

Slutrapport SHK 2023:04

**Urspårning på Malmbanan mellan
Sikträsk och Linaälv den 7 november
2021, Norrbottens län**

Diariens J-18/21

2023-02-02

SHK utreder olyckor och tillbud från säkerhetssynpunkt. Syftet med utredningarna är att liknande händelser ska undvikas i framtiden. SHK:s utredningar syftar däremot inte till att fördela skuld eller ansvar, vare sig straffrättsligt, civilrättsligt eller förvaltningsrättsligt.

Rapporten finns även på SHK:s webbplats: www.havkom.se

ISSN 1400-5743

Illustrationer i SHK:s rapporter skyddas av upphovsrätt. I den mån inte annat anges är SHK upphovsrättsinnehavare.

Med undantag för SHK:s logotyp, samt figurer, bilder eller kartor till vilka någon annan än SHK äger upphovsrätten, tillhandahålls rapporten under licensen Creative Commons Erkännande 2.5 Sverige. Det innebär att den får kopieras, spridas och bearbetas under förutsättning att det anges att SHK är upphovsrättsinnehavare. Det kan t.ex. ske genom att vid användning av materialet ange ”Källa: Statens haverikommission”.



I den mån det i anslutning till figurer, bilder, kartor eller annat material i rapporten anges att någon annan är upphovsrättsinnehavare, krävs dennes tillstånd för återanvändning av materialet.

Omslagets bild tre – Foto: Anders Sjödén/Försvarsmakten.

Innehåll

1.	SAMMANFATTNING.....	4
2.	UTREDNINGEN OCH DESS SAMMANHANG	6
3.	BESKRIVNING AV HÄNDELSEN.....	8
a)	Händelsen och bakgrundsinformation	8
	Händelseförloppet	9
	Räddningsinsats	11
b)	Faktabeskrivning av händelserna.....	12
	Olycksplatsundersökning	12
	Infrastruktur	18
	Tåget och dess sammansättning.....	20
	Undersökning av räldelar från olycksplatsen.....	21
	Samband mellan räldelen med sprickbildning och hjulmärken	25
	Mätningar och kontroller av spåranläggningen	28
	Övriga åtgärder på sträckan	34
	Grundvattenförhållanden och jordartskartering	34
	Liknande händelser	35
4.	ANALYS AV HÄNDELSEN.....	36
	Varför och hur spårade tåget ur?.....	36
	Hur uppstod sprickbildningen i rälen?	37
	Varför upptäcktes inte sprickbildningen?	38
5.	SLUTSATSER.....	40
6.	SÄKERHETSREKOMMENDATIONER.....	42

1. SAMMANFATTNING

Den 7 november 2021 spårade ett godståg lastat med järnmalm ur. Urspåringen inträffade mellan driftplatserna Sikträsk och Linaälv på Malmbanan i Norrbottens län. Tåget, som bestod av två lok och 68 vagnar, spårade ur med 40 vagnar. Inga personskador uppstod. Det uppstod däremot omfattande skador på järnvägsfordonen och järnvägsinfrastrukturen på platsen.

Urspåringen bedöms ha orsakats av en utmattningsspricka i rälen som utlöste ett rälsbrott. Sprickbildningen hade inte identifierats inom infrastrukturförvaltarens system för förebyggande underhåll.

Säkerhetsrekommendationer

I Trafikverkets underhållsplan för 2022–2025 anges att ett spårbyte är planerat på sträckan Gällivare–Råtsi med produktionsstart 2025. Mot bakgrund av den framtagna underhållsplanen att byta spåret med start 2025 ser inte Statens haverikommission skäl att ställa en specifik rekommendation om detta.

Under tiden fram till spårbytet ser Statens haverikommission det dock som viktigt att åtgärder vidtas som minskar risken att inre sprickor i rälen inte upptäcks i tid. Sådana åtgärder är även av betydelse i ett längre perspektiv eftersom sprickor kan uppkomma oavsett typ och ålder på räl, även om det är mer vanligt förekommande i äldre räl. Statens haverikommission ger därför följande rekommendationer.

Trafikverket rekommenderas att:

- Undersöka vad som skulle krävas för att bättre kunna identifiera tvärsprickor av inre ursprung. Undersökningen bör innefatta både behov av utveckling av teknisk utrustning och stöd vid utförande av kontrollen. (SHK 2023:04 R1)
- Utvärdera om de manuella ultraljudskontrollerna efter indikeringar från ultraljudstågsmätningar bör utökas, exempelvis om extra kontroller bör utföras i de fall en indikerad tvärspricka inte identifieras vid den första kontrollen. (SHK 2023:04 R2)
- Närmare undersöka vilka faktorer som kan bidra till förhöjd dragspänning i rälen och hur sådana faktorer kan identifieras. (SHK 2023:04 R3)

SUMMARY IN ENGLISH

A freight train loaded with iron ore derailed on 7 November 2021 between Sikträsk and Linaälv on Malmbanan (Iron Ore Line) in Norrbotten County. The train, which consisted of two locomotives and 68 wagons, derailed with 40 wagons. No one was injured. However, the accident caused significant damage to the railway vehicles and the railway infrastructure.

The assessment is that the derailment was caused by a fatigue crack in the rail which triggered a rail break. The crack formation had not been identified or remedied under the infrastructure manager's system for preventive maintenance.

Safety recommendations

In the Swedish Transport Administration's maintenance plan for 2022–2025, it is stated that for the section Gällivare–Råtsi a track change is planned to start in 2025.

In light of the plan to replace the track starting in 2025, the Swedish Accident Investigation Authority sees no reason to issue a specific recommendation on this matter.

However, in the time leading up to the track replacement, the Swedish Accident Investigation Authority finds it important that measures are taken to reduce the risk of internal cracks in the rail not being detected in time. Such measures are also important in a longer perspective since cracks can appear regardless of the type and age of rail. It is however more common in older rail. The Swedish Accident Investigation Authority therefore makes the following recommendations.

The Swedish Transport Administration is recommended to:

- Investigate what would be required to better identify transverse cracks of internal origin. The investigation should include both the need for the development of technical equipment and support in carrying out the control. (*SHK 2023:04 R1*)
- Evaluate whether the manual ultrasound checks following indications from ultrasonic train measurements should be extended, for example whether extra checks should be carried out in cases where an indicated transverse crack is not identified at the first check. (*SHK 2023:04 R2*)
- Investigate more closely which factors can contribute to increased tensile stress in the rail and how such factors can be identified. (*SHK 2023:04 R3*)

2. UTREDNINGEN OCH DESS SAMMANHANG

Utredningens omfattning och avgränsningar

Statens haverikommission (SHK) är en statlig myndighet som har till uppgift att utreda olyckor och tillbud till olyckor i syfte att förbättra säkerheten. SHK:s olycksutredningar syftar till att så långt som möjligt klarlägga såväl händelseförlopp och orsak till händelsen som skador och effekter i övrigt. En utredning ska ge underlag för beslut som har som mål att förebygga att en liknande händelse inträffar i framtiden eller att begränsa effekten av en sådan händelse. Samtidigt ska utredningen ge underlag för en bedömning av de insatser som samhällets räddningstjänst har gjort i samband med händelsen och, om det finns skäl för det, för förbättringar av räddningstjänsten.

SHK:s utredningar syftar till att ge svar på tre frågor: *Vad hände? Varför hände det? Hur undviks att en liknande händelse inträffar i framtiden?*

SHK har inga tillsynsuppgifter och har inte heller någon uppgift när det gäller att fördela skuld eller ansvar, eller rörande frågor om skadestånd. Det medför att ansvars- och skuldfrågorna varken undersöks eller beskrivs i samband med en utredning. Frågor om skuld, ansvar och skadestånd handläggs inom rättsväsendet eller av t.ex. försäkringsbolag.

I SHK:s uppdrag ingår inte heller att vid sidan av den del av utredningen som behandlar räddningsinsatsen undersöka hur personer förda till sjukhus blivit behandlade där. Inte heller utreds samhällets aktiviteter i form av socialt omhändertagande eller krishantering efter händelsen.

Beslutet att inleda en utredning

SHK underrättades den 7 november 2021 om att en olycka inträffat samma dag, kl. 06.13, på sträckan Sikträsk–Linaälv, Malmbanan, Norrbottens län. SHK påbörjade en olycksplatsundersökning den 8 november 2021.

Den 10 november 2021 beslutade SHK att utreda händelsen eftersom kostnaderna för de materiella skadorna bedömdes uppgå till minst 2 miljoner euro¹.

Utredningsgruppen

SHK har företrätts av Kristina Börjevik Kovaniemi, ordförande, Johan Gustafsson, utredningsledare, fram till den 20 januari 2022 därefter Eva-Lotta Högberg som utredningsledare samt Mikael Hillbo, operativ utredare.

¹ Kriterium i lagen (1990:712) om undersökning av olyckor för när järnvägsolyckor ska utredas.

SHK har biträtt av Element Materials Technology AB som expert på materialanalys av metalliska material.

Utredningen har följts av Transportstyrelsen genom Gisela Liss.

Utredningsmaterialet

SHK har undersökt olycksplatsen, järnvägsinfrastrukturen och järnvägsfordonen i tåget. Ett flertal rälldelar omhändertogs för en mer detaljerad undersökning av brottytor och defekter.

SHK har intervjuat:

- föraren av tåget, LKAB Malmtrafik AB (LKAB),
- representanter för Trafikverket inom underhåll, teknik och miljö,
- representant för Sperry Rail International Limited (Sperry Rail) som på uppdrag av Trafikverket hade utfört ultraljudsmätning på sträckan,
- tekniker och elev på Infranord Mätenheten² som på uppdrag av Sperry Rail hade utfört manuell kontroll av indikationer från ultraljudsmätningen på den aktuella sträckan och
- representanter för Infranord AB som på uppdrag av Trafikverket hade utfört säkerhetsbesiktningar på sträckan före händelsen.

Underlag från respektive intervju har arbetats in i rapporten. SHK har tagit del av dokumentation och registreringar från ovan nämnda aktörer, väderuppgifter från SMHI samt en sammanställning av grundvattenförhållanden och jordarts-kartering från Sveriges geologiska undersökning (SGU). Statens geotekniska institut (SGI) har bistått SHK i geotekniska frågor.

Ett haverisammanträde hölls i Luleå den 14 oktober 2022. Vid haverisammanträdet presenterades det faktaunderlag som fanns vid den tidpunkten.

² Infranord Mätenheten är en fristående enhet inom Infranord AB som utför maskinella mättjänster och oförstörande provning (OFP).

3. BESKRIVNING AV HÄNDELSEN

a) Händelsen och bakgrundsinformation

Typ av händelse:	Urspåring
Tidpunkt:	Den 7 november 2021, kl. 06.13
Plats, sträcka:	Sikträsk–Linaälv, Norrbottens län, bandel 113, 1332+400 km-punkt i banans längdmätning
Linjetyp:	Enkelspår
Järnvägsföretag:	LKAB Malmtrafik AB
Typ av tåg, tågnr/verksamhet:	Godståg 9942
Järnvägsfordon:	Två IORE-lok, 91 74 0000 102-5 och 91 74 0000 134-8, och 68 godsvagnar av typen Fammoorr 050, lastade med anrikad järnmalm i sandform (MAF)
Infrastrukturförvaltare:	Trafikverket
Entreprenör och underentreprenör, ultraljudskontroll:	Sperry Rail International Limited och Infranord Mätenheten
Entreprenör, säkerhetsbesiktningar:	Fram till och med den 30 september 2021 Infranord AB, från och med den 1 oktober 2021 BDX Företagen AB
Hastighet vid händelsen:	54 km/tim
Tågets största tillåtna hastighet:	60 km/tim
Banans största tillåtna hastighet:	135 km/tim
Väder:	Uppehåll, -13°C ³
Personskador:	Inga
Skador på järnvägsfordon:	Omfattande
Skador på järnvägsinfrastruktur:	Omfattande
Andra skador:	Last (MAF) spreds ut på platsen

³ Enligt SMHI:s uppskattning av temperaturen utifrån assimilerade data från flera observationer föll temperaturen från -3°C vid midnatt till -13°C på morgonen.

Händelseförloppet

Tåg 9942 hade färdigställts vid LKAB:s terminal i Malmberget och bestod av två dragande lok och 68 vagnar lastade med järnmalm. Föraren utförde föreskrivna kontroller innan tåget kl. 05.37 avgick från Koskullskulle mot Kiruna.



