



Marginalkostnads- prissättning inom järnvägen

En ekonometrisk analys

Marginal Cost Pricing of Railway Infrastructure

An econometric analysis

Erik Grenestam och Erik Uhrberg

Kandidatuppsats i Nationalekonomi
Linköpings universitet
Våren 2010
Handledare: Johan Holmgren

Sammanfattning

Trafikverket förvaltar en majoritet av det svenska järnvägsnätet. Trafikverkets banavgifter spelar därför en stor roll för den svenska järnvägsmarknaden. Banavgifterna sätts enligt en lagstadgad princip om marginalkostnadsprissättning. Uppsatsen inleds med en genomgång av allmänt vedertagna bevis för marginalkostnadsprissättningens betydelse för en väl fungerande marknad.

En del av de marginalkostnader som ligger till grund för Trafikverkets banavgifter beräknas med hjälp av observerade data. Utgångspunkten är ett omfattande paneldatamaterial som har tillhandahållits av Statens Väg- och Transportforskningsinstitut (VTI). För att beräkna marginalkostnaderna har vi använt oss av både *random effects*- och *fixed effects*-modeller. I vår analys illustreras resultaten med marginalkostnads- och genomsnittskostnadskurvor för att uppnå en bättre förståelse av järnvägens produktionsförutsättningar.

Marginalkostnaden uttryckt i 2006 års priser skattas till cirka 0,45 SEK per tågkilometer, varav 0,34 SEK utgörs av snöröjningskostnader. För underhåll och reinvestering skattas marginalkostnaden till cirka 0,015 SEK per bruttotonkilometer. Dessa belopp är sammantaget högre än de avgifter som tas ut av Trafikverket idag, vilket kan tyda på att principen om marginalkostnadsprissättning eventuellt inte har upprätthållits. En avgift som är lägre än marginalkostnaden kan innebära att efterfrågan på spårkapacitet blir större än optimalt, något som leder till välfärdsförluster.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
Innehållsförteckning.....	3
1. Inledning.....	4
1.1 Bakgrund.....	4
1.2 Syfte.....	5
1.3 Metod.....	5
2. Marginalkostnadsprissättningens teori.....	6
2.1 Dupuits bevis.....	6
2.2 Hotellings bevis.....	8
2.3 Jansson och den prisrelevanta marginalkostnaden.....	10
3. Ekonometrisk teori.....	14
3.1 Fixed Effects.....	15
3.2 Random Effects.....	16
3.3 Valet mellan FE och RE.....	17
4. Den svenska järnvägsmarknaden.....	19
4.1 Dagens marknadsstruktur.....	19
4.2 Trafikverkets prissättning.....	20
5. Observerade data.....	24
6. Modellspecificering, estimering och resultat.....	27
6.1 Val av output.....	28
6.2 En FE-modell för estimering av snöröjningskostnader.....	28
6.3 En RE-modell för estimering av driftskostnader.....	29
6.4 En FE-modell för estimering av driftskostnader.....	31
6.5 Jämförelse mellan FE- och RE-modell för driftskostnader.....	32
6.6 En FE-modell för estimering av underhålls- och reinvesteringskostnader.....	33
6.7 Elasticiteter.....	34
6.8 Marginalkostnadsberäkningar.....	36
6.9 Resultat.....	37
7. Kostnadsanalys.....	38
7.1 Jämförelse med Trafikverkets prissättning.....	43
8. Slutsats.....	47
9. Referenser.....	48

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Trafikverket¹ förvaltar en majoritet av det svenska järnvägsnätet. De flesta svenska tågoperatörer måste förhålla sig till Trafikverkets prissättning av järnvägstjänster i planeringen av sin verksamhet, något som i sin tur formar underlaget för nyinvesteringar och underhåll av järnvägsnätet. Avgifterna spelar således en avgörande roll för de resenärer och godstransporter som tillsammans avverkade 141 miljoner tågkilometer i Sverige under 2008.

Det råder bred konsensus om att ett pris som motsvarar marginalkostnaden är ett villkor för en väl fungerande marknad (se till exempel Pindyck & Rubinfeld, 2005: kap 9). Mot bakgrund av detta är det idag lagstadgat att Trafikverkets avgifter gentemot tågoperatörerna ska motsvara myndighetens marginalkostnad. Ett pris som avviker från marginalkostnaden gör att tågmarknaden inte fungerar optimalt och leder i slutändan till välfärdsförluster för hela samhället.

Vad är då Trafikverkets marginalkostnad för tågtrafik? Med hjälp av ekonometriska analyser av observerade data från tidigare år kan man skatta marginalkostnaden och kontrollera rimligheten i dagens tariffer. Tillgången på mikrodata för tågtrafik är sällsynt god i Sverige och det finns goda möjligheter att göra säkra skattningar av marginalkostnaden.

Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) har under flera år bedrivit forskningsprojekt som syftar till att ta fram relevanta metoder för att beräkna Trafikverkets marginalkostnad för tågtrafik. Vårt uppdrag består i att med hjälp av VTI:s datamaterial och tidigare forskning på området göra nya skattningar av marginalkostnaden för tågtrafik på järnvägsnätet baserat på data för åren 1999-2006.

¹ Sedan april 2010 ingår f.d. Banverket i den nybildade myndigheten Trafikverket

1.2 Syfte

Uppsatsens syfte är att utifrån observerade data beräkna och analysera Trafikverkets marginalkostnader för att tillhandahålla spårkapacitet. Uppsatsen kommer också att visa varför marginalkostnadsprissättning är optimalt samt resonera kring vad som utgör den relevanta marginalkostnaden.

1.3 Metod

I centrum för uppsatsen står den ekonometriska analysen av datamaterialet som VTI tagit fram. Waters (1985) nämner ekonometrisk analys som en av de modernaste metoderna för att analysera järnvägens kostnader, en metod som vuxit fram under senare hälften av 1900-talet.

Datamaterialet är omfattande och medan mycket var förberett av VTI har en icke oansenlig del av vårt arbete bestått i att administrera och förbereda data för de olika analysverktygen. Utgångspunkten för sammanställningen av Trafikverkets olika kostnader är rådata hämtade direkt från deras bokföring. Via tabeller och skript i Excel har vi plockat ut de för analysen intressanta kostnaderna. Modellestimeringarna har gjorts i RATS 6.1, Stata 10 och SPSS 17. Marginalkostnadsberäkningar och grafer har gjorts i Stata och SPSS.

Ansatsen i våra marginalkostnadsberäkningar har vi hämtat från VTI:s tidigare forskning på området (främst Andersson, 2006, 2007, och Johansson & Nilsson, 2004). För att undvika att denna uppsats blir en ren upprepning av deras tidigare studier har vi haft som mål att testa modellspecificeringar och modeller som skiljer sig från de som använts i ovanstående forskning. Vi anser att våra resultat skiljer sig tillräckligt för att utgöra ett intressant bidrag till frågan om järnvägens marginalkostnader. I vår analys har vi i stor utsträckning förlitat oss på figurer för att illustrera ekonomiskt intressanta samband.

För att sätta oss in i skälen till marginalkostnadsprissättningens fördelar har vi valt att hålla oss till de klassiska bevisen. Vi har inte velat komplicera detta kapitel alltför mycket utan försökt att hålla oss till huvudsyftet med uppsatsen.

Vidare har vi läst diverse rapporter och utredningar från bland annat SJ, Green Cargo, Trafikverket, SIKa och Transportstyrelsen för att sätta oss in i ämnet och för att skapa en bred kunskapsbas inom området.

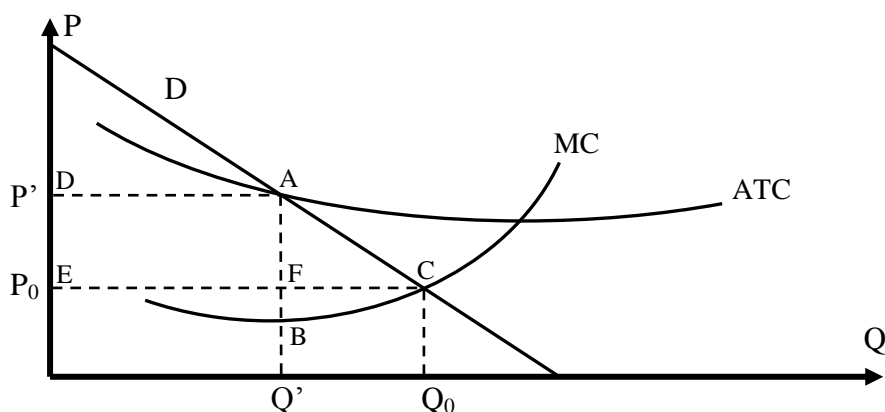
2. Marginalkostnadsprissättnings teori

Vår uppsats vilar på påståendet att ett pris som motsvarar producentens marginalkostnad är optimalt ur ekonomisk synvinkel. Detta kapitel utgör en forskningsöversikt som visar varför detta är allmänt vedertaget bland ekonomer och varför varje pris som avviker från marginalkostnaden leder till problem.

Inom den klassiska mikroteorin anses marknader fungera optimalt endast då priset som tas ut för en vara är lika med producenternas marginalkostnad. Inom ramen för samhällsekonomiskt inriktad mikroteori har nationalekonomer presenterat starka bevis (till exempel Hotelling, 1938) som visar att ett marginalkostnadspris är optimalt även för offentligt finansierade nyttigheter, trots att denna marknad på många sätt skiljer sig från typexemplet; den kommersiellt formade marknaden. En realitet för transportinfrastruktursektorn är att produktionen präglas av fallande genomsnittskostnader, något som försämrar projektets utsikter till full kostnadstäckning. Företagsekonomiskt kan investeringar motiveras endast om den initiala kostnaden kan förväntas täckas av diskonterade framtida intäkter. Kan investeringar i infrastruktur vara motiverade även om det inte finns någon möjlighet att täcka den initiala investeringen? Vi presenterar här två starka bevis för att så är fallet, och att ett pris som motsvarar marginalkostnaden är optimalt även om det inte finns något hopp om full kostnadstäckning.

2.1 Dupuits bevis

Fransmannen Jules Dupuit var först med att hävda att det är fel att värdera något utifrån varans prissättning, då priset endast avspeglar marginalkonsumentens betalningsvilja (Hotelling, 1938). Det väsentliga är den aggregerade värderingen. Därför bör nyttigheter så som infrastruktur värderas efter konsumenternas sammanlagda värdering. Dupuit menade vidare att denna värdering kan approximeras till det så kallade konsumentöverskottet. Konsumentöverskottet definieras som arean mellan en tänkt efterfrågekurva och prislinjen (Currie et al, 1971).



Figur 1: Dupuits bevis

Hotelling (1938) går igenom Dupuits bevis i stora drag. Antag att vi har en vara där producentens ATC överstiger MC vid optimalt pris, P_0 i figur 1, det vill säga där efterfrågekurvan möter producentens marginalkostnadskurva. ATC kurvan ingår inte i Dupuits ursprungliga bevis, men vi använder oss av detta scenario för att illustrera verkligheten för satsningar på transportinfrastruktur; vi föreställer oss den offentliga sektorn som ensam producent av en vara vars produktion präglas av höga fasta kostnader. Areal ABC i figuren visar den samhällsekonomiska förlusten (i form av skillnaden mellan minskat konsumentöverskott och producentens kostnader för öka produktionen till Q_0) när priset på en sådan vara höjs från $P_0=MC$ till att ge full kostnadstäckning, $P'=ATC$. De ökade utgifterna för de kvarvarande konsumenterna uttrycks som arean ADEF. Dessa ökade utgifter går till att täcka producentens tidigare förluster, men utgör endast monetär transferering mellan konsument och producent och är inte relevanta för den samhällsekonomiska kalkylen. Med ovanstående resonemang kan man visa att endast ett pris som är lika med marginalkostnaden maximerar summan av konsumentöverskott och producentöverskott, vid alla andra priser uppstår en så kallad *deadweight loss* analog till arean ABC i figur 1. Det är därför som ett marginalkostnadspris är det samhällsekonomiskt optimala. Alla andra priset leder till en välfärd förlust motsvarande triangeln ABC i exemplet ovan. Med andra ord; förlusten vid ett pris som är lägre/högre än marginalkostnaden består i att samhället kommer spendera mer/mindre resurser på marginalkonsumenterna är vad dessa konsumenter värderar nyttigheten till.

