

Effektsamband för transportsystemet

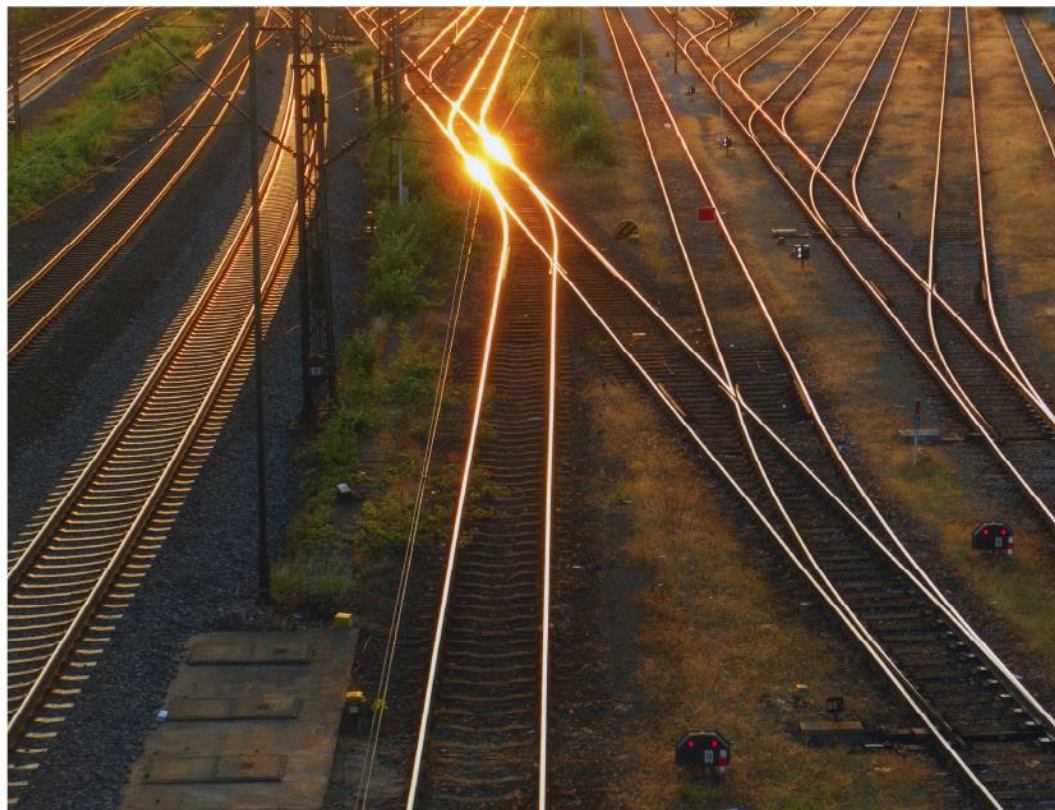
Fyrstegsprincipen

Steg 2

Version 2020-06-15

Drift och underhåll

Kapitel 6 Drift och underhåll av järnväg



Översiktlig beskrivning av förändringar och uppdateringar i kapitel 6 Drift och underhåll av järnväg.

Version 2012-10-30

Nytt avsnitt har tillkommit: ”Trafikförändring och underhållskostnader på järnväg”

Version 2016-04-01

Nytt avsnitt har tillkommit: ”Rälsbrott som inte medför urspårning”

Version 2017-04-01

Uppdaterat avsnitt: ”Rälsbrott som inte medför urspårning”

Nytt avsnitt: ”Effektsamband för fågelskydd”

Version 2018-04-01

Nya avsnitt: Rälsbrott som medför urspårning, fågelskydd, trädsäkring, reinvestering av kontaktledning, kompletterande underhåll av plankorsning, samt kadaverrensning.

Version 2019-04-01

Uppdaterade avsnitt: ”Rälsbrott som inte medför urspårning” samt ”Reinvestering av kontaktledning”.

Nya avsnitt: ”Trafikkonsekvens hastighetsnedsättning” och ”Trafikkonsekvens akut trafikstopp på sträckor med betydande persontrafik”.

Version 2020-06-15

Uppdaterat avsnitt: ”Förändring av kontaktledningsfel” inkl. nytt effektsamband ”Elasticiteter för kontaktledningsfel med avseende på ankomstförseningar”.

Dokumenttitel: Drift och Underhåll – Kapitel 6 Drift och underhåll av järnväg

Dokumentdatum: 2020-06-15

Dokumenttyp: Rapport

Version: 2020-06-15

Publiceringsdatum: 2020-06-15

Utgivare: Trafikverket

Innehåll

6. DRIFT OCH UNDERHÅLL AV JÄRNVÄG.....	4
6.1. Fel och förseningar på järnväg.....	4
6.1.1. Fel och förseningsmodell.....	4
6.1.2. Trafikkonsekvens hastighetsnedsättning	5
6.1.3. Trafikkonsekvens akut trafikstopp på sträckor med betydande persontrafik	6
6.1.4. Rälsbrott som inte medför urspårning	9
6.1.5. Rälsbrott som medför urspårning.....	11
6.1.6. Fågelskydd	14
6.1.7. Trädsäkring	16
6.1.8. Förändring av kontaktledningsfel	19
6.1.9. Kompletterande underhåll av plankorsning	27
6.2. Miljö.....	31
6.2.1. Buller och vibrationer.....	31
6.2.2. Kadaverrensning	32
6.3. Trafikförändring och underhållskostnader på järnväg	39

6. Drift och underhåll av järnväg

6.1. Fel och förseningar på järnväg

6.1.1. Fel och förseningsmodell

De enskilda tågen beskrivs individuellt i modellen men betydligt mindre detaljerat än i en simuleringsmodell. Detaljeringsgraden i att förutsäga effekterna för enskilda tåg blir mindre än i simuleringsmodell, men möjligheterna att säga något om hela eller stora delar av systemet ökar. Den valda modellen estimerar restidens sannolikhetsfördelning för enskilda tågnummer och delsträckor. I transportmodellsammanhang brukar denna nivå kallas för meso-nivå, medan en modell som Railsys simulerar systemet på mikronivå. Den använda modellen är en så kallad stokastisk diffusionsmodell. Det är en flexibel modell som har stora anpassningsmöjligheter för att tillämpas inom järnvägsområdet. Modellen tar endast hänsyn till förseningar uppdelat per bantyp, utan att ta hänsyn till kapacitets-utnyttjande och tidtabellläggning.

Beräkningsexempel: Fel och förseningar

En sträcka på bantyp 1 antas: minskade fel på 10 %, felelasticitet är 0,26, ankomstförseningen är enligt modellen 1,5 minuter från början

Betalningsviljan antas här vara förseningstid, se senaste beslutade ASEK rapport

Beräkning: $0,1 * 0,26 * 1,5 * \text{förseningstidvärdet} * \text{antal resenärer}$

Utifrån antagen kalkylränta och längd på kalkylperioden kan nuvärdet beräknas för åtgärden.

6.1.2. Trafikkonsekvensens hastighetsnedsättning

Detta är en beskrivning till stöd för att bedöma trafikkonsekvenser i utredning av en särskild sträcka.

Denna beskrivning avser merförsening som orsakas av att ett spår drabbas av hastighetsnedsättning till 70 km på en sträcka av 5 km. För dubbelspår antas bara det ena spåret vara utsatt.