Figur 1. Tåget var på väg från Koskullskulle till Kiruna malmbangård. Bildkälla: Trafikverket. Ursprungningsplatsen är markerad av SHK med ett rött kryss.

Cirka 25 minuter efter avgång hade tåget passerat Sikträsk driftplats och var på väg vidare norrut mot Linaälv med en hastighet av 54 km/tim. Föraren som har varit lokförare sedan 2014 och var van att köra sträckan märkte hur loken ”började gå lätt” och förväntade sig en mindre knuff från bakomvarande vagnar, men istället tappade tåget fart och stannade tvärt.

Föraren ringde kl. 06.13 till trafikledningscentralen i Boden och berättade att det inte fanns någon spänning i kontaktledningen. Strax därefter ringde han på nytt och talade om att en kontaktledningsstolpe lutade mot en vagn. Tågklareraren säkerställde med eldriften att sträckan var spänningslös och olycksplatsansvarig (OPA) för Trafikverket kallades ut. Klockan 06.36 informerade tågklareraren föraren att det var spänningslöst. Föraren gick då ut för att ta reda på vad som hänt och såg att flera vagnar hade spårat ur och meddelade trafikledningen detta.

Föraren säkrade de vagnar som stod kvar på spåret från att komma i rullning. Efter en stund kom personal från LKAB och OPA för Trafikverket till platsen.



Figur 2. Olycksplatsen med tåget sett bakifrån. Foto: Jan-Erik Pettersson, MJ Schakt och Planering AB. Den röda markeringen infogad av SHK visar området med de 40 urspårade vagnarna.

De två loken, de två första och de 26 sista vagnarna stod kvar i sin helhet på spåret. Däremellan var 40 vagnar helt eller delvis urspårade. Några av de urspårade vagnarna hade vält och många vagnar hade pressats samman och tryckts ner i banvallen på en kortare sträcka. Även delar av spåranläggningen hade tryckts ner i banvallen.



Figur 3. Urspåringen sedd framifrån. Foto: Jan-Erik Pettersson, MJ Schakt och Planering AB.

Kostnaden för skadorna som uppstod på de urspårade vagnarna uppgick enligt LKAB till 52,3 miljoner kronor. Därutöver förstördes enligt Trafikverket cirka 250 meter spår, kontaktledning, tre kontaktledningsstolpar samt olika typer av kablar i banvallen. Enligt Trafikverket uppgick materialkostnaden för skadorna på infrastrukturen till 3,6 miljoner kronor.

I samband med urspåringen spreds 3 600 ton anrikad järnmalm i sandform (MAF) med ett innehåll om cirka 70 procent järn ut på platsen. LKAB har forslat bort MAF från platsen men uppskattade initialt att upp till 360 ton låg kvar. LKAB har senare uppgett att mängden som ligger kvar troligtvis är mindre än vad som först uppskattades.

Enligt Länsstyrelsen kan de spridda massorna innehålla förorenande ämnen och metaller. Länsstyrelsen hade vid publiceringen av denna rapport ett pågående tillsynsärende gällande tydliggörande av innehållet i de övriga 30 procenten.



Figur 4. Urspårade vagnar och skadad infrastruktur.



Figur 5. Urspårade vagnar och utspridd järnmalm.

Räddningsinsats

Ingen räddningsinsats initierades i samband med händelsen. Trafikverket har uppgett att trafikledningen oavsett behov av räddningsinsats vanligtvis kontaktar SOS Alarm initialt vid urspårningar för att de ska vara informerade om vad som hänt. I detta fall kontaktades dock inte SOS Alarm vilket enligt Trafikverket kan ha berott på ett skiftbyte.

b) Faktabeskrivning av händelserna

Olycksplatsundersökning

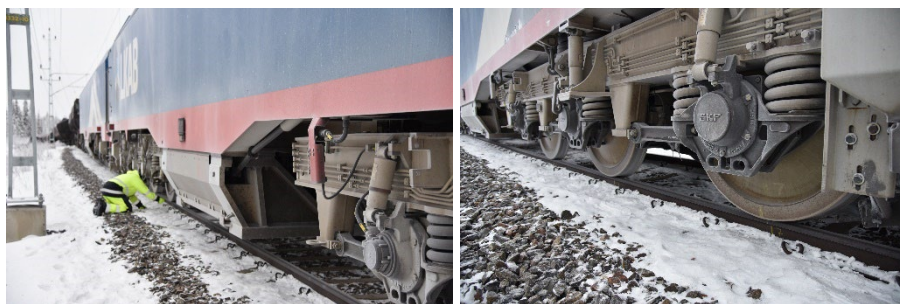
SHK började undersöka olycksplatsen dagen efter urspårningen. Arbetet pågick fram till den 13 november 2021 och begränsades av tillgången på dagsljus. Vid undersökningen samrådde SHK med aktörer på plats som förberedde för röjningsarbetet. SHK lämnade successivt röjningsmedgivanden för olika delar av olycksplatsen till OPA.

För att underlätta röjning av olycksplatsen undersöktes först de fordon som stod kvar på spåret. Vagn 43–68, dvs. tågets 26 sista vagnar, uppvisade inga skador som kunde kopplas till urspårningen. Inte heller spåret under de 26 vagnarna uppvisade några sådana skador, se figur 6.



Figur 6. Bilden till vänster: vy framåt i tågets färdriktning med den sista vagnen och de sista hjulaxlarna som spårade ur. Bilden till höger: spåret mellan vagnarna närmast bakom urspårningen.

De två loken och de två första vagnarna kontrollerades för skador som skulle kunnat orsaka en urspårning. Hjulaxlarna doldes till viss del av lokens boggier, se figur 7. Loken kontrollerades därför även av LKAB efter transport till verkstad i Kiruna. Inga skador kopplade till urspårningen identifierades.



Figur 7. Bilden till vänster: lokets högra sida bakåt mot de urspårade vagnarna. Bilden till höger: en mer detaljerad bild av en boggi med hjulaxlarna 7–9 i färdriktningen.

På den andra vagnens sista hjulaxel, axel 20 i färdriktningen, noterades ett tydligt, tvärgående, märke på det högra hjulets löpyta⁴, se figur 8.

⁴ Hjulets löpyta är där den huvudsakliga kontakten mellan hjul och räls sker.



Figur 8. Tvärgående märke på den 20 hjulaxelns högra löpyta. Märket i förstoring i den infällda bilden. Gul färg är markering gjord med fetkrita av SHK.

Motsvarande märken hittades på hjulaxel 22, 23 och 24 på den tredje vagnen. På hjulaxel 24 hittades även ett andra, bredare märke på löpytan, ett kvarts varv efter det första märket i hjulets rotationsriktning.

Löpytorna på de tre första vagnarnas hjul på vänster sida uppvisade inga motsvarande tvärgående märken eller andra noterbara skador.

Den tredje vagnen var delvis urspårad. Mellan boggierna hade höger räil lossnat från sin befästning och vridits 90 grader utåt. Strax bakom hjulaxel 23 hade den vänstra räilen ett kort, diagonalt märke åt höger vilket tyder på att vagnen stod nästan stilla när boggin förflyttade sig i sidled. Vagnen uppvisade i övrigt inga skador på hjulaxlar, hjullager eller fjädring.



Figur 9. Hjulaxel 23 och 24 på vagn 3 var urspårade åt höger i färdriktningen. Pilen i bilden till vänster pekar på ett kort, diagonalt märke över räilen strax bakom det vänstra hjulet på axel 23. I bilden till höger syns boggens högra sida och hjulen stående på den utåt vridna räilen.

På begäran av SHK fördes hjulaxlarna från andra och tredje vagnen, hjulaxel 17–24, till inomhusförvaring i Kiruna för att möjliggöra ytterligare undersökningar. LKAB kontrollerade och dokumenterade där

hjulens löpytor. De tvärgående märkena på hjulaxel 20, 22, 23 och 24 mättes upp medurs från de markerade positioner hjulen haft mot rälen. Vid kontrollen identifierade och dokumenterade LKAB även tvärgående märken på den högra löpytan på hjulaxlarna 17, 18, 19 och 21. Märkena på hjulaxel 17 och 18 var mindre framträdande medan märkena på hjulaxel 19 och 21 överensstämde med de märken på hjulaxel 20, 22, 23 och 24 som dokumenterades på olycksplatsen.

Den fjärde vagnen hade spårat ur helt och alla hjulaxlar hade rullat i makadam⁵. Hjulens löpytor var matta och repiga. Det gick dock att se ett tvärgående märke på den högra löpytan på hjulaxel 25 som liknade de tidigare anslagsmärkena, se figur 10.



Figur 10. Bilden till vänster: den fjärde vagnen nedsjunken i makadam. Bilden till höger: axel 25 med anslagsmärket i förstoring.

Från den fjärde till den åttonde vagnen lutade vagnarna mer och mer till höger om spåret, se figur 11. Alla betongslipers hade krossats och rälna låg lösa i makadamen.



Figur 11. Den fjärde till åttonde vagnen lutade allt mer till höger om spåret. Bilderna visar vagnarna bakåt respektive framåt i färdriktningen.

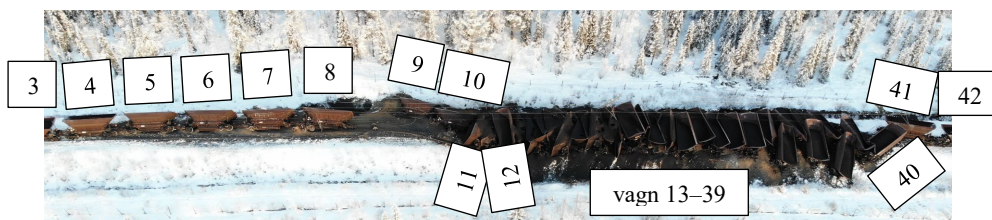
Den åttonde vagnen hade under en del av urspärningsförloppet befunnit sig längre till höger om spåret, fortfarande kopplad med den nionde vagnen. Den nionde vagnen stannade upp till följd av att kopplet lossnade medan den åttonde vagnen drogs vidare cirka 10 meter upp mot spåret igen, se figur 12.

⁵ Grovt krossat bergmaterial som är en del av banöverbyggnaden.



Figur 12. Den åttonde vagnen hade släpats upp mot spåret igen, utan den bakre boggin, och den nionde vagnen låg ner vid sidan av banvallen. Den bakre boggin från den åttonde vagnen är markerad med en pil. Spårets högra räl framgår på båda bilderna.

Den nionde och tionde vagnen låg vid sidan av banvallen, i en linje snett bakåt upp mot spåret. Den elfte vagnen hade ställt sig på tvären med den främre delen åt höger. De efterföljande vagnarna hade omväxlande tryckts åt vänster eller höger. Trettio vagnar, med en sammanlagd längd av drygt 300 meter, hade packats samman på en sträcka av 80 meter, se figur 13.



Figur 13. Översiktlig bild av samtliga urspårade vagnar, från vagn 3 och axel 23–24 i vänster bildkant till vagn 42 och axel 177–178 i höger bildkant. Foto: Jan-Erik Pettersson, MJ Schakt och Planering AB. De numrerade rutorna är infogade av SHK och illustrerar vagnarnas inbördes placering.

Olycksplatsundersökningen av spåret komplicerades av de omfattande skadorna orsakade av de urspårade vagnarna. Krossade betongslipers och räler hade tryckts ned i banvallen tillsammans med vagnskorgar, boggier, hjulaxlar och stora mängder last.

Rälerna var sammanhängande bakåt från loken till en plats parallell med den tionde vagnen. Där var båda rälerna tryckta ut åt vänster och avbrutna framför den elfte vagnen, se figur 14.



Figur 14. Bilden till vänster: den tionde vagnen liggande på sidan och rälerna som tryckts åt sidan framför den elfte vagnen. Bilden till höger: samma räler, framåt i tågets färdriktning, efter att den elfte vagnen flyttats.

För att flytta de kraftigt deformerade vagnarna och röja spårområdet användes grävmaskiner, se figur 15.



Figur 15. Grävmaskiner drar loss de tvärställda vagnarna.

Efter att vagnskorgar, boggier och hjulaxlar dragits åt sidan kunde SHK med hjälp av grävmaskinerna systematiskt söka igenom lasten och banunderbyggnadsmaterialet efter räldelar och andra relevanta metallföremål.

