



sht

Statens
Havarikommisjon
for Transport

Avgitt mai 2016

RAPPORT

JB 2016/04



RAPPORT OM JERNBANEULYKKE VED OPPEGÅRD STASJON 20. MAI 2015 MED TOG 45958



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

INNHALDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG.....	3
ENGLISH SUMMARY	3
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER	5
1.1 Melding om havariet	5
1.2 Undersøkelsen og organisering	5
1.3 Hendelsesdata	5
1.4 Hendelsesforløp	5
1.5 Skader på involvert materiell	7
1.6 Skadebeskrivelse av infrastruktur og kjørevei	8
1.7 Personskader	8
1.8 Været.....	8
2. GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER	9
2.1 Innledning	9
2.2 Aktører involvert.....	9
2.3 Om materiellet	9
2.4 Undersøkelse av infrastruktur	11
2.5 Undersøkelse av sprekkdannelser i vogn og ødelagt fjæroppheng	14
2.6 Undersøkelse av lastfordeling på vogn	18
2.7 Undersøkelse av fremføringsmessige forhold	21
2.8 Lover og forskrifter, operative regler.....	24
2.9 Liknende hendelser	24
3. ANALYSE.....	26
3.1 Innledning	26
3.2 Hendelse- og konsekvensanalyse.....	26
3.3 Togsammensetting og fremføringsmessige forhold.....	28
3.4 Lastfordeling	29
3.5 Sprekkdannelser i materiell.....	30
4. KONKLUSJON	31
5. SIKKERHETSTILRÅDINGER	33
6. VEDLEGG.....	34

SAMMENDRAG

Den 20. mai 2015 ca. kl. 1006 sporet en godsvogn i tog 45958 av ved Oppegård på Østfoldbanen. Toget fra Green Cargo AB var på vei fra Göteborg til Alnabru i Oslo. Rett etter Oppegård kjente fører et «rykk» i toget, og deretter forsvant hovedledningstrykket. Da toget stanset ble det fastslått at vogn 3 i toget hadde gått avsporet i ca. 840 meter.

Idet vogna befant seg i en skarp kurve oppstod det hjulavlastning for høyre, fremre hjulgang. Hjulavlastning kan ha oppstått som følge av at vogna foran var vesentlig tyngre og det oppstod sterke bufferkrefter i den krappe kurven i forbindelse med en nedbremsing. Deler av overgangskurven var nær vedlikeholdsgrensen for vindskjevhet. Lastberegninger viser at lastfordelingen i den avsporede vogna var ujevn både sideveis og i lengderetning. Skjevlasten som ble registrert ved en automatisk hjulskadedetektor indikerer en stor forskjell mellom hjulene på bakre aksel, som ikke kan forklares med forskjøvet last. Havarikommisjonen mener at det er sannsynlig at vognen har hatt en feiltilstand som enten ikke lot seg avdekke på havaristedet, eller feilen var av en slik art at den ble kamuflert av følgeskadene etter avsporingen. Det er også sannsynlig at Lgjns vogna fra 1976 hadde svakheter i form av små sprekkdannelser på overflaten av langbjelken og innesluttede sprekkdannelser i tilknytning til sveiser, som vil fungere som bruddanvisere ved en overbelastning. Undersøkelser Havarikommisjonen har fått utført ved Forsvarets Laboratorietjeneste støtter dette.

Havarikommisjonen anser at flere faktorer medvirket til ulykken. Hver enkelt av disse ville ikke under normale omstendigheter være i stand til å forårsake en avsporing alene, men i kombinasjon utgjorde de en risiko.

Havarikommisjonen fremmer to sikkerhetstilrådinge til Green Cargo AB vedrørende egenskapene til to-akslede Lgjns-vogner. Den ene er rettet mot risikoen for sprekkdannelser der akselkasseføringene er festet i langbjelken. Den andre går på lastfordeling på denne typen lette, to-akslede vogner.

ENGLISH SUMMARY

At approximately 10.06 on 20 May 2015, a freight wagon on train 45958 derailed near Oppegård on the Østfoldbanen line. The train from Green Cargo AB was on its way from Gothenburg to Alnabru in Oslo. Immediately after Oppegård, the driver felt the train 'jerk', after which the main brake pipe pressure disappeared. When the train stopped, it was established that wagon number 3 in the train had been derailed for about 840 metres.

As the wagon was negotiating a sharp curve, wheel lift occurred in the right forward wheelset. The wheel lift could have occurred as a result of the wagon in front being significantly heavier, creating strong buffer forces in the tight curve in connection with braking. Parts of the transition curve were near to the maintenance limit for track twist. Load calculations show that the load distribution in the derailed wagon was uneven, both laterally and longitudinally. The uneven load that was registered using an automatic wheel damage detector indicates a big difference between the wheels on the back axle that cannot be explained by load transfer. The Accident Investigation Board Norway (AIBN) believes that it is probable that the wagon had a fault condition that either could not be detected at the accident site or that was of such a nature that it was camouflaged by the consequential damage after the derailment. It is also probable that the Lgjns wagon from 1976 had weaknesses in the form of small cracks on the surface of the longitudinal girder and concealed

cracks in welds that would act as fracture lines in the event of extensive stress. Investigations that the AIBN has had carried out at the Norwegian Armed Forces Laboratory Services support this.

The AIBN believes that several factors contributed to the accident. Under normal circumstances, each individual factor alone would not have been capable of causing a derailment, but in combination they constituted a risk.

The AIBN makes two safety recommendations to Green Cargo AB concerning the properties of two-axle Lgjn wagons. One of them addresses the risk of crack formation where the axle guards are fixed to the longitudinal girder. The other concerns load distribution on light, two-axle wagons of this type.

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

1.1 Melding om havariet

Den 20. mai 2015 kl. 1034 mottok Statens havarikommisjon for transport (SHT) varsel, fra Jernbaneverket og Green Cargo AB, om en avsporing nær Oppegård stasjon. To havariinspektører reiste til stedet for å utføre undersøkelser samme dag. Involverte parter ble 26. mai 2015 informert om at SHT hadde igangsatt undersøkelse og European Railway Agency (ERA) ble informert 15. juni 2015 om igangsatt undersøkelse.

1.2 Undersøkelsen og organisering

SHTs beslutning om å gjennomføre en 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 SHT.

1.3 Hendelsesdata

Tabell 1: Hendelsesdata

Avsporing mellom Greverud og Oppegård på Østfoldbanen	
Hendelsestidspunkt:	20. mai 2015 kl. 1006
Hendelsessted:	Mellom Oppegård stasjon og Greverud stasjon på Østfoldbanen, ca. km 18,690
Togledersentral:	Oslo
Tognummer:	45958 fra Gøteborg til Alnabru
Togtype:	Godstog
Involvert materiell:	Lokomotiv Traxx Re 1430, 15 vogner
Toglengde og vekt:	Ca. 310 m, 500 tonn
Eier:	Green Cargo AB
Bruker:	Green Cargo AB
Enhet med ansvar for vedlikehold:	Vogner: SweMaint, Midwaggon, Euromaint samt Green Cargo AB sitt eget verksted
Besetning:	1 lokomotivfører

1.4 Hendelsesforløp

Den 20. mai 2015 ca. kl.1006 sporet en godsvogn i tog 45958 av ved Oppegård på Østfoldbanen (se figur 1). Toget fra Green Cargo AB var på vei fra Sävenäs skiftetomt i Gøteborg til Alnabru i Oslo. Fordi det lå bak et lokaltog inn mot Oslo holdt toget en hastighet på ca. 28 km/t, mens hastigheten på stedet er skiltet til 75 km/t. Rett etter Oppegård kjente fører et «rykk» i toget, og kl. 1008 forsvant hovedledningstrykket. Da toget stanset hadde vogn 3 i toget gått avsporet i flere hundre meter. I følge loggen fra togledersentralen i Oslo varslet fører om avsporingen kl. 1012.



Figur 1: Avsporsingssted. Kart: Jernbaneverkets kartvisning

Dørene til containeren på den avsporede vogn åpnet seg under avsporingen, og deler av lasten forskjøv seg ut i åpningen. Etter avtale med togleder skjøv fører lasten inn i containeren igjen og lukket dørene slik at sørgående tog 2719 kunne passere. Det ble på havaristedet observert at vippefestene til containeren på vogn 3 hadde falt ut.

Avsporsingsmerket ble funnet ved km 18,690. Etter å ha gått avsporet i ca. 680 meter passerte vogn 3 over den første av to sporveksler (Spv637B, ca. km 18,01) der sporvekseltunga ble knekt av. Ved den andre sporvekselen (Spv637A, ca. km 17,98) lå flere av delene til vognas fremre, venstre fjæroppheng. I dette området kunne man se merker av bladfjæra som hadde falt ned og blitt slept ved siden av vogn.

Det ble observert et avsporsingsmerke på høyre skinnehode, men ikke klatremerker. Umiddelbart etter avsporsingsmerket kunne man på innsiden av venstre skinne se merker på skinnefoten og på svillene (se figur 25). Merkene på skinnefoten tydet på at noe hadde skrapet over skinnefoten og Pandrolklemmene.

Den avsporede vogna hadde i rykket som oppstod, kilt seg inn under bufferne på tankvogna foran (figur 4).

1.5 Skader på involvert materiell

Vogn Lgjns 42 74 4430 048-2 fikk skader på fremre hjulgang (figur 3), samt sprekkdannelse i langbjelken og var ikke kjørbart etter hendelsen. Den bevegelige endebjelken (figur 2 og skisse i figur 7) hadde blitt dratt helt ut og presset inn flere ganger, noe som medførte dype hakk (figur 2). Vogna ble i ettertid tatt ut av drift.



Figur 2: Avsporet vogn. Foto: SHT



Figur 3: Venstre, fremre hjul. Foto: Jernbaneverket



Figur 4: Avsporet vogn kilt inn under buffere til tankvogn foran. Foto: SHT

1.6 Skadebeskrivelse av infrastruktur og kjørevei

Fra avsporingsmerket til der vogna stoppet (ca. 840 meter) oppstod det store skader på sviller samt sporvekslene Spv637A og Spv637B (se detaljert oversikt i figur 8). Som følge av dette ble Østfoldbanen stengt, men kunne åpne for enkeltsporet drift forbi avsporingsstedet kl. 2244 samme dag. Fra morgenen dagen etter kunne man igjen ta i bruk begge spor. Jernbaneverket anslår kostnadene til skifte av sviller, reparasjon av sporveksler, pukksupplering og pakkmaskin i etterkant av avsporingen til ca. 5 650 000 kr.

1.7 Personskader

Ingen ble skadet i hendelsen.

1.8 Været

På tidspunktet for avsporingen var det opphold og ca. 9 °C.

2. GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER

2.1 Innledning

Havarikommisjonen har undersøkt vognas tilstand, fremføringsmessige forhold, lasting og infrastruktur.

