

# Hantering av säkerhetsfarliga fel inom järnvägsinfrastruktur utifrån tillståndsbedömning med mätvagn

– Fallstudie Malmbanan



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Teknik och samhälle

Examensarbete:  
Mohammed Taha

© Copyright Mohammed Taha

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Lunds universitet  
Box 882  
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering  
Lund University  
Box 882  
SE-251 08 Helsingborg  
Sweden

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds universitet  
Lund 2013

## Sammanfattning

En tågolycka i höga hastigheter kan medföra allvarliga konsekvenser och i värsta fall förluster av människoliv. Därmed ställs det höga trafiksäkerhetskrav på järnvägssystemet. Dessa krav gäller såväl järnvägsanläggningen som järnvägsfordonen.

Det övergripande syftet med detta arbete är att öka förståelsen för hanteringen av säkerhetsfarliga fel inom järnvägssystemet, och därmed stötta en effektiv hantering av säkerhetsfel med bibehållen eller ökad säkerhet. I arbetet undersöks hur bedömning och uppföljning av säkerhetsfarliga fel genomförs samt vilka underlag åtgärdsbeslut relaterat till säkerhetsfarliga fel baseras på. Målet med arbetet är att genom analys av mätdata från tillståndsmätning med mätvagn identifiera övergripande åtgärdsförslag för att förbättra hanteringen av säkerhetsfarliga infrastruktur fel inom svensk järnväg.

Den övergripande metoden i detta arbete är en fallstudie av Malmbanan. Data har samlats in via analysverktyget Optram och anläggningsregistret BIS samt dokumentstudier, observationer och intervjuer med inblandade aktörer. Analysen baseras på de sju förbättringsverktygen och har huvudsakligen genomförts med hjälp av Pivottabeller i Microsoft Excel.

Resultatet innehåller identifierade orsaker till spårlägesfel och kompletterade förslag på åtgärder. I resultatet diskuteras även brister i den maskinella bedömningen av spårlägesfel samt hanteringen av mätresultaten. Ett problem vid hanteringen av mätresultat är en bristfällig integrering mellan olika datakällor och format. Exempelvis så sker uppföljningen av spårlägesfel, som kan bedömas både maskinellt och manuellt, utifrån en manuell hantering av listor utan tydliga åtgärdsstider av fel. Ett relaterat exempel är att spårlägesfel som registreras i Optram inte finns registrerade i Ofelia. Ytterligare ett exempel på bristfällig integrering är skillnader mellan olika mätförhållanden, exempelvis skillnader mellan tunga malmtåg, lättare mätvagnar samt obelastad manuell mätning. Detta leder till oönskade händelser som oupptäckta fel, bristfällig lokalisering samt ”inget fel funnet”. För att upptäcka spårlägesfel som förekommer vid malmtrafik så behöver dagens mätvagnar utvecklas eller malmtågen instrumenteras. Lokalisering av fel försvåras även av mätresultatens bristfälliga positionering, men idag finns GPS-teknik som borde kunna användas för att få en betydligt förbättrad positionering, både inom och mellan mätningar. Det senare skulle även kunna bidra till en förbättrad analys av felutveckling och ett mer tillståndsbaserat underhåll.

Nyckelord: trafiksäkerhet, spårlägesfel, tillståndsmätning, underhåll, järnvägsinfrastruktur

## **Abstract**

A train accident at high speeds can result in serious consequences, and in worst case the loss of human life. Hence, there are stringent requirements related to traffic safety on the railway system. These requirements are valid for both the infrastructure and the rolling stock.

The overall purpose of this work is to increase the understanding of the management of safety critical faults within the railway system, and thereby support an effective management of safety critical faults with maintained or increased safety. The work explores how the evaluation and follow-up of safety critical faults are performed and what facts that decisions about actions related to safety critical faults are based on. The goal of the work is to identify overarching suggestions for actions to improve the management of safety critical infrastructure faults within the Swedish railway, by an analysis of data obtained from measurement wagons.

The overarching methodology in this work is a case study of the Iron ore line. Data has been collected through the analysis tool Optram and the asset register BIS, as well as document studies, observations and interviews with involved actors. The analysis is based on the "Seven improvement tools" and has mainly been performed with the aid of Pivot tables in Microsoft Excel.

The result includes identified causes to track geometry faults and related suggestions for actions. The result also pinpoints weaknesses in the machine-based evaluation of track geometry faults and the management of measurement results. One problem in the management of measurement results is an insufficient integration between different sources and formats of data. For example, the follow-up of track geometry faults, which can be judged either by machine or manually, is based on a manual administration of lists with no clear end-time for correction of fault. A related example is that track geometry faults that are registered in Optram are not found in Ofelia. Another example of insufficient integration is dissimilarities between different measurement conditions, for example between heavy iron ore trains, lighter measurement wagons, and un-weighted manual measurements. These differences lead to unwanted events such as undetected faults, insufficient fault localization, and "no fault found". To detect track geometry faults that are present during iron ore traffic, the measurement wagons of today have to be further developed, or the iron ore trains need to be instrumented. The localization of faults is hampered by the insufficient positioning of measurement results; however, today there is available GPS-technology that should be possible to use in order to greatly enhance the positioning, both within and between measurements. The latter should also contribute to an improved analysis of failure development and a more condition-based maintenance practice.

Keywords: traffic safety, track geometry fault, condition measurement, maintenance, railway infrastructure

## **Förord**

Med detta examensarbete avslutar jag min högskoleingenjörsutbildning inom byggt teknik med inriktning på järnvägsteknik vid Lunds Tekniska Högskola, Campus Helsingborg. Arbetet är på 22,5 högskolepoäng och har skrivits på Trafikverket i Malmö under höstterminen 2013.

Utan stöd från min handledare, Peter Söderholm, på Trafikverket i Luleå hade arbetet varit omöjligt att genomföra. Tack för en pedagogisk och inspirerande handledning.

Jag vill även tacka min examinator vid universitetet, Anders Wretstrand, och min kontaktperson från Trafikverket i Malmö, Lars Brunsson, för all akademisk rådgivning respektive alla kloka tankar kring arbetet. Tack ska ni ha!

Ytterligare ett tack ska gå till alla som har tagit av sin tid och ställt upp på intervjuer eller besvarat frågor via mejl inom Trafikverket, LKAB Malmtrafik och Infranord.

Efter tre års högskolestudier vill jag rikta ett sista tack till en fantastisk familj och fru som har stöttat mig med positiva tankar genom hela studieperioden.

Malmö 2013-12-03

Mohammed Taha

## Förkortningar

AB = Allmänna bestämmelser

ABT = Allmänna bestämmelser för totalentreprenader

AF = Administrativa föreskrifter

BDL = Bandel

BIS = Baninformationssystem

BVF = Banverksföreskrift

CF = Centrala funktioner

EK = Entreprenadkontrakt

EN = Europa Norm/Europa Standard

HöjdkH = Höjdfel, höger räl

HöjdkV = Höjdfel, vänster räl

JNB = Järnvägsnätbeskrivning

Km-tal = Kilometer-tal

K-tal = Spårlägesmått

Optram = Optimized Track Management

Q-tal = Spårlägesmått

Rfh = Rälsförhöjning

RT = Rättidighet

sth = största tillåtna hastighet

TDOK = Trafikverkets styrande och vägledande dokument

Urspl-fel = Urspåringsfarliga fel

USP = Under Sliper Pad

VO = Verksamhetsområde

## Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Bakgrund</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Syfte och mål</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Frågeställningar</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Avgränsningar</b> .....	<b>2</b>
<b>2 Metod</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Datainsamling</b> .....	<b>3</b>
2.1.1 Datakälla - Optram .....	3
2.1.2 Datakälla - BIS .....	4
<b>2.2 Dataanalys och presentation</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Spårläge</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1 Kvalitetsnormer för spårläge</b> .....	<b>6</b>
<b>3.2 Spårlägesfel</b> .....	<b>8</b>
<b>3.3 Mätning av spårläge</b> .....	<b>9</b>
3.3.1 Maskinell, belastad mätning av spårläge.....	9
3.3.2 Manuell kontroll, obelastad mätning av spårläge.....	10
3.3.3 Spårets absoluta läge (geodetiskt).....	11
<b>3.4 Underhållsstrategi utifrån typ av spårlägesfel</b> .....	<b>11</b>
<b>3.5 Utveckling av C-fel på nationell nivå</b> .....	<b>12</b>
<b>3.6 Faktorerna bakom nedbrytningen av ett spårläge</b> .....	<b>13</b>
<b>4 Fallstudie Malmbanan</b> .....	<b>16</b>
4.1 Malmbanan.....	16
4.2 Bandel 118 och 119 .....	17
4.3 Belastning .....	18
4.4 Relationen mellan de olika aktörerna.....	19
4.5 Trafikverket och Malmbanan .....	21
4.6 Infranord och Malmbanan.....	22
4.7 LKAB Malmtrafik AB.....	22
<b>5 Analys och resultat</b> .....	<b>24</b>
<b>5.1 Analyserad mätdata</b> .....	<b>24</b>
<b>5.2 C-fel</b> .....	<b>24</b>
5.2.1 Variation i mängd och typ av C-fel.....	24
5.2.2 Återkommande fel.....	25
<b>5.3 Säkerhetsfarliga fel</b> .....	<b>30</b>
<b>5.4 Sammanfattande resultat från intervjuer</b> .....	<b>31</b>
<b>6 Diskussion och slutsatser</b> .....	<b>37</b>
6.1 Orsaker och åtgärder relaterade till spårlägesfel.....	37
6.2 Fortsatt arbete .....	43
<b>7 Referenser</b> .....	<b>46</b>





# 1 Inledning

*I detta kapitel presenteras bakgrunden till arbetet, dess syfte och mål, frågeställningar samt avgränsningar.*

## 1.1 Bakgrund

En tågolycka i höga hastigheter kan medföra allvarliga konsekvenser och i värsta fall förluster av människoliv. Därmed ställs det höga trafiksäkerhetskrav på järnvägssystemet. Dessa krav gäller såväl järnvägsanläggningen som järnvägsfordonen.

Första gången tåg användes för persontransporter i Sverige var i mitten av 1800-talet<sup>1</sup>. Då drevs tågen med hjälp av ånglok och det gick inte särskilt fort. Med tiden har järnvägssystemet utvecklats till ett säkert och komplext system utifrån ökade krav på trafikmängd avseende antalet tåg, längden på tåg, axellaster samt hastighet. Idag finns det i andra länder tåg som möjliggör resor i över 350 km/h på ett bekvämt och miljövänligt sätt.

De övergripande kraven för järnvägssystemet är reglerade genom bland annat Järnvägslagen som även finns beskrivna utförligare och kompletterande i föreskrifter och andra dokument för tillämpning<sup>2</sup>. Ett exempel ur Järnvägslagen är kapitel 2 § 1 som handlar om säkerhet:

”Järnvägsinfrastruktur, järnvägsfordon och annan materiel i järnvägssystem skall vara av sådan beskaffenhet att skador till följd av verksamhet som bedrivs i systemet förebyggs”.

I Sverige är det Trafikverket som är infrastrukturägare och leder järnvägstrafiken, medan Transportstyrelsen är tillsynsmyndighet. Då järnvägstrafiken är avreglerad finns det ett flertal järnvägsföretag som via trafikeringsavtal med Trafikverket erbjuder transporter till godskunder och resenärer. Trafikverket beställer även investerings-, reinvesterings- och underhållsåtgärder relaterat till infrastrukturen från konsulter och entreprenörer. Det är således ett flertal aktörer inblandade i planering, genomförande, uppföljning och förbättring av järnvägsinfrastrukturen och järnvägstrafiken. Detta ställer höga krav på både det förebyggande och det konsekvensreducerande trafiksäkerhetsarbetet, bland annat avseende hanteringen av säkerhetsfarliga infrastrukturfel.

---

<sup>1</sup> [www.ne.se](http://www.ne.se), sökord: järnväg

<sup>2</sup> Järnvägslagen ([www.notisum.se](http://www.notisum.se))

## 1.2 Syfte och mål

Det övergripande syftet med detta arbete är att öka förståelsen för hanteringen av säkerhetsfarliga fel inom järnvägssystemet, och därmed stötta en effektiv hantering av säkerhetsfel med bibehållen eller ökad säkerhet.

Mer specifikt är målet med arbetet att genom analys av mätdata från tillståndsmätning med mätvagn identifiera övergripande åtgärdsförslag för att förbättra hanteringen av säkerhetsfarliga infrastruktur fel inom svensk järnväg.

## 1.3 Frågeställningar

I detta arbete ska det allmänt utredas och undersökas:

- hur bedömningen av säkerhetsfarliga fel genomförs
- hur uppföljningen av säkerhetsfarliga fel genomförs
- vad åtgärdsbeslut relaterat till säkerhetsfarliga fel baseras på

## 1.4 Avgränsningar

Arbetet kommer att fokusera på C-fel och säkerhetsfarliga punktfel för spårläget inom två bandelar på Malmbanan. Säkerhetsfarliga fel benämns även urspårningsfarliga fel. Det är således ingen skillnad mellan begreppen och båda avser samma allvarlighetsgrad och typ av spårlägesfel.

Anledningen till valet av studerad feltyp är att de på grund av risken för urspårning påverkar trafiken negativt via stopp eller hastighetsnedsättningar, vilket även ökar direkta och indirekta kostnader för riskbehandling, t.ex. avseende underhållsåtgärder.

Valet av Malmbanan som fallstudie beror på att det är ett prioriterat godsstråk inom svensk järnvägsinfrastruktur som utgör en flaskhals i gruvindustrins logistikflöde. Detta återspeglas även i tre av Trafikverkets strategiska utmaningar: effektiva transportkedjor för näringslivet; robust och tillförlitlig infrastruktur; mer nytta för pengarna<sup>3</sup>.

Valet av de två bandelarna baseras på att de ingår i samma stråk, men har olika förutsättningar, t.ex. vad gäller trafikering, installation och geografisk åtkomst, vilket gör att de är intressanta att jämföra sinsemellan.

---

<sup>3</sup> [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se), sökord: strategiska utmaningar

## 2 Metod

*Den övergripande metoden i detta arbete är en fallstudie av Malmbanan, i enlighet med avgränsningarna i föregående kapitel. I detta kapitel redovisas och motiveras tillämpad metod för insamling, analys och presentation av data.*

### 2.1 Datainsamling

Empiriska data har primärt samlats in via databaser, dokumentstudier, observationer samt intervjuer. De data som primärt har varit grunden för den kvantitativa analysen är mätdata insamlad via mätvagn (t.ex. Strix) och tillgängliga via analysverktyget Optram. Övrig insamlad empirisk dokumentation har identifierats och samlats in via Trafikverkets intranät och ledningssystem med hjälp av lämpliga sökord.

Teori har samlats in via en litteraturstudie och fokuserat på hantering av säkerhetsfarliga infrastruktur fel inom järnväg. Även litteratur kring metod har studerats för att kunna lösa uppgiften. Detta har primärt gjorts via tillämpning av lämpliga sökord med hjälp av sökmotorer på Internet.

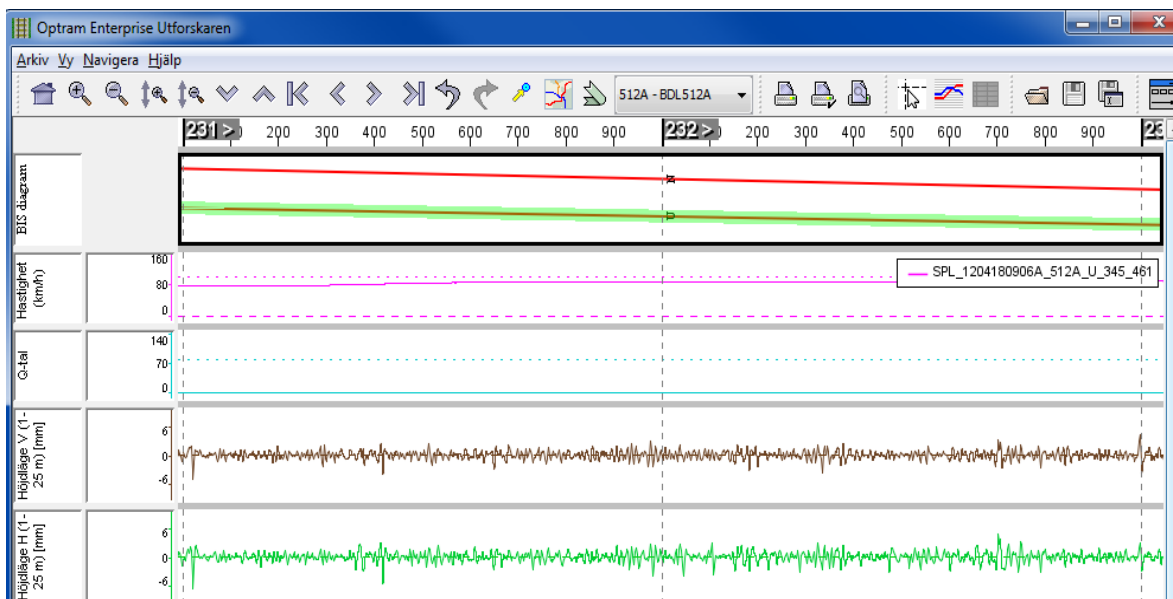
#### 2.1.1 Datakälla - Optram

Optram är Trafikverkets främsta datasystem för analys, utvärdering och underhållsplanering avseende spår. Optram står för ”Optimized track management” och är en produkt utvecklad av Bentley. Den webbaserade programvaran innehåller mätdata insamlad med hjälp av mätvagn som passerat längs spåret och samlar all information i en databas.

I Optrams databas går det att hitta information om upp till 30 parametrar. Det kan vara spårlägesdata (höjdläge, skevning, spårvidd m.m.), räfflor och vågor, rälsprofil m.m. Parametrarna mäts minst 1-6 gånger per år beroende på spårets besiktningsklass<sup>4</sup>. Det går även att exportera informationen till andra format, t.ex. Microsoft Excel för vidare analys.