Resultat från olycksplatsundersökningen

I en av de funna räldelarna identifierades tecken på sprickbildning, se figur 16. Denna räldel betecknas i rapporten som räldel O13.



Figur 16. Räldel med sprickbildning.

Räldelen återfanns under vagn 15–17 i färdriktningen, ungefär vid järnvägskilometer⁶ 1332+395–400⁷. Se figur 17 och 18.



Figur 17. Den röda pilen markerar mot det område där räldelen med sprickbildning återfanns. Den gula pilen pekar på kontaktledningsstolpe 1332–7. Foto: Jan-Erik Pettersson, MJ Schakt och Planering AB. Pilar infogade av SHK.



Figur 18. Bilder över området där räldelen med sprickbildning hittades. Pilen pekar mot toppen av kontaktledningsstolpe 1332–7 bakom vagnarna.

Räldelen och ytterligare ett antal räldelar omhändertogs av SHK för vidare analys.

Under den sjuttonde vagnen hade en hjulaxel stora skador. Båda hjultallrikarna hade brustit och lossnat från sina nav, se figur 19. Alla delar av båda hjultallrikarna, tre delar per hjul, hittades i direkt anslutning till hjulaxeln. De sammanfogade delarna bildade två hela hjul som överensstämde med hjuldiametern för den aktuella axeln. Om hjulaxeln hade skadats före urspårningen borde delar saknats och återfunnits längre bak under tåget. Skadorna på hjulaxeln bedöms därför ha uppkommit i samband med att boggin med stor kraft trycktes samman i marken till följd av den redan inträffade urspårningen.

⁶ Järnvägskilometerangivelserna på denna sträcka utgår från Stockholms central som räknas som kilometer 0. Sikträsk driftplats har kilometerangivelsen 1323+238 och Linaälv driftplats kilometerangivelsen 1336+122.

⁷ Rälens placering har bestämts utifrån positionen för kontaktledningsstolpe 1332–7 som enligt Trafikverkets baninformationssystem (BIS) var på kilometer 1332+386. Stolpens placering är 10–15 meter före platsen där räldelen hittades.



Figur 19. Bilden till vänster: pilen visar var den skadade hjulaxeln och alla delar av hjultallrikarna hittades. Bilden till höger: hjulaxeln efter att den och de sex delarna av hjulen hade flyttats till sidan av banvallen.

Övriga hjulaxlar som undersöktes före, under och efter röjningsarbetet var hela, se figur 20. Skador, såsom märken på löpytor, flänsar, axlar eller ytterhöljen på hjullager, hade av allt att döma tillkommit som en följd av urspårningen eller i samband med röjningsarbetet.



Figur 20. Bilden till vänster: hjulaxlar som flyttats till sidan av banvallen. Bilden till höger: en av de begränsade skador som kunde iakttas på vissa hjullager.

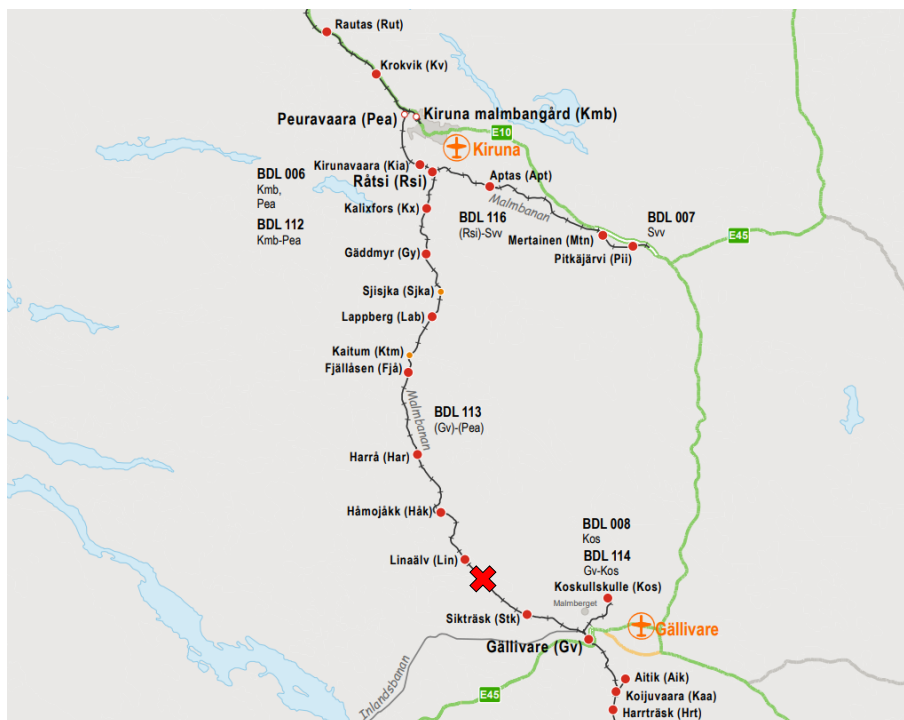
Infrastruktur

Malmbanan sträcker sig mellan Boden och Riksgränsen. Från Riksgränsen leder Ofotbanan vidare till Narvik i Norge. Malmbanan är 50 mil lång, enkelspårig och trafikeras av både persontåg och godståg. Malmbanan är den bana i Sverige som tillåter tyngst trafik med 30 tons axellast⁸, vilket innebär upp till 8 600 ton tunga och 750 meter långa tåg med totalt 68 vagnar.

Trafikverket är infrastrukturförvaltare för banan och trafikledning av den aktuella sträckan sker normalt genom fjärrstyrning från trafikcentralen i Boden enligt system H. Detta innebär att hinderfrihet, spår, växlar och signaler kontrolleras av ett signalställverk.

Urspårningen inträffade mellan driftplatserna Sikträsk och Linaälv på bandel 113 som sträcker sig från Gällivare till Kiruna, se figur 21.

⁸ På vissa sträckor tillåts 31 tons axellast.



Figur 21. Karta som visar bandelar (BDL) och driftplatser. Källa: Trafikverkets karta över det svenska järnvägsnätet. Urspårningsplatsen markerad av SHK med ett rött kryss.

Största tillåtna hastighet vid urspårningsplatsen är 135 km/tim. För lastade malmtåg är den största tillåtna hastigheten 60 km/tim.

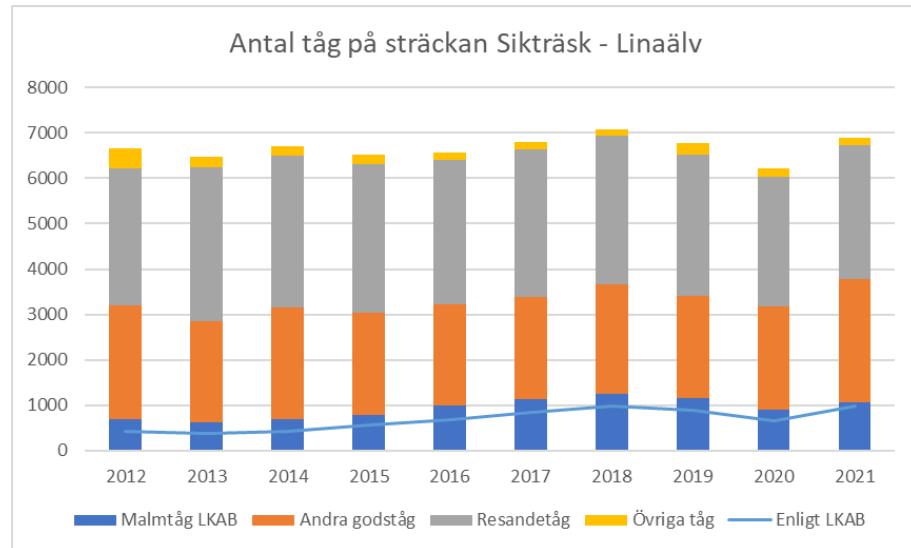
Stationära detektorer finns längs med banan för att upptäcka tecken på bland annat hjulskador. De detektorer som ligger närmast urspårningsplatsen finns placerade söder om Gällivare och strax norr om Linaälv, dvs. på platser som tåg 9942 inte passerat. Detektorerna har enligt Trafikverket inte indikerat hjulskador på något av de andra tåg som passerat detektorerna under de två föregående dygnet före urspårningen.

I slutet av 1990-talet höjdes största tillåtna axellast på Malmbanan till 30 ton. Inför höjningen utredde dåvarande Banverket behov av stabilitets- och bärighetsförbättrande åtgärder.⁹ För sträckan där urspårningen inträffade, kilometer 1332+322–1332+474, identifierades inga sådana behov.

Enligt Trafikverket har det under de senaste tio åren passerat 6000–7000 tåg per år på sträckan, dvs. i genomsnitt 18 tåg per dygn¹⁰, se figur 22.

⁹ Banverket (1996). *30 ton på malmbanan, rapport 3.7, Infrastruktur, Geotekniska åtgärder*.

¹⁰ Uppgifterna från Trafikverket är produktionsdata och ska tolkas med försiktighet.



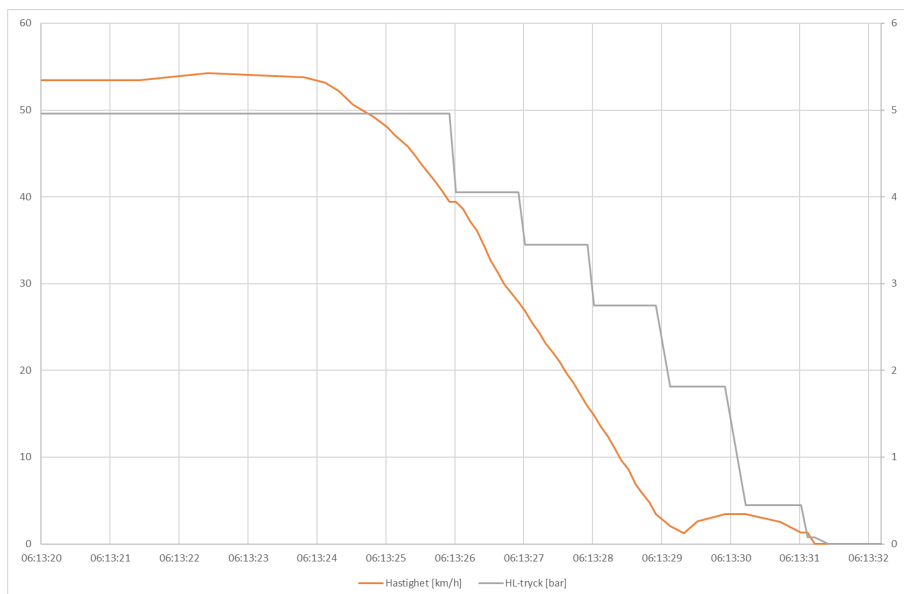
Figur 22. Staplarna visar antalet tåg enligt Trafikverkets produktionsdata. Linjen visar LKAB:s uppgifter över antal malmtåg på sträckan. Observera att det finns en avvikelse mellan Trafikverkets och LKAB:s uppgifter som kan bero på olika sätt att ta fram uppgifterna. Data för 2021 gäller helår för bästa jämförelse mot tidigare år (även om urspårningen inträffade i början av november).

Tåget och dess sammansättning

Tåget bestod av två Iore-lok, som är ellok särskilt anpassade för tunga transporter, och 68 lastade malmvagnar.

Tåget vägde sammanlagt 8 491 ton och var 746 meter långt, inkluderat de två loken på 180 ton och 22,9 meter vardera. Lasten var MAF med en sammanlagd vikt av 6 669 ton. Lokens axellast var 30 ton och vagnarnas genomsnittliga axellast 29,9 ton.

Av det första lokets registreringsutrustning går det att utläsa att tåget framfördes i en hastighet av 54 km/tim när urspårningen inträffade. Hastigheten började sjunka kl. 06.13.24 och det tog sju sekunder innan loket stod still, se figur 23.



Figur 23. Utdrag ur det ledande lokets registreringsutrustning med data för tid, hastighet och bromssystemets huvudledningstryck. Källa: LKAB.