Beräknad merförsening:

Trafikeringsfall	Merförsening tågminuter/ dygn	Beräknat utifrån praktikfall	Praktikfallens trafikering under ett vardagsdygn enligt tågplan T16
Enkelspår som har små kapacitetsbegränsningar	Persontrafik: persontåg försenas ca 1 minut Godstrafik: ingen försening.	Kristinehamn – Nykroppa	<ul style="list-style-type: none"> • Godståg (ellok+700-1100 ton Stax D) 2 st. • Resandetåg (Rc6+200 ton) 2 st.
Enkelspår som har små kapacitetsbegränsningar, men som omges av enkelspårsträckor med stora kapacitetsbegränsningar	Persontrafik: persontåg försenas 240 minuter +300 minuter för inställda tåg= 540 minuters förseningar för persontrafiken. Godstrafik: 23 minuters försening.	Växjö – Åryd	<ul style="list-style-type: none"> • Godståg (ellok+1300-1600 ton) 3 st. • Resandetåg 35 st, varav Öresundståg (X31) 27 st. Loktåg (Rc6+400 ton) 8 st.
Enkelspår som har stora kapacitetsbegränsningar	Persontrafik: persontåg försenas 624 minuter + 221 minuter för inställda tåg= 845 minuters förseningar för persontrafiken. Godstrafik: 175 minuters försening.	Kil – Karlstad	<ul style="list-style-type: none"> • Godståg (el- och diesellok+1000-2800 ton) 28 st. • Regionaltåg 73 st. Reginatåg (X50-X55) 46 st. Itinotåg (Y31) 23 st. Loktåg (Rc6+200 ton) 4 st. • Snabbtåg (X2) 6 st.
<i>Tabellen fortsätter på nästa sida</i>			

Trafikeringsfall	Merförsening tågminuter/ dygn	Beräknat utifrån praktikfall	Praktikfallens trafikering under ett vardagsdygn enligt tågplan T16
Dubbelspår som har små kapacitetsbegränsningar	Persontrafik: persontåg försenas 46 minuter. Godstrafik: 31 minuters försening, varav godstågen 21 minuter och poststågen 10 minuter.	Katrineholm – Norrköping	<ul style="list-style-type: none"> • Godståg (el- och diesellok+1000-2000 ton) 18 st. • Posttåg (Rc6+400 ton) 6 st. • Regionaltåg (X12) 32 st. • Regionaltåg (X40) 9 st. • Loktåg (Rc6+800 ton) 2 st. • Loktåg (BR 242 + 300 ton) 3 st. • Snabbtåg (X2) 31 st. • Snabbtåg (X55) 2 st. • Tjänstetåg (X2) 2 st.
Dubbelspår som har stora kapacitetsbegränsningar	Persontrafik: persontåg försenas 90 minuter. Godstrafik: 63 minuters försening, varav godståg 47 minuter, posttåg 10 minuter, och tjänstetåg 6 minuter.	Stehag – Eslöv (på sträckan Hässleholm – Malmö)	<ul style="list-style-type: none"> • Godståg (el- och diesellok+1000-2000 ton) 50 st. • Posttåg (Rc6+400 ton) 6 st. • Regionaltåg (X31) 84 st. • Regionaltåg (X61) 74 st. • Loktåg (Rc6+800 ton) 2 st. • Loktåg (BR 242 + 300 ton) 4 st. • Snabbtåg (X2) 29 st. • Tjänstetåg (X31) 2 st.

6.1.3. Trafikkonsekvens akut trafikstopp på sträckor med betydande persontrafik
 Detta är en beskrivning till stöd för att bedöma trafikkonsekvenser i utredning av en särskild sträcka.

Denna beskrivning avser merförsening som orsakas av att en bana drabbas av akut trafikstopp under ett vardagsdygn.

Uppskattning av merförseningarna bör om möjligt göras med hjälp av trafik- och tidtabellsimuleringsverktyg. Om detta inte låter sig göras kan man uppskatta merförseningarna med stöd av typfall för akuta trafikavbrott. Tillgängliga typfall är i nuläget (2019):

Nr	Namn	Antal berörda spår	Normaliserad avstängningstid (tim)	Antal berörda persontåg/dygn	Merför-sening primärt berörda tåg (tågmin)	Merför-sening sekundärt berörda tåg (tågmin)	Ersättnings- trafikens framkör- ningstid (tågmin)	Ersättnings- trafikens förlängda körtid (tågmin)
1	Barkarby - Spånga	2	24	46 + 34 + 206 = 286	1380 + 1190 + 3090 = 5660		30 min *(46+34) tåg = 2400 tågmin	
2	Läggesta- Grundbro	1	24	38	760		45 min *38 tåg = 1710 tågmin	

Typfall 1:

Ett akut trafikavbrott på sträckan innebär att regionaltåg mot Stockholm C som hunnit lämna Bålsta evakueras på lämplig station, därefter vänder regionaltågen i Bålsta. Regionaltåg mot Västerås som hunnit lämna Stockholm C evakueras i Sundbyberg. SJ AB: s ersättningstrafik utgörs av buss alternativt taxi.

Antal tåg som passerar Barkarby-Spånga en vardag enligt Resrobot tabell 55, 57 och 111:

23 + 23=46 st som försenas i genomsnitt 35 min

17+17= 34 st som försenas i genomsnitt 30 min

103 + 103=206 st som försenas i genomsnitt 15 minuter (SL Pendeltåg)

Typfall 2:

Ett akut trafikavbrott på sträckan Läggesta-Grundbro innebär att regionaltåg mot Eskilstuna vänder i Läggesta, och att regionaltåg mot Stockholm C vänder i Strängnäs. SJ AB: s ersättningstrafik utgörs av buss alternativt taxi.

Antal tåg som passerar Läggesta-Grundbro en vardag enligt Resrobot tabell 58:

19 + 19=38 st som försenas i genomsnitt 20 min

Kommentarer

Normaliserad avstängningstid

I typfallen är avstängningstiden satt till 24 timmar (1 dygn). Det är lättare att räkna ut trafikmängderna för ett helt dygn. Vid beräkning med stöd av typfallen ska man därför proportionera den resulterande merför-seningen i förhållande till den verkliga eller antagna

avstängningstiden. En händelse på en plats motsvarande Läggesta – Grundbro, som leder till avstängning i 3 timmar ($=24/8$), bör orsaka primär merförsening på 95 minuter ($=760/8$).

Antal berörda persontåg/dygn

Här används normalt värden för vardagsdygn.

Merförsening primärt berörda tåg

Här betraktas de tåg som enligt tidtabellen skulle ha passerat platsen för händelsen. Eftersom tågen omdirigeras, kan man ju egentligen inte använda begreppet merförsening i sin strikta betydelse. Men här kan vi tolka merförseningen som den genomsnittligt förlängda restid som uppstår för resenärerna på de berörda tågen.

Merförsening sekundärt berörda tåg

Här betraktas de tåg som försenas pga. andra tåg, vars försening kan härledas tillbaka till den ursprungliga händelsen, samt förseningar som uppstår fram till dess att normal tidtabell åter fungerar. För att bedöma merförsening för sekundärt försenade tåg behövs vanligen en simuleringsberäkning.

Ersättningstrafikens framkörningstid

Här avses den tid det tar från trafikstopp till dess att ersättningstrafik börjar fungera.

Här antas att ersättningstrafik anskaffas endast för regional- och fjärrtåg.

Om händelsen leder till att tåget ska evakueras, ska man räkna in tid för detta här också.

Ersättningstrafikens förlängda körtid

Här avses den längre restid som orsakas av att ersättningstrafiken inte kan hålla samma reshastighet som den ursprungliga trafiken, liksom den längre restid som orsakas av att ersättningstrafiken kan behöva köra en längre väg.

I nuläget (2019) saknas schablonmässiga bedömningar.

6.1.4. Rälsbrott som inte medför urspårning

Jämförelsescenarion

Scenario 0	<ul style="list-style-type: none"> • Motsvarar gamla slitna spår • Typisk teknisk lösning är Räl SJ50 med befästning typ Hambo • Installationsår fram till 1989. Räls från åren 1976-1982 är s.k. vertikalspricksräler, alltså känt problematiska. • Ackumulerad trafiklast >150 Mbrt (miljoner bruttoton), i praktiken har större delen av dessa spår hunnit få en ackumulerad last över 300 Mbrt.
Scenario 1	<ul style="list-style-type: none"> • Motsvarar hyfsat nya och väl underhållna spår • Typisk teknisk lösning är Räl UIC60 med befästning typ Pandrol • Installationsår från 1994 och framåt • Ackumulerad trafiklast <150 Mbrt

Resultat

Förhållandet mellan de två olika typerna av banöverbyggnad är 8:1 (0,004:0,0005) med avseende på det ackumulerade antalet rälsbrott per spårkilometer och ackumulerat antal miljoner bruttoton, vilket också anger den potentiella effekten av reinvesteringsåtgärden att byta från Hambo/SJ50 till Pandrol/UIC60.

Trafik-klass Mbrt/år	Scenario	Km spår Rälsbrott	Rälsbrott antal/km/år	Störning Tågmin/ skada	Störning Tågmin/km/år
<i>Anm 1</i>	<i>Anm 2</i>	<i>Anm 3</i>	<i>Anm 4</i>	<i>Anm 5</i>	<i>Anm 6</i>
4-8	0	1100	0,02	Uppskattat värde med stöd av effektsamband: 6.1.2 <i>Trafikkonsekvens hastighetsnedsättning</i>	Beräknat värde enligt Anm 6
	1	5500	0,003		
8-12	0	1100	0,04		
	1	5500	0,005		
12-16	0	1100	0,05		
	1	5500	0,007		

Anm 1: Trafikklassindelningen i Mbrt/år är vald eftersom ackumulerad belastning är den tydligt viktigaste nedbrytningsfaktorn för sprickbildning och rälsbrott.