---

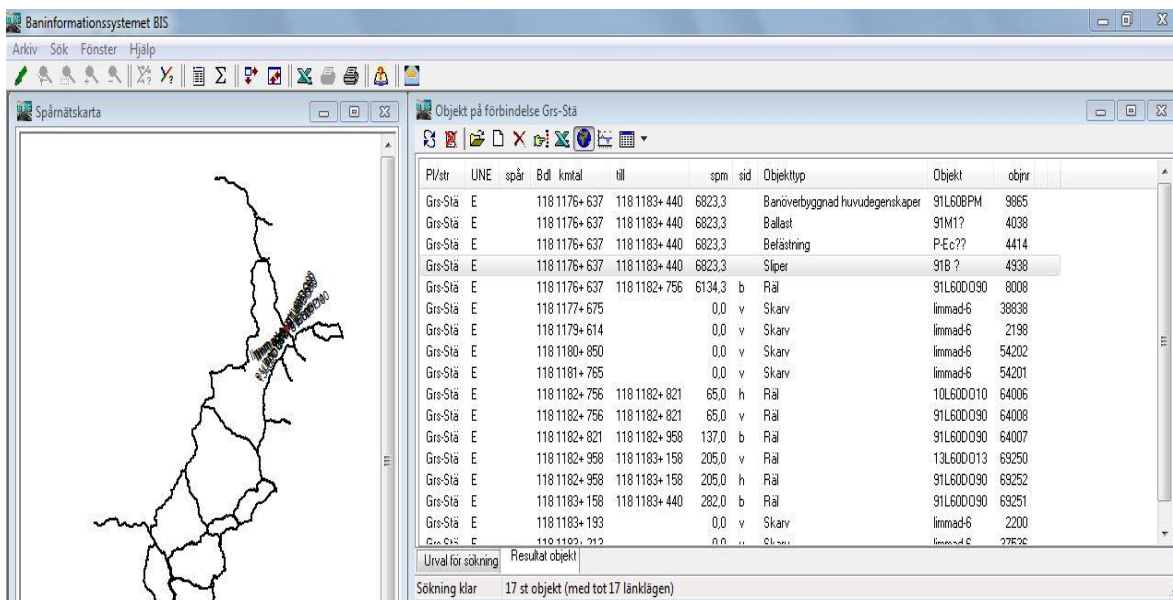
<sup>4</sup> [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se), sökord: spår- och kontaktledningsmätningar



Figur 1: Ett skärmutklipp från Optram som visar spårlägesdata längs en bandel.

### 2.1.2 Datakälla - BIS

BIS står för "Baninformationssystem" och är ett datasystem som används inom Trafikverket för att lagra och hämta information om den svenska järnvägsanläggningen. I datasystemet går det att få övergripande teknisk information om anläggningen, men även information om särskilda objekt som exempelvis växlar, broar och trummor. I BIS går det att söka utifrån ort, bandel eller ett särskilt objekt.



Figur 2: Ett skärmutklipp från BIS som visar information om olika objekt längs en järnvägsförbindelse.

## 2.2 Dataanalys och presentation

Analysen baseras huvudsakligen på principen för de sju förbättringsverktygen. Det är enkla statistiska verktyg som härstammar från Japan och nyttjas som redskap i kvalitetsförbättringsarbetet. Kvantitativ data har huvudsakligen sammanställts genom statistisk analys, primärt med hjälp av olika typer av Pivotdiagram i Excel. Kvalitativ data har analyserats och presenterats utifrån insamlad teori och visualiseras via ritfunktioner i program från Microsoft<sup>5</sup>.

Exempel på hur de sju ursprungliga förbättringsverktygen har tillämpats är:

- Checklistor (datainsamling), i enlighet med föregående avsnitt.
- Paretdiagram, principiell tillämpning av Pareto-principen för att identifiera de orsaker som huvudsakligen bidrar till t.ex. olika feltyper.
- Histogram, har bl.a. använts för att illustrera axellasternas fördelning på trafik som passerar de två bandelarna.
- Ishikawadiagram (fiskbensdiagram), identifiering av orsaker till bl.a. C-fel och säkerhetsfarliga fel. En utökning av Ishikawadiagrammet är Bow-tie diagrammet, där även konsekvenserna av t.ex. olika typer av fel synliggörs.
- Stratifiering, uppdelning av insamlad data på t.ex. bandel, år, sträcka, och feltyp.
- Sambandsdiagram, används för att illustrera hur olika parametrar samvarierar, t.ex. antal fel och år.
- Styrdiagram, ej tillämpat i detta arbete då det kräver djupare statistiska analyser.

---

<sup>5</sup> Boken ”Minnestrimmaren” (Brassard)

## 3 Spårläge

*I detta kapitel beskrivs kvalitetsnormer, fel och mätmetoder relaterat till spårläge.*

### 3.1 Kvalitetsnormer för spårläge

Det relativa spårläget har en avgörande roll för banans säkerhet och standard. Spårlägesfel upptäcks i olika former och storlekar. Ett mindre spårlägesfel skulle kunna resultera i komfortstörningar för passagerarna eftersom de dynamiska spårkrafterna mellan fordon och bana har inverkan på bland annat vibrationer i fordon och banunderbyggnad. Ett större spårlägesfel däremot kan innebära risk för urspårning. Alldeles för höga spårbelastningar påskyndar nedbrytningen av spåret och fordonet, vilket i sin tur ökar underhållskostnaderna.

De kvalitetsnormer som tillämpas i Sverige för spårläge har kontrollerats och uppdaterats för att uppfylla en Europa-standard (EN) som innehåller minimivärden och är gemensam för många länder i Europa. För närvarande tillämpas de kvalitetsnormer för spårläge som återfinns i ”Spårlägeskontroll med mätfordon och kvalitetsnormer – Central mätvagn Strix” (BVF 587.02) inom Sverige. Denna föreskrift kommer dock att ersättas med den nya normen ”Banöverbyggnad – Spårläge - krav vid byggande och underhåll” (TDOK 2013:0347)<sup>6</sup>.

Med kvalitetsnormer avses de normer som gäller ett spårläge för att bibehålla en god passagerarkomfort samt en god säkerhet mot urspårning. I föreskriften BVF 587.02 utgiven av Banverket finns kvalitetsnormerna sammanfattade i form av tabeller. Med hjälp av dessa tabeller kan det aktuella mätutslaget för en specifik järnvägssträcka jämföras med det riktvärde som en underhållsentreprise ska sträva efter att uppnå<sup>7</sup>. I Tabell 1 och 2 återges riktvärden för ett spårläge uppmätt med Trafikverkets centrala mätvagn Strix. För övriga mätfordons riktvärden gäller ”Spårlägeskontroll med mätfordon och kvalitetsnormer” (BVF 541.60).

---

<sup>6</sup> [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se), sökord: TDOK 2013:0347

<sup>7</sup> [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se), sökord: BVF 587.02

**Tabell 1: Kvalitetsnormer för punktfel, höjdläge.**

Kvalitetsklass	sth loktåg km/tim	sth snabbtåg km/tim	Avvikelse från grundvärde (mm)														
			Höjdläge						Rälsförhöjning								
			Kortvågiga fel 1-25 m våglängd			Långv fel (riktvärden)			Avvikelse			Skevning mätbas 6 m			Skevning mätbas 3 m		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
K0	145 -	185 -	2	6	9	7	15	2	4	6	4	9	13	3	6	9	
K1	125 - 140	160 - 180	2	6	10	7	15	2	4	7	4	10	15	3	7	10	
K2	105 - 120	135 - 155	2	7	12	7	15	2	5	8	4	11	17	3	8	11	
K3	75 - 100	95 - 130	4	10	16	-	-	3	7	10	6	13	19	4	9	13	
K4	40 - 70	60 - 90	5	13	21	-	-	4	10	13	8	16	23	5	10	15	
K5	- 40		6	17	27	-	-	5	12	16	10	19	27	7	12	15	
Linje i diagrammet			2 och 3			4		6			5			-			

**Tabell 2: Kvalitetsnormer för punktfel, sidoläge.**

Kvalitetsklass	sth loktåg km/tim	sth snabbtåg km/tim	Avvikelse från grundvärde (mm)									
			Sidoläge					Spårvidd				
			Kortvågiga fel 1-25 m våglängd			Långvågiga fel (riktvärden)		Avvikelse från nominellt värde 1435 mm			Ändring inom 10 m spårlängd	
			A	B	C	A	B	A	B	C	B	C
K0	145 -	185 -	2	3	5	5	10	±2	±5	+15,-5	7	10
K1	125 - 140	160 - 180	2	4	6	5	10	±2	+7,-5	+20,-5	8	12
K2	105 - 120	135 - 155	2	5	7	5	10	±2	+10,-5	+25,-5	9	15
K3	75 - 100	95 - 130	3	6	10	-	-	±3	+15,-5	+30,-5	10	18
K4	40 - 70	60 - 90	3	10	13	-	-	±4	+20,-5	+35,-5	12	21
K5	- 40		4	13	16	-	-	±5	+20,-5	+35,-5	15	25
Linje i diagrammet			8 och 9			10		11				

Ovanstående tabeller beskriver gränsvärden för avvikelser från grundvärdet för olika kvalitetsklasser och spårlägesparametrar:

- Höjdläge 1-25m (kortvågigt), höger och vänster räl.
- Höjdläge 25-60/80/100m (långvågigt), medelvärde höger och vänster räl.
- Skevning med mätbas 6m respektive 3m och rälsförhöjning.
- Sidoläge 1-25m (kortvågigt), höger och vänster räl.
- Sidoläge 25-60/80/100m (långvågigt), medelvärde höger och vänster räl.
- Spårvidd.

Utöver ovanstående punktrelaterade kvalitetsnormer så beräknas spårlägesstatistik i form av standardavvikelser ( $\sigma$ ) för spårlägesparametrarna höjdläge, rälsförhöjning, sidoläge och samverkan. Dessa standardavvikelser beräknas glidande över en spårlängd av 200 m och dess gränsvärden är relaterade till god komfort. Utöver de spårlägesparametrar och relaterade punktfel som beskrivits ovan så finns det även mått som baseras på uträknade värden utmed en sträcka, Q- och K-tal. Se BVF 587.02.

### 3.2 Spårlägesfel

I tabell 1 och 2 går det även att notera A-, B- och C-kolumnerna, vilka innebär följande<sup>8</sup>:

- A-fel: anger tillåten storlek på kvarstående fel i nyjusterat spår. Enstaka större fel kan accepteras. I nybyggt skarvfritt spår med ny spårmaterial tillämpas alltid klass KO oberoende av tillämpad största tillåtna hastighet (sth).
- B-fel: anger riktvärden för underhåll. Spårlägesfelen bör åtgärdas i de flesta fall innan de nått denna storlek. Tabellvärdena får överskridas i enstaka punkter som hålls under uppsikt intill dess att de åtgärdats.
- C-fel: fel som överskrider denna gräns skall åtgärdas snarast. Intill dess att fel åtgärdats övervägs hastighetsnedsättning beroende på felets storlek, spårläget i övrigt och andra förhållanden.

Utöver A-, B- och C-fel finns även särskilda spårlägesfel som bör beaktas som prioritet ett då de kan medföra hög risk för urspårning, nämligen urspårningsfarliga eller säkerhetsfarliga spårlägesfel som de också benämns.

Om urspårningsfarliga spårlägesfel upptäcks måste frågan om trafikstopp eller eventuell hastighetsnedsättning övervägas. Spåret måste dock fortfarande hållas under bevakning och kontrolleras före varje tåg om det beslutas att hastigheten sätts ned för den aktuella sträckan.

Med urspårningsfarliga fel menas särskilt följande:

- En spårvidd som är större än 1470 mm.
- Om det förekommer samverkande periodiska ojämnheter: exempelvis tillverkningsfel i rälsen som upprepar sig med jämnt avstånd<sup>9</sup>.
- Om rälsförhöjningens ändring överstiger värdena i Tabell 3.

---

<sup>8</sup> [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se), sökord: BVF 587.02

<sup>9</sup> Intervju, Trafikverket (Li, 2013)



**Tabell 3: Rålsförhöjningens ändring.**

	Spetsigt utslag [mm] ramptal i parentes	Trubbigt utslag [mm] ramptal i parentes
mätbas 6 m	$\geq 30$ ( $\leq 200$ )	$\geq 25$ ( $\leq 240$ )
mätbas 3 m	$\geq 18$ ( $\leq 167$ )	$\geq 15$ ( $\leq 200$ )

Som tidigare nämnts i avgränsningen ligger fokus i detta arbete på C-fel och säkerhetsfarliga fel.

### 3.3 Mätning av spårläge

Spårläget kan mätas maskinellt, obelastat eller geodetiskt, vilket beskrivs mer ingående i de tre följande avsnitten.

#### 3.3.1 Maskinell, belastad mätning av spårläge

Maskinell, belastad mätning av spårläge baseras på att ett mätfordon belastar spåret och registrerar mätresultatet kontinuerligt för att vidare jämföra det med gällande gränsvärden. Denna metod anses som den bästa och säkraste eftersom ett mätfordon simulerar ett spårläge som någorlunda liknar det som tågtrafiken skapar. Det finns krav på att mätfordonet ska ha en axellast på minst 5 ton<sup>10</sup>.

Entreprenören som står för mätningen på Trafikverkets järnvägsnät heter i nuläget Infranord och äger flera mätvagnar med olika förutsättningar avseende mät hastigheten. När detta arbete påbörjades hade Strix-vagnen en högsta mät hastighet på 160 km/h, medan den nya mätvagnen IMV200, som ersätter Strix-vagnen, har en högsta mät hastighet på 200 km/h.

Den övergripande mätmetodiken i Strix-vagnen bygger på två system, dels ett tröghetsmätsystem som är placerat i vagnskorgen, dels ett optiskt system för mätning av farkantens läge i förhållande till tröghetsmätsystemets plattform<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se), sökord: TDOK 2013:0347

<sup>11</sup> [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se), sökord: STRIX



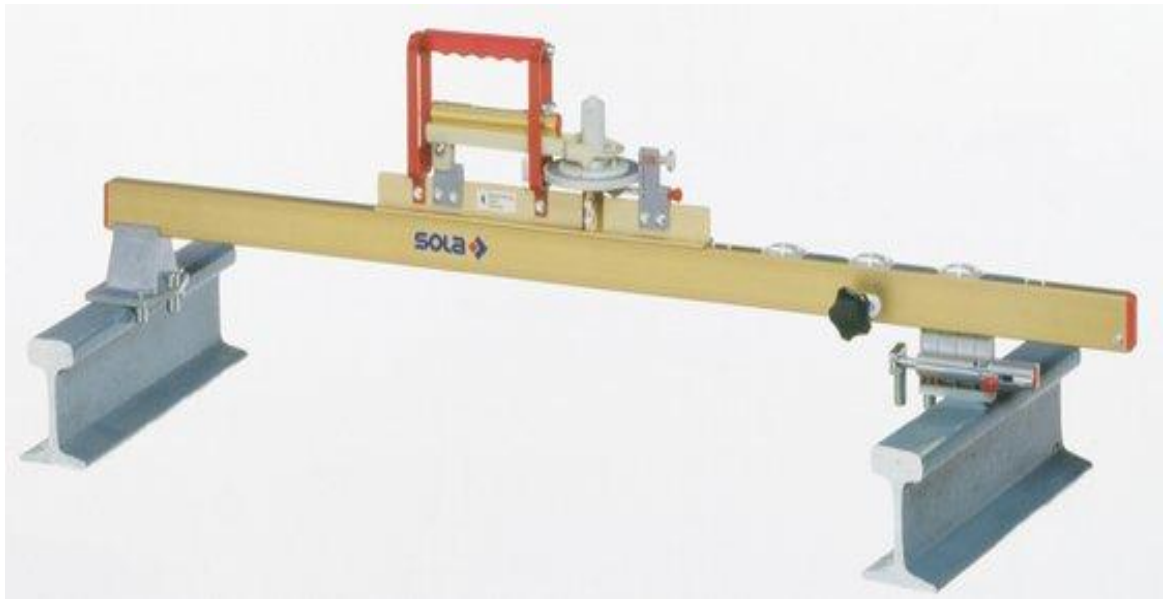
**Figur 3: En äldre mätvagn (IMV 100) som tillhör Infranord.**



**Figur 4: En nyare mätvagn (Strix-wagn) som tillhör Infranord.**

### 3.3.2 Manuell kontroll, obelastad mätning av spårläge

Till skillnad från en belastad mätning med mätfordon görs manuella mätningar med lämplig lättviktsutrustning. Det kan vara en handhållen mätutrustning som Sola-Pass (spårviddsmätning) eller en lina och avvägningsinstrument (pilhöjds-mätning). Nackdelen med manuella mätningar är att spåret inte blir belastat på samma sätt som med mätfordon och det medför en risk för felaktiga mätutslag. Även om snävare gränsvärden anges för manuell mätning i BVF 541.60 kan de felaktiga mätutslagen inte kompenseras fullt ut. En manuell mätning bör utföras främst om mätfordon inte är tillgängliga.