Stoppsträckan registrerades till 43,5 meter. Två sekunder efter att hastigheten reducerades började även bromssystemets huvudledningstryck att sjunka från 5 till 0 bar. Det tyder på att luftledningen genom tågsättet skadats och att tryckluften därför börjat att läcka ut. Bromssystemet på ett malmtåg reagerar långsamt i syfte att inte skapa för stora krafter i tågets längdriktning vilka skulle kunna leda till skador på koppel eller till urspårning. Loken och de första vagnarna utvecklade därför sannolikt ingen eller begränsad bromskraft under den korta tid huvudledningstrycket sänktes till dess att fordonen stod stilla. Trots att loket och den första delen av tåget stannat upp fortsatte tåget längre bak att spåra ur till dess att rörelseenergin tog slut.

Undersökning av räldelar från olycksplatsen

Räldelarna var tillverkade av Domnarvets Jernverk 1982 i stålqualität R320Cr och vägde 50 kg/meter.

Element Materials Technology AB har undersökt räldelarna i syfte att dokumentera brottytor och defekter samt fastställa typ av primärbrott. Arbetet har inkluderat visuell och fraktografisk undersökning, svepelektronmikroskop- och mikrostrukturundersökning, hårdhetsmätning samt kemisk sammansättningsanalys.

De undersökta räldelarna omfattade sammanlagt cirka 18 meter räl. Vissa av delarna bestod av rälhuvud, liv och fot medan andra utgjordes av enbart rälhuvud eller delar av liv och fot, se figur 24. Flera av räldelarna var synbart deformerade, både globalt¹¹ och lokalt vid brottytorna, vilket tyder på att stora laster överförts vid rälbrotten samt att materialet deformerats plastiskt¹². En svetsskarv hittades på en av

¹¹ Med global deformation avses deformation av en hel struktur.

¹² Med plastisk deformation avses sådan deformation som kvarstår efter belastning åtföljd av avlastning.

räldelarna, men inte i samband med en brottyta och bedöms inte startat eller påverkat brottförloppet.



Figur 24. Bilden till vänster: undersökta räldelar varav några kapats från längre räler på olycksplatsen. Bilden till höger: en schematisk skiss av rälen beståndsdelar.

Rälens materialtyp är kolmanganstål med legeringsämnet krom (Cr) för att öka hårdbarheten. Materialundersökningen har visat att kiselhalten var lägre än specificerat minimum i den europeiska standarden *EN 13674-1 Railway applications - Track - Rail - Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above*¹³. Den låga kiselhalten bedöms dock inte ha påverkat rälmaterialets kvalitet eller mekaniska egenskaper.

Undersökningarna av hårdhet visade resultat inom specificerade intervall enligt standarden. Mikrostrukturen var grovkornig med fint lamellerade perlitiska korn och såg normal ut för materialtypen och kolhalten¹⁴.

Enstaka ytsprickor noterades nära farbanans yta. Farbanans yta uppvisade korrosionsskador där djupet av korrosionsgroparna uppgick till cirka 50 mikrometer. Inga utmattningssprickor hade initierats i botten av de undersökta korrosionsgroparna.

Inga brottytor av rälen liv uppvisade typiska utseenden på överbelastningsbrott till följd av för tungt lastat tåg. Brottytorna på rälen liv visade inte heller några tecken på att rälen snedbelastats.

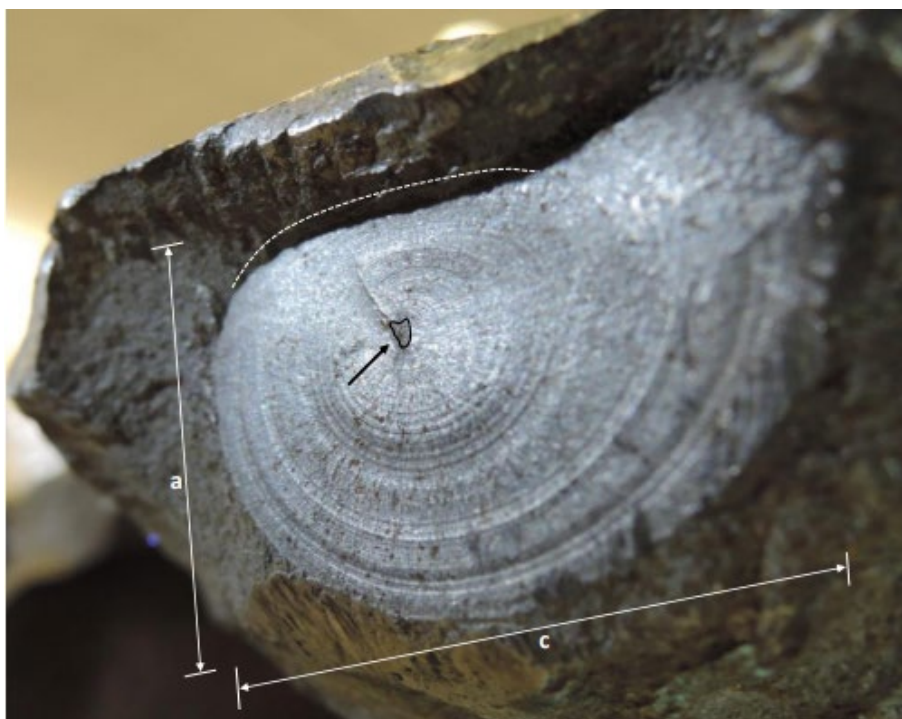
¹³ Europastandarden gäller som svensk standard och hänvisas till i Kommissionens förordning (EU) nr 1299/2014 av den 18 november 2014 om tekniska specifikationer för driftskompatibilitet avseende delsystemet Infrastruktur i Europeiska unionens järnvägssystem.

¹⁴ Kolhalt 0,7 viktprocent.

Slutsatser från materialundersökningen

I räldel O13 är orsaken till rälbrottet utmattning. Utmattningssprickan har propagerat (spridit sig) från en inneslutning, cirka 1 mm i diameter, och ut i formen av en ellips som är en typisk form för utmattning, se figur 25. Inneslutningen bedöms ha bestått av slagg i form av oxid som uppstått under stålets tillverkningsprocess.¹⁵

På övriga brottytor är orsaken till brottet överbelastning till följd av urspärningen.



Figur 25. Utmattningssprickan uppvisar en tydlig initiering i mitten av sprickan (pilen). En del av sprickutbredningen är fortfarande gömd under material upp mot farbanan. Spricklängden är uppmätt till $a = 21$ mm och $c = 34$ mm och avståndet från farbanan till inneslutningen är 14 mm.

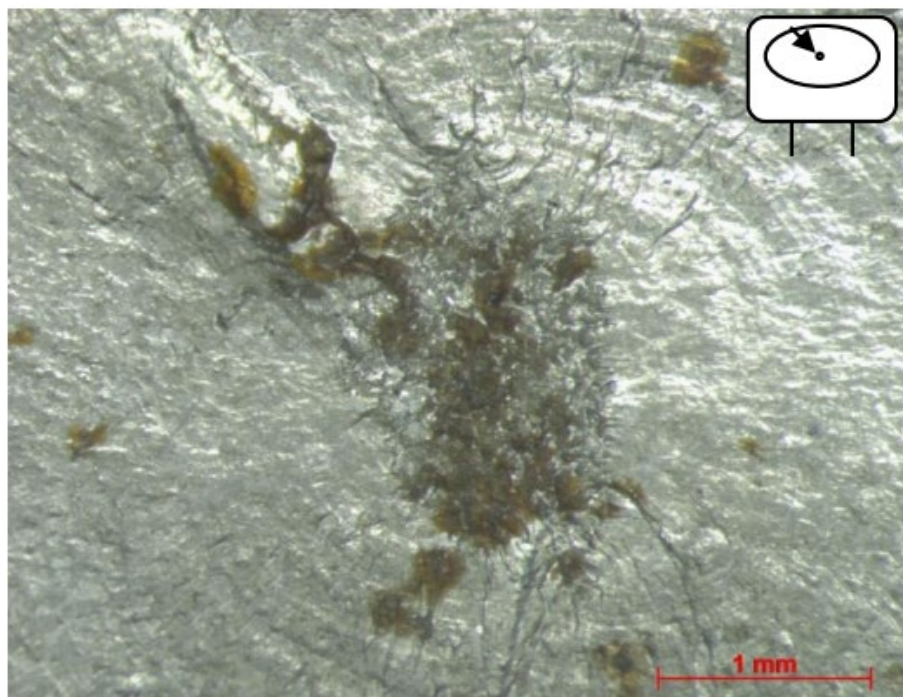
Utmattningssprickan har propagerat vertikalt i rälhuvudet. Detta är förenligt med en huvudspänning i rälsens längdriktning. Denna spänningsbild uppkommer normalt i ett rälhuvud framför ett passerande tåg där rälen utsätts för global böjning¹⁶ med dragspänning i rälhuvudet som följd. Restbrottet¹⁷ under utmattningssprickan har skett genom rälsens liv och fot i 45 graders vinkel.

¹⁵ Den typ av utmattningsspricka som identifierats benämns i Trafikverkets katalog över rälsfel (TDOK 2014:0598) som 211, en tvärspricka av inre ursprung. TDOK 2014:0598 är baserad på International union of railways (UIC) utgåva av UIC 712 R, "Rail defects". Trafikverket har uppgett att denna typ av utmattningsspricka kan uppstå i alla typer av räler men dominerar på äldre räler, generellt i räler tillverkade tidigare än 1990. Tillverkningsprocessen av stålet har därefter blivit renare och färre defekter uppstår i dagens tillverkning.

¹⁶ Den globala böjningen är den deformation som uppkommer framför ett passerande tåg till följd av att rälsen trycks ned under tågsättet.

¹⁷ Uppstår när rälen inte längre kan bära den belastning den utsätts för.

Figur 26 visar inneslutningen i utmattningssprickan undersökt i stereomikroskop.



Figur 26. Stereomikroskopundersökning av inneslutning i mitten av utmattningssprickan där initiering skett. Propagering har skett i radiell riktning, vinkelrätt mot rälets längdriktning.

De synliga linjerna på utmattningssprickans brottyta visar förändringar i lastnivå (belastningar på rälen) under sprickans livslängd. Avståndet mellan linjerna varierar lokalt beroende på lastnivå men visar även ett ökat avstånd ju längre sprickan växer. Denna ökning av sprickans tillväxthastighet sker normalt till följd av den ökande spänningsnivån som uppkommer när den lasttagande tvärsnittsarean i rälen minskar.

Sprickans propageringstid påverkas av antalet passerande tåg samt av tågens totalvikt där totalvikten av lok eller lok och de första vagnarna ger störst påverkan på böjspänningen framför ett passerande tåg. Samma resonemang gäller för ökad axelvikt om totalvikten ökar med motsvarande faktor.

Den 90-gradiga vinkeln på sprickplanet (det plan som sprickan ligger i) tyder på att den sprickdrivande spänningen uppstod till följd av den böjning som sker av rälsen framför passerande tåg.¹⁸ Initiering inklusive propagering av utmattningssprickan har i materialundersökningen uppskattas till mellan 1000 och 2000 lastcykler som bedömts motsvara mellan 1000 och 2000 tågpassager av tåg med axellast motsvarande den hos malmtåg.

¹⁸ Cykliska laster som påverkar rälen kan vara passerande tåg eller passerande hjul. Om utmattningssprickan hade drivits av skjuvspänningen av passerande hjul skulle med största sannolikhet sprickan ha startat redan då rälsen var nylagd och då relativt omgående propagerat till brott. Vinkeln på sprickplanet jämfört med rälets längdriktning hade också varit en annan.

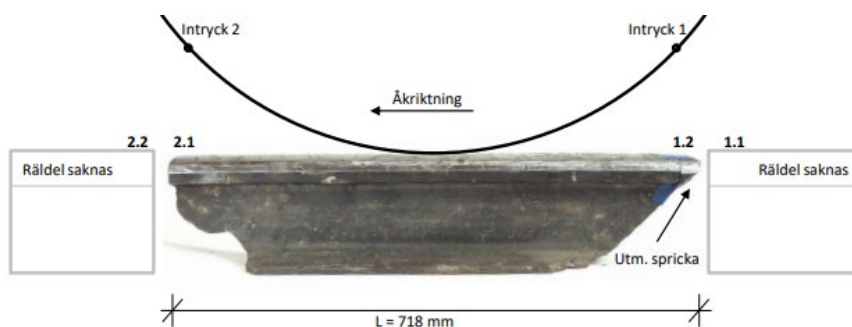
Enligt Element Materials Technology AB kräver en så liten defekt som i detta fall, 1 mm i diameter belägen centralt i rälhuvudet, en förhöjd dragspänningsnivå i rälhuvudet jämfört med normala spänningar vid passerande tåg för att spänningsnivån framför sprickspetsen ska ge spricktillväxt. Spänningsomfånget som har initierat och drivit sprickan har beräknats till 250 MPa vid 1500 lastcykler. Normal dragspänning i rälen vid en axellast av 30 ton har med Winklermodellen¹⁹ beräknats till 76 MPa.