Dupuits bevis är sedan länge allmänt vedertaget, varför vi bara presenterar det översiktligt. För att komma in på nästa bevis ska vi komplicera saker och ting något. Antag istället att ursprungsläget är $P'=ATC$ och att priset sedan sänks till $P=MC$. Det ökade konsumentöverskottet uttrycks fortfarande som arean ABC och de befintliga konsumenternas

minskade kostnader övergår till finansiella förluster för producenten. Antag vidare att den sammanlagda betalningsviljan hos konsumenterna trots detta gör det fördelaktigt att producera en viss kvantitet av varan. Hur ska producentens finansiella förluster täckas för att varan ska kunna produceras? Om det, som i fallet med järnvägen, rör sig om en offentligt finansierad nyttinghet, är det då samhällsekonomiskt klokare att höja den allmänna skattenivån eller är det bättre med punktagifter för de som nyttjar varan eller tjänsten (avgifter som effektivt höjer priset tillbaka till en nivå motsvarande ATC)? Kort sagt, vilken är den optimala finansieringen av en vara där producenten gör en oundviklig förlust vid $P=MC$? Här kommer vi in på Harold Hotellings bevis för marginalkostnadsprissättning.

2.2 Hotellings bevis

Hotelling (1938) presenterar ett mer generellt bevis som till viss del vilar på Dupuits arbete, men som inte bygger på beräkningar av konsument- och producentöverskott. Beviset är mer komplicerat än Dupuits, men det hjälper oss att svara på frågan om hur järnvägen bör finansieras. Vi går igenom beviset steg för steg och avslutar med vår egen tolkning av Hotellings slutsatser.

En individs nyttofunktion för nyttan av att konsumera en given uppsättning varor kan skrivas enligt nedanstående.

$$\phi = \phi(q_1, q_2, \dots, q_n) \quad (1)$$

Där ϕ är den totala nyttan. Om ϕ antar samma värden för två olika uppsättningar varor och kvantiteter så betyder det att individen är lika nöjd med de båda kombinationerna, men för enkelhetens skull antar vi att det endast finns en kombination av varor som är optimal.

I ursprungsläget tänker sig Hotelling att en allmän skatt (till exempel en inkomstskatt) används till finansieringen av vägar, järnvägar, energi och annan infrastruktur. Varje person betalar bara den extra kostnad som dennes konsumtion ger upphov till. Med andra ord tillämpas marginalkostnadsprissättning.

En individ har efter skatt en viss disponibel inkomst m . Denna inkomst används till konsumtion av en uppsättning n varor. Där q_i utgör kvantiteten av vara i , som konsumeras till priset p_i enligt nedanstående:

$$m = \sum_{i=1}^n p_i q_i \quad (2)$$

Individen antas nyttomaximera givet denna budgetrestriktion. Vi antar som sagt att det inte finns två olika kombinationer av kvantiteter som ger samma nytta. Vi kallar kvantiteterna som ger nyttomax för q_i och alla andra kvantiteter för q'_i , där q'_i också uppfyller villkoret i (2) enligt:

$$m = \sum_{i=1}^n p_i q'_i \quad (3)$$

Detta ger:

$$\Phi = \Phi(q_1, q_2, \dots, q_n) > \Phi(q'_1, q'_2, \dots, q'_n) = \Phi + \delta\Phi \quad (4)$$

Olikheten ger att $\delta\Phi$ är negativ, enligt ovanstående resonemang. Antag att $q'_i = q_i + \delta q_i$, och sätt in detta i (3) och subtrahera (2). Då fås ekvationen:

$$0 = \sum_{i=1}^n p_i \delta q_i \quad (5)$$

Förutsatt att alla δq_i inte är noll (eftersom det då hade varit exakt samma uppsättning varor i båda fallen) ger detta ekvationen:

$$\delta\Phi = \Phi(q_1 + \delta q_1, \dots, q_n + \delta q_n) - \Phi(q_1, \dots, q_n) < 0 \quad (6)$$

I nästa scenario antar Hotelling att marginalkostnadssystemet ersätts med ett system med lägre inkomstskatt, men med punktavgifter för att få utnyttja vissa offentliga nyttigheter, det vill säga priser som överstiger MC. Individen får dock en högre disponibel inkomst tack vare skattesänkningen. Punktavgifterna manifesteras i ändrade priser (p'_i), något som leder till att individen nyttomaximerar genom att konsumera en annan uppsättning varor (q'_i), under en ny budgetrestriktion (m'_i). Hotelling diskuterar inte de sekundära effekter som en skattesänkning kan medföra, till exempel påverkan på arbetsutbudet, vi väljer därför att bortse från dessa.

$$p'_i = p_i + \delta p_i \quad q'_i = q_i + \delta q_i \quad m' = m + \delta m \quad (7)$$

Där δp_i och δq_i kan vara antingen positiva eller negativa. Staten kommer få in en lägre inkomstskatt från individerna, men detta uppvägs med de nya punktavgifterna för konsumtionen av vissa offentliga nyttigheter. Nettoförändringen av statens inkomster kan skrivas δr och blir:

$$\delta r = \sum_{i=1}^n q'_i \delta p_i - \delta m \quad (8)$$

Individens nya konsumtionsfunktion blir:

$$m + \delta m = \sum_{i=1}^n (p_i + \delta p_i)(q_i + \delta q_i) \quad (9)$$

Subtrahera budgetvillkoret i det ursprungliga systemet (2) och använd de likheter vi satte upp i (7) och vi får:

$$\delta m = \sum_{i=1}^n (q'_i \delta p_i) + \sum_{i=1}^n (p_i \delta q_i) \quad (10)$$

(10) kombinerat med (8) ger att:

$$\delta r = - \sum_{i=1}^n p_i \delta q_i \quad (11)$$

Antag att statens inkomster ska vara lika stora innan som under systemet med marginalkostnadsprissättning, det vill säga $\delta r = 0$. Varje individ får alltså betala in samma summa skatt totalt och ökningen av den disponibla inkomsten går alltså tillbaka till staten i form av punktskatter på offentligt finansierade nyttigheter varorna. Då ger (11) att (5) är uppfyllt. Givet detta visar ekvation (6) att individen har en lägre total nytta under systemet med punktavgifter. Med andra ord innebär detta att eftersom individen fortfarande har samma skattebörda under båda systemen, men tvingas omfördela sin konsumtion från den optimala varukorgen (utan att den totala mängden konsumerade varor ökar) innebär detta att ett system med punktavgifter enbart får till följd att individen tvingas avvika från sin optimala nyttofunktion.

Ett särskilt fall där Hotellings bevis inte är giltigt är som sagt om alla δq_i i systemet med punktavgifter är lika med noll. Detta svarar mot att alla $\delta p_i = \delta m$; så länge relativpriserna i varukorgen inte förändras har konsumenten inga incitament att förändra sitt val av konsumerad kvantitet. Medan detta specialfall är teoretiskt möjligt kommer priserna i praktiken inte öka uniformt, något som tvingar konsumenten att omfördela sin konsumtion.

Att finansiera allmänna nyttigheter via en allmän skatt ger alltså individerna en högre nytta. Hotellings och Dupuits bevis ligger till grunden för den idag axiomatiska idén om marginalkostnadsprissättningens fördelar vid prissättning av offentligt finansierade nyttigheter (Abouchar, 1976).

2.3 Jansson och den prisrelevanta marginalkostnaden

Jansson (1998, 2001) presenterar ett intressant perspektiv på de producentrelaterade marginalkostnader som denna uppsats behandlar. Jansson poängterar att producentens

marginalkostnad bara är en av flera komponenter som tillsammans utgör den samhällsekonomiska marginalkostnaden för järnvägssektorn:

$$\frac{dTC}{dQ} = MC_{\text{samhälle}} = MC_{\text{inf}} + MC_{\text{train}} + MC_{\text{ext}} + MC_{\text{user}} \quad (12)$$

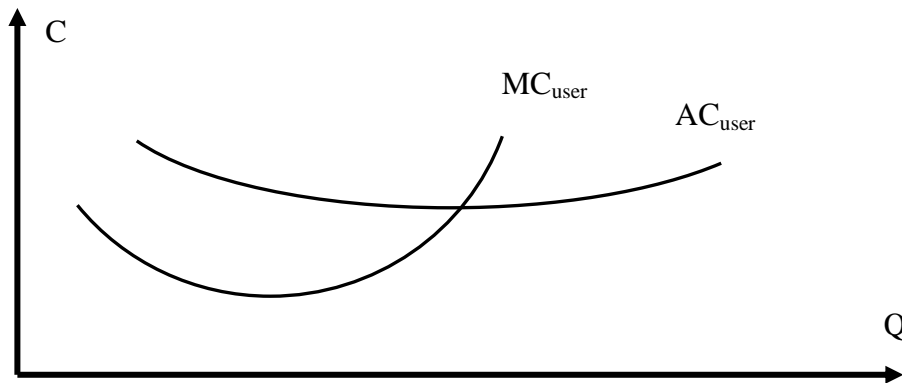
Där MC_{inf} är marginalkostnaden för infrastruktur, MC_{train} är marginalkostnaden för tågoperatörerna, MC_{ext} är den externa marginalkostnaden och MC_{user} är den marginala tidskostnad som resenärerna betalar, det vill säga tiden det tar att resa. Jansson håller med om att optimal prissättning sker vid det allmänt vedertagna villkoret att marginalkostnaden ska vara lika med marginalnyttan. Hans argument handlar snarare om vilka komponenter som ska ingå i denna marginalkostnad. Jansson föreslår att följande samband gäller för den prisrelevanta marginalkostnaden (*"the price relevant marginal cost"*).

$$MC_{\text{prisrelevant}} = MC_{\text{inf}} + MC_{\text{train}} + Q \frac{\delta AC_{\text{user}}}{\delta Q} + MC_{\text{ext}} \quad (13)$$

Jansson gör, under förutsättningen att infrastrukturen på kort sikt är att anse som statisk, antagandet att marginalproduktion av transportkapacitet kommer att påverka tidskostnaden för transportsystemets befintliga användare. Denna effekt fångas av derivatan av AC_{user} med avseende på Q ; hur den genomsnittliga reskostnaden förändras för befintliga resenärer då en extra passagerare kliver ombord, eller då en ytterligare vara lastas på ett godståg. Detta multiplicerat med den totala kvantiteten (Q) ger den sammanlagda kostnad som ytterligare kvantitet (δQ) utgör i form av förändrad tidskostnad för befintliga resenärer och gods. Jansson menar att alltså att tidskostnaden för den marginelle resenären (MC_{user}) i sig inte är relevant för priset, denna tidskostnad förutsätts resenären stå för själv och denne ska således inte debiteras denna kostnad en extra gång. Däremot ska påverkan på andra resenärers tidskostnad räknas in i priset. Sambandet mellan AC och MC för konsumenternas tidskostnad illustreras i figur 2.

Konsekvensen av Janssons teori är att Trafikverket måste ta hänsyn till fler faktorer än bara sina egna marginalkostnader som producent av rälskapacitet för att deras prissättning ska vara optimal ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Bland annat måste man se till hur befintliga resenärers tidskostnad påverkas av att ytterligare ett tåg trafikerar den befintliga infrastrukturen. Om transportsystemet närmar sig fullt kapacitetsutnyttjande är det rimligt att anta att extra resenärer kommer att utgöra ökade tidskostnader för alla i form av till exempel längre väntetider ($dAC_{\text{user}}/dQ > 0$, se figur 2). Detta motiverar en höjning av det

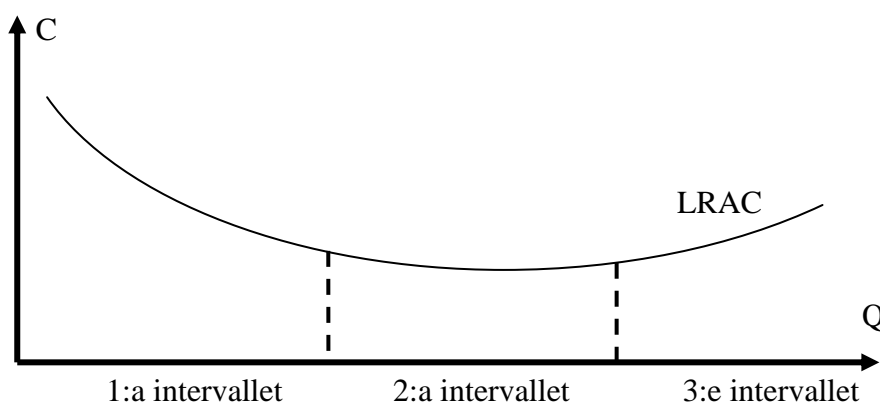
marginalkostnadsbaserade priset, *ceteris paribus*. Om det däremot fortfarande finns kapacitet att köra fler tåg är $dAC_{\text{user}}/dQ < 0$; ytterligare tåg sänker den genomsnittliga väntetiden och minskar trängseln för resenärerna i de befintliga tågen, något som motiverar en sänkning av det marginalkostnadsbaserade priset.