2.2 Aktører involvert

2.2.1 Green Cargo AB

Green Cargo AB (heretter kalt Green Cargo) er et svensk jernbaneforetak som driver godstransport i Europa, der eier er den svenske staten gjennom Näringsdepartementet. Foretaket har ca. 2000 ansatte, nærmere 400 lokomotiver og omlag 5000 vogner. Selskapet trafikkerer jevnlig Østfoldbanen med godstog.

Fører var på ulykkestidspunktet 58 år og hadde vært ansatt som lokfører i Green Cargo i 27 år. Arbeidstiden i forkant var normal (tabell 2).

Tabell 2: Tjeneste i forkant.

Dato:	17. mai 2015	18. mai 2015	19. mai 2015	20. mai 2015
Tjeneste:	Fri	Kl. 0356 - 1141	Kl. 0400 - 1200	Fra kl. 0311

2.2.2 Jernbaneverket

Jernbaneverket har i Norge ansvaret for jernbaneinfrastrukturen med tilhørende anlegg og innretninger, drift av kjørevei og trafikkstyring. Jernbaneverket er direkte underlagt Samferdselsdepartementet.

Jernbaneverket har et systemansvar for samfunnstrygghet og beredskap ved jernbanen i Norge. Jernbaneverket regulerer tilgangen til sporene gjennom sportilgangsavtaler med de enkelte jernbanevirksomhetene.

Østfoldbanen hører inn under område Øst i Jernbaneverket.

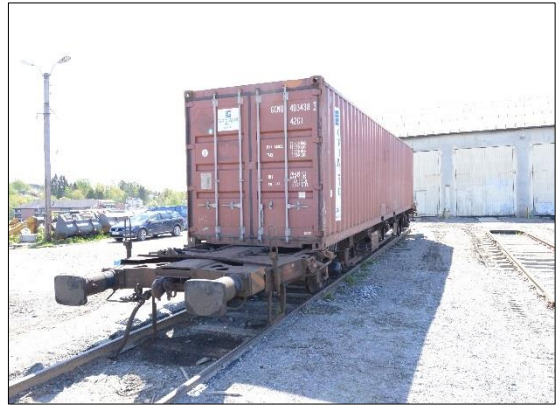
2.3 Om materiellet

Godstog 45958 fra Green Cargo bestod av et Bombardier TRAXX F140 AC2 lokomotiv Re 1430 (91 74 000 1430-9 S-GC) og 15 vogner. I følge vognopptak var togets lengde 293 meter og vekt var 414 tonn, bremset vekt 382 tonn. I tillegg kommer vekt og lengde på lokomotivet slik at total lengde var ca. 310 meter og totalvekt 500 tonn. Toget hadde tidligere på dagen levert og koblet ifra 8 vogner i Sarpsborg.

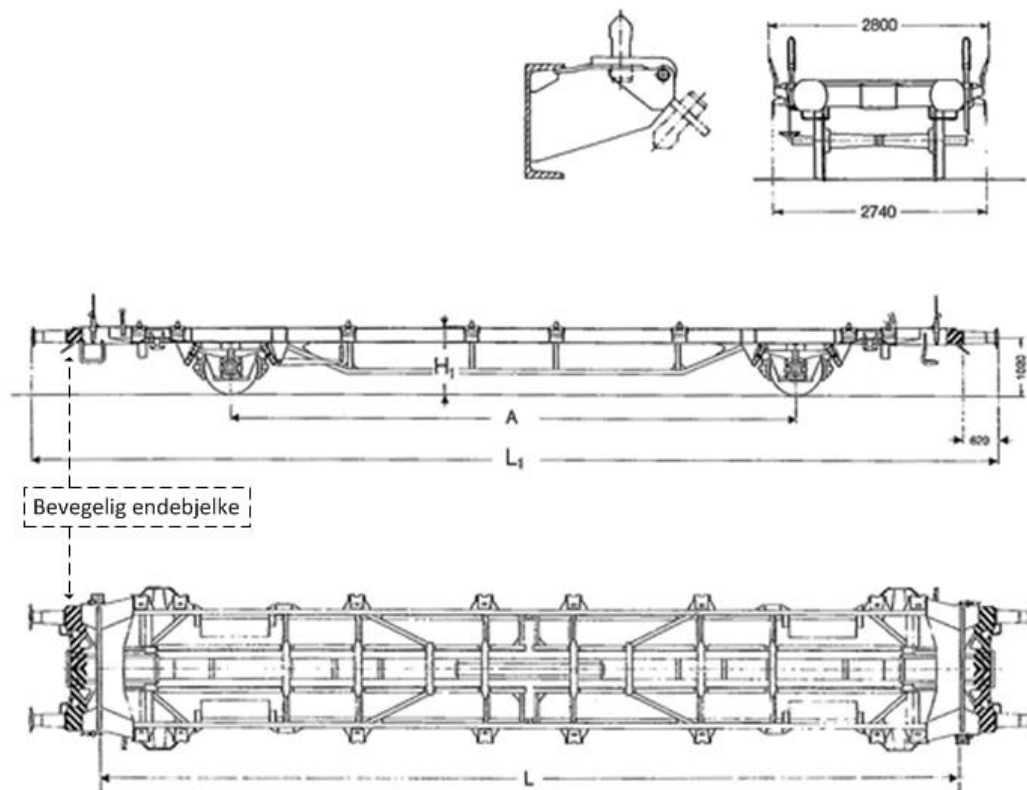
Vogna som sporet av gikk som vogn nr. 3 i toget og var en Lgjns 2-akslet flatvogn (42 74 4430 048-2) fra 1976, eid av Green Cargo (figur 7). Green Cargo opplyser at de har 350 Lgjns vogner i trafikk, hovedsaklig i innenrikstrafikk i Sverige, men det går også noen i internasjonal trafikk.



Figur 5: Lokomotiv. Foto: SHT



Figur 6: Aktuell vogn. Foto: SHT



Figur 7: Vogntype Lgjns. Kilde: Green Cargo

Toget bestod av både lastede og tomme vogner. En av vognene inneholdt en blanding av flytende hydrokarbonogass («kolvätegasblanding») som er brennbar, helsefarlig og dermed regnes som farlig gods (UN 1965 Class 2.1).

Tabell 3: Togsammensetning.

Nr	Type	Lastet	Litra/European Vehicle Number (EVN)	Vekt (t) ¹	Lengde (m)	Aksler
0	Lokomotiv		Re 91 74 000 1430-9 S-GC Traxx	84	18,9	4
1	Flatvogn med container	x	Sdggmrs (T2000) 31 74 495 5 045-6	79	34,2	6
2	Tankvogn	x	Zags 33 80 781 3 989-0	90	18,45	4
3*	Flatvogn med container	x	Lgjns 42 74 443 0 048-2	21	17,1	2

¹ Hentet fra førers vognopptak

Nr	Type	Lastet	Litra/European Vehicle Number (EVN)	Vekt (t) ¹	Lengde (m)	Aksler
4	Flatvogn med container	x	Lgjns 42 74 443 0 127-4	30	17,1	2
5	Flatvogn		Lgns 42 74 443 5 137-8	10	16,02	2
6	Flatvogn		Lgjns 42 74 443 0 019-3	12	17,1	2
7	Flatvogn		Lgns 42 74 443 5 141-0	10	16,02	2
8	Flatvogn med container	x	Lgns 21 74 443 5 779-2	23	13,86	2
9	Flatvogn med container	x	Lgns 21 74 443 5 612-5	21	13,86	2
10	Flatvogn		Lgjns 42 74 443 0 372-6	12	17,1	2
11	Flatvogn		Lgjns 42 74 443 0 858-4	13	17,1	2
12	Flatvogn		Sgnss 31 74 455 2 569-1	20	19,64	4
13	Flatvogn		Sdggmrs (T2000) 31 74 495 5 032-4	35	34,2	6
14	Flatvogn		Sgnss 33 68 455 2 470-9	20	19,64	4
15	Flatvogn		Sgnss 31 74 455 2 343-2	20	19,64	4

**avsporet*

2.4 Undersøkelse av infrastruktur

Østfoldbanen er fjernstyrt med elektrisk drift. På avspøringsstedet mellom Oppegård og Langhus er det dobbeltspor med 54 E3 kgs skinner, betongsviller, og Pandrol befestigelse. Største tillatte hastighet på avspøringsstedet er 75 (+5) km/t, og det er verken fall eller stigning.

Avspøringsstedet ved km 18,690 i høyre hovedspor Ski-Oslo ligger i en S-kurve (se figur 8). Vogna sporet av i overgangskurven etter en venstrettet sirkelkurve med radius på 295 m og overhøyde på 145 mm. Denne overgangskurven går over i en ny overgangskurve mot en høyrerettet sirkelkurve med radius på 301 m. Etter avsporingen passerte vogna over sporvekslene Spv637B og deretter Spv637A.



Figur 8: Oversiktskart med avsporsingssted. Kartunderlag: Jernbaneverkets kartvisning

Etter avsporingen utførte Jernbaneverket manuelle spormålinger. Disse viste at kurven noen steder lå nær vedlikeholdsgrensen for vindskjevhet på 2 og 9 meters basis (se tabell 5). Vindskjevhetene var ikke av en slik størrelse at de nærmet seg tiltaksgrense eller umiddelbaregrense som er satt i Jernbaneverkets tekniske regelverk²:

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

Tabell 4: Grenseverdier for vindskjevhet. Kilde: Jernbaneverket, teknisk regelverk

Målebasis	Tillatte vindskjevheter			
	Vedlikeholdsgrense	Tiltaksgrense	Umiddelbar grense ³	
			R ≥ 400 m	R < 400 m
2 meter	7	10	14	12
9 meter	24	31	43	34

Ved overskridelse av vedlikeholdsgrensen sier regelverket følgende:

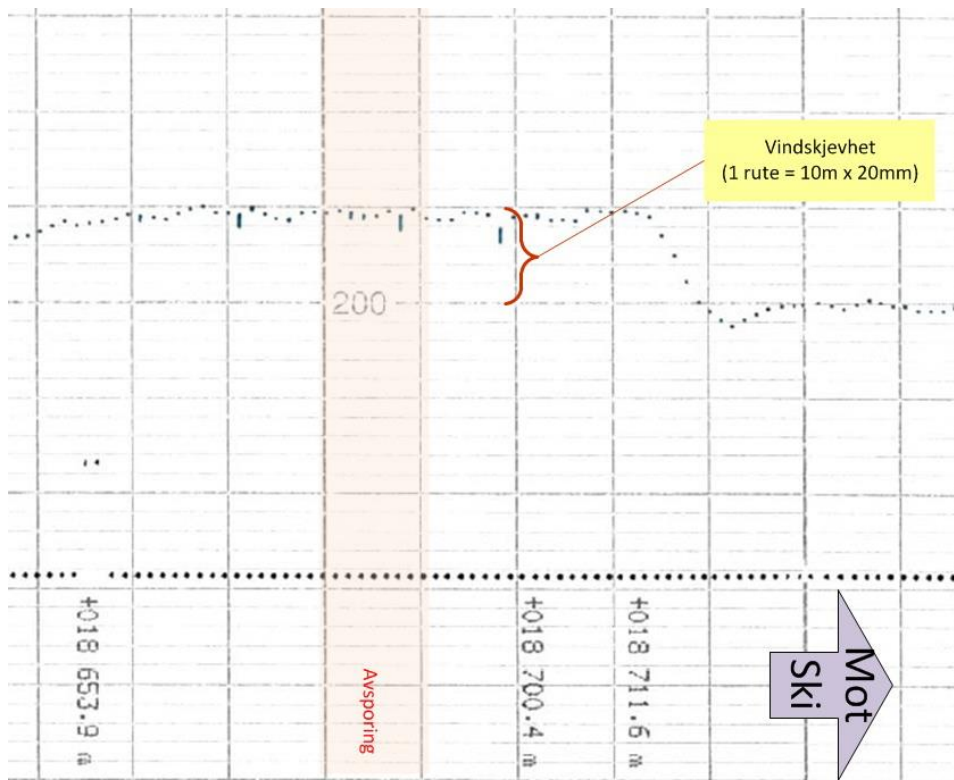
«Ved overskridelse av vedlikeholdsgrensene skal utbedring skal planlegges slik at feilen er utbedret senest før tiltaksgrensen kan forventes overskredet. Overskridelser kan registreres på skjema i Oppfølging av sporgeometriske feil, som brukes til oppfølging og planlegging av utbedring.»

