 km/t, noe som bekreftes av togets registreringsenhet. Fører observerte at kontaktledningen begynte å svaie, og senket derfor lokomotivets strømvaktter og bremsset toget for å stanse. På dette tidspunktet sank hovedledningstrykket til 0 bar. Utkjørhovedsignalet til Bøn falt så i stopp, trolig på grunn av skadene vognene forårsaket lenger bak, og toget stanset inne på Bøn stasjon. På avsporingssstedet kunne man i etterkant observere en solslyng. De bakre vognene gikk fra dette punktet avsporet i ca. 2 km og ødela infrastruktur langs linja. Nes elvebru fikk store skader, og i tillegg knakk flere KL-master og en drivmaskin ble knust. I ettertid mener fører å ha sett uregelmessigheter i sporet før Dønnum blokkpost ved km 64,5, men det kan ikke bekreftes at dette var solslyngen på avsporingsspunktet ved km 64,7. Dersom det foreligger fare for solslyng, er det svært vanlig at den utløsende faktoren er en togpassering.

Fører varslet togleder umiddelbart etter toget stanset, og skaffet seg deretter et overblikk over situasjonen. De første opplysningene gikk ut på at toget hadde tre vogner med farlig gods, og togleder varslet derfor dette videre til nødetatene. Det viste seg etterhvert at det var snakk om tomme gasstanker og gassflasker. Da nødetatene og fagleder brann ankom,

vurderte de at beholderne for farlig gods ikke utgjorde noen fare. Fører varslet også om hendelsen til alarmsentralen hos Green Cargo AB, men det ble ikke varslet videre til SHT slik regelverket tilsier.

Da toget stanset hadde bakerste vogn mistet alle seks hjulganger. SHT anser at både denne og nest bakerste vogn, som begge var tomvogner, hadde gått helt avsporet. Den tredje og fjerde bakerste var kun delvis avsporet. SHT mener det er sannsynlig at disse ble dratt av som følge av at de bakerste vognene heftet seg fast i Nes elvebru. Deretter fulgte en eller begge vogner i spor 2 på Bøn stasjon, men ble dratt tilbake til spor 1 av resten av toget.

Det var sol og varmt vær denne dagen, Nærmeste målestasjon til Bøn stasjon er Gardermoen 11,5 km unna. Det ble der registrert årets, til da, høyeste lufttemperatur på 25,4 °C. Verken tog 5262, som passerte Bøn stasjon kl. 1040, eller en lastetraktor som gikk litt senere på dagen hadde varslet om uregelmessigheter i sporet.

Det oppstod ingen personskader i forbindelse med avsporingen, men fire vogner ble helt eller delvis skadet. Infrastrukturen ble påført store skader og strekningen ble stengt i fire uker for reparasjoner. På strekningen fraktes det ofte farlig gods, selv om det i dette tilfellet kun var snakk om tomme beholdere. En av tankene som tidligere hadde inneholdt hydrogenperoksid, hadde løsnet og stod etter avsporingen skjevt på vogna. En avsporing der slikt gods faller av toget og ut i elva kunne fått store miljømessige følger. Andelva renner noen kilometer lenger ned inn i Vorma, som videre møter Glomma. SHT anser at et utslipp i elva vil kunne medføre miljømessige alvorlige konsekvenser.

Gjennom sikkerhetsundersøkelsen har SHT kommet frem til tre områder man kan ta lærdom av for å redusere sannsynligheten for at dette skjer igjen. Dette gjelder kontroll med trykkspenninger i skinnegangen, håndtering av sporfeil og grensesnittet mellom tidsbegrensede, prosjektbasert arbeider og daglig drift. Disse problemstillingene tas opp i de etterfølgende kapitlene.

3.3 Manglende kontroll med trykkspenninger i skinner

For å holde kontroll med spenningene i skinnene må sporet nøytraliseres slik at man unngår for høye trykk- og strekkspenninger. Et viktig hjelpemiddel i dette er innmåling av linjas horisontale beliggenhet etter faste referansepunkter (VUL/GVUL). SHT gav i 2014 en sikkerhetstilråding til Bane NOR rettet mot VUL/GVUL ([JB Rap. 2014/03](#)). I følge Statens jernbanetilsyn forpliktet Bane NOR seg da til å etablere VUL/GVUL på samtlige banestrekninger, og en fremdriftsplan for dette ble utarbeidet. I følge Infrastrukturdivisjonen i Bane NOR er planen som da ble laget fortsatt gjeldene (Jernbaneverket, 19.11.2014). Det sies videre at «*VUL-merker er i hovedsak ferdig gjennomført for alle elektrifiserte baner med unntak for Flåmsbana. For de ikke-elektrifiserte banene er arbeidene igangsatt med unntak for Raumabanen. Nøytralisering videreføres og vil bli ferdig i henhold til planen dersom tilstrekkelig midler blir stilt til rådighet i årene frem til og med 2020*».

Avsporingssstedet var ikke et sted der man har hatt problemer med solsløyng tidligere, noe man i større grad har hatt lenger nord på strekningen. Hovedbanen har hatt lav prioritet i arbeidet med VUL/GVUL og var derfor ikke utstyrt med slike merker. Siden strekningen ikke var innmålt etter VUL/GVUL har ikke Bane NOR hatt full kontroll på sporets horisontale beliggenhet. Dersom sporet på grunn av stedlige temperaturforhold gradvis

har forflyttet seg innover i kurven, kan det ha medført økte trykkrefter i skinnegangen. Bane NOR sier de ikke har noen konkrete bevis for at sporet flytter seg, men at man forventer at det til en viss grad skjer med et spor av denne typen. SHT ønsker med basis i denne hendelsen å gjenta hvor viktig det er å holde fremdrift i arbeidet med innmåling etter VUL/GVUL og nøytralisering for å opprettholde kontroll med sporets beliggenhet. Det vil da i større grad være rustet til å håndtere trykkspenninger som kan oppstå i varme perioder.