Anm 2: Det finns andra tekniska lösningar vars egenskaper ligger i en gråzon mellan scenario 0 resp. scenario 1. Vi har valt att utesluta dem för tydlighetens skull.

Likaså finns en mängd spår med mycket ringa trafik, och som kan vara i mycket dåligt skick. Dessa har vi också uteslutit eftersom det inte blir så stora förseningseffekter om det inte är någon trafik.

Anm 3: Bristen på data för rälsbrott gjorde att det inte gick att analysera varje trafikklass enskilt. Scenario 0 bygger alltså på analys av klassificerade rälsbrott på 1100 km spår inom alla trafikklassintervall. Scenario 1 bygger likaså på analys av klassificerade rälsbrott på 5500 km spår inom alla trafikklassintervall. De angivna sannolikheterna för rälsbrott är alltså proportionella till den genomsnittliga trafikbelastningen inom respektive trafikklass.

Anm 4: Totala antalet analyserade rälsbrott (tidsperioden 2000-01 – 2014-11): 1429 stycken. Klassificerade antal rälsbrott: 536 stycken; varav Scenario 0 (Hambo/SJ50) 53 st; scenario 1 (Pandrol/UIC60) 55 st. Således antal ej klassificerade rälsbrott: 893 st. Om vi antar att fördelningen av rälsbrott på de olika typerna av banöverbyggnad är den samma för klassificerade som för ej klassificerade, kan vi skatta totalt antal rälsbrott för scenario 0 till 143 (53 + 90) och för scenario 1 till 145 (55 + 90).

En rimlig bedömning är att 40 % motsvarar den troliga andelen av alla rälsbrott som har använts för att skatta det upprättade effektsambandet för rälsbrott avseende respektive banöverbyggnad.

Anm 5: Störning som utgörs av merförsening per inträffat rälsbrott i tågminuter väljs med hjälp av *6.1.2 Trafikkonsekvens hastighetsnedsättning*. De beräknade värdena är framtagna utifrån förutsättningen att rälsbrott leder till en hastighetsnedsättning till 70 km/h på en längd av 5 km av berört spår. *6.1.2 Trafikkonsekvens hastighetsnedsättning* beskriver beräknade förseningseffekter för några verkliga trafikeringsfall, men man måste göra en egen bedömning av i förhållande till hur den aktuella situationen motsvarar de beskrivna trafikeringsfallen. Observera att merförsening uttrycks per dygn, vilket avser den tid som åtgår från det att felet inträffar till dess det är åtgärdat, och den berörda sträckan åter kan trafikeras normalt. Man behöver alltså också bedöma störningens varaktighet.

Anm 6: Värdet erhålls genom att multiplicera rälsbrottsfrekvensen/km*år (kolumn 4) med det uppskattade värdet på merförsening per inträffat rälsbrott i tågminuter (kolumn 5). Resultatet blir förseningsvärde uttryckt i tågminuter/km*år.

Beräkningsexempel:

En sträcka av 5 km med ackumulerat tonnage på 10 Mbrt/år antas åtgärdas från scenario 0 till scenario 1. Vad innebär det för effekt/ år i störningstid?

Välj ett trafikeringsfall (enligt 6.1.2 *Trafikkonsekvens hastighetsnedsättning*) som ligger nära det verkliga trafikeringsfallet, eller interpolera merförseningstiden mellan två tillämpliga praktikfall. Man kan som exempel betrakta en enkelspårsträcka med mindre trafik än Kil-Karlstad, men mer trafik än Kristinehamn – Nykroppa, och utifrån aktuell trafik exempelvis uppskatta en bedömd merförsening för persontåg till 200 minuter/dygn, respektive 50 minuter/dygn för godståg.

Därefter ska man uppskatta hur många störningsdygn ett inträffat rälsbrott medför. I vårt räkneexempel här antas att rälsbrottet medför störning under ett dygn.

Den bedömda förseningsmängderna multipliceras med sannolikheterna för rälsbrott för Scenario 0 respektive Scenario 1. I vårt exempel blir det för:

Scenario 0: $0,04 * 200 = 8$ minuter/år*km (persontåg) samt $0,04 * 50 = 2$ minuter/år*km (godståg),

respektive för Scenario 1: $0,005 * 200 = 1$ minuter/år*km (persontåg) samt $0,005 * 50 = 0,25$ minuter/år*km (godståg).

Skillnaden *5 utgör åtgärdens effekt (vi antog ju att åtgärden utfördes på 5 km), alltså

$5 * (8 - 1) = 35$ minuter/år (persontåg), respektive $5 * (2 - 0,25) = 8,75$ minuter/år (godståg).

Störningstid antas medföra förseningstid för resenärer och förseningstid för gods. Sedan tillkommer även tågdriftskostnad, se senaste beslutade ASEK-rapport för värdet på förseningstid samt tågdriftkostnader.

Utifrån antagen kalkylränta och längd på kalkylperioden kan nuvärdet beräknas för scenario 0 respektive scenario 1. Observera att det finns ytterligare effekter som ännu inte har någon kvantifierad skillnad mellan scenario 0 och scenario 1.

6.1.5. Rälsbrott som medför urspårning

Beskrivna samband

De effektsamband som beskrivs är sambandet mellan OFP (Oförstörande provning med ultraljudsteknik) och rälsbrott samt urspårning och sannolikheten att en urspårning leder till konsekvensklass K3-K5 (stora ekonomiska konsekvenser, allvarligt skadade eller döda personer).

Underlag för sambanden finns beskrivna i rapporten Handlingsplan VSP-råler.

Sannolikhet för rälsbrott

Nedanstående sannolikheter kan tillämpas efter att man beräknat en bandels antal OFP-anmärkningar/km. Förutsättningen är att de senaste tre årens data används och att bandelen är minst 5 km lång. För kortare sträckor eller avvikelser på enstaka år görs särskilda bedömningar. Uppdelning av bandelen kan ske utifrån räiltyper och rälens ålder.

Arbetet med att ta fram sambanden startade med att behandla den räl som tillverkades 1976-1982 i Domnarvet och som kallas VSP-räl på grund att det uppstår vertikala längsgående sprickor, VSP-sprickor. Samma arbetssätt tillämpas nu på all räl. Sador på räls finns beskrivna i TDOK 2014:0598, katalog över rälsfel.

Sannolikheten för rälsbrott har fastställts till

- 0.2 % av OFP-anmärkningar beroende på VSP
- 0.25% av OFP-anmärkningar beroende på squats (ytspricka som växer från en påverkad zon innuti materialet och upp till ytan)
- 0.25% av OFP-anmärkningar beroende på utmattningsrelaterade OFP-anmärkningar utom VSP-sprickor och squats
- 0.25% av OFP-anmärkningar beroende på övriga OFP-anmärkningar

Sannolikhet för urspårning

Sannolikheten för urspårning har fastställts till

- 0.2 % av OFP-anmärkningar beroende på VSP-sprickor
- 0.0125% av OFP-anmärkningar beroende på squats
- 0.0125% av OFP-anmärkningar beroende på utmattningsrelaterade OFP-anmärkningar utom VSP-sprickor och squats
- 0.0125% av OFP-anmärkningar beroende på övriga OFP-anmärkningar

Sannolikhet för att en urspårning leder till konsekvensklass K3-K5

Sannolikheten att en urspårning vid 200 km/h leder till en till konsekvensklass K5 har fastställts till 0.5 %.

Utifrån konsekvensklass 5 kan Tabell 1 användas för att påverka hastighetsnedsättningen. Hastighetsnedsättning tillämpas då man når den oacceptabla nivån enligt riskbedömningen i TDOK 2016:0231 "Krav på tunnelbyggande".