Figur 2: Tidskostnader för konsumenten som en funktion av output

Målsättningen med denna uppsats är att beräkna den avgift som i Janssons modell motsvaras av MC_{inf} , och således försöker vi inte kvantifiera eller värdera varken MC_{ext} , MC_{train} eller AC_{user} , varför denna uppsats inte svarar på hela frågan om den samhällsekonomiska marginalkostnaden för tågtrafik.

Janssons arbete hjälper oss att visa hur Trafikverket kan differentiera sina priser för att uppnå större samhällsekonomisk och företagsekonomisk effektivitet. Här utgår Jansson från att likna järnvägen vid produktionsindustrin med hjälp av en typisk LRAC-kurva (*Long Run Average Cost*).



Figur 3: En typisk LRAC-kurva med Janssons tre intervall

Jansson menar att transportinfrastruktur oftast kan observeras i det första intervallet i figuren ovan. För en statisk infrastruktur karaktäriseras denna sektor av *economies of density*. *Economies of density* är ett vanligt förekommande begrepp inom transportekonomi; fallande

genomsnittskostnader vid ökad trafiktäthet. Vi kommer att visa hur en differentierad prissättning kan hjälpa Trafikverket att kostnadsminimera genom att förlägga produktionen till det andra intervallet i figur 3. I detta intervall återfinns brytpunkten där produktionen övergår till att präglas av *diseconomies of density*, stigande genomsnittskostnader vid ökad produktion eller alternativt; en kostnadselasticitet med avseende på output som är större än ett.

3. Ekonometrisk teori

I detta kapitel går vi igenom den ekonometriska teori som våra analyser vilar på.

Datamaterialet som VTI har tillhandahållit utgör ett så kallat paneldatamaterial, en typ av datamaterial som används mer och mer i ekonometrisk forskning (Wooldridge, 2002:426). Vanligtvis utgörs ett datamaterial av antingen horisontella observationer (*cross sectional data*) eller av en tidsserie där man följt samma individ, företag, land etc. under en längre tid (*time series data*). Ett regelrätt paneldatamaterial kännetecknas av att det är samma urval som observerats vid olika tidpunkter, något som gör det möjligt att studera mer komplex dynamik och framför allt kontrollera för icke-observerade effekter (Wooldridge, 2002:169). Detta kommer visa sig vara centralt i våra modeller. Gujarati & Porter (2009) citerar Baltagi som nämner mer effektiva skattningar och fler frihetsgrader som exempel på andra fördelar med att använda sig av paneldata, då ett paneldatamaterial alltid innehåller fler observationer än motsvarande data med enbart horisontella eller longitudinella observationer.

För att kunna utnyttja den fulla potentialen hos ett paneldatamaterial krävs ibland andra regressionsmodeller än den klassiska linjära varianten. Vi väljer dock att utgå från denna i vår beskrivning av mer avancerade modeller. På generell form skrivs den klassiska modellen för ett paneldatamaterial enligt:

$$Y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

Där x är en vektor som innehåller K observerade variabler, fördelat på N antal observationer över T tidsperioder. β är en vektor med parametrar för var och en av de K observerade variablerna. α är en gemensam interceptterm och ε_{it} är en slumpterm som kan variera både för olika individer i såväl som över tiden t (Wooldridge, 2002). Att rakt av tillämpa den klassiska linjära regressionsmodellen på ett paneldatamaterial brukar kallas för *Pooled Ordinary Least Squares* (POLS) och innebär att alla observationer samlas och skattas med en och samma linjära regression (Gujarati & Porter, 2009). POLS tar ingen hänsyn till att observationerna i paneldatamaterial varierar i två dimensioner, för detta krävs en utökning av modellspecifikationen.

3.1 Fixed Effects

Fixed Effects (FE) är en utveckling av POLS som ger modellen ett visst utrymme att variera i både tid och rum oberoende av varandra. Genom att låta intercepttermen α vara unik för varje i kan man skilja mellan effekter som inte varierar över tiden med de som gör det (βx_{it}). FE-modeller kan se ut på olika sätt, men den vi kommer att använda oss av bygger på att uttrycka observationerna för en individ som avvikelser från medelvärdet (Wooldridge, 2003). Antag en modell med endast en förklaringsvariabel:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{it} + \varepsilon_{it} \quad (15)$$

Notera index i vid intercepttermen. Medelvärdet över tiden för individen i är:

$$\bar{Y}_i = \alpha_i + \beta_1 \bar{x}_i + \bar{\varepsilon}_i \quad (16)$$

Eftersom α_i är konstant över tiden så skiljer sig inte dess medelvärde från parametrarnas ursprungliga värde. För att uttrycka alla variabler som avvikelser från medelvärdet över tiden transformeras modellen (*the within transformation*, Wooldridge, 2003) genom att subtrahera (16) från (15) enligt:

$$Y_{it} - \bar{Y}_i = \alpha_i - \alpha_i + \beta_1 (x_{it} - \bar{x}_i) + \varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i \quad (17)$$

Notera hur den individuella effekten α_i försvinner vid transformationen. Beroende på antalet horisontella observationer i panelen leder transformationen till att antalet parametrar som ska skattas blir väsentligt färre. Vid estimering skrivs modellen enligt (17); alla variabler är uttryckta som avvikelser från medelvärdet för aktuellt i . Om de individuella effekterna är av intresse är de lätta att beräkna enligt:

$$\hat{\alpha}_i = \bar{Y}_i + \hat{\beta}_1 \bar{x}_i + \bar{\varepsilon}_i \quad (18)$$

I praktiken kan en FE-modell också specificeras genom att skapa en dummyvariabel för varje enskild bandel (där dummyvariabelns parameter α_i estimeras), även kallat för *The Dummy Variable Regression* (Wooldridge, 2003). *Within*-transformerade modeller ger exakt samma resultat som om vi använder oss av dummyvariabler för varje i . OLS är *Best Linear Unbiased Estimator* (BLUE) i båda fallen och de ”förbrukar” lika många frihetsgrader.²

² Med vårt datamaterial spelar estimeringsförfarandet ingen roll, båda alternativen fungerar lika bra. Anledningen till att vi här fokuserar på *within*-transformation är att vår programvara använder sig av denna metod.

FE-modeller kommer med vissa villkor. Den individuella effekten α_i förutsätts vara korrelerad med en eller flera av förklaringsvariablerna och kommer fånga gruppens tidskonstanta heterogenitet, det vill säga effekten av de observerade såväl som de icke-observerade effekter som är konstanta över tiden (Gujarati & Porter, 2009). Eftersom effekten fångar all tidskonstant heterogenitet hos gruppen är den inte tolkningsbar, snarare är den att anse som en ”catch all”-variabel och förutsätter att man inte är intresserad av att tolka betydelsen av variabler som inte varierar över tiden utan enbart är intresserad av att kontrollera för effekten av dessa. Det är inte möjligt att estimerar en modell med både tidskonstanta variabler och individuella effekter. α_i utgör också en proxy för de effekter som inte är möjliga att observera i form av variabler, vilket är anledningen till att termen ibland går under namnet *the unobserved effect* i litteraturen (Gujarati & Porter, 2009).

Det bör också nämnas att skattningarna av α_i inte är konsistenta när $N \rightarrow \infty$. För varje extra i skapas ett nytt α_i och extra horisontella observationer leder således inte till säkrare skattningar av befintliga α . För ett utökat antal tidsperioder förbättras dock skattningarna av α_i (Wooldridge, 2003).

3.2 Random Effects

Gujarati & Porter (2009:602) citerar Jan Kmenta som hävdar att inkluderingen av den individuella effekten α_i i paneldatamodeller kan beskrivas som ett sätt att kontrollera för det man inte känner till om modellen. Wooldridge (2002:247) når samma slutsats och menar att motivet för att använda sig av paneldatamodeller i ekonometriska studier delvis handlar om att få konsistenta skattningar även om man inte har möjlighet att specificera ”den sanna” modellen, *the omitted variables problem*.

Ett av problemen med att använda sig av FE-modeller är att modellerna ”förbrukar” många frihetsgrader på grund av att de individuella effekterna behandlas som parametrar. Detta kan orsaka stora problem om paneldatamaterialet präglas av många individer och få tidsperioder. *Random Effects*-modeller (RE) är ett försök att komma runt detta genom att istället inkludera den individuella effekten α_i i slump termen och på det sättet skapa förutsättningar för effektivare estimationer. ”Om α_i bara uttrycker det vi inte vet om den sanna modellen, varför inte uttrycka detta genom slump termen?” skriver Gujarati & Porter (2009:602, fritt översatt). Antag att intercept termen α_i skrivs:

$$\alpha_i = \alpha + u_i \quad (19)$$

Där u_i är en individspecifik slumpterm som kännetecknar den individuella avvikelser från α (som representerar det genomsnittliga värdet av alla individuella effekter). Modellen kan skrivas på generell form med en ny sammansatt slumpterm enligt följande:

$$Y = \beta \mathbf{x}_{it} + \alpha + w_{it} \quad (20)$$

Där $w_{it} = \varepsilon_{it} + u_i$, det vill säga en slumpterm innehåller en strikt individrelaterad komponent såväl som den vanliga tvådimensionella komponenten (Gujarati & Porter, 2009:603). För den sammansatta slump termen gäller de vanliga antagandena om normalfördelning, konstant varians, ingen autokorrelation och ingen korrelation med förklaringsvariablerna. Det sistnämnda antagandet är viktigt att ha i åtanke när man skattar RE-modeller; slump termen ε_i får inte vara korrelerad med någon av förklaringsvariablerna, en central skillnad jämfört med FE-modellerna. Detta ställer högre krav på RE-modellerna; att utelämna relevanta tidskonstanta variabler leder till specifikationsfel och inkonsistenta parameterskattningar. I gengäld öppnar RE-modeller för möjligheten att studera effekten av enskilda tidskonstanta variabler (Gujarati & Porter, 2009:607).

Eftersom α_i ingår som den individuella slump termen i varje tidsperiod (i varje w_{it}) finns det en seriekorrelation mellan den sammansatta slump termen w_{is} och w_{it} för $t \neq s$. Därför kan OLS inte användas för att estimerar RE-modeller, för detta krävs en GLS (*Generalised Least Squares*) transformation som ”viktat” modellen med $\text{Corr}(w_{is}, w_{it})$ eller estimering med så kallad *Maximum Likelihood* (Wooldridge, 2002). Denna transformation är matematiskt komplicerad, men de flesta nyare statistikprogram har inbyggt stöd för estimering av RE-modeller.

3.3 Valet mellan FE och RE

Den centrala skillnaden mellan FE och RE är hur de behandlar den individuella effekten α_i . FE är konsistent och väntevärdesriktig oavsett graden av korrelation mellan någon av förklaringsvariablerna och α_i . Eftersom RE endast ger konsistenta och väntevärdesriktiga skattningar om förklaringsvariablerna är helt okorrelerade med α_i , kan en jämförelse mellan en FE- och en RE-skattning av samma grundläggande modellspecifikation användas för att testa korrelationsantagandet. Hausmans specifikationsstest är ett sådant test (Wooldridge,

2002:288). RE och FE ger samma parameterskattningar om det inte finns någon korrelation mellan α_i och förklaringsvariablerna. Om så är fallet är RE den effektivare estimatorn, då en RE-modell så gott som alltid har färre parametrar som ska skattas. Men finns det en signifikant skillnad mellan RE- och FE-estimationerna finns det skäl att anta att det också finns korrelation mellan α_i och förklaringsvariablerna. Av praktiska skäl går vi inte in närmare på hur Hausmans test utförs³. Vi har använt en F-fördelad teststatistika för att jämföra hela modeller med varandra istället för enskilda parametrar. H_0 är att antagandet om den okorrelerade individuella effekten håller och följaktligen talar testet för att RE-modellen bör förkastas om teststatistikan överstiger tabellvärdet vid vald signifikansnivå. Problemet med Hausmans test är att det endast jämför RE och FE givet att den underliggande specifikationen är densamma i båda fallen. Men korrekta modeller specificeras sällan på samma sätt för RE respektive FE. Detta kommer bli uppenbart i vår modellering (se kapitel 6).