Bruken av banen har vært uendret over mange år, og det har ikke vært gjort noen infrastrukturmessige oppgraderinger utover aktivitetene i føringsveiprosjektet høsten 2015. Banen ligger på en fylling som skråner bratt ned mot elvebredden. På toppen av denne, inntil ballastskulderen, ble en kabelkanal pælet ned i innerkurve før man etterfylte med pukk. Dette medførte at ballastskulderens bredde nærmest ble «låst» mellom kabelkanalen og svillene. Den største knekken i solslyngen gikk likevel inn i kurven, mot kabelkanalen, i motsetning til hva man normalt ser ved solslyng i kurver. Dette kan indikere at sidestøtten ikke var tilstrekkelig på punktet, selv om ballastskulder var bred nok i henhold til teknisk regelverk, og at kravet til antall togpasseringer etter arbeid var tilfredsstillt.

Samtidig med dette arbeidet ble det utført vegetasjonsrydding langs strekningen. Dette medførte økt solinnstråling på strekningen, som igjen kan ha gitt økte trykkspenninger i det helsveisede sporet. Effekten denne endringen av omgivelsene har hatt på det totale risikobildet ble ikke vurdert av Bane NOR.

Bane NOR har en værberedskap med hensikt å overvåke vær-situasjonen i tilfelle det er nødvendig å iverksette beredskapstiltak, slik som ved ekstremvær. I perioder med varmt vær har det vært vurdert å utvide denne til å overvåke med tanke på solslyng, men da hovedsakelig på steder der man er kjent med at dette kan oppstå. Det var ikke noe som tilsa at man skulle ha innført spesiell overvåkning av strekningen denne dagen utover det som finnes i normal drift, da den ikke var regnet som solslyngutsatt.

SHT sine sikkerhetsundersøkelser av tidligere avsporinger knyttet til solslyng, samt erfaringer fra Sverige, viser at det svært ofte har vært utført arbeider i sporet i forkant av en solslyng. Mangel på oppfølging av sporarbeidet underveis og i etterkant har ført til at sporfeil har fått utvikle seg eller strekningen har blitt etterlatt med feil nøytraltemperatur. Arbeidene vil i de fleste tilfellene ha blitt gjort i henhold til teknisk regelverk, men SHT mener at Bane NOR ikke er tilstrekkelig oppmerksom på forutsetningene for anvendelse av regelverket. Regelverkets bestemmelser har som en forutsetning at det ikke foreligger andre forhold som tilsier at nøytraltemperaturen, sporgeometrien eller annet ved sporet er feil. Dersom man har grunn til å tro dette, må det legges inn ytterligere sikkerhetsmarginer.

3.4 Utilstrekkelig oppfølging av sporfeil

Hovedbanen fra Dal til Eidsvoll har kvalitetsklasse K3 og har hatt lav prioritet ved fornyelse. Den trafikkeres nesten utelukkende av godstog og er preget av eldre infrastruktur. Sporfeil og harde overganger til bruer på strekningen gjør at førere har fortalt til SHT at den oppleves som «slengete» og «rykkete». SHT mener at tilstanden til banen og fornyelsestakten kan bidra til at førere blir vant til et dårlig spor og at færre rapporterer om feil. Føreres innrapportering av sporfeil er viktig for Bane NORs arbeid

med å opprettholde standarden på de ulike banestrekningene, og det er ikke ønskelig med lavere rapporteringsvilje.

Rett før solsløyngen og avsporingen var det en sporfeil som hadde utviklet seg over tid. Sporfeilen på stedet ble registrert av de fire siste målevognskjøringene på strekningen (i perioden mai 2015 til mai 2016). Den første kjøringen er fra før arbeidet langs sporet startet og allerede her var vindskjevheten på 2 meters basis over *vedlikeholdsgrensen*. Dette innebærer at Bane NOR skal planlegge utbedring slik at man får rettet feilen «*senest før tiltaksgrensen kan forventes overskredet*» (se Vedlegg C, Vertikalgeometri, justering).

I august 2015, samtidig med arbeidet med nye føringsveier langs og under sporet, ble det meldt om setninger ved rørgjennomføringer. I følge Bane NOR sin prosjektdokumentasjon ble det da bestilt pakkmaskin som skulle korrigere sporfeil på strekningen. I etterkant kan det ikke dokumenteres at det ble korrigert på det aktuelle stedet. Bane NOR verifiserte ikke arbeidet som ble gjort. Havarikommisjonen stiller spørsmål ved om man kan forvente at feil blir korrigert av pakkmaskinen uten at man trenger å ettergå dette i detalj? Dokumentasjon fra denne typen arbeid blir normalt liggende i prosjektdokumentasjonen og ikke i BaneData som driftsorganisasjonen skal forholde seg til. Havarikommisjonen mener dette gjør informasjonen vanskeligere tilgjengelig, og dokumentasjon av sporfeil og feilrettinger i BaneData blir mangelfull.

Neste spormåling med målevogn var i september 2015, og denne viste at vindskjevheten hadde økt med 2 mm og hadde nådd tiltaksgrensen på 10 mm. Høydefeil høyre hadde økt med 5 mm, og var nå 1 mm over vedlikeholdsgrensen. Høydefeil venstre lå 1 mm under tiltaksgrensen. Toleransegrenser for vindskjevhet er lavere enn for høydefeil fordi man anser vindskjevhet som mer kritisk med tanke på avsporinger. Dersom forskjellene mellom skinnene blir for stor kan vogner bli løftet av sporet, eller det kan oppleves kraftige kast i toget ved passering. Når en vindskjevhet kommer til tiltaksgrensen utløses det krav om at den skal «*utbedres og kontrolleres manuelt slik at umiddelbar grense ikke overskrides før neste måling*». Tilsvarende krav finnes for høydefeil som skal «*utbedres snarest, senest før neste måling*». Neste måling kan da være om 6 måneder i forbindelse med den halvårlige målevognskjøringen.

