

## Marginalkostnader för järnvägsunderhåll: trafikens påverkan på olika anläggningar

Kristofer Odolinski – Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI)

CTS Working Paper 2018:24

### *Abstract*

En del av banavgiften för nyttjandet av infrastrukturen består av kostnader för järnvägsunderhåll som uppstår som en direkt följd av tågtrafiken. Då nedbrytning och slitage av vissa järnvägsanläggningar och komponenter inte påverkas av trafik, kan det göras gällande att underhållskostnader för dessa inte bör ingå i en marginalkostnadsbaserad avgift. I denna studie skattar vi kostnadselasticiteter med en ekonometrisk metod för att undersöka om och hur trafik påverkar underhållskostnader för olika grupper av järnvägsanläggningar. Resultaten visar att det finns statistiskt signifikanta samband mellan trafik och underhållskostnader för anläggningsgrupperna Bana, El, Signal och Tele. En förklaring till sambanden för exempelvis signal- och teleanläggningar är att mer förebyggande underhåll genomförs för att upprätthålla en viss tillförlitlighet hos anläggningen när trafiken ökar och därmed undvika en ökad kostnad för inställda och försenade tåg – en kostnad som kan öka oavsett om mer trafik orsakar en ökad nedbrytning eller inte.

*Nyckelord:* underhåll; marginalkostnad; järnväg

*JEL-koder:* H54; L92; R48

# Marginalkostnader för järnvägsunderhåll: trafikens påverkan på olika anläggningar

Kristofer Odolinski, VTI

## Abstract

En del av banavgiften för nyttjandet av infrastrukturen består av kostnader för järnvägsunderhåll som uppstår som en direkt följd av tågtrafiken. Då nedbrytning och slitage av vissa järnvägsanläggningar och komponenter inte påverkas av trafik, kan det göras gällande att underhållskostnader för dessa inte bör ingå i en marginalkostnadsbaserad avgift. I denna studie skattar vi kostnadselasticiteter med en ekonometrisk metod för att undersöka om och hur trafik påverkar underhållskostnader för olika grupper av järnvägsanläggningar. Resultaten visar att det finns statistiskt signifikanta samband mellan trafik och underhållskostnader för anläggningsgrupperna Bana, El, Signal och Tele. En förklaring till sambanden för exempelvis signal- och teleanläggningar är att mer förebyggande underhåll genomförs för att upprätthålla en viss tillförlitlighet hos anläggningen när trafiken ökar och därmed undvika en ökad kostnad för inställda och försenade tåg – en kostnad som kan öka oavsett om mer trafik orsakar en ökad nedbrytning eller inte.

*Tack till Jan-Eric Nilsson för värdefulla kommentarer och synpunkter på en tidigare version av studien. Alla återstående felaktigheter är författarens ansvar. Tack även till Anna Willershausen (Trafikverket), Vivianne Karlsson (Trafikverket), Anne-Lie Mathiesen (Trafikverket) och Anders F. Nilsson (Trafikverket) för hjälp med att leverera data.*

*Nyckelord:* underhåll; marginalkostnad; järnväg

*JEL-koder:* H54; L92; R48

## Sammanfattning

Järnvägsanläggningen består av en rad olika sorters utrustning och komponenter som kan delas upp i anläggningsgrupperna Bana (banöverbyggnad, banunderbyggnad, bangård), El, Signal, Tele och Övriga anläggningar. Tågtrafik orsakar nedbrytning och slitage av olika komponenter inom en del av dessa anläggningsgrupper, medan exempelvis slitage av signal- och teleutrustning inte torde variera med trafik. Kommissionens genomförandeförordning (EU 2015/909) anger att exempelvis signal- och teleutrustning inte får ingå i avgifter för att täcka kostnader för underhåll, såvida det inte kan påvisas att kostnaderna uppstår som en direkt följd av tågtrafiken. Syftet med föreliggande rapport är att skatta kostnadselasticiteter med avseende på trafik för olika grupper av järnvägsanläggningar, samt beräkna marginalkostnader per tåg- respektive bruttotonkilometer.

Resultaten visar att det finns orsakssamband mellan ökad trafik och ökade underhållskostnader för anläggningsgrupperna Bana samt El, Signal, Tele och Övrigt. En förklaring till att det finns statistiskt signifikanta samband för de anläggningar som inte bryts ned av trafik är att mer förebyggande underhåll genomförs för att upprätthålla en viss tillförlitlighet hos anläggningen och undvika ökade störningskostnader – en kostnad som kan öka oavsett om trafiken har orsakat en nedbrytning eller inte.

Huruvida en avgift bör baseras på en marginalkostnad per tågakilometer eller per bruttotonkilometer beror på vad som driver underhållskostnaderna och hur en viss uttagsenhet påverkar beteendet hos tågoperatorerna. Slutsatsen är att det finns anledning att använda bruttotonkilometer som avgiftsenhet för underhållskostnader inom Bana eftersom dessa har en nedbrytning som främst är beroende av tågens bruttovikt, medan tågakilometer kan vara lämpligt för El, Signal, Tele och Övriga anläggningar. När det gäller elanläggningar beror slutsatsen på att kontaktledningar har en nedbrytning som är mer beroende av antal tågpassager snarare än tågens vikt. Signal, Tele och Övriga anläggningar torde inte ha någon trafikberoende nedbrytning, utan sambandet mellan trafik och underhållskostnader drivs snarare av en strategi att minimera den förväntade störningskostnaden, en kostnad som bör påverkas mer av linjens kapacitetsutnyttjande jämfört med tågens kapacitetsutnyttjande, vilket gör tågakilometer till en lämpligare avgiftsenhet. Kapacitetsutnyttjandets effekt på kostnader kan göra att en tågakilometeravgift även är lämplig för underhållskostnader inom anläggningsgruppen Bana för de delar av järnvägsnätet där kapacitetsutnyttjandet är särskilt högt. När så är fallet är föremål för framtida forskning.

## 1. Introduktion

I den Europeiska Kommissionens genomförandeförordning (EU 2015/909) fastställs förfaranden för beräkning av de direkta kostnaderna som tågtrafiken orsakar. Dessa kostnader utgör en grund för de banavgifter som infrastrukturförvaltare kan ta ut av tågoperatörer för nyttjande av infrastrukturen.

I genomförandeförordningens Artikel 4.1 anges de kostnader som inte får ingå. Exempel är kostnader för sensorer samt kommunikations- och signalutrustning. En anledning anges vara att slitage av denna utrustning inte varierar med trafiken. Samtidigt får kostnader för samma utrustning ingå i avgiften om det kan påvisas att de uppstår som en direkt följd av den tågtrafik som bedrivs. Detsamma gäller kostnader för elförsörjningsutrustning för drivmotorström. Då vissa underhållsåtgärder – såsom besiktning – utförs på dessa anläggningar i varierande grad beroende på trafikering (se exempelvis Trafikverket 2015a, 2015b och 2016) finns det anledning att undersöka om och hur deras underhållskostnader varierar med trafik.

Syftet med föreliggande studie är att skatta kostnadselasticiteter med avseende på trafik för olika grupper av järnvägsanläggningar. Med dessa elasticiteter som grund diskuteras om underhållskostnader för olika typer av utrustning kan ingå i banavgifter för nyttjandet av infrastrukturen.

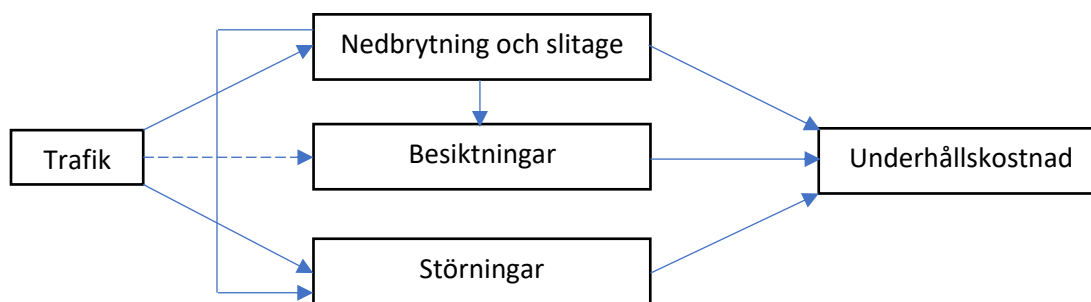
De kostnader per enhet som får användas enligt genomförandeförordningen är kostnad per fordonskilometer, tågkilometer eller bruttotonkilometer. I beräkningen får en kombination av dessa enheter användas, men endast om "...denna beräkningsmetod inte ändrar det direkta orsakssambandet med den bedrivna tågtrafiken." (Artikel 5.1, sid. 21, EU 2015/909). I föreliggande studie används både tågkilometer och bruttotonkilometer i beräkningen av kostnadselasticiteter och marginalkostnader. Anledningen är att nedbrytning eller andra kostnadsdrivare kan vara mer beroende av antal tågpassager snarare än tågens vikt, eller omvänt. Samtidigt finns det ofta en hög samvariation mellan dessa storheter (många tåg innebär ofta många bruttoton och vice versa). Genom att testa båda enheterna i beräkningen kan vi undersöka eventuella skillnader i resultat, dvs. se hur viktig distinktionen mellan trafikenheter är för olika anläggningsgrupper.

I avsnitt 2 presenteras en hypotes om den kausala strukturen mellan trafik och underhållskostnader. Metoden vi använder för att skatta kostnadselasticiteter och beräkna marginalkostnader presenteras

i avsnitt 3 tillsammans med en specifikation av modellen. I avsnittet beskrivs även hur de olika anläggningarna grupperas i modellskattningarna. Avsnitt 4 beskriver de data som används i studien. Resultaten från modellskattningarna redovisas i avsnitt 5 (och i bilagan). Rapporten avslutas med en diskussion och slutsatser i avsnitt 6.

## 2. Hypotes om kausal struktur mellan trafik och underhåll

Hypotesen om den kausala strukturen mellan trafik och underhåll illustreras i Figur 1 och liknar i stort den som anges av Nilsson och Odolinski (2018) för reinvesteringar.



Figur 1. Hypotes om kausal struktur mellan trafik och underhåll (omarbetad figur från Nilsson och Odolinski (2018))

Trafik orsakar nedbrytning och slitage av järnvägen, vilket kräver att underhållsåtgärder utförs för att upprätthålla en viss funktion (exempelvis mätt som tillförlitlighet) och för att minimera anläggningens livscykelkostnad (ackumulerade underhålls- och störningskostnader). Underhållsåtgärder kan bestå av exempelvis spårslipning, spårriktning, mindre utbyten av komponenter etc. Dessa åtgärder kan vara tillståndsbaserade och föregås av en besiktning, men de kan även vara förutbestämda, dvs. ingen kontroll av tillståndet har utförts i förväg (därför den direkta kopplingen mellan nedbrytning och slitage till underhållskostnad i Figur 1). Nedbrytning och slitage kan också leda till störningar i trafiken (inställda eller försenade tåg) och behöver då åtgärdas med ett avhjälpande underhåll.

Av Figur 1 framgår att det även finns en direkt koppling mellan trafik och störningar. Anledningen är att en anläggning blir känsligare för störningar när kapacitetsutnyttjandet ökar (se exempelvis

Abril et al. (2008), Lindfeldt (2015) och Andersson et al. (2017, kap. 8, sid. 22–23)). Detta kan kräva mer förebyggande underhåll (förutbestämt och/eller tillståndsbaserat) för att undvika avhjälpande underhåll. Med andra ord genomförs mer underhåll p.g.a. en ökad förväntad störningskostnad när trafiken ökar. Trafik har även en direkt (streckad) koppling till besiktningar. Anledningen är att en besiktning inte behöver föranledas av en trafikberoende nedbrytning; det finns även andra orsaker till nedbrytning och slitage – exempelvis väder och vind – som skapar ett behov av att besikta anläggningen (oftare) när den trafikeras (mer) för att upptäcka defekter och genomföra åtgärder för att undvika störningar och avhjälpande underhåll. Sammanfattningsvis innebär denna del av den kausala strukturen att ökad trafik kan leda till mer underhåll även när en anläggning inte har en trafikberoende nedbrytning.

### 3. Metod och modellspecifikation

Enligt marginalkostnadsprincipen bör banavgiften baseras på en marginalkostnad för tågtrafik, då det skapar ett effektivt användande av infrastrukturen.<sup>1</sup> Specifikt definierar vi den kortsiktiga marginalkostnaden ( $MK$ ) som den extra kostnad ( $K$ ) som orsakas av en extra enhet trafik ( $Q$ ) som rör sig en viss längd (här kilometer,  $km$ ) på infrastrukturen (se exempelvis Munduch et al. (2002) eller Odolinski och Nilsson (2017)):

$$MK = \frac{\partial K}{\partial Qkm} = \frac{Qkm}{K} \frac{\partial K}{\partial Qkm} \frac{K}{Qkm} = \frac{\partial \ln K}{\partial \ln Q} \frac{K}{Qkm}, \quad (1)$$

Det innebär att marginalkostnaden beräknas genom att multiplicera trafikens kostnadselasticitet ( $\frac{\partial \ln K}{\partial \ln Q}$ ) med genomsnittskostnaden ( $\frac{K}{Qkm}$ ). Det aktivitetsmått som används ( $Qkm$ ) kan vara antingen tåg- eller bruttoton-km.

---

<sup>1</sup> Principen anger att priset ska vara lika med marginalkostnaden, men det finns situationer då det är relevant att avvika från marginalkostnaden (se Rothengatter (2003)). En effektiv prissättningspolicy bör dock åtminstone baseras på en marginalkostnad (Nash 2003).

