

RAPPORT

Kontaktlednings- åtgärder, järnväg

Effektsamband mellan kontaktledningsfel och
reinvesteringar samt mellan kontaktledningsfel och
ankomstförseningar



Trafikverket

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

Konfidentialitetsnivå: 1 Ej känslig

Dokumenttitel: Effektsamband kontaktledningsåtgärder

Innehåll

Kontaktlednings-åtgärder, järnväg.....	1
Innehåll.....	3
1 Förändring av kontaktledningsfel	4
2 Reinvestering av kontaktledning.....	5
Inledning	5
Resultat.....	6
Beräkningsexempel.....	7
Vidare bearbetning.....	8
Kvalitetsbedömning av effektsambandet	8
Referenser	8
3 Elasticiteter för kontaktledningsfel med avseende på ankomstförseningar	10
Inledning	10
Elasticiteternas ursprung.....	10
Användningsområde för elasticiteterna	11
Beräkningsexempel.....	12
Kvalitetsbedömning av effektsambandet	13
Referenser	13

1 Förändring av kontaktledningsfel

Kontaktledningsfel är en typ av problem i järnvägssystemet som ger upphov till en stor del av de tågtrafikstörningar som beror på infrastruktur. Till exempel stod kontaktledningsfelen för 19,2 procent av infrastrukturrelaterade merförseningsminuter under perioden 2013-2016, och cirka 6 procent av de totala merförseningarna orsakades av kontaktledningsfel.

Kontaktledningsfel definieras som fel på anläggningar av typen kontaktledning enligt rubriknivå 2 under rubriken Elanläggningar på rubriknivå 1 i Trafikverkets standard BVS 811. Denna definition används för kontaktledningsfel i Trafikverkets merförseningsstatistik, de går dessutom att identifiera i det så kallade *Ofelia-registret*.

2 Reinvestering av kontaktledning

Inledning

Ett sätt minska kontaktledningsfel är att reinvestera. Detta effektsamband beskriver förväntade felhändelser baserat på haverisannolikhet för kontaktledning som funktion av anläggningens ålder och trafik. Effektsambandet ska användas som stöd vid utredning om reinvestering av kontaktledning. Effektsambandet kan integreras med Fel- och Förseningsmodellen (FF-modellen) för att skapa en obruten effektsambandskedja från en reinvesteringsåtgärd till samhällsekonomisk konsekvens där t.ex. försening kan värderas.

Vidare vet vi att åtgärden reinvestering av kontaktledningsanläggning också skapar andra nyttor som inte skattas med detta effektsamband eller med Fel- och förseningsmodellen. Exempel på sådana nyttor är att åtgärden:

- Minskar risken för inställda tåg
- Minskar kostnader för felavhjälpning (resurser entreprenör samt material)
- Minskar risken för behov av att evakuera tåg och minskar extrakostnader för trafikutövare (ersättningsbussar m.m.)
- Minskar risken för att snabbt behöva ta resurser från planerat underhållsarbete
- Minskar kostnader i framtida underhållskontrakt på grund av att bemanning måste anpassas efter risken för fel (bemanning i alla kontrakt då vi inte vet var felen inträffar)
- Minskar administrativt arbete p.g.a. plötsliga fel, t.ex. återrapportering, fakturahantering, omlopp fordon, skiftbyten, omplanering av personal, m.m.
- Förbättrar elsäkerheten

Indata till effektsambandet kommer bl.a. från systemen Lupp (BASUN), Ofelia och BIS. Varje observation utgörs av en kontaktledningsfelhändelse och består av information från tre databaser: Ofelia, Lupp och BIS.

Antalet observationer uppgår totalt till 9 211. När observationer har matchats mellan olika datasystem, som uppfyller bortfallskriterier, erhålls totalt 2 113 observationer för kontaktledningsfel som har använts i estimeringen. Den beroende variabeln definieras som felhändelser per bandel.

Felhändelser har skattats utifrån Trafikverkets interna infrastruktur, t.ex. trasig bärlina och bärtråd som lossnat.

Resultat

Sambandet är följande:

$$\begin{aligned}\ln(\text{Felhändelse}) = & -6,94 + (-0,61) \times \text{Bantyp3} + (-1,18) \times \text{Bantyp4} \\ & + 0,39 \times \ln(\text{antal växlar}) + \\ & + 1 \times \ln(\text{Längd}) + 0,2 \times \ln(\text{Antal tåg}) + 0,65 \times \ln(\text{Maxålder})\end{aligned}$$

Effektsambandet är en log-log-modell, vilket har fördelen att det blir enklare att använda koefficienterna som elasticiteter i en beräkning. Exempel: Parametern för $\ln(\text{Antal tåg})$ är lika med 0,20. Detta kan tolkas som att när tågtrafiken ökar med 10 % så ökar antal felhändelserna för kontaktledningen med 2 %.