Ved måling i april 2016 hadde vindskjevheten og høydefeil venstre passert tiltaksgrensen, mens høydefeil høyre lå 3 mm over vedlikeholdsgrensen. Driftsorganisasjonen hos Bane NOR iverksatte da tiltak for å utbedre feilen. I etterkant finner ikke Bane NOR dokumentasjon på at dette ble gjort, og basert på at sporfeilen var større ved målevognskjøringene én måned senere er det sannsynlig at det ble uteglemt.

Målevognskjøringen i mai 2016, én måned senere, viste at vindskjevheten hadde stabilisert seg, mens høydefeilene hadde økt med ytterligere 1 og 2 mm. Pakkmaskin var da bestilt for arbeid i juni, og Bane NOR forventet at dette skulle være tilstrekkelig. Høydefeilen ville i dette tilfellet være av en størrelsesorden som gjorde at den føltes som en kraftig dump i sporet. Da toget passerte over denne medførte det en økt energioverføring til skinnene, og det kan ha vært utslagsgivende for solsløyngen på et tidspunkt da skinnegangen allerede var under store trykkspenninger.

Sporfeil som måles til å være over umiddelbargrensen håndteres så raskt som mulig, men det er opp til driftsorganisasjonen å holde oppsikt med sporfeil som er under utvikling. I noen tilfeller kan sporfeil komme og gå med årstidene, eller stabilisere seg over tid. Det

er derfor nødvendig med både erfaring og kompetanse for å holde et godt nok bilde med tilstanden til banen. Ulike personer kan derfor vurderer utviklingen til sporfeil ulikt.

Setninger i sporet som oppstår underveis i arbeider blir håndtert i prosjektorganisasjonen. Havarikommisjonen ser en potensiell risiko i at dersom disse fortsetter å utvikle seg etter at prosjektet er ferdig, vil årsak og dokumentasjon av ev. korrigerende tiltak ligge i prosjektdokumentasjonen, og ikke som en del av den kontinuerlige oppfølgingen av banen.

Havarikommisjonen mener at Bane NOR har et forbedringspotensiale i å forsikre seg om at man innhenter og kontrollerer dokumentasjon av korrektivt feilretting, både det som gjøres i prosjektsammenheng og i daglig drift. Hvis rutiner for dette hadde vært fulgt ville man kunne avdekket at feilrettingen ikke hadde blitt utført.

3.5 Sårbarheter i risikovurdering i grensesnitt prosjekt og drift

Havarikommisjonen mener at arbeidet med å vurdere hvor kritisk en sporfeil er, må ses i sammenheng med banens tilstand for øvrig og hvorvidt forhold har endret seg i den senere tid. Dette inkluderer påvirkninger fra arbeid både i og nær sporet, slik som man har sett i denne avsporingen. I dette arbeidet er samarbeid og involvering i risikovurderinger svært viktig.

Oppgraderingsprosjekter utover normal drift håndteres som prosjekter i Bane NOR. I dette tilfellet var det utført et slikt prosjekt langs linja sommeren og høsten før. Slike arbeider skal utføres i henhold til krav i teknisk regelverk, men fordi det kan påvirke andre forhold ved linja, stiller Bane NOR krav gjennom Sikkerheshåndboken om at det skal utføres en risikovurdering i forkant. I risikovurderingen prosjektet utførte for føringsveiene ved Bøn (Jernbaneverket, 15.12.2014) var det identifisert én fare knyttet til avsporing. Denne omhandlet ustabile spor ved rørgjennomføringer og kummer, men man antok dette var tilstrekkelig håndtert ved pakking og kontrollmåling før trafikken ble satt på igjen. Stedlige forhold knyttet til infrastrukturens alder, banens kurvatur, mangel på VUL, økt solinnstråling som følge av vegetasjonsfjerning, eller svekkelse av sidestabilitet på grunn av pæling av kabelkanalen ble ikke vurdert. Havarikommisjonen mener det er prosjektets ansvar å kartlegge hvordan deres aktiviteter kan innvirke på eksisterende infrastruktur, men det hviler også et ansvar på organisasjonen som står for daglig drift og oppfølging å spille inn risikofaktorer de kjenner til. I dette tilfellet kan det ikke dokumenteres at dette samarbeidet har fungert slik det burde.

Siden risikovurderingen utføres i prosjektet, som er frittstående fra driftsorganisasjonen med ansvaret for daglig oppfølging, vil det være ekstra viktig at noen holder oppsikt med det totale risikobildet. Driftsorganisasjonen var kjent med at strekningens horisontale beliggenhet over tid kunne ha flyttet seg noe, samt at det fantes sporfeil på strekningen som forsterket påvirkningen fra en togpassering. De hadde også ansvar for å planlegge og gjennomføre vegetasjonsrydding som ville bidra til økt soleksponering. Parallelt med dette ble det i prosjektet utført arbeid som kunne bidra til svekket sidestøtte i kurven, og det ble underveis i dette arbeidet rapportert om setninger ved rørgjennomføringene som ble laget. Tiltak som ble iverksatt for å korrigere disse kan ikke Bane NOR dokumentere at ble gjennomført, verken underveis i prosjektet eller i etterkant.

Totalt sett bidro en rekke faktorer til å gjøre sporet sårbart, men denne risikoen ble ikke godt nok håndtert av Bane NOR. Havarikommisjonen har erfaringsmessig sett at det kan

være krevende å holde oversikt over innflytelsen et prosjektarbeid har på den daglige drift og motsatt. Rammene for samarbeid og involvering kan være påvirket av ressurstilgang, tid og arbeidsoppgaver. Det er mange samtidige aktiviteter og dokumentasjon av det som gjøres er ikke nødvendigvis enkelt tilgjengelig for de ulike parter. Det kan også være uklart hvilket ansvar de ulike aktører har i en slik situasjon, selv om det overordnede ansvaret ligger hos Banesjef.

Havarikommisjonen mener Bane NOR må fokusere ytterligere på forbedring av prosessen som skal sikre at man kartlegger totalbildet av risikofaktorer som kan innvirke på banens tilstand. Det er viktig at man inkluderer både den erfaring prosjektorganisasjonen har med tilsvarende arbeider andre steder, og driftsorganisasjonens kunnskap om eventuelle sårbarheter ved strekningen ved planlegging av arbeid som skal utføres.