Tabell 5: Manuell måling av vindskjevhet på avsporingssstedet. Kilde: Jernbaneverket

Linje nr	Avsett	Km.	Overh. mm.	Vindskjevhet over 2m (mm)	Vindskjevhet over 9m (mm)	Linje nr.	Informasjon
16	1m	18,679	83		20	11	
17	2m	18,681	89	6		12	
18	2m	18,683	97	8		13	
19	2m	18,685	104	7		14	
20	2m	18,687	110	2		15	
21	1m	18,688	112		23	16	
22	2m	18,690	119	5		17	
23	2m	18,692	124	5		18	
24	2m	18,694	130	6		19	
25	2m	18,696	135	6		20	
26	1m	18,697	137		18	21	
27	2m	18,699	142	5		22	
28	2m	18,701	144	2		23	OE

Firmaet Leonhard-Weiss hadde utført gjennomgående pakking i dette området den 2. mai 2015. Spørsmålingene etter denne pakkingen er sammenfallende med de manuelle målingene av vindskjevhet etter avsporingen (figur 9).

³ Radius i tilsluttende sirkelkurve



Figur 9: Utsnitt fra målerull med vindskjevhet på avsporsingsstedet. Kilde: Jernbaneverket

2.5 Undersøkelse av sprekkdannelse i vogn og ødelagt fjær oppheng

På havaristedet ble det observert flere sprekker i langbjelken til den avsporede vogn. Samtidig hadde fjær opphenget på venstre, fremre side falt ned og bolten som skulle holdt denne var knekt. Det ble derfor viktig å avgjøre når og hvorfor bolten hadde knekt, samt når og hvorfor sprekken og skadene i vognramma hadde oppstått.

2.5.1 Sprekkdannelse

Sprekkene i vogn som kunne observeres på havaristedet var lokalisert på venstre side, i langbjelken til den avsporede vogn (figur 10 og figur 11). Ved videre undersøkelser av vogn viste det seg at sprekkdannelse på tilsvarende steder hadde blitt sveiset (figur 12 og figur 13).



Figur 10: Skader der akselkasseføring er festet til vognrammen (langbjelken).
Foto: SHT



Figur 11: Sprekkdannelse i langbjelke ved venstre bakhjul. Foto: SHT

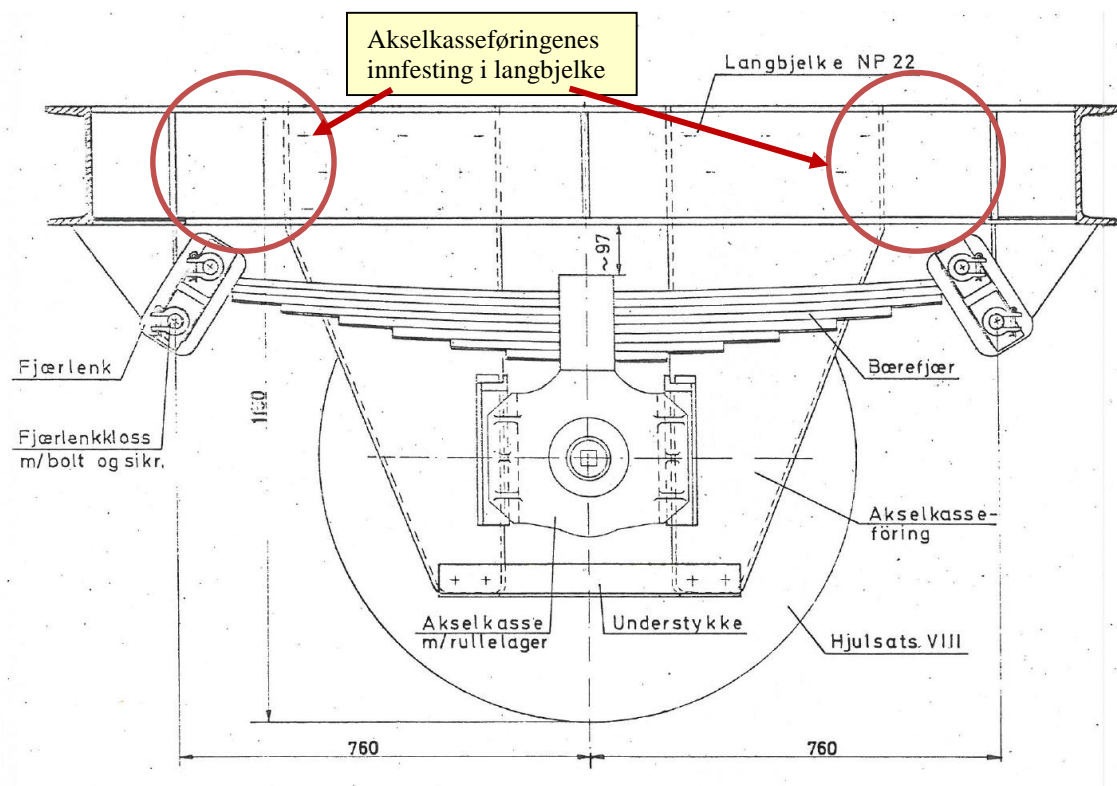


Figur 12: Sveiset sprekk ved høyre bakhjul.
Foto: SHT



Figur 13: Sveiset sprekk ved høyre fremhjul.
Foto: SHT

Sprekkene og sveisene forekom i området merket på figur 14. Havarikommisjonen fant også begynnende sprekkdannelse (figur 15) på sammenfallende steder på vogna.



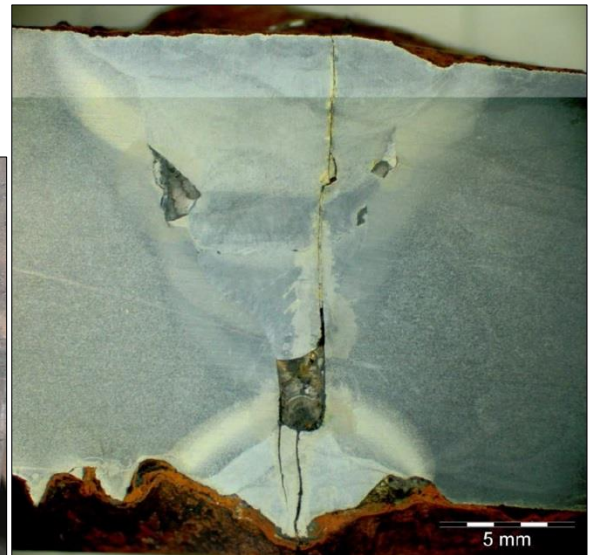
Figur 14: Området med sprekkdannelse er markert. Kilde: NSB Trykk 756 Løpeverk

SHT ba Forsvarets Laborietetjeneste (FOLAT) om bistand til å gjøre metallurgiske undersøkelser av bruddflatene, samt sprekkdannelse på motstående side av den oppståtte bruddskaden. Både sprekk og bruddflatene ble skåret ut og bragt til laboratoriet. Der ble det utført fraktografi i SEM⁴, metallografi, hardhetsmålinger, kjemisk analyse og mekanisk testing.

⁴ Skanning - elektronmikroskop, SEM



Figur 15: Begynnende sprekkdannelse på toppen av langbjelke, høyre fremside.
Foto: SHT



Figur 16: Tverrsnitt gjennom sprekkinitiering i sveis. Det kan observeres gjennomgående sprekk med initiering fra inneslutning i sveis. Prøven er etset med Nital. Kilde: FOLAT

Forsvarets Laboratorium konkluderte følgende om skaden på innfesting i langbjelke:

«Den observerte bruddskaden har oppstått som følge av overbelastning, men der sprekkveksten har foregått i form av et sprøbrudd, kløvning (kvasikløvning). Sprekkene har oppstått i forbindelse med mindre overflatesprekker med 2-6mm dybde som har vært initiert i tilknytning til sveiser og har fungert som bruddanvisere.

Grunnmaterialet til bjelken er av typen konstruksjonsstål med relativt store ferritt perlitt korn, videre kan det observeres lange mangansulfidstrenger som vil påvirke sprekkvekstmotstanden negativt. Den mekaniske testingen viser at materialet opptrer svært duktilt under normale belastningsforhold og vi mener derfor den aktuelle skaden må knyttes til en plutselig overbelastning.

Undersøkelsene har avdekket at sveisingen ikke har vært utført optimalt og det er avdekket inneslutninger med sprekkdannelse i hele tverrsnittet av sveisen. Vi vurderer det som sannsynlig at tilsvarende konstruksjoner vil ha lignende sprekker med risiko for initiering av sprøbrudd ved tilsvarende belastninger.»⁵

Det betyr at vogna har hatt innesluttede sprekkdannelse ved sveiser som gikk til brudd da de ble utsatt for en plutselig overbelastning. I følge FOLAT har de store, synlige sprekkene oppstått i forbindelse med havariet og skyldes ikke utmatting (materialtretthet) over tid.

Vogna hadde vært inne til kontroll 24. april 2015 hos verkstedspersonell uten å ha fått noen anmerkninger. Ved denne kontrollen undersøkes vogna for blant annet sprekkdannelse (se mer i kap. 2.5.3). Før avgang fra Göteborg ble toget også kontrollert uten at noe ble bemerket ved vogna.