Vid någon tidpunkt under de nästan 40 år som rälsen har trafikerats bör alltså spänningsbilden ha ökat så mycket att den lilla inneslutningen initierats till en startspricka som under något eller några år propagerat till en elliptisk utmattningsspricka med brott som följd.

Allmänt propagerar tvärsprickor något snabbare vintertid på grund av den ökade medelspänningen i rälen.²⁰ Lufttemperaturen på -13 °C vid tiden för urspårningen antas ha bidragit till en viss ökad axiell dragspänning i rälen.

Samband mellan räldelen med sprickbildning och hjulmärken

Utmattningssprickans position är över en sliper²¹, vilket är den plats på rälen där störst dragspänning uppkommer i rälhuvudet. Figur 27 visar räldelen med brottytorna vid utmattningssprickan och vid det efterföljande brottet till följd av ökad belastning på rälen. Räldelarna före och efter denna räldel har inte återfunnits. Figur 27 visar även positionen för intryck 1, som motsvarar de märken som hittats på löpytan på hjul 19 till 24, i relation till positionen av intryck 2 som hittats på löpbanan på hjul 24.



Figur 27. Räldel där en synlig utmattningsspricka identifierats vid ände 1.2. Figuren visar även tåghjulens färdriktning över det rälbrott som uppkommit vid utmattningssprickan samt positioner för de intryck som dokumenterats på hjulens löpbana.

Avståndet på cirkelbågen mellan intryck 1 och 2 mättes på axel 24 till 710 mm vilket nära motsvarar längden på räldelen mellan brottytorna 1.2 och 2.1. Avvikelsen i längd kan förklaras med att hjulaxeln kan ha

¹⁹ Winklermodellen är en modell med en lång balk på elastiskt underlag, s.k. winklerbädd.

²⁰ Metall krymper vid lägre temperatur vilket medför att rälen blir kortare (och motsvarande längre vid höjd temperatur). När spåret läggs eller justeras tas hänsyn till rälen temperatur i syfte att skapa en fungerande spänningsnivå för alla driftförhållanden.

²¹ Bedömningen grundar sig på att rälfoten inte har något märke efter en slipersinfästning. Rälfoten under räldelens brottytor saknas. Utifrån avståndet mellan slipers (600 mm) så bedöms det ha varit en sliper under vardera brottytan.

bromsats upp under passage av den lösa räldelen och roterat något långsammare fram till det efterföljande brottstället.

Rälen hade brutits av helt senast när axel 19 passerade olycksplatsen. Rälen gjorde då ett avtryck på hjulets löpyta. Den avbrutna rälen lämnade motsvarande märken på de efterföljande hjulen på axel 20 till 23 innan belastningen orsakade nästa brottställe framåt i högerrälen. Axel 24 rullade över den nu lösa rälen och det nya brottstället lämnade ytterligare ett anslagsmärke på hjulets löpyta.

Figur 28 visar farbanan på rälen vid brottyta 1.2 och 2.1. Brottyta 1.2 uppvisar en tydligt plasticerad kant där formen på kanten styrts av styvheten hos understrukturen vid tryckbelastning. Ytans form har förändrats vartefter flera hjul passerat. Detsamma gäller formen på de intryck som ses på högra löpytan på hjul 19 till 24.



Figur 28. Rälhuvudets farbana vid brottytorna 1.2 (till vänster) och 2.1 (till höger). Vy ovanifrån.

Figur 29 visar intryck 1 på löpbanan av hjul 20 och 24 samt en replika av farbanan på rälen vid brottyta 1.2. Replikan visar att det finns flera kanter som kan ge intryckningsmärken på hjulens löpyta med en form som liknar intryckningsmärkena på hjulen.



Figur 29. Bilden till vänster: intryck på löpytan på hjul 20. Bilden i mitten: intryck på löpytan på hjul 24. Bilden till höger: replika av farbanan på rälen vid brottyta 1.2. De vita strecken på replikan markerar kant på ytan som bör ge motsvarande intryck på en kontaktyta.

Sammanfattningsvis bedöms de undersökta hjulmärkena ha uppkommit vid hjulens kontakt med kanterna på farbanans yta vid brottyta 1.2.

Räldelens position

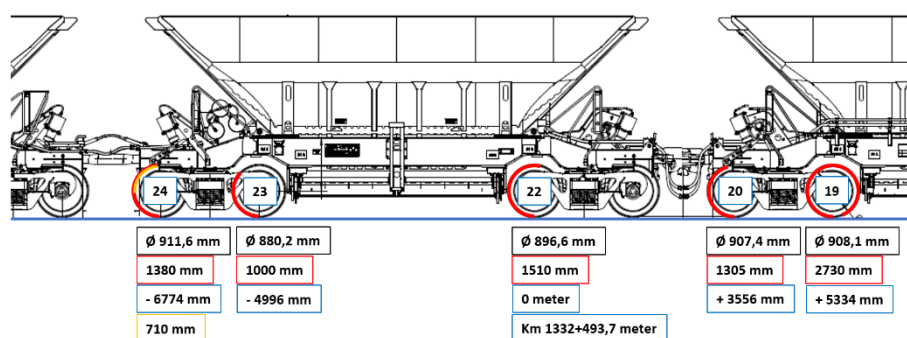
SHK har utifrån tillgängliga fakta bedömt vilken position räldel O13 hade före urspårningen.

Med ledning av anslagsmärken på räldel O13 i kombination med slitage från passerande hjulflänsar och löpytor har räldelen med största sannolikhet legat som höger räl i tågets färdriktning.

Beräkningar har gjorts i syfte att se om alla anslagsmärken vid något tillfälle befunnit sig mot samma position dvs. det primära brottstället på den högra rälen. Dessa beräkningar har gjorts utifrån kända positioner för anslagsmärken, hjulaxlarnas inbördes avstånd, hjuldiametrar samt

var tåget stannade. Detta har gjorts i syfte att bedöma vart anslagsmärkena har uppstått.

Positionerna för hjulaxel 16–24 märktes upp och dokumenterades av SHK på olycksplatsen. Axel 22:s slutgiltiga position vid kilometer 1332+493,7 har använts som referenspunkt.²² Efter att vagnarna transporterats till verkstad i Kiruna mätte LKAB hjulens diameter samt avståndet från hjulens markerade position mot rälen medurs till de tvärgående anslagsmärkena på löpytorna, se figur 30.



Figur 30. Hjulaxel 19–24 med hjuldiameter, avstånd medurs från rälen till anslagsmärke (röd markering), inbördes avstånd mellan axlarna (blå markering), placering i kilometerräkningen för axel 22 samt avståndet mellan anslagsmärkena på axel 24 (gul markering). Källa: Vagnsritning från LKAB med färgmarkeringar och mått tillförda av SHK.

Beräkningarnas noggrannhet påverkas i huvudsak av att löpytan på ett järnvägshjul är svagt koniskt. Omkretsen påverkas därför av var på löpytan rälen är under rotationen. En millimeters skillnad i diameter ger cirka 0,3 meters skillnad under 100 meters förflyttning. Resultatet påverkas även av om ett hjul inte har kunnat rotera helt fritt.

Hjulen har olika diameter och omkrets. Därför roterar hjulen olika långt per hjulvarv. Anslagsmärkenas placering mot rälen förskjuts därför gradvis. Figur 31 visar i två exempel var anslagsmärkena beräknas ha befunnit sig mot rälen. Till vänster i varje tabell visas avståndet bakåt från axel 22:s sista position, ökande med en decimeter per rad. Till höger visas motsvarande meter- och decimeterposition på kilometer 1332.

²² Axel 22:s slutgiltiga position var 0,3 meter före kontaktledningsstolpe 1332–9, som enligt Trafikverkets baninformationssystem (BIS) står på kilometer 1332+494.

[m]	Axel 19	Axel 20	Axel 22	Axel 23	Axel 24	[1332]	[m]	Axel 19	Axel 20	Axel 22	Axel 23	Axel 24	[1332]
51,1	0,2	0,3	0,4	-0,3	0,0	442,6	96,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	397,4
51,2	0,1	0,2	0,4	-0,4	0,0	442,5	96,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	397,3
51,3	0,1	0,2	0,3	-0,4	-0,1	442,4	96,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	397,2
51,4	0,1	0,2	0,3	-0,4	-0,1	442,3	96,6	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	397,1
51,5	0,0	0,1	0,2	-0,5	-0,1	442,2	96,7	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	397,0
51,6	0,0	0,1	0,2	-0,5	-0,2	442,1	96,8	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	396,9
51,7	1,0	0,1	0,2	-0,5	-0,2	442,0	96,9	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	396,8
51,8	0,9	0,0	0,1	-0,6	-0,2	441,9	97,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	396,7
51,9	0,9	0,0	0,1	-0,6	-0,3	441,8	97,1	0,0	0,1	0,0	0,0	-0,1	396,6
52,0	0,9	0,0	0,1	0,4	-0,3	441,7	97,2	0,0	0,1	0,0	0,0	-0,1	396,5
52,1	0,8	-0,1	0,0	0,3	-0,4	441,6	97,3	0,0	0,1	0,0	0,0	-0,1	396,4
52,2	0,8	-0,1	0,0	0,3	-0,4	441,5	97,4	0,9	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	396,3
52,3	0,7	-0,1	0,0	0,2	-0,4	441,4	97,5	0,9	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	396,2
52,4	0,7	-0,2	-0,1	0,2	-0,5	441,3	97,6	0,9	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	396,1
52,5	0,7	-0,2	-0,1	0,2	-0,5	441,2	97,7	0,8	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	396,0
52,6	0,6	-0,3	-0,1	0,1	0,5	441,1	97,8	0,8	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	395,9
52,7	0,6	-0,3	-0,2	0,1	0,4	441,0	97,9	0,8	-0,2	-0,2	-0,3	-0,4	395,8
52,8	0,6	-0,3	-0,2	0,1	0,4	440,9	98,0	0,7	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	395,7
52,9	0,5	-0,4	-0,3	0,0	0,4	440,8	98,1	0,7	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	395,6
53,0	0,5	-0,4	-0,3	0,0	0,3	440,7	98,2	0,6	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	395,5

Figur 31. Den gröna färgen visar var respektive anslagsmärke beräknas ha befunnits sig 5 cm eller närmare från rälen, en gång per varv.

Sammantaget framgår att alla anslagsmärken befunnit sig närmast en gemensam position mot rälen under några hjulvarv 90–100 meter bakåt. Det är därför sannolikt att en gemensam orsak till anslagsmärkena har befunnit sig nära före eller efter kilometer 1332+400 meter, dvs. vid platsen där räldel O13 hittades.

Mätningar och kontroller av spåranläggningen

Trafikverket ansvarar bland annat för att förvalta, underhålla och utveckla järnvägsnätet och dess tekniska system. För att bedriva verksamhet som infrastrukturförvaltare måste verksamheten enligt styrande regelverk²³ omfattas av ett säkerhetsstyrningssystem. Ett säkerhetsstyrningssystem består av de processer och förfaranden som införts i en organisation för att ha kontroll över de risker som verksamheten medför. Säkerhetsstyrningssystemet ska vara dokumenterat och bör utvecklas allt eftersom verksamheten förändras och utvecklas.

Trafikverkets riktlinje *TDOK 2014:0162 Driftsäkerhet, säkerhet och underhåll av järnväg* ingår i Trafikverkets säkerhetsstyrningssystem för järnväg och utgör grund för styrning av underhåll inom Trafikverket. Riktlinjen beskriver de övergripande krav som gäller för driftsäkerhet, säkerhet och underhåll av Trafikverkets järnvägsnät och som följer av Trafikverkets drift- och underhållsstrategi.

Av riktlinjen framgår att det för varje anläggningstyp ska finnas styrande underlag för planering och genomförande av tillståndskontroll avseende enhetens funktionella och tekniska tillståndskrav. Riktlinjerna ska ange vilka parametrar som behöver mätas samt när och hur tillståndskontroll ska utföras för att kunna ingå i underlaget för planering och uppföljning av underhåll.