**Figur 5: En handhållen lättviktsutrustning (Sola-Pass) för spårviddsmätning.**

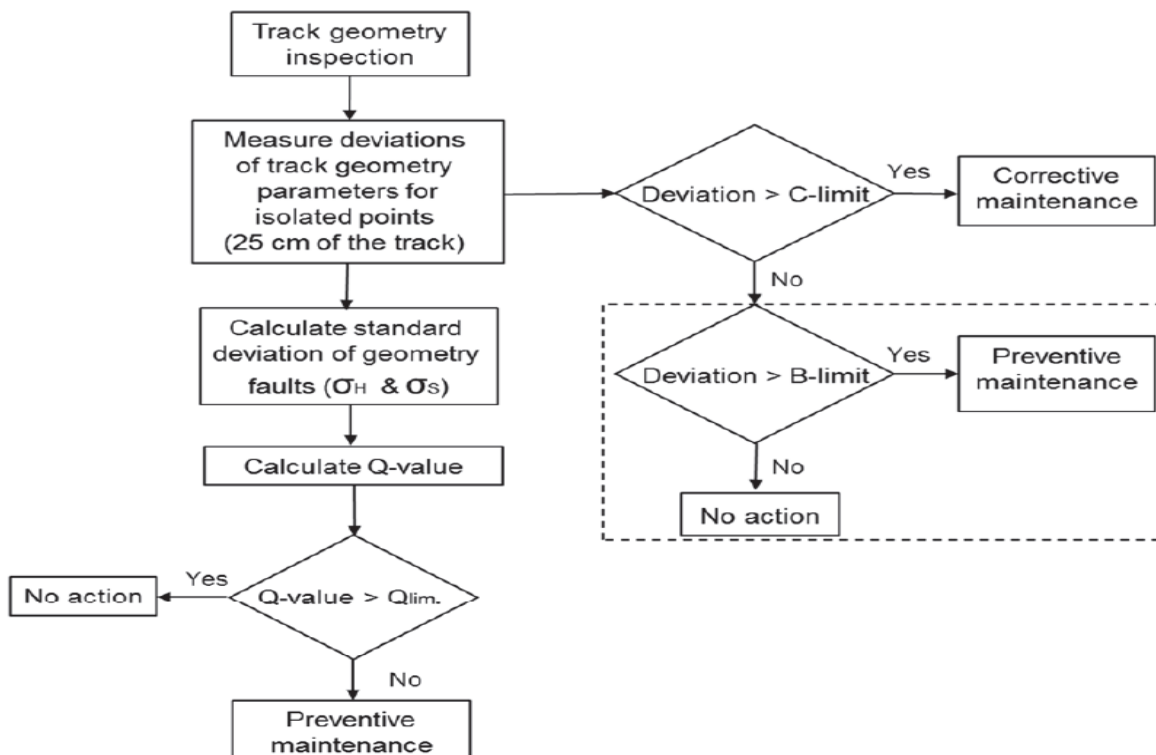
### 3.3.3 Spårets absoluta läge (geodetiskt)

Lämplig mätutrustning kan vara en totalstation eller ett avvägningsinstrument. Genom att ett inmätt läge hos spåret ”kopplar” till ett geodetiskt referenssystem kan en mätpunktkoordinat bestämmas. Vidare kan den anlagda geometrin bestämmas. Att mäta på det viset används främst i spår som inmäts geodetiskt.

### 3.4 Underhållsstrategi utifrån typ av spårlägesfel

Som ett mått på banans nedbrytning används fel som är uppmätta med mätvagnar och som överstigit den så kallade C-felsgränsen för spårläget. Spårläget ges av uppmätta avvikelser mot idealt läge och jämförs med vad som ger en god fordonsgång och god passagerarkomfort samt tillräckliga säkerhetsmässiga gångdynamiska marginaler. Avvikelse indelas i de olika toleransintervallen: A-, B- och C-fel samt urspårningsfarliga fel. Om inte fel åtgärdas, där toleranser på C-felsnivå överskridits, uppstår med tiden urspårningsfarliga fel.

Strategin som Trafikverket använder sig av för att vidmakthålla och återställa ett säkert spårläge delas in i olika steg och kan översiktligt beskrivas som i figur 6.



**Figur 6: Underhållsstrategi för spårläge.**

I steg 1 beskrivs hur ett spårläge ska mätas avseende de kvalitetsnormer som beskrivs i kapitel 3.1. I steg 2 jämförs erhållna mätvärden med kvalitetsnormer för att identifiera eventuella avvikelser. Om det förekommer avvikelser som är så pass stora att de klassas som C-fel så ska avhjälpande underhåll genomföras. Om avvikelserna är mindre än kvalitetsnormerna för C-fel, men större än för B-fel, så ska förebyggande underhåll genomföras, i steg 3. Om avvikelserna är så pass liten att den inte kan klassas som ett B-fel behöver ingen åtgärd genomföras<sup>12</sup>.

De uppmätta värdena för spårläget används även för att räkna ut Q-talet, som är ett mått på hur bra spårläget är på en viss sträcka. Om det beräknade Q-talet är större än den Q-talsgräns som Trafikverket har noterat som minimum vidtas ingen åtgärd. Om det beräknade Q-talet är mindre än minimum så ska förebyggande underhåll genomföras.

### 3.5 Utveckling av C-fel på nationell nivå

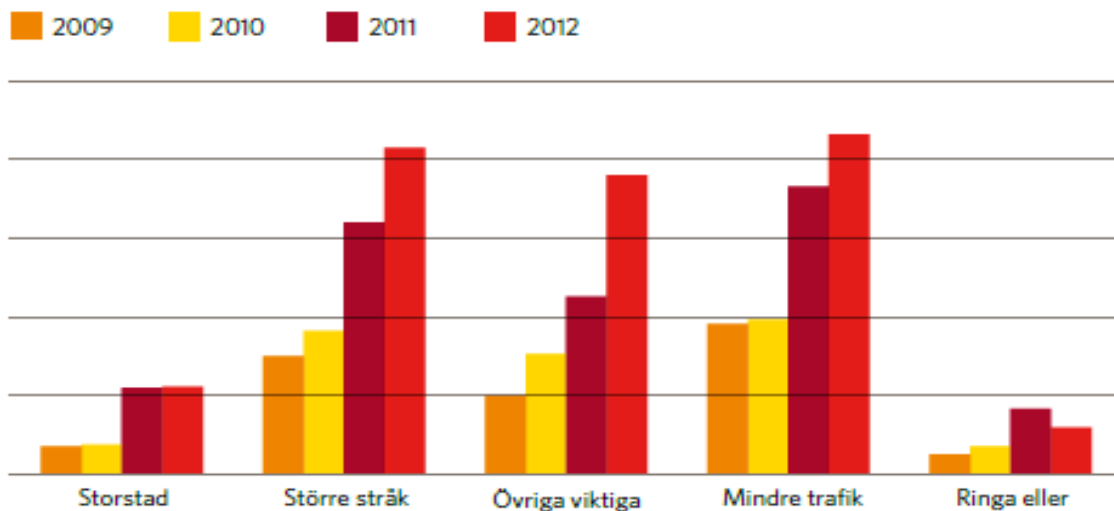
På nationell nivå visar trenden att antalet sträckor med nya C-fel har ökat med:

- 21 procent mellan 2009 och 2010
- 83 procent mellan 2010 och 2011
- 27 procent mellan 2011 och 2012.

<sup>12</sup> Cost-Effective Maintenance of Railway Track Geometry (Khouy, 2013)

Den stora ökningen av antalet C-fel kan eventuellt kopplas till ett minskat förebyggande underhåll och en minskande teknisk livslängd på spåret. Detta gäller de delar av banöverbyggnaden och banunderbyggnaden som kan kopplas till spårläget. Ett dåligt spårläge medför höga kraftpåkänningar på spårets över- och underbyggnad. Under år 2012 har ett arbete påbörjats för att klargöra orsaken till den kraftiga ökningen av antalet C-fel.

### Antal nya C-fel per bantyp och år



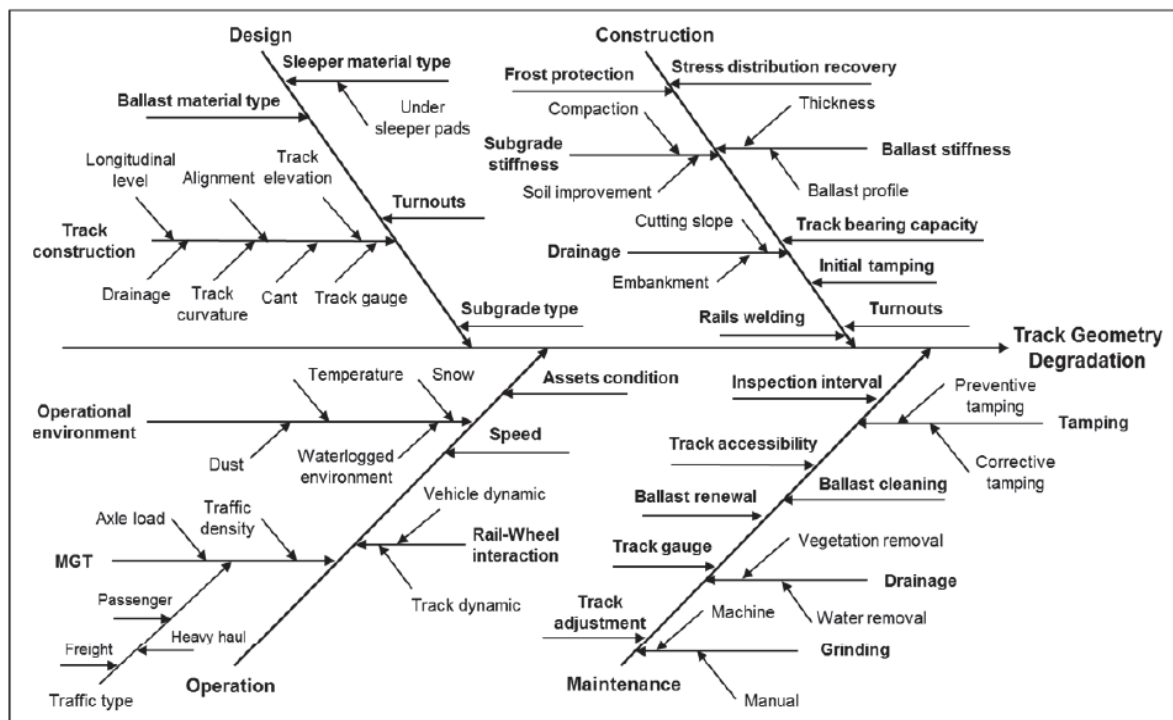
Figur 7: Antal nya C-fel per bantyp och år på nationell nivå (Trafikverkets årsredovisning, år 2012).

### 3.6 Faktorerna bakom nedbrytningen av ett spårläge

De faktorer som påverkar hur snabbt ett spårläge bryts ned är många och kan delas in i följande fyra övergripande delar<sup>13</sup>:

- Konstruktion.
- Installation.
- Drift.
- Underhåll.

<sup>13</sup> Cost-Effective Maintenance of Railway Track Geometry (Khouy, 2013)



**Figur 8: Ishikawadiagram över de faktorer som påverkar nedbrytning av spårläget.**

I den spårlägespåverkande faktorn underhåll, som ska fullföljas med jämna mellanrum, ingår bland annat:

- Ballastrening: med en ren ballast skapas förutsättningar för ett bra spårläge med tanke på att finmaterial ger försämrade elasticitet och leder vattnet sämre ur bankroppen. Vattnet i bankroppen gör att is bildas vid kallt klimat vilket upptar mer volym och påverkar spårläget.
- Ballastbyte: på särskilt utsatta partier kan all makadam vara krossad och då är det viktigt att byta ballasten helt och hållet.
- Spårriktning (förebyggande, avhjälpande): ett korrekt justerat spårläge minimerar slitaget på spåret och ökar både komforten och säkerheten.
- Dränering (vegetations- och vattenröjning): vattnet i och runt om bankroppen måste ledas bort för att inte riskera isbildning som kan ”lyfta” spåret och ändra spårläget.
- Rälsslipning (manuellt och maskinellt): en slipad räl minimerar slitaget på fordonet och ökar både komforten och säkerheten.
- Tillgången till spår för genomförande av underhållsåtgärder påverkar också resultatet och effektiviteten på underhållsåtgärderna.

Installation, som är en av de fyra spårlägespåverkande faktorerna, omfattar:

- Dränering (bankett, släntlutning).
- Rälssvetsning.
- Växlar.

- Bärighetskapacitet.
- Ballastens (profil, dimension) och banunderkroppens (jordförbättring, kompaktering) styvhet.
- Frostskydd.

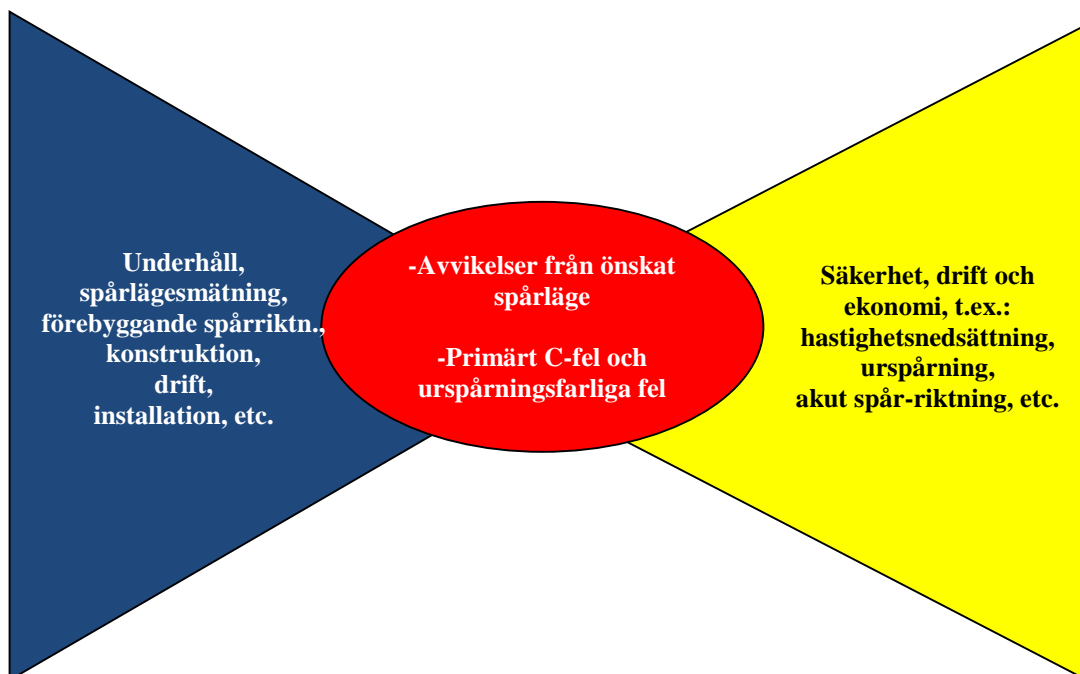
Vad gäller driften, som påverkande faktor avseende spårläget, så ingår:

- Anläggningens tillstånd.
- Samverkan mellan hjul och räl (huldynamik, räldynamik).
- Trafik (största tillåtna hastighet, axellast, trafiktäthet, typ av trafik, etcetera).
- Klimat (temperatur, snö, damm, vattensjuk eller torr mark, etcetera).

Konstruktion är den fjärde övergripande faktorn vad avser påverkan på spårläget och omfattar bl.a.:

- Slipersmaterial.
- Ballastens materialtyp.
- Banans geometri.

Ovanstående fyra faktorers utformning eller skötsel bestämmer senare hur snabbt ett spårläge bryts ned.



**Figur 9:** Bow-tie diagram som visar vilka faktorer som påverkar nedbrytningen av ett spårläge (till vänster) samt konsekvenserna av detta (till höger).

## 4 Fallstudie Malmbanan

*I detta kapitel beskrivs översiktligt Malmbanan samt relationen mellan infrastrukturägaren Trafikverket, entreprenören Infranord och tåg företaget LKAB Malmtrafik som är aktiva på godsstråket och de två studerade bandelarna.*

### 4.1 Malmbanan

År 1882 lämnade den dåvarande statsmakten klartecken till att bygga en järnväg som skulle sträcka sig från Luleå i söder till den norska riksgränsen i norr. Bygget överläts till engelska intressenter som inledningsvis byggde på rekordfart, men som vid senare skede gick i konkurs. Tanken bakom bygget var att utnyttja området som både då och nu är rikt på malm. Den svenska staten fick fortsätta bygga när engelsmännen inte kunde slutföra jobbet och år 1903 togs hela Malmbanan i drift. Två decennier senare var dessutom hela banan elektrifierad<sup>14</sup>.

Idag klassas Malmbanan som världens nordligaste elektrifierade järnväg och sträcker sig från Luleå i Sverige till Narvik i Norge. På den enkelspåriga och 500 km långa banan trafikeras allt från malmtåg, godståg till persontåg. Som form av skydd för den blandade trafiken har banan en fjärrblockering som i princip innebär att ett tåg inte kan få grön signal in på en spårsträcka där det redan finns ett fordon. Fjärrblockering benämns som *system H*.