Med längd avses i detta fall summan av kontaktledningens löpmeter på respektive bandel, uppgiften hämtas från BIS. Vidare visar sambandet att kontaktledningslängdens elasticitet är 1 vilket innebär att om man ökar längden med 50 % så ökar antalet felhändelser med 50 %.

Uppgifter om planerade tåg kommer från Trafikverkets offentliga beräkningsark för konsumerad kapacitet. I sambandet används summan av alla tåg per dygn och alla linjeindelningar på respektive bandel. Om trafiken förändras mycket kan det finnas behov att göra en ny skattning av modellen, eftersom elasticiteter främst är användbara för små förändringar.

Indelningen av bantyper baseras på BIS där;

Bantyp 1	Banor i storstadsområden
Bantyp 2	Banor som bildar större sammanhängande stråk
Bantyp 3	Banor med omfattande godstransporter och resandetrafik
Bantyp 4	Banor för dagliga resor och arbetspendling
Bantyp 5	Övriga för näringslivet viktiga banor
Bantyp 6	Banor med ringa eller ingen trafik

I sambandet syns att Bantyp 3 och Bantyp 4 har påverkan på så sätt att det bidrar till mindre felhändelser än Bantyp 1 och Bantyp 2. Bantyp 5 och Bantyp 6 ingår inte i sambandet på grund av för få observationer och kan därmed inte analyseras.

Antal växlar kan dels vara en indikator för infrastrukturens komplexitet, dels en indikator för stationsområden där det finns mest fel (80% enligt Ofelia). Det innebär att stationsområden är en gemensam faktor både för antal växlar och högre felfrekvenser, därför visar modellen att ett högre antal växlar är korrelerat med högre felrisk.

Kontaktledningens maxålder på bandelen påverkar också antal felhändelser på så sätt att ju äldre kontaktledningen desto fler felhändelser.

Beräkningsexempel

Beräkningsexempel 1 - Bandel 235

Indata till beräkningsexempel:

Bandel nummer (från – till driftplats)	Bantyp	Antal växlar	Längd av kontaktledning (km)	Max ålder	Summa antal planerade tåg
235 (Gävle - Sundsvall)	3	139	278,66	61	221

Nuläge

$$\ln(\text{Felhändelse}) = -6,94 - 0,61 + 0,39 \cdot \ln(139) + \ln(278,66) + 0,2 \cdot \ln(221) + 0,65 \cdot \ln(61) = 3,76$$

$$\text{Felhändelser} = \exp(3,76) = 43$$

Vi kan förvänta oss 43 felhändelser per år på sträckan i nuläget

Reinvesteringsalternativet

All kontaktledning på bandel 235 som har max ålder på 61 år byts ut. Det vill säga från trafikplats Maj (km 235) till Sundsvall C (km 345). Kvarvarande maxålder blir då på bandelen 54 år, sistnämnda framgår i BIS. Antal förväntade felhändelser blir då på bandel 235:

$$-6,94 - 0,61 + 0,39 \cdot \ln(139) + \ln(278,66) + 0,2 \cdot \ln(221) + 0,65 \cdot \ln(54) = 3,68$$

$$\text{Felhändelser} = \exp(3,68) = 40$$

Vi kan förvänta oss 40 felhändelser/år på bandel 235 i ett reinvesteringsalternativ.

Beräkningsexempel 2 - Bandel 434

Indata till beräkningsexempel:

Bandel nummer (från – till driftplats)	Bantyp	Antal växlar	Längd av kontaktledning (km)	Max ålder	Summa antal planerade tåg
434 (Uppsala - Gävle)	2	98	284,55	57	245

Nuläge

$$\ln(\text{Felhändelse}) = -6,94 + 0,39 \cdot \ln(98) + \ln(284,55) + 0,2 \cdot \ln(245) + 0,65 \cdot \ln(57) = 4,23$$

$$\text{Felhändelser} = \exp(4,23) = 69$$

Vi kan förvänta oss 69 felhändelser/år på sträckan i nuläget.