För att beräkna en marginalkostnad behöver vi skatta en kostnadselasticitet, i detta fall den proportionella förändringen i underhållskostnaden till följd av en proportionell förändring i trafik. Vi använder en ekonometrisk metod<sup>2</sup> och utgår från en kostnadsfunktion

$$K_{git} = f(Q_{it}, \sum_{l=1}^L X_{lit}, \sum_{m=1}^M Z_{mit}), \quad (2)$$

där  $g = \text{anläggningsgrupp}$ ,  $i = \text{bandel}$ ,  $t = \text{år}$ ,  $\sum_{l=1}^L X_{lit}$  är infrastrukturens egenskaper såsom rälsvikt och kvalitetsklass (kopplat till högsta tillåtna hastighet på banan),  $\sum_{m=1}^M Z_{mit}$  är dummyvariabler som anger när en bandel tillhör ett kontraktområde där underhållet har upphandlats i konkurrens (se Odolinski och Smith (2016)), eller under vilket år som underhållskostnaden observeras för att på så sätt fånga årsspecifika trender i kostnader.

Vi vet inte hur den verkliga kostnadsfunktionen ser ut i detta fall, men en bra utgångspunkt är den så kallade Translogmodellen som är en andra ordningens approximation av en kostnads- eller produktionsfunktion (se Christensen et al. (1971) eller Christensen och Greene (1976)). Modellen vi skattar är

$$\begin{aligned} \ln K_{git} = & \alpha + \beta_1 \ln K_{git-1} + \beta_Q \ln Q_{it} + \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q_{it})^2 + \sum_{l=1}^L \beta_l \ln X_{lit} + \\ & \frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \sum_{l=1}^L \beta_{ll} \ln X_{lit} \ln X_{lit} + \sum_{l=1}^L \beta_{lQ} \ln X_{lit} \ln Q_{it} + \\ & \sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^R \beta_{lr} \ln X_{lit} \ln X_{rit} + \sum_{d=1}^D \vartheta_d Z_{dit} + \mu_i + v_{git} \end{aligned} \quad (3)$$

där  $\alpha$  är en skalär,  $v_{git}$  är en felterm, och  $\mu_i$  är ej observerade bandelsspecifika effekter.  $\beta_Q$ ,  $\beta_{QQ}$ ,  $\beta_l$ ,  $\beta_{ll}$ ,  $\beta_{lQ}$ ,  $\beta_{lr}$  och  $\vartheta_d$  är parametrarna vi skattar. Vi testar Cobb-Douglas-restriktionen ( $\beta_{QQ} = \beta_{lQ} = \beta_{lr} = 0$ ). Vi använder en logaritmisk transformation av variablerna i skattningen då det kan hantera skevhet i feltermerna och problem med heteroskedasticitet (ej konstant varians). Det är

---

<sup>2</sup> En annan ansats är den ingenjörsmässiga metoden som utgår från en simuleringsmodell (se exempelvis Öberg et al. (2007)). Se Smith et al. (2017) för en diskussion om fördelar och nackdelar med de olika ansatserna.

även en vanlig transformation inom den tillämpade litteraturen kring järnvägstrafik och kostnader för infrastruktur (se exempelvis Link et al. (2008), Wheat et al. (2009), Wheat och Smith (2008), Smith och Wheat (2012), Odolinski och Nilsson (2017)).

I modellen ingår laggade underhållskostnader  $\ln K_{git-1}$  för att fånga dynamiska effekter; en förändring i underhållskostnader under ett år (exempelvis p.g.a. en trafikförändring) kan påverka underhållskostnader under kommande år. Förekomsten av dessa intertemporala effekter har belagts i Andersson (2008), Wheat (2015), Odolinski och Nilsson (2017) och Odolinski och Wheat (2018). Vi testar även att inkludera fler laggar, dvs.  $\ln K_{git-2}$ ,  $\ln K_{git-3}$  osv. En extra lagg i kostnaderna ger modellen större flexibilitet och innebär att vi hanterar ett (eventuellt) problem med autokorrelation i feltermerna (vilket kan innebära snedvridna resultat). Samtidigt innebär varje laggad kostnad att vi förlorar ett års observationer. Vi bestämmer antalet laggar i underhållskostnader genom att öka antalet tills vi kan acceptera nollhypotesen att det *inte* finns autokorrelation i feltermerna.

De laggade underhållskostnaderna  $\ln K_{git-1}$  korrelerar med de ej observerade bandelsspecifika effekterna ( $\mu_i$ ). Vi använder en så kallad "*forward orthogonal deviation*" (se Arellano and Bover (1995)) för att hantera dessa bandelsspecifika effekter. Därutöver korrelerar de laggade underhållskostnaderna med våra feltermen  $v_{it}$ . För att hantera detta använder vi instrument för den laggade variabeln, där de bästa tillgängliga instrumenten är längre laggar som därmed inte korrelerar med våra feltermen. Med metoden som föreslås av Holtz-Eakin et al. (1988) kan vi öka antalet laggar för instrumenten utan att förlora observationer i skattningen. Mer specifikt ersätts saknade värden med nollor och bildar momentvillkoret  $\sum_{i,t} \ln K_{gi,t-2} \hat{v}_{git} = 0$  (se även Roodman (2009a) för detaljer).

Med en laggad variabel för underhållskostnader kan vi beräkna "jämviktselasticiteter". Jämvikten i kostnader ( $K_{git}^j$ ) innebär att det inte finns en tendens att öka eller minska underhållskostnaden, allt annat lika (Odolinski och Wheat (2018)). Denna kostnadsnivå innebär därmed att  $K_{git} = K_{git-1} = K_{git}^j$ . Ekvation 3 kan då uttryckas som



$$\begin{aligned}
\ln K_{git}^j &= \alpha + \beta_1 \ln K_{git}^j + \beta_Q \ln Q_{it} + \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q_{it})^2 + \sum_{l=1}^L \beta_l \ln X_{lit} + \\
&\frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \sum_{l=1}^L \beta_{ll} \ln X_{lit} \ln X_{lit} + \sum_{l=1}^L \beta_{lQ} \ln X_{lit} \ln Q_{it} + \\
&\sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^R \beta_{lr} \ln X_{lit} \ln X_{rit} + \sum_{d=1}^D \vartheta_d Z_{dit} + \mu_i + v_{git}
\end{aligned} \tag{4}$$

Samlar vi jämviktskostnaden i vänsterled får vi

$$\begin{aligned}
\ln K_{git}^j (1 - \beta_1) &= \alpha + \beta_Q \ln Q_{it} + \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q_{it})^2 + \sum_{l=1}^L \beta_l \ln X_{lit} + \\
&\frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \sum_{l=1}^L \beta_{ll} \ln X_{lit} \ln X_{lit} + \sum_{l=1}^L \beta_{lQ} \ln X_{lit} \ln Q_{it} + \\
&\sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^R \beta_{lr} \ln X_{lit} \ln X_{rit} + \sum_{d=1}^D \vartheta_d Z_{dit} + \mu_i + v_{git}
\end{aligned} \tag{5}$$

vilket kan uttryckas som

$$\begin{aligned}
\ln K_{git}^j &= \frac{\alpha}{1-\beta_1} + \frac{\beta_Q}{1-\beta_1} \ln Q_{it} + \frac{1}{2} \frac{\beta_{QQ}}{1-\beta_1} (\ln Q_{it})^2 + \sum_{l=1}^L \frac{\beta_l}{1-\beta_1} \ln X_{lit} + \\
&\frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \sum_{l=1}^L \frac{\beta_{ll}}{1-\beta_1} \ln X_{lit} \ln X_{lit} + \sum_{l=1}^L \frac{\beta_{lQ}}{1-\beta_1} \ln X_{lit} \ln Q_{it} + \\
&\sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^R \frac{\beta_{lr}}{1-\beta_1} \ln X_{lit} \ln X_{rit} + \sum_{d=1}^D \frac{\vartheta_d}{1-\beta_1} Z_{dit} + \frac{\mu_i}{1-\beta_1} + \frac{v_{git}}{1-\beta_1}
\end{aligned} \tag{6}$$

Jämviktselasticiteten med avseende på trafik är då

$$\gamma_{git} = \frac{\partial \ln K_{git}^j}{\partial \ln Q_{it}} = \frac{\beta_Q}{1-\beta_1} + \frac{\beta_{QQ}}{1-\beta_1} \ln Q_{it} + \sum_{l=1}^L \frac{\beta_{lQ}}{1-\beta_1} \ln X_{lit} \tag{7}$$

Med en skattad kostnadselasticitet kan vi slutligen beräkna marginalkostnaden för varje anläggningsgrupp ( $g$ ), bandel ( $i$ ) och år ( $t$ )

$$MK_{git} = \hat{\gamma}_{git} \cdot \frac{\hat{K}_{git}}{Qkm_{it}} \quad (8)$$

där  $\hat{K}_{git}$  är predikterad kostnad som beräknas enligt (se exempelvis Munduch et al. 2002)

$$\hat{K}_{git} = \exp(\ln K_{git} - \hat{v}_{git} + 0.5\hat{\sigma}^2) \quad (9)$$

givet att vi har normalfördelade feltermen. Denna beräkning är nödvändig när vi använder en logaritmisk transformation av våra variabler och vill retransformera prediktionerna.

Slutligen beräknar vi en viktad marginalkostnad. En avgift som baseras på denna marginalkostnad ger samma intäkt som en avgift baserad på varje bandels individuella marginalkostnad (bandelsgenomsnitt av ekvation 8). Viktningen baseras på trafikmängd och innebär därmed att marginalkostnader på bandelar med låg trafikvolym får en låg vikt och vice versa. Mer specifikt beräknas den viktade marginalkostnaden enligt

$$MK_g^V = \sum_{it} MK_{git} \cdot \frac{Qkm_{it}}{(\sum_{it} Qkm_{it})} \quad (10)$$

### 3.1 Modeller och gruppering av anläggningar

Som framgår av Tabell 1 i avsnitt 4 har en del bandelar ingen underhållskostnad registrerad för alla anläggningsgrupper under alla år. Då vi använder en logaritmisk transformation av underhållskostnader i vår modellspecifikation kommer vi att förlora observationer där kostnaden är noll. Det kan ge snedvridna resultat eftersom det är ett aktivt beslutet att inte underhålla en viss anläggningsgrupp på en bandel under ett år. Vi får med andra ord en selektionseffekt om vi endast analyserar de observationer med en observerad kostnad. Slår vi samman en del av anläggningsgrupperna får vi emellertid en kostnad för varje observation och kan på så sätt undvika

en selektionseffekt. De anläggningsgrupper som kan antas ha liknande kausala strukturer mellan trafik och kostnader (se Figur 1) slås därför ihop i modellskattningarna. De aktuella anläggningsgrupperna är Bana (består av banöverbyggnad, banunderbyggnad och bangård), El, Signal, Tele och Övriga anläggningar. Det finns även kostnader som inte har redovisats på någon specifik anläggning och har därför kategoriserats som "Ingen anläggningstyp". Dessa kostnader består ofta av fasta betalningar inom underhållskontrakten. Vintertjänster finns även med som en kostnadskategori och består främst av snöröjning.

Anläggningsgruppen Bana består till stor del av komponenter som typiskt påverkas av trafik, medan Signal, Tele och Övriga anläggningar inte torde ha en nedbrytning som varierar med trafik. Bana får därmed utgöra en huvudgrupp i modellskattningarna, medan Signal, Tele och Övriga anläggningar utgör en annan. Inom gruppen elanläggningar ingår kontaktledningar vars slitage är trafikberoende, men denna anläggningsgrupp består även av delar som inte torde brytas ned av trafik (exempelvis transformatorstation och eldriftscentral). Vi genomför därför flera modellskattningar där elanläggningar antingen ingår i huvudgruppen Bana eller huvudgruppen Signal, Tele och Övriga anläggningar. Därutöver testar vi att inkludera Vintertjänster i de olika alternativen. De kostnader som finns redovisade som "Ingen anläggningstyp" fördelar vi ut på de olika anläggningsgrupperna genom att använda respektive grupps andel av totala kostnader (exklusive vintertjänster) för varje bandel och år. En jämförelse görs med modellskattningar där alla anläggningsgrupper och kostnader har slagits samman. Sammanfattningsvis innebär detta att vi skattar följande modeller och undersöker samband mellan trafik och olika anläggningsgrupper:

- Modell 1: Totala underhållskostnader (alla anläggningsgrupper, inkl. Vintertjänster).
- Modell 2a: Bana
- Modell 2b: El, Signal, Tele, Övriga anläggningar och Vintertjänster
- Modell 3a: Bana och El
- Modell 3b: Signal, Tele, Övriga anläggningar och Vintertjänster

- Modell 4a: Bana och Vintertjänster
- Modell 4b: El, Signal, Tele och Övriga anläggningar.
  
- Modell 5a: Bana, El och Vintertjänster
- Modell 5b: Signal, Tele och Övriga anläggningar

Ovanstående gruppering av kostnader innebär att vi undviker observationer med inga registrerade underhållskostnader och får därmed inte ett problem med selektionseffekter när vi använder en logaritmisk transformation av kostnader.

#### 4. Data

Deskriptiv statistik över det datamaterial vi använder i modellskattningarna presenteras i Tabell 1. Information om underhållskostnader har erhållits från Trafikverkets ekonomisystem Agresso. Uppdelningen av kostnader för olika anläggningsgrupper är baserad på kostnadens angivna anläggningstyp (text och kod) och den gruppering som finns enligt Trafikverkets standard BVS 811 (Trafikverket (2018)). Se Tabell 4 och 5 i Bilagan för en översikt kring hur de olika anläggningstyperna har grupperats i bearbetningen av kostnadsdata.