4. KONKLUSJON

Den 31. mai var første varme dagen i 2016, noe som bidro til at Green Cargo AB sitt godstog 5242 sporet av i en solslyng rett nord for Bøn stasjon på Hovedbanen. De fire bakerste vognene sporet helt eller delvis av, og både materiell og infrastruktur ble påført store skader. Strekningen ble stengt for reparasjon i totalt fire uker. Avsporingssstedet ligger på Hovedbanen mellom Dal og Eidsvoll, en strekning som har kvalitetsklasse K3. Banen trafikkeres nesten utelukkende av godstog og var på hendelsestidspunktet preget av eldre infrastruktur. Det har tidligere vært meldt om sporfeil og harde overganger til bruer på strekningen.

På avsporingssstedet ligger banen på en fylling som skråner bratt ned mot elvebredden. På toppen av denne, inntil ballastskulderen, ble det sommer/høst 2015 lagt klar en kabelkanal for nye føringsveier for veisikringsanlegget på Bøn stasjon. Kanalen ble «pælet ned» i innerkurve, før man etterfylte med pukk. Da solslyngen «knakk ut» gikk den største knekken inn i kurven mot kabelkanalen, i motsetning av hva man normalt ser ved solslyng i kurver. Dette kan indikere at sidestøtten ikke var tilstrekkelig på punktet. Samtidig med føringsveiprojektet ble det utført vegetasjonsrydding langs strekningen, noe som medførte økt solinnstråling og dermed kan ha gitt økte trykkspenninger i det helsveisede sporet.

Havarikommisjonens sikkerhetsundersøkelser av tidligere avsporinger knyttet til solslyng, samt erfaringer fra Sverige, viser at det svært ofte har vært utført arbeider i sporet i forkant for en solslyng. Mangel på oppfølging av sporarbeidet underveis og i etterkant har ført til at sporfeil har fått utvikle seg eller strekningen har blitt etterlatt med feil nøytraltemperatur. Arbeidene vil i de fleste tilfellene ha blitt gjort i henhold til teknisk regelverk, men Havarikommisjonen mener at Bane NOR ikke er tilstrekkelig oppmerksom på forutsetningene for anvendelse av regelverket. Regelverkets bestemmelser har som en forutsetning at det ikke foreligger andre forhold som tilsier at nøytraltemperaturen, sporgeometrien eller annet ved sporet er feil. Dersom man har grunn til å tro dette, må det legges inn ytterligere sikkerhetsmarginer.

Strekningen er ikke utstyrt med VUL-merker som sikrer kontroll med at kurver ligger slik de opprinnelig er tiltenkt. Dersom sporet over tid, eller på grunn av ytre påvirkninger forflytter seg, kan det virke på spenningsforholdene i skinnegangen slik at risiko for solslyng eller skinnebrudd øker. Havarikommisjonen ønsker med basis i denne hendelsen å gjenta hvor viktig det er å holde fremdrift i arbeidet med innmåling etter VUL/GVUL og nøytralisering for å opprettholde kontroll med sporets beliggenhet. Det vil da i større grad være rustet til å håndtere trykkspenninger som kan oppstå på varme dager slik som var tilfellet her.

I tilknytningen til solslyngen var det en sporfeil som hadde utviklet seg over tid. Sporfeilen hadde blitt registrert av de fire siste målevognskjøringene på strekningen (utført i perioden mai 2015 til april 2016) og tendensen var allerede tilstede før arbeidet med føringsveiene startet. I august 2015, samtidig med arbeidet med kabelkanal og rørgjennomføringer, ble det meldt om setninger i sporet på strekningen. Det ble da bestilt pakkmaskin som skulle korrigere feil på strekningen. I etterkant har det vist seg at det ikke ble pakket på det aktuelle stedet, og dette ble heller ikke oppdaget av Bane NOR sin prosjektorganisasjon eller driftsorganisasjon. Ved måling i april 2016 iverksatte driftsorganisasjonen hos Bane NOR tiltak for å utbedre feilen, men heller ikke her finner man dokumentasjon på at dette ble gjort. Det er sannsynlig at dette ble uteglemt.

Setninger i sporet som kommer underveis i arbeider blir håndtert i prosjektorganisasjonen. Havarikommisjonen ser en potensiell risiko i at dersom disse fortsetter å utvikle seg etter at prosjektet er ferdig, vil årsak og dokumentasjon av eventuelle korrigerende tiltak ligge i prosjektdokumentasjonen, og ikke som en del av den kontinuerlige oppfølgingen av banen.

Havarikommisjonen mener at Bane NOR har et forbedringspotensiale i å forsikre seg om at man innhenter dokumentasjon av korrektiv feilretting slik at det dokumenteres i BaneData, både det som gjøres i prosjektsammenheng og det som utføres som en del av daglig drift.

I risikovurderingen prosjektet utførte i forkant var det kun identifisert én fare knyttet til avsporing. Denne omhandlet ustabile spor ved rørgjennomføringer og kummer, men man antok dette skulle håndteres ved pakking og kontrollmålinger. Stedlige forhold knyttet til infrastrukturens alder, banens kurvatur, mangel på VUL, økt solinnstråling som følge av vegetasjonsfjerning, eller svekkelse av sidestabilitet på grunn av pæling av kabelkanalen, ble ikke vurdert. Havarikommisjonen mener at det er prosjektets ansvar å kartlegge hvordan deres aktiviteter kan innvirke på eksisterende infrastruktur, men det hviler også et ansvar på organisasjonen som står for daglig drift og oppfølging å spille inn risikofaktorer de kjenner til. I dette tilfellet kan det ikke dokumenteres at dette samarbeidet har fungert slik det burde.

Havarikommisjonen mener Bane NOR må forbedre prosessen som skal sikre at man oppnår en felles forståelse av risikofaktorer som kan innvirke på banens tilstand. Dette kan være avgjørende i grensesnittet mellom prosjektbasert arbeid og daglig drift. Det er viktig at man inkluderer erfaring både fra prosjektorganisasjonen og driftsorganisasjonen, når man planlegger arbeid som skal utføres. Prosjektorganisasjonen har ofte gjort tilsvarende arbeider andre steder, mens driftsorganisasjonen har kunnskap om eventuelle sårbarheter ved strekningen.