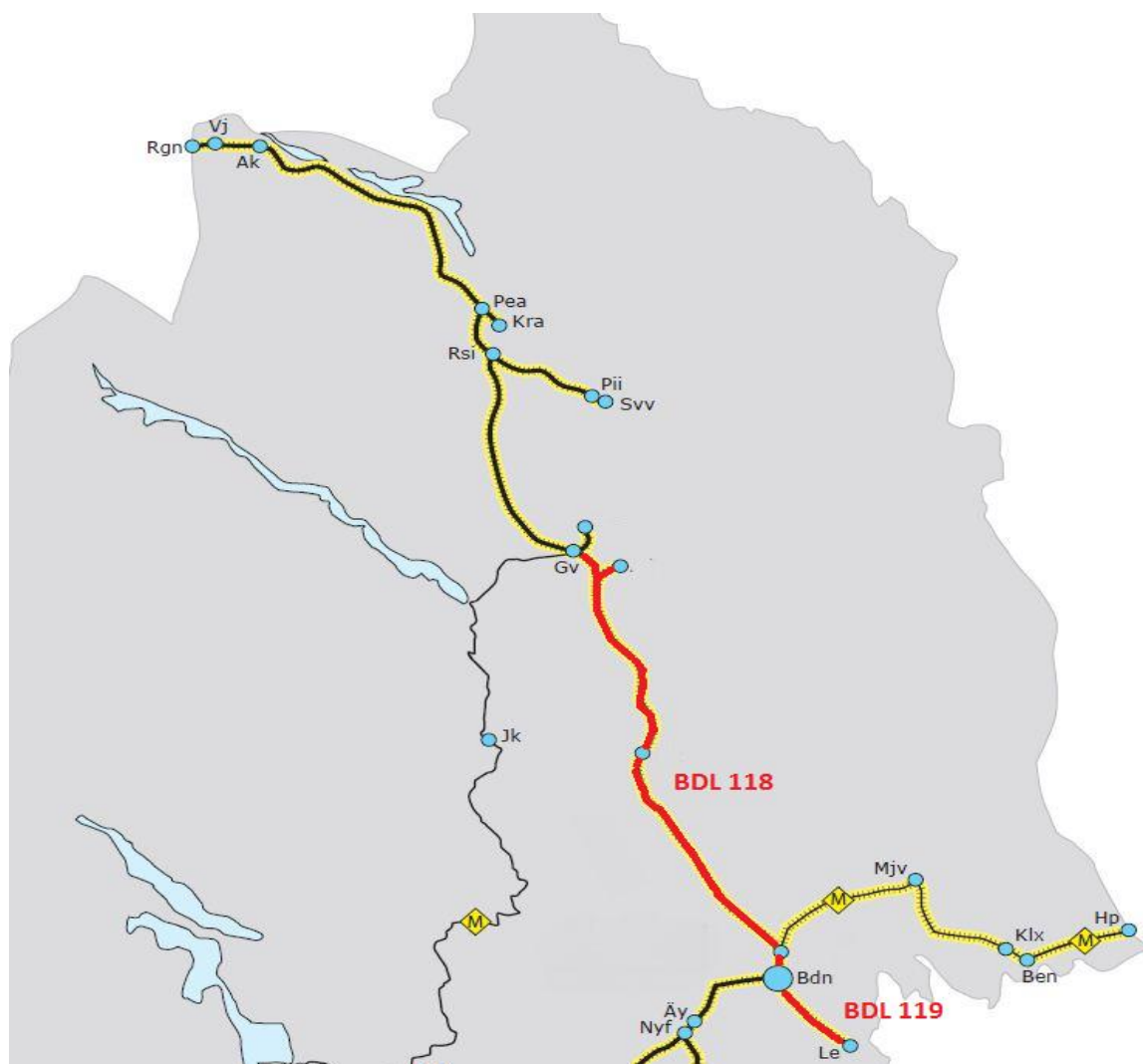
Största tillåtna axellasttryck på Malmbanan är 30 ton, vilket är ämnat just för malmtågen som kan väga upp till 8600 ton. Den som har trafikeringsrätten för malmtrafiken är LKAB som fraktar mellan 22-25 miljoner nettoton malm per år till hamnarna i Luleå och i Narvik. För närvarande pågår även en utredning om att höja största tillåtna axellasttryck till 32,5 ton på Malmbanan<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> [www.ne.se](http://www.ne.se), sökord: malmbanan

<sup>15</sup> Intervju, LKAB (Nordmark & Gustafsson, 2013)





**Figur 10:** En karta som visar Malmbanans sträckning (Luleå-Riksgränsen) samt studerade bandelar (BDL 118 och 119).

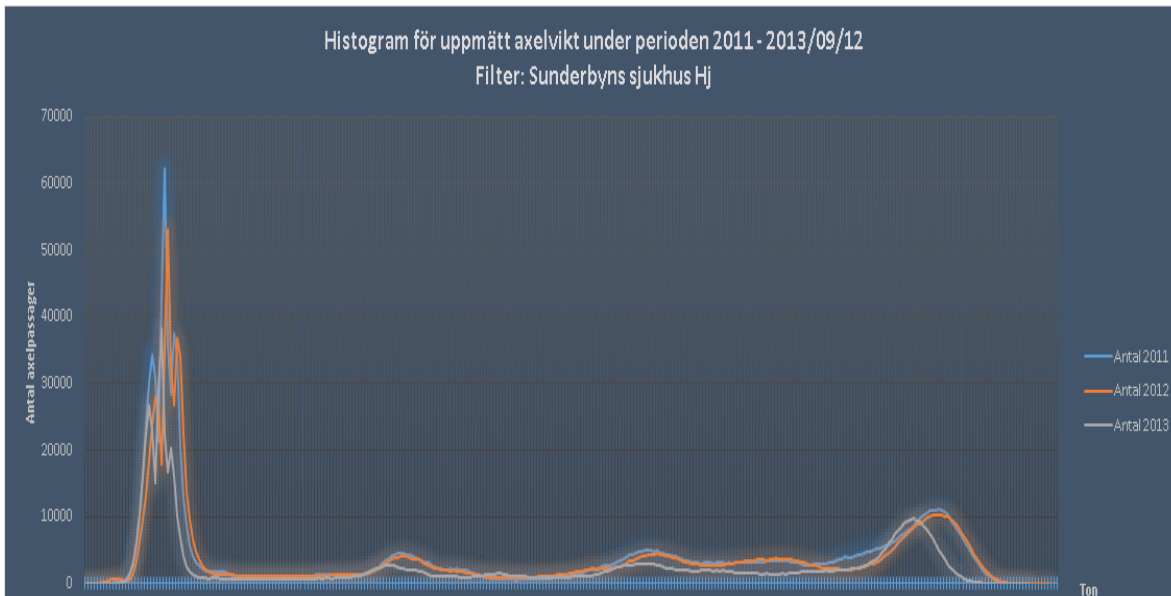
## 4.2 Bandel 118 och 119

Bandel 118 sträcker sig från Gällivare C i norr till Boden C i söder och är 168 km lång. I denna rapport används både bandel 118 och 118A som begrepp. Orsaken till de två olika benämningarna är skillnader i längdmätning mellan Optram och BIS, men bandel 118A i Optram sammanfaller huvudsakligen med bandel 118 i BIS. Från Boden C fortsätter bandel 119 vidare söderut till Luleå C och är 35 km lång.

Längdförhållandet mellan bandel 118 och 119 är 24:5. Bandel 118 är äldre än bandel 119 och har även lägre kvalitetsklass, bl.a. på grund av ett större antal kurvor. Vad som bestämmer vilken kvalitetsklass en bana har är största tillåtna hastighet på banan.

Ett sätt att illustrera skillnaden i trafik mellan de två olika bandelarna är att jämföra belastning i form av axellaster registrerade av Trafikverkets detektorer i Sunderbyn, som ligger strax efter Luleå C i nordvästlig riktning. Med hjälp

av data från detektorn kan sedan vid analys upptäckas eventuella trender avseende belastning, etc. Se figur 11 nedan:

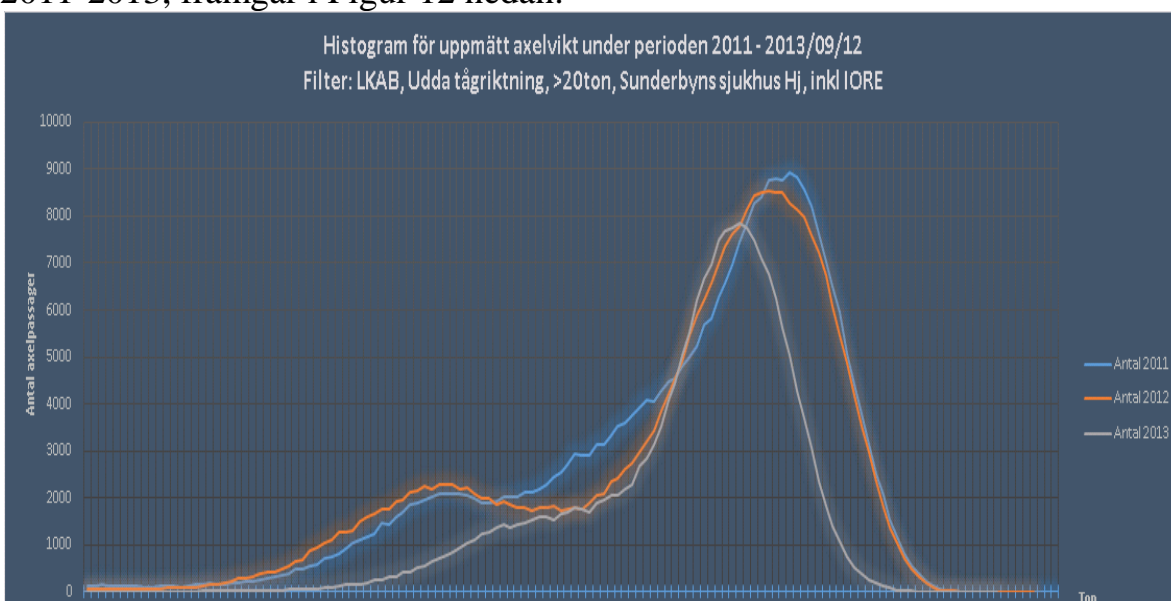


**Figur 11: Histogram för uppmätt axelvikt vid Sunderby sjukhus. Skalan på x-axeln anger axelvikt i ton, men är borttagen med tanke på dess konfidentiella karaktär.**

I histogrammen ovan syns en topp till vänster som illustrerar resandetrafik medan puckeln till höger visar lastade malmvagnar. Den vänstra toppen trafikerar huvudsakligen bandel 119, medan den högra puckeln trafikerar båda bandelarna.

### 4.3 Belastning

Fördelningen på axelvikterna för LKAB:s södergående malmvagnar på södra omloppet av Malmbanan, där bandel 118 och 119 ingår, under tidsperioden 2011-2013, framgår i Figur 12 nedan.



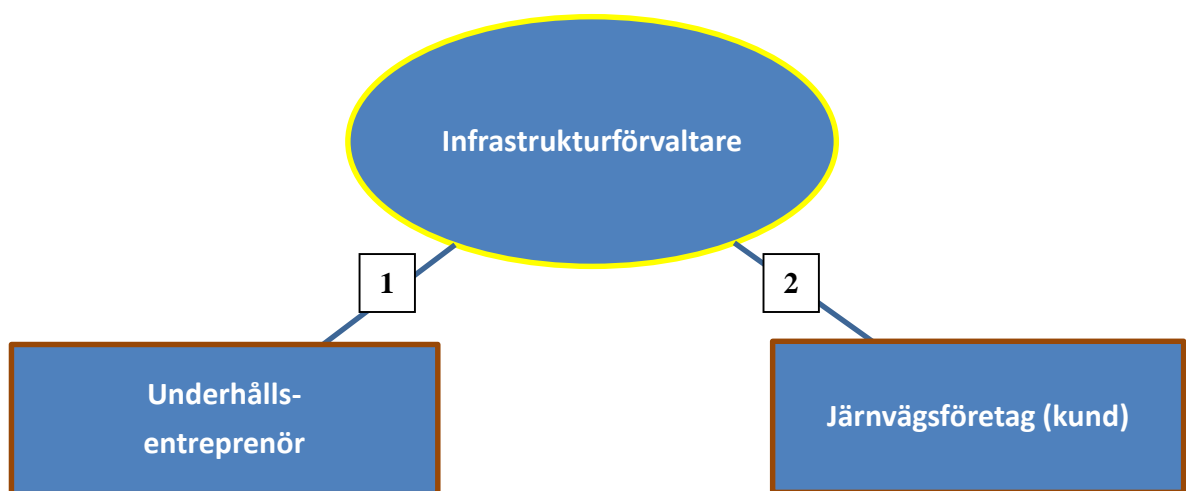
**Figur 12: Histogram för uppmätt axellast på södergående malmtåg vid Sunderby sjukhus. Skalan på x-axeln anger axelvikt i ton, men är borttagen med tanke på dess konfidentiella karaktär.**

I figuren ses två fördelningar, där den vänstra är relaterad till 25-tons malmvagnar och den högra är relaterad till 30-tons malmvagnar.

Histogrammen för de olika åren baseras på ett minskande antal axlar enligt följande: 320 406 stycken (år 2011), 309 402 stycken (år 2012) och 195 880 stycken (2013-09-12).

#### 4.4 Relationen mellan de olika aktörerna

I detta underkapitel beskrivs de relationer som generellt finns mellan de olika aktörerna på järnvägen i Sverige.



1 = Entreprenadkontrakt och administrativa föreskrifter tillsammans med ABT06  
2 = Trafikeringsavtal och järnvägsnätbeskrivning

**Figur 13: Reglerande dokument för de formella kontakterna mellan infrastrukturförvaltare och övriga parter.**

De formella kontakterna mellan en infrastrukturförvaltare och ett järnvägsföretag (tågoperatör/kund) regleras av Järnvägslagen under kapitel 6, som bland annat berör den så kallade järnvägsnätbeskrivningen och trafikeringsavtalet.

För att ett järnvägsföretag ska få köra sina fordon på en bana ska infrastrukturförvaltaren först träffa ett trafikeringsavtal med järnvägsföretaget. Trafikeringsavtalet anger de administrativa, tekniska och ekonomiska

uppgifterna som behövs för utnyttjande av ett tågläge. Ett tågläge är definierat som den infrastrukturkapacitet som, enligt vad som anges i en tågplan, får tas i anspråk för att framföra järnvägsfordon, utom arbetsfordon, från en plats till en annan under en viss tidsperiod (Järnvägslagen, 1 kap. 4 §). Även en underhållsentreprenör måste träffa ett trafikeringsavtal för att få köra med sina arbetsfordon. Mer om trafikeringsavtalet står beskrivet i Järnvägslagen under kapitel 6, § 22.

En infrastrukturförvaltare är också skyldig att upprätta en så kallad järnvägsnätbeskrivning (JNB) vars syfte är att ge kunden som söker kapacitet på nätet nödvändig information om förutsättningarna. I beskrivningen presenteras bland annat de tjänster (t.ex. tågläge) som infrastrukturförvaltaren erbjuder med tillhörande tilldelningsprocess. Det står även om vilka avgifter och villkor som gäller för att få tillgång till de tjänsterna. Mer om järnvägsnätbeskrivningen står beskrivet i järnvägslagen under kap 6, § 5.

Järnvägsnätbeskrivningen hänger ihop med trafikeringsavtalet på så sätt att järnvägsnätbeskrivningen ingår som en del i avtalet som reglering av avtalsförhållandet mellan parterna.

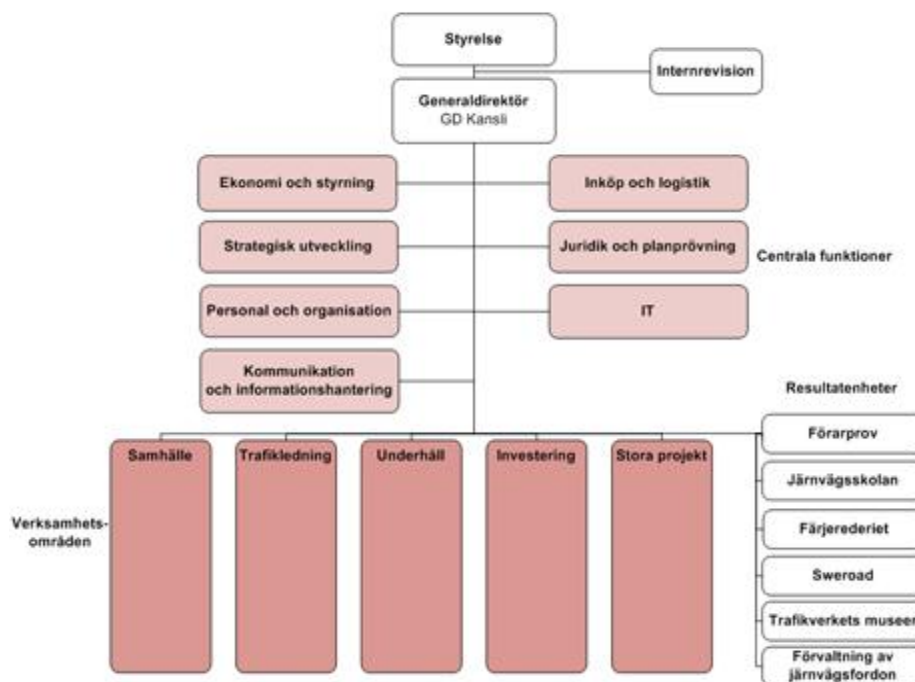
Från och med år 2010 började Trafikverket tillämpa verksamhetsstyrning med kvalitetsavgifter vars syfte är att förebygga störningar i järnvägssystemet. Avgifterna bestäms utifrån den merförsening som störningen orsakat jämfört med körplanen. Sedan tidigare så tilldelas varje störning som överstiger RT+3 (ej uppfyller en rättidighet på tre minuter, dvs. är större än 3 minuter och 59 sekunder) en orsakskod. Baserat på dessa orsaksregistreringar så sammanställer Trafikverket avvikelserna månadsvis och kvalitetsavgifter faktureras ut och utbetalas för de avvikelser som innebär 5 eller fler merförseningsminuter (överstiger RT+5). Merförsening är definierad som en försening jämfört med körplanen i första mätpunkten, eller tillkommande försening mellan två mätpunkter som följer direkt efter varandra i Trafikverkets system för avvikelser.

Vad gäller de formella kontakterna mellan infrastrukturförvaltare och underhållsentreprenör så föreskrivs vilka möten som ska ske i Entreprenadkontrakt (EK) och Administrativa föreskrifter (AF) tillsammans med ”Allmänna bestämmelser för totalentreprenader” (ABT06). Vid upphandling av entreprenader tar Trafikverket fram ett förfrågningsunderlag bearbetat utifrån aktuellt behov. I förfrågningsunderlaget ingår entreprenadkontraktet som anger de kontraktsvillkor som kommer att gälla för uppdraget. Entreprenadkontraktet är utformat enligt strukturen hos Allmänna bestämmelser (AB), såsom bland annat ABT06.

## 4.5 Trafikverket och Malmbanan

Trafikverket är organiserat i sju centrala funktioner (CF) och fem verksamhetsområden (VO), varav de senare är<sup>16</sup>:

- Samhälle
- Trafikledning
- Underhåll
- Investering
- Stora projekt



Figur 14: Trafikverkets organisationsstruktur.

Via verksamhetsområdet Samhälle (Region nord) bestäms trafikeringsavtalet och kvalitetsavgifter enligt punkt 4.4 i rapporten. VO Samhälle tecknar ett trafikeringsavtal med både järnvägsföretag och underhållsentreprenörer på Malmbanan.

Ett annat verksamhetsområde som också är inblandat är Trafikledning. Där är uppgiften att planera trafiken och se till att den dagliga driften fungerar som den ska. Även Trafikledning arbetar mot järnvägsföretag och underhålls-entreprenörer. Dels ska järnvägsföretagen köra sin trafik och dels ska entreprenören kunna vidta åtgärder i spår riskfritt. Trafiken på Malmbanan dirigeras via trafikcentralen i Boden. Vid trafikcentralen sker även den operativa trafikledningen samt registrering av orsaker till uppkomna avvikelser från tidtabell som överstiger RT+3.

<sup>16</sup> [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se), sökord: organisationsbeskrivning

Verksamhetsområde Underhåll är också inblandat. Ett drift- och underhållskontrakt tecknas mellan VO Underhåll och entreprenören som för Malmbanans södra omlopp i nuläget är Infranord. På Malmbanans norra omlopp har, sedan år 2009, underhållsentreprenören VR-track haft hand om drift och underhåll<sup>17</sup>. Kontraktslängden brukar normalt vara på fem år med möjlighet för två års förlängning. Det är projektledare, anställda vid Trafikverket och placerade vid de olika underhållsområdena, som ansvarar för kontroll och uppföljning av underhållsentreprenaderna. Det är också underhållsområdena som formellt är anläggningsägare.