Trafikinformationen kommer från något olika datakällor, bl.a. BANSTAT och LUPP (se även Andersson (2006) och Andersson et al. (2016) för en beskrivning) och består av antal tågkilometer och bruttotonkilometer på olika delar av järnvägsnätet.

Information om infrastrukturen kommer från BanInformationsSystem (BIS) och består av ögonblicksbilder som har hämtats från databasen under varje år, från 1999 till 2016. Central information är uppgifter om spårkilometer och bankilometer, där den senare används för att beräkna tågdensitet (tåg-km/ban-km) och bruttotondensitet (bruttoton-km/ban-km). Dessa mått anger därmed antal tåg respektive antal bruttoton som har trafikerat hela bandelens längd under ett år, och de behöver inte vara heltal då en del tåg endast trafikerar ett avsnitt av bandelen. Antal spårkilometer är en variabel i modellskattningarna för att kontrollera för att en bandel har flera parallella spår. Infrastrukturens tekniska egenskaper såsom rälsålder, rälsvikt och kvalitetsklass

kan vara viktiga för att förklara skillnader i underhållskostnader mellan bandelar (och inom bandelar, dvs. skillnader över tid) och ska inte sammanblandas med den kortsiktiga effekten som en trafikökning har på underhåll (notera att det är den kortsiktiga marginalkostnaden vi skattar, till skillnad från en långsiktig marginalkostnad som även inkluderar kostnader för investeringar i infrastrukturen som kapacitetsökningar). Rålsålder, rålsvikt och kvalitetsklass varierar inom bandelarna och vi använder därför viktade medelvärden för dessa variabler, där vikterna baseras på spårlängden hos segmenten inom bandelarna som har en viss ålder, vikt och kvalitetsklass.

En del bandelar består främst av en station. Vi indikerar dessa med en dummyvariabel eftersom infrastrukturen och trafikeringen på stationsbandelar är annorlunda jämfört med övriga bandelar. Alla bandelar är indelade i fem olika administrativa regioner (region Väst, Norr, Mitt, Syd och Öst) vilket indikeras med dummyvariabler i datamaterialet. Förutom att fånga eventuella management-effekter kan dessa även fånga övriga regionsspecifika effekter såsom väder eller löneskillnader (geografiska variationer i inputpriser). För att fånga årsspecifika effekter inkluderar vi även dummyvariabler för år (deskriptiv statistik över dessa ingår ej i Tabell 1). När en bandel ingår i ett underhållskontrakt som upphandlats i konkurrens och när övergången från egen regi till konkurrens sker indikeras också med dummyvariabler (se även Odolinski och Smith (2016)).

Tabell 1. Data för 209 bandelar observerade under perioden 1999–2016, 3275 observationer.

Variabel	Median	Medel	St. av.	Min	Max
<i>Underhållskostnader</i>					
B1 – Banöverbyggnad*	3.42	5.95	8.95	0.00	145.28
B2 – Banunderbyggnad*	0.08	0.44	1.32	0.00	33.53
B3 – Bangård*	0.03	0.14	0.44	0.00	7.65
E – El*	0.33	0.77	1.25	0.00	15.25
S – Signal*	0.67	1.10	1.45	0.00	25.59
T – Tele*	0.02	0.12	0.33	0.00	6.37
Ö – Övriga	0.85	2.96	5.91	0.00	84.17
Ingen anläggningstyp*	0.35	1.05	2.75	0.00	54.66
Vintertjänster*	0.39	0.98	2.51	0.00	68.95
Totala underhållskostnader*	8.82	13.51	17.19	0.06	280.13
<i>Trafik</i>					
Tågkilometer, miljoner	0.45	0.74	0.87	0.00	4.87
Bruttotonkilometer, miljoner	152.60	368.75	519.09	0.00	4219.00
Tågdensitet (tåg-km/ban-km), miljoner	0.01	0.02	0.02	0.00	0.19
Bruttotondensitet (bruttoton-km/ban-km), miljoner	4.73	7.84	8.57	0.00	65.85
<i>Infrastruktur och organisation</i>					
Bankilometer	38.87	52.23	41.06	1.89	219.39
Spårkilometer	56.27	69.06	51.51	4.20	305.54
Antal spår	1.16	1.65	1.09	1.00	8.53
Rälsålder	19.37	20.71	10.53	1.00	96.00
Rälsvikt, kg per spårmeter	50.00	51.32	4.93	32.00	60.00
Kvalitetsklass (1–6)**	3.22	3.17	1.20	1.00	6.00
Antal skarvar	136.00	168.49	136.00	1.00	1254.00
Växlar, spårlängd, km	1.32	1.75	1.70	0.06	14.40
Tunnlar och broar, spårlängd, km	0.38	1.26	3.01	0.00	23.21
Dummyvariabel stationsbandel	0.00	0.11	0.32	0.00	1.00
Dummyvariabel Region Väst	0.00	0.17	0.38	0.00	1.00
Dummyvariabel Region Norr	0.00	0.13	0.34	0.00	1.00
Dummyvariabel Region Mitt	0.00	0.18	0.39	0.00	1.00
Dummyvariabel Region Syd	0.00	0.26	0.44	0.00	1.00
Dummyvariabel Region Öst	0.00	0.25	0.43	0.00	1.00
Dummyvariabel konkurrensutsättning	1.00	0.54	0.50	0.00	1.00
Dummyvariabel för år med övergång till konkurrens	0.00	0.05	0.23	0.00	1.00

\* Miljoner kr, 2016 års priser, \*\* Kvalitetsklasserna är egentligen 0 (hög hastighet) till 5 (låg hastighet), men 1 har adderats på grund av logtransformationen av variabeln.

## 5. Resultat

De dynamiska modellerna skattas med *Generalized method of moments*. Standardfelen hanteras med en Windmeijer (2005)-rättning eftersom vi presenterar ”tvåstegsresultat”<sup>3</sup> som utan rättningen innebär underskattade standardfel. En translogspecifikation används för samtliga modeller. Med så kallade F-test undersöker vi om en variabels interaktionstermer och andra ordningens term är gemensamt signifikanta. De slutgiltiga modellerna för de olika kostnadsvariablerna (Modell 1–5), framgår av resultaten som redovisas i Tabell 6–14 i bilagan. Kostnadselasticiteterna med avseende på trafik (tåg respektive bruttoton) presenteras i Tabell 2–3 och är jämviktselasticiteter (se avsnitt 3).

Två laggar för underhållskostnader ingår i samtliga modellskattningar eftersom vi först då kan acceptera nollhypotesen att feltermerna inte är autokorrelerade. I Modell 3a (Bana och Vintertjänster) krävdes tre laggar för att acceptera samma nollhypotes. Koefficienterna för de laggade variablerna visar att en ökning i underhållskostnaderna under ett år även innebär en ökning av kostnaderna under kommande år. Wheat (2015), Odolinski och Nilsson (2017) och Odolinski och Wheat (2018) fann liknande resultat. Med andra ord innebär exempelvis en trafikökning att infrastrukturförvaltaren behöver mer än ett år på sig för att anpassa underhållskostnaderna efter trafikförändringen.

Samtliga grupper av kostnader leder till statistiskt signifikanta kostnadselasticiteter med avseende på trafik: Utöver signifikanta kostnadselasticiteter för ”Bana” och ”Bana och El” visar resultaten att det även finns ett robust samband mellan trafik och underhållskostnader för signal- och teleanläggningar, samt Övriga anläggningar, trots att dessa anläggningar (främst) består av komponenter som inte slits på grund av trafikeringen.

---

<sup>3</sup> Dessa resultat kommer från en så kallad ”two-step estimation” där det första steget och andra steget ger konsistenta respektive effektiva estimat (se exempelvis Roodman 2009b).

Tabell 2. Kostnadselasticiteter och marginalkostnader med antal tåg som trafikmått.

Modell	Kostnader	Trafikmått: Tåg			Viktad marginalkostnad per tåg-km, SEK	Predikterad genomsnittskostnad / Observerad genomsnittskostnad
		Elasticitet	Standardfel			
1	Totala underhållskostnader, inkl. vintertjänster	0.2640***	0.0343		4.92	0.99
2a	Bana	0.3419***	0.0390		3.67	1.07
2b	El, Signal, Tele, Övriga och Vintertjänster	0.2475***	0.0335		2.41	1.00
	<i>Summa</i>				6.08	1.03
3a	Bana och El	0.3089***	0.0456		4.08	1.04
3b	Signal, Tele, Övriga och Vintertjänster	0.2387***	0.0371		1.81	1.03
	<i>Summa</i>				5.89	1.04
4a	Bana och Vintertjänster	0.3161***	0.0546		4.59	1.06
4b	El, Signal, Tele och Övriga	0.2371***	0.0389		1.98	1.03
	<i>Summa</i>				6.56	1.05
5a	Bana, El och Vintertjänster	0.3127***	0.0383		4.19	1.02
5b	Signal, Tele och Övriga	0.2371***	0.0481		1.32	1.05
	<i>Summa</i>				5.51	1.03

\*, \*\*, \*\*\*: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.

Generellt är elasticiteterna för ”Bana”, ”Bana och El”, ”Bana och Vintertjänster” samt ”Bana, El och Vintertjänster” (Modell 2a, 3a, 4a, respektive 5a) högre jämfört med elasticiteterna för ”El, Signal, Tele och Övriga och Vintertjänster”, ”Signal, Tele, Övriga och Vintertjänster”, ”El, Signal, Tele och Övriga” samt ”Signal, Tele, och Övriga” (Modell 2b, 3b, 4b, respektive 5b). Med andra ord är andelen trafikberoende kostnader relativt hög för anläggningsgruppen Bana jämfört med Signal, Tele och Övriga, samt Bana jämfört med Elanläggningar och Vintertjänster, där de två senare kostnadsgrupperna tenderar att sänka kostnadselasticiteten när de grupperas med Bana. Dock är de 95-procentiga (och 90-procentiga) konfidensintervallen för elasticiteterna överlappande, så några säkra slutsatser bör inte dras av skillnaderna.



Tabell 3. Kostnadselasticiteter och marginalkostnader med antal bruttoton som trafikmått.

Modell	Kostnader	Trafikmått: Bruttoton			Viktad marginalkostnad per bruttoton-km, SEK	Predikterad genomsnittskostnad / Observerad genomsnittskostnad
		Elasticitet	Standardfel			
1	Totala underhållskostnader, inkl. vintertjänster	0.1674***	0.0309		0.0065	0.99
2a	Bana	0.2358***	0.0321		0.0051	1.06
2b	El, Signal, Tele, Övriga och Vintertjänster	0.1692***	0.0277		0.0035	1.01
	<i>Summa</i>				<i>0.0085</i>	<i>1.03</i>
3a	Bana och El	0.2005***	0.0413		0.0051	1.04
3b	Signal, Tele, Övriga och Vintertjänster	0.1609***	0.0292		0.0028	1.03
	<i>Summa</i>				<i>0.0079</i>	<i>1.04</i>
4a	Bana och Vintertjänster	0.2146***	0.0376		0.0059	1.06
4b	El, Signal, Tele och Övriga	0.1854***	0.0319		0.0033	1.03
	<i>Summa</i>				<i>0.0092</i>	<i>1.04</i>
5a	Bana, El och Vintertjänster	0.2234***	0.0319		0.0059	1.02
5b	Signal, Tele och Övriga	0.1681***	0.0354		0.0025	1.06
	<i>Summa</i>				<i>0.0084</i>	<i>1.03</i>

\*,\*\*,\*\*\*: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.

Elasticiteterna i linje med resultaten från tidigare studier; skattningar på svenska data har resulterat i elasticiteter som varierar mellan 0.17 och 0.34 (se Odolinski och Nilsson (2017) för en sammanställning), medan elasticiteter från andra europeiska länder har ett intervall på 0.13-0.45 (se Link et al. (2008) och Wheat et al. (2009)).

Kostnadselasticiteterna är högre för tåg jämfört med bruttoton. Även här överlappar dock de 95-procentiga (och även den 90-procentiga) konfidensintervallen varandra, så några långtgående slutsatser bör inte dras kring skillnaderna i punktskattningarna. Vi kan även notera att korrelationskoefficienten mellan trafikvariablerna som används i skattningarna är 0.89. Det kan däremot finnas anledning att använda det ena eller det andra trafikmättet i avgiften beroende på

vad som driver underhållskostnaderna och hur en viss enhet påverkar beteendet hos tågoperatörerna (vi återkommer till detta i avsnitt 6).

Summan av marginalkostnaderna i Modell 2a (Bana) och 2b (El, Signal, Tele, Övriga och Vintertjänster) är 6.08 kr per tågkilometer eller 0.0085 kr per bruttotonkilometer. När kostnader för elanläggningar slås samman med kostnader för Bana blir de sammanlagda kostnaderna (Modell 3a + Modell 3b) 5.89 kr per tågkilometer eller 0.0079 kr per bruttotonkilometer, dvs. något lägre. När vintertjänster slås ihop med kostnader för Bana blir marginalkostnaderna högre (Modell 4a och 4b): 6.56 kr per tågkilometer och 0.0092 kr per bruttotonkilometer. De lägsta marginalkostnaderna genereras av modellen där alla anläggningsgrupper ingår i kostnadsvariabeln (Modell 1): 4.92 kr per tågkilometer och 0.0065 kr per bruttotonkilometer.