Förutom test i stil med det Hausman har föreslagit, finns det några generella råd i valet mellan RE och FE. Om det finns skäl att anta att den individuella effekten α_i är resultatet av ett slumpmässigt urval från en större population kan det vara rimligare att använda sig av RE. Om det dessutom finns skäl att anta att α_i är en helt och hållet slumpmässig effekt, det vill säga helt okorrelerad med modellens förklaringsvariabler, är skälen att använda sig av RE ännu starkare (Wooldridge, 2003). Inget av dessa två skäl att föredra RE är uppfylla i vårt fall, som det ska visa sig.

I viss mån är valet av modell en smaksak. FE lämpar sig för att kontrollera för tidskonstanta effekter. Men om effekten av en enskild tidskonstant variabel är av intresse så är RE det enda alternativet.

³ För en fullständig genomgång av testet se till exempel Wooldridge, 2002:288-291

4. Den svenska järnvägsmarknaden

Marknaden för järnvägstrafik har vuxit under de senaste decennierna. I Sverige kördes år 2008 cirka 141 miljoner tågkilometer, den högsta nivån sedan 1956. Persontransporter mätt i tågkilometer ökade med 25 procent mellan 2003 och 2008. Mängden gods, mätt i bruttotonkilometer, ökade med 15 procent under samma tidsperiod (Trafikanalys, 2009). I detta kapitel presenterar vi den övergripande marknadsstrukturen och Trafikverkets nuvarande prissättning.

4.1 Dagens marknadsstruktur

Dagens marknadsstruktur etablerades år 1988 då myndigheten Statens Järnvägar (SJ) framtogs ansvaret för förvaltningen av Sveriges järnvägsnät. SJ ombildades till ett affärsverk som fick i uppdrag att sköta den operativa driften medan den nybildade myndigheten Banverket blev ny infrastrukturförvaltare. Trafikverket förvaltar idag majoriteten av det svenska järnvägsnätet, undantag är till exempel Inlandsbanan (samägt mellan flera kommuner) och Arlandabanan (förvaltas av privata A-Train AB).

1990 fick SJ sin första konkurrent på marknaden för länstrafik och avskaffandet av SJ:s monopol har successivt fortsatt sedan dess (SOU 2008:92). År 2000 delades affärsverket SJ upp i sex stycken bolag, där SJ AB tog över all passagerartrafik och SJ Gods (idag Green Cargo AB) tog över godstrafiken. Båda dessa bolag är helt och hållet statligt ägda och har fortfarande en dominerande ställning på marknaden, med marknadsandelar på cirka 80 procent inom sina respektive affärsområden (mätt i bruttotonkilometer, Andersson, 2006). Om LKAB:s malmtrafik mellan Luleå och Narvik exkluderas så är Green Cargo AB:s marknadsandel närmare 99 procent.

SJ har fortfarande monopol på företagsekonomiskt lönsamma persontrafiksträckor längs landets stambanor (den så kallade trafikeringsrätten, se SFS 2002:78), ett monopol som helt avskaffas under hösten 2010. Marknaden för godstrafik är redan idag helt avreglerad. Från och med att tågplanen för 2012 träder i kraft kommer järnvägsmarknaden för persontrafik också vara helt konkurrensutsatt. Med fler aktörer på marknaden spås efterfrågan på spårkapacitet öka ytterligare under kommande år (SOU 2008:92).

Transportstyrelsen (2010) konstaterar i en rapport att marknadens två dominanta aktörer bidrar negativt till konkurrenssituationen och man beskriver konkurrensen som ”gentlemannamässig”.

4.2 Trafikverkets prissättning

Trafikverket har tillämpat marginalkostnadsprissättning under många år (Banverket, 2000), men principen lagstodgades först år 2004 då Sverige fick en ny järnvägslag (SFS 2004:519) som en följd av EU-direktivet 2001/14/EG. I den utredning som föregick lagen (SOU 2002:48) gjordes följande tolkning av direktivets paragraf om infrastrukturförvaltarens möjligheter att avgiftsbelägga tågoperatörer:

”De avgifter som tas ut för minimipaketet och bantillträdestjänsterna enligt bilaga II i direktivet skall enligt artikel 7.3 fastställas till den kostnad som uppstår som en direkt följd av den tågtrafik som bedrivs. En extra avgift får tas ut för att visa att det föreligger brist på kapacitet i fråga om identifierbara delar av infrastrukturen under perioder av överbelastning (artikel 7.4).”

Att ta ut avgifter som motsvarar ”den kostnad som uppstår som en direkt följd av den tågtrafik som bedrivs” innebär i praktiken att marginalkostnadsprissättning ska tillämpas. Denna princip införlivades i Järnvägslagens (SFS 2004:519) sjunde kapitel:

2 § Avgifter för utnyttjande av järnvägsinfrastrukturen skall, inom ramen för infrastrukturförvaltarens kostnader för infrastrukturen, fastställas till den kostnad som uppstår som en direkt följd av framförandet av järnvägsfordon, om inte annat följer av 3-6 §§.

Undantag från marginalkostnadsprincipen tas upp i paragraferna 3-6, där paragraf tre och fyra utgör viktiga underlag för Trafikverkets prissättning (paragraf tre citeras inte i sin helhet):

3 § Infrastrukturförvaltaren får för att åstadkomma ett samhällsekonomiskt effektivt utnyttjande av järnvägsinfrastrukturen ta ut en extra avgift för utnyttjandet av överbelastad infrastruktur (...)

4 § Infrastrukturförvaltaren får, för att uppnå kostnadstäckning, ta ut högre avgifter än som följer av 2 och 3 §§, om det är förenligt med ett samhällsekonomiskt effektivt utnyttjande av infrastrukturen. Avgifterna får inte sättas så högt att de marknadssegment som kan betala åtminstone den kostnad som uppstår som en direkt följd av framförandet av järnvägsfordon, plus ett vinstuttag som marknaden kan bära, hindras från att använda infrastrukturen.

Dessa paragrafer tycks antyda möjligheter att i särskilda fall kringgå principen om marginalkostnadsprissättning, även om det rent ekonomiskt aldrig kan vara förenligt med samhällsekonomisk effektivitet att ta ut priser som är högre än marginalkostnaden.

Trafikverket (2010) konstaterar att svensk transportpolitik innebär att prissättningen av järnvägstjänster ska svara mot den samhällsliga marginalkostnaden.

Idén om marginalkostnadsprissättning är trots starka bevis inte något självklart vid finansiering av transportinfrastruktur. Inom den svenska transportinfrastruktursektorn utgör Öresundsförbindelsen ett typexempel på detta. Efter en överenskommelse mellan den svenska och danska regeringen om att nå full kostnadstäckning tar Trafikverket idag ut tilläggsavgifter utöver de marginalkostnadsbaserade avgifterna med målet att kostnaden för bron ska vara helt återbetald 2035 (Öresundsbrokonsortiet, 2010).

2007 var första gången som dåvarande Banverket fick eget ansvar för prissättningen av järnvägstjänster, en uppgift som tidigare låg direkt under regeringen (Trafikverket, 2010). Trafikverket uppdaterar sin prissättning årligen. Priserna kommuniceras i den så kallade Järnvägsnätsbeskrivningen (JNB). Tågoperatörer som uppfyller de villkor som ställs i JNB får under våren innevarande år ansöka om spårkapacitet (även kallat tåglägen) till nästa års tågplan. Tågplanen utarbetas av Trafikverket. Vid kapacitetsbrist eller andra tvister kan det bli aktuellt för Trafikverket att tillämpa olika prioriteringskriterier där syftet är att ge samhällsekonomiskt viktiga tåg företräde vid tilldelningen av tåglägen. Det förekommer i dagsläget inga auktioneringar eller liknande för att med hjälp av betalningsvilja avgöra vem som ska ha företräde. Vid kapacitetsbrist kan en järnväg formellt förklaras överbelastad av Trafikverket. Detta beslut ska följas upp med en så kallad kapacitetsförstärkningsplan. I skrivande stund finns det fyra formella överbelastningsförklaringar, dessa rör sträckor i Stockholm, Göteborg, Bergslagsområdet och Sundsvall (Trafikverket, 2010).

Trafikverkets banavgifter består av flera olika komponenter. I tabell 1 visas en sammanställning av banavgifterna hämtade från JNB 2011, det vill säga de avgifter som kommer gälla för nästa års tågplan.

Tabell 1: Trafikverkets banavgifter

Komponent	Avgift
Spåravgift	0,0036 SEK/bruttotonkilometer*
Spåravgift plus särskild avgift för persontåg	0,0120 SEK/bruttotonkilometer*
Tåglägesavgift (låg)	0,27 SEK/tågkilometer
Tåglägesavgift (hög)	1,67 SEK/tågkilometer
Olycksavgift	0,81 SEK/tågkilometer
Emissionsavgift för dieseldrivna loktåg	0,87 SEK/liter diesel
Emissionsavgift för dieseldriva motorvagnar	0,50 SEK/liter diesel

* Brutto syftar till tågets totala vikt

För passage över Öresundsbron tas inga marginalkostnadsbaserade avgifter ut för godstrafik, där debiteras istället en fast passageavgift på 2511 kronor per passage, en avgift som kommer höjas till 2800 kronor år 2011. För persontrafiken tas en särskild avgift ut som en del av finansieringen av Öresundsförbindelsen, oavsett vart i Sverige tåget körs någonstans. Denna avgift fastställs till 0,0084 kr/bruttotonkilometer i JNB 2011. Som vi redan konstaterat är Öresundsförbindelsen ett exempel på transportinfrastruktur med krav på full kostnadstäckning och Trafikverkets avgifter återspeglar en konsekvens av detta.

Emissionsavgifterna har marginell betydelse då 90 procent av järnvägsnätet är elektrifierat (Trafikverket, 2010) och diesellok hör till undantagen på den svenska järnvägen (Green Cargo, 2009, SJ, 2009). Olycksavgiften utgör å andra sidan en signifikant kostnad för tågoperatörerna, men denna uppsats analyserar inte kostnadsdata för olyckor. Under föregående år har inga större revideringar av Trafikverkets avgifter skett. År 2000 låg spåravgiften på 0,0028 SEK/bruttotonkilometer (Banverket, 2000), avgiften har alltså i princip bara justerats för inflation under drygt tio års tid.

Alla avgifter i tabell 1 är uttalat marginalkostnadsbaserade, med ett undantag. Trafikverket (2010) konstaterar att den så kallade tåglägesavgiften inte är en marginalkostnadsbaserad avgift, utan bygger på 4 § i Järnvägslagen och utgör ett *”bidrag till att täcka infrastrukturens fasta kostnader”*. Under 2011 kommer tåglägesavgiften att differentieras i och med införandet av en ny högre nivå för tåglägen på tättrafikerade sträckor, tidigare låg den på 0,27 SEK/tågkilometer för samtliga sträckor. Inledningsvis kommer den höga nivån att gälla för banorna i triangeln Stockholm – Göteborg – Malmö samt sträckan Stockholm – Gävle. Trafikverket (2010) uppger att de främsta skälen till differentieringen är att avgiften ska

återspegla den högre kvalitetsnivå som präglar dessa sträckor. Ett annat skäl uppges vara att förbereda sig på en väntad efterfrågeökning när persontrafikmarknaden avregleras under hösten 2010. Det finns alltså inget som tyder på att tåglägesavgiften eller differentieringen av denna sker på marginalkostnadsmässiga grunder. Samtidigt kan det inte uteslutas att avgiften trots detta kan bidra till att uppfylla marginalkostnadsprissättningens syften. Vi återkommer till detta i vår analys (se kapitel 7).