Et gjennomgående trekk når man ser på solslyngproblematikk er at det ofte har vært utført en form for arbeid i sporet i forkant av hendelsen. Det er grunn til å anta at Bane NOR sitt vedlikeholdsarbeid i 2015 var en medvirkende faktor til at solslyngen oppstod, men det var også andre forhold som sporfeil og endrede omgivelser som bidro. Havarikommisjonen mener at arbeidet med å vurdere hvor kritisk en sporfeil er må ses i sammenheng med banens tilstand for øvrig, og hvorvidt forhold har endret seg i den senere tid. Dette inkluderer påvirkninger fra arbeid både i og nær sporet, slik som man har sett i denne avsporingen. I dette arbeidet vil Havarikommisjonen fremheve at samarbeid og involvering i risikovurderinger er svært viktig.

Havarikommisjonen mener at de viktigste medvirkende faktorene til avsporingen var:

- Bane NOR hadde ikke tilstrekkelig kontroll med trykkspenningene i skinnegangen.
- Bane NOR hadde ikke korrigert sporfeil i tide.
- Det totale risikobildet for strekningen var ikke tilstrekkelig kjent og håndtert i forbindelse med sporarbeider høsten før.

5. GJENNOMFØRTE TILTAK

I følge Green Cargo AB har deres rutiner for muntlig varsel til Havarikommisjonen blitt oppdatert etter ulykken. Dette manglet i det opprinnelige rammeverket for hvordan Green Cargo AB skulle håndtere ulykker, tilløp og andre forhold som påvirket jernbanetraffikk («*Green Cargo ramverk för hantering av olycka, tillbud och förhållande i järnvägstrafik*». datert 2016-07-05, utgave 24).

6. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Statens havarikommisjon for transport fremmer følgende sikkerhetstilrådinger⁸:

Sikkerhetstilråding JB nr. 2017/03T

Den 31. mai 2016 sporet Green Cargo AB sitt godstog 5242 av i en solslyng rett nord for Bøn stasjon på Hovedbanen. En av faktorene som bidro til solslyngen var en sporfeil som hadde utviklet seg over tid. Bane NOR SF registrerte sporfeilen flere ganger, men den ble ikke utbedret.

Statens havarikommisjon for transport tilrår Statens jernbanetilsyn å be Bane NOR SF gjennomgå og forbedre kontrollmekanismene som skal sikre at sporkorrigerer blir utført og dokumentert.

Sikkerhetstilråding JB nr. 2017/04T

Den 31. mai 2016 sporet Green Cargo AB sitt godstog 5242 av i en solslyng rett nord for Bøn stasjon på Hovedbanen. I forkant av avsporingen var det gjort arbeider langs strekningen. Bane NOR SF klarte ikke å fange opp risikoforholdene som økte sårbarheten for solslyng, verken de som var kjent for driftsorganisasjonen, eller de som ble introdusert gjennom arbeidet som ble utført året før.

Statens havarikommisjon for transport tilrår Statens jernbanetilsyn å be Bane NOR SF om å styrke prosessen for felles risikoforståelse i grensesnitt mellom prosjektbasert arbeid og daglig drift.

Statens havarikommisjon for transport

Lillestrøm, 22. mai 2017

⁸ 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.

7. REFERANSER

Cedergårdh, D., 1.12.2015. *Solkurvor 2015 - Statistik, analys och förslag på åtgärder, TRV 2015/93825*, Trafikverket: <http://www.trafikverket.se>.

<http://jernbanekompetanse.no>, 2017. *Aksialkrefter i helsveist spor*. Kap 2.1: Nøytraltemperatur.

Jernbaneverket, 1.7.1999. *Lærebøker i jernbaneteknikk, L532: kap. 6 Sporets sidemotstand*.

Jernbaneverket, 15.12.2014. *Risikovurderingsrapport nye føringsveier for kabler på Bøn stasjon, RA-2014-1593, Rev. 001*. Oslo, Jernbaneverket.

Jernbaneverket, 19.11.2014. *Plan for varig utfesting av linjen. Versjon 2.0*, Jernbaneverket: Infrastruktur og vedlikehold.

Kalvø, E., 2015. *Beredskap ved fare for solslyng*, Trondheim: NTNU i samarbeid med Jernbaneverket.

Kish, A. & Samavedam, G., 2013. *Track Buckling Prevention: Theory, Safety Concepts, and Applications, DOT/FRA/ORD-13/16*, U.S. Department of Transportation: Federal Railroad Administration.

Sørli, P. H., 18.4.2008. *Krefter i helsveist spor*, Oslo: Jernbaneverket.

Wu, Y. M., Rasul, M. & Khan, M., 9.8.2011. *Track Stability Management: Development of Rail-Temperature Prediction Model and Software*, Australia: CRC for Rail Innovation.

8. VEDLEGG

Vedlegg A – Safety Recommendations

Vedlegg B – Togoppgave

Vedlegg C – Utdrag fra Bane NORs tekniske regelverk

Vedlegg D – Spørsmål

VEDLEGG A – SAFETY RECOMMENDATIONS

The Accident Investigation Board Norway proposes the following safety recommendations¹:

Safety recommendation JB No 2017/03T

On 31 May 2016, Green Cargo AB's freight train 5242 derailed due to buckling of the track just north of Bøn station on the Hovedbanen line. One of the factors that caused the buckling was a track fault that had developed over time. Bane NOR SF registered the track fault several times, but it was not repaired.

The Accident Investigation Board Norway recommends that the Norwegian Railway Authority request Bane NOR SF to review and improve the control mechanisms that are supposed to ensure that track corrections are carried out and documented.