Verksamhetsområdet Investering är bland annat inblandat vid investerings- och reinvesteringsåtgärder, till exempel spårbyten. Ett spårbyte ska genomföras när det inte längre är effektivt och ändamålsenligt att utföra mindre underhållsåtgärder på grund av att spårets livslängd är förbrukad. Investeringsprojekt med en budget på mer än fyra miljarder kronor klassas som stora och hanteras av VO Stora projekt. Ett exempel på ett stort projekt (som dock hade en budget på under 4 miljarder kronor) är Kiruna Ny Järnväg (KNJ) på Malmbanans norra omlopp som genomfördes i samarbete med LKAB. Anledningen till projektet var att malmbrytningen i Kiruna innebär att deformationer i marken uppstår, vilket medförde att det var nödvändigt att bygga en ny järnvägssträckning utanför deformationszonen.

#### **4.6 Infranord och Malmbanan**

Banverket Produktion, som var en egen resultatenhet inom Banverket, övergick till ett statligt bolag vid namn Infranord AB år 2010. Underhållsentreprenören Infranord erbjuder en mängd olika tjänster inom de olika teknikgrenarna på järnvägen. Exempel är att bygga, underhålla, mäta i och besiktiga järnvägsanläggningar.

År 2012 vann Infranord AB ett drift- och underhållskontrakt för södra Malmbanan (Luleå-Gällivare) värt 340 miljoner kronor. Kontraktet som började gälla den 2:a maj år 2013 varar i fem år med möjlighet till två års förlängning. Kontraktet omfattar även vintertjänster, felavhjälpning och besiktning<sup>18</sup>.

#### **4.7 LKAB Malmtrafik AB**

Det är flera järnvägsföretag som samsas om att köra sina tåg på Malmbanan och ett av dessa är LKAB Malmtrafik, som är ett dotterbolag till LKAB. Dagligen transporterar LKAB Malmtrafik flera malmtåg från gruvor och förädlingsverk längs Malmbanan till nästa steg i logistikprocessen som är

---

<sup>17</sup> [www.vrtrack.se](http://www.vrtrack.se), projekt

<sup>18</sup> [www.infranord.se](http://www.infranord.se), projekt

utlastningshamnarna i Luleå och Narvik samt SSAB:s stålverk i Luleå. LKAB levererar järnmalm till flera länder runt om i världen och är beroende av en fungerande Malmbana.

## 5 Analys och resultat

*I detta kapitel redovisas den genomförda analysen samt dess resultat.*

### 5.1 Analyserad mätdata

De mätdata som analyserats i denna rapport är huvudsakligen insamlade under perioden 2008 till 2013 för bandel 118 och för bandel 119.

I diagrammen som presenteras i detta kapitel redovisas summeringen av upptäckta C-fel från perioden 2010 till 2013. Det bör noteras att antalet mätningar på bandelarna varierar för respektive år. Det kan skilja från år till år eller från km-tal till km-tal. I princip gäller att ju fler mätningar som genomförts, desto fler fel upptäcks. Dessutom är år 2013 inte slut när denna analys genomförts, vilket också påverkar resultatet. Antalet mätningar per bandel och år som inkluderats i denna analys finns angivna i Tabell 4 nedan.

**Tabell 4: Antal mätningar per bandel och år.**

Bandel	Antal mätningar per år			
	2010	2011	2012	2013
118A	2-4	6-9	4-7	1-3
119	3-6	8-13	5-11	1-3

I Tabell 4 syns att, med undantag för 2013, så har det genomförts fler mätningar på bandel 119 än på bandel 118.

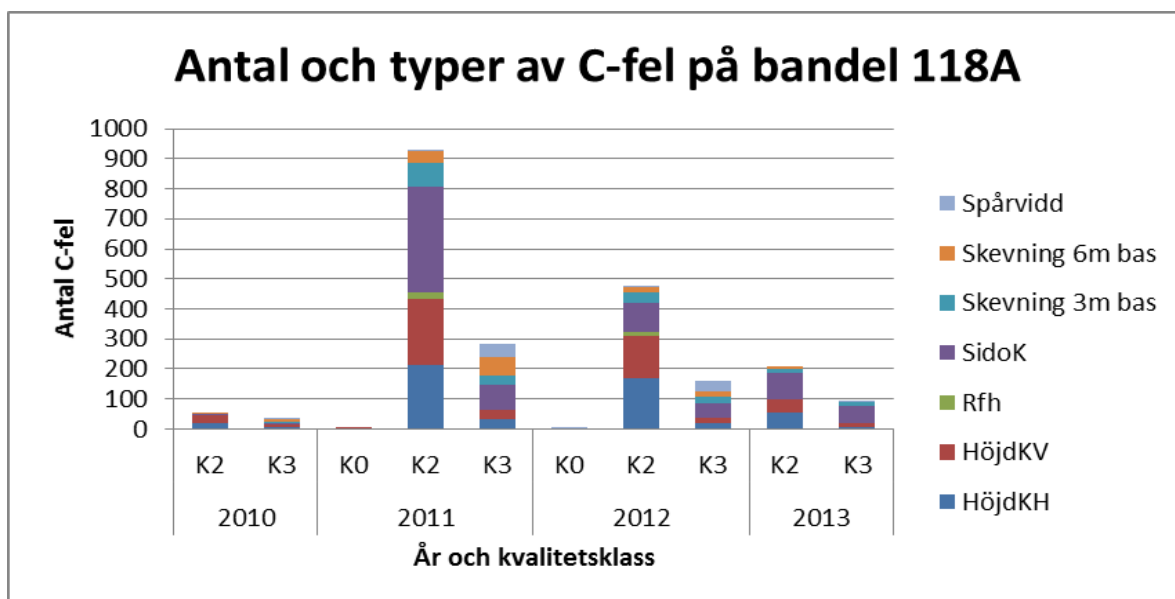
### 5.2 C-fel

I detta avsnitt redovisas bl.a. variation i mängd och typ av C-fel samt frekvensen av återkommande C-fel, uppdelat mellan och inom de två studerade bandelarna.

#### 5.2.1 Variation i mängd och typ av C-fel

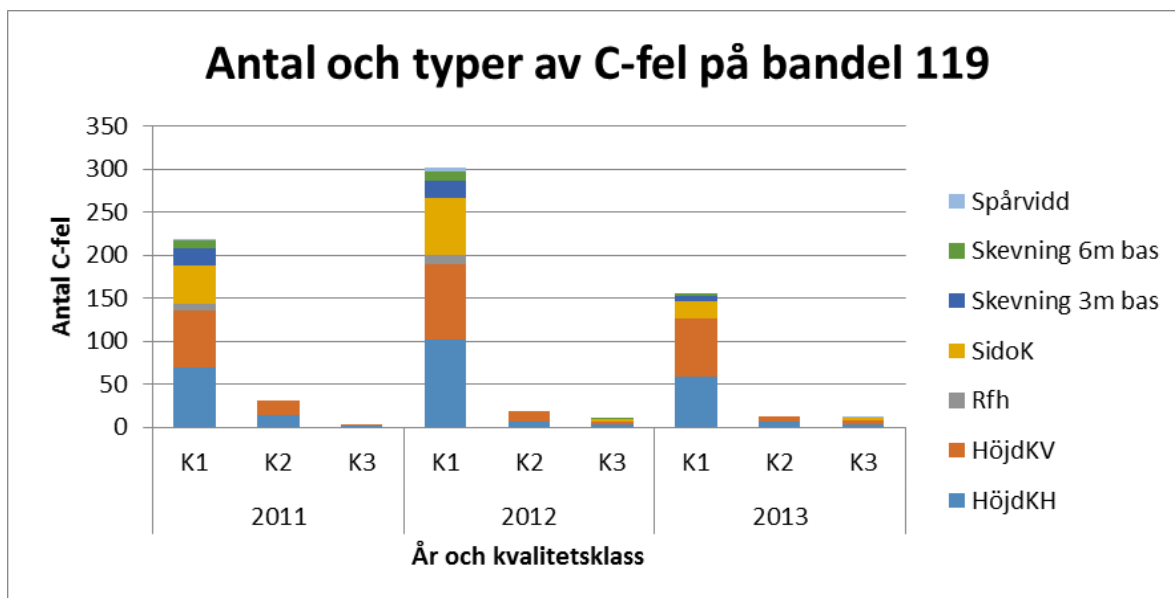
Det spårlägesfel som dominerar på bandel 118A är primärt höjdfel, som i sin tur är uppdelat på höger och vänster räl. Under år 2011 uppmättes flest höjdfel och ökningen av felen från 2010 till 2011 kan verka dramatisk, men viktigt att poängtera är det varierande antalet mätningar för respektive år. Antalet mätningar kan även påverka minskningen av antalet upptäckta C-fel från år 2011 till 2012. Den största delen C-fel ligger på sträckor med kvalitetsklass K2 där loktåg får köra mellan 105-120 km/h och snabbtåg mellan 135-155 km/h. Se Figur 15.





Figur 15: Antal och typ av upptäckta C-fel per kvalitetsklass och år på bandel 118A.

Vad gäller spåråterställningsfel på bandel 119 är det höjdfel som dominerar, följt av sidofel. Flest C-fel har uppmätts under år 2012 och ligger på sträckor med kvalitetsklass K1 där loktåg kör 125-140 km/h och snabbtåg mellan 160-180 km/h. Information om år 2010 framgår inte i diagrammet därför att information om kvalitetsklass och typ av spåråterställningsfel för år 2010 saknas i Optram, men det totala antalet C-fel uppmättes till åtta stycken. Se Figur 16.



Figur 16: Antal och typ av upptäckta C-fel per kvalitetsklass och år på bandel 119.

#### 5.2.2 Återkommande fel

I studerad mätdata finns många C-fel vars längd varierar. För att hitta de återkommande felen bland alla C-fel valdes följande metod:

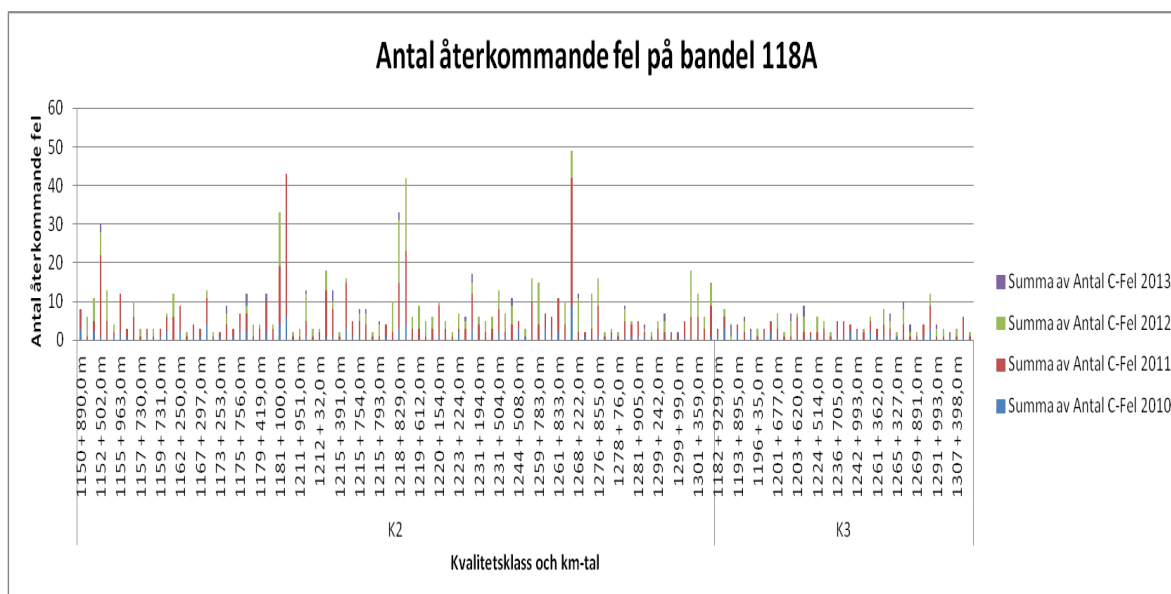
1. Ett startläge valdes och alla C-fel som låg inom +/- 25 meters längd från startläget klumpades ihop.
2. Därefter räknades alla fel som låg inom respektive intervall sorterat efter det år som de upptäcktes.

I Tabell 5 syns två exempel på återkommande fel. Till skillnad från rad 2 där felet ej har återkommit ses i rad 1 och 3 hur felen återkommer samtidigt som det tillkommer nya fel.

**Tabell 5: Exempel på återkommande fel på bandel 118.**

Radnr	Startläge	Slutläge	Antal C-Fel 2010	Antal C-Fel 2011	Antal C-Fel 2012
1	1150 + 890,0 m	1150 + 925,0 m	3	5	0
2	1151 + 341,0 m	1151 + 392,0 m	0	1	0
3	1151 + 75,0 m	1151 + 132,0 m	0	1	5
4	1151 + 951,0 m	1152 + 1,0 m	0	0	1

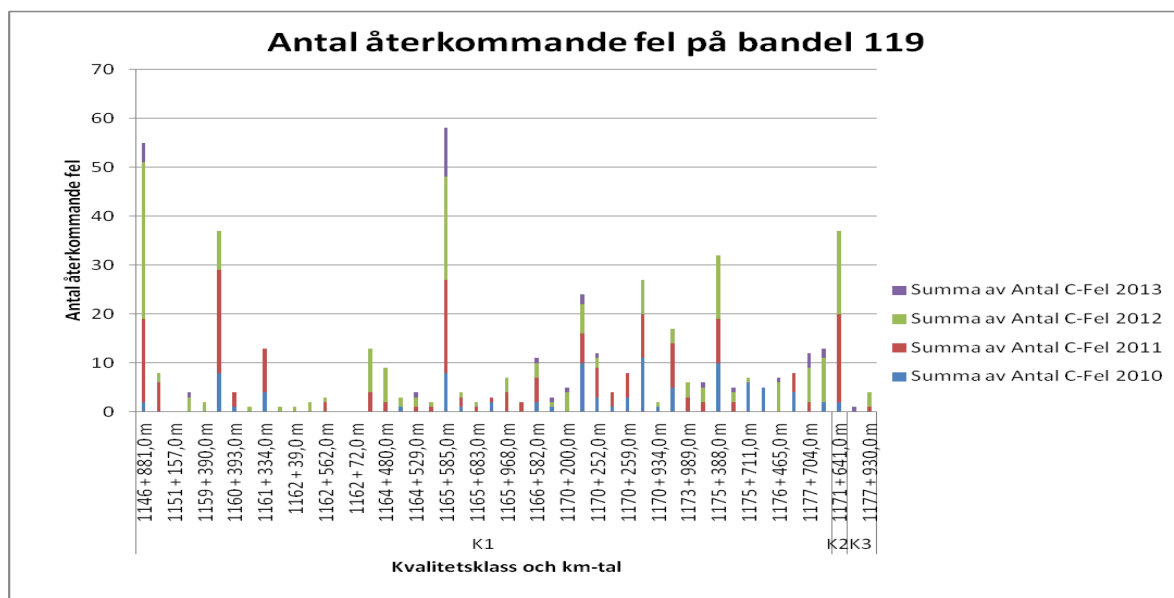
I Figur 17 illustreras de mest drabbade sträckorna på bandel 118A avseende C-fel i form av höga staplar. I princip gäller att ju högre stapel, desto fler återkommande och nya C-fel på tillhörande km-tal. Med hjälp av datasystemet BIS undersöktes de tio högsta staplarna närmare för att eventuellt hitta ett bakomliggande samband kopplat till anläggningens utformning. Som tidigare nämnts går det att i BIS hämta information om bandelens geometri eller särskilda objekt längs bandelen.



**Figur 17: Antal återkommande och nya C-fel per spårklass och år längs bandel 118A.**

Vid en studie av infrastrukturens egenskaper på de mest drabbade delarna i BIS upptäcktes att sju av de tio mest drabbade sträckorna ligger i närheten av, eller på, en övergångskurva. En övergångskurva används för att ge en mjuk övergång mellan en raksträcka och en kurva med en viss radie, eller mellan två kurvor med olika radier. Bland de sju sträckorna finns en växel och två skarvar. Av de resterande tre höga staplarna ligger en i närheten av, eller på en växel, medan det för övriga två inte gick att identifiera eventuella orsaker via en studie av data i BIS. Det är höjdfel som återkommer för de tio högsta staplarna som ligger på sträckor med kvalitetsklass K2 (Se Figur 17) på bandel 118A.

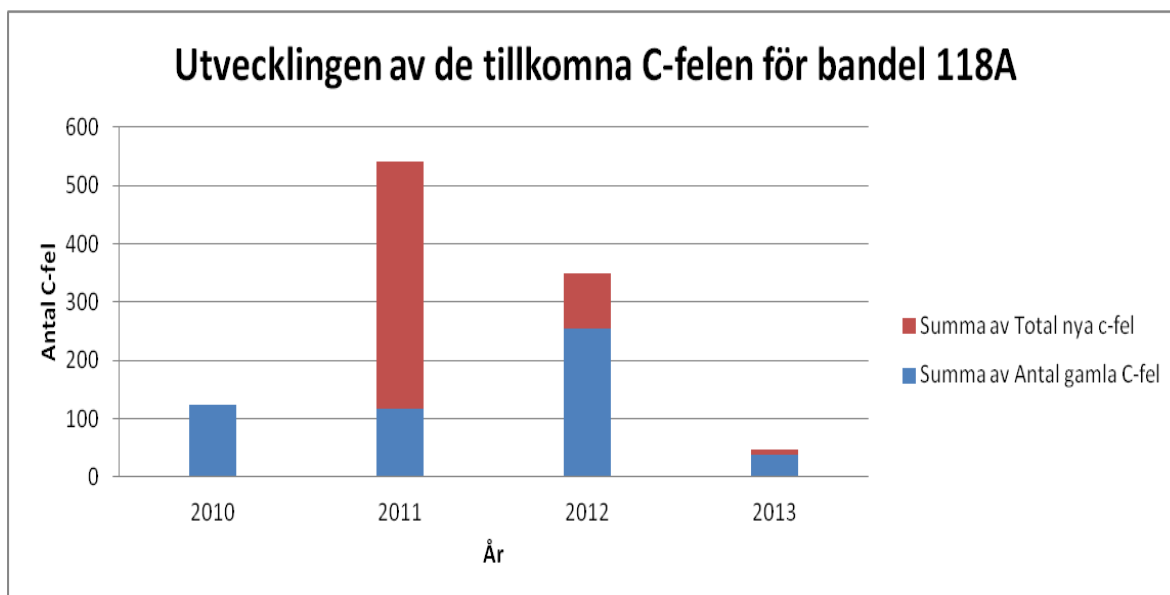
Motsvarande analys som ovan, men för bandel 119 visar att höjdfel är det bakomliggande C-felet på de tio sträckor med flest återkommande fel. Skillnaden är dock att ingen sträcka låg i en övergångskurva. Skillnaden är också att nio av totalt tio sträckor är med kvalitetsklass K1 (se Figur 18).