Hastighet	Rörelseenergi	K3 1-3 döda	K4 4-30 döda	K5 >30 döda
80	0.16	10X (5%)	2X (1%)	0.16X (0.1%)
100	0.25	20X (10%)	3X (1.5%)	0.25X (0.1%)
120	0.36	1-4.36X (97.8%)	4X (2%)	0.36X (0.2%)

140	0.49	1-5.49X (97.3%)	5X (2.5%)	0.49X (0.2%)
160	0.64	1-6.64X (96.7%)	6X (3%)	0.64X (0.3%)
200	1	1-10X (95%)	9X (4.5%)	1X (0.5%)

Tabell 1 Rörelseenergi i förhållande till 200 km/h och beräkning av hur sannolikheten påverkas av hastigheten för konsekvensklass K3-K5. Inom parantes där är X=0.5%

Verksamhetsområde Underhåll tolkar de angivna nivåerna som anges i TDOK 2016:0231 i Tabell 2. För att kunna göra beräkningar kopplat till OFP-anmärkningar tillämpas att antalet fordon är 10 000 st/år och spår oberoende av det verkliga antalet.

Konsekvensklass	Rubrik	Tolkning i 2012:1149 (Ej utgiven)	Nivå som anses oacceptabelt i TDOK 2016:0231 för det lägsta antal döda i intervallet	Nivå som används för hastighetsnedsättning i detta dokument	Nivå som används för att varna om hastighetsnedsättning i detta dokument
K1	Materiella skador			4,6E-6 tågkm ⁻¹	
K2	Skadade människor			4,6E-6 tågkm ⁻¹	
K3	Enstaka döda	1-3 döda	2,8E-6 tågkm ⁻¹	4,6E-7 tågkm ⁻¹	2,1E-7 tågkm ⁻¹
K4	Flera döda	4-30 döda	7E-10 tågkm ⁻¹	4,6E-10 tågkm ⁻¹	2,1E-10 tågkm ⁻¹
K5	Många döda	>30 döda	9E-11 tågkm ⁻¹	4,6E-11 tågkm ⁻¹	2,1E-11 tågkm ⁻¹

Tabell 2 Tolkning av TDOK 2016:0231

Referenser

Rapport_Handlingsplan_VSP-råler
 TDOK 2016:0231 Krav Tunnelbyggande
 TDOK 2014:0598, Katalog över rälsfel.

6.1.6. Fågelskydd

Nedanstående beskrivning avser åtgärder syftande till att förhindra att kortslutning/ljusbåge uppstår, (nr 1 och 2) samt åtgärder som minskar störningseffekten om kortslutning/ljusbåge trots allt inträffar (nr 3).

En kortslutningsskadad bärlina kan gå av i samband med kortslutningen, men det finns många fall där bärliniebrott orsakas av kortslutningsskada som inträffat tidigare. Båda dessa skadesituationer ingår i den bedömda effekten.

Nr	Anläggning	Antal	Åtgärd	Bedömd effekt om samtliga anläggningar åtgärdas
1	Kontaktledningsanläggningen- Kontaktledningsbryggor av äldre typ (där bärlinan går över balkbryggan)	Ca 4700	Montera fågelavvisare på alla balkbryggor som inte har det, samt komplettera balkbryggor som har fågelavvisare med avvisare även på vindförband och konsoler för pinnisolatorer. Åtgärden gäller bara bangårdar.	Reduktion av merförsening med 25000 tågminuter per år
2	Kontaktledningsanläggningen- Platser med isolationsavstånd mindre än 600 mm (exklusive balkbryggor enl. ovan).	Ca 20000	Isolera högt belägna platser där det inte är 600 mm isolationsavstånd. Åtgärden gäller bara bangårdar.	Reduktion av merförsening med 2800 tågminuter per år
3	Omformarstation	Ca 20-25 st	Komplettera med LTC-funktion för att undvika strömrusning vid tillkoppling, begränsar störningstiden vid inträffat automatiskt frånslag.	Reduktion av merförsening med 4000 tågminuter per år

Kommentarer

Ovanstående samband bygger delvis på subjektiva bedömningar som utförts av sakkunniga, och motsvarar kvalitetsnivån ”Subjektiva effektbedömningar”.

Sambandet bygger på rapporten ”Driftstörningar fåglar” som analyserar tänkbara åtgärder för att få en mer robust anläggning.

Dessa åtgärder är sedan effektbedömda med avseende på förseningsreduktion. Källan är manuell bearbetning av Lupp-data åren 2010-2015 samt tolkning av bortfall av data. Databortfallet är stort, och de bedömda effekterna utgörs till ca 50 % av uppskattade värden, inklusive hänsyn till att en fågelorsakad kortslutning kan leda till att bärlinan går av vid en senare tidpunkt.

Förseningsreduktion är aggregerad för hela statens järnvägsnät. Det beror i huvudsak på att det inte finns tillförlitliga underlag att dels kalkylera skadepotentialen hos skilda lokala fågelbestånd, dels kartlägga hittills utförda åtgärder.



Bild 1 Kontaktledningsbrygga av äldre typ med delvis monterade fågelavvisare

För att få ett samhällsekonomiskt värde:

Dessa förseningsreduktionsvärden viktas sedan samman med aktuell fördelning i landet på tågkm gods/personståg. För samband 1 och 2 ovan ska fördelning på bangårdar användas.

För samband 3 ska fördelning på linje användas. Aktuella ASEK-värden för förseningsminut appliceras sedan på persontåg respektive godståg.

6.1.7. Trädsäkring

Inledning

Detta effektsamband beskriver åtgärden trädsäkring och den effekt i form av minskad merförsening som uppstår genom att åtgärden medför att ett antal trafikavbrott elimineras.

De händelser som orsakar skador i detta fall är av typen att träd ramlar ned över spåret, och medför kortslutning eller skada på kontaktledningen, eller lägger sig på spåret och hindrar trafiken. Det finns många orsaker till detta, inte bara stormar, utan även andra fel såsom rotröta, snöbrott, m.m..

Trädsäkring innebär att träd röjs med en tillräcklig bredd (vanligen 20 m från närmaste spårmit) på ömse sidor om spåret, så att träd som faller inte når spåret eller kontaktledningen. Åtgärden specificeras i TDOK 2014:0780, ”BVS 1515 - Trädsäkring av befintlig järnväg”. Tidigare har trädsäkringsåtgärder ofta inneburit att träd medvetet lämnats så att inte tillräcklig bredd uppnåtts. Detta kan exempelvis ha berott på att träden stått på natura 2000-område, träden stått i stadsmiljö eller träden stått på privat tomtmark eller i trädgårdar, och att man inte haft tid eller resurser att hantera de tillhörande juridiska förutsättningarna. Trädsäkringsåtgärder som utförts under senare är mer omfattande och följs upp efter åtgärd.

Detta effektsamband är baserat på subjektiv expertbedömning, kompletterat med felrapporter i Ofelia med koppling till träd under åren 2010-01-01 – 2017-07-05. Under den studerade perioden har vi identifierat drygt 4300 rapporterade händelser i Ofelia, som medfört drygt 378 000 tågminuter registrerad merförsening. Analysen av Ofelia-data används till att beräkna genomsnittlig merförsening/felhändelse, och till stöd för att bedöma felfrekvens innan trädsäkringsåtgärd utförs.

Felfrekvens efter åtgärd är baserad på expertbedömning.

Vi utesluter de delar av järnvägsnätet vars underhåll upphört samt icke-elektrifierad bana, liksom de delar som saknar relevans för de tågoperatörer som normalt trafikerar Trafikverkets järnvägsnät, exempelvis Inlandsbanan, Roslagsbanan m.m. Däremot ingår Arlandabanan och Öresundsförbindelsen. Händelser respektive tillhörande merförsening, som inträffar på sträcka under den tid som trädsäkringsåtgärden genomfördes på den aktuella sträckan, ingår inte heller i underlaget.

Vi vet att trädsäkringsåtgärd också skapar andra nyttor, men dessa är inte kvantifierade här. Exempel på sådana nyttor är:

- Minskar antalet inställda tåg.
- Snabb igångsättning av trafik igen efter storm med orkanvindar.
- Minskar risk för personpåkörningar.
- Minskar antalet viltpåkörningar.
- Ökar sikt för lokförare.
- Ökar sikt mot banan bland annat vid plankorsningar.
- Underlättar övriga underhållsåtgärder.
- Minskar antalet fel i spåranläggningen.
- Vidmakthåller dräneringens effekter.
- Minskar spårhalka.

- Minskar underhållskostnader för röjning efter trädfällning.
- Minskar risken för att tågfordon kör på träd med oönskade effekter.
- Förbättrar i vissa fall upplevelse av landskapet för resande.

Detta effektsamband är i första hand tillämpligt som verktyg för preliminära skattningar i ett tidigt skede.