⁵ Rapport 150717-2 Skadeundersøkelse av bruddskade i ramme på godsvogn, FLO/VEDL/FOLAT Forsvarets Laboratorietjeneste Kjemi – Material, 21.8.2015

2.5.2 Fjæroppheng

Som figur 3 viser manglet bakre bolt som skulle holdt fjæropphenget til venstre fremhjul. Merker i pukken viser at fjæren har blitt slept ved siden av vogna fra sporvekselområdet (Spv637 B og A). I dette området ble også halve bolten funnet (se «c» i figur 18), sammen med mellomstykkene (se «b» i figur 18). Den andre halvdel av bolten ble ikke funnet (figur 17 viser en hel bolt).



Figur 17: Eksempel på hel bolt, klave med låsesplint og mellomstykke. Foto: SHT



Figur 18: Klave uten låsesplint, mellomstykke og bolt med bruddskade. Foto: FOLAT

Klaven, som sammen med låsesplinten, skal sikre at bolten ikke skrur seg ut, ble funnet ca. 10 m etter avsporingsmerket (se «a» i figur 18). Det er uvisst om låsesplinten til klaven har vært på plass, da den ikke ble funnet på stedet. Gjennomføringshullene i klaven var rustne, men sammenlikninger med andre klaver hvor låsesplinten var tilstede har vist at disse var like rustne.

FOLAT ble bedt om å undersøke den knekte bolten i fjæropphenget, og utførte visuelle undersøkelser, fraktografi i SEM, metallografi og hardhetsmålinger:

«Basert på de gjennomførte undersøkelsene er det fastslått at bolten er produsert i et karbon-mangan-stål med et herdesjikt (karburiseringsjikt) med en dybde på ca. 1mm, strukturen i bolten er utover dette ferritt perlitisk.

Bruddet i bolten har oppstått som følge av overbelastning.

Bolten har et herdesjikt med høy hardhet og vi mener det er sannsynlig at sprekkdannelse i herdesjiktet vil opptre som bruddanvisere i den videre sprekkveksten i bolten, og slik sett være med på å fremme kløvningsbrudd, spesielt ved høye tøyningshastigheter. Vi mener derfor det er sannsynlig at bruddet har oppstått i form av en plutselig belastning tilsvarende slag.

...

Klaven har vært utsatt for betydelige trykk fra bolten, da materialet fra klaven har begynt å flyte inn i klaringen mellom bolten og mellomstykket.»⁶

⁶ Rapport 150821-2 Skadeundersøkelse av bolt fra godsvogn med bruddskade, FLO/VEDL/FOLAT Forsvarets Laboratorietjeneste Kjemi – Material, 21.8.2015

Det fastslås dermed at bolten ikke har hatt en tidligere skade som gradvis har ført til at den knakk, men at den har blitt utsatt for en påkjenning som gjorde at den knakk rett av.

2.5.3 Vedlikehold

Green Cargo opplyser at sprekkdannelser kan forekomme på alle deres vogner, og at det er derfor rammeverket kontrolleres av verkstedpersonell med jevne mellomrom. Vogna hadde vært til kontroll 24. april 2015 uten at man fant noe å anmerke. Kontrollen som skal avdekke eventuell sprekkdannelser utføres kun visuelt, i henhold til vedlikeholdsforskriftene til Green Cargo. Green Cargo opplyser at vedlikehold og mindre reparasjoner på denne vogntypen utføres av Swemaint, Midwaggon, Euromaint samt av Green Cargos eget verksted. Dersom man sveiser sprekker, males området i etterkant slik at man enklere skal kunne oppdage eventuelle nye sprekkdannelser. Sveisearbeid skal i følge Green Cargo utføres i henhold til gjeldene sveisenormer. Slike reparasjoner fremkommer ikke i vognas revisjonsoversikt (figur 19).

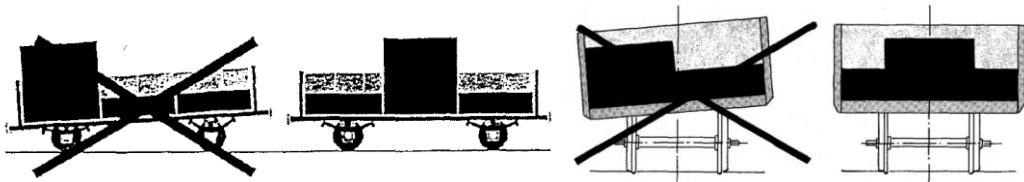
Den svenske transportstyrelsen har opplyst til SHT at de ikke er kjent med at det har forekommet hendelser som følge av sprekkdannelser i vognramme eller fjæroppheng ved denne vogntypen. I følge dem har heller ikke slike sprekkdannelser blitt ansett som rapporteringspliktig, men håndteres normalt gjennom vedlikeholdsprogrammet.

MUDF	G O D S V A G N A R	ERSÄTTN DELAR	15-05-22 15:41	Utskrift	
Nr	4274 4430048 2 Vst XTC	Li LGJNS	Nygr	Nyli	
===== ERSÄTTNINGSDELAR =====					
Benämning	Lnr	Rek art	Verkl art	Åtgdatum	Hist
REVISIONSMÄRKN.	01		0000000	120919	150919
BROMSUNDERSÖKNING	01		0000000	120919	140819
BROMSCYL TILL AC3D	01	1774602	1774904	090312	170310
	02	1774602	1774904	090312	170310
STYRVENTIL KE1A-SL	01	1867500	1867500	111003	260929
BRUL. BROMSPROV I FÄLT	01		0000000	000000	
BLADFJ.9 BLAD LGJS	01	1518110	1518110	820604	
	02	1518110	1518110	820604	
	03	1518110	1518110	820604	
	04	1518110	1518110	820604	
HYLSBUFFERT EJ VRIDBAR	01	1627676	1627673	820604	
	02	1627676	1627673	820604	
	03	1627676	1627676	001115	
	04	1627676	1627673	820604	
LASTBR. AUT. AC3D-14BP-LK	01	1774600	1774600	111003	
	02	1774600	1774600	111003	
BLÄDDRING PF8=FRAMÅT					
PF:2=SJF 3=Åter 4=Allm 5=Vst 6=Tekn 9=Split 13=Text 14=Skad 15=Komp 20=Last					
02/009					

Figur 19: Revisjonsoversikt for vogn. Kilde: Green Cargo

2.6 Undersøkelse av lastfordeling på vogn

En ujevn fordeling av last på en vogn øker risikoen for at vogna kan spore av eller at hjul fastbremses. Derfor er det viktig med en mest mulig jevn fordeling av last. I følge UIC *Loading guidelines* for lasting skal man laste så nær som mulig vognas senterpunkt både langsgående og sideveis (figur 20).



Figur 20: Lastfordeling. Kilde: UIC Loading guidelines

Green Cargos regelverk⁷ for lastning av godsvogner følger UIC sine retningslinjer, som er å regne som en bransjestandard. I følge denne skal forholdet mellom akselvekt for toakslede vogner ikke overstige en forskjell på 2:1, og sideveis skal ikke forskjellen mellom hjullast på samme aksel overstige 1,25:1:

«Axle/bogie- and wheel-loads

- *Ratio between the wheel loads of a same axle in transverse direction: max. 1.25: 1 (= load should be no more than 10 cm of centre)*
- *Ratio of axle-load/bogie load in longitudinal direction*
 - *on a 2-axle wagon max. 2:1*
 - *on a bogie wagon max. 3:1*
- *The permissible axle-load must not be exceeded»*

I følge Green Cargo kontrollerer de ikke at kunden har lastet containeren eller enheten riktig med tanke på plassering av vekt. Kunden, eller terminalen som løfter containeren på plass har ansvar for å laste innenfor deres lastgrenser og plassere lasten på korrekt måte. Green Cargo baserer dette på at personellet som utfører denne oppgaven skal være opplært i lastebestemmelser, og at de ellers kan støtte seg på selskapets lastbestemmelser som finnes på <http://www.greencargo.com/>.

SHTs undersøkelse på havaristedet av innholdet i containeren på vogna som sporet av, viste at den bakre delen var fylt med tungt gods, mens den fremre hadde lettere gods (se skisse i vedlegg B). Vekt av last og vogn totalt er vist i tabell 6.

Merker på paller og i gulvet i containeren, samt posisjoner til skoringklossene, kan tyde på at de lette pallene har stått lenger inne i containeren, men at lasten forskjøv seg i sporvekselområdet og da vogna bråstoppet (figur 21 og figur 22). Vekta på pallene er derimot liten i forhold til de tunge pallene bak, og vil kun utgjøre små forskjeller på aksellastene.

⁷ Green Cargo AB, *Ramverk för lastning av järnvägsfordon*, nummer A83-01, utgåva 8, 2013-05-10



Figur 21: Last slik den var plassert i vogn. Foto: SHT



Figur 22: Last kan ha forflyttet seg i rykket som oppstod. Foto: SHT

Vognopptaket fører hadde mottatt viste en oppgitt vekt på vogna på 21 000 kg. Da dette ble kontrollert viste det seg at den totale vekta av vogn + container + last var 24 921 kg, dvs. 3 920 kg mer enn oppgitt. I følge *Trafikkregler for Jernbaneverkets nett, kapittel 4 Klargjøring av tog* skal opplysningene om toget inneholde bruttovekt (kap. 2.8). Green Cargo ble på grunn av denne differansen klar over at kunden hadde misforstått hvordan vekt skulle angis i deres bookingsunderlag, slik at det konsekvent ble oppgitt for lav vekt. Dette har dermed ført til feil i togenes vognopptak. I følge Green Cargo skal tiltak iverksettes for å unngå dette i fremtiden.

Tabell 6: Vektberegning basert på oppgitt dokumentasjon.

Last	Vekt (kg)		
3 stk kolli A (4900 Lbs):	6 667,8		
+ 1 stk kolli B (4910 Lbs):	2 227,1		
+ 4 stk kolli K:	136,0		
= Totalvekt av last i container	9 030,9		
+ Egenvekt container:		3 890,0	
= Total last på vogna		12 920,9	
+ Egenvekt vogn oppgitt av Green Cargo:			12 000,0
= Total vekt av vogn			24 920,9

Beregning av aksellaster (E1 – fremre aksel, E2 – bakre aksel) gjøres etter følgende formler, og utregning av disse er vist i vedlegg B:

$$E1 = \frac{P * a}{l} + \frac{T}{2}$$

$$E2 = (T + P) - E1$$

T: egenvekt av vogn + container

l: akselavstand

P: vekt av last

a: avstand fra senter av last til aksel

Dette gir følgende lastfordeling:

$$\frac{E2}{E1} = \frac{15,068}{9,853} = \frac{1,53}{1} < \frac{2}{1}$$

Det betyr at det var 1,53 ganger så mye last på bakre aksel i forhold til fremre. Kravet i lastebestemmelsene er at det skal være mindre enn dobbelt så mye last på en aksel sammenliknet med den andre. Beregningene viser derfor at lastfordelingen var innenfor gjeldene bestemmelser.