Figur 18: Antal återkommande och nya C-fel per spårklass och år längs bandel 119.

Sju av tio sträckor på bandel 119 ligger i närheten av, eller på, en växel. Två av tio sträckor ligger i närheten av, eller på, en skarv och plankorsning. Den sista stapeln gick inte att hitta en orsak till utifrån studie av data i BIS (se Figur 18).

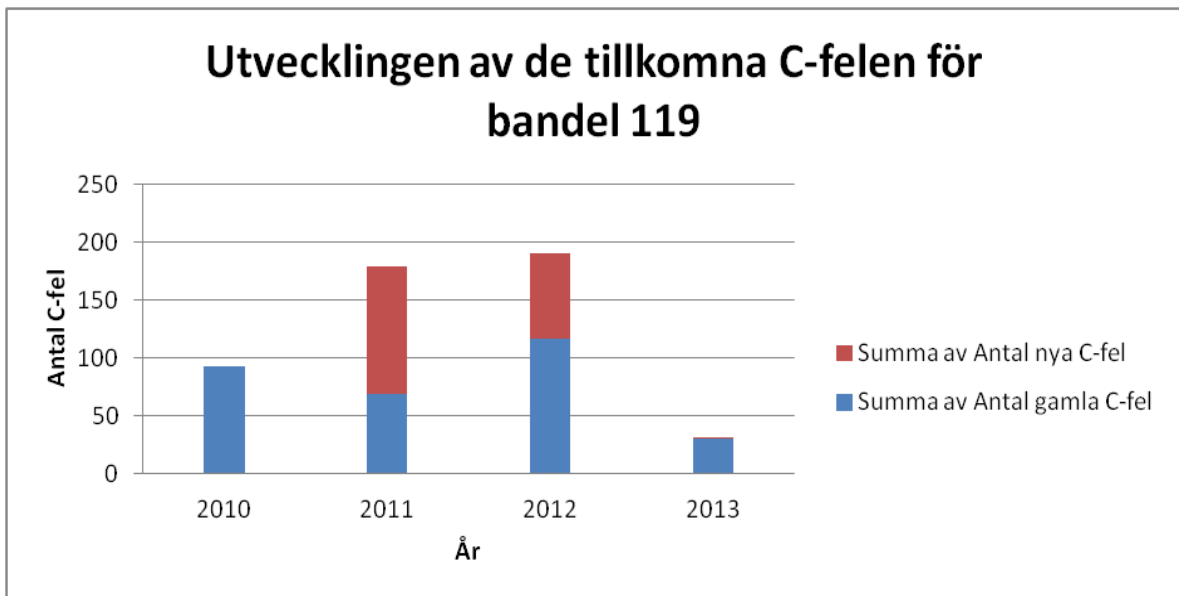
I Figur 19 och 20 framgår utvecklingen för de tillkomna C-felen på respektive bandel. Viktigt att påpeka är att det inte syns några nya C-fel för år 2010 på varken bandel 118A eller 119. Detta beror på att det saknas information i hämtad data från Optram för år 2009, som gör det möjligt att beräkna differensen mellan nya och gamla C-fel (se Figur 19 och 20).



**Figur 19: Utvecklingen för de tillkomna C-felen för bandel 118A.**

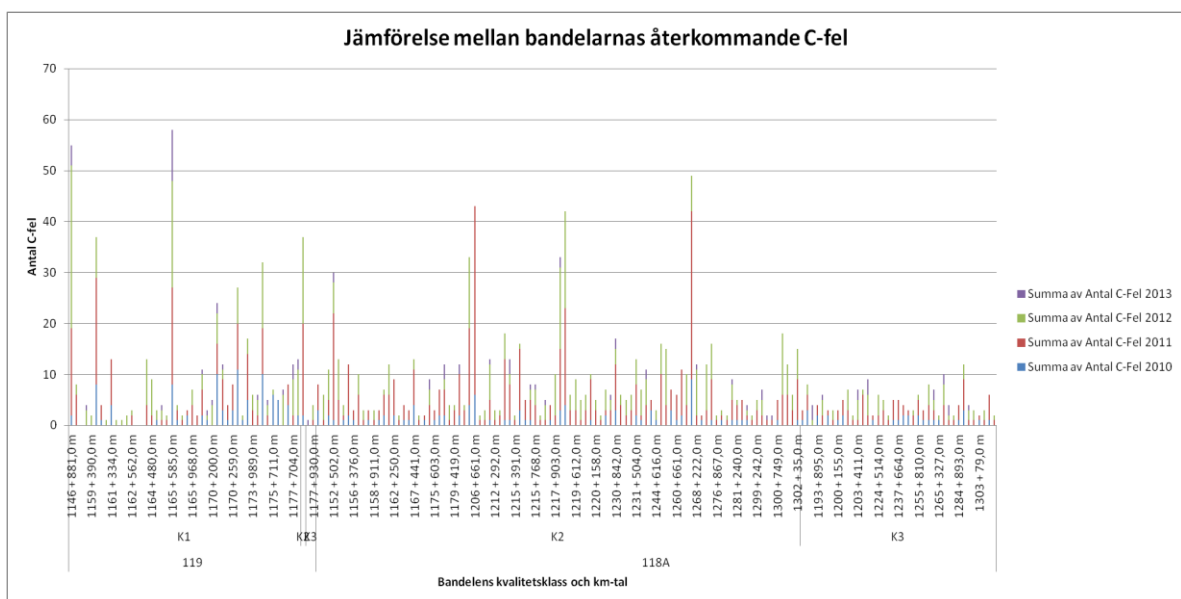
Under år 2011 tillkom flest C-fel på bandel 118A, med höjdfel som det primära C-felet. Det är också under år 2011 som flest fel fanns på bandelen. Även om trenden ser avtagande ut är det svårt att påstå att den faktiskt är det därför att antalet mätningar inte är lika och dessutom inte utförda under lika förutsättningar. Den säkraste jämförelsen mellan åren hade varit möjlig om antalet mätningar var de samma och dessutom sträckte sig längs hela bandelen och inte på enstaka spåravsnitt längs bandelen (se Figur 19).

På bandel 119 tillkom också flest C-fel under år 2011. Även på denna bandel var det primärt höjdfel som tillkom. Till skillnad från bandel 118A fanns flest C-fel under år 2012. Trenden för det totala antalet C-fel på bandel 119 ser ut att öka, men för de nytillkomna C-felen att avta (se Figur 20).



**Figur 20: Utvecklingen för de tillkomna C-felen för bandel 119.**

I Figur 21 syns hur sträckorna med återkommande och nya C-fel är färre på bandel 119 än på bandel 118A, men om hänsyn tas till den totala spårlängden gäller det motsatta förhållandet. Gemensamt för bandelarna är att höjdfel dominerar över åren. Generellt är det totala antalet återkommande och nya C-fel för respektive år färre på bandel 119 jämfört med bandel 118, men om skillnaden i spårlängd beaktas gäller det motsatta. Flertalet C-fel ligger på sträckor med kvalitetsklass K1 på bandel 119 och med kvalitetsklass K2 på bandel 118A.

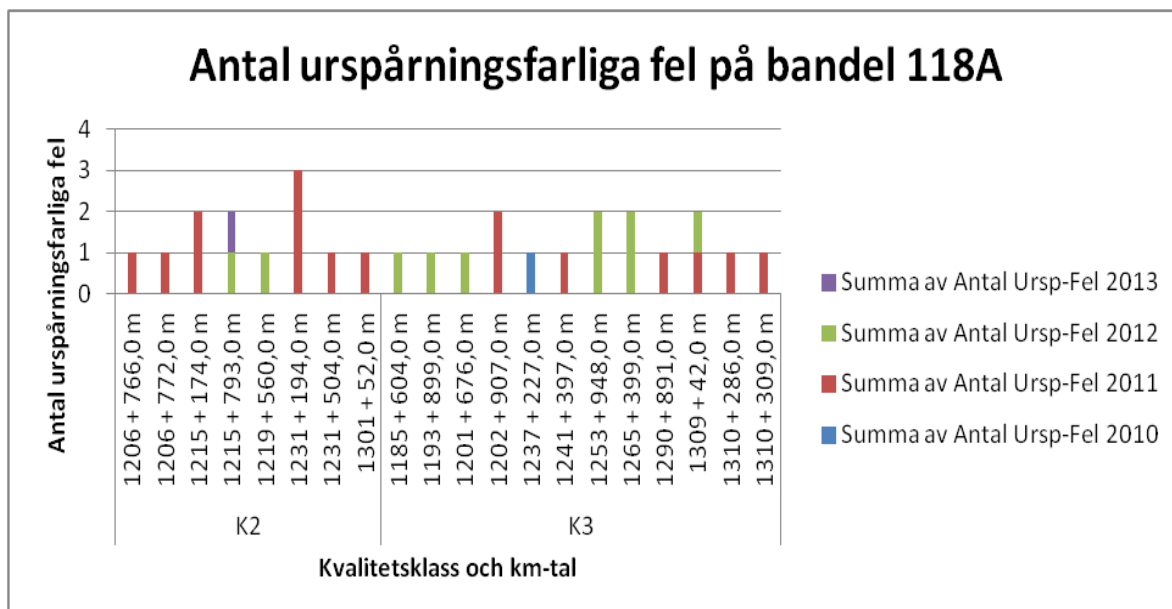


**Figur 21: Jämförelse mellan bandel 118A och 119 avseende återkommande och nya C-fel.**

### 5.3 Säkerhetsfarliga fel

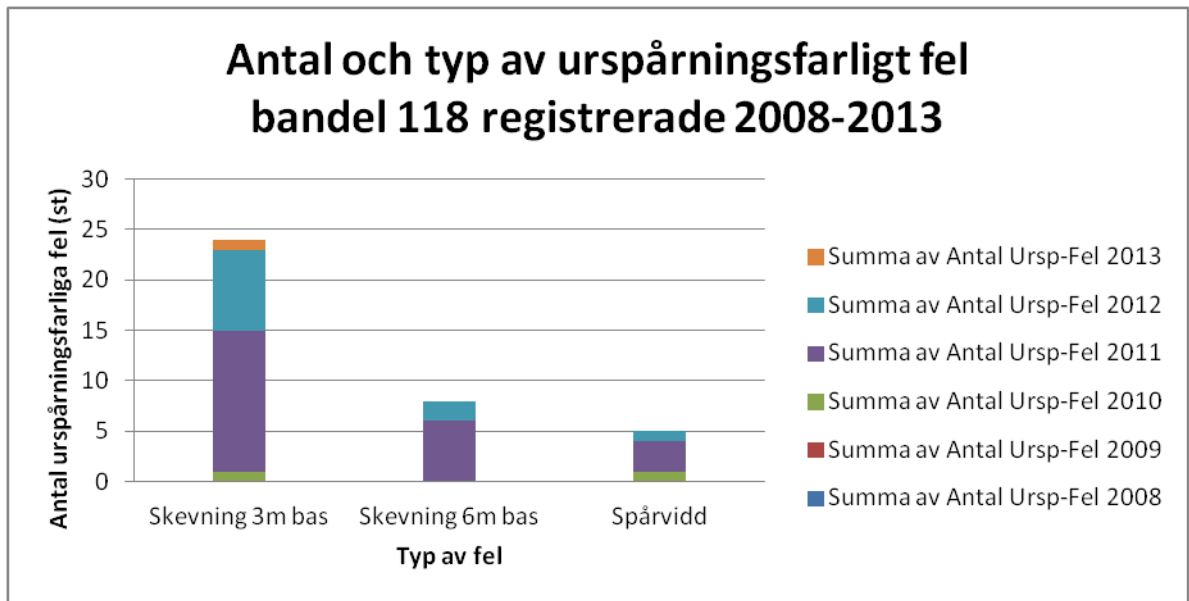
I detta avsnitt redovisas bl.a. variation i mängd och typ av säkerhetsfarliga spårålagsfel, uppdelat mellan och inom de två studerade bandelarna.

I Figur 22 och 23 framgår det att det finns fler urspårningsfarliga fel på bandel 118A än på 119. Detta gäller även om hänsyn tas till att bandel 118 är betydligt längre än vad 119 är. Samtidigt så har fler mätningar genomförts på bandel 119, vilket skulle kunna bidra till att fel hinner upptäckas och åtgärdas innan de utvecklas till att bli säkerhetsfarliga. Vissa av de urspårningsfarliga felen på 118 är även återkommande (se Figur 22). Flertalet fel ligger på sträckor med kvalitetsklass K3 på bandel 118A (se Figur 22), medan urspårningsfarliga fel för bandel 119 endast förekommer på sträckor med kvalitetsklass K1 (se Figur 23). I detta sammanhang bör det noteras att K1 har högre krav på spårålaget än vad K3 har.



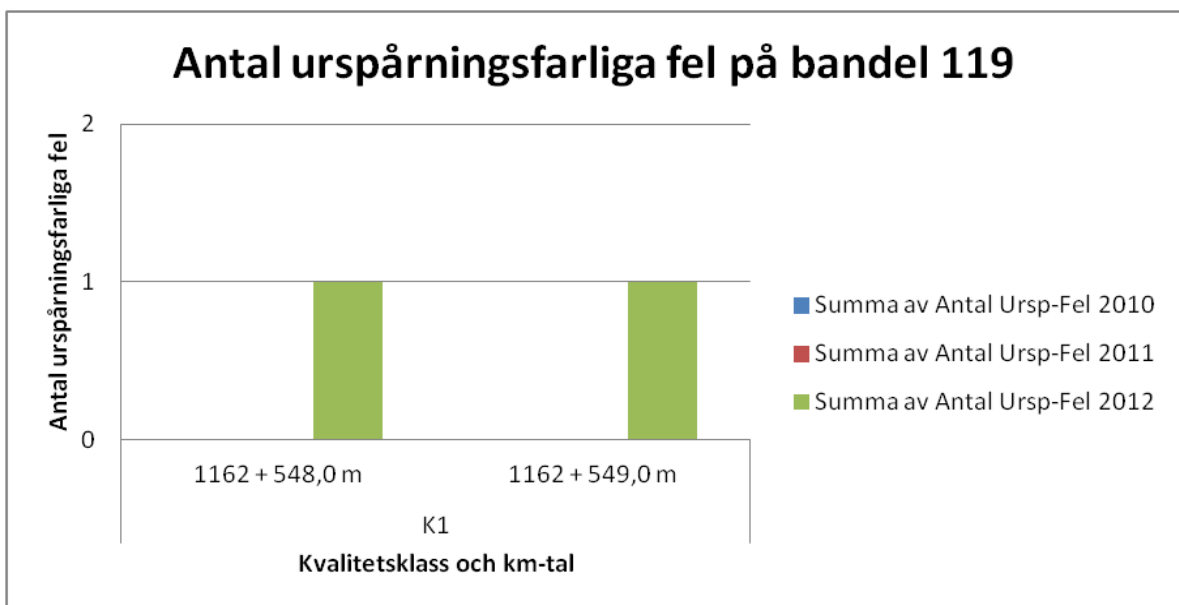
Figur 22: Antal urspårningsfarliga fel per spårklass och år längs bandel 118A.

Typ av urspårningsfarligt fel för bandel 118 samt det år då det registrerades återfinns i Figur 23 nedan.



**Figur 23: Antal och typ av urspårningsfarliga fel registrerade mellan år 2008-2013 på bandel 118.**

Det kan noteras att flest urspårningsfarliga fel har registrerats under 2011, för att sedan avta i antal, samt att den vanligaste typen av säkerhetsfarliga fel är skevning med 3 meters bas, följt av skevning med 6 meters bas och därefter felaktig spårvidd. För bandel 119 finns två registrerade urspårningsfarliga fel under den studerade perioden, båda under år 2012.



**Figur 24: Antal urspårningsfarliga fel per spårklass och år längs bandel 119.**

## 5.4 Sammanfattande resultat från intervjuer

För att få djupare förståelse för Malmbanan och de studerade bandelarna intervjuades Trafikverket som är infrastrukturägaren, Infranord som är

underhållsentreprenören på Malmbanans södra omlopp samt LKAB Malmtrafik AB som är ett av de järnvägsföretag som trafikerar Malmbanan.

Nedan följer de mest väsentliga frågorna med tillhörande svar och källa (organisation).

1. *Varför har antalet mätningar varierat så mycket under åren på bandelarna?*

Infranord menar att det varierande antalet mätningar kan bero både på att extra mätningar görs om en mätvagn går sönder eller på att mätningar ofta görs i samband med investeringsjobb, exempelvis växelbyten.

LKAB Malmtrafik påpekar att år 2010, vid uppgraderingen från IMV 80- till IMV 100-vagnar, hade IMV 100-vagnarna (mätvagnarna) stora problem vilket kan ha lett till bristfällig information.

2. *Flest C-fel har upptäckts under år 2011 på bandel 118A, var det något särskilt som hände då, förutom flest antal mätningar?*

Infranord menar att anläggningen generellt har blivit sämre. Både ökat tonnage och eventuella överlastar kan ha påverkat nedslitningen av spåret.

LKAB Malmtrafik håller med om att anläggningen har blivit sämre och säger att det har förekommit enstaka överlastar från deras sida.