För att ytterligare ta fram förbättrat underlag för hur nerfallna träd påverkat utfall av merförseningar och inställda tåg innan trädsäkringsåtgärder genomförts, kan man göra specifika sökningar i Ofelia kompletterat med sökningar i Basun, då det finns indikationer på att inte alla Basun-händelser som berör träd (ONA 03, OTÅ 01) rapporteras i Ofelia.

Resultat

Elektrifierad bana			
Längd km	Trädsäkrad längd km	Före antal	Efter antal
9 099	4 058	2 339	
		345/år	
		0,040/km*år	0,002/km*år
Merförsening	Merförsening	Merförsening Före	Merförsening Efter
363 622 tågminuter	115 tågminuter/ händelse	4,57 tågmin/ km*år	0,23 tågmin/ km*år

Begrepp

Trädsäkring: Åtgärd som innebär att röjning av sidoområdet, och som syftar till att fallande träd inte orsakar störning. Åtgärden förutsätts ske så att minst 95 % av potentiella problemträd avverkas, och uppföljning genom tillståndsbedömning vid lämpliga intervall efter åtgärden, samt att regelbunden röjning utförs efter åtgärden.

Händelse: Störning på grund av träd som registrerats i Ofelia. Observera att en händelse registreras först i Basun. Om händelsen behöver omhändertas som felavhjälpning inom baskontrakt, då genereras en felrapport som registreras i Ofelia.

Genomsnittlig omfattning: Trädsäkring genomförd, men med omfattning som inte har gått att uppskatta i efterhand. Det kan innebära att vissa sträckor inte åtgärdats fullt ut i avsaknad av servitut, överenskommelse med tomtägare eller tillstånd från länsstyrelse. Data hämtas från förteckning över trädsäkringsåtgärder från 2007 och framåt.

Rekommenderad omfattning: Trädsäkring genomförd så fullständigt som är praktiskt genomförbart, inklusive åtgärder på mark med servitut, tomtmark efter överenskommelse med tomtägare, samt

naturskyddsområden och liknande efter tillstånd från länsstyrelse. Det innebär t.ex. också att förekommande enstaka riskträd i tätort tillståndsbedöms av arborist. Data hämtas från ett fåtal sträckor som åtgärdats under senare år, där åtgärderna följts upp, och tillståndet bedömts vara godtagbart även vid en senare tidpunkt efter åtgärden.

Före: Händelser respektive tillhörande merförsening, som inträffar på sträcka som inte är trädssäkrad, eller inträffar på sträcka innan trädssäkringsåtgärden påbörjades på den aktuella sträckan.

Efter: Händelser respektive tillhörande merförsening, som inträffar på sträcka efter att trädssäkringsåtgärd slutförts på den aktuella sträckan.

Antal/år: Antalet händelser i respektive kategori Före och Efter. Före summeringen är var och en av dessa händelser dividerad med längden på den analyserade tidsperioden som respektive kategori har.

Antal/km*år: Antalet händelser/år enligt ovan dividerat med antalet tillhörande km. Observera att division sker med hela tillhörande järnvägslängden för kategorin Före, eftersom här också ingår händelser från sträckor som inte är trädssäkrade. För kategorin Efter, bedöms felfrekvensen till 5% av felfrekvensen före åtgärd. Denna bedömning är ett konservativt antagande.

Merförsening: Summering av alla registrerade merförseningar >3 minuter, uppdelat på elektrifierad resp. inte elektrifierad järnväg. Det bedöms inte vara meningsfullt att separera merförseningen på omfattningsnivån inom kategorin elektrifierad järnväg, eftersom merförseningens storlek, efter att en störande trädrelaterad händelse väl inträffat, inte beror på sannolikheten att händelsen skulle inträffa.

Merförsening/händelse: Ett värde beräknat genom att summerad merförsening divideras med antal registrerade händelser för elektrifierad resp. inte elektrifierad järnväg.

Kvalitetsbedömning av effektsambandet

Detta effektsamband tillhör kvalitetsnivån subjektiv effektbedömning.

Det finns ett antal förhållanden som bör redas ut. Om man gör det finns goda möjligheter att senare uppgradera effektsambandets kvalitetsnivå till Effektkorrelation. Exempel på sådana förhållanden är:

- Den förseningseffekt som uppstår i praktiken genom att tåg blir inställda finns inte med i underlaget. Det betyder att nyttan av en trädssäkringsåtgärd egentligen är större än vad som går att räkna ut med stöd av detta samband.
- Analysperioden är kort. Det finns en naturligt kraftig fluktuation mellan åren, t.ex. vad gäller stormfällda träd.
- Hittills genomförda trädssäkringsåtgärder är prioriterade utifrån kostnad och nytta, vilket rimligen gör att man prioriterar sträckor som kostar mindre att åtgärda, och som har mycket trafik. Jämförbarheten mellan trädssäkrade resp. inte trädssäkrade sträckor kan alltså ifrågasättas.

Samhällsekonomisk värdering av effekterna

Samhällsekonomisk värdering av merförseningar uppskattas med stöd av tidsvärden för gods och personer enligt ASEK.

Beräkningsexempel

Beräkningsexemplet avser en 25 km lång elektrifierad järnvägssträcka som avses träsäkras med rekommenderad omfattning.

	Utredningsalternativ	Jämförelsealternativ
Händelser/år	$H_u = 25 \text{ km} * 0,002 = 0,05$	$H_j = 25 \text{ km} * 0,040 = 1,00$
Merförsening/ händelse	115 tågminuter/händelse	
Merförsening	$M_{fu} = 25 * 0,23 = 5,7$ tågminuter per år	$M_{fj} = 25 * 4,57 = 114$ tågminuter per år
Nytta	Vi undviker 0,95 händelser per år, varigenom merförsening om 108 tågminuter per år elimineras.	

Referenser

TDOK 2014:0780, ” BVS 1515 - Träsäkring av befintlig järnväg”.

6.1.8. 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 kontaktledningensfelen 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 *Ophelia-registret*.

6.1.8.1. 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. Integrationen med FF-modellen sker via elasticiteter nämnda i 6.1.8.2 nedan.

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 felet 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:

$$\ln(\text{Felhändelse}) =$$

$$= -6,94 + (-0,61) \times \text{Bantyp3} + (-1,18) \times \text{Bantyp4} + 0,39 \times \ln(\text{antal växlar}) +$$

$$+ 1 \times \ln(\text{Längd}) + 0,2 \times \ln(\text{Antal tåg}) + 0,65 \times \ln(\text{Maxålder})$$

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 kontaktledningens 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 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 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 reinvesteringalternativ.

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 reinvesteringalternativ.

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.

6.1.8.2. *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 jämförelsescenario 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.

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 kontaktledningensfelen 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.

Område		Antal kontaktledningsfel per år		
		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.

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 kontaktledningsfel med avseende på ankomstförseningar vid station"
WSP (2014). Utvecklad modell för effektsamband mellan fel i infrastruktur och tågörseningar.

6.1.9. Kompletterande underhåll av plankorsning

Inledning

Underhåll av plankorsningar har betydelse för både järnvägens och vägarnas driftsäkerhet och trafiksäkerhet. Därför finns det regelverk som reglerar lägsta standard för underhåll av plankorsningar. Det finns dock möjlighet att ytterligare förbättra anläggningens prestanda och säkerhet genom att komplettera underhållet av plankorsningsanläggningar.

Detta effektsamband beskriver förändrat antal fel och säkerhetsbesiktningsanmärkningar som en effekt av kompletterande underhåll av plankorsning.

Åtgärden kompletterande underhåll av plankorsning, som i detta fall är utredningsalternativet (UA), innefattar utöver underhåll enligt regelverk en kombination av följande:

- Byte av defekt kablage
- Åtgärdande av skärm-jordningar
- Åtgärdande av dragavlastningar
- Rengöring av bomkontrollkontakt
- Rengöring av slirkoppling
- Rengöring/byte av motorer
- Isolering av bomdrivsfundament
- Efterdragning av kablage i plintar
- Byte av bommar
- Målning av bommar
- Åtgärdande av felaktiga jordningar
- Smörjning och åtdragning av krysskil
- Tätning av kurar/sopning
- Rengöring av batterier
- Byte av VS/Bomlykta

Utredningsalternativet ska betraktas som ett paket av åtgärder som tillämpas löpande, men där respektive åtgärd genomförs när det bedöms relevant.