I beräkningen av marginalkostnaderna används predikterad genomsnittskostnad (se ekvation 8). En jämförelse mellan predikterade värden och observerade värden är ett sätt att utvärdera modellernas precision. Vi har därför dividerat predikterad genomsnittskostnad och observerad genomsnittskostnad för respektive modell (se Tabell 2 och 3), vilket visar att de flesta modellerna predikterar kostnader som är något högre än de observerade kostnaderna, förutom Modell 1 som innebär en viss underskattning. Används skillnaden mellan predikterad och observerad genomsnittskostnad för att ”korrigera” de viktade marginalkostnaderna kvarstår emellertid till stor del den skillnad i skattningar som finns mellan Modell 1 och övriga modeller: en korrigerad viktad marginalkostnad i Modell 1 är 4.97 kr per tågkilometer och 0.0066 kr per bruttotonkilometer, medan den exempelvis är 5.88 kr per tågkilometer och 0.0083 kr per bruttotonkilometer i Modell 2.

## **6. Diskussion och slutsatser**

Det finns järnvägsanläggningar där trafiken inte påverkar komponenternas nedbrytning och slitage. Det har därför gjorts gällande att kostnader för dessa anläggningar inte ska ingå i den banavgift som tågoperatörer ska betala för nyttjandet av infrastrukturen; den Europeiska Kommissionens genomförandeförordning (EU 2015/909) nämner signalanläggningar som ett exempel där slitaget inte varierar med trafiken och därför inte bör omfattas av en avgift för tågoperatörer. Samtidigt

anges att kostnader för dessa anläggningar får ingå i avgiften om de uppstår som en direkt följd av den tågtrafik som bedrivs.

Hypotesen i föreliggande studie är att det finns ett samband mellan trafik och underhållskostnader för dessa anläggningar som främst kan förklaras av (förväntade) störningskostnader. Eftersom en trafikökning innebär att fler passagerare och mer gods påverkas av en störning, kan trafikökningen motivera ett ökat förebyggande underhåll. Besiktningar är ett exempel på en åtgärd som behöver utföras på anläggningen även när trafiken inte har orsakat nedbrytningen – det centrala är att säkerställa att det inte finns några fel som kommer att orsaka störningar i trafiken eller undersöka om det finns defekter som kommer att förvärras över tid. Det innebär att en (ackumulerad) trafikökning gör det nödvändigt att utföra besiktningar mer frekvent, både på grund av ökad nedbrytning och för att störningskostnaden blir större om ett fel uppstår. En trafikökning kan också innebära att det behövs en ökning av det förutbestämda underhållet (service eller byten av komponenter som inte baseras på en tillståndsmätning) för att upprätthålla en viss tillförlitlighet hos anläggningen. Generellt kan ett ökat förebyggande underhåll för att sänka den förväntade störningskostnaden vara en ekonomiskt försvarbar strategi när trafiken ökar, även för anläggningar som signal och tele, givet att dessa underhållskostnader är förhållandevis låga.

I modellskattningarna har kostnader för de olika anläggningarna grupperats baserat på hypotesen om den kausala strukturen mellan trafik och underhållskostnader (se avsnitt 2). Bana har utgjort en huvudgrupp eftersom den till stor del består av anläggningar med en nedbrytning som varierar med trafik, medan Signal, Tele och Övriga anläggningar torde inte brytas ned av trafik och därför bildat en annan huvudgrupp. Olika skattningar har genomförts där elanläggningar ingår i den ena eller andra huvudgruppen, likaså kostnader för vintertjänster.

Resultaten från de ekonometriska skattningarna visar att det finns orsakssamband mellan trafik och underhållskostnader för anläggningsgrupperna Bana, El, Signal, Tele och Övrigt. Besiktningar och förutbestämt underhåll ingår i kostnaderna, vilket kan vara en orsak bakom sambanden för de anläggningar som inte bryts ned av trafik.

**Tågkilometer eller bruttotonkilometer?** Både antal tåg och antal ton har testats i de olika modellskattningarna. För alla anläggningsgrupper är kostnadselasticiteterna med avseende på tåg något högre än motsvarande elasticiteter för bruttoton. Däremot är de 95-procentiga (och 90-procentiga) konfidensintervallen överlappande, vilket innebär att vi inte kan dra några säkra

slutsatser kring skillnaderna mellan punktskattningarna. Det kan ändå finnas anledning att använda antingen en marginalkostnad per tågkilometer eller bruttotonkilometer, beroende på hur orsakssambandet mellan trafik och underhållskostnad ser ut för varje anläggningsgrupp. För underhåll av Bana finns det anledning att använda bruttotonkilometer som avgiftsenhet då mycket talar för att det snarare är tågvikten än tågpassagen som orsakar en nedbrytning och ett behov av underhåll; ett tyngre tåg bör då betala mer än ett lättare tåg. Fler tåg innebär dock ett ökat kapacitetsutnyttjande, vilket skapar ökade underhållskostnader (se Odolinski och Boysen (2018)) och kan därför innebära att tågkilometer är en lämplig uttagsenhet för underhåll även för anläggningsgruppen Bana. Detta kan sannolikt gälla för de bandelar som har ett högt kapacitetsutnyttjande, medan andra bandelar med främst tunga godståg och ett lägre kapacitetsutnyttjande bör betala en avgift per bruttotonkilometer. Var denna gräns går, dvs. när en tågkilometeravgift är att föredra framför en bruttotonkilometeravgift utifrån samhällsekonomisk effektivitet är föremål för framtida forskning. Den skattade marginalkostnaden för bana är 0.0051 kr per bruttotonkilometer och 3.67 kr per tågkilometer.

När det gäller elanläggningar (där bl.a. kontaktledningar ingår) finns det anledning att använda tågkilometer som uttagsenhet eftersom det är tågpassagen snarare än vikten som bryter ned kontaktledningar och orsakar en underhållskostnad. Tågkilometer kan även vara en bättre uttagsenhet jämfört med bruttotonkilometer när det gäller att kompensera för ökningen i (förväntad) störningskostnad som ökad trafik innebär. Förklaringen är att det är linjens kapacitetsutnyttjande snarare än tågens kapacitetsutnyttjande som driver denna kostnad. En tågkilometeravgift kan därmed vara lämplig för Signal, Tele och Övriga anläggningar, givet att det främst är störningskostnader som motiverar ett ökat underhåll av dessa anläggningar. Den skattade marginalkostnaden för El, Signal, Tele och Övriga anläggningar samt Vintertjänster är 2.41 kr.

**Hur lämplig är en uppdelning av järnvägsanläggningen?** Den sammanlagda viktade marginalkostnaden för de olika anläggningsgrupperingarna hamnar på 5.51-6.08 kr per tågkilometer och 0.0079-0.0092 kr per bruttotonkilometer. Detta kan jämföras med 4.92 och 0.0065 kr per tågkilometer respektive bruttotonkilometer som genereras av modellskattningarna där kostnader för alla anläggningsgrupper har slagits samman (Modell 1). Att dela upp anläggningsgrupperna i modellskattningarna kan vara att föredra om dessa (Translog-)modeller tar bättre hänsyn till den underliggande produktionsfunktionen, vilken kan se

annorlunda ut för de olika anläggningsgrupperna, särskilt med avseende på sambandet mellan trafik och underhållskostnader då vissa anläggningar har en nedbrytning som inte är (direkt) beroende av trafiken. Resultaten visar även att (Translog-)modellerna och dess skattade parametrar ser annorlunda ut för de olika anläggningsgrupperna. Det finns samtidigt en risk att en uppdelning av anläggningsgrupper i modellerna innebär att den skattade kostnadsfunktionen inte tar hänsyn till (eventuella) samband i underhållsproduktionen mellan olika anläggningsgrupper, exempelvis att en resurs används mer effektivt när den underhåller flera olika anläggningstyper. Detta kan påverka de skattade marginalkostnaderna. En liknande risk gäller den disaggregeringsnivå av järnvägsnätet som används i modellen; underhållskostnaderna finns redovisade på bandelar som därmed har utgjort observationsindivider i modellskattningarna. Dock består underhållskontrakten av flera bandelar och det finns en variation i totalt antal spårmeter som underhålls inom varje kontrakt, något som innebär varierande nivåer av stordriftsfördelar. En kostnadsfunktion som inte tar hänsyn till dessa effekter kan påverka marginalkostnadsskattningarna. Om så är fallet och hur det påverkar estimaten är föremål för framtida forskning.

## Referenser

- Abril, M., Barber, F., Ingolotti, L., Salido, M.A., Tormos, P., Lova, A., 2008. An assessment of railway capacity. *Transportation Research Part E*, 44, 774-806.
- Andersson, E., Berg, M., Stichel, S., Casanueva, C., 2017. Rail Systems and Rail Vehicles. Part 1: Rail Systems. KTH Railway Group, Centre for Research and Education in Railway Engineering. Stockholm 2017.
- Andersson, M., 2006. Marginal cost pricing of railway infrastructure operation, maintenance, and renewal in Sweden – from policy to practice through existing data. *Transportation Research Record* 1943, 1–11.
- Andersson, M., 2008. Marginal railway infrastructure costs in a dynamic context. *EJTIR*, 8, 268-286.
- Andersson, M., Björklund, G. och Haraldsson, M., 2016. Marginal railway track renewal costs: A survival data approach. *Transportation Research Part A*, 87, 68-77.

- Arellano, M., Bover, O., 1995. Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of Econometrics*. 68, 29-51.
- Christensen, L.R., Greene, W.H., 1976. Economies of scale in U.S. electric power generation. *Journal of Political Economy*, 84(4), 655-676.
- Christensen, L.R., Jorgensen, D.W., Lau, L.J., 1971. Conjugate Duality and the Transcendental Logarithmic Production Function. *Econometrica*, 39(4), 225-256.
- EU 2015/909. Kommissionens genomförandeförordning (EU) 2015/909 av den 12 juni 2015 om förfarandena för beräkning av den kostnad som uppstår som direkt följd av den tågtrafik som bedrivs. Europeiska unionens officiella tidning.
- Holtz-Eakin, D., Newey, W., Rosen, H.S., 1988. Estimating vector autoregressions with panel data. *Econometrica*. 56(6), 1371-1395. DOI: <https://doi.org/10.2307/1913103>
- Lindfeldt, A. 2015. Railway capacity analysis – Methods for simulation and evaluation of timetables, delays and infrastructure. Doctoral Thesis in Infrastructure. KTH Royal Institute of Technology, School of Architecture and the Built Environment, Department of Transport Science, Stockholm 2015.
- Link, H., Stuhlehemmer, A., Haraldsson, M., Abrantes, P., Wheat, P., Iwnicki, S., Nash, C., Smith, A.S.J., 2008. CATRIN (Cost Allocation of TRansport INfrastructure cost). Deliverable D 1, Cost allocation Practices in European Transport Sector. VTI, Stockholm (March 2008).
- Munduch, G., Pfister, A., Sögner, L., Siassny, A., 2002. Estimating Marginal Costs for the Austrian Railway System. Vienna University of Economics & B.A., Working Paper No. 78, February 2002.
- Nash, C., 2003. Marginal cost and other pricing principles for user charging in transport: a comment. *Transport Policy*, 10, 345-348.
- Nilsson, J-E., Odolinski, K. 2018. Marginalkostnader för reinvesteringar i järnvägsanläggningar: En delrapport inom SAMKOST 3. CTS Working paper 2018:22, Centre for Transport Studies: Stockholm.

- Odolinski, K., Boysen, H.E. 2018. Railway line capacity utilisation and its impact on maintenance costs. *Journal of Rail Transport Planning & Management (In Press)*
- Odolinski, K., Nilsson, J-E. 2017. Estimating the marginal maintenance cost of rail infrastructure usage in Sweden; does more data make a difference? *Economics of Transportation*, 10, 8-17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2017.05.001>
- Odolinski, K., Smith, A.S.J., 2016. Assessing the cost impact of competitive tendering in rail infrastructure maintenance services: evidence from the Swedish Reforms (1999 to 2011). *Journal of Transport Economics and Policy*, 50(1), 93-112.
- Odolinski, K., Wheat, P. 2018. Dynamics in rail infrastructure provision: Maintenance and renewal costs in Sweden, *Economics of Transportation*, 14, 21-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2018.01.001>
- Roodman, D., 2009a. A note on the theme of too many instruments. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 71(1), 135-158. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2008.00542.x>
- Roodman, D., 2009b. How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata. *The Stata Journal*, 9(1), 86-136.
- Rothengatter, W., 2003. How good is first best? Marginal cost and other pricing principles for user charging in transport. *Transport Policy*, 10, 121-130.
- Smith, A.S.J., Wheat, P., 2012. Estimation of cost inefficiency in panel data models with firm specific and sub-company specific effects. *Journal of Productivity Analysis*, 37(1), 27-40.
- Smith, A., Iwnicki, S., Kaushal, A., Odolinski, K., Wheat, P., 2017. Estimating the relative cost of track damage mechanisms: combining economic and engineering approaches. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 231(5), 620-636. DOI: <https://doi.org/10.1177/0954409717698850>
- Trafikverket, 2015a. BVH 807.33 – Underhållsbesiktning av elanläggningar. TDOK 2014:0662.
- Trafikverket, 2015b. KRAV – Säkerhetsbesiktning av fasta järnvägsanläggningar. TDOK 2014:0240, Version 4.0. 2015-10-01.