Differansen mellom de to aksellastene var på 5,2 tonn:

$$E2 - E1 = 15,068 - 9,853 = 5,215 \text{ tonn}$$

På vei mot Alnabru passerte tog 45958 Trafikverkets hjulskadedetektor i Nol i Sverige, som også registrerer kiloNewton (kN) for hvert hjul som brukes til å finne aksellast. Trafikverket opplyser at detektoren på dette tidspunktet ikke var kalibrert. Den viste da 1,5-2,5 % for lite, og i tillegg fantes det en ubalanse mellom høyre og venstre side.

Selve vognvekta ble veid til mellom 24,0-24,2 tonn. Aksellast på fremre aksel ble målt til 10,0-10,1 tonn og bakre aksel ble veid til 13,8-14,1 tonn (justert for kalibreringsfeil og omregnet til tonn⁸). Hvert hjul ble veid og dette viste at det bakre, høyre hjul var tyngre enn de tre andre (se tabell 7).

Tabell 7: Registrering av kN pr hjul ved detektor Nol Usp 2015-05-20 kl 04:11:52. Kilde: Trafikverket

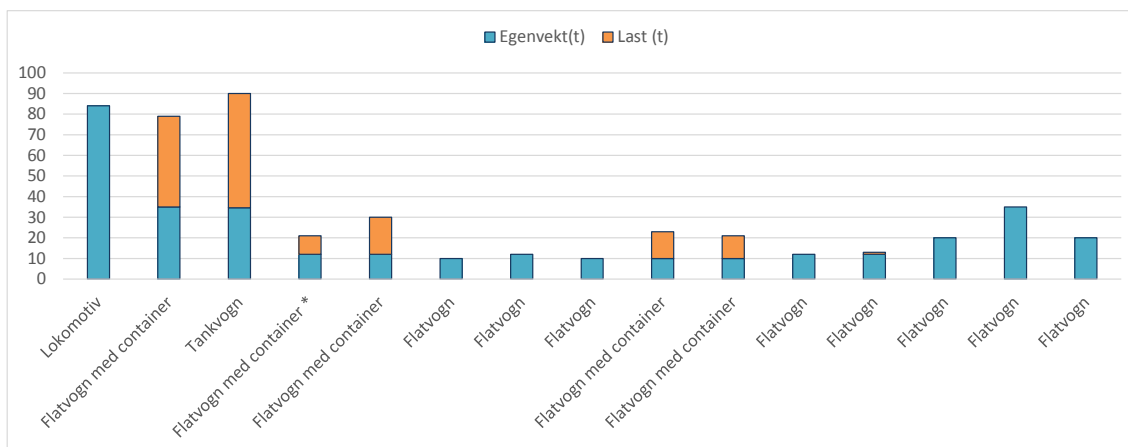
Axel	Opera Fordons Nr	Axel i fordon	Mean Vänster (kN)	Peak Vänster (kN)	Mean Höger (kN)	Peak Höger (kN)
15	427444300482	1	51	67	46	57
16	427444300482	2	50	63	85	102

Forholdet mellom hjulene på bakre aksel var på 1,7:1. Dette var den største forskjellen blant alle akslene i toget, og vesentlig større enn kravet på maksimum 1,25:1. Verdiene i tabell 7 gir kun en indikasjon på skjevlast, siden det er kjent at detektoren før kalibrering hadde en ubalanse mellom høyre og venstre side.

2.7 Undersøkelse av fremføringsmessige forhold

Toget bestod av tre tunge enheter foran (lokomotiv og to vogner), deretter fulgte 13 lette vogner (figur 23). Avsporingen skjedde i overgangen mellom den tunge tankvogna, og den lette to-akslede godsvogna.

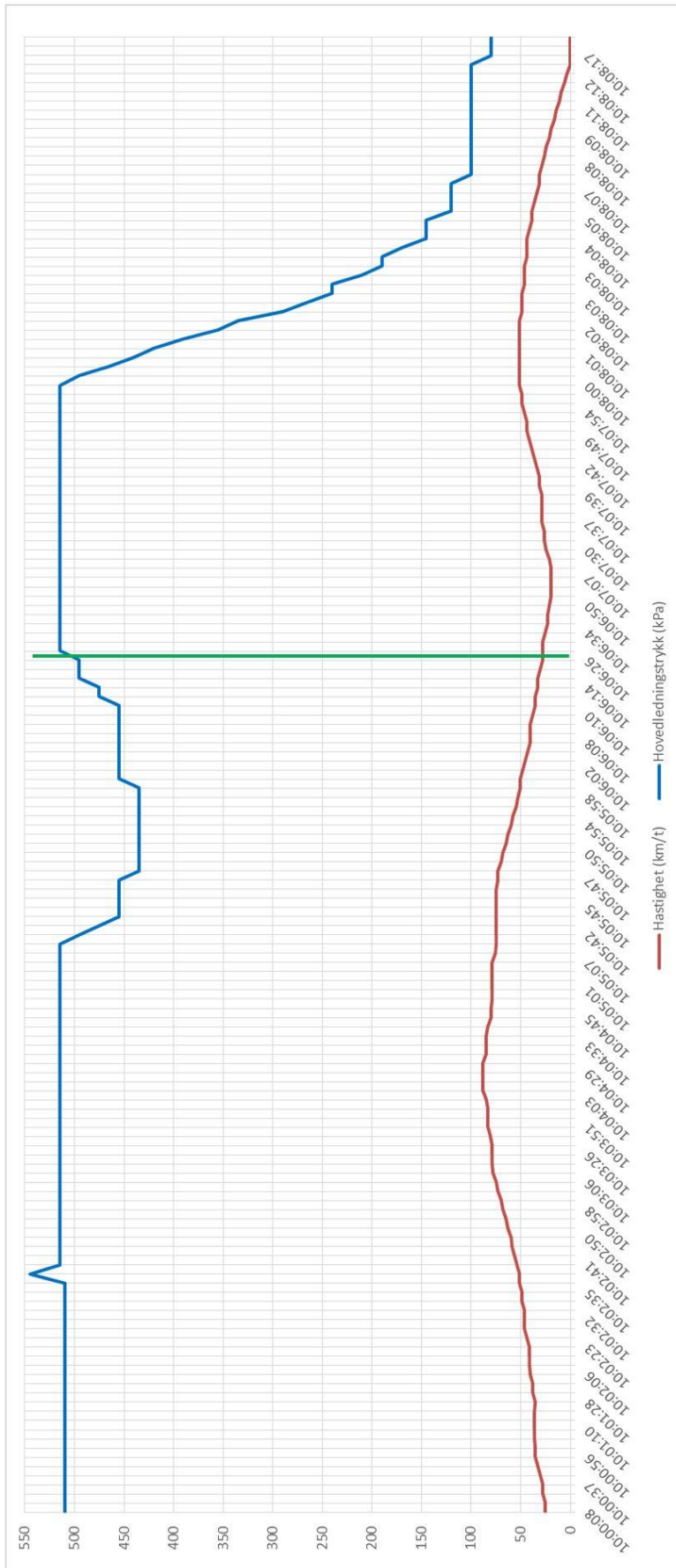
⁸ kN/9,81 = tonn



Figur 23: Vektfordeling i toget (tonn). Diagram: SHT

Fra Moss og inn mot Oslo lå toget bak persontog 1112 som gjorde at hastigheten ble holdt lav. Fra hastighetsregistratoren har SHT funnet at toget senket hovedledningstrykket en kort periode, for deretter å løse ut igjen (figur 24). Det var på slutten av denne trykksenkningen at vogn nr. 3 sporet av. Vogna gikk avsporet uten at dette ble lagt merke til av lokfører. Loktypen har ikke bakspeil og man kjører normalt ikke med bakkameraet innkoblet.

Togets tilbakelagte distanse da det stoppet lagres i lokomotivets registreringsenhet. Ut ifra dette kan man lese at hastigheten var 28 km/t da vogna sporet av. Toget var 310 meter langt, noe som i godssammenheng anses som kort. I forkant av avsporingen ble farten redusert fra 75 km/t til 28 km/t på 40 sekunder, (se tabell i vedlegg C og figur 24).



Figur 24: Hastighet og bremsbruk i forkant av hendelsen, avsporingen skjedde ca. kl. 1006. Kilde: Hastighetsregistrator

2.8 Lover og forskrifter, operative regler

Jernbaneverket har samlet bestemmelsene fra forskrift 29. februar 2008 nr. 240 om togframføring på det nasjonale jernbanenettet (togfremføringsforskriften), utfyllende bestemmelser og interne bestemmelser i en bok som har fått navnet *Trafikkregler for Jernbaneverkets nett (TJN)*⁹. Kapittel 4 i denne omhandler klargjøring av tog:

«l. Krav til jernbaneforetak

4.1 Lasting av vogner (§ 4-1)

Jernbaneforetaket skal ha bestemmelser om lasting av vogner som ivaretar krav til:

- a) avsporingssikkerhet*
- b) profilbegrensninger*
- c) aksellast*
- d) lastsikring»*

Dette kravet har vært med siden første revisjon av trafikkregler for Jernbaneverkets nett kom ut 13. desember 2009.

Green Cargo har interne bestemmelser for lasting av vogner som følger *UIC loading guidelines* (www.uic.org).

Havarikommisjonen er kjent med at det i andre jernbaneforetak, har eksistert interne bestemmelser for lastens fordeling og plassering for akkurat denne vogntypen som tilsa at *«dersom lasten ikke kan fordeles jevnt på vognens aksler, tillates en vektforskjell på inntil 5 tonn pr. aksel på 2-akslede vogner¹⁰»* på grunn av avsporingssikringen. Så vidt Havarikommisjonen erfarer har denne bestemmelsen over tid blitt fjernet.

2.9 Liknende hendelser

2.9.1 Fetsundavsporingene

Den 18. juli 2002 sporet en av vognene i et godstog av i en høyrekurve ved Fetsund på Kongsvingerbanen. En tilsvarende hendelse inntraff også den 13. august 2002 på samme sted og med det samme toget. De avsporede vognene var svenske og av typen Lgjsn-w, dvs. toakslede containervogner med bladfråser. Begge vognene sporet av med første aksel og begge var lastet med en lett container. Dagen før siste avsporing hadde det foregått utbedringsarbeid ved avsporingssstedet. Dersom man sammenlikner disse avsporingene med den som skjedde ved Oppegård er det flere fellestrekk: samme type vogn, liten kurveradius, lette vogner, lav hastighet, og første aksel i ytterkurve sporet av. Hovedforskjellene var at man ved Fetsund hadde en relativt stor sporfeil og stor friksjon mellom skinne og hjul.

2.9.2 Internasjonale havarirapporter som omtaler lasting av containere

I internasjonal sammenheng finner man flere ulykker der feil lasting av vogner har vært medvirkende til ulykker. Den britiske havarikommisjonen (RAIB) fant i sin undersøkelse etter avsporingen ved Reading West Junction¹¹ i 2012 at forskjøvet last inne i en

⁹ <http://www.jernbaneverket.no/Marked/Leverandorinfo/Trafikkregler-for-Jernbaneverkets-nett/>

¹⁰ G-60-2 Sikkerhetsbestemmelser, Lasteregler, kapittel 8. NSB Gods, 26.10.1998.