Jämförelsealternativet (JA) avser i det här sammanhanget enbart det underhåll som regleras i TDOK 2014:0240 Säkerhetsbesiktning, samt TDOK 2014:0469 Underhållsbesiktning av signalanläggningar

Effekterna beskrivna i detta effektsamband baseras på genomförda försök med en kombination av ovanstående åtgärder samt utvärdering av förändrat antal fel och säkerhetsbesiktningsanmärkningar på bandel 524. Valet av åtgärder baseras på en underhållsbehovsanalys (UBA) som genomfördes 2010. Försöket genomfördes under perioden maj-augusti 2012, se vidare i bilaga.

Plankorsningar finns förtecknade i BIS.

Effektsambandet har inte validerats eller kalibrerats.

Effektsambandet avses främst användas som en del av ett beslutsunderlag för planerare av underhållsåtgärder. Vid val av åtgärder måste hänsyn även tas till de effekter som blir följden av ett förändrat antal fel och säkerhetsbesiktningsanmärkningar, det vill säga trafiksäkerhet, arbetsmiljö, miljöpåverkan, kostnader och samhällsekonomisk nytta, vilka inte omfattas av detta effektsamband.

Resultat

Utredningsalternativet (UA) medför i förhållande till jämförelsealternativet (JA) följande effekter på antalet fel och säkerhetsbesiktningsanmärkningar:

- En halvering av det totala antalet fel, varav likaså en halvering av antalet signalrelaterade fel.
- En halvering av antalet säkerhetsbesiktningsanmärkningar
- Varaktigheten hos ovan nämnda halveringar varar så länge som de kompletterande åtgärderna fortlöpande utförs.

Om vi har tillgång till data över felhändelser och merförseningar för den aktuella plankorsningen genomförs en effektbedömning så här:

1. Summera antalet fel för den aktuella plankorsningen under en lämplig, helst flerårig, period.
2. Beräkna merförseningsmängd för samma period.
3. Beräkna historisk felfrekvens
4. Beräkna den genomsnittliga merförseningen som ett fel medför i den aktuella plankorsningen.
5. Räkna med att utredningsalternativet innebär en halvering av det totala antalet årliga fel, varav likaså en halvering av antalet signalrelaterade fel.
6. Räkna även med en halvering av antalet säkerhetsbesiktningsanmärkningar per år.
7. Beräkna utredningsalternativets förväntade merförseningar genom att använda antalet förväntade fel multiplicerat med genomsnittlig merförsening per fel i den aktuella korsningen.

Beräkningsexempel

Effektbedömning om vi har tillgång till data över felhändelser och merförseningar för den aktuella plankorsningen genomförs så här:

1. Summera antalet fel för den aktuella plankorsningen för en lämplig, helst flerårig, period. Låt oss anta att vår plankorsning under perioden 2012-01-01 – 2016-08-31 har drabbats av 56 fel.
2. Beräkna merförseningsmängd för samma period. Låt oss anta att samlad merförsening under perioden är 924 tågminuter.

3. Beräkna historisk felfrekvens. $56/(4\text{år } 8\text{mån})=12$ fel/år.
4. Beräkna den genomsnittliga merförseningen som ett fel medför i den aktuella plankorsningen. $924/56=16,5$ minuter/fel.
5. Räkna med att utredningsalternativet innebär en halvering av det totala antalet fel, varav likaså en halvering av antalet signalrelaterade fel.
6. Räkna även med en halvering av antalet säkerhetsbesiktningsanmärkningar
7. Beräkna utredningsalternativets förväntade merförseningar genom att använda antalet förväntade fel multiplicerat med genomsnittlig merförsening per fel i den aktuella korsningen.

Tabell 3 Effektbedömning med aktuella genomsnittsvärden.

Effektbedömning för en plankorsning	Före åtgärd (jämförelsealternativet)	Under åtgärd dvs. så länge som paketet med kompletterande åtgärder är i drift (utredningsalternativet)
Registrerat resp. bedömt antal fel per år	$F_j = 56/4,67=12$	$F_u=12/2 = 6$
Genomsnittlig merförsening per fel	16,5 tågminuter per fel	
Förväntad mängd merförsening tågminuter per år	$M_j=12*16,5 = 198$ tågminuter per år	$M_u=6*16,5 = 99$ tågminuter per år
Nytta	Nytta = $M_j-M_u= 198 - 99$ tågminuter= 99 tågminuter.	

Exemplet i Tabell 3 ovan visar hur man kan räkna om man har tillgång till aktuella data för en viss plankorsning.

Kvalitetsbedömning av effektsambandet

Subjektiv effektbedömning.

Samhällsekonomisk värdering av effekterna

Den samhällsekonomiska kostnaden av merförseningar beräknas med hjälp av tidsvärden för gods och tågpassagerare enligt ASEK.

6.2. Miljö

6.2.1. Buller och vibrationer

6.2.1.1. Järnvägsinfrastruktur och buller

Underhållet av rälsen har stor betydelse för uppkomsten av buller och kan orsaka stora skillnader av bulleremissionerna. Bullernivån från en tågtyp, varierar avsevärt från plats till plats, även vid samma tåglängd och hastighet. Det mesta av variationen orsakas av skillnader i rälsens ytjämnhet på olika platser. Bullret ökar med hastigheten och är beroende av rälsytans och hjulringens ytjämnhet. Genom regelbunden räls slipning kan löpbanan på rälsen hållas så jämn som möjligt. Kurvskrik kan bekämpas genom smörjning av rälerne. Extra underhållsinsatser ur bullerskäl är främst motiverade i befolkningstäta områden.

För att minska själva ljudalstringen från spåret är det tekniskt möjligt att utforma spåret så det är så tyst som möjligt. Hårdare mellanlägg på rälsbefästningar, jämfört med vad som är normalt i Sverige idag, skulle kunna leda till mindre ljud från rälen. Nackdelen med detta är att det man vinner ur bullersynpunkt kan vara negativt sett utifrån andra aspekter, som t ex risk för mer slitage, rälsprickor m m.

En annan bulleråtgärd på spåret är att montera ljuddämpare på rälsen, så kallade rälsdämpare. Denna åtgärd ger effekt om hjulet är tyst nog. Bullerreduktionen är beroende av trafikeringen och en effekt på 1-7 dBA bedöms vara teknisk möjlig. Den bullerreducerande effekten är lägst för befintliga gamla godsvagnar som är lastade så att det förekommer skakningsljud. Effekten är högst för nya tågtyper med relativt tysta hjul.

Stålbroar medför högre rullningsbuller jämfört med betongbroar. Bullret kan motverkas vid utformningen av bron och genom lämplig isolering mellan spår och bro, i första hand genom val av rälsbefästningar med låg mellanläggstyvhet. Även montage av rälsdämpare kan ha god effekt.

Stomljud förekommer främst vid tunnel i berg och i byggnader grundlagda på berg. Stomljud upplevs som ett dovt mullrande ljud inomhus under den tid det tar för tåget att passera. Tåget som passerar i tunneln sätter igång vibrationerna i marken under rälsen och vibrationerna fortplantas till omgivningen och till ovanpåliggande byggnader. Ljudet uppstår genom att byggnadsytor vibrerar och alstrar ett lågfrekvent buller. Hur effektivt vibrationerna fortplantas beror främst på berggrundens egenskaper och husets grundläggning. Stomljud kan motverkas genom olika typer av vibrationsisolering mellan spår och mark. Denna åtgärd kan vara aktuell i samband med nybyggnad av tunnel.

6.2.1.2. Vibrationer från järnväg

Vibrationsalstring från spårburen trafik är beroende av trafikeringen dvs. tågtyp, axellast, total vagnvikt, hastighet, tåglängd och antal tåg. Även faktorer som bankroppens uppbyggnad, olika typer av spårkomponenter, spårets underhåll och tillstånd, markförhållanden i omgivningen och intilliggande byggnaders konstruktion har betydelse för vilka vibrationsnivåer som uppstår.

Viktiga vibrationskällor för järnvägssystemet:

- Växlar, skarvar, broar m.fl. störande moment i banan
- Bankroppens uppbyggnad

- Undergrundens sammansättning
- Hängande sliper
- Långvägiga ojämnheter
- Äldre banor som saknar stabiliserad banunderbyggnad

Godstågen genererar oftast de högsta vibrationsnivåerna. Persontåg genererar generellt betydligt lägre vibrationsnivåer, som oftast inte är kännbara eller störande.

Förutom tågtyp, tåglängd och hastighet har även underhållet av fordonen troligen en viss betydelse för vibrationsemissionerna. Hjulstatusen kan variera mellan vagnar och lok i varje enskilt tågset.