Safety recommendation JB No 2017/04T

On 31 May 2016, Green Cargo AB's freight train 5242 derailed due to buckling of the track just north of Bøn station on the Hovedbanen line. Work had been carried out on the section prior to the derailment. Bane NOR SF was unable to identify the risk factors that caused increased vulnerability to buckling, neither those that were known to the operating organisation nor those that were introduced through the work performed the year before.

The Accident Investigation Board Norway recommends that the Norwegian Railway Authority request Bane NOR SF to strengthen its process for ensuring a shared risk understanding at the interface between project-based work and day-to-day operations.

¹ The investigation report is submitted to the Ministry of Transport and Communications, 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 – TOGOPPGAVE

Togoppgave / Bremseseddel for godstog											
Rekkefølge		Lok individ (serie nr)	Type (litra)	Lengde (meter)	Antall aksler	Brutto vekt (tonn)	Brems vekt	Brems gruppe			
Kts	Opps.										
	1	1431	RE	18,90	4	84,00	57,00	G			
	2										
							57,00				
Rekkefølge		Vogn Individ (serie nr)	Type (litra)	Lengde (meter)	Antall aksler	Brutto vekt (tonn)	Brems vekt	Brems gruppe	Farlig gods		
Ktr	Opps,								ADR	ADR	
	1	33 68 4954 500-7	SGGMRS	33,48	6	53,00	53,00	P	ADR	ADR	
	2	33 68 4953 586-7	SGGMRS	33,48	6	67,00	67,00	P			
	3	33 68 4955 389-4	SDGGMRS-1	34,20	6	59,80	59,80	P	ADR	ADR	
	4	37 80 4954 009-9	SGGMRS	33,48	6	46,00	46,00	P			
	5	37 80 4952 475-4	SGGMRS	33,48	6	47,00	47,00	P			
	8	33 68 4954 714-4	SGGMRS	33,48	6	35,00	35,00	P			
	7	33 68 4954 722-7	SGGMRS	33,48	6	30,00	30,00	P			
	8	31 80 4993 316-7	SDGGMRS-L	34,20	6	63,80	63,80	P			
	9	33 68 4953 811-9	SGGMRS	33,48	6	46,00	46,00	P	ADR	ADR	
	10	33 68 4955 241-7	5DGGMRS-L	34,20	6	47,80	47,80	P			
	11	33 68 4955 272-2	SDGGMRS-L	34,20	6	34,80	34,80	P			
	12	33 68 4953 588-3	SGGMRS	33,48	6	30,00	30,00	P			
Sum vogner:				404,64	72	560,20	476,17				
Bremsprøve utført og godkjent											
Kommentarer	Brems %	Lengde (meter)	Antall aksler	Brutto vekt (tonn)	Brems vekt (tonn)	Brems gruppe	Farlig gods		Slutt signal	Attestasjon	
							UN nr	Klasse		Sted	Åndalsnes
	92	423,54	76	644,20	590,17	P			x	Klokkeslett	31.05.2016
										Dato	
										Underskrift	

Figur 1: Togoppgave. Kilde: Green Cargo¹

¹ Informasjon om eier av last er utelatt fra gjengivelsen av togoppgaven.

VEDLEGG C

1. UTDRAG FRA BANE NORS TEKNISKE REGELVERK

Dette vedlegget gjengir relevante deler av teknisk regelverk fra Bane NOR.

1.1 Vertikalgeometri: Grenseverdier for vindskjevhet

Tabell 8: Tillatte vindskjevheter med 2 meter målebasis

Kvalitetsklasse	Hastighet (km/h)	Vindskjevhet (+/- mm)				
		Nyjustert spor	Vedlikeholdsgrense	Tiltaksgrense	Umiddelbar grense	
					R ≥ 400 m ¹⁾	R < 400 m ¹⁾
K0	145 -	2	7	10	14	12
K1	125 - 140	2	7	10	14	12
K2	105 - 120	2	7	10	14	12
K3	75 - 100	3	7	10	14	12
K4	45 - 70	4	7	10	14	12
K5	- 40	5	7	10	14	12

Tabell 9: Tillatte vindskjevheter med 9 meter målebasis

Kvalitetsklasse	Hastighet (km/h)	Vindskjevhet (+/- mm)				
		Nyjustert spor	Vedlikeholdsgrense	Tiltaksgrense	Umiddelbar grense	
					R ≥ 400 m ¹⁾	R < 400 m ¹⁾
K0	145 -	6	24	31	43	34
K1	125 - 140	6	24	31	43	34
K2	105 - 120	6	24	31	43	34
K3	75 - 100	9	24	31	43	34
K4	45 - 70	12	24	31	43	34
K5	- 40	15	24	31	43	34

Figur 1: Grenseverdier for vindskjevhet fra Bane NOR teknisk regelverk¹

¹ https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Vedlikehold/Sporjustering_og_stabilisering#Sporets_geometri

1.2 Vertikalgeometri: Grenseverdier for høydefeil

3.2.2 Toleranser

► a) Tabell 6 , Tabell 7 , Tabell 8 og Tabell 9 viser hvilke grenseverdier som gjelder for de forskjellige kvalitetsklasser.

Tabell 6: Tillatte ujevnheter i høyde

Kvalitetsklasse	Hastighet (km/h)	Ujevnheter i høyden av hver skinnestreng (+/- mm)			
		Nyjustert spor	Vedlikeholdsgrense	Tiltaksgrense	Umiddelbar grense
K0	145 -	2	6	9	16
K1	125 - 140	2	6	10	23
K2	105 - 120	2	7	12	26
K3	75 - 100	4	10	16	26
K4	45 - 70	5	13	21	28
K5	- 40	6	17	27	28

- Ujevnheter i høyde i hht. toleransene i Tabell 6 kan kun måles med målevogn, der feilene forekommer hyppigst i det kortbølgede området (bølgespekter: 3 - 25 m).
- **Nivellement** av hver skinnestreng kan imidlertid gi verdifull informasjon om høydebeliggenheten til sporet og dermed vertikale ujevnheter for øvrig.