¹¹ <https://www.gov.uk/raib-reports/freight-train-derailment-at-reading-west-junction>

container førte til at toget sporet av. RAIB kom med flere sikkerhetstilrådinger etter ulykken, blant annet at man må gjøre relevante parter oppmerksom på hvor viktig det er å laste containere i henhold til internasjonale retningslinjer, og også forsikre seg om at dette etterleves.

I 2007 sporet et godstog av ved Duddeston Junction¹² og RAIB konkluderte med at det skyldtes en kombinasjon av vindskjevhet i sporet og at en av vognene hadde blitt lastet svært skjevt. Rapporten kom med flere sikkerhetstilrådinger, blant annet at man i større grad burde avdekke skjevlastede vogner, samt øke oppmerksomheten om hvordan lasting påvirker vognas evne til å motstå avsporinger.

¹² <https://www.gov.uk/raib-reports/derailment-at-duddeston-junction-birmingham>

3. ANALYSE

3.1 Innledning

I analysen gis det først en oversikt over hendelsesforløpet og konsekvensene av avsporingen slik Havarikommisjonen har kartlagt det. Undersøkelsen har videre avdekket flere faktorer med betydning for sikkerheten som behandles i hvert sitt delkapittel.

3.2 Hendelse- og konsekvensanalyse

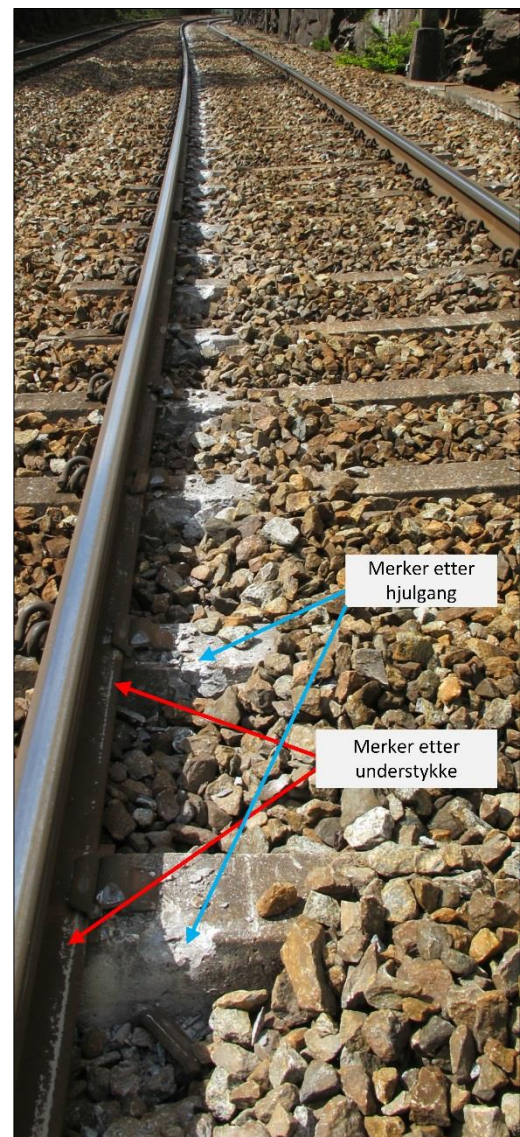
Den 20. mai 2015 var godstog 45958 fra Green Cargo på vei fra Gøteborg til Alnabru. Strekningen er dobbeltsporet og rett før Oppegård stasjon på Østfoldbanen sporet en Lgjns godsvogn som gikk som vogn nr. 3 i toget av. Vogna gikk avsporet i ca. 840 meter før hovedledningen røk og toget stoppet. Avsporingen skjedde i en skarp S-kurve med stor overhøyde, og hastigheten var ca. 28 km/t.

Da avsporingen skjedde hadde toget foretatt en hastighetsreduksjon fra 75 km/t til 28 km/t på 40 sekunder. Havarikommisjonen mener dette er fremføringsmessig normalt, men at den i kombinasjon med togets sammensetting og vognas lasting medførte ekstra bufferkrefter mellom vogn 2 og 3 i toget. Bufferkreftene kan ha ført til at fremre hjulgang ble løftet av i ytterkurve på vei ned overgangsrampen og vogna sporet av.

Figur 25 viser merker på avsporingsstedet. Utover et enkelt spor etter flensen på høyre skinnhode, var det ingen skader eller merker på toppen av skinnene. Det fantes ikke klatremerker, noe som tilsier at vognas hjul ble løftet opp, og ikke klatret i høyrekurven.

På innsiden på venstre skinnfot var det skrapemerker og mye av befestigelsen var borte. Merkene samsvarte med posisjonen av understykket mellom akselkasseføringene, dersom dette faller ned (se figur 26 og figur 27). Dette innebærer at deler av ødeleggelsene man ser i festet til akselkasseføringen på venstre side sannsynligvis har oppstått samtidig med avsporingen. Det er sannsynlig at vogna har gått avsporet med fremre aksel frem til sporveksel Spv637B.

Ved sporveksel Spv637B følger venstre forhjul sporvekseltunga inntil denne knekker og vogna blir dratt inn igjen i sporet. Her finner man også et flensmerke på høyre



Figur 25: Merker på skinnfot og sviller.
Foto: SHT

skinnnehode som viser hvor høyre bakhjul har sporet av, og merker mellom skinnene etter venstre bakhjul (se foto i figur 8).

Ødeleggelsene man ser ved venstre fremhjul (figur 10), der akselkasseføringen er festet i vognas langbjelke, er ulike i fremre og bakre del. Den bakre sprekken tyder på et press nedenfra og oppover, mens den fremre hovedsakelig er en vridning. Basert på merkene på avsporingstedet er det grunn til å anta at den bakre delen ble presset oppover da understykket tok i bakken og ble dratt fremover. Sprekken ved venstre bakhjul har oppstått på tilsvarende sted som man kan observere tidligere reparasjoner av slike sprekker (figur 12 og figur 13).



Figur 26: Markert understykke (fra vognas bakre, venstre hjul). Foto: SHT



Figur 27: Understykkets posisjon i forhold til skinne ved bakre venstre hjul. Foto: SHT

Havarikommisjonen har fått fastslått gjennom FOLAT (se kapittel 2.5) at skadene der akselkasseføringen er festet i langbjelken skyldes et overbelastningsbrudd, og ikke et utmattingsbrudd som trenger tid for å utvikle seg. Det er derimot ikke kjent om overbelastningen oppstod som en følge av løftet på høyre side, eller om festet sprakk først slik at man fikk hjulløft på høyre side. Man kan se for seg to ulike scenarier:

- 1) økte bufferkrefter løfter fremre, høyre hjulgang opp slik at venstre hjulgang faller ned på innsiden av skinnen og området ved akselkasseføringens innfesting sprekker idet den treffer svillen, eller
- 2) økte bufferkrefter gjør at akselkasseføringen sin innfestning sprekker og venstre hjul faller ned på innsiden av skinnen slik at høyre hjul løftes opp på skinnen.

I begge scenarier mener Havarikommisjonen at det har vært bruddanvisere i området ved akselkasseføringenes innfesting som har lagt forholdene til rette for et overbelastningsbrudd.

Havarikommisjonen mener den knekte boltene i fjæropphenget på venstre side var et resultat av at vogna etter avsporingen ble gående skjevt. Dette gav økt belastning på fjæropphenget, spesielt da den passerte sporvekselområdet. Klaven, som sammen med låsesplint skal sikre at boltene ikke skrur seg ut, ble funnet like etter avsporingen. Låsesplinten ble ikke funnet, og Havarikommisjonen kan derfor ikke fastslå når og hvor denne falt ut. Gjennomføringshullene i klaven var rustne, men sammenlikninger viste at andre klaver der låsesplint var på plass var like rustne. FOLATs analyser kom frem til at klaven hadde blitt utsatt for store sideveis krefter. Dette kan skyldes at vogna fulgte sporvekseltunga til Spv637B på skrå, ut mot høyre inntil sporvekseltunga knakk. Påkjennningene fra avsporingen og gjennom sporvekselområdet bidro sannsynligvis

til at bolten i fjærlenka knakk. I sporvekselområdet fant Havarikommisjonen flere av delene til fjæropphenget, og kunne se merker der bladfjæra hadde blitt slept ved siden av vogna.

FOLAT konkluderte med at bruddene i både bolt og langbjelke skyldes overbelastning, men at belastningene kan stamme fra ulike hendelser.

Samtidig med at bufferkreftene oppstod, befant vogna seg i en overgangskurve. I denne kurven ble det målt vindskjevheter i sporet opp mot vedlikeholdsgrensen, noe som reduserte marginene mot avsporing ytterligere. I overgangsramper med minkende overhøyde slik som denne, er faren for avsporing størst. Her får man økt avlastning på ytre fremhjul, spesielt for enkle, to-akslede vogner. Jernbaneverket har bestemmelser for størrelsen på sporfeil som tillates. Målinger utført på avsporingsstedet viste at sporet var nær grenseverdien for vedlikeholdsgrense for vindskjevhet på 2- og 9-meters basis. Feilene var derimot ikke av en slik størrelse at de ennå krevde utbedring. I samspillet mellom materiell og skinne er flere faktorer med på å redusere muligheten for en avsporing. I dette tilfellet ville sporfeilen vært ubetydelig dersom materiellet ikke hadde strukturelle svakheter eller at lastfordelingen eller fremføringen hadde vært gjort annerledes. Havarikommisjonen er av den oppfatning at små sporfeil er noe materiellet skal tåle, og at det er andre bidrag som i større grad medvirket til denne avsporingen.

Hver enkelt av de faktorene som er nevnt over vil med liten sannsynlighet kunne forårsake en avsporing alene, men til sammen bidrar hver av disse til å redusere marginene i alle ledd. Togsammensetting i kombinasjon med fremføringsmessige forhold, vognas lastfordeling og funn av sprekkdannelser diskuteres videre i kapittel 3.3-3.5.

På ulykkesstedet observerte Havarikommisjonen at vippefestene til containeren på vogn 3 hadde falt ut, men det er ukjent når dette har oppstått. Havarikommisjonen mener at med en container som var tyngre bak enn foran, kan festene ha løsnet i rustingen som oppstod i sporvekselområdet.

Konsekvensen av avsporingen var ikke alvorlig med tanke på liv og helse. Den skjedde på en dobbeltsporet strekning, men vogna som sporet av gikk mot yttersiden av sporet. Basert på merker i pukken kan man se at vogna har kommet nesten ut til en kontaktledningsmast da den fulgte sporvekseltunga utover. Man kan tenke seg et scenario der vogna i stedet hadde passert en sporveksel som ledet den mot nabospor og dermed blitt truffet av et annet tog. Tankvogna foran den avsporede vogna inneholdt farlig gods, noe som kunne gitt alvorlige konsekvenser dersom den hadde blitt skadet med påfølgende lekkasje. Hendelsen har også vist at det kan være vanskelig for en fører å oppdage at en enkelt vogn har sporet av, og dermed kan toget i noen tilfeller gå avsporet over en lengre strekning.