²³ Vid tiden för händelsen reglerat i då gällande järnvägslagen (2004:519) och från 1 juni 2022 reglerat i järnvägssäkerhetslagen (2022:367).

Trafikverkets kravdokument *TDOK 2014:0240 Säkerhetsbesiktning av fasta anläggningar* beskriver de krav Trafikverket har på säkerhetsbesiktning av järnvägsanläggningen i enlighet med riktlinjen TDOK 2014:0162.

Säkerhetsbesiktningarnas syfte är att utgöra en kontrollfunktion av järnvägsanläggningen för att förhindra att säkerheten på anläggningen försämrats. Som förberedelse inför en besiktning ska bl.a. aktuell status från tidigare besiktningar inhämtas. Besiktningen genomförs okulärt eller genom mätning och analys. Vid besiktningen ska anläggningen bedömas utifrån två aspekter: det aktuella tillståndet och risken för att anläggningen inte kommer att kunna uppfylla krävd funktion fram till nästa säkerhetsbesiktning.

Besiktningsanmärkningarna prioriteras enligt fyra olika alternativ: A (akut, nödvändiga åtgärder ska vidtas omedelbart), V (åtgärdas inom två veckor från besiktningsdatum), M (åtgärdas inom tre månader), B (åtgärdas innan nästa besiktningsstillfälle eller på annat sätt enligt punktlista i TDOK 2014:0240).

Trafikverkets kravdokument *TRVINFRA-00013 Banöverbyggnad Spårläge* ingår i Trafikverkets infrastrukturregelverk. Syftet med Trafikverkets infrastrukturregelverk är att beskriva de krav som ställs på infrastrukturanläggningens egenskaper och skötsel. Regelverket bygger på internationella standarder samt på att Trafikverket ska uppfylla krav enligt EU:s tekniska specifikationer för driftskompatibilitet (TSD).

Kontroll av det relativa spårläget utförs enligt kravdokumentet för att kontrollera spårets ojämnheter och läge i förhållande till det ideala relativa läget. Dokumentet omfattar grundläggande krav på spårläge, hastighetsklasser, gränsvärden och toleranser samt krav på åtgärd som ska uppfyllas för att tågtrafik ska få framföras. Dokumentet beskriver vilka spårlägesparametrar som ska mätas och utvärderas enligt TSD Infrastruktur, kravnivå beroende av hastighetsklass, gränsvärden och toleranser, mätmetoder, redovisning och dokumentation av mätresultat.

I Trafikverkets infrastrukturregelverk ingår också kravdokumentet *TRVINFRA-00015 Banöverbyggnad Oförstörande provning (OFP)*. Kravdokumentet beskriver att avsikten med att använda OFP är att upptäcka defekter och skador i räler, räl- och växelkomponenter och svetsar på ett tidigt stadium och på så sätt undvika brott. Kravdokumentet anger OFP-metoder, typ av utrustning som ska användas och periodicitet för kontroll.

Spårlägesmätning före händelsen

Spårläget mäts av Trafikverket med hjälp av mätvagnar som vid regelbunden passage av sträckan registrerar en mängd värden såsom spårvidd och rälnas läge i höjd- och sidled. Mätresultatet analyseras sedan av Trafikverket.

SHK har tagit del av de två senaste spårlägesmätningarna före urspårningen som utfördes på kilometer 1332 den 26 juli och den 23 september 2021. Resultatet av mätningarna visar inte på några indikationer om att spårläget avvikit från de gränsvärden som Trafikverket tillämpar.

Trafikverket har uppgett att en genomgång av spårlägesmätningarna för de fyra senaste åren inte har visat på några indikationer om att spårläget avvikit från uppsatta säkerhetsgränser. Senast en justering av spårläget, spårriktning, utfördes på sträckan var i september 2018. Enligt Trafikverket gjordes spårriktningen som en del i förebyggande underhålls-syfte för att minska att nedbrytning av spåret sker för snabbt. Spårlägesmätningarna före spårriktningen visade på lågt kvalitetstal, så kallat QS-tal²⁴ på sträckan.

Oförstörande provning, OFP

Trafikverket har sedan 2008 anlitat Sperry Rail för utförande av OFP på den aktuella sträckan. Uppdraget omfattar automatiserad kontroll med ett särskilt mätfordon, ”ultraljudståg”, analys av mätdata och manuell kontroll av indikeringar från ultraljudståget.

Periodiciteten för besiktningar av Trafikverkets spåranläggning styrs av vilken besiktningsklass en anläggningsdel har. Den aktuella anläggningsdelen tillhörde besiktningsklass tre, vilket innebär att OFP ska utföras en gång vartannat år. På den aktuella sträckan utfördes dock den automatiserade ultraljudskontrollen oftare, två gånger per år, till följd av rälns tillstånd i kombination med den tunga axellasten på sträckan.

Ultraljudståget är utrustat med 11 sonder per räl. Dessa söker efter olika typer av defekter i rälen: tvärgående, längsgående och diagonala. Data från tåget analyseras, bearbetas och laddas upp i Sperry Rails datahanteringssystem, SDMS. För ändamålet certifierad personal kontrollerar och verifierar därefter de möjliga defekterna som ultraljudståget har indikerat i anläggningen. För den manuella kontrollen har Sperry Rail anlitat Infranord Mätenheten. Vid den manuella kontrollen används en handdator för att lokalisera defekterna som ultraljudståget har registrerat samt ultraljudsinstrument och en ultraljudsvagn, walking stick, som innehåller sökare för att detektera defekter i rälen. Utfallet av den manuella kontrollen registreras i handdatoren.

Om en indikation från ultraljudståget vid efterföljande kontroll med handburen ultraljudsutrustning verifieras som en defekt som överstiger

²⁴ Kvalitetstal QS (S står för standardavvikelse) beräknas för att erhålla en sammanvägd bild av spårläget på längre sträckor där högt QS-tal tyder på ett bra spårläge.

Trafikverkets fastställda gränsvärde ska defekten rapporteras till Trafikverkets system Bessy²⁵. Defekten kategoriseras som grupp 1- eller 2-fel enligt bedömningskriterier i *TRVINFRA-00015 Banöverbyggnad, Oförstörande provning*.

Tvärgående fel i rälhuvudet, 211-fel, ska klassificeras som grupp 1-fel om någon av punkterna nedan uppfylls:

1. Synlig spricka oavsett storlek.
2. Osynlig spricka \geq FBH²⁶ Ø 10 mm.
3. Osynlig spricka \geq FBH Ø 10 mm i kombination med en annan feltyp²⁷.

Tvärgående fel i rälhuvudet ska klassificeras som grupp 2-fel om en osynlig spricka uppfyller $\text{FBH } \text{Ø } 5 \leq \text{felamplitud} \leq \text{FBH } \text{Ø } 10 \text{ mm}$.

Sperry Rail utgår från antal träffar, "hits", med tågets ultraljuds-utrustning där fler än 5 träffar ger prioritet 2 och fler än 8 träffar ger prioritet 1.

För grupp 1-fel bedöms om felet behöver åtgärdas akut, inom två veckor eller inom tre månader. Grupp 2-fel tillåts ligga kvar i anläggningen men ska enligt TRVINFRA-00015 besiktas okulärt vid alla efterföljande säkerhetsbesiktningar som görs i den aktuella anläggningen. Grupp 2-fel ska också undersökas med ultraljud vid efterföljande periodiska OFP-kontroller i den aktuella anläggningen. Anmärkningar som verifieras men inte uppnår Trafikverkets kriterier för att klassificeras som grupp 1-fel eller grupp 2-fel rapporteras inte till Bessy, men sparas i Sperry Rails system SDMS.

OFP-kontroll före händelsen

Den senaste OFP-anmärkning som finns registrerad i Bessy på kilometer 1332 är från den 21 september 2018. Anmärkningen är registrerad på kilometer 1332+431, med notering "höger räl, tvärspricka 211 (tvärspricka av inre ursprung), åtgärdad 15 november 2018 med en 5 meters passbit".

För hela bandel 113 finns sedan 2018 totalt 7 defekter från OFP-kontroll registrerade i Bessy.

Ultraljudståget kördes senast på den aktuella sträckan den 30 april och den 31 augusti 2021. Det senare tillfället inföll alltså strax över

²⁵ Bessy är ett IT-stöd för att genomföra säkerhets-, underhålls- och övertagandebesiktning av Trafikverkets fasta järnvägsanläggningar.

²⁶ FBH – flatbottnat hål.

²⁷ Vilka andra feltyper som avses specificeras i TRVINFRA-00015 Banöverbyggnad, Oförstörande provning.

två månader före urspårningen. Vid dessa tillfällen registrerades inte några indikationer på defekter över fastställda gränsvärden.

Sperry Rail har efter förfrågan från SHK gått igenom indikationer på mindre defekter som finns sparade i Sperry Rails system, men som inte rapporterats vidare till Trafikverket.

I Sperry Rails data finns två indikationer på 211-defekter från 2021 i området där räldelen med sprickbildning efter urspårningen hittades. Första gången indikationerna på defekterna identifierades av ultraljudståget var den 30 april 2021. De registrerades då på höger räl, kilometer 1332+403 och 1332+405. Indikationen på kilometer 1332+403 beskrivs i utdrag från Sperry Rails system som en möjlig tvärspricka i rälhuvudet med en amplitud större än eller lika med FBH 10 mm. Indikationen är noterad med prioritet 2 och status felaktigt positiv (False positive).

Indikationen bedömdes av Sperry Rails analytiker efter granskning av ultraljudsbilderna som ovanlig även om den bara gav fyra träffar med tågets ultraljudsutrustning.²⁸

En certifierad OFP-tekniker skickades därför ut den 2 juni 2021 för att kontrollera indikationen i anläggningen med handburet ultraljudsinstrument.

OFP-teknikern, som hade med sig en elev som gjorde sin praktik, har uppgett att de inte hittade någon defekt. OFP-teknikern rapporterade därför till Sperry Rail att inget fel kunde detekteras. OFP-teknikern har beskrivit att om någon defekt inte hittas på den position som Sperry Rail angett så söker man vidare med ultraljudsutrustningen 25 meter i varje riktning från den position som tåget har angett. Hittar man fortfarande ingen defekt så rapporterar man att inget fel kan detekteras.

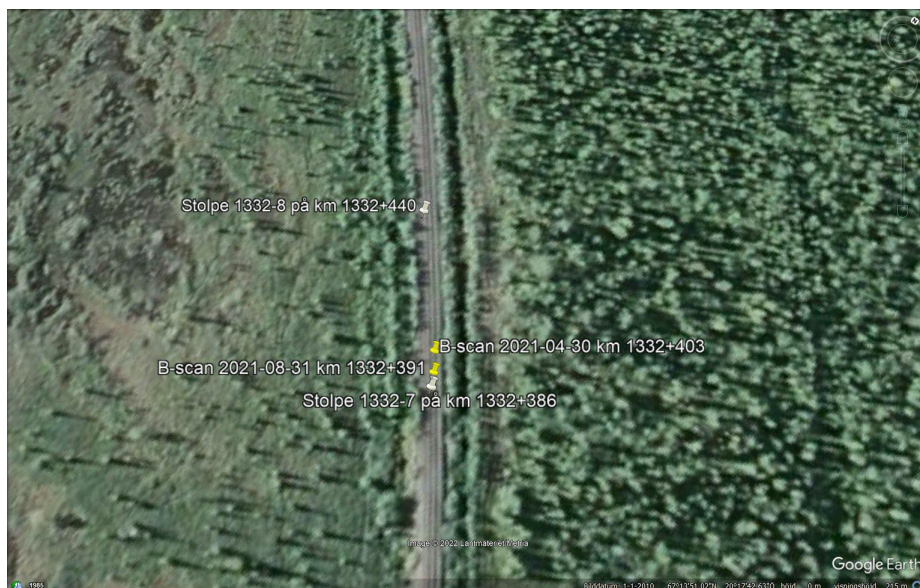
Utifrån återkopplingen från OFP-teknikern betecknade Sperry Rail indikationen som felaktigt positiv (False Positive) och den rapporterades därför inte vidare till Trafikverket.