3. *De flesta C-felen ligger på K1-sträckor för bandel 119 och K2-sträckor för bandel 118A. Hur kommer sig just den spårklassfördelningen? Finns det några geografiska eller geometriska orsaker till att vissa sträckor har fler fel?*

En geometrisk orsak kan vara att bandel 118A är en mer kurvig bana än bandel 119. Därmed finns fler K2-sträckor och den spårklassfördelningen, menar LKAB Malmtrafik. Trafikverket lyfter däremot upp att bandel 119 är en nyare bana och att det generellt råder högre hastigheter på bandelen. Infranord vet ej vad just den spårklassfördelningen kan bero på.



4. *Urspårningsfarliga fel är fler på 118A än på 119, dessutom är två fel återkommande på 118A. Varför finns fler urspårningsfarliga fel på 118A?*

Att urspårningsfarliga fel är fler på bandel 118A beror på att banan är både äldre och längre än bandel 119. Längden på bandelarna är 168 km (bandel 118A) respektive 35 km (bandel 119)<sup>19</sup>. Det kan även handla om en icke fungerande dränering, menar Trafikverket.

LKAB Malmtrafik lutar åt att underhållsinsatserna skiljer sig åt. Det kan handla om eftersatta spårriktningsinsatser eller icke renoverade växlar.

Infranord håller med LKAB Malmtrafik om att det kan handla om icke renoverade växlar, men tillägger även att underballasten inte fyller den funktionen den ska på bandel 118A, vilket kan leda till en försämrad bärighet. Andra tänkbara orsaker kan vara slitna räler och befästningar, menar Infranord.

5. *Hur hanteras A-, B- C- respektive urspårningsfarliga fel och varför?*

Både Trafikverket och Infranord gav svaret att A- och B-fel ej åtgärdas. Det är endast C-fel och urspårningsfarliga fel, utifrån C-felslistorna, som Infranord åker ut på, om inte Trafikverket specifikt beställer annat, menar både organisationerna.

Infranord tillägger att det är svårt att upprepa mätresultat uppnådda med mätvagn via manuell mätning. Det råder inte samma belastning på spåret vid en manuell mätning som en maskinell mätning och då syns inte spårlägesfelen.

Fråga fem ställdes ej till LKAB Malmtrafik.

6. *Satsar ni på att åtgärda en viss typ av spårlägesfel? Vilken typ och varför i så fall? Vilken prioritering av felen råder?*

Viktigast av C-felen att åtgärda är skevnings- och spårviddfel. Dessa betraktas som säkerhetsfarliga fel och skevningsfel kan även påverka kontaktledningen, menar Trafikverket.

Vad gäller Infranord så åtgärdas alla C-fel, oavsett feltyp, utifrån C-

---

<sup>19</sup> [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se), sökord: BVS 810.10

felslistorna.

Fråga sex ställdes ej till LKAB Malmtrafik.

7. *Hur god är positioneringen av fel mellan upprepande mätningar med mätvagn?*

Både Trafikverket och Infranord är överens om att positioneringen inte är särskild exakt.

Fråga sju ställdes ej till LKAB Malmtrafik.

8. *Hur använder ni resultaten från mätning med mätvagn?*

Trafikverket använder resultaten från mätningen med mätvagn för att bestämma Q-talen. Det i sin tur reglerar kontraktet.

Infranord använder mätningen med mätvagn för att åtgärda C-felen på den genererade C-felslitan.

LKAB Malmtrafik får ej ta del av resultaten från mätning med mätvagn.

9. *Påverkar tågvikten uppkomsten av spårlägesfel?*

Ja, det gör det, menar Trafikverket. Även antal tåg, hastighet samt eventuella överlastar kopplat till utfört/beställt underhåll, tillägger Infranord.

Fråga 9 ställdes ej till LKAB Malmtrafik.

10. *Vad gör ni idag för att förhindra att nuvarande C-fel blir urspårningsfarliga fel?*

Trafikverket satsar på spårriktningsinsatser.

Infranord tillägger att de, utöver Trafikverkets beställda spårriktningsinsatser, också byter isolatorer och räls.

LKAB Malmtrafik vidtar också en rad åtgärder för att minimera slitaget på spåret, såsom underhåll av rullande material, investering av nya vagnar med bättre gångegenskaper och investering i en mätstation för hjulprofiler tillsammans med Trafikverket i Sunderbyn. LKAB Malmtrafik tillägger att de åtgärder som de tror på för att ha så god

standard som möjligt på banan är förutbestämd underhållsspårriktning med profilering och ballastkomplettering, rensade diken och trummor samt kontinuerlig mätning av spårets kvalitet.

*11. Uppstår vissa fel vid passage av malmtåg som ej går att upptäcka med mätvagn?*

Både Infranord och Trafikverket är överens om att det troligtvis kan röra sig om fel som har med sättningar att göra, då malmtågen väger betydligt mer än mätvagnen. Sättningsproblematiken kan bero på att underballast smulas sönder samt spolans ur bankroppen. Det kan också vara fel vid hårda övergångar, till exempel på en sträcka som övergår från en mjuk banvall till en hård broyta. Även en underhållsåtgärd, som spårriktning, kan bidra till ett på sikt dåligt spårläge då både ballast och sliprar slås sönder. Infranord tillägger att rälsbrott och fel i korsningsspets är svårare att upptäcka med mätvagn.

*12. Vilka merkostnader eller effekter uppstår för LKAB vid en urspårning?*

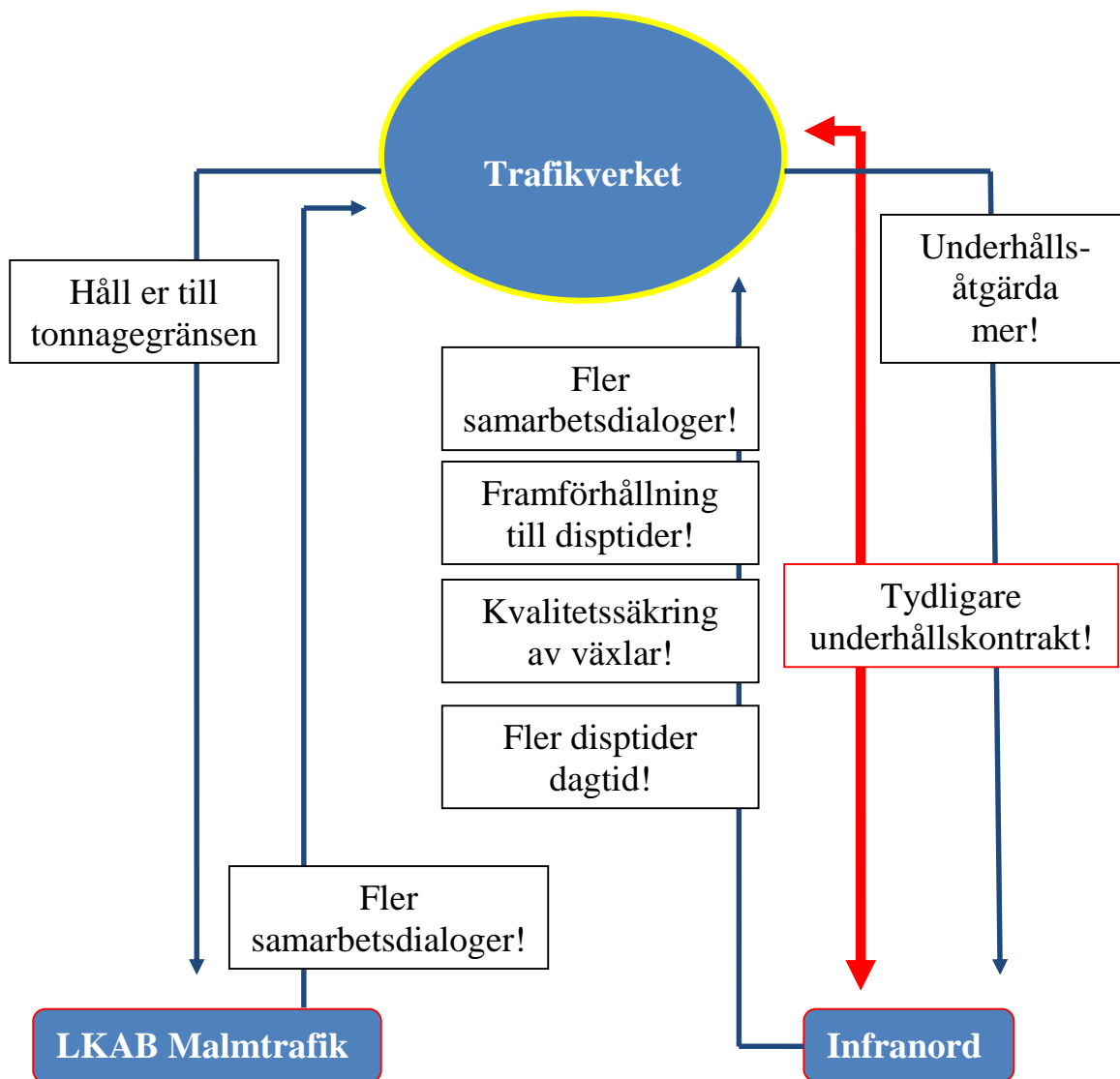
- Leveransbortfall och därigenom intäktsbortfall som i snitt är 7 miljoner kronor per tåg.
- Bärningskostnader av vagnar inklusive spill.
- Reparation av vagnar och eventuella lok.
- Om störningen är långvarig (mer än en vecka) kan det påverka LKAB:s kunder (merkostnader pga. stopp i masugn) och i värsta fall överger kunden LKAB som leverantör.

*13. Om ni hade kunnat be om något extra (samarbete) från respektive organisation för att underlätta arbetet mot en bättre standard på bandelarna, vad skulle det kunna vara?*

Gemensamt för LKAB Malmtrafik och Infranord är att de båda ber om fler samarbetsdialoger med Trafikverket med fokus på anläggningens behov. På de nuvarande byggmötena som Infranord har med Trafikverket läggs fokus mest på kontaktens utformning, vilket också är ett önskemål från båda hållen att försöka förbättra och förtydliga då det för tillfället råder tvister inom kontraktsfrågor mellan Infranord och Trafikverket.

Vad gäller Trafikverkets önskemål om samarbete så ber Trafikverket Infranord att underhållsåtgärda mer och LKAB Malmtrafik att hålla sig till tonnagegränsen. De flesta önskemålen kom från Infranord till Trafikverket och dessa är:

- Fler sammanhängande ”disptider” under dagtid för att kunna följa det som står i föreskrifterna istället för att behöva utföra arbetena nattetid.
- Trafikverket bör i samarbete med växeltillverkarna kolla noggrannare på de levererade växeltyperna. Det kan vara en växel som är ämnad för annan typ av trafik och då slits växeln mycket snabbare.
- Längre framförhållning till att veta vilka ”disptider” som Infranord har till sitt förfogande.



Figur 25: Sammanfattning av önskemål från och till respektive part.

## 6 Diskussion och slutsatser

*I detta kapitel diskuteras de slutsatser som kan dras utifrån det genomförda arbetet. Även förslag på åtgärder för förbättrad hantering av säkerhetsfarliga fel och fortsatt arbete beskrivs.*

### 6.1 Orsaker och åtgärder relaterade till spårlägesfel

För bandel 118 och 119 på Malmbanan minskade antalet C-fel under tidsperioden 2011-2013. På nationell nivå var det dock en tydlig ökning av antalet C-fel för alla bantyper, även för bantyp 2 (större stråk, av vilka Malmbanan är ett) för tidsperioden 2009-2012.

Utvecklingen av C-fel på de studerade delarna av Malmbanan var således positiv jämfört med övriga delar av Sveriges järnvägsnät. Detta trots att Malmbanan är det stråk som har den i särklass tyngsta trafiken i Sverige. Detta kan bero på det genomförda underhållet, trafikeringen, en kombination av de två föregående eller fler faktorer. Det kan dock noteras att fördelningen för axellasterna avseende 30-tons malmvagnar på södra omloppet på Malmbanan har förskjutits mot lägre värden under tidsperioden 2011-2013. Efter 2012 avslutades även trafikeringen med 25-tons malmvagnar, vilket gör att fördelningen relaterat till dessa vagnar helt har försvunnit under 2013. Båda dessa förändringar har bidragit till en minskande belastning på de två bandelarna, vilket i sin tur kan ha bidragit till den positiva utvecklingen avseende C-fel.

Feldiagnostik innebär att fel ska kunna identifieras, lokaliseras och orsaksbestämmas. En god testbarhet önskas, d.v.s. att risken med upptäckta fel balanseras mot risken för falska larm, samtidigt som risken för felaktig lokalisering av fel minimeras. Då flera test- och övervakningsnivåer ska samordnas är det viktigt att beakta testbarheten för att undvika händelser som ”inget fel funnet”.

#### 6.1.1 Mätning och belastning

Att mäta i samma belastning som aktuell trafik är en viktig faktor för att upptäcka så många fel som möjligt. Malmtågen kör med mycket tyngre axellast jämfört med mätvagnen vilket gör att spårlägesfel som ligger på särskilt utsatta partier, exempelvis växlar, inte blir upptäckta med mätning via mätvagn. Av den anledningen hinner därför spårlägesfelen att utvecklas till C-fel innan de upptäcks.

En annan problematik kan också vara att underhållspersonal inte hittar spårlägesfel som identifierats via mätvagn när de är ute på banan därför att spåret måste belastas för att felet ska vara synligt.

För att upptäcka samtliga C-fel och urspårningsfarliga fel måste mätvagnen mäta med samma belastning som aktuell trafik. Det gäller egentligen att kunna mäta under så lika förhållanden som möjligt som aktuell trafik avseende axellast, hastighet, etcetera. Så länge spårlägesmätningen inte är helt tillförlitlig innebär det att många C-fel inte upptäcks och senare kan utvecklas till urspårningsfarliga fel med kostsamma konsekvenser.

### 6.1.2 Identifiering och märkning av fel

Att hitta ett noggrant sätt för att identifiera platserna för upptäckta spårlägesfel med mätvagn bör vara en prioriterad fråga för både Trafikverket och Infranord. Tidigare förekom automatisk färgmarkering av de sträckor där spårlägesfel upptäcktes med mätvagn, vilket underlättade senare lokalisering. Detta har dock upphört därför att mätvagnarna kör i högre hastigheter och mättekniken skiljer sig åt från de gamla mätvagnarna. Tidigare mättes spårlägesfelen med hjälp av ett mekaniskt system, men idag mäter vagnarna med ett tröghetssystem som tar längre tid att visa mätutslagen och det leder till att mätvagnen hinner åka långt förbi felet innan någon automatisk färgmarkering kan ske<sup>20</sup>.

### 6.1.3 Positionering

En annan brist i spårlägesmätningen är positioneringen. Det har även lett till en möjlig felkälla i detta arbete eftersom det bidrar till svårigheten att spåra enskilda C-fel för att undersöka om det är desamma som har återkommit vid ett senare tillfälle. På grund av det blir en jämförande analys av C-felen från år till år för att hitta de mest drabbade sträckorna svårare.

I detta arbete har det antagits att samma fel har återkommit om det ligger inom 50 meter från det ursprungliga C-felets plats, vilket inte behöver stämma i samtliga fall. Platsen är inte heller exakt för varje uppmätt spårlägesfel med mätvagn på grund av en bristfällig positionering. I en C-felslista kan det stå att ett fel ligger på km-tal 1150 km + 500 m, men i verklighet ändå stå 50 meter bort. Det är svårt att identifiera C-felen. Att mäta geodetiskt borde tillämpas i större utsträckning.

---

<sup>20</sup> Intervju, Infranord (Hedgårds, 2013)

#### 6.1.4 Testbarhet, antal mätningar och samverkan mellan system

Skillnader och likheter mellan de två studerade bandelarna kan avslöja en del orsaker till spårlägesfel. En skillnad mellan bandelarna är att det finns fler urspårningsfarliga fel per spårmeter på bandel 118A än på 119. En bidragande orsak till detta kan vara att fler mätningar genomförts på bandel 119, vilket skulle kunna bidra till att C-fel hinner upptäckas och åtgärdas innan de utvecklas till att bli säkerhetsfarliga. För bandel 118 registrerades flest urspårningsfarliga fel under 2011, varefter det ser ut att vara en nedåtgående trend.

Det är också högst anmärkningsvärt att det verkar förekomma urspårningsfarliga fel som är återkommande. Detta kan bero på testbarhetsbrister beskrivna ovan vad gäller olika typer av mätning, men även bristfällig koordinering mellan olika stödsystem och verktyg för registrering och lagring av både mätdata och åtgärder, som t.ex. Optram, Bessy och C-felslistor. Från och med 1:a januari år 2014 kommer alla C-fel och urspårningsfarliga fel att registreras i besiktningsystemet Bessy. Underhållsentreprenören kommer att kunna säkerställa att åtgärden av ett spårlägesfel är utförd och registrerar det som avslutat. Det nya arbetssättet sparar en hel del, i nuläget, manuell hantering och kommer förhoppningsvis att ge en bättre uppföljning på samtliga större spårlägesfel<sup>21</sup>.

Avseende C-fel så är det gemensamt för bandelarna att höjdfel dominerar över åren, vilket normalt inte utvecklas till ett säkerhetsfarligt fel. Det förekommer fler C-fel per spårmeter på bandel 119 jämfört med 118. Dock har bandel 119 även fler genomförda mätningar, vilket borde öka sannolikheten att upptäcka fel. Dessutom har bandel 119 högre kvalitetsklasser, vilket ger striktare krav (vilket även gäller för säkerhetsfarliga fel). Det kan även noteras att flertalet C-fel och återkommande C-fel ligger på sträckor med den högre kvalitetsklassen inom båda bandelarna (K1 på bandel 119 och K2 på bandel 118A), vilka har striktare krav.

#### 6.1.4. Banans utformning och underbyggnadens status

Vid en studie av infrastrukturens egenskaper på de delarna på bandel 118 som är mest frekvent drabbade av C-fel, ses att sju av de tio mest drabbade sträckorna ligger i närheten av, eller på, en övergångskurva. Bland de sju

---

<sup>21</sup> [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se), sökord: C-felslistor

sträckorna finns en växel och två skarvar. Av de resterande tre mest drabbade sträckorna ligger en i närheten av, eller på en växel, medan det för övriga två inte gick att identifiera eventuella orsaker.