Reinvesteringsalternativet

All kontaktledning på bandel 434 som har max ålder på 57 år byts ut. Det vill säga kontaktledning vid trafikplats Marma (km 78) byts. Kvarvarande maxålder blir då på bandelen 24 år, sistnämnda framgår i BIS. Antal förväntade felhändelser blir då på bandel 235:

$$-6,94 + 0,39 \cdot \ln(98) + \ln(284,55) + 0,2 \cdot \ln(245) + 0,65 \cdot \ln(24) = 3,67$$

$$\text{Felhändelser} = \exp(3,67) = 39$$

Vi kan förvänta oss 39 felhändelser per år på bandel 434 i ett reinvesteringsalternativ.

För reinvestering av kontaktledningssystem på hela bandelen, blir inte åldern 0 då naturlig logaritm kräver positivt tal. Dessutom är effektsambandet baserat på indata som var minst 1 år gammal. Därför ska man sätta 1 år istället för 0 vid reinvesteringsscenario med ny kontaktledning för hela bandelen.

Vidare bearbetning

Dessa felhändelser för respektive alternativ går vidare som indata till Fel- och förseningsmodellen, efter bearbetning i Fel- och förseningsmodellen kan den samhällsekonomiska nyttan beräknas.

Kvalitetsbedömning av effektsambandet

Detta effektsamband motsvarar kvalitetsnivån Verifierat Effektsamband

Referenser

PM Estimering av Effektsamband kontaktledning (WSP 201901)

Åldersfördelning av kontaktledningsfel - I olika grupperingar, för åldersrelaterade fel. PM 2017-01-10 (UHte 17-007) Jan Hjort.

3 Elasticiteter för kontaktledningsfel med avseende på ankomstförseningar

Inledning

Elasticiteterna har definierats med avseende på ankomstförseningar för avstigande vid stationer. Det innebär att de avser enbart persontågstrafik. De har vidare avgränsats till att omfatta elasticitet för en genomsnittlig station för var och en av bantyperna 1, 2 och 3 samt för de tre större stationerna Stockholm, Göteborg och Malmö. För att ta fram elasticiteterna har den så kallade FF-modellen, utvecklad av WSP och KTH, använts. För att genomföra detta har kontaktledningsfel urskilts från övriga fel i indata till modellen.

Elasticiteternas ursprung

Elasticiteter för kontaktledningsfel har beräknats genom att köra två prognosscenarier för FF-modellen. Det ena scenariot är ett basscenario för nuläget 2009, det andra är ett jämförelsesscenario där antalet kontaktledningsfel har ökat med 10 procent men som i övrigt är identiskt med basscenarioet. Sedan beräknas elasticiteterna genom följande formel:

$$\frac{\text{Procentuell ökning av ankomstförseningar vid station}}{\text{Procentuell ökning av kontaktledningsfelen}}$$

De erhållna elasticiteterna inklusive konfidensintervall visas i tabellen nedan.

Tabell 1 Elasticitet kontaktledningsfel och ankomstförsening per bantyp

Elasticitet Konfidensintervall		
		+/-
Totalt	0,12	0,001
Bantyp 1	0,14	0,002
Bantyp 2	0,09	0,002
Bantyp 3	0,14	0,016

Elasticiteterna för centralstationerna i Stockholm, Göteborg och Malmö skilde sig inte signifikant från genomsnittsstationen i bantyp 1. Därför redovisas dessa inte separat.

Användningsområde för elasticiteterna

Elasticiteterna som redovisades i föregående avsnitt är beräknade genom att öka de genomsnittliga kontaktledningsfelen med 10 procent överallt i hela järnvägssystemet i landet. Detta skiljer sig från det typiska användningsområdet som snarare är att förutsäga effekten av insatser som görs påverkar kontaktledningsfelen för en begränsad sträckning i systemet. För att använda elasticiteterna på en begränsad del av systemet är det viktigt att förändringen av kontaktledningsfel och förseningar relateras till rätt grundmängd av kontaktledningsfel och förseningar.

Om insatser görs som förväntas minska kontaktledningsfel för en viss sträckning är det rimligt att anta att förseningarna påverkas mest för stationerna på sträckningen, dock tillkommer följande;

- (1) Många tåg som passerar den studerade sträckningen har sin slutstation potentiellt långt bort från den studerade sträckningen, och
- (2) tågen påverkar varandra.

Därmed är det också rimligt att anta att förändringen i kontaktledningsfel på den studerade sträckningen kommer att påverka förseningar vid stationer utanför den studerade sträckningen.