Godståg består vanligen av ett stort antal olika vagn typer, alla med varierande ålder. Vagnarna har ofta enklare konstruktioner med avseende på hjulupphängning jämfört med personvagnar.

Det finns inga bestämmelser om högsta tillåtna vibrationsnivåer från tågfordon och vagnar.

6.2.2. Kadaverrensning

Tågtrafiken är den dominerande orsaken till trafikdödade örnar i Sverige. Ett typiskt scenario är att ett kadaver (tidigare trafikdödat djur) på eller nära järnvägen, lockar till sig diverse asätande fåglar, däribland örnar, som därefter dödas av ett passerande tåg. Grundorsaken till problematiken med dödade örnar (och andra djur som födosöker på kadaver) är alltså att de dödas mycket nära i anslutning till väg och järnväg och sekundärt att de dödade djuren förblir liggande lång tid i anslutning till väg/järnväg.

Örn (Kungsörn och Havsörn) är *skyddsvärda arter enligt Artskyddsförordningen och Fågeldirektivet*. En försvårande omständighet handlar rent ekologiskt inte bara om antal utan även om vilka örnar som dödas. Det har visat sig att det är örnar med högst rang som blir sittande på kadaver, örnar med lägre rang hålls borta från kadavret. Det innebär att det är de "produktiva" örnarna som dödas i populationerna, dvs. de som hävdar revir och får ungar. En örn som dödas på detta sätt innebär alltså en större förlust för populationen och dess utveckling, än enbart den dödade individen i sig.

Den åtgärd som detta effektsamband avser är omhändertagande av kadaver enligt TDOK 2012:149, avsnitt 5.12. Detta effektsamband fokuserar på tiden från påkörning av djur (som kan utgöra attraktivt kadaver) fram till dess att kadavret omhändertas, här benämnt omhändertagandetid. Tiden som ett kadaver ligger kvar har stor betydelse för sannolikheten att en örn dödas av efterkommande tågpassage. TDOK 2012:149 uttrycker inga konkret kvantifierade krav på omhändertagandetid, så detta effektsamband utgör en komplettering.

Nationella viltolycksrådet har satt upp målet att platsbesök av jägare ska ske inom två timmar efter rapporterad olycka. Om detta skulle uppfyllas för djurolyckor på järnväg kommer olyckorna med örnar som sitter på påkörda kadaver att minska kraftigt. Om detta genomförs i praktiken kan detta effektsamband justeras.

Aktuella uppgifter om dödade örnar finns i Ofelia. Man ska därvid beakta rapporterade djurolyckor med artbenämning "Kungsörn", "Havsörn", och "Örn". Data före 2012 kan vara ofullständiga, men

kvaliteten i senare års statistik förbättras gradvis. Alternativt kan man använda den förenklade sammanställningen i över dödade örnar per stråk 2012-2016 i Tabell 5.

Effektsambandet ska användas vid planering och kravställning av omhändertagandetider i de skötselåtgärder som innefattar omhändertagande av kadaver. Effektsambandet kan även användas i dialoger med djurägare.

Eventuella viltskyddsåtgärder som minskar antalet primärt tågdödade djur, minskar också risken för att örnar dödas. Likaså ska man vara uppmärksam på att ändrad trafikering (antal tåg eller hastighet) också påverkar risken för djurolyckor.

Resultat

Utredningsalternativet innebär val av tidsgräns från ursprunglig djurpåkörning till att omhändertagande av kadaver är slutfört, för en avgränsad del av järnvägsnätet. Detta benämns målnivå för omhändertagandetid.

Jämförelsealternativet innebär befintlig genomsnittlig omhändertagandetid, alltså genomsnittlig tid från ursprunglig djurpåkörning till att omhändertagande av kadaver är slutfört, för samma avgränsade del av järnvägsnätet.

Detta effektsamband har kvalitetsnivån Subjektiv effektbedömning.

Om underlag saknas för bättre bedömning, får man anta att omhändertagandetider mindre än 1 dygn (24 timmar) efter ursprunglig djurpåkörning har begränsad betydelse, eftersom kadavret då ännu inte hunnit upptäckas av örnar. I nedanstående beräkning betecknas denna tidsgräns med T1, och tillhörande antal dödade örnar betecknas A1. Antalet A1 innefattar också de örnar som dödas av tåg utan att ha ägnat sig åt födosök på kadaver. Om underlag saknas för bättre bedömning, får man anta att A1 är 20% av A2.

Det finns också en övre tidsgräns, efter vilket kadavret är i stort sett uppätet. Om man inte har underlag för en bättre fackmässig bedömning, får man anta att denna tidsgräns är 10 dygn efter ursprunglig djurpåkörning. I nedanstående beräkning betecknas denna tidsgräns med T2, och tillhörande antal dödade örnar betecknas A2. A2 antas här innebära det antal örnar som kan förväntas dödas om ingen kadaverrensning utförs alls, och antas självklart ha det relativa värdet 100%.

Tabell 4 Jämförelse- och utredningsalternativ

Jämförelsealternativ (Befintliga förhållanden)		Utredningsalternativ	
Genomsnittlig omhändertagandetid Tj Anm. 1		Målnivå för omhändertagandetid Tu Anm. 2	
Genomsnittligt antal dödade örnar per år Aj Anm. 3		Beräknat antal dödade örnar per år Au Anm. 4	

Anm. 1:

Jämförelsealternativet - Om befintlig genomsnittlig omhändertagandetid Tj är okänd, får den antas vara 7 dygn.

Jämförelsealternativet – Vid befintlig genomsnittlig omhändertagandetid $T_j < T_1$, får potentialen för ytterligare förbättringar antas vara försumbar.

Anm. 2:

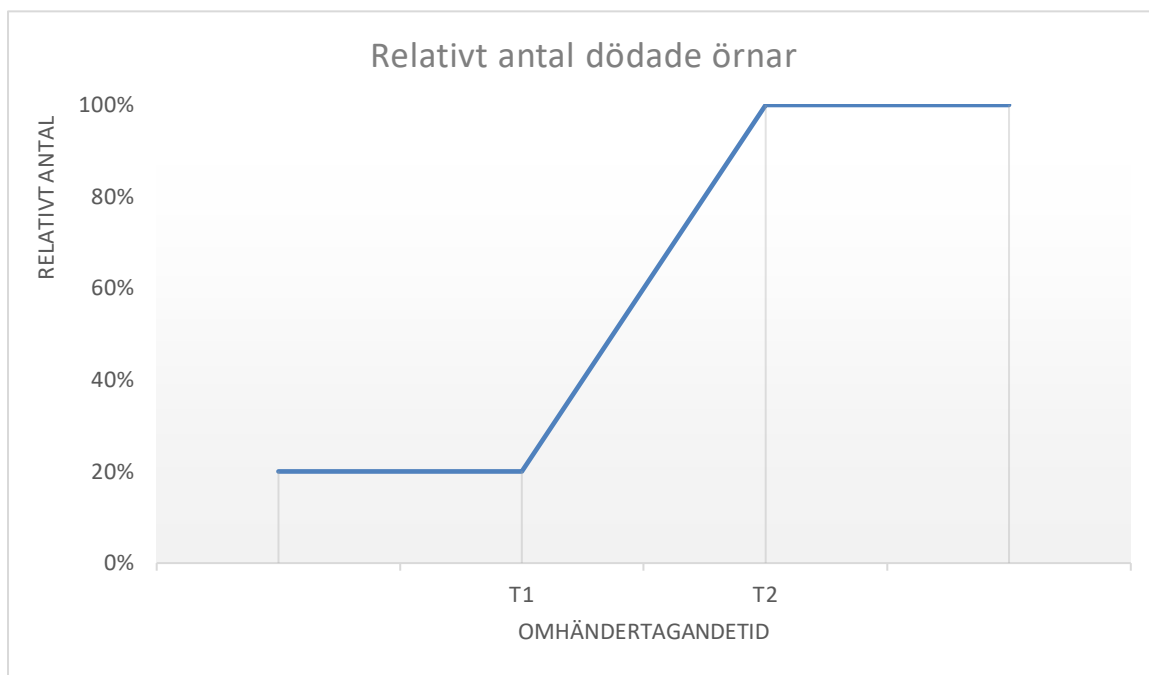
Utredningsalternativet – Här anges en målnivå för omhändertagandetid.

Anm. 3:

Jämförelsealternativet - Befintligt antal dödade örnar bör baseras på ett genomsnitt över åtminstone 5 år. Decimaler får användas.

Anm. 4:

Beräkning av resulterande antal dödade örnar vid alternativa målnivåer för omhändertagandetider görs enklast genom grafisk interpolation i grafen i Figur 1.



Figur 1 Relativt antal dödade örnar, som en funktion av omhändertagandetid.

Med antagna värden på T1, T2, och A1 (1 dygn, 10 dygn, resp. 20 %) kommer lutningen på grafen mellan T1 och T2 att bli 0,089 (8,9 %). Om genomsnittlig omhändertagandetid förlängs med 1 dygn ökar alltså antalet årliga olyckor med 8,9 % av det totala möjliga antalet olyckor (fram till omhändertagandetiden 10 dygn).

Samhällsekonomisk värdering av effekterna

Värdering av effekterna bör snarare ske med beskrivning av det bidrag till berörda miljömål som det ger.

Beräkningsexempel

Vi studerar ett avsnitt som består av 30 % av Ostkustbanan. Om vi saknar verkliga data från den aktuella sträckan, får vi nöja oss med sammanställda data enligt Tabell 5. **Fel! Hittar inte referensskälla..** Där kan vi se att Ostkustbanan under 2012-2016 haft 38 st rapporterade dödade örnar, vilket utgör 7,6 st/år. Eftersom vi studerar 30 % av banans längd, kan vi anta att det på den aktuella sträckan dödas $7,6 * 0,3 = 2,3$ örnar per år.

Eftersom vi inte har tillgång till bättre information, antar vi att befintlig genomsnittlig omhändertagandetid T_j är 7 dygn.

Alltså:

Jämförelsealternativ (Befintliga förhållanden)	
Genomsnittlig omhändertagandetid T _j	7 dygn
Genomsnittligt antal dödade örnar per år A _j	2,3 st dödade örnar/år

Vi använder oss likaså av antagandet att den övre tidsgränsen sätts till 10 dygn samt antagandet att antalet dödade örnar vid tidsgränsen T₁ = 20 % av antalet vid övre tidsgränsen T₂.

Beräkning av andelen dödade örnar efter 7 dygn görs enligt nedan:

$$0,2 + 0,089 \cdot (7-1) = 0,734 = 73 \%$$

Det vill säga att för omhändertagandetid upp till 1 dygn efter ursprunglig djurpåkörning dödas som ett grundantagande 20 % av det maximala antalet. Därefter, om omhändertagandetiden löper in i nästföljande 6 dygn (7 dygn minus det första dygnet), dödas ytterligare 8,9 % av det maximala antalet.

A₂, dvs. antalet dödade örnar/år vid övre tidsgränsen T₂, beräknas enligt nedan:

$$0,734 \cdot A_2 = 2,3 \text{ st dödade örnar/år}$$

$$A_2 = 2,3 / 0,734 = 3,13 \text{ st dödade örnar/år}$$

Beräkning av andelen dödade örnar/år efter nytt målvärde för omhändertagande, T_u = 3 dygn, görs enligt nedan:

$$0,2 + 0,089 \cdot (3-1) = 0,378 = 38 \%$$

Beräkning av antalet dödade örnar/år efter 3 dygns omhändertagandetid:

$$A_u = 0,38 \cdot 3,13 = 1,19$$

Alltså:

Jämförelsealternativ (Befintliga förhållanden)		Utredningsalternativ	
Genomsnittlig omhändertagandetid Tj	7 dygn	Målnivå omhändertagandetid Tu	3 dygn
Genomsnittligt antal dödade örnar per år Aj	2,3 st dödade örnar/år	Beräknat antal dödade örnar per år Au	1,19 st dödade örnar/år

I detta exempel har alltså en minskning av omhändertagandetiden för kadaver från 7 till 3 dygn minskat antalet dödade örnar med $2,3 - 1,19 = 1,11$ st per år på det studerade banavsnittet.

Dödade örnar per stråk 2012-2016

Om specifik data saknas för den aktuella sträckan som analyseras, kan följande förenklade sammanställning istället användas.

Tabell 5 Dödade örnar per stråk 2012-2016

Stråk	Antal dödade örnar				
	2012	2013	2014	2015	2016
(Forsmo)-(Hoting)	0	0	0	1	0
(Hällnäs)-(Storuman)	0	0	2	0	0
(Sala)-Oxelösund	0	1	0	0	0
Bergslagsbanan	1	0	0	0	0
Bergslagspendeln	0	0	1	0	0
Blekingekustbanan	0	1	0	1	1
Bohusbanan	0	0	0	1	1
Botniabanan	0	0	0	0	2
Dalabanan	2	1	1	4	1
Godsstråket genom Bergslagen	0	0	1	0	1
Göteborgs närområde	0	0	0	3	0
Inlandsbanan	0	1	0	0	0
Kust till kustbanan	0	2	0	2	1
Malmbanan	9	6	3	14	3

Stråk	Antal dödade örnar				
	2012	2013	2014	2015	2016
Mälardalsbanan	1	1	0	2	1
Norge/Vänerbanan med Nordlänken	2	0	1	1	1
Norra Stambanan	1	2	1	1	2
Nynäsbanan	3	2	0	1	1
Ostkustbanan	5	8	9	7	9
Skånebanan	1	1	1	1	0
Stambanan genom Övre Norrland	7	3	5	1	5
Stångådalsbanan	4	3	1	4	1
Svealandsbanan	0	0	0	0	1
Södra Stambanan	7	4	7	4	7
Tjustbanan	1	1	2	6	5
Viskadalsbanan	0	0	0	1	0
Värmlandsbanan	1	0	0	0	0
Västskustbanan	0	0	0	1	1
Västra Stambanan	8	4	4	8	13
Ystadbanan	1	6	1	0	1
Ådalsbanan	1	0	0	0	0
Älvsborgsbanan	0	0	0	0	3

Referenser

Djurpåkörning på väg och järnväg, Rutinbeskrivning, TDOK 2012:149, Trafikverket 2016-02-26

Artskyddsförordning (2007:845)

Fågeldirektivet (Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/147/EG av den 30 november 2009 om bevarande av vilda fåglar)

Viltsäker järnväg, Förstudie 2015-05-24, Trafikverket, FoI-projekt 5819

Nationell förvaltningsplan för kungsörn – 2013–2017 Naturvårdsverket rapport 8649, mars 2013

Åtgärdsprogram för kungsörn, 2011–2015 Naturvårdsverket Rapport 6430, maj 2011

Åtgärdsprogram för havsörn 2009–2013 Naturvårdsverket Rapport 5938, januari 2009

Effektsamband för kadaverrensning – beräkningshjälpmedel. Excelarbetsbok.

6.3. Trafikförändring och underhållskostnader på järnväg

Järnvägen brukar av tradition kopplas samman med industrier som har fallande styckkostnader, d.v.s. stora fasta kostnader som i takt med att produktionsvolymen ökar kan fördelas på fler producerade enheter. Ett sådant förhållande indikerar att en ökad trafikvolym ger kostnadsökningar som inte är i proportion med trafikökningen och således en så kallad kostnadselasticitet som är under 1. Dock finns förhållandet att när den initiala trafikvolymen är hög så kommer effekten på kostnaderna att bli större än i fallet med låga initiala trafikvolymen. Vid mycket högt kapacitetsutnyttjande så är det dock troligt att elasticiteten är högre än så.

Utifrån de studier som finns i ämnet gör Trafikverket bedömning att följande samband ska tillämpas.

Trafik på banor med trafikering < 3 Mbrt

Kostnadselasticitet, 0,2 , dvs 10 % trafikökning ger 2 % ökade underhållskostnader för spår

Trafik på banor mellan 3Mbrt och 10 Mbrt

Kostnadselasticitet, 0,3 , dvs 10 % trafikökning ger 3 % ökade underhållskostnader för spår

Trafik på banor över 10 Mbrt

Kostnadselasticitet, 0,45 , dvs 10 % trafikökning ger 4,5 % ökade underhållskostnader för spår

Trafik på banor med högt kapacitetsutnyttjande (över 80% under vardagsmedeldygn), till exempel storstad, högt belastade enkelspår

Vederhäftigt samband saknas och dokumenterad kapacitetsanalys ska genomföras.



TRAFIKVERKET

Trafikverket, 781 89 Borlänge. Besöksadress: Röda vägen 1.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

www.trafikverket.se