- Trafikverket, 2016. BVH 807.34 – Underhållsbesiktningar av signalanläggningar. TDOK 2014:0469.
- Trafikverket, 2018. BVS 811 – Anläggningsstruktur järnväg inom Trafikverket. TDOK 2018:0248.
- Wheat, P., Smith, A.S.J., 2008. Assessing the Marginal Infrastructure Maintenance Wear and Tear Costs for Britain's Railway Network, *Journal of Transport Economics and Policy*, 42(2), 189-224.
- Wheat, P., Smith, A.S.J., Nash, C., 2009. CATRIN (Cost Allocation of Transport Infrastructure cost). Deliverable 8 – Rail Cost Allocation for Europe. VTI, Stockholm.
- Wheat, P., 2015. The Sustainable Freight Railway: Designing the Freight Vehicle-track System for Higher Delivered Tonnage with Improved Availability at Reduced Cost SUSTRAIL', Deliverable 5.3: Access Charge Final Report Annex 4, British Case Study.
- Windmeijer, F., 2005. A finite sample correction for the variance of linear efficient twostep GMM estimators. *J. Econ.* 126, 25–51.
- Öberg, J., Andersson, E., Gunnarsson, J., 2007. Track Access Charging with Respect to Vehicle Characteristics, Second edition. Rapport LA-BAN 2007/31, Banverket.



## Bilaga

Tabell 4. Beteckningar på anläggningsgrupper och tillhörande anläggningstyper som använts år 1999–2007

Anläggningsgrupp	Anläggningstyp(Kod)
B1	Ballast(106); Ballast(116); Ballast(507); Banvall(201); Banvall(1); Banöverbyggnad(1); Banöverbyggnad(103); Banöverbyggnad, övergripande(199); Befästning(103); Befästning(113); Befästning(20401); Betong 2,5 m monolit(10205); BV/SJ 50(10107); BV/SJ 50(80303); Enkel korsningsväxel(10701); Enkel spårväxel(10701); Enkel spårväxel(40701); Grus(30102); Hambo(10305); Hambo(30103); Heyback(10306); Isolerskarv friktion(10401); Isolerskarv limmad(10401); Isolerskarv limmad(90202); Makadam klass 1(10603); Makadam klass 1(407); Pandrol PR(301); Räl(101); Räl(111); Räl(1001); Räl 43 kg/m(10106); Rälsvandringshinder(105); Rälsvandringshinder(115); Rälsvandringshinder(703); Skarv(104); Skarv(114); Skarv(204); Skyddsräl(10102); Slingerväxel(10707); Sliper(102); Sliper(112); Sliper(309); Spår övrigt(190); Spår, övrigt(119); Spårväxel(107); Spårväxel(129); Spårväxel(30511); Trä furu(203); Trä hårdträ(10202); UIC 60(800); Övriga räler(10120); Övriga räler(803); Övriga skarvar(10410); Övriga skarvar(20120); Övriga spårväxlar(10720)
B2	Annan tunnel(20303); Bank(210); Banunderbyggnad(2); Banunderbyggnad(201); Banunderbyggnad, övergripande(299); Bergsskärning(20401); Bergsskärning(20301); Bergtunnel(20301); Bergtunnel(50202); Bro(202); Bro(240); Bro(40702); Dränering(20102); Dränering(90103); GC-bro(20203); GC-bro(40104); Järnvägsbro(20201); Järnvägsbro(307); Skärning(204); Skärning(220); Skärning(102); Stödmur(20107); Trumma(205); Trumma(20111); Trumma(230); Trumma(20110); Tryckbank(40101); Tunnel(203); Tunnel(250); Tunnel(40710); Underballast(20101); Vägbro(20202); Övrigt(20120)
B3	Balkbromsar(50401); Balkbromsar(106); Bangårdsbelysning(507); Bangårdsbelysning(301); Bangårdsbelysning(5); Bangårdspecifika anl, övergripande(399); Bangårdspecifika anläggningar(5); Bangårdspecifika anläggningar(4); Ljus- och ljudanläggning(50201); Ljus- och ljudanläggningar(30101); Lokprovninganläggning(302); Plattform & lastkaj(303); Plattform, lastkaj(501); Plattform, lastkaj(502); Plattformsskydd(502); Plattformsskydd(10); Plattformsovergång(304); Plattformsovergångar, övriga(510); Rangeranläggning(305); Rangerbromsar(504); Rangerbromsar(802); Rangerbromssystem(306); Spiralbromsar(50402); Spiralbromsar(505); Spårspärr(505); Spårspärr(307); Spårspärr(107); Stoppbock(506); Stoppbock(308); Stoppbock(80301); Tåg- och lokvärmeanläggning(503); Tåg- och lokvärmeanläggning(9); Vagnv+äg(508); Vagnv+äg(30302); Vagnvåg(310); Vändskiva(311); Vändskiva(40403); Övriga plattformsskydd(520); Övriga rangeranläggningar(520); Övriga rangeranläggningar(80210)

*Forts. Tabell 4. Beteckningar på anläggningsgrupper och tillhörande anläggningstyper som använts år 1999–2007*

Anläggningsgrupp	Anläggningstyp(Kod)
E	130 kV - ledning(40502); 30 kV - ledning(40202); Autotransformatorstation(704); Autotransformatorstation(302); Direkt 15 MVA(11); Driftledningscentral(11); Driftledningscentral(20102); Eldriftcentral(1101); Eldriftcentral(70101); Eldriftledningssystem(410); Elkraftsanläggningar, övergripande(499); Elställverk(70101); Elställverk(700); Elverk(10703); Fjärrstyrning(70102); Fördelningsstation(705); Fördelningsstation(403); Hjälpkraftledning(306); Hjälpkraftledning(402); Hjälpkraftledning(80402); Kabelanläggning(308); Kontaktledning(305); Kontaktledning(401); Kontaktledning(80401); Kopplingscentral(702); Kopplingscentral(404); Kopplingscentral(807); Matarledning(405); Matarledning(7); Matarstation(7); Matarstation(30702); Nätstation(706); Nätstation(406); Omformarstation(6); Omformarstation(407); Omformarstation(30501); PWM 13 MVA(60102); Q 38 / Q 39(60103); Q 48 / Q 49(404); Roterande omformare(601); Roterande omformare(101); Sektioneringsstation(703); Sektioneringsstation(408); Sektioneringsstation(30401); ST 9,8/11,8(30510); ST 9,8/9,8(30510); ST 9,8/9,8(602); Statiska omriktare(602); Statiska omriktare(506); SYT 15/15(30508); SYT 7,0/9,8(30509); SYT 7,1/7,1(30402); Transformatorstation(701); Transformatorstation(409); Transformatorstation(70103); Transformatorstation(40201); Trefas 10 kV(30602); Trefas 10 kV(30603); Trefas 20 kV(30603); Trefas 20 kV(20111); Tvåfas 10 kV(503); Tåg- & lokvärmeanläggning(309); Övriga kontaktledningssystem(30530); Övriga kontaktledningssystem(30110); Övriga N - system(30502)
S	Balis(302); Balis(50401); Balisgrupp(510); Bomanläggning(50202); Bomanläggning(202); Centralapparat(80303); Centralapparat(80201); Cst närställverk(901); Datorbaserade tågledningssystem(901); Datorbaserade tågledningssystem(801); Datoriserade signalställverk(801); Datoriserade signalställverk(303); EBICOS 900(1101); Halvbomsanläggningar(30102); Halvbomsanläggningar(10305); Helbomsanläggningar(30103); Helbomsanläggningar(30303); Hybridlinjblockering(401); JZA 11(20201); Konventionellt reläbaserat(702); Lastplatsblockering(807); Lastplatsblockering(100101); Likströmsspårledning(804); Linjblockeringssystem(804); Linjblockeringssystem(40203); Modell 59(80204); Modell 59(80205); Modell 65(80102); Modell 85(80102); Modell 85(40102); P - system(10308); Plankorsning(301); Plankorsning(520); Plankorsning(501); Positioneringssystem(530); Positioneringsutrustning(10); Positioneringsutrustning(60203); Radioblockeringssystem(805); Radioblockeringssystem(403); Reläbaserade signalställverk(802); Reläbaserade signalställverk(902); Reläbaserade tågledningssystem(902); Reläbaserade tågledningssystem(601); Rälbaserade positioneringssystem(1001); Rälbaserade positioneringssystem(105); Signal(540); Signal(304); Signal och tavla för tågtrafik(304); Signal och tavla för tågtrafik(8); Signalanläggningar(599); Signalställverk & linjblockeringssystem(550); Signalsäkerhetsutrustning(8); Signalsäkerhetsutrustning(104); Ställarställverk el/el(80301); Ställarställverk el/el(30513); Tavla(313); Tavla(560); Tavla(1102); Tågledningssystem(570); Tågledningsutrustning(9); Tågledningsutrustning(10108); Undrhållsavtal Siemens(508); Vägskyddssystem(806); Vägskyddssystem(509); Övriga(80310); Övriga(3); Övriga plankorsningar(30110); Övriga plankorsningar(50203); Övriga reläbaserade signalställverk(80210); Övriga reläbaserade signalställverk(10120); Övriga signalställverk(803); Övriga signalställverk(10410)

*Forts. Tabell 4. Beteckningar på anläggningsgrupper och tillhörande anläggningstyper som använts år 1999–2007*

Anläggningsgrupp	Anläggningstyp(Kod)
T	Accesnätsutrustning(704); Detektor(303); Detektor(610); Detektor(60201); Hjulskadedetektor(306); Kabelanläggning(307); Kabelanläggning(620); Lokalnätsutrustning(40203); Lokalnätsutrustning(10603); Metallkabel(500); Radioanläggning(404); Radioanläggning(630); Radioanläggning(805); Radiolänk(403); Radiolänk(40401); Radiomast(40401); Radiomast(504); Signaltelefon(640); Teleanläggningar(92); Teleanläggningar(699); Teledriftcentral(1102); Teledriftcentral(650); Teledriftcentral(40602); Tele-kringsystem(40602); Tele-kringsystem(406); Telestationsanläggning(406); Telestationsanläggning(660); Telestationsanläggning(402); Teletransmissionsanläggning(402); Teletransmissionsanläggning(670); Teletransmissionsanläggning(30301); Tjuvbromsdetektor(701); Trafikantinformationssystem(310); Trafikantinformationssystem(680); Transportnätsutrustning(40201); Transportnätsutrustning(30602); Varmgångsdetektor(40103); Övrig radioutrustning(40403); Övrig radioutrustning(40610)
Ö	Banomgivning(4); Banomgivning(2); Bullerplank(40702); Bullerplank(10107); Byggnad(311); Byggnad(701); Ersättningsväg(20203); Grind/gångfälla(40104); Grind/gångfälla(10601); Hägnad(401); Hägnad(703); Hägnad(99); Kanalisation(308); Kanalisation(704); Kanalisation(305); Mark(702); Mark o Miljö(407); Mark o Miljö(405); Nätstängsel(40102); Nätstängsel(98); Rälssmörjningsapparat(312); Rälssmörjningsapparat(705); Snögalleri(309); Snögalleri(706); Snögalleri(50402); Trådstängsel(40101); Trådstängsel(10201); Tvrig mark o miljö(40710); Tvrig mark o miljö(30601); Viltstängsel(40103); Viltstängsel(806); Väg(707); Övriga bananläggningar(3); Övriga bananläggningar(30530)
Ingen anläggningstyp	(tom)((tom)); (tom)(40503); ?(107); ?(50403); Fel anlt(X); Ingen anläggningstyp(9); Ingen anläggningstyp(99); Ingen anläggningstyp(999); Ingen anläggningstyp(10402); Miljöanalys/Riskanalys(80204); Ofördelat(98); Ofördelat(998); Ofördelat(6); Tillfälligt ofördelat basentreprenad(997); X(559); xxx(100); Övrig utrustning(40610); Övrig utrustning(80310)

Tabell 5. Beteckningar på anläggningsgrupper och tillhörande anläggningstyper som använts år 2008–2016

Anläggningsgrupp	Anläggningstyp(Kod)
B1	Spår(11); Spår(B11); Spårväxel(12); Spårväxel(B12)
B2	Banunderbyggnad(29); Banunderbyggnad(B29); Bro(24); Bro(B24); Järnvägsbro(B24); Järnvägstunnel(B25); Tunnel(25); Tunnel(B25)
B3	Bangårdsanläggningar(39); Bangårdsanläggningar(B39)
E	Hjälpkraftledning(42); Hjälpkraftledning(B42); Kontaktledning(41); Kontaktledning(B41); Övriga elkraftanläggningar(49); Övrigt elkraftanläggningar(B49)
S	Plankorsning(55); Plankorsning(B55); Positioneringssystem(B51); Positioneringssystem(51); Signalställverk och linjeblockeringssystem(52); Signalställverk och linjeblockeringssystem(B52); Tågledningssystem(57); Tågledningssystem(B57); Övriga signalanläggningar(59); Övrigt signalanläggningar(B59)
T	Teleanläggningar(69); Teleanläggningar(B69)
Ö	Mark(72); Mark(B72); Markanläggningar(T95); Övriga anläggningar(79); Övriga järnvägsanläggningar(B79)
Ingen anläggningstyp	(tom)((tom)); Anläggningstyp vid invärdering(A99); Blank anlytp(FF); Byggnader(T94); Ej relevant med anlytp(0099); Ej relevant med anlytp(99); Ingen anläggningstyp(0099); Åtgärd som inte hör till järnvägsanläggningen(99); Åtgärd som inte hör till järnvägsanläggningen(B99); Åtgärd som inte hör till väganläggningen(V99)

Tabell 6. Resultat Modell 1, totala underhållskostnader samt kostnader för Vintertjänster.