Den uppmärksamme läsaren har kanske noterat att Trafikverket inte differentierar sina andra marginalkostnadsbaserade avgifter, något som kan tyckas konstigt med tanke på att marginalkostnaden rimligen varierar beroende var och när ett tåg körs. Men istället för att ta ut olika priser för olika sträckor utgör Trafikverkets avgifter viktade genomsnittspriser, som är satta för att inbringa samma intäkter som en ”rent” marginalkostnadsbaserad prissättning skulle göra. Anledningen till detta är dels att tågoperatörerna inte fritt kan välja rutter och tider efter prisnivå, då trafikplaneringen huvudsakligen sköts av Trafikverket. En rent marginalkostnadsbaserad prissättning skulle därför kunna skapa konkurrensfördelar för tågoperatörer som får köra fördelaktiga tider och rutter, ett fenomen som minimeras med en uniform prissättning. Dels handlar det också om att minimera det administrativa merarbete som kommer med differentierade avgifter. (samtal med Mats Andersson den 8 april 2010).

Trafikverket fastslår i en underlagsrapport till JNB 2011 att målsättningen är en fördubbling Trafikverkets inkomster från banavgifter till år 2013. Utöver höjningen av tåglägesavgiften planeras passageavgifter i Stockholm, Göteborg och Malmö. Denna avgift föreslås bli 150 kr per tåg och utgör ännu ett steg mot en mer differentierad prissättning.

5. Observerade data

I detta kapitel presenterar vi det datamaterial som våra marginalkostnadsberäkningar baseras på.

Trafikverket delar in Sveriges järnvägsnät i så kallade bandelar. Dessa delar utgörs av en av Trafikverket definierad järnvägssträcka. Bandelarna varierar kraftigt i längd, men är den lägsta nivå för vilken vi kan observera kostnader, infrastruktur och trafik på det svenska järnvägsnätet. Det totala antalet bandelar uppgår till ungefär 250 stycken. Några bandelar utgörs av bangårdar och sekundära linjer för vilka det inte finns några data att tillgå och några förvaltas inte av Trafikverket. Därför ingår endast 192 bandelar i vårt material. För varje bandel finns trafik-, kostnads- och infrastrukturdata observerade årligen under perioden 1999-2006.

Kostnadsdata är uppdelat på drift (där vi skiljer mellan snöröjningskostnader och totala driftskostnader), underhåll och reinvestering. De olika kategorierna kan i princip beskrivas som åtgärder som vidtas på kort, medellång och lång sikt. Till drift räknas åtgärder som håller rälsen öppen för trafik. Cirka 80 procent av driften utgörs av snöröjningskostnader, resterande 20 procent utgörs av andra typer av renhållning, till exempel lövsopning och buskröjning. Underhållskostnader handlar om mindre omfattande reoveringsarbeten som syftar till att upprätthålla banans kvalitet och förhindra att den slits ut i förtid, till exempel översyn av växlar eller packning och rengöring av ballasten (det material som sliparna och rälsen vilar på). Slutligen reinvestering; omfattande åtgärder som innebär att rälsen återställs till sitt ursprungliga skick. Dessa åtgärder utförs högst oregelbundet och ibland med flera decenniers mellanrum.

Datamaterialet är inte helt utan bortfall. Vi övervägde att imputera saknade data med hjälp en stokastisk regression som utnyttjar andra observationer i serien såväl som andra variabler, en imputeringsmetod som redan tidigare har tillämpats av VTI på en del av materialet. Anledningen till att vi avstod från detta är att de flesta saknade värden utgjordes av tågstationer och inte rena järnvägslinjer. För stationsbandelar uppgår bortfallet till 50 procent i många fall. Eftersom bortfallet är så pass systematiskt valde vi att i våra ekonometriska modeller sortera bort de bandelar som utgörs av stationer (cirka 20 stycken). Våra marginalkostnadsberäkningar är alltså inte helt representativa för järnvägsnätet som helhet,

men att fokusera på de kostnader som kan kopplas till rena järnvägssträckor är en rimlig inriktning av vår analys. Det övriga bortfallet överstiger inte tio procent för någon av de observerade variablerna. Nedan redovisas dock materialet i sin helhet.

Ett långt allvarligare problem än det spontana bortfallet är att bara cirka 35 procent av driftskostnaderna är bokförda per bandel. Övriga driftskostnader har vi ingen möjlighet att modellera som en funktion av output. Detta skapar osäkerhet kring våra driftsrelaterade marginalkostnadsberäkningar då vi inte vet hur den totala kostnaden påverkas av marginal output. Enligt Mats Andersson, VTI, (möte den 21 maj 2010) går en stor del av de utgifter som inte bokförs per bandel till Trafikverkets driftledningscentraler. Vi menar att driftledningscentralerna kan ses som fasta kostnader i ett kortsiktigt perspektiv, kostnader som därför inte nödvändigtvis påverkar våra marginalkostnadsberäkningar i någon större utsträckning.

Datamaterialet är att betrakta som känsligt eftersom det innehåller information som kan användas av företag på ett otillbörligt sätt. Mängden gods som fraktas på vissa glest befolkade sträckor kan eventuellt kopplas till enskilda företag och är därför närmast att betrakta som företagshemligheter. I inledningsfasen av vårt arbete var det tänkt att vi också skulle få tillgång till data från år 2007, något som vi fick ge upp på grund av juridiska skäl i form av det sekretessavtal som tecknats mellan VTI och de som tillhandahåller datamaterialet. Datamaterialets känslighet är anledningen till att vi bara redovisar det på aggregerad nivå med olika deskriptiva mått i tabellerna 2-4.

Tabell 2: Kostnader per bandel 1999-2006

Variabel	Medel	Standard- avvikelse	Min	Max	Antal observationer
Driftskostnader	1,164*10 ⁶	1,631*10 ⁶	0	1,417*10 ⁷	1514
Varav snöröjningskostnader	0,827*10 ⁶	1,222*10 ⁶	0	1,242*10 ⁷	1497
Underhållskostnader	5,534*10 ⁶	8,885*10 ⁶	0	9,593*10 ⁷	1514
Reinvesteringarkostnader	8,269*10 ⁶	1,695*10 ⁷	0	2,434*10 ⁸	1514

Alla kostnader i SEK, 2006 års priser

Tabell 3: Exempel på trafikdata per bandel, 1999-2006

Variabel	Medel	Standardavvikelse	Min	Max	Antal observationer
Antal tåg	16659	20680	15	185681	1390
Bruttoton	7,722*10 ⁶	8,883*10 ⁶	6427	8,846*10 ⁷	1386
Tågakilometer	689132	791006	218	4,274*10 ⁶	1394
Bruttotonkilometer	3,63*10 ⁸	4,947*10 ⁸	95762	3,245*10 ⁹	1386
Genomsnittlig tågvikt (ton)	545	453	52	3685	-

Tabell 4: Exempel på infrastrukturdata per bandel, 1999-2006

Variabel	Medel	Standardavvikelse	Min	Max	Antal observationer
Bandelslängd*	67687	52860	2642	261561	1514
Tunnlar*	331	1335	0	13799	1514
Broar*	613	1055	0	9413	1510
Växlar*	1691	1724	0	14405	1514
Rälsålder (år)	18	12	1	98	1478

* Längd i meter

6. Modellspecificering, estimering och resultat

I detta kapitel presenteras de modellspecifikationer som använts tillsammans med resultatet av våra estimeringar. Marginalkostnadsberäkningarna förklaras och redovisas under 6.7 och 6.8.

Anderssons (2007), liksom Johanssons & Nilssons (2004) arbete med att skatta Trafikverkets marginalkostnader har varit centrala utgångspunkter i vår modellering. Våra skattningar av Trafikverkets marginalkostnader bygger på paneldataregressioner som relaterar kostnader till output (uttryckt i till exempel antal tågkilometer). Trafikverket antas agera på ett sådant sätt att deras kostnader minimeras givet output, priser, tillgänglig teknologi och andra faktorer som antas vara givna på kort sikt. Detta är en förutsättning för att kunna göra jämförelser mellan våra skattningar och Trafikverkets nuvarande prissättning gentemot tågoperatörerna. Vidare vill vi poängtera att vi inte behandlar kostnader som är förknippade med kapacitetsökningar. Våra kostnadsberäkningar görs givet de produktionsmöjligheter som rådde under åren 1999-2006.

Vår ansats skiljer sig inte nämnvärt från den typiska kostnadsfunktionen, men en väsentlig skillnad är att vårt val av output inte är självklart. Notera också att vi enbart är intresserade av att relatera kostnader till output, hur andra variabler spelar in är oviktigt i denna studie. Detta innebär dock inte att vi kan ignorera dem, annars riskerar vi rena specifikationsfel.

Andersson (2007) använde sig av en FE-modell för att skatta marginalkostnader baserat på första halvan av vårt datamaterial, åren 1999-2002. Andersson menar att FE-modeller är lämpliga eftersom järnvägsnätet kan antas vara statiskt under kortare perioder. Följaktligen kan den tidskonstanta effekten α_i användas för att fånga bandelarnas heterogenitet, enligt de egenskaper som presenterades i teorikapitlet.

Liksom Andersson (2007) har vi valt att använda oss av en $\log\text{-}\log^4$ variant av den klassiska linjära regressionsmodellen (se till exempel Gujarati & Porter, 2009:159). Vi arbetar alltså med logaritmerade versioner av modellens variabler. Denna $\log\text{-}\log$ specifikation har framförallt en egenskap som vi är mycket intresserade av; derivatan av vår beroendevariabel med avseende på någon förklaringsvariabel kan tolkas som motsvarande elasticitet (Gujarati & Porter, 2009:159-161). Vi kommer att se senare hur detta hjälper oss att beräkna

⁴ Även kallad log linjär eller *double log*.

marginalkostnader på ett smidigt sätt. Våra log-linjära FE-modeller kan dessutom liknas vid en så kallad *trans log*-specifikation, en flexibel modellspecifikation som har visats utgöra en god approximering av en okänd kostnadsfunktion (Chambers, 1988, kapitel 5, Gujarati & Porter, 2009:267).

6.1 Val av output

Andersson (2006, 2007) menar att valet av output bör spegla kostnadskategoriens natur. Driftskostnader uppstår, som vi konstaterat, främst på grund av väder och vind. Här är totalt antal tåg (TT i våra modeller) att föredra som mått på järnvägens output. Driftskostnaderna påverkas troligen inte av tågens storlek, men alla tåg, oavsett storlek, ställer samma krav på framkomlighet.

För kostnader som uppstår på grund av slitage spelar dock tågens storlek in (se till exempel Banverket, 2000). Därför menar Andersson att total bruttotonvikt (TGT) är ett bättre mått på output när underhålls- och reinvesteringskostnader ska modelleras. Banverket (2000) hävdar att tågens vikt spelar stor roll för slitaget på rälsen.

Eftersom vi vill modellera output oberoende av bandelens längd använder vi oss av totalt antal tåg (TT) respektive total bruttotonvikt (TGT) och inte totalt antal tågkilometer (TTKM) respektive totalt antal bruttotonkilometer (TGTKM). De senare variablerna är skeva mått på output eftersom de är starkt influerade av bandelens längd. Effekten av bandelens längd fångas i en FE-modell av intercepttermen α_i och som en egen variabel i en RE-modell.

6.2 En FE-modell för estimering av snöröjningskostnader

Följande modellspecifikation användes:

$$\ln C_{it}^{sn} = \alpha_i + \beta_1 \ln TT_{it} + \beta_2 (\ln TT_{it})^2 + \varepsilon_{it} \quad (21)$$

Modellen förklarar snöröjningskostnader per bandel och år, $\ln C_{it}^{sn}$, som en funktion av den individuella effekten per bandel α_i och ett mått på järnvägens output, $\ln TT$; det logaritmerade värdet av det totala antalet tåg per bandel och år. En kvadratterm har också inkluderats för att fånga ett exponentiellt samband mellan trafikvolym och snöröjningskostnad. ε_{it} är en vanlig slumpterm som kan variera både över tid och bandel. Som synes har vi inte inkluderat någon variabel som kan antas variera över tiden annat än våra mått på output. Vi redovisar inte den

individuella effekten, α_i , för varje bandel. Detta skulle ta alltför stor plats och bidrar inte till tolkningen av modellen.