Utöver detta så gäller specifika förhållanden för olika stationer som gör att effekten på förseningar av förändringen i kontaktledningsfel kan skilja sig åt mellan stationerna. För att förutsäga dessa effekter och hur de varierar mellan olika delar av järnvägssystemet behöver vi göra prognoskörningar med FF-modellen. Elasticiteterna från FF-modellen kan endast ge genomsnittliga resultat över en fördefinierad del av järnvägssystemet.

För att beräkna procentuella förändringar i ankomstförseningar föreslås följande tillvägagångssätt

1. Låt E^B beteckna förseningselasticiteten för kontaktledningsfel för bantyp B.
2. Kalla sträckningen (eller området) där insatser görs som förändrar förväntat antal kontaktledningsfel för S.
3. Definiera området i järnvägssystemet som påverkas av åtgärderna som förändrar antalet kontaktledningsfel, kalla detta område A.

Procentuell förändring av ankomstförseningar per station i område A för bantyp B, betecknas $\Delta D_A^B\%$ och beräknas enligt

$$(1) \quad \Delta D_A^B\% = E^B * \Delta F_A\%$$

Där $\Delta F_A\%$ är förändrat antal kontaktledningsfel i A efter åtgärd delat med totalt antal kontaktledningsfel i A före åtgärd.

Beräkningsexempel

Nedan visas två beräkningsexempel som illustrerar hur formel (1) i föregående avsnitt kan användas.

Minskning av kontaktledningsfel för hela bantyp 2

Detta exempel är en direkt tillämpning av formel (1). Åtgärder genomförs i bantyp 2 vilket beräknas minska kontaktledningsfelen med 25% i bantyp 2. Vi väljer att bortse från hur åtgärden påverkar övriga delar av järnvägssystemet, därmed har vi att

$$\text{Område A} = \text{Område S} = \text{Bantyp 2}$$

Därmed blir den procentuella minskningen av ankomstförseningar per station i bantyp 2:

$$\Delta D_A^B \% = E^B * \Delta F_A \% = 0,09 * 25 \% = 2,25 \%,$$

där elasticiteten är hämtad från elasticitetavsnittet.

Minskning av kontaktledningsfel för en del av Ostkustbanan

Åtgärder för att minska kontaktledningsfel görs för sträckan Uppsala-Gävle, vilket är område S. Åtminstone hela Ostkustbanan, det vill säga Ulriksdal-Sundsvall, bör påverkas av åtgärden. Antal kontaktledningsfel per år för område S beräknas till 16 stycken före åtgärden och 8 stycken efter åtgärden. För hela Ostkustbanan, område A, antas 80 kontaktledningsfel före och 72 kontaktledningsfel per år efter åtgärden. Notera att åtgärden bara genomförs för område S. Dessa antaganden visas i tabellen nedan.

Tabell 2 Antaganden om antal kontaktledningsfel i beräkningsexempel

		Antal kontaktledningsfel per år		
Område		före åtgärd	Efter åtgärd	Ändring(%)
S	Uppsala-Gävle	16	8	-50%
A	Ulriksdal-Sundsvall	80	72	-10%

Enligt formel (1) på föregående sida så är det förändringen av kontaktledningsfel i område A som ska användas i beräkningen av förseningsförändringen. Den markerade cellen i tabellen ovan ger därmed att

$$\Delta F_A \% = -10\%.$$

Tabellen nedan visar den procentuella förändringen av ankomstförseningar per station och bantyp i område A, Ostkustbanan, beräknat enligt formel (1) ovan och med användning av elasticiteterna.

Tabell 3 Förändrad ankomstförsening (%) per station och bantyp i område A Ostkustbanan

Bantyp		Elasticitet	Förändring av Kontaktledningsfel(%)	Förändring ankomstförs. station (%)
1	Ulriksdal-Skavarby	0,14	-10%	-1,4%
2	Skavarby-Gävle	0,09	-10%	-0,9%
3	Gävle-Sundsvall	0,14	-10%	-1,4%

Kvalitetsbedömning av effektsambandet

Detta effektsamband motsvarar kvalitetsnivån Verifierat Effektsamband

Referenser

KTH (2019) Rapport "Elasticiter för kontledningsfel med avseende på ankomstförseningar vid station"

WSP (2014). Utvecklad modell för effektsamband mellan fel i infrastruktur och tågförseningar.

Trafikverket, 781 89 Borlänge. Besöksadress: Röda vägen 1

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

[trafikverket.se](https://www.trafikverket.se)