	Tåg		Bruttoton	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
Konstant	8.5400***	0.9570	8.5810***	0.9918
ln(underhållskostnad_t-1)	0.3276***	0.0405	0.3312***	0.0412
ln(underhållskostnad_t-2)	0.1353***	0.0340	0.1302***	0.0347
ln(tåg)	0.1797***	0.0309	-	-
ln(bruttoton)	-	-	0.1154***	0.0237
ln(spårlängd)	0.2824***	0.0531	0.2408***	0.0469
ln(antal spår)	-0.1933*	0.1000	-0.0929	0.1110
ln(rälsvikt)	-0.4443**	0.1860	-0.0970	0.3267
ln(kvalitetsklass)	0.0931**	0.0439	0.0501	0.0744
ln(skarvar)	0.0761*	0.0397	0.1086**	0.0438
ln(växlar)	0.1131***	0.0369	0.1134***	0.0429
ln(broar och tunnlar)	0.0216	0.0180	0.0220	0.0155
ln(tåg)^2	0.0355***	0.0078	-	-
ln(tåg)ln(spårlängd)	0.0766***	0.0245	-	-
ln(tåg)ln(antal spår)	-0.0889**	0.0433	-	-
ln(tåg)ln(skarvar)	-0.1326***	0.0265	-	-
ln(tåg)ln(växlar)	0.0415*	0.0228	-	-
ln(tåg)ln(broar och tunnlar)	-0.0163	0.0110	-	-
ln(bruttoton)^2	-	-	0.0338***	0.0093
ln(bruttoton)ln(spårlängd)	-	-	0.0393	0.0288

Forts. Tabell 6. Resultat Modell 1, totala underhållskostnader samt kostnader för Vintertjänster.

	Tåg		Bruttoton	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
ln(bruttoton)ln(antal spår)	-	-	-0.0197	0.0407
ln(bruttoton)ln(rälsvikt)	-	-	0.0811	0.1566
ln(bruttoton)ln(kvalitetsklass)	-	-	0.0754*	0.0396
ln(bruttoton)ln(skarvar)	-	-	-0.0960***	0.0312
ln(bruttoton)ln(växlar)	-	-	0.0030	0.0223
ln(spårlängd)^2	0.1447	0.0898	0.0793	0.0686
ln(spårlängd)ln(antal spår)	0.1166	0.0803	0.1601*	0.0857
ln(spårlängd)ln(rälsvikt)	-	-	-0.0218	0.3981
ln(spårlängd)ln(kvalitetsklass)	-	-	0.0628	0.0748
ln(spårlängd)ln(skarvar)	-0.0961**	0.0413	-0.0404	0.0359
ln(spårlängd)ln(växlar)	-0.0813	0.0532	-0.1372***	0.0480
ln(spårlängd)ln(broar och tunnlar)	-0.0571*	0.0329	-	-
ln(antal spår)^2	0.2525	0.1959	0.2668	0.1617
ln(antal spår)ln(rälsvikt)	-	-	-1.3808**	0.6717
ln(antal spår)ln(kvalitetsklass)	-	-	-0.0047	0.1364
ln(antal spår)ln(skarvar)	0.1238*	0.0706	0.0687	0.0641
ln(antal spår)ln(växlar)	0.0023	0.1065	-0.0774	0.0964
ln(antal spår)ln(broar och tunnlar)	-0.0600	0.0412	-	-
ln(rälsvikt)^2	-	-	-9.1215**	4.2401
ln(rälsvikt)ln(kvalitetsklass)	-	-	-0.9716*	0.5505
ln(rälsvikt)ln(skarvar)	-	-	-0.0443	0.5696
ln(rälsvikt)ln(växlar)	-	-	0.6252	0.3821
ln(kvalitetsklass)^2	-	-	-0.0501	0.1637
ln(kvalitetsklass)ln(skarvar)	-	-	0.0518	0.0736
ln(kvalitetsklass)ln(växlar)	-	-	-0.0300	0.0596
ln(skarvar)^2	0.0952***	0.0242	0.0984***	0.0293
ln(skarvar)ln(växlar)	0.0178	0.0449	0.0510	0.0329
ln(skarvar)ln(broar och tunnlar)	0.0634*	0.0285	-	-
ln(växlar)^2	0.0529	0.0572	0.0739	0.0490
ln(växlar)ln(broar och tunnlar)	-0.0124	0.0222	-	-
ln(broar och tunnlar)^2	0.0143	0.0184	-	-
D.Region Norr	0.1822***	0.0535	0.0468	0.0461
D.Region Mitt	-0.0408	0.0329	-0.0768*	0.0416
D.Region Syd	-0.1824***	0.0420	-0.1329***	0.0422
D.Region Öst	-0.0488	0.0376	-0.0392	0.0403
D.övergång till konkurrens	-0.0545*	0.0327	-0.0534	0.0326
D.konkurrens	-0.1113***	0.0320	-0.0945***	0.0316
D.stationsbandel	0.1651***	0.0588	0.1079*	0.0619
D.år 2002–2016	Ja		Ja	

\*, \*\*, \*\*\*: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.

Tabell 7. Resultat Modell 2a, underhållskostnader för Bana.

	Tåg		Bruttoton	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
Konstant	9.6606***	0.8255	9.7236***	0.8447
ln(underhållskostnad_t-1)	0.2641***	0.0360	0.2619***	0.0359
ln(underhållskostnad_t-2)	0.1026***	0.0310	0.1018***	0.0318
ln(tåg)	0.2693***	0.0412	-	-
ln(bruttoton)	-	-	0.2006***	0.0342
ln(spårlängd)	0.3974***	0.0515	0.2591***	0.0594
ln(antal spår)	-0.1070	0.0971	-0.2404**	0.1148
ln(rälsvikt)	-1.1324***	0.3185	-1.5911***	0.3549
ln(kvalitetsklass)	0.1877***	0.0606	0.0622	0.0635
ln(skarvar)	0.0999*	0.0564	0.1475**	0.0628
ln(växlar)	0.1233***	0.0447	0.2128***	0.0546
ln(broar och tunnlar)	0.0246	0.0173	0.0498***	0.0190
ln(tåg)^2	0.0531***	0.0129	-	-
ln(tåg)ln(antal spår)	-0.1487***	0.0560	-	-
ln(tåg)ln(skarvar)	-0.1323***	0.0289	-	-
ln(tåg)ln(växlar)	0.0615*	0.0350	-	-
ln(bruttoton)^2	-	-	0.0361***	0.0119
ln(bruttoton)ln(spårlängd)	-	-	-0.0079	0.0365
ln(bruttoton)ln(antal spår)	-	-	-0.1312**	0.0629
ln(bruttoton)ln(skarvar)	-	-	-0.1262***	0.0357
ln(bruttoton)ln(växlar)	-	-	0.0777**	0.0340
ln(spårlängd)^2	-	-	0.0427	0.0834
ln(spårlängd)ln(antal spår)	-	-	0.1867*	0.0961
ln(spårlängd)ln(skarvar)	-	-	-0.0424	0.0444
ln(spårlängd)ln(växlar)	-	-	-0.1390**	0.0667
ln(antal spår)^2	0.3150**	0.1598	0.5635***	0.1937
ln(antal spår)ln(skarvar)	0.1810**	0.0770	0.0838	0.0823
ln(antal spår)ln(växlar)	-0.0929	0.1042	-0.1948	0.1231
ln(skarvar)^2	0.0826***	0.0283	0.1161***	0.0364
ln(skarvar)ln(växlar)	0.0320	0.0368	0.0609	0.0466
ln(växlar)^2	0.0246	0.0529	0.0973	0.0651
D.Region Norr	0.2760***	0.0710	0.1102	0.0708
D.Region Mitt	-0.0875	0.0582	-0.1316**	0.0654
D.Region Syd	-0.3376***	0.0607	-0.2878***	0.0626
D.Region Öst	-0.0614	0.0524	-0.0223	0.0543
D.övergång till konkurrens	-0.0864	0.0546	-0.0854	0.0546
D.konkurrens	-0.0560	0.0480	-0.0358	0.0491
D.stationsbandel	0.1454**	0.0682	0.0860	0.0663
D.år 2002–2016	Ja		Ja	

\*, \*\*, \*\*\*: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.

Tabell 8. Resultat Modell 2b, underhållskostnader för El, Signal, Tele, Övriga anläggningar och Vintertjänster.

	<i>Tåg</i>		<i>Bruttoton</i>	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
Konstant	9.1243***	0.9996	8.9256***	0.9977
ln(underhållskostnad_t-1)	0.3518***	0.0512	0.3625***	0.0514
ln(underhållskostnad_t-2)	0.0474	0.0330	0.0504	0.0332
ln(tåg)	0.1625***	0.0277	-	-
ln(bruttoton)	-	-	0.1169***	0.0272
ln(spårlängd)	0.3370***	0.0581	0.2558***	0.0601
ln(antal spår)	-0.1704**	0.0687	-0.1383	0.1453
ln(rälsvikt)	0.5131**	0.2580	0.5415*	0.2935
ln(kvalitetsklass)	0.1100	0.0827	0.0411	0.0860
ln(skarvar)	0.0711	0.0453	0.0891**	0.0450
ln(växlar)	0.1609***	0.0398	0.1504***	0.0400
ln(broar och tunnlar)	0.0046	0.0189	0.0094	0.0222
ln(tåg)^2	0.0234*	0.0130	-	-
ln(tåg)ln(spårlängd)	0.1510***	0.0356	-	-
ln(tåg)ln(rälsvikt)	0.1972	0.2295	-	-
ln(tåg)ln(kvalitetsklass)	0.0150	0.0685	-	-
ln(tåg)ln(skarvar)	-0.1440***	0.0377	-	-
ln(tåg)ln(växlar)	0.0299	0.0231	-	-
ln(tåg)ln(broar och tunnlar)	-0.0253	0.0163	-	-
ln(bruttoton)^2	-	-	0.0313***	0.0096
ln(bruttoton)ln(spårlängd)	-	-	0.0860**	0.0349
ln(bruttoton)ln(antal spår)	-	-	0.0165	0.0468
ln(bruttoton)ln(rälsvikt)	-	-	0.2226	0.1589
ln(bruttoton)ln(kvalitetsklass)	-	-	0.0938**	0.0463
ln(bruttoton)ln(skarvar)	-	-	-0.1213***	0.0361
ln(bruttoton)ln(växlar)	-	-	0.0087	0.0254
ln(bruttoton)ln(broar och tunnlar)	-	-	-0.0075	0.0139
ln(spårlängd)^2	0.1883**	0.0875	0.1717	0.1047
ln(spårlängd)ln(antal spår)	-	-	0.1813*	0.1088
ln(spårlängd)ln(rälsvikt)	0.8173*	0.4757	0.0503	0.4748
ln(spårlängd)ln(kvalitetsklass)	0.0697	0.1138	-0.0199	0.1013
ln(spårlängd)ln(skarvar)	-0.1468**	0.0596	-0.0990	0.0612
ln(spårlängd)ln(växlar)	-0.1255**	0.0542	-0.1720***	0.0609
ln(spårlängd)ln(broar och tunnlar)	-0.0653*	0.0336	-0.0330	0.0365
ln(antal spår)^2	-	-	0.1438	0.1999
ln(antal spår)ln(rälsvikt)	-	-	-0.8332	0.8617
ln(antal spår)ln(kvalitetsklass)	-	-	-0.0069	0.1773
ln(antal spår)ln(skarvar)	-	-	-0.0331	0.0726
ln(antal spår)ln(växlar)	-	-	-0.0106	0.1085

*Forts. Tabell 8. Resultat Modell 2b, underhållskostnader för El, Signal, Tele, Övriga anläggningar och Vintertjänster.*

	<i>Tåg</i>		<i>Bruttoton</i>	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
ln(antal spår)ln(broar och tunnlar)	-	-	0.0198	0.0528
ln(rälsvikt)^2	-14.3664***	3.8330	-18.4456***	4.2857
ln(rälsvikt)ln(kvalitetsklass)	-1.2567*	0.6981	-1.9076***	0.6094
ln(rälsvikt)ln(skarvar)	-1.2011**	0.6020	-0.5404	0.5419
ln(rälsvikt)ln(växlar)	0.4483	0.4176	0.5488	0.4207
ln(rälsvikt)ln(broar och tunnlar)	0.0653	0.2237	0.2432	0.2299
ln(kvalitetsklass)^2	-0.3653	0.2663	-0.4125*	0.2145
ln(kvalitetsklass)ln(skarvar)	-0.1425	0.1141	-0.0585	0.0975
ln(kvalitetsklass)ln(växlar)	0.0367	0.0881	-0.0282	0.0993
ln(kvalitetsklass)ln(broar och tunnlar)	0.0774*	0.0456	0.1177***	0.0448
ln(skarvar)^2	0.0830*	0.0483	0.0779	0.0499
ln(skarvar)ln(växlar)	0.0477	0.0515	0.0507	0.0538
ln(skarvar)ln(broar och tunnlar)	0.0911**	0.0396	0.0503	0.0411
ln(växlar)^2	0.0758	0.0557	0.0895	0.0622
ln(växlar)ln(broar och tunnlar)	-0.0262	0.0213	-0.0299	0.0244
ln(broar och tunnlar)^2	0.0406*	0.0235	0.0379	0.0240
D.Region Norr	0.1566**	0.0625	0.0198	0.0521
D.Region Mitt	-0.0121	0.0394	-0.0437	0.0443
D.Region Syd	-0.0997***	0.0351	-0.0629	0.0367
D.Region Öst	-0.2116***	0.0485	-0.2110***	0.0535
D.övergång till konkurrens	-0.0220	0.0410	-0.0217	0.0414
D.konkurrens	-0.1160**	0.0453	-0.1061**	0.0470
D.stationsbandel	0.1699*	0.0982	0.1097	0.0969
D.år 2002–2016	Ja		Ja	

\*, \*\*, \*\*\*: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.



Tabell 9. Resultat Modell 3a, underhållskostnader för Bana och El.