Figur 2: Grenseverdier for høydefeil fra Bane NOR teknisk regelverk.²

1.3 Vertikalgeometri: Justering

3.2.3 Justering

► a) På steder hvor vindskjevheten overstiger umiddelbare grenser i Tabell 8 eller Tabell 9 , skal utbedring foretas **umiddelbart**

► b)

1. Ved overskridelse av **tiltaksgrensene** skal vindskjevheter utbedres og kontrolleres manuelt slik at umiddelbar grenser i Tabell 8 og Tabell 9 ikke overskrides før neste måling.
2. Ved overskridelse av **tiltaksgrensene** skal høyde- og overhøydefeil utbedres snarest, senest før neste måling.

► c) Ved overskridelse av **vedlikeholdsgrensene** skal utbedring planlegges slik at feilen er utbedret senest før tiltaksgrensen kan forventes overskredet. Overskridelser kan registreres på skjema i [Oppfølging av sporgeometriske feil](#) , som brukes til oppfølging og planlegging av utbedring.

Sidejusteringen skal sikre sporets nødvendige stabilitet og hovedform.

Figur 3: Grenseverdier og justering av sporfeil fra Bane NOR teknisk regelverk³

² https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Vedlikehold/Sporjustering_og_stabilisering#Sporets_geometri

³ https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Vedlikehold/Sporjustering_og_stabilisering#Sporets_geometri

1.4 Temperaturgrenser – sikring mot solslyng

- ▶ a) Nøytraltemperaturen er satt til +21°C +/- 3°C i Bane NOR. Nøytraltemperaturområdet, som angir toleransene, er 18 - 24°C.

Nøytraltemperaturen er bestemmende for alle vedlikeholdsarbeider i sporet og skal gjøres kjent for alt personale som har befatning med slike arbeider.

2.4.1 Temperaturintervaller ved justering av sporet

- ▶ a) Justering av sporet (pakking og baksing) skal utføres innenfor temperaturområder gitt i Tabell 1 [1](#).

Tabell 1: Temperaturintervaller for sporjustering i helsveist spor

Kurveradius (m)	Temperaturintervaller (°C)
≥ 800	0 - +35
400 - 800	+5 - +30
≤ 400	+10 - +30

Dersom sporet er utfestet i henhold til [Overbygning/Prosjektering/Utfesting og fastmerkenett](#), slik at sideforskyvningene kan kontrolleres, kan justeringsarbeidene skje ved temperaturer ned til +5°C, også i kurver med radius under 400 m. Unntak fra bestemmelsene i tabell [Tabell 1](#) er baksing i forbindelse med oppstått solslyng eller utbedring av grove sporfeil.

I avsnitt [Krav til hastighet](#) finnes bestemmelser angående hastighetsnedsettelse etter sporjustering i kurver med radier under 400 m.

2.4.2 Andre vedlikeholdsarbeider

- ▶ a) Vedlikeholdsarbeider som ballastrensing, løfting av sporet, svillebytting, svilleregulering, nedgraving av kabler i ballastkanten og andre arbeider som kan svekke sporets stabilitet, skal bare utføres innenfor skinnetemperaturområdet: 0 °C - +30 °C
 - ▶ b) På steder hvor en eller begge ballastskuldre er fjernet eller er sterkt redusert, skal sikring mot solslyng foretas når skinnetemperaturen overstiger +30 °C. Dette gjøres ved å kappe skinnene slik at de ligger spenningsfrie i området hvor ballasten er fjernet. På steder hvor hele ballastprofilen er fjernet i en lengde av over 7 meter skal det alltid foretas sikring mot solslyng.
 - ▶ c) Vedlikeholdsarbeid skal straks avbrytes også før den høyest tillatte skinnetemperatur nås, dersom det viser seg at sviller forandrer leie allerede ved første løft.
 - ▶ d) På alle strekninger skal det av hensyn til faren for solslyng passes på at sporet ikke bakes innover i kurvene.
- e) Når arbeidsoppgaver fører til at det blir groper i ballasten eller åpninger mellom svilleendene og ballasten (f.eks. etter pakking og baksing), skal gropene snarest fylles igjen og ballasten komprimeres. Det er av avgjørende betydning at ballastprofilen er fullverdig, godt pakket og jevnt pusset.

2.4.3 Nøytralisering ved større arbeider

► a) Ved større inngrep i spor som ikke er varig utfestet i henhold til [Utfesting og fastmerkenett](#), skal sporet alltid nøytraliseres etter at arbeidene er utført. Dette gjelder følgende sporarbeider:

1. ballastrensing
2. svillebytte
3. svilleregulering
4. arbeider som medfører helt eller delvis fjerning av ballastskuldre

► b) Nøytralisering utføres etter regler gitt i [Helsveist spor](#).

c) Ved sporarbeider der opptil 7 m av sporet berøres, er det ikke nødvendig med nøytralisering dersom:

1. skinnene ikke er kappet
2. sporets geometri etter arbeidene tilfredsstiller kravene gitt i avsnitt [Sporets geometri](#), dvs. for:
 - tillatt avvik i sporvidde
 - tillatte avvik i vertikalgeometrien (ujevnheter i høyde og overhøyde, vindskjevheter med målebasis 2 m og 9 m)
 - tillatt pilhøydefeil
3. tillatt avvik i horisontal beliggenhet gitt i avsnitt [Horisontal beliggenhet](#) er innenfor Vedlikeholdsgrensen.

d) Dersom sporet er varig utfestet i henhold til [Utfesting og fastmerkenett](#), kan nøytralisering utelates dersom man kan kontrollere at sporet ligger innenfor grensene som er gitt i avsnitt [Sporets beliggenhet](#).

Figur 4: Sikring mot solsløng fra Bane NOR teknisk regelverk.⁴

1.5 Sporjustering og stabilisering - Krav til kontroll

6.4 Krav til kontroll

6.4.1 Tilsyn med helsveist spor

Ved tilsyn med helsveist spor skal det kontrolleres at kravene for helsveist spor til enhver tid er oppfylt i henhold til [Overbygning/Prosjektering/Helsveist spor](#) og [Overbygning/Prosjektering/Ballast](#). Spesielt skal påses at ballastprofilen er fullverdig, og at alle befestigelser er påsatt og i orden.