För bandel 119 så är ingen av de sträckor som är mest frekvent drabbade av C-fel belägna i en övergångskurva, vilket kan bero på att det är väldigt få kurvor på bandel 119 jämfört med bandel 118. Sju av tio sträckor på bandel 119 ligger i närheten av, eller på, en växel. Två av tio sträckor ligger i närheten av, eller på, en skarv och plankorsning. Utifrån ovanstående kan det ses att om banans utformning beaktas så bidrar följande saker till C-fel:

- Övergångskurva.
- Växel.
- Skarv.
- Plankorsning.

Detta beror antagligen till stor del på grund av förändringar i styvheten. På samma sätt kan de frekvent drabbade sträckorna där ingen orsak kunnat identifierats via data i BIS troligtvis härledas till bristfällig underbyggnad (t.ex. risbäddar på bandel 118) och dränering. En fungerande dränering är viktig, bl.a. eftersom temperaturen kan vara kring -40 grader under vintern där Malmbanan ligger och det är viktigt att inget vatten finns kvar i bankroppen när kylan kommer. Vattnet riskerar annars att frysa och uppta mer volym i bankroppen vilket gör att spårläget ändras.

En annan möjlighet kan vara att använda *Under Sliper Pads* (USP)<sup>22</sup>. Nyttan med under slipers mattor är att dessa vibrationsisolerar och därmed inte bryter ned ballasten på samma sätt som en slipers utan matta gör.

#### 6.1.5. Materialets kvalitet och användning

Ytterligare en åtgärd är att kontrollera att materialleverantörerna levererar rätt sorts material ämnade för just den tunga trafiken. Kontrollerna ska ske i samråd med Trafikverket innan det nya materialet installeras i anläggningen.

Det kan också vara effektivt att följa upp de nyinstallerade materialens nedbrytning för att stämma av om rätt material är installerat. Detta gäller växlar, sliprar, befästningar, etcetera.

---

<sup>22</sup> Intervju, Trafikverket (Nissen, 2013)



### 6.1.6. Felavhjälpningsstrategi och kontraktutformning

På de studerade bandelarna tillämpas ett avhjälpande underhåll baserat på så kallade C-felslistor. Dock anger kvalitetsnormen för spårläge att B-fel ska användas för att genomföra förebyggande underhåll, innan dess att gränsen för B-fel uppnåtts. Genom att agera utifrån C-fel ökar risken för störningar av trafiken genom hastighetsnedsättningar, uppkomsten av säkerhetsfarliga fel som kan leda till hastighetsnedsättningar med utökad övervakning innan varje enskild tågpassage eller trafikstopp, samt åtgärdande av fel under tid som var planerat för trafik. Dessutom är det troligt att spårets nedbrytning accelereras, vilket kräver mer frekvent underhåll samtidigt som spårets livslängd förkortas. Att basera det förebyggande underhållet på K- och Q-tal är ej tillräckligt utifrån detta perspektiv.

En identifierad orsak är således ett otydligt utformat drift- och underhållskontrakt. I kontraktet har Trafikverket upphandlat en funktion som entreprenören är ansvarig för att leverera. Det vill säga att Trafikverket inte får ställa krav på hur utförandet av underhållet ska ske. Denna form av upphandling kallas för funktionsupphandling och i en sådan upphandling är det viktigt att formulera funktionskraven tydligt, vilket inte har gjorts i underhållskontraktet för Malmbanan. Då uppstår frågetecken kring vad underhållsentreprenören är ansvarig för att utföra och vad underhållsentreprenören får betalt för. Ett annat exempel är att det finns underhåll som entreprenören ska utföra i form av säkerhetsbesiktningar och förutbestämt underhåll, vilket gör att det inte är ett renodlat funktionskontrakt, vilket i sin tur försvårar tydliga ansvarsgränser.

En annan kontraktrelaterad orsak är uppföljning av spårlägesfel utifrån enbart C-felslistor. När spårlägesfel upptäcks med mätvagn förs dessa in i analysverktyget Optram. Typ av spårlägesfel och plats där felet finns går senare att exportera till en C-felslista som underhållsentreprenören har till hjälp för att först identifiera felen på plats och därefter åtgärda felet. I de listorna framgår inte vilka ”sista åtgärdsdatum” som gäller för att korrigera de olika C-felen. Det går inte heller att notera vilka C-fel som har blivit åtgärdade och vilka som står kvar i listan. Det enda sättet som finns för att kontrollera om C-fel är åtgärdade är att notera om samma fel framkommer vid nästa spårlägesmätning.

Satsning på enbart C-fel (och inte B-fel) är inte en förebyggande underhållsstrategi. I dagsläget åtgärdas enbart C-fel och urspårningsfarliga fel som mest troligt har varit B-fel tidigare. Att vänta tills ett spårlägesfel blir så stort att omedelbara åtgärder måste vidtas är en avhjälpande strategi som oftast kräver större och mer kostsamma underhållsinsatser som dessutom får större

konsekvenser på trafiken. En åtgärd för att förbättra underhållskontrakten kan vara en samtalsdialog mellan beställare och entreprenör om hur kontraktet ska se ut. Till exempel så borde det även arbetas med B-fel för att inte vänta tills anläggningen har nått en stor nedbrytning. Nyttan är att banan ”lever” längre på grund av en förebyggande underhållsstrategi istället för en kostsam avhjälpande strategi.

Det är möjligt att behålla funktionsupphandling, men det är nödvändigt att kvantifiera funktionen samt ställa krav på hur informationen om t.ex. åtgärder registreras på rätt sätt och tillhandahålls till Trafikverket för att möjliggöra analys och uppföljning samt fastställande av effektsamband.

### 6.1.7 Överlast

Det förekommer överlast, vilket kan påverka spår läget negativt. Det finns dock inga studier som visar hur överlast påverkar spår läget och därför bör järnvägsföretag utgå ifrån att undvika överlast överhuvudtaget tills konsekvenserna av överlast blir tydligt dokumenterade. Det borde även vara förmånligt för LKAB Malmtrafik att hålla sig till tonnagegränsen för att få så lite spridning som möjligt vad gäller last på enskilda vagnar och därmed få ett så litet slitage som möjligt på hjulen och samtidigt få med så mycket last som möjligt med varje tåg. LKAB Malmtrafik tjänar också på att kontrollera och underhålla sina fordon. Detta gäller primärt hjulen som har kontakt med rälen eftersom detta påverkas mest av de tunga malmtågen. En dålig hjulprofil kan påverka spårvidden genom att ändra rälsprofilen och orunda hjul ökar slitage samt risken för skador på rälen.

### 6.1.8. Tillgång till disptider

I intervjun med Infranord kom det upp flera önskemål om extra samarbeten med Trafikverket, bland annat längre framförhållning till att veta vilka disptider Infranord har till sitt förfogande samt att disptiderna ska vara fler under dagtid (se kapitel 5.4). Efter kontakt med Trafikverket visade det sig att det är svårt att avsätta fler disptider under dagtid på grund av den täta trafiken. På grund av den täta trafiken under dagtid föreläggs de mesta av disptiderna under kvälls- eller nattetid. Vad gäller längre framförhållning till att veta vilka disptider Infranord har till sitt förfogande menar Trafikverket att Infranord behöver anmäla de tiderna de behöver två veckor i förväg för att Trafikverket ska ha en möjlighet att eventuellt ordna dem. Oftast kommer tidsförslagen in

med kort varsel från underhållsentreprenören och då är det svårt att avsätta de disptiderna, menar Trafikverket<sup>23</sup>.

## 6.2 Fortsatt arbete

I detta arbete har ett antal intressanta uppslag för fortsatt arbete identifierats, men som antingen legat utanför de avgränsningar som har tillämpats, eller som inte har kunnat omhändertas på grund av resursbegränsningar, framförallt avseende tid. De primära förslagen på fortsatt arbete är enligt följande:

- Utveckling av en tydlig mall för framtida drift- och underhållskontrakt som kan användas för upphandling och uppföljning.

Nytan med att utveckla en tydlig mall är att både Trafikverket och underhållsentreprenören kan ägna mer tid på själva anläggningen och dess behov istället för att fokusera på de oenigheter som uppstår som följd av ett otydligt kontrakt. En svårighet med denna punkt är dock att hitta kvalitetsparametrar som reflekterar anläggningens tillstånd och som är objektivt mätbara. Detta kräver även kunskap om effektsamband mellan anläggningens tillstånd och påverkande faktorer för att kunna följa kedjan tillstånd-åtgärd-effekt. Ytterligare en utmaning i utformningen av dessa kvalitetsparametrar är möjligheten att samordna entreprenadkontraktens korta tidsperspektiv med anläggningens ofta betydligt längre livslängd.

- Samordna olika metoder för test- och övervakning av spårläget för att undvika testbarhetsproblem manifesterade genom händelser som upptäckta fel, falska larm och inget fel funnet.

Detta gäller generellt samordning mellan obelastad (manuell) mätning och belastad mätning med mätvagn, där den förra metoden ibland inte kan upprepa testresultaten från den senare metoden. Detta kräver en uppföljning av tillämpningen av regelverket samt troligtvis en utveckling och anpassning. På Malmbanan uppstår dock troligtvis samma problem på grund av att mätvagnen inte kan upptäcka spårlägesfel som uppstår när malmtågen trafikerar spåret. Ett sätt att hantera situationen på Malmbanan kan vara att instrumentera malmtågen med sensorer som redan finns idag och som möjliggör en övervakning av anläggningen via reguljär trafik i slutna omlopp. Detta kräver dock en utveckling av både tekniken och regelverket.

---

<sup>23</sup> Intervju, Trafikverket (Söder Sörling, 2013)

- Närmare studie av underhållsåtgärderna på bandelarna för att identifiera effektiva och ändamålsenliga underhållsåtgärder.

Denna studie skulle fokusera på att klarlägga effektsamband mellan tillstånd-åtgärd-effekt. En möjlighet att uppnå detta skulle kunna vara att studera existerande data, men här är en utmaning att kunna samordna data och information som finns hos olika aktörer, t.ex. Trafikverket och entreprenören. Om det finns möjlighet att samordna data från olika källor skulle ett effektivt angreppssätt vara att utföra strukturerade experiment baserade på statistisk försöksplanering. Detta kräver dock att drift- och underhållskontrakten möjliggör genomförandet av en experimentell studie. Idag finns det informations- och kommunikationsteknik för att möjliggöra samordningen, men det måste även finnas incitament för detta genom t.ex. utökad samverkan.

- Klarläggande av överlasters påverkan i spår då det inte har framkommit dokumentstudier som förklarar vilken påverkan en överlast har på ett spårläges nedbrytning.

Sambandet mellan axellast och ett spårläges nedbrytning kan vara linjärt, men det kan också vara så att enstaka överlaster har en betydligt större påverkan än de övriga lasterna, exempelvis i känsliga växelpartier. Den största tillåtna axellasten på Malmbanan är 30 ton, vilket har överskridits med enstaka vagnar. Om det kollas närmare på den studerade tidsperioden så har antalet C-fel minskat, samtidigt som axellasterna har minskat något, så det verkar finnas en viss samvariation, men en djupare analys av detta krävs. För att bestämma vad som är A-, B- eller C-fel utgår mätvagnen idag från de tillämpade kvalitetsnormerna som finns i kapitel 3. Malmbanan är tungt belastad och det hade varit intressant att undersöka om det gick att utforma banspecifika kvalitetsnormer med tanke på att flera faktorer skiljer sig åt mellan Malmbanan och andra banor. Genom att utforma banspecifika kvalitetsnormer skulle alltså hänsyn tas till geografisk placering, klimat i området, etc. På så sätt skulle det kunna fås larm tidigare om var spårlägesfel kan utvecklas till säkerhetsfarligt fel i värsta fall.

- Utveckling av positioneringen av mätresultat erhållna från mätvagn för att kunna lokalisera fel och brister från enskilda mätningar (förbättrad feldiagnostik och testbarhet), samt
- studera trender i spårläget genom att koordinera flera mätningar (möjlighet till prognostik).

Det finns idag teknik för att kunna få en GPS-positionering med en noggrannhet på upp till 2,5 centimeter. En relaterad aktivitet skulle vara att

fastställa Malmbanans absoluta läge (geodetiskt) samt även spårets neutraltemperatur. Dessutom finns det möjligheter att använda funktionalitet i Optram som inte görs idag, vilket skulle kunna förbättra analyserna och bidra till ett förbättrat förebyggande underhåll. Detta kräver bland annat att användbarheten av Optram förbättras och att uttag av data och information via standardiserade funktioner kvalitetssäkras för att stimulera användningen av mätdata för underhållsbeslut.

## 7 Referenser

BVF 587.02 "Spårlägeskontroll och kvalitetsnormer - Central mätvagn SRIX". Fd Banverket.

Brassard, M. *Minnestrimmaren 6 Sigma (en bok)*

Hedgårds, M. (den 25 November 2013). (M. Taha, Intervjuare)

Khouy, I. A. (2013). *Cost-Effective Maintenance of Railway Track Geometry*. Luleå.

Li, M. (den 22 11 2013). (M. Taha, Intervjuare)

Nissen, A. (den 15 Oktober 2013). Hantering av säkerhetsfarliga fel. (M. Taha, Intervjuare)

Nordmark, T., & Gustafsson, P. (den 16 10 2013). (M. Taha, Intervjuare)

Söder Sörling, J. (den 14 November 2013). Hantering av säkerhetsfarliga spårlägesfel. (M. Taha, Intervjuare)

Trafikverket. (u.d.). Hämtat från [http://www.trafikverket.se/PageFiles/136165/banoverbyggnad\\_sparlage\\_krav\\_bygg\\_o\\_underhall.pdf](http://www.trafikverket.se/PageFiles/136165/banoverbyggnad_sparlage_krav_bygg_o_underhall.pdf)

*Trafikverket*. (u.d.). Hämtat från <http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Jarnvag/System-verktyg-och-tjanster-for-jarnvagsjobb/BIS---Baninformation/>

*Trafikverket*. (u.d.). Hämtat från [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se): <http://intranat.trafikverket.local/Aktuellt/Nyhetsarkiv/Nyheter---Aktuella/Nyheter/2013-Oktober/Underhall/Registreringen-av-stora-sparlagesfel-i-Bessy/>

*Trafikverket*. (u.d.). Hämtat från [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se): [http://ida8iext.banverket.se/bvdok\\_extern/ViewPdfDoc.aspx?docGUID=fa076142-5d12-4f2b-9679-636d42af4c47](http://ida8iext.banverket.se/bvdok_extern/ViewPdfDoc.aspx?docGUID=fa076142-5d12-4f2b-9679-636d42af4c47)

*Trafikverket*. (u.d.). Hämtat från [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se): [http://www.trafikverket.se/PageFiles/14187/trafikverket\\_organisation\\_131018.jpg](http://www.trafikverket.se/PageFiles/14187/trafikverket_organisation_131018.jpg)

Trafikverket. (u.d.). *www.trafikverket.se*. Hämtat från [http://www.trafikverket.se/PageFiles/136165/banoverbyggnad\\_sparlage\\_krav\\_bygg\\_o\\_underhall.pdf](http://www.trafikverket.se/PageFiles/136165/banoverbyggnad_sparlage_krav_bygg_o_underhall.pdf)

*Vr-track*. (u.d.). Hämtat från [www.vrtrack.se](http://www.vrtrack.se):  
<http://www.vrtrack.se/malmbanan>

*www.infranord.se*. (u.d.). Hämtat från Infranord:  
<http://www.infranord.se/Pressrum/Pressmeddelanden/2012/Oktober/Infranord-vinner-strategiskt-viktigt-kontrakt-i-Norra-Norrland2/>

*www.lkab.se*. (u.d.). Hämtat från <http://www.lkab.com/sv/om-oss/Historia/>

*www.ne.se*. (u.d.). Hämtat från <http://www.ne.se/lang/malmbanan>

*www.ne.se*. (u.d.). Hämtat från <http://www.ne.se/lang/shinkansen>

*www.notisum.se*. (u.d.). Hämtat från  
<http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20040519.HTM>

*www.trafikverket.se*. (u.d.). Hämtat från  
<http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Jarnvag/System-verktyg-och-tjanster-for-jarnvagsjobb/Optram/>

*www.trafikverket.se*. (u.d.). Hämtat från  
[http://www.trafikverket.se/PageFiles/10197/optram\\_presentation\\_121018\\_ny.pdf](http://www.trafikverket.se/PageFiles/10197/optram_presentation_121018_ny.pdf)

*www.trafikverket.se*. (u.d.). Hämtat från  
<http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Jarnvag/System-verktyg-och-tjanster-for-jarnvagsjobb/BIS---Baninformation/>

*www.trafikverket.se*. (u.d.). Hämtat från Trafikverket:  
[http://www.trafikverket.se/PageFiles/14187/trafikverket\\_organisation\\_131018.jpg](http://www.trafikverket.se/PageFiles/14187/trafikverket_organisation_131018.jpg)

*www.trafikverket.se*. (u.d.). Hämtat från Trafikverket:  
<http://intranat.trafikverket.local/Aktuellt/Nyhetsarkiv/Nyheter---Aktuella/Nyheter/2013-Oktober/Underhall/Registreringen-av-stora-sparlagesfel-i-Bessy/>

*www.trafikverket.se*. (u.d.). Hämtat från Trafikverket:  
<http://publikationswebbutik.vv.se/shopping/ShowItem.aspx?id=5986>

*www.trafikverket.se*. (u.d.). Hämtat från Trafikverket:  
<http://www.trafikverket.se/Foretag/Planera-och-utreda/Planer-och-beslutsunderlag/Verksamhetsplanering-pa-tre-ars-sikt/Strategisk-inriktning/>

*www.trafikverket.se*. (u.d.). Hämtat från Trafikverket:  
<http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Jarnvag/System-verktyg-och-tjanster-for-jarnvagsjobb/Periodisk-matning/Spar-och-kontaktledningsmatningar/>

*www.trafikverket.se*. (u.d.). Hämtat från Trafikverket:  
<http://www.trafikverket.se/Privat/Vagar-och-jarnvagar/Sveriges-jarnvagsnat/Malmbanan/>

*www.vrtrack.se*. (u.d.). Hämtat från Vr-track:  
<http://www.vrtrack.se/malmbanan>