Sperry Rail har utifrån ultraljudsbilder bedömt att indikationen som ultraljudståget registrerade på kilometer 1332+403 den 30 april på nytt registrerades av ultraljudståget den 31 augusti, men denna gång på kilometer 1332+391. Positionerna redovisas i figur 32. Mätningarnas kilometerpositioner kan skilja sig åt till följd av att operatören av mättåget manuellt trycker på en knapp vid passage av kilometerangivelser utmed spåret.

Enligt Sperry Rail var storleken på indikationen oförändrad mellan dessa mättillfällen. Man bedömde därför att någon återkommande kontroll i anläggningen inte behövde utföras.

²⁸ Vid fem träffar nås spricktypens rapporteringsgräns för grupp 2-fel.

Indikationerna från ultraljudståget sammanfaller väl med den plats där räldel O13 hittades och med det område som räldelen bedöms ha funnits vid före urspårningen.



Figur 32. Positioner för måttågets två registreringar i april och augusti 2021 markerade med gula knappnålar samt positionerna för de två närmaste kontaktledningsstolparna med tillhörande kilometerangivelse ur Trafikverkets system BIS markerade med vita knappnålar. Karta från Google Earth, © Lantmäteriet, med positionsmarkeringar tillförda av SHK.

Okulära besiktningar

Spåranläggningen säkerhetsbesiktigas regelbundet genom okulär kontroll. Vid besiktningen kontrolleras bland annat räl, slipers, befästningar, stängsel, dränering och brunnar. Den aktuella anläggningsdelens besiktningsklass tre innebär att säkerhetsbesiktningar ska utföras tre gånger per år.

Den senaste säkerhetsbesiktningen av spåranläggningen som utfördes på sträckan före händelsen utfördes av Infranord den 20 september 2021. I Bessy finns inga anmärkningar av betydelse för händelsen från de tre senaste årens okulära besiktningar avseende kilometer 1332. Enligt besiktningsansvarig för Infranord iakttog besiktningspersonalen inte heller något avvikande vid det senaste besiktningstillfället.

På kilometer 1327+648 och 1331+84 finns anmärkningar från säkerhetsbesiktning den 2 september 2021 om att rensa sly i stentrummor. Anmärkningarna är noterade som prioritet M (åtgärdas inom tre månader) och hade inte åtgärdats vid tiden för urspårningen. Anmärkningarna åtgärdades enligt Trafikverket den 25 april 2022. De trummor som är placerade närmast urspårningsplatsen finns på kilometer 1331+900 och 1332+632. I samband med återställandet av banken efter urspårningen tillfördes erosionsskydd i form av krossmaterial på kilometer 1332+310 till 1332+600.

Övriga åtgärder på sträckan

Enligt Trafikverket har det inte utförts några bantekniska arbeten på kilometer 1332 de senaste två åren.

I juli 2020 kompletterades kilometer 1323+816 till 1335+562 med 30–40 befästningar efter en anmärkning från säkerhetsbesiktning den 29 maj 2020.

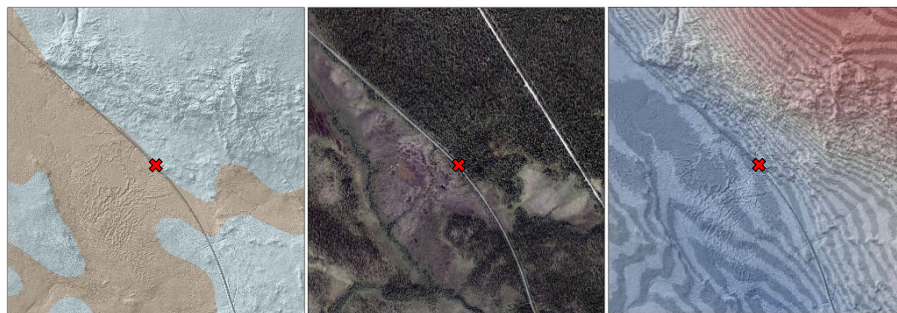
Kilometer 1332 underhållsslipades senast i juni 2019.

En kontaktledningsupprustning genomfördes 2018 på hela bandel 113 där fundament till de flesta kontaktledningsstolpar byttes.

Enligt Trafikverket spårriktades kilometer 1332+0 till 1332+520 senast före urspårningen i september 2018.

Grundvattenförhållanden och jordartskartering

Enligt uppgifter från Sveriges geologiska undersökning (SGU)²⁹ dominerar området av torv och morän. Järnvägen vid platsen för urspårningen befinner sig i ett gränsområde mellan morän och torv, se figur 33. SGU:s bedömning, baserad på kartunderlag är att den skogsbeklädda höjden nordost om järnvägen består av morän. Den avvattnas genom eller under banvallen till torvmarken sydväst om järnvägen. Även från torvmarken öster om järnvägen bedöms det finnas ett flöde västerut till torvmarken sydväst om järnvägen som i sin tur avvattnas av vattendraget i den västra delen av torvmarken.



Figur 33. Kartunderlag över området vid urspårningsplatsen. Bilden till vänster: SGU:s jordartskarta i kombination med höjdsuggning. Ljusbrun färg indikerar torv och grå färg morän. Bilden i mitten: ett ortofoto (flygfoto). Bilden till höger: höjddata för området. Röd färg indikerar högre områden och blå färg lägre. Dessutom visas varje höjdmeter av omväxlande ljus respektive mörkare nyans. Källa: SGU. Röda kryss infogade av SHK för att markera urspårningsplatsen.

Generellt för detta område är att grundvattennivåerna är som högst i maj/juni i samband med och direkt efter snösmältningen för att därefter sjunka under resten av året och vara som lägst i april. Före vintern sker det också en viss grundvattenbildning men historiskt sett har den inte varit tillräcklig för att höja grundvattennivåerna. Under de senare decennierna har detta dock ändrats i och med klimatförändringarna som

²⁹ SGU är en myndighet som hanterar frågor om berg, jord och grundvatten i Sverige och som har till uppgift att tillhandahålla geologisk information för samhällets behov på kort och lång sikt.

i detta område inneburit blötare höstar och senare snötäcke och därmed högre grundvattennivåer på hösten än tidigare.

I maj/juni när det normalt sett varit som högst grundvattennivåer, motverkar tjälen ett betydande grundvattenflöde på större djup. Men under hösten 2021, och vissa tidigare år, har grundvattennivåerna varit höga samtidigt som det inte funnits någon tjäle som kunnat hindra grundvattenflödet. Höga grundvattennivåer och hög vattenmättnad kan enligt SGU innebära en ökad drivkraft mot försämrade markstabilitet under hösten.

Eftersom spåret på aktuell plats ligger i kanten av ett torvområde är det enligt Trafikverket normalt med grundvattennivåer i markytan. Enligt Trafikverket är bankhöjden/dikesdjupet på platsen uppskattningsvis 1,5–2 meter för att leda bort vatten och för att bankroppen inte ska bli vattenmättad och därigenom tappa bärighet och stabilitet. Trafikverket har inte fått några indikationer på vattenansamlingar i området i stort eller diken utöver det normala före eller i samband med händelsen.

Liknande händelser

SHK har tidigare utrett en urspårning med ett godståg mellan Kummelby och Häggvik i Stockholms län som inträffade den 11 februari 2021 (se slutrapport RJ 2022:02). Urspårningen orsakades av en utmattning i rälen. Ytutmattningssprickor och parallella sprickor hade initierat en vertikal spricka som utlöste ett rälsbrott. Med anledning av säkerhetsrekommendationer från SHK upprättade Trafikverket en handlingsplan med ett antal åtgärder i huvudsak fokuserade på att förebygga och upptäcka ytutmattning.

Trafikverket har tidigare utrett en urspårning med ett godståg som spårade ur med de fem sista vagnarna av totalt 15 mellan Linaälv och Håmojokk den 6 februari 2019. Orsaken till urspårningen var enligt Trafikverket en befintlig utmattningsspricka i rälen som utvecklades till restbrott under tågets passage. I Trafikverkets utredning av urspårningen konstaterades att rälen hade ett flertal utmattningssprickor i rälhuvudet, att rältypen har en högre benägenhet att få sprickor och att dess tekniska livslängd bedömdes ha passerat. Trafikverket vidtog inga specifika åtgärder med anledning av urspårningen med motiveringen att sträckan finns med för prioritering i kommande spårbytesplan samt att rälen kontrolleras med ultraljud två gånger per år för att hitta sprickor.

Enligt Trafikverket har det på bandel 113 inträffat nio rälsbrott åren 2011–2021 som har upptäckts innan de kunnat leda till urspårning. Den 10 januari 2022, dvs. två månader efter urspårningen mellan Sikträsk och Linaälv, upptäcktes ett rälsbrott mellan Linaälv och Håmojokk. SHK har frågat efter uppgifter om orsaken till rälsbrottet och fått svaret att orsaken är okänd till följd av att brottytorna inte har undersökts.

Antalet rälsbrott på bandel 113 som sträcker sig mellan Gällivare och Kiruna är alltså ungefär ett per år. Enligt Trafikverket är utfallet

motsvarande som på övriga bandelar på Malmbanan med största tillåtna axellast 30 ton. Ur ett nationellt perspektiv är det däremot något fler rälsbrott än på andra banor. Detta beror enligt Trafikverket på den tunga axellasten på Malmbanan, som ger ett något högre utfall än i övriga landet.

4. ANALYS AV HÄNDELSEN

Detta avsnitt är en samlad analys av roller och ansvarsområden, rullande materiel och tekniska anläggningar, mänskliga faktorer och återkopplings- och kontrollmetoder, inklusive risk- och säkerhetsstyrning samt övervakningsprocesser³⁰.

Varför och hur spårade tåget ur?

Inga avvikelser avseende signal- och trafikledningssystemet eller framförandet av tåget har noterats. Inte heller några fordonsfel som skulle ha kunnat orsaka urspårningen har identifierats.

I utredningen har det konstaterats att det fanns en utmattningsspricka i rälen som ledde till ett rälsbrott.

Rälsbrottet uppstod efter det att loken och den första malmvagnen hade passerat platsen. Senast när hjulaxel 19 på den andra vagnen passerade platsen gick rälen av helt och den tvärgående kanten på rälen gjorde ett matchande avtryck på hjulets löpyta. Rälen lämnade motsvarande märken på de efterföljande hjulen på axel 20 till 23 innan belastningen orsakade nästa brottställe framåt i högerrälen. Axel 24 rullade över den lösa rälen och det nya brottstället lämnade ytterligare ett anslagsmärke på hjulets löpyta.

Från den fjärde vagnen och 25:e hjulaxeln passerade högerhjulen över den lösa räldelen. Sannolikt bröt de efterföljande hjulens tyngd och rörelse framåt fortsatt sönder högerrälen i fler delar. Utan stöd av höger-
rälen spårade även vänsterhjulen av sin räl åt höger i färdriktningen. Hjulaxlarna började därefter rulla på slipers och makadam med stora skador som följd. Den svaga vänsterkurvan gjorde att de urspårade vagnarna förflyttade sig åt höger. De högra hjulen studsade först fram på ändarna av betongslipers och sjönk därefter djupare ner till höger i banvallen vilket medförde att vagnarna lutade allt mer utåt.

Den kraftiga inbromsningen av tågets främre del orsakades i huvudsak av att de urspårade vagnarna började att rulla mycket trögt i marken. Bromssystemets huvudledning skadades och började tömmas på luft.

³⁰ Dessa punkter ingår i den rapporteringsstruktur som följer av Kommissionens genomförandeförordning (EU) 2020/572 av den 24 april 2020 om den rapporteringsstruktur som ska följas vid utredning av järnvägsolyckor och järnvägstillbud. Rubriksättningen har här anpassats efter olyckans typ och omfattning.

Tågets bromssystem hann inte utveckla någon större bromsverkan under de fåtal sekunder som huvudledningstrycket hade sänkts. Den resterande delen av tåget tryckte på kraftigt bakifrån och pressade sannolikt ut den nionde och tionde vagnen åt höger ner i diket bredvid banvallen. Vagnarna bör i huvudsak ha följt varandra ut från spårets längdriktning, vilket i omvänd riktning bakåt pekar mot en plats där den högra rälen senast bör ha gått av och vagnarna börjat spåra ur.