	Tåg		Bruttoton	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
Konstant	8.6796***	0.8534	8.5027***	0.8502
ln(underhållskostnad_t-1)	0.3067***	0.0409	0.3150***	0.0412
ln(underhållskostnad_t-2)	0.1309***	0.0289	0.1342***	0.0286
ln(tåg)	0.2453***	0.0394	-	-
ln(bruttoton)	-	-	0.1715***	0.0318
ln(spårlängd)	0.3045***	0.0635	0.2274***	0.0596
ln(antal spår)	-0.1408	0.1179	-0.1022	0.1230
ln(rälsvikt)	-0.7959***	0.2431	-1.1866***	0.2883
ln(kvalitetsklass)	0.2364**	0.1124	0.0753	0.1017
ln(skarvar)	0.0768	0.0544	0.1117**	0.0565
ln(växlar)	0.1537***	0.0516	0.1781***	0.0561
ln(broar och tunnlar)	0.0376	0.0236	0.0497*	0.0259
ln(tåg)^2	0.0679***	0.0166	-	-
ln(tåg)ln(spårlängd)	0.0723	0.0455	-	-
ln(tåg)ln(antal spår)	-0.1169*	0.0676	-	-
ln(tåg)ln(kvalitetsklass)	0.1644**	0.0767	-	-
ln(tåg)ln(skarvar)	-0.1555***	0.0472	-	-
ln(tåg)ln(växlar)	0.0543	0.0411	-	-
ln(tåg)ln(broar och tunnlar)	-0.0050	0.0179	-	-
ln(bruttoton)^2	-	-	0.0424***	0.0133
ln(bruttoton)ln(spårlängd)	-	-	0.0133	0.0361
ln(bruttoton)ln(antal spår)	-	-	-0.1032*	0.0528
ln(bruttoton)ln(kvalitetsklass)	-	-	0.1233*	0.0647
ln(bruttoton)ln(skarvar)	-	-	-0.1070***	0.0366
ln(bruttoton)ln(växlar)	-	-	0.0602*	0.0329
ln(bruttoton)ln(broar och tunnlar)	-	-	-0.0051	0.0162
ln(spårlängd)^2	0.1980*	0.1115	0.1157	0.1050
ln(spårlängd)ln(antal spår)	0.2367**	0.0988	0.2481**	0.1013
ln(spårlängd)ln(kvalitetsklass)	0.1164	0.1103	-0.0157	0.0924
ln(spårlängd)ln(skarvar)	-0.0944*	0.0533	-0.0565	0.0501
ln(spårlängd)ln(växlar)	-0.1267*	0.0739	-0.1028	0.0734
ln(spårlängd)ln(broar och tunnlar)	-0.0572*	0.0326	-0.0555	0.0341
ln(antal spår)^2	0.4335**	0.1921	0.3808**	0.1768
ln(antal spår)ln(kvalitetsklass)	0.0635	0.1699	0.0077	0.1571
ln(antal spår)ln(skarvar)	0.1062	0.0740	0.0916	0.0695
ln(antal spår)ln(växlar)	-0.1516	0.1227	-0.1469	0.1144
ln(antal spår)ln(broar och tunnlar)	-0.0696	0.0456	-0.0668	0.0453
ln(kvalitetsklass)^2	0.5593**	0.2410	0.2425	0.2016
ln(kvalitetsklass)ln(skarvar)	-0.0045	0.1046	0.1099	0.0897
ln(kvalitetsklass)ln(växlar)	-0.1393*	0.0837	-0.1167	0.0809

*Forts. Tabell 9. Resultat Modell 3a, underhållskostnader för Bana och El.*

	<i>Tåg</i>		<i>Bruttoton</i>	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
ln(kvalitetsklass)ln(broar och tunnlar)	0.0562	0.0368	0.0544	0.0367
ln(skarvar)^2	0.0982***	0.0304	0.1113***	0.0340
ln(skarvar)ln(växlar)	0.0849	0.0691	0.0280	0.0719
ln(skarvar)ln(broar och tunnlar)	0.0310	0.0398	0.0308	0.0437
ln(växlar)^2	0.0644	0.0727	0.1013	0.0767
ln(växlar)ln(broar och tunnlar)	-0.0152	0.0328	-0.0246	0.0343
ln(broar och tunnlar)^2	0.0311*	0.0186	0.0366*	0.0197
D.Region Norr	0.2248***	0.0667	0.0658	0.0676
D.Region Mitt	-0.0804*	0.0483	-0.1177	0.0594
D.Region Syd	-0.2760***	0.0518	-0.2161***	0.0528
D.Region Öst	-0.0207	0.0483	0.0047	0.0506
D.övergång till konkurrens	-0.0917*	0.0473	-0.0911*	0.0473
D.konkurrens	-0.0408	0.0435	-0.0279	0.0437
D.stationsbandel	0.0877	0.0614	0.0633	0.0599
D.år 2002–2016	Ja		Ja	

\*,\*\*,\*\*\*: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.

Tabell 10. Resultat Modell 3b, underhållskostnader för Signal, Tele, Övriga anläggningar och Vintertjänster.

	Tåg		Bruttoton	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
Konstant	7.9001***	0.9437	7.7756***	0.9262
ln(underhållskostnad_t-1)	0.4195***	0.0500	0.4270***	0.0489
ln(underhållskostnad_t-2)	0.0537	0.0371	0.0547	0.0374
ln(tåg)	0.1437***	0.0311	-	-
ln(bruttoton)	-	-	0.0975***	0.0246
ln(spårlängd)	0.2869***	0.0582	0.2304***	0.0541
ln(antal spår)	-0.1187	0.1301	-0.0975	0.1317
ln(rälsvikt)	0.5158*	0.2647	0.5400*	0.2983
ln(kvalitetsklass)	0.1025	0.0841	0.0670	0.0762
ln(skarvar)	0.0838**	0.0410	0.1011**	0.0418
ln(växlar)	0.1004***	0.0367	0.1119***	0.0367
ln(broar och tunnlar)	-0.0125	0.0184	0.0016	0.0215
ln(tåg)^2	0.0237**	0.0117	-	-
ln(tåg)ln(spårlängd)	0.1282***	0.0368	-	-
ln(tåg)ln(antal spår)	-0.0326	0.0454	-	-
ln(tåg)ln(rälsvikt)	0.2212	0.2027	-	-
ln(tåg)ln(kvalitetsklass)	-0.0004	0.0611	-	-
ln(tåg)ln(skarvar)	-0.1350***	0.0340	-	-
ln(tåg)ln(växlar)	0.0211	0.0246	-	-
ln(tåg)ln(broar och tunnlar)	-0.0304**	0.0151	-	-
ln(bruttoton)^2	-	-	0.0307***	0.0087
ln(bruttoton)ln(spårlängd)	-	-	0.0707**	0.0322
ln(bruttoton)ln(antal spår)	-	-	0.0153	0.0413
ln(bruttoton)ln(rälsvikt)	-	-	0.2248	0.1398
ln(bruttoton)ln(kvalitetsklass)	-	-	0.0756*	0.0401
ln(bruttoton)ln(skarvar)	-	-	-0.1131***	0.0307
ln(bruttoton)ln(växlar)	-	-	0.0033	0.0211
ln(bruttoton)ln(broar och tunnlar)	-	-	-0.0063	0.0127
ln(spårlängd)^2	0.3021***	0.0989	0.1997**	0.0946
ln(spårlängd)ln(antal spår)	0.1499	0.0992	0.1804*	0.1015
ln(spårlängd)ln(rälsvikt)	0.6819	0.4454	0.0516	0.4856
ln(spårlängd)ln(kvalitetsklass)	0.1778	0.1118	0.0380	0.0913
ln(spårlängd)ln(skarvar)	-0.1676***	0.0537	-0.1044*	0.0560
ln(spårlängd)ln(växlar)	-0.1397**	0.0585	-0.1523***	0.0568
ln(spårlängd)ln(broar och tunnlar)	-0.0641*	0.0369	-0.0374	0.0358
ln(antal spår)^2	0.1423	0.2084	0.1698	0.2004
ln(antal spår)ln(rälsvikt)	-0.6008	0.8246	-1.0938	0.8464
ln(antal spår)ln(kvalitetsklass)	0.1510	0.2005	-0.0026	0.1677
ln(antal spår)ln(skarvar)	0.0013	0.0760	-0.0381	0.0704

*Forts. Tabell 10. Resultat Modell 3b, underhållskostnader för Signal, Tele, Övriga anläggningar och Vintertjänster.*

	<i>Tåg</i>		<i>Bruttoton</i>	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
ln(antal spår)ln(växlar)	0.0106	0.1124	-0.0407	0.1106
ln(antal spår)ln(broar och tunnlar)	0.0457	0.0543	0.0415	0.0559
ln(rälsvikt)^2	-13.0862***	3.4972	-17.9688***	4.1206
ln(rälsvikt)ln(kvalitetsklass)	-1.6917***	0.6419	-2.1167***	0.6035
ln(rälsvikt)ln(skarvar)	-1.2848**	0.5528	-0.6584	0.5267
ln(rälsvikt)ln(växlar)	0.4665	0.4226	0.6574	0.4172
ln(rälsvikt)ln(broar och tunnlar)	0.1674	0.2236	0.2949	0.2413
ln(kvalitetsklass)^2	-0.4108	0.2724	-0.4286**	0.2166
ln(kvalitetsklass)ln(skarvar)	-0.2244**	0.0998	-0.1619*	0.0878
ln(kvalitetsklass)ln(växlar)	-0.0242	0.1032	-0.0031	0.0912
ln(kvalitetsklass)ln(broar och tunnlar)	0.0898**	0.0439	0.1297***	0.0414
ln(skarvar)^2	0.0946**	0.0446	0.0789*	0.0448
ln(skarvar)ln(växlar)	0.0556	0.0525	0.0559	0.0518
ln(skarvar)ln(broar och tunnlar)	0.0753**	0.0375	0.0376	0.0388
ln(växlar)^2	0.0417	0.0583	0.0801	0.0570
ln(växlar)ln(broar och tunnlar)	-0.0263	0.0244	-0.0274	0.0240
ln(broar och tunnlar)^2	0.0398*	0.0221	0.0371	0.0228
D.Region Norr	0.0986**	0.0498	-0.0035	0.0443
D.Region Mitt	-0.0153	0.0381	-0.0349	0.0410
D.Region Syd	-0.0718**	0.0321	-0.0367	0.0336
D.Region Öst	-0.2381***	0.0509	-0.2322***	0.0534
D.övergång till konkurrens	-0.0250	0.0456	-0.0210	0.0455
D.konkurrens	-0.1045**	0.0470	-0.0900*	0.0472
D.stationsbandel	0.1373*	0.0799	0.0961	0.0822
D.år 2002–2016	Ja		Ja	

\*, \*\*, \*\*\*: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.

Tabell 11. Resultat Modell 4a, underhållskostnader för Bana och Vintertjänster.

	Tåg		Bruttoton	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
Konstant	7.9528***	0.9231	7.6095***	0.9195
ln(underhållskostnad_t-1)	0.3319***	0.0306	0.3436***	0.0309
ln(underhållskostnad_t-2)	0.1048***	0.0325	0.1076***	0.0331
ln(underhållskostnad_t-3)	0.0605**	0.0296	0.0680**	0.0295
ln(tåg)	0.1855***	0.0364	-	-
ln(bruttoton)	-	-	0.1135***	0.0229
ln(spårlängd)	0.2509***	0.0488	0.1928***	0.0484
ln(antal spår)	-0.0218	0.0581	-0.0151	0.0499
ln(rälsvikt)	-0.9364***	0.3255	-1.1401***	0.3536
ln(kvalitetsklass)	0.2374**	0.0938	0.0418	0.0586
ln(skarvar)	0.1555***	0.0497	0.1551***	0.0498
ln(växlar)	0.0814**	0.0411	0.0913**	0.0402
ln(broar och tunnlrar)	0.0135	0.0180	0.0372*	0.0195
ln(tåg)^2	0.0551***	0.0190	-	-
ln(tåg)ln(kvalitetsklass)	0.1380**	0.0662	-	-
ln(tåg)ln(skarvar)	-0.0190	0.0335	-	-
ln(tåg)ln(växlar)	-0.0130	0.0316	-	-
ln(bruttoton)^2	-	-	0.0207*	0.0111
ln(bruttoton)ln(skarvar)	-	-	-0.0604**	0.0236
ln(bruttoton)ln(växlar)	-	-	0.0350	0.0265
ln(kvalitetsklass)^2	0.5227**	0.2128	-	-
ln(kvalitetsklass)ln(skarvar)	0.1577**	0.0755	-	-
ln(kvalitetsklass)ln(växlar)	-0.1375**	0.0693	-	-
ln(skarvar)^2	0.0855***	0.0266	0.0834***	0.0287
ln(skarvar)ln(växlar)	-0.0034	0.0393	0.0150	0.0298
ln(växlar)^2	0.0446	0.0488	0.0099	0.0495
D.Region Norr	0.2948***	0.0763	0.1687**	0.0663
D.Region Mitt	-0.0020	0.0491	-0.0238	0.0559
D.Region Syd	-0.2326***	0.0558	-0.1843***	0.0589
D.Region Öst	0.0317	0.0439	0.0578	0.0481
D.övergång till konkurrens	-0.1022**	0.0495	-0.1025**	0.0493
D.konkurrens	-0.0691*	0.0412	-0.0588	0.0415
D.stationsandel	0.0269	0.0766	0.0431	0.0688
D.år 2003–2016	Ja		Ja	

\*, \*\*, \*\*\*: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.

Tabell 12. Resultat Modell 4b, underhållskostnader för El, Signal, Tele och Övriga anläggningar.