Estimering (OLS)

Variabel	β -parameter	Standardfel	P-värde för T-kvot
lnTT	-2,316428*	0,5681433	0,000
lnTT ²	0,138596*	0,0353704	0,000

* signifikant vid 1%-nivån

σ_α : 1,7083445 σ_ε : 0,80426419 ρ : 0,8185723

Antal giltiga observationer	1207
Partiellt F-test för lnTT och lnTT ² (2, 1041)	0,0002 (p-värde)
Korrelation mellan α_i och övriga variabler:	-0,3938
Hausmans specifikationsstest för RE:	0,0000 (p-värde)

För att ta reda på betydelsen av de individuella intercepten α_i kan man använda sig av ρ som motsvarar uttrycket $\sigma_\alpha^2 / (\sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2)$; förhållandet mellan variansen hos den individuella effekten α_i och variansen hos slump termen ε_{it} . Detta värde närmar sig ett när all heterogenitet i modellen kan förklaras av α_i och våra förklaringsvariabler. Som vi ser är båda variablerna signifikanta, både var för sig och tillsammans. Nollhypotesen för Hausmans specifikationsstest kan förkastas på alla vedertagna nivåer, en RE-version av ovanstående modell för snöröjning är alltså inte att föredra.

6.3 En RE-modell för estimering av driftskostnader

Som vi nämnde i kapitel 3.2 ställer RE-modeller högre specifikationskrav i form av en slump term α_i som måste vara okorrelerad med modellens förklaringsvariabler. Följande modellspecifikation användes:

$$\ln C_{it}^{op} = \alpha + \beta_1 \ln TT_{it} + \beta_2 \ln tsl_{it} + \beta_3 \ln swit_{it} + \beta_4 \ln swag_{it} + \beta_5 \ln rlwgh_{it} + \beta_6 \ln tunbri_{it} + \beta_7 \ln tregsth_i + \beta_8 \ln tregnth_i + \varepsilon_{it} + u_i \quad (22)$$

Där

ln tsl = logaritmen av bandelens längd

ln swit = logaritmen av antalet växlar

ln swag = logaritmen av växlarnas genomsnittliga ålder

ln r lwgh = logaritmen av rälsens vikt

ln tunbri = logaritmen av den sammanlagda längden av alla broar och tunnlar på bandelen

tregsth = dummyvariabel för det södra bandistriktet

tregnth = dummyvariabel för det norra bandistriktet

Bandistriktet är en av Trafikverkets indelningar och används som dummies för att beskriva bandelens geografiska läge. Vi har inte lyckats hitta något lämpligt test för att jämföra relevanta delar av denna modell med motsvarande FE-specifikation. Att estimeras en FE-modell med ovanstående variabler låter sig inte göras eftersom till exempel bandelens längd är konstant över tiden, varför vi inte kan använda oss av Hausmans test.

Estimering (GLS)

Variabel	β -parameter	Standardfel	P-värde för T-kvot
lnTT	0,188752*	0,0462226	0,000
ln tsl	0,429351*	0,107556	0,000
ln swit	0,265270*	0,0827135	0,001
ln swag	0,293379*	0,0851396	0,001
ln r lwgh	1,562176*	0,593174	0,008
ln tunbri	0,209958*	0,0588359	0,000
Tregsth	-0,333115**	0,1401912	0,017
Tregnth	1,369926*	0,1892128	0,000
Konstant	-2,611239	2,411986	0,279

* signifikant vid 1%-nivån ** signifikant vid 5%-nivån

σ_u : 0,67943175 σ_ε : 0,68949511 ρ : 0,49264912

Antal giltiga observationer: 1199

Wald-test för modellen: 0,0000 (p-värde)

Korrelation mellan α_i och övriga variabler: 0 (antagande)

Eftersom vårt datamaterial inkluderar en majoritet av alla bandelar kan vi inte se våra horisontella observationer som ett slumpmässigt urval från en större population. Dessutom har vi ingen anledning att se α_i som helt och hållet slumpmässig, utan dess effekt kan troligen beskrivas med hjälp av observerade variabler. Med detta sagt kan vi konstatera att vårt datamaterial inte uppfyller litteraturens kriterier för att föredra en RE-modell. Då vi endast är intresserade av att relatera kostnader till output väljer vi att inte gå vidare med *random effects*-modeller för de andra kostnadskategorierna. Det hade dock varit intressant att studera hur andra variabler påverkar kostnaden, men detta ligger bortom fokus för denna uppsats.

6.4 En FE-modell för estimering av driftskostnader

Som vi konstaterat består de driftskostnader som kan kopplas till enskilda bandelar till 80 procent av snöröjningskostnader, varför det är naturligt att använda samma modellspecifikation för att skatta de totala driftskostnaderna. Försök gjordes att modellera övriga driftskostnader separat (skillnaden mellan snöröjningskostnaderna och de totala driftskostnaderna) men dessa var utan framgång. Följande modell användes:

$$\ln C_{it}^{op} = \alpha_i + \beta_1 \ln TT_{it} + \beta_2 (\ln TT_{it})^2 + \varepsilon_{it} \quad (23)$$

Estimering (OLS)

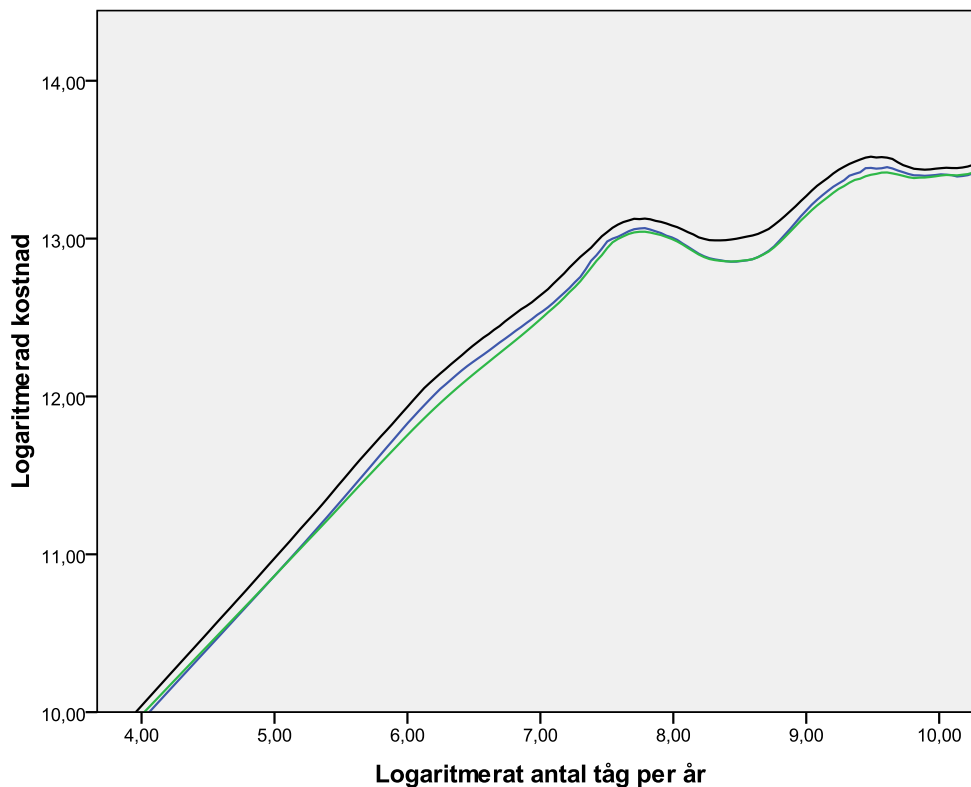
Variabel	β -parameter	Standardfel	P-värde för T-kvot
$\ln TT$	-2,151861*	0,5105185	0,000
$\ln TT^2$	0,130245*	0,0317147	0,000

* signifikant vid 1%-nivån

σ_α : 1,6256631 σ_ε : 0,73155811 ρ : 0,83159712

Antal giltiga observationer	1225
Partiellt F-test för $\ln TT$ och $\ln TT^2$ (2, 1059)	0,0001 (p-värde)
Korrelation mellan α_i och övriga variabler:	-0,3277
Hausmans specifikationstest för RE:	0,0000 (p-värde)

6.5 Jämförelse mellan FE- och RE-modell för driftskostnader



Figur 4: Jämförelse mellan observerade kostnader (svart linje), RE-modellens prediktioner (grön linje) samt FE-modellens prediktioner (blå linje).

Ett mått på en modells styrka är hur nära dess prediktioner ligger de observerade värdena. Figur 4 visar att båda modellerna ger liknande prediktioner av kostnaden. Både ligger dock under de observerade värdena genom hela intervallet. När vi går från logaritmerade till faktiska kostnader (se kapitel 6.8) kommer vi att korrigera för ett nytt fördelningsantagande, och denna korrigering kommer avhjälpa problemet som illustreras i figur 4. Korrigeringen har använts av tidigare forskning på området (se till exempel Wheat & Smith, 2008, Munduch et al, 2002) och vi menar därför att de underskattade prediktioner som visas ovan är ett allmänt statistiskt fenomen, snarare än något som kan härledas till en felspecificerad modell. Baserat på prediktionsförmåga tycks FE-modellen ha en liten fördel, och de saklogiska argumenten mot RE-modellen som presenterades i 6.3 kvarstår.

6.6 En FE-modell för estimering av underhålls- och reinvesteringskostnader

Underhåll och reinvestering är per definition kostnader som uppkommer på grund av slitage, varför det är rimligt att de båda skattas med bruttoton som mått på output. Mot bakgrund av att reinvestering bara undantagsvis kan observeras i vårt datamaterial (eftersom det sker med långa tidsintervall) har vi valt att samestimera dessa två kostnadskategorier. Reinvestering och underhåll är likartade åtgärder och det hade blivit mycket svårt att estimeras en modell för enbart reinvesteringar då materialet präglas av många nollobservationer. Följande modellspecifikation användes:

$$\ln C_{it}^{mr} = \alpha_i + \beta_1 \ln TGT_{it} + \beta_2 (\ln TGT_{it})^2 + \beta_3 (\ln TGT_{it})^3 + \varepsilon_{it} \quad (24)$$

Vi övervägde att ta med en tidsvariabel för rälsens ålder (som kan användas i FE-modellen då den inte är tidskonstant). Denna variabel borde vara relevant för denna kostnadskategori, men det visade sig att den var negativt korrelerad med TGT (det körs troligen mindre gods på gammal räls). Multikolinjäritetsproblemet ökade standardfelet för outputvariablerna och gjorde dem insignifikanta. Vi valde att prioritera säkra skattningar av output och följaktligen inkluderades ingen åldersvariabel.

Estimering (OLS)

Variabel	β -parameter	Standardfel	P-värde för T-kvot
$\ln TGT$	5,540978 *	3,102625	0,074
$(\ln TGT)^2$	-0,4272242 *	0,2355963	0,070
$(\ln TGT)^3$	0,0110925 *	0,0059198	0,061

* signifikant vid 10%-nivån

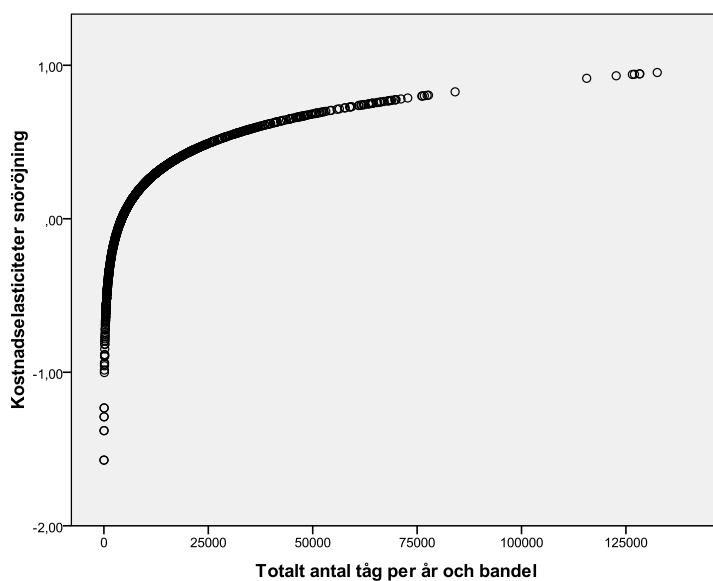
σ_α : 1,6882962 σ_ε : 0,76673502 ρ : 0,82901575

Antal giltiga observationer	1232
Partiellt F-test för $\ln TGT$ och $(\ln TGT)^2$ och $(\ln TGT)^3$ (3, 1065)	0,0106 (p-värde)
Korrelation mellan α_i och övriga variabler:	0,2463
Hausmans specifikationstest för RE:	0,0092 (p-värde)

Modellen är signifikant på 5-procentsnivån. De enskilda variablerna måste samtliga förkastas vid samma nivå, men alla ligger precis på gränsen. Vi gör bedömningen att modellen trots allt är relevant för att förklara underhålls och reinvesteringskostnader som en funktion av output.