Utifrån vagnarnas skador och slutgiltiga positioner, anslagsmärken på de högra hjulen på axel 19–24, formen på rälen med sprickbildning och platsen där rälen med sprickbildning hittades har SHK bedömt att urspårningen sannolikt har inträffat nära kilometer 1332+400 meter. Hjulaxelmärkenas position och utseende tyder på att brottytan vid utmattningssprickan är primärbrott och brottytan vid den andra änden av samma räldel är det första sekundärbrottet. Detta stöds vidare av att övriga undersökta räldelars skador har orsakats av överbelastning till följd av urspårningen. All räl har dock inte återfunnits vilket gör att det inte helt kan uteslutas att urspårningen startat i någon annan del av rälen, i en annan utmattningsspricka.

Hur uppstod sprickbildningen i rälen?

Den aktuella rälen tillverkades av Domnarvets Jernverk 1982. Räl tillverkad i Domnarvet under åren 1976–1982 har visat sig ha kvalitetsproblem med utmattningssprickor från väteporer. Den identifierade utmattningssprickan visar dock inte några tecken på att härstamma från en vätepor.

Sprickan som är tvärgående av inre ursprung med formen av en ellips har initierats från en cirka 1 mm stor inneslutning centralt i rälhuvudet. Inneslutningen består sannolikt av slagg i form av oxid som uppstått under stålets tillverkningsprocess.

Trafikverket har uppgett att denna typ av utmattningsspricka kan uppstå i alla typer av räler men dominerar på äldre räler, generellt i räler tillverkade före 1990. Tillverkningsprocessen av stålet har därefter blivit renare och färre defekter uppstår i dagens tillverkning.

Det är med andra ord känt för infrastrukturförvaltaren att rälen har en förhöjd risk att utveckla sprickor. I Trafikverkets underhållsplan för åren 2022–2025³¹ beskrivs att Malmбанan i branschsamverkan har valts ut som ett av Sveriges viktigaste transportflöden. I underhållsplanen uppger man att för sträckan Gällivare–Råtsi är ett spårbyte planerat med start 2025. Utifrån de stora konsekvenser som urspårningar på sträckan medfört, och kan medföra framöver, är det ur SHK:s synvinkel motiverat att detta spårbyte genomförs i närtid.

³¹ Trafikverket (2022). *Trafikverkets underhållsplan för åren 2022–2025*, <http://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1656260/FULLTEXT01.pdf> [2022-11-24].

Sprickans tillväxt

En så liten defekt, cirka 1 mm i diameter, kräver enligt genomförd materialundersökning en förhöjd dragspänningsnivå i rälhuvudet jämfört med normala spänningar vid passerande tåg för att spänningsnivån framför sprickspetsen ska ge spricktillväxt. Det kan med andra ord finnas så små defekter i rälen utan att det leder till rälsbrott.

Rälen har trafikerats i nästan 40 år. Vid någon tidpunkt har spänningsbilden ökat så pass mycket att den lilla inneslutningen initierats till en startspricka. Den har därefter under något eller några år propagerat till en elliptisk utmattningsspricka med brott som följd. En ökad spänningsnivå kan ha flera orsaker. Den kan till exempel orsakas av sättningar i järnvägsbanken som påverkar en eller flera slipers fundamentstyvhet.

Trafikverket har uppgett att inför höjningen till största tillåtna axellast 30 ton på Malmbanan i slutet av 1990-talet utredde dåvarande Banverket behov av stabilitets- och bärighetsförbättrande åtgärder. För den sträckan där urspårningen inträffade identifierades inga behov av sådana åtgärder.

Urspårningsplatsen befinner sig i ett gränsområde mellan morän och torv. Grundvattennivåerna i området har de senaste höstarna varit höga. Enligt Trafikverket tyder dock de senaste fyra årens spårlägesmätningar på att banunderbyggnad och avvattning fungerat väl. Trafikverket har inte heller fått några indikationer på vattenansamlingar i området i stort eller diken utöver det normala före eller i samband med händelsen.

Sammantaget har det inte inom ramen för SHK:s utredning kunnat konstateras vad som orsakat den förhöjda dragspänningen i rälen. Trafikverket rekommenderas därför att närmare undersöka de faktorer som kan bidra till förhöjd dragspänning i rälen och hur sådana faktorer kan identifieras.

Varför upptäcktes inte sprickbildningen?

Med anledning av att en tvärspricka av inre ursprung ledde till ett rälsbrott med urspårning som följd har SHK undersökt vilka åtgärder som vidtagits av infrastrukturförvaltaren för att förebygga och upptäcka sådan typ av sprickbildning i rälen.

Trafikverket utför regelbundna ultraljudskontroller för att upptäcka defekter och skador i räler och komponenter på ett tidigt stadium och på så sätt undvika brott. Automatiserade kontroller med ett särskilt mätfordon utfördes vid tiden för händelsen av Trafikverkets entreprenör Sperry Rail. Mätningen utförs enligt Trafikverket två gånger per år på grund av rälets tillstånd och den tunga axellasten på sträckan. Den senaste kontrollen utfördes två månader före urspårningen utan att någon defekt över rapporteringsgräns upptäcktes.

I Sperry Rails mer omfattande data än det urval som rapporteras vidare till Trafikverket för åtgärd finns en indikation om möjlig tvärspricka som vid ultraljudstågsmätningen i april 2021 registrerades vid kilometer 1332+403. Indikationen föranledde en kontroll i anläggningen av en certifierad OFP-tekniker som resulterade i återrapporering om att ingen defekt detekterats.

Vid nästa mätning i augusti samma år, indikerade ultraljudståget på nytt indikationen, denna gång på kilometer 1332+391³². Eftersom den indikerade defekten enligt ultraljudstågets data inte hade ökat i omfattning mellan mättillfällena gjorde Sperry Rail bedömningen, enligt standardförfarande, att det inte behövde skickas ut någon OFP-tekniker för att kontrollera indikationen på nytt i anläggningen.

Mot bakgrund av att det finns en osäkerhet både i ultraljudstågets kilometerangivelser och positionen för räldelen med sprickbildning som hittades efter urspårningen är det sannolikt att indikationen på sprickbildning som av tåget anges vara vid kilometer 1332+403 respektive 1332+391 är den spricka som ledde till rälsbrottet och den efterföljande urspårningen vid kilometer 1332+395–400 den 7 november 2021.

Utmattningssprickan som ledde till rälsbrottet och urspårningen kan alltså ha detekterats för första gången i ultraljudstågets mätning strax över sex månader före urspårningen. Den detekterades dock inte i den efterföljande manuella kontrollen.

Sperry Rail har uppgett att tvärsprickor som propagerat vertikalt riskerar att av ultraljudsutrustningen uppfattas som mindre än de i själva verket är. Två år tidigare inträffade en annan urspårning på samma bandel till följd av inre utmattningssprickor som inte upptäcktes förrän urspårningen var ett faktum.

Mot bakgrund av ovanstående rekommenderas Trafikverket att undersöka vad som skulle krävas för att bättre kunna identifiera dessa potentiellt allvarliga sprickor. Undersökningen bör innefatta både möjligheterna till utveckling av teknisk utrustning och stöd vid utförande av kontrollen.

Trafikverket rekommenderas även att utvärdera om det är ett tillräckligt säkert förfarande att, i de fall indikerade defekter från ultraljudståget inte detekteras vid den efterföljande manuella ultraljudskontrollen, endast kontrollera dessa på nytt om de tillväxt i nästa ultraljudstågspassage. Det verkar också finnas skäl för Trafikverket att tillsammans med sin entreprenör för ultraljudskontroll på en aggregerad nivå analysera hur ofta och varför denna typ av defekt indikeras av ultraljudståget men inte i den efterföljande manuella ultraljudskontrollen.

³² Enligt Sperry Rail är det samma indikation som registrerats i april och augusti 2021 men ultraljudstågets positionsangivelser i kilometertal är inte exakta.

5. SLUTSATSER

a) Slutsatser avseende orsakerna till händelsen

Urspårnningen bedöms ha orsakats av en utmattningsspricka i rälen som utlöst ett rälsbrott. Sprickbildningen hade inte identifierats inom infrastrukturförvaltarens system för förebyggande underhåll.

b) Åtgärder som vidtagits efter händelsen

Trafikverket har uppgett att myndigheten inte har vidtagit några specifika åtgärder med anledning av urspårnningen mellan Sikträsk och Linaälv den 7 november 2021 utöver redan pågående förbättringsarbeten.

c) Övriga iakttagelser

Inga.

d) Utredningsresultat

- a) Föraren hade erforderlig behörighet.
- b) Inga avvikelser har noterats avseende framförandet av tåget.
- c) Inga avvikelser har noterats avseende signal- och trafikledningssystemet.
- d) Något fordonsfel som skulle kunna ha orsakat urspårnningen har inte identifierats.
- e) I en av de räldelar som hittades på olycksplatsen är orsaken till rälsbrottet en utmattning i rälhuvudet. På övriga brottytor är orsaken till brott överbelastning till följd av urspårnningen.
- f) Materialundersökning av utmattningssprickan har visat att initiering skett från en centralt belägen inneslutning med en diameter på 1 mm.
- g) Inneslutningen har uppstått under stålets tillverkningsprocess.
- h) Enligt materialundersökningen kräver en så liten defekt en förhöjd dragspänningsnivå i rälhuvudet jämfört med normala spänningar vid passerande tåg för att spänningsnivån framför sprickspetsen ska ge spricktillväxt.
- i) Vid olycksplatsundersökningen identifierades tvärgående märken på de högra hjulen på axlarna 20, 22, 23 och 24. Vid efterföljande kontroller noterades även motsvarande märken på axel 19 och 21.
- j) Axel 25 på den fjärde vagnen var den första hjulaxel som hade rullat urspårad en längre sträcka.
- k) Beräkningar utifrån anlagsmärken på hjul pekar på att positionen för räldelen med sprickbildning före urspårnningen var nära kilometer 1332+400.

- l) Resultat från de senaste spårlägesmätningarna på sträckan före urspårningen visade inga tecken på avvikelser utanför fastställda gränsvärden.
- m) Resultat från ultraljudstågspassage cirka sex månader före händelsen föranledde en kontroll i anläggningen med handburen ultraljudsutrustning. Vid kontrollen detekterades inte någon defekt.
- n) Resultat från ultraljudstågspassage cirka två månader före händelsen indikerade åter defekten, men utan synlig tillväxt. Den indikerade defekten bedömdes vara under rapporteringsgränsen och inte behöva kontrolleras på nytt i anläggningen.
- o) Det är känt hos infrastrukturförvaltaren att tvärsprickor av inre ursprung är mer vanligt förekommande i äldre räler.
- p) Den 6 februari 2019 spårade ett godståg ur på samma bandel. Orsaken var utmattningssprickor i rälen.
- q) Ett spårbyte på sträckan Gällivare –Råtsi är enligt Trafikverkets underhållsplan planerat till 2025.

6. SÄKERHETSREKOMMENDATIONER

I Trafikverkets underhållsplan för 2022–2025 anges att ett spårbyte är planerat på sträckan Gällivare–Råtsi med produktionsstart 2025. Mot bakgrund av den framtagna underhållsplanen att byta spåret med start 2025 ser inte Statens haverikommission skäl att ställa en specifik rekommendation om detta.

Under tiden fram till spårbytet ser Statens haverikommission det dock som viktigt att åtgärder vidtas som minskar risken för att inre sprickor i rälen inte upptäcks i tid. Sådana åtgärder är även av betydelse i ett längre perspektiv eftersom sprickor kan uppkomma oavsett typ och ålder på räl, även om det är mer vanligt förekommande i äldre räl. Statens haverikommission ger därför följande rekommendationer.

Trafikverket rekommenderas att:

- Undersöka vad som skulle krävas för att bättre kunna identifiera tvärsprickor av inre ursprung. Undersökningen bör innefatta både behov av utveckling av teknisk utrustning och stöd vid utförande av kontrollen. (SHK 2023:04 R1)
- Utvärdera om de manuella ultraljudskontrollerna efter indikerar från ultraljudstågsmätningar bör utökas, exempelvis om extra kontroller bör utföras i de fall en indikerad tvärspricka inte identifieras vid den första kontrollen. (SHK 2023:04 R2)
- Närmare undersöka vilka faktorer som kan bidra till förhöjd dragspänning i rälen och hur sådana faktorer kan identifieras. (SHK 2023:04 R3)

Statens haverikommission emotser besked **senast den 3 maj 2023** om vilka åtgärder som har vidtagits med anledning av de rekommendationer som har lämnats i rapporten.

På haverikommissionens vägnar

Kristina Börjevik Kovaniemi

Eva-Lotta Högberg