3.3 Togsammensetting og fremføringsmessige forhold

For å tillate en viss fleksibilitet i et tog vil det alltid være noe slakk mellom vognene. Dette er blant annet med på å redusere kraften som er nødvendig for å sette toget i bevegelse. Når toget komprimeres ved nedbremsing tas disse langsgående kreftene opp gjennom bufferne. Ved for mye bufferkrefter i en kurve kan et tog spore av fordi vogna blir løftet ut i ytterkurven. I lange, tunge godstog er det spesielt viktig å ta hensyn til denne typen krefter.

Inn mot avsporingstedet i en S-kurve gjorde toget en oppbremsing. I denne situasjonen er vogntypen spesielt utsatt for trykkrefter siden den befant seg i en kurve med minkende overhøyde. Toget var ca. 310 meter langt, noe som i godssammenheng anses som kort. I et slikt tog vil bremsenes tilsettings- og løsetid være tilnærmet lik gjennom hele toget. Det kan oppstå 1-2 sekunders forskjell i reaksjonstid mellom første vogn og siste, men det vil ikke bli flere sekunders forsinkelse som man kan oppleve i lange godstog. Likevel vil det kunne oppstå en liten strekk/skyv bevegelse i toget idet fører løste ut bremsene, som i den gitte kurven var tilstrekkelig til å løfte høyre fremhjul på den lette vogna.

Tunge og lette vogner vil kunne påvirke dynamikken i et tog ved at de reagerer ulikt ved nedbremsing. Det er regnet som et godt prinsipp å sette de tyngste vognene fremst i toget, slik det var gjort ved denne avsporingen. Dette var gjort selv om Green Cargo opplyser at de ikke opererer med retningslinjer for hvordan tunge og lette vogner plasseres i toget, og at deres togsammensetting utelukkende bestemmes av maks lengde og maks vekt for toget. Ved de økte bufferkreftene var overgangen mellom den tunge tankvognen på 90 tonn og den lette to-akslede vogna på 25 tonn spesielt utsatt, blant annet på grunn av stor vektforskjell. Lasten på den to-akslede vogna var i tillegg konsentrert i den bakre delen, noe som kan ha bidratt til et hjulløft.

SHT undersøkte i 2002 to avsporinger med liknende vogner ved Fetsund bru ([JB Rap. 2003/03](#)). I forbindelse med dette ble det gjort en vurdering av vogntypens egenskaper med tanke på avsporinger. Problemet med lette, toakslede vogner som sporet av i kurver var ikke ukjent i Europa og det hadde på den tiden blitt gjort flere undersøkelser og analyser som ble lagt til grunn for UIC sine normer. I undersøkelsen kom man frem til at lav vognsvekt, kort hjulavstand og store overheng gjorde vognene mer utsatt for avsporing. Sammenliknet med andre vogntyper håndterer de dårligere laterale og vertikale krefter, samt at de får store, relative bufferforskyvninger i skarpe kurver. Eventuell sporfeil vil i denne sammenheng bidra negativt. Når det gjelder langsgående trykkrefter som kan oppstå ved nedbremsing vil plasseringen av lette, to-akslede vogner kunne påvirke avsporingerisikoen. Ofte vil det være gunstig å plassere de lette vognene bak i toget, men det finnes per i dag ingen restriksjoner fra UIC når det gjelder togsammensetting, da dette i stor grad kan håndteres av fremføringsmessige forhold.

3.4 Lastfordeling

En container kan på sin ferd ha blitt transportert både med bil, båt og tog. Det er derfor svært viktig at lasten er fordelt og sikret på en slik måte at den ikke forskyver seg underveis da det kan utgjøre en risiko, spesielt med tanke på avsporinger på jernbane. Havarikommisjonen har tidligere påpekt at Jernbaneverket i for liten grad bruker hjulskadedetektorene sine som et verktøy for å få oversikt over tyngde og vektfordeling i materiell som trafikkerer jernbanenettet ([JB Rap. 2015/03](#)).

For den to-akslede vogntypen Lgjn's tillates det en maksimal lastforskjell mellom akslene på forholdet 2:1, og en sideveis skjevlast på maksimalt 1,25:1. Beregninger basert på opplysninger om lasten viser at vogna lå på 1,53:1, med en differanse på 5,2 tonn. En automatisk vektregistrering hos en av Trafikverkets hjulskadedetektorer i Sverige viser at aksellastene sannsynligvis var noe lavere, men at den var lastet tyngre bak enn foran. Detektoren indikerer samtidig en skjevlast på bakre aksel på 1,7:1. På havaristedet kunne man ikke se skader eller lastforskyvning som tilsa skjevhet i denne størrelsesordenen. Det er kjent at detektoren på det tidspunktet hadde en ubalanse som gjorde at den registrerte noe mer vekt på høyre side enn venstre side, i tillegg til at det vil være en viss feilmargin

ved denne typen registreringen. Det er derfor sannsynlig at skjevheten er mindre enn 1,7:1, men selv ved justering for feilmargin og ubalanse er vektforskjellen mellom hjulene på bakre aksel sannsynligvis større enn grenseverdiene tillater. En slik kombinasjon av langsgående og sideveis skjevlast er spesielt uheldig med tanke på avsporingfare. Havarikommisjonen mener den store forskjellen i vekt for ett hjul kan skyldes flere mulige årsaker, men ingen av disse kjenner man med sikkerhet. Containeren kan ved en feil ha ligget oppå containerpiggen i fremre venstre hjørne slik at man fikk en diagonal vektforskyvning. På havaristedet var flere av containerpiggene i fremre del falt ut, men dette kan ha skjedd i forbindelse med avsporingen. Man ville også forvente at feil plassering av containeren ville ha blitt avdekket ved avgangskontroll. Løpeverket fremme på venstre side kan ha hatt en feil som ikke var synlig på havaristedet, men som forskjøv vekten av containeren diagonalt. Containeren inneholdt kun åtte kolli, fire lette paller og fire tunge. Plasseringen av disse gir ikke rom for forskyvning i så stor grad at høyre bakhjul ble vesentlig tyngre enn venstre. Beregnet og veid vekt skiller ca. 1 tonn, noe som tilsier at det ikke var stor forskjell mellom oppgitt og faktisk vekt på lasten. Vognas ramme kan også ha hatt en vridning, men det er samtidig grunn til å tro at stivheten i containeren ville kompensert for dette. Basert på den store usikkerheten knyttet til årsaken for den unormale vektregistreringen av høyre bakhjul, finner ikke Havarikommisjonen tilstrekkelig grunnlag for å fremme en sikkerhetstilråding rundt dette.

Green Cargo utfører ikke kontroller av hvordan vognene deres er lastet, men forventer at kunden, eller terminalen forholder seg til de gitte retningslinjer for lastplassering. Lokfører har dermed ingen forutsetning for å vite om innholdet i en container i toget er lastet feil.

Havarikommisjonen er kjent med at det tidligere ble stilt krav til maks 5 tonns forskjell i aksellast for denne vogntypen på grunn av avsporingfare, men kan ikke se at en slik regel lenger er i bruk i bransjen. Hvorfor regelen har forsvunnet ut av regelverket er ukjent, men det kan synes som avsporingrisikoen har blitt akseptert. Havarikommisjonen mener denne hendelsen er med på å vise at det er forbundet en viss avsporingfare med denne vogntypen dersom den er ujevnt lastet.

Men bakgrunn i denne undersøkelsen mener Havarikommisjonen at Green Cargo i større grad bør forsikre seg om at lastepriinsippene de baserer seg på er egnet for Lgjns vogner.

3.5 Sprekkdannelser i materiell

Havarikommisjonen mener bruddet der akselkasseføringene er festet til langbjelken oppstod på avsporingstedet og ikke kun som en følgeskade i sporvekselområdet. Merker på avsporingstedet støtter dette da det viser at understykket mellom akselkasseføringene med stor sannsynlighet falt ned på innsiden av venstre skinne der det «skrapte» mot skinnefoten og ødela befestigelsen (se figur 25). Dette stemmer også med avstanden mellom flensmerket på svillene til skrapemerkene på skinnefoten.

Basert på undersøkelser Havarikommisjonen har fått utført ved Forsvarets Laboratorietjeneste (FOLAT) er det sannsynlig at Lgjns vogna fra 1976 hadde bruddanvisere i form av små sprekkdannelser i områdene der akselkasseføringene er festet til langbjelken. Det ble der funnet mindre sprekkdannelser på overflaten av langbjelken og innesluttede sprekkdannelser i tilknytning til sveiser, som ifølge FOLAT vil fungere som bruddanvisere ved en overbelastning. I tillegg har materialet lange

mangansulfidstenger som påvirker sprekkvekstmotstanden negativt. Testet materiale uten sprekkinitieringer og mangansulfidstenger, viser i utgangspunktet et duktilt materiale med god motstand mot sprekkvekst.

Vogna hadde vært til verkstedkontroll 20. april 2015 uten at man fant noe å anmerke. Denne kontrollen er basert på visuell inspeksjon. Basert på dette er det sannsynlig at sprekken enten ble oversett eller at sprekken ikke lot seg avdekke ved denne typen visuell inspeksjon. Overflaten er også med på å «kamouflere» sprekker og Havarikommisjonen anser at en visuell inspeksjon er krevende. I dette tilfellet oppstod bruddet som følge av en overbelastning initiert i en overflatesprekk.

Green Cargo AB har opplyst at sveisene er utført iht. gjeldene sveisenormer, likevel var ikke de sveiser som er undersøkt her av ønsket kvalitet. Havarikommisjonens oppfatning er at for å verifisere at en sveis er i henhold til en sveisenorm må den kunne dokumenteres. Dette blir spesielt viktig ved reparasjoner (sveiser) i området der akselkasseføringene er festet til langbjelken siden sprekker her kan få alvorlige konsekvenser.

4. KONKLUSJON

Den 20. mai 2015 ca. kl.1006 sporet en godsvogn i tog 45958 av ved Oppegård på Østfoldbanen. Toget fra Green Cargo AB var på vei fra Sävenäs skiftetomt i Gøteborg til Alnabru i Oslo. Rett etter Oppegård kjente fører et «rykk» i toget, og deretter forsvant hovedledningstrykket. Da toget stanset ble det fastslått at vogn 3 i toget hadde gått avsporet i ca. 840 meter.

Idet vogna befant seg i S-kurve oppstod det hjulavlastning for høyre, fremre hjulgang i ytterkurve. Hjulavlastning kan ha oppstått som følge av at vogna foran var vesentlig tyngre og det oppstod sterke bufferkrefter i den krappe kurven i forbindelse med en nedbremsing. Deler av overgangskurven var også nær vedlikeholdsgrensen for vindskjevhet.