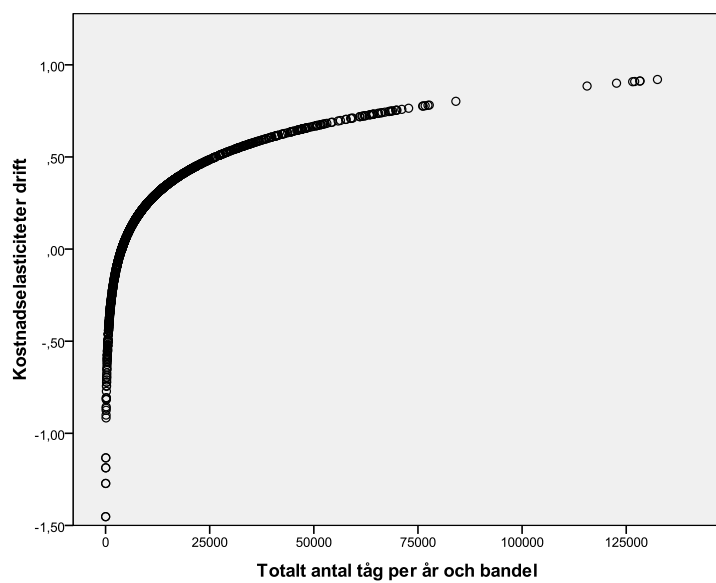
6.7 Elasticiteter

För att kunna beräkna marginalkostnaden måste vi först beräkna kostnadselasticiteter med avseende på output utifrån modellen (Nilsson & Johansson, 2004, Andersson, 2007). Med vår log-log specifikation utgörs dessa av funktionens derivata med avseende på output. Derivatorna sammanfattas på nästa sida tillsammans med en graf (figur 5, 6 och 7) som plottar elasticiteterna som en funktion av output per bandel. Vi återkommer till de negativa värdena för drifts- och snöröjningselasticiteterna. Eftersom RE-modellen för drift endast inkluderade en outputvariabel är dess elasticitet konstant och fås av parametervärdet för $\ln TT$. Denna illustreras inte nedan.



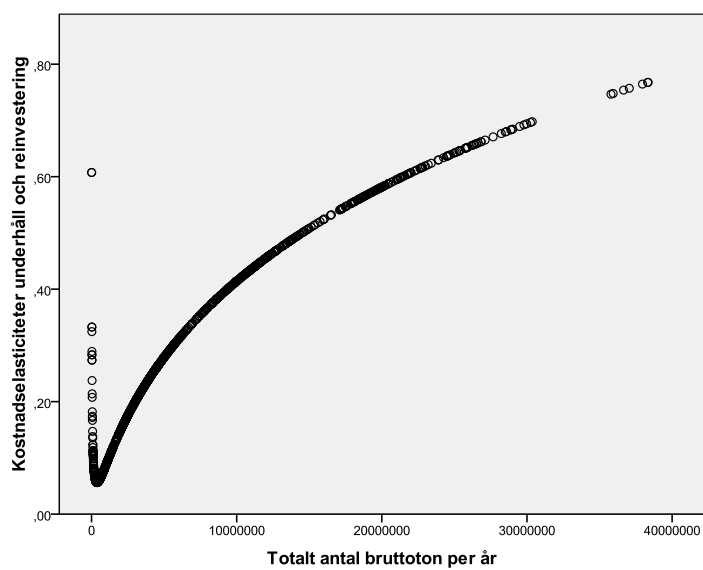
Figur 5: Skattade elasticiteter för snöröjningskostnader

$$\frac{\partial \ln C_{it}^{sn}}{\partial \ln TT_{it}} = \beta_1 + 2\beta_2 \ln TT_{it} + \varepsilon_{it} \quad (25)$$



Figur 6: Skattade elasticiteter för driftskostnader

$$\frac{\partial \ln C_{it}^{op}}{\partial \ln TT_{it}} = \beta_1 + 2\beta_2 \ln TT_{it} + \varepsilon_{it} \quad (26)$$



Figur 7: Skattade elasticiteter för underhålls och reinvesteringskostnader

$$\frac{\partial \ln C_{it}^{mr}}{\partial \ln TGT_{it}} = \beta_1 + 2\beta_2 \ln TGT_{it} + 3\ln TGT_{it}^2 + \varepsilon_{it} \quad (27)$$

Derivatorna för våra FE-modeller är icke-konstanta uttryck som varierar med output. Derivatorna tolkas som elasticiteter. Vid insättning av observerade värden ger derivatorna en punktskattning av outputelasticiteten; hur stor procentuell förändring i kostnader som en enprocentig ökning av output ger upphov till. Samtliga genomsnittselasticiteter är mindre än ett (se tabell 5), ett tecken på att järnvägssektorn präglas av *economies of density*.

6.8 Marginalkostnadsberäkningar

För att omvandla elasticiteterna till marginalkostnader multiplicerar vi dessa med kvoten mellan skattade kostnader och output (Johansson & Nilsson, 2004).

$$MC_{it}^J = \frac{\partial \widehat{C}_{it}^J}{\partial Q_{it}} = \frac{\partial \ln \widehat{C}_{it}^J}{\partial \ln Q_{it}^t} * \frac{\widehat{C}_{it}^J}{Q_{it}^{tkm}} = \widehat{\gamma}_{it}^J * \frac{\widehat{C}_{it}^J}{Q_{it}^{tkm}} \quad (28)$$

Sambandet ovan visar hur vi räknar ut MC för kostnadskategori J på bandel i under år t, där $\widehat{\gamma}_{it}^J$ betecknar våra skattade elasticiteter. En matematisk förklaring till (28) ges i Gujarati & Porter (2009:172-173). Som synes används modellens predikterade kostnader istället för de observerade värdena, vi vill att våra skattade marginalkostnader ska vara helt och hållet modellrelaterade. Eftersom våra modeller skattar $\ln \widehat{C}_{it}^J$ under antagande om normalfördelning innebär detta att \widehat{C}_{it}^J antar en log-normalfördelning och måste korrigeras för detta (se Wheat & Smith, 2008 och Munduch et al, 2002). Korrigeringen går till enligt:

$$\widehat{C}_{it}^J = e^{(\ln \widehat{C}_{it}^J + 0,5 * \sigma_{\varepsilon}^2)} \quad (29)$$

Vid beräkningen av marginalkostnaderna uppdragas skälen till vår log-linjära specifikation; om modellen istället hade skattats som en linjär funktion (med avseende på variablerna) skulle MC (= $d\widehat{C}/dQ$) enbart utgöras av den ursprungliga funktionens derivata med avseende på output. Därmed skulle den individuella effekten α_i ha förbisetts, med ”ineffektiva” skattningar av MC som följd. Med en log-linjär specifikation skattas lutningen $d\widehat{C}/dQ$ genom att multiplicera derivatan (elasticiteten) $d \ln \widehat{C} / d \ln Q$ med kvoten \widehat{C}/Q , där \widehat{C} är vår predikterade kostnad (som ju är starkt influerad av den individuella effekten α_i). Denna metod ger oss marginalkostnader som tar hänsyn till att marginalkostnaden varierar från bandel till bandel av en mängd olika anledningar, istället för att enbart bero på output. Eftersom vi vill kunna jämföra MC mellan olika bandelar gör vi den avståndsrelaterad genom att använda TTKM och TGTKM, Q^{tkm} i (25), som mått på Q, istället för TT respektive TGT, Q^t i (25).

6.9 Resultat

Nedanstående tabell visar en sammanfattning av våra resultat. Marginalkostnaderna visas som ett viktat genomsnitt där vikterna utgörs av bandelens output per år i förhållande till total output. Denna viktning görs för att våra resultat ska vara jämförbara med Trafikverkets uniforma marginalkostnadsbaserade avgifter.

Tabell 5: Resultat av marginalkostnads beräkningar

Kostnadskategori	Mått på output	Genomsnittselasticitet	Marginalkostnad
Snöröjning (FE)	Antal tåg	0,170	0,337596*
Total drift (FE)	Antal tåg	0,182	0,453256*
Total drift (RE)	Antal tåg	0,189	0,446420*
Underhåll & reinvestering (FE)	Bruttoton	0,284	0,014711**

*SEK/tågakilometer

**SEK/bruttotonkilometer

Även om marginalkostnadsprissättning inte syftar till att ge full kostnadstäckning så kan det vara intressant att se hur stor del av Trafikverkets kostnader som täcks. Tabell 6 visar genomsnittlig *cost recovery*, marginalkostnaden som andel av genomsnittskostnaden. Ett viktat snitt av genomsnittskostnaden användes för sammanställningen.

Tabell 6: Cost recovery

Kostnadskategori	Genomsnittlig cost recovery
Snöröjning	30 %
Total drift	33 %
Underhåll & reinvestering	36 %

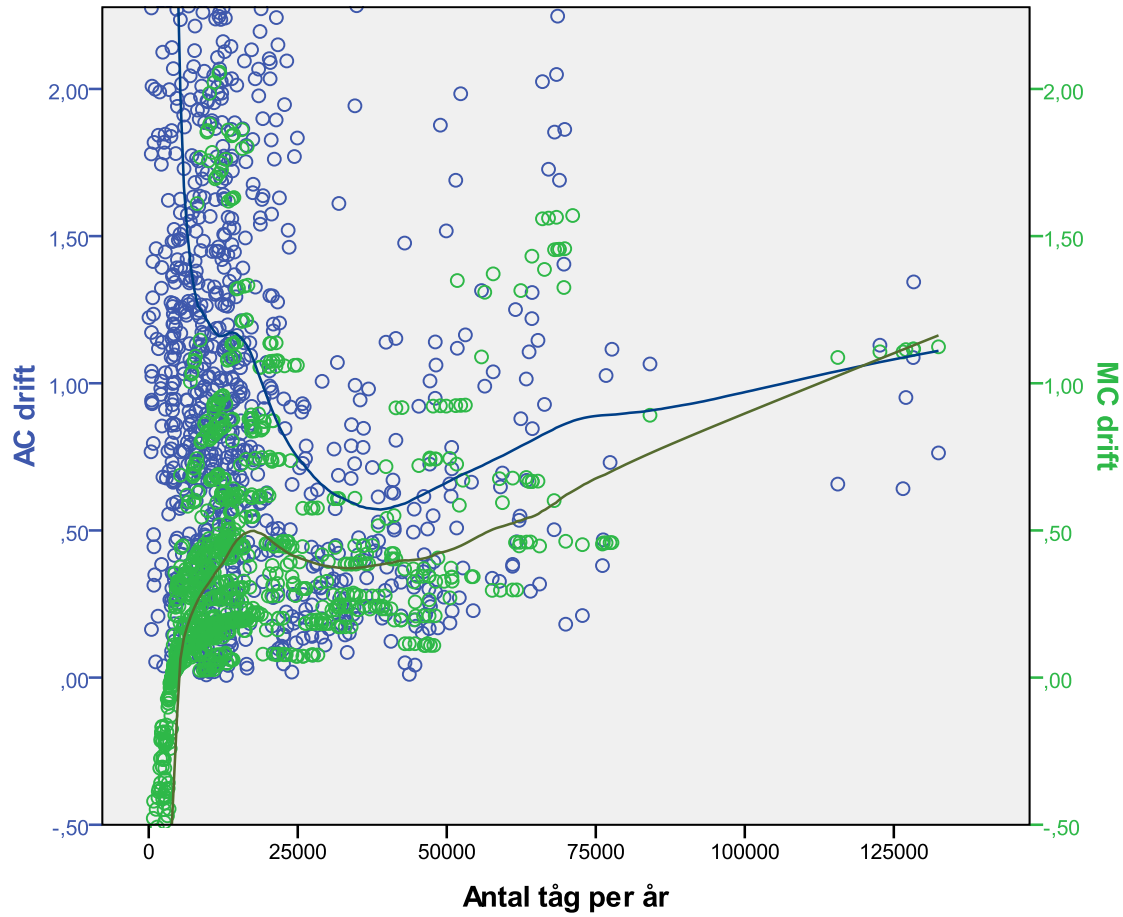
7. Kostnadsanalys

I detta kapitel illustreras och analyseras våra resultat i ekonomiskt-teoretiska sammanhang varefter de jämförs med Trafikverkets nuvarande avgifter.

Våra modeller specificerades under Anderssons (2007) antagande om de bandelsspecifika effekternas påverkan på marginalkostnaden, något som bekräftades i våra estimeringar. På grund av variationen hos α_i har vi mycket spridda marginalkostnadsskattningar (se figur 8 och 9). Tack vare så kallade LOWESS-utjämnade kurvor (*Locally Weighted Scatterplot Smoothing*) är det trots detta möjligt att göra approximeringar av AC- respektive MC-kurvor på aggregerad nivå.

Det är svårt att koppla en teoretisk definition till våra AC-kurvor då våra observerade kostnader bär drag av både rörliga och fasta kostnader. Våra modeller skattar kostnader som funktioner av rälsens output, men intercepttermen α_i ger oss möjlighet att modellera en del av den observerade kostnaden som oberoende av output. Vi förutsätter att delar av kostnaderna för drift, underhåll och reinvestering uppstår oberoende av output och väljer därför att inte definiera vår AC-kurva som varken en AVC- eller en ATC-kurva. Att en del av kostnaderna troligen är att betrakta som fasta kan ha gett vår AC-kurva ett mer extremt utseende än det hos en ren AVC-kurva. Samtidigt är det rimligt att anta att en riktig ATC-kurva troligen skulle ligga långt över vår AC-kurva. Den matematiska definitionen av våra genomsnittskostnader är C_{it}^j / Q_{it}^j , där Q_{it}^j är output mätt i antal tågkilometer respektive bruttotonkilometer.

Vi ser också att MC-kurvan i framförallt figur 8 inte skär AC-kurvan i dess lägsta punkt, något som går emot den teoretiska definitionen av dessa kurvor. Vi vill här påminna om att kurvorna är matematiska utjämnningar av skattade marginalkostnader respektive observerade genomsnittskostnader för en stor mängd olika bandelar, där varje bandel utgör en egen produktionsanläggning med unika förutsättningar. Vi menar därför att kurvorna inte kan förväntas uppvisa den teoretiskt givna formen, de bör istället ses som approximationer på aggregerad nivå.



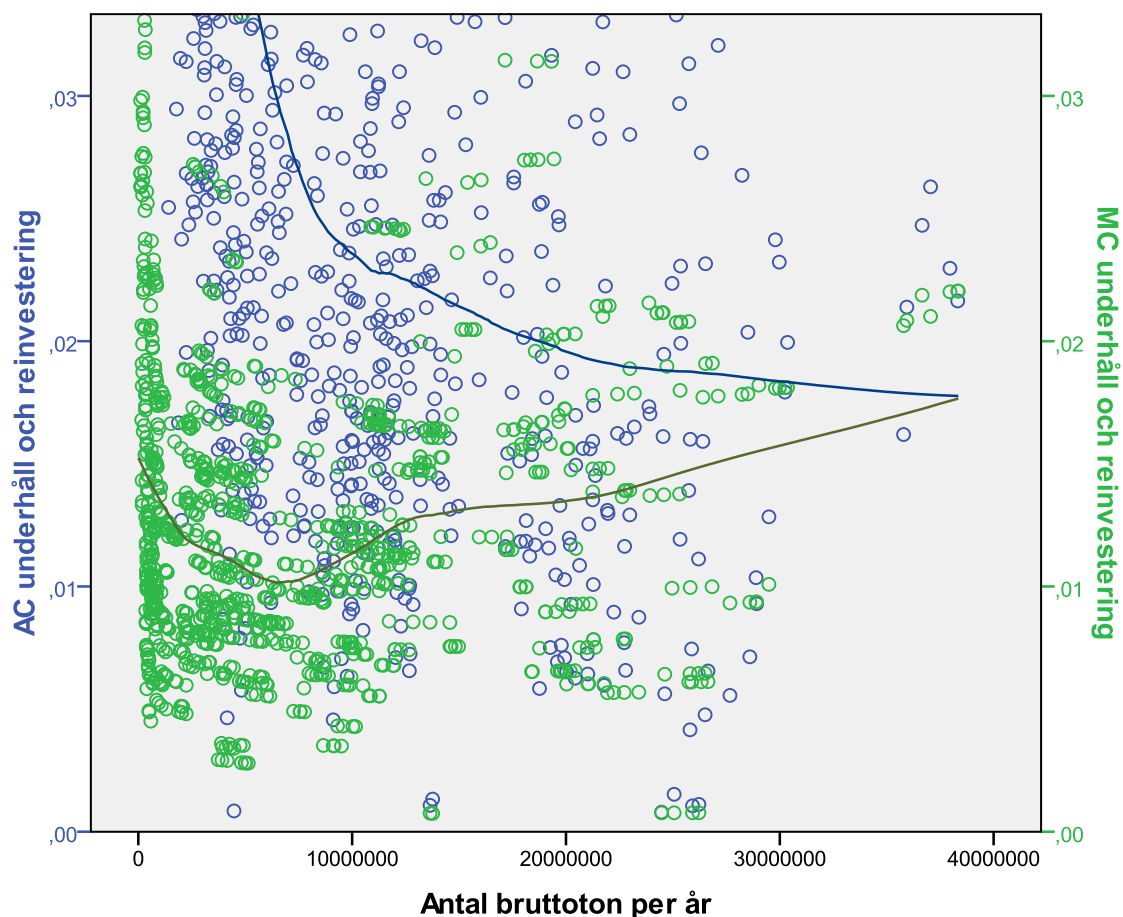
Figur 8: AC och MC för drift. Linjerna är så kallade LOWESS-utjämnningar

Marginalkostnadskurvan för drift får ett i ekonomiska sammanhang minst sagt udda utseende, se figur 8. Andersson (2007) förklarar de negativa marginalkostnaderna som uppstår vid låg output med att driften till största delen utgörs av röjningsarbete. Extra marginaltrafik kan till viss del ersätta röjningsarbete genom att svepa bort löv och snö från spåret, därav uppstår möjligheten att faktiskt sänka driftskostnaden för ytterligare trafik. Denna besparing sker dock bara upp till cirka 5000 tåg/år (cirka 14 tåg om dagen). För högre output antar MC positiva värden och stabiliseras något. Figuren visar inte alla extremvärden, så det tål att nämnas att för vissa glest trafikerade bandelar i områden med snörika vintrar skattades MC till negativa 300 kr.

Vi vill dock påpeka att kurvan kan ha fått ett mer ”extremt” utseende av att glest trafikerade sträckor eventuellt har större sannolikhet vara lokaliserade till snörika områden (Norrland), men å andra sidan förvaltar Trafikverket relativt få järnvägssträckor i Norrland (Inlandsbanan

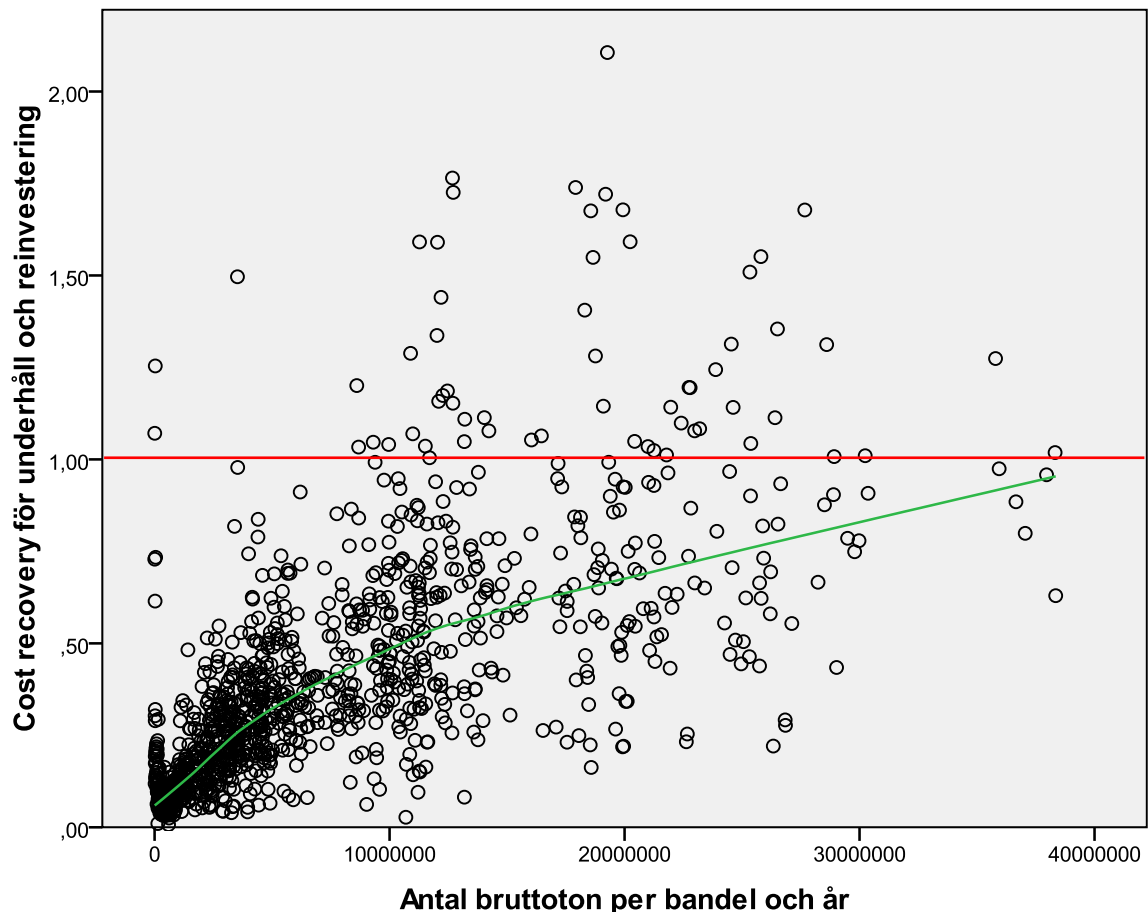
förvaltas inte av Trafikverket) så detta behöver inte ha haft någon anmärkningsvärd effekt på aggregerad nivå.

Mot bakgrund av de anmärkningsvärda marginalkostnaderna som illustreras i figur 8 vill vi poängtera att våra marginalkostnader endast baserar sig på det sista tåget som faktiskt observerades på bandelen under det aktuella året. Även om marginalkostnaden för detta tåg kan vara låg eller till och med negativ finns det anledning att göra regelbundna samhällsekonomiska utvärderingar för att avgöra om det är lönsamt att fortsätta hålla rälsen öppen för trafik. Som vi ser i figur 8 och 9 antar genomsnittskostnaden höga värden för gles trafikerade sträckor. Medan det kan vara fördelaktigt att låta ett extra tåg på marginalen trafikera sträckan kanske det samhällsekonomiskt klokaste är att lägga ner sträckan helt och hållet. Befintlig infrastruktur är en *sunk cost* som inte belastar den samhällsekonomiska bedömningen vid frågan om det är värt att hålla banan öppen.



Figur 9: AC och MC för underhåll och reinvestering. Linjerna är så kallade LOWESS-utjämnigar

Trots att vi bara har analyserat delar av Trafikverkets kostnader är det uppenbart att järnvägen präglas av fallande genomsnittskostnader i våra observerade outputintervall, framförallt med avseende på underhåll och reinvestering. I figur 9 ser vi att AC- och MC- kurvan för drift har mer typiska utseenden.