6.4.1.1 Tilsyn ved høye temperaturer

- a) I perioder med sterk, vedvarende varme, og når det utføres sporarbeider som svekker sporets stabilitet, skal det foretas ekstra visitasjon.
1. I tillegg skal det holdes spesielt oppsyn med skarpe kurver på smale fyllinger og strekningsavsnitt som erfaringsmessig er utsatt for solsløng eller solsløngtendenser.
 2. Tilsynet skal utføres i dagens varmeste timer, eller før eventuelle tog skal passere, og skal ikke opphøre før temperaturen er fallende.

Figur 5: Utdrag fra Bane NOR teknisk regelverk.⁵

⁴ https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Vedlikehold/Sporjustering_og_stabilisering#Temperaturgrenser_-_sikring_mot_solslyng

⁵ https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Vedlikehold/Sporjustering_og_stabilisering, kap. 6 Sporjustering og stabilisering

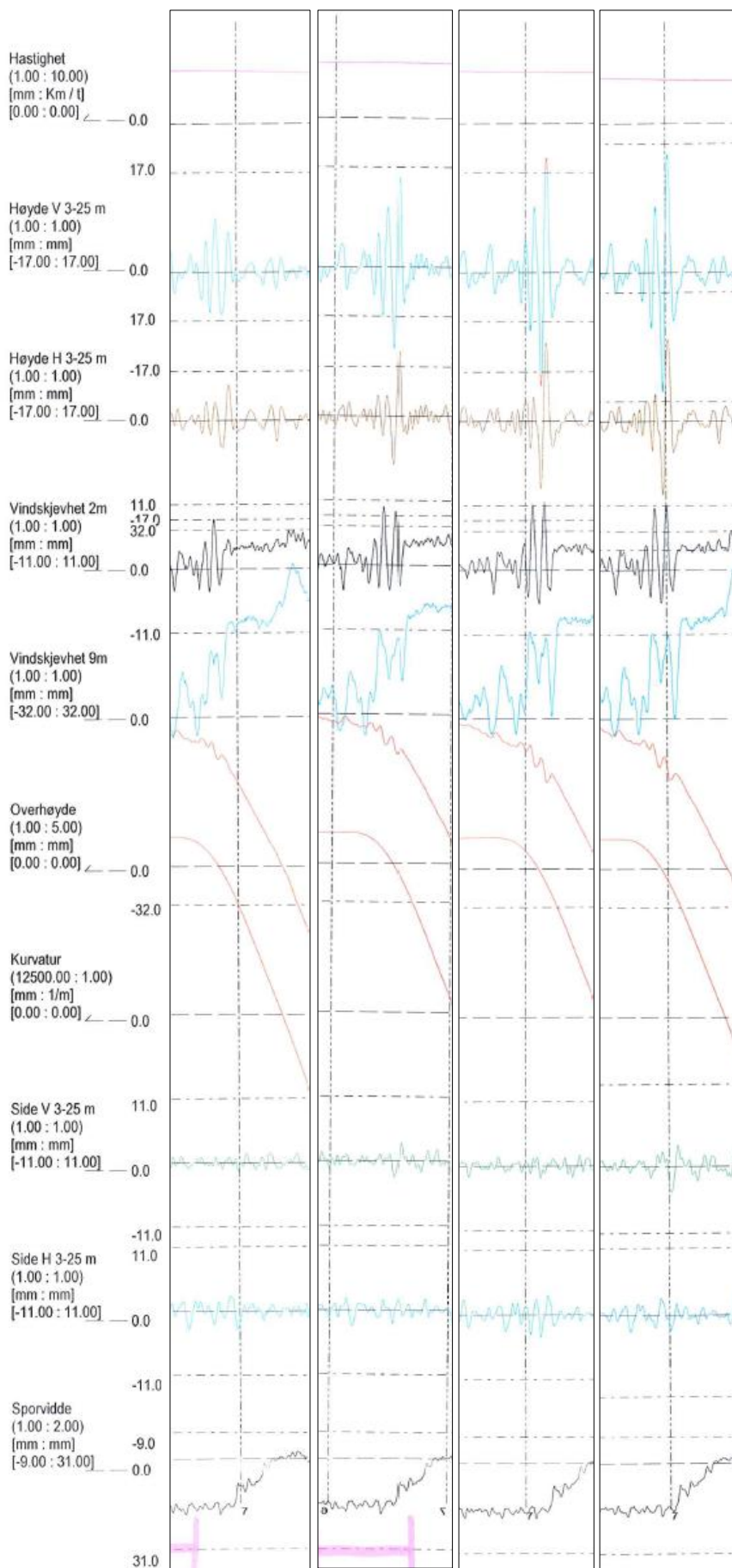
VEDLEGG D - SPORMÅLINGER

I tidsrommet 27. mai 2015 til 18. mai 2016 ble det kjørt fire spormålinger på strekningen, disse er gjengitt for sammenlikning i figuren under:

- a) 27. mai 2015: Lillestrøm–Eidsvoll
- b) 19. september 2015: Eidsvoll–Lillestrøm
- c) 18. april 2016: Lillestrøm–Eidsvoll
- d) 18. mai 2016: Lillestrøm–Eidsvoll¹

Kilometer som er angitt i spormålinger fra målevogn kan merke punktet for sporfeil på feil sted dersom målingene ikke er nøyaktig synkronisert med kilometerangivelser langs linja. De fire spormålingene, som alle er gjort innenfor et år og vist i figur under, er eksempler på dette, da de viser samme mønster for sporfeilene, men angitt med litt forskjøvet kilometer.

¹ Denne kjøringen med målevogn har delt opp strekningen i K3 og K4. Jernbaneverket bemerker at dette er en feil, da hele strekningen er å regne som K3. Toleransegrensene vil derfor være annerledes i diagrammet sammenliknet med a), b) og c).



Figur 1: SHTs sammenstilling av spormålinger a), b), c) og d). Kilde: Bane NOR