Lastberegninger viser at lastfordelingen i den avsporede vogna var ujevn både sideveis og i lengderetning. Lastfordelingen lengdeveis var innenfor Green Cargos lastebestemmelser, men Havarikommisjonen mener at fordelingen likevel innvirket negativt da man fikk hjulavlastning på fremre hjul. Skjevlasten som ble registrert ved en automatisk hjulskadedetektor indikerer en stor forskjell mellom hjulene på bakre aksel, som ikke kan forklares med forskjøvet last. Havarikommisjonen mener at det er sannsynlig at vognen har hatt en feiltilstand som enten ikke lot seg avdekke på havaristedet, eller feilen var av en slik art at den ble kamouflert av følgeskadene etter avsporingen.

Ødeleggelsene der akselkasseføringene er festet til langbjelken startet på avspøringsstedet og kom ikke kun som en følgeskade i sporvekselområdet. Det er sannsynlig at Lgins vogna fra 1976 hadde svakheter i form av små sprekkdannelse på overflaten av langbjelken og innesluttede sprekkdannelse i tilknytning til sveiser, som vil fungere som bruddanvisere ved en overbelastning. Undersøkelser Havarikommisjonen har fått utført ved Forsvarets Laboratorietjeneste støtter dette.

Havarikommisjonen anser at flere faktorer medvirket til ulykken og hver enkelt av disse under normale omstendigheter ikke ville være i stand til å forårsake en avsporing alene, men i kombinasjon utgjorde de en risiko. Havarikommisjonen ser derfor behov for å øke kvaliteten ved reparasjonsarbeid i et spesielt viktig område på vogna, samt verifisere at dagens lastebestemmelser er egnet for denne vogntypen.

5. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Statens havarikommisjon for transport fremmer følgende sikkerhetstilrådinger¹³

Sikkerhetstilråding JB nr. 2016/03T

Den 20. mai 2015 sporet en Lgjns godsvogn i tog 45958 av ved Oppegård på Østfoldbanen. Ved kontroll etter avsporingen ble det avdekket bruddanvisere i form av små sprekkdannelser på overflaten av langbjelken og innesluttete sprekkdannelser i sveiser. Disse ble funnet der akselkasseføringene er festet i langbjelken, et område som er utsatt for store krefter på grunn av vognas utforming.

Statens havarikommisjon for transport tilrår Statens jernbanetilsyn å be Green Cargo AB sikre at fremtidige sveisearbeider i området der akselkasseføringene er festet i langbjelken på Lgjns vogner utføres og dokumenteres i henhold til gjeldene sveisenormer.

Sikkerhetstilråding JB nr. 2016/04T

Den 20. mai 2015 sporet en Lgjns godsvogn i tog 45958 av ved Oppegård på Østfoldbanen. Containeren på vogna var lastet tyngre bak enn foran, men innenfor gjeldene lastebestemmelser. Denne vogntypen er mer utsatt for avsporing enn andre på grunn av sin lave vognvekt, korte hjulavstand og store overheng. Ujevn lastfordeling bidro til hjulavlastingen og avsporingen.

Statens havarikommisjon for transport tilrår Statens jernbanetilsyn å be Green Cargo AB verifisere at gjeldene lastepinsipper er tilstrekkelige for denne vogntypen.

Statens havarikommisjon for transport

Lillestrøm, 19. mai 2016

¹³ 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.

6. VEDLEGG

Vedlegg A – Safety Recommendations

Vedlegg B – Beregning av aksellaster

Vedlegg C – Utskrift fra hastighetsregistrator

VEDLEGG A – SAFETY RECOMMENDATIONS

The Accident Investigation Board Norway proposes the following safety recommendations¹⁴

Safety Recommendation JB no 2016/03T

On 20 May 2015, an Lgjns freight wagon on train 45958 derailed near Oppegård on the Østfoldbanen line. Upon inspection after the derailment, fracture lines were detected in the form of small cracks on the surface of the longitudinal girder and concealed cracks in welds. They were found where the axle guards are fixed to the longitudinal girder, an area that is subjected to strong forces because of the design of the wagon.

The Accident Investigation Board Norway recommends that the Norwegian National Rail Administration request Green Cargo AB to ensure that future welding work in the area where axle guards are fixed to the longitudinal girder on Lgjns wagons is carried out and documented in accordance with applicable welding norms.

Safety Recommendation JB no 2016/04T

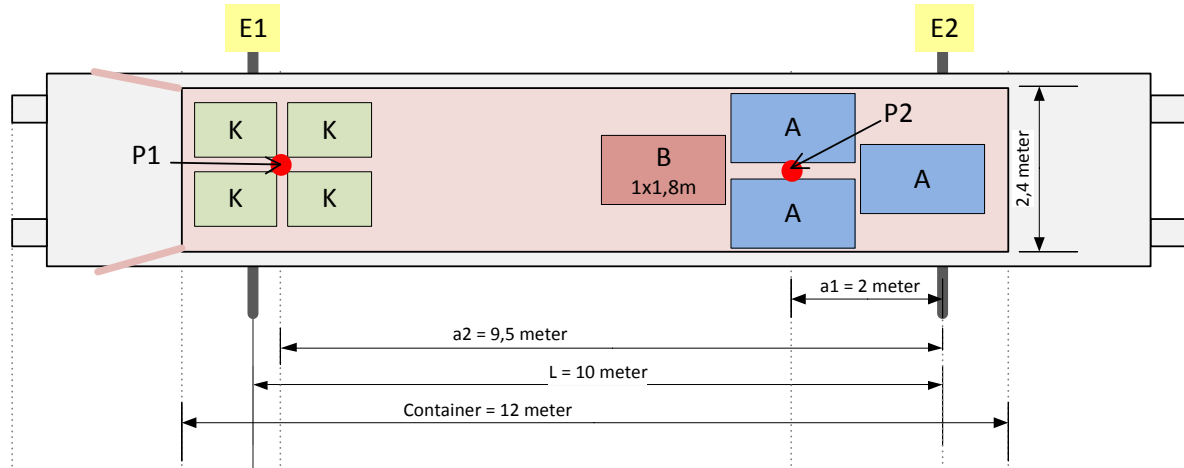
On 20 May 2015, an Lgjns freight wagon on train 45958 derailed near Oppegård on the Østfoldbanen line. The container on the wagon was more heavily loaded at the rear than at the front, but it was within the applicable rules for loading. This wagon type is more at risk of derailment than others because of the low weight of the wagon, short wheel base and large overhang. Uneven load distribution contributed to the wheel lift and the derailment.

The Accident Investigation Board Norway recommends that the Norwegian National Rail Administration request Green Cargo AB to verify that the applicable loading principles are sufficient for this type of wagon.

¹⁴ 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. Regulations of 31 March 2006 No 378 relating to public investigations into railway accidents and serious railway incidents etc. (the Railway Investigation Regulations) Section 16.

VEDLEGG B – BEREGNING AV AKSELLASTER

Containeren på vogna var lastet med fire lette paller i front, og fire tunge paller bakerst. Havarikommisjonen antar at lasten var plassert på følgende måte da containeren ble lastet. Mindre forskyvninger kan ha oppstått i forbindelse med avsporingen.



Figur 1: Fordeling av last. Illustrasjon: SHT

Beregning av aksellaster (E1 – fremre aksel, E2 – bakre aksel) gjøres etter følgende formler:

$$E1 = \frac{P * a}{l} + \frac{T}{2}$$

$$E2 = (T + P) - E1$$

T (egenvekt av vogn + container):	15,89 t
l (akselavstand):	10 m

Aksellaster med kun kolli K:

P(K):	0,136 t
a2 (fra senter av K til bakre aksel):	9,5 m

$$E1(K) = (P(K) * a2) / l + T/2 = 8,074 \text{ t}$$

$$E2(K) = P(K) + T - E1(K) = 7,952 \text{ t}$$

Aksellaster med kun kolli A og B:

P(AB):	8,895 t
a1 (fra senter av AB til bakre aksel):	2 m

$$E1(AB) = (P(AB) * a1) / l + T/2 = 9,724 \text{ t}$$

$$E2(AB) = P(AB) + T - E1(AB) = 15,061 \text{ t}$$

Total aksellast:

E1 (K+AB) = E1(K) + E1(AB) - T/2 =	<u>9,853 t</u>
E2 (K+AB) = E2(K) + E2(AB) - T/2 =	<u>15,068 t</u>

Dette gir følgende lastfordeling:

$$\frac{E2}{E1} = \frac{15,068}{9,853} = \frac{1,53}{1} < \frac{2}{1}$$

Det betyr at det var 1,53 ganger så mye last på bakre aksel i forhold til fremre.

Differansen mellom de to aksellastene var på 5,2 tonn:

$$E2 - E1 = 15,068 - 9,853 = 5,215 \text{ tonn}$$

VEDLEGG C – UTSKRIFT FRA HASTIGHETSREGISTRATOR

Tabell 1: Fra lokomotivets hastighetsregistrator

Distanse	Tid	Km/t	Hovedledningstrykk
327268	10:05:46	75	455
327283	10:05:47	73	455
327288	10:05:47	73	435
327314	10:05:48	70	435
327343	10:05:50	68	435
327371	10:05:51	65	435
327393	10:05:53	63	435
327410	10:05:54	60	435
327431	10:05:55	58	435
327455	10:05:57	55	435
327482	10:05:58	53	435
327507	10:06:00	50	435
327511	10:06:00	50	455
327532	10:06:02	48	455
327558	10:06:04	45	455
327586	10:06:06	43	455
327610	10:06:08	40	455
327618	10:06:09	40	455
327616	10:06:09	40	455
327630	10:06:10	38	455
327648	10:06:12	35	455
327653	10:06:13	35	475
327670	10:06:14	33	475
327672	10:06:15	33	495
327701	10:06:18	30	495
327770	10:06:26	28	495
327776	10:06:27	28	515
327782	10:06:28	28	515
327826	10:06:34	25	515
327887	10:06:43	23	515
327932	10:06:50	23	515
327929	10:06:50	21	515
327963	10:06:56	19	515
328018	10:07:07	19	515
328021	10:07:07	19	515
328040	10:07:12	19	515
328106	10:07:25	21	515
328136	10:07:30	24	515
328161	10:07:33	26	515

328182	10:07:36	26	515
328184	10:07:37	29	515
328198	10:07:38	29	515
328198	10:07:38	29	515
328202	10:07:39	29	515
328206	10:07:39	31	515
328213	10:07:40	31	515
328233	10:07:42	34	515
328256	10:07:44	36	515
328281	10:07:47	39	515
328306	10:07:49	41	515
328334	10:07:52	44	515
328350	10:07:53	44	515
328365	10:07:54	46	515
328400	10:07:57	49	515
328417	10:07:58	49	515
328444	10:08:00	51	515
328448	10:08:00	51	495