	Tåg		Bruttoton	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
Konstant	8.1267***	0.9805	8.0397***	0.9770
ln(underhållskostnad_t-1)	0.3258***	0.0494	0.3305***	0.0494
ln(underhållskostnad_t-2)	0.1343***	0.0366	0.1364***	0.0373
ln(tåg)	0.1495***	0.0286	-	-
ln(bruttoton)	-	-	0.1291***	0.0237
ln(spårlängd)	0.3406***	0.0608	0.3018***	0.0575
ln(antal spår)	-0.1686**	0.0691	-0.1645**	0.0641
ln(rälsvikt)	0.5534**	0.2599	0.3473	0.2887
ln(kvalitetsklass)	0.0516	0.0892	-0.0197	0.0788
ln(skarvar)	0.0375	0.0468	0.0564	0.0445
ln(växlar)	0.1490***	0.0387	0.1500***	0.0375
ln(broar och tunnlar)	-0.0079	0.0197	-0.0080	0.0201
ln(tåg)^2	0.0246*	0.0140	-	-
ln(tåg)ln(spårlängd)	0.1920***	0.0462	-	-
ln(tåg)ln(rälsvikt)	0.2330	0.2337	-	-
ln(tåg)ln(kvalitetsklass)	0.0708	0.0750	-	-
ln(tåg)ln(skarvar)	-0.1736***	0.0454	-	-
ln(tåg)ln(växlar)	0.0265	0.0244	-	-
ln(tåg)ln(broar och tunnlar)	-0.0292	0.0178	-	-
ln(bruttoton)^2	-	-	0.0348***	0.0093
ln(bruttoton)ln(spårlängd)	-	-	0.1085***	0.0308
ln(bruttoton)ln(rälsvikt)	-	-	0.1524	0.1916
ln(bruttoton)ln(kvalitetsklass)	-	-	0.1113**	0.0530
ln(bruttoton)ln(skarvar)	-	-	-0.1281***	0.0379
ln(bruttoton)ln(växlar)	-	-	0.0207	0.0221
ln(bruttoton)ln(broar och tunnlar)	-	-	-0.0173	0.0146
ln(spårlängd)^2	0.3001***	0.1037	0.1566	0.0961
ln(spårlängd)ln(rälsvikt)	0.9779**	0.4672	0.3084	0.4782
ln(spårlängd)ln(kvalitetsklass)	0.1199	0.1187	-0.0690	0.1027
ln(spårlängd)ln(skarvar)	-0.1850***	0.0711	-0.1018	0.0654
ln(spårlängd)ln(växlar)	-0.1249**	0.0544	-0.1079**	0.0485
ln(spårlängd)ln(broar och tunnlar)	-0.0997***	0.0361	-0.0730**	0.0338
ln(rälsvikt)^2	-14.0447***	3.9356	-18.2032***	4.5103
ln(rälsvikt)ln(kvalitetsklass)	-1.2008	0.7330	-1.8818***	0.6284
ln(rälsvikt)ln(skarvar)	-1.3723*	0.7489	-0.8341	0.6617
ln(rälsvikt)ln(växlar)	0.2090	0.4059	0.2041	0.4007
ln(rälsvikt)ln(broar och tunnlar)	0.2857	0.2348	0.5540**	0.2367
ln(kvalitetsklass)^2	-0.3653	0.2967	-0.4983**	0.2346
ln(kvalitetsklass)ln(skarvar)	-0.1558	0.1354	-0.0146	0.1237

*Forts. Tabell 12. Resultat Modell 4b, underhållskostnader för El, Signal, Tele och Övriga anläggningar.*

	<i>Tåg</i>		<i>Bruttoton</i>	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
ln(kvalitetsklass)ln(växlar)	-0.0117	0.0962	-0.0404	0.0873
ln(kvalitetsklass)ln(broar och tunnlar)	0.0873*	0.0488	0.1250***	0.0468
ln(skarvar)^2	0.0930*	0.0519	0.0876*	0.0496
ln(skarvar)ln(växlar)	0.0592	0.0534	0.0168	0.0547
ln(skarvar)ln(broar och tunnlar)	0.1154**	0.0510	0.0888*	0.0488
ln(växlar)^2	0.0640	0.0593	0.0885	0.0562
ln(växlar)ln(broar och tunnlar)	-0.0203	0.0225	-0.0216	0.0216
ln(broar och tunnlar)^2	0.0369	0.0254	0.0310	0.0256
D.Region Norr	-0.0157	0.0611	-0.1540***	0.0588
D.Region Mitt	-0.1075**	0.0417	-0.1447***	0.0465
D.Region Syd	-0.1140***	0.0363	-0.0802**	0.0369
D.Region Öst	-0.2936***	0.0508	-0.2902***	0.0548
D.övergång till konkurrens	-0.0376	0.0427	-0.0391	0.0431
D.konkurrens	-0.1458***	0.0499	-0.1390***	0.0499
D.stationsbandel	0.1563*	0.0908	0.1120	0.0876
D.år 2002–2016	Ja		Ja	

\*, \*\*, \*\*\*: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.

Tabell 13. Resultat Modell 5a, underhållskostnader för Bana, El och Vintertjänster.

	Tåg		Bruttoton	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
Konstant	9.1802***	0.9269	8.9439***	0.9399
ln(underhållskostnad_t-1)	0.2929***	0.0441	0.3036***	0.0441
ln(underhållskostnad_t-2)	0.1170***	0.0312	0.1219***	0.0315
ln(tåg)	0.2401***	0.0397	-	-
ln(bruttoton)	-	-	0.1703***	0.0319
ln(spårlängd)	0.2626***	0.0576	0.1809***	0.0536
ln(antal spår)	-0.2433**	0.1063	-0.2445**	0.1100
ln(rälsvikt)	-0.7483***	0.2452	-1.0634***	0.2893
ln(kvalitetsklass)	0.1643***	0.0570	0.0702	0.0542
ln(skarvar)	0.1260**	0.0506	0.1567***	0.0544
ln(växlar)	0.1680***	0.0426	0.1966***	0.0474
ln(broar och tunnlar)	0.0240	0.0152	0.0377**	0.0167
ln(tåg)^2	0.0460***	0.0098	-	-
ln(tåg)ln(spårlängd)	0.0108	0.0301	-	-
ln(tåg)ln(antal spår)	-0.1653***	0.0540	-	-
ln(tåg)ln(skarvar)	-0.1046***	0.0290	-	-
ln(tåg)ln(växlar)	0.0575**	0.0252	-	-
ln(bruttoton)^2	-	-	0.0290***	0.0092
ln(bruttoton)ln(spårlängd)	-	-	-0.0088	0.0286
ln(bruttoton)ln(antal spår)	-	-	-0.1127**	0.0519
ln(bruttoton)ln(skarvar)	-	-	-0.0880***	0.0270
ln(bruttoton)ln(växlar)	-	-	0.0577**	0.0245
ln(spårlängd)^2	0.1123	0.0814	0.0657	0.0794
ln(spårlängd)ln(antal spår)	0.2272**	0.0952	0.2523***	0.0903
ln(spårlängd)ln(skarvar)	-0.0628	0.0406	-0.0465	0.0398
ln(spårlängd)ln(växlar)	-0.1307**	0.0578	-0.1387**	0.0585
ln(antal spår)^2	0.5528***	0.2004	0.5354***	0.1860
ln(antal spår)ln(skarvar)	0.0454	0.0756	0.0106	0.0730
ln(antal spår)ln(växlar)	-0.1315	0.1193	-0.1439	0.1117
ln(skarvar)^2	0.0846***	0.0253	0.0923***	0.0290
ln(skarvar)ln(växlar)	0.0706*	0.0414	0.0463	0.0377
ln(växlar)^2	0.0639	0.0524	0.0892*	0.0540
D.Region Norr	0.2813***	0.0682	0.1350**	0.0642
D.Region Mitt	-0.0315	0.0436	-0.0718	0.0524
D.Region Syd	-0.2836***	0.0518	-0.2272***	0.0540
D.Region Öst	0.0043	0.0429	0.0236	0.0466
D.övergång till konkurrens	-0.0948**	0.0439	-0.0909**	0.0442
D.konkurrens	-0.0606	0.0399	-0.0406	0.0403
D.stationsbandel	0.0981	0.0645	0.0709	0.0649
D.år 2002–2016	Ja		Ja	

\*, \*\*, \*\*\*: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.



Tabell 14. Resultat Modell 5b, underhållskostnader för Signal, Tele och Övriga anläggningar.

	Tåg		Bruttoton	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
Konstant	6.1548***	0.9318	6.7716***	0.9849
ln(underhållskostnad_t-1)	0.4135***	0.0472	0.3927***	0.0497
ln(underhållskostnad_t-2)	0.1729***	0.0440	0.1509***	0.0458
ln(tåg)	0.1238***	0.0321	-	-
ln(bruttoton)	-	-	0.0888***	0.0254
ln(spårlängd)	0.2689***	0.0492	0.2430***	0.0555
ln(antal spår)	0.0108	0.1370	-0.1088	0.1562
ln(rälsvikt)	0.4300*	0.2388	0.4935	0.3156
ln(kvalitetsklass)	0.0961	0.0924	0.0331	0.0838
ln(skarvar)	0.0367	0.0430	0.0508	0.0460
ln(växlar)	0.0413	0.0287	0.1250***	0.0389
ln(broar och tunnlrar)	0.0023	0.0180	-0.0086	0.0227
ln(tåg)^2	0.0307*	0.0159	-	-
ln(tåg)ln(antal spår)	-0.0993**	0.0427	-	-
ln(tåg)ln(rälsvikt)	0.1122	0.2096	-	-
ln(tåg)ln(kvalitetsklass)	0.0532	0.0772	-	-
ln(tåg)ln(skarvar)	-0.0511**	0.0231	-	-
ln(bruttoton)^2	-	-	0.0300***	0.0106
ln(bruttoton)ln(spårlängd)	-	-	0.1065***	0.0398
ln(bruttoton)ln(antal spår)	-	-	0.0401	0.0530
ln(bruttoton)ln(rälsvikt)	-	-	0.1672	0.1687
ln(bruttoton)ln(kvalitetsklass)	-	-	0.0898	0.0546
ln(bruttoton)ln(skarvar)	-	-	-0.1203***	0.0332
ln(bruttoton)ln(växlar)	-	-	-0.0084	0.0232
ln(bruttoton)ln(broar och tunnlrar)	-	-	-0.0097	0.0148
ln(spårlängd)^2	-	-	0.3093***	0.1069
ln(spårlängd)ln(antal spår)	-	-	0.2120*	0.1141
ln(spårlängd)ln(rälsvikt)	-	-	-0.1611	0.5283
ln(spårlängd)ln(kvalitetsklass)	-	-	0.0263	0.1001
ln(spårlängd)ln(skarvar)	-	-	-0.1546**	0.0625
ln(spårlängd)ln(växlar)	-	-	-0.1385**	0.0603
ln(spårlängd)ln(broar och tunnlrar)	-	-	-0.0733*	0.0385
ln(antal spår)^2	0.0698	0.1604	0.2170	0.2335
ln(antal spår)ln(rälsvikt)	-1.2242*	0.6475	-1.6467*	0.9747
ln(antal spår)ln(kvalitetsklass)	-0.1818	0.1790	-0.0363	0.1847
ln(antal spår)ln(skarvar)	0.1866***	0.0639	0.0016	0.0912
ln(antal spår)ln(växlar)	-	-	-0.1259	0.1055
ln(antal spår)ln(broar och tunnlrar)	-	-	0.0091	0.0608
ln(rälsvikt)^2	-8.7216***	3.2824	-15.8186***	4.1824
ln(rälsvikt)ln(kvalitetsklass)	-1.2338	0.7893	-2.2035***	0.6078

*Forts. Tabell 14. Resultat Modell 5b, underhållskostnader för Signal, Tele och Övriga anläggningar.*

	<i>Tåg</i>		<i>Bruttoton</i>	
	Koefficient	St.fel	Koefficient	St.fel
ln(rälsvikt)ln(skarvar)	-0.0735	0.3011	-0.7335	0.6331
ln(rälsvikt)ln(växlar)	-	-	0.6111	0.4484
ln(rälsvikt)ln(broar och tunnlar)	-	-	0.5919**	0.2436
ln(kvalitetsklass)^2	-0.4669*	0.2565	-0.5095**	0.2251
ln(kvalitetsklass)ln(skarvar)	0.0438	0.0559	-0.1303	0.1104
ln(kvalitetsklass)ln(växlar)	-	-	-0.0071	0.0862
ln(kvalitetsklass)ln(broar och tunnlar)	-	-	0.1375***	0.0464
ln(skarvar)^2	0.0586**	0.0254	0.0827*	0.0426
ln(skarvar)ln(växlar)	-	-	0.0252	0.0578
ln(skarvar)ln(broar och tunnlar)	-	-	0.0769	0.0501
ln(växlar)^2	-	-	0.1231**	0.0601
ln(växlar)ln(broar och tunnlar)	-	-	-0.0148	0.0251
ln(broar och tunnlar)^2	-	-	0.0224	0.0249
D.Region Norr	-0.0711	0.0463	-0.2048***	0.0569
D.Region Mitt	-0.1095***	0.0383	-0.1345***	0.0440
D.Region Syd	-0.0967***	0.0359	-0.0728**	0.0324
D.Region Öst	-0.2928***	0.0538	-0.2974***	0.0562
D.övergång till konkurrens	-0.0516	0.0515	-0.0497	0.0515
D.konkurrens	-0.1279**	0.0516	-0.1100**	0.0528
D.stationsbandel	0.1368*	0.0815	0.0824	0.0796
D.år 2002–2016	Ja		Ja	

\*, \*\*, \*\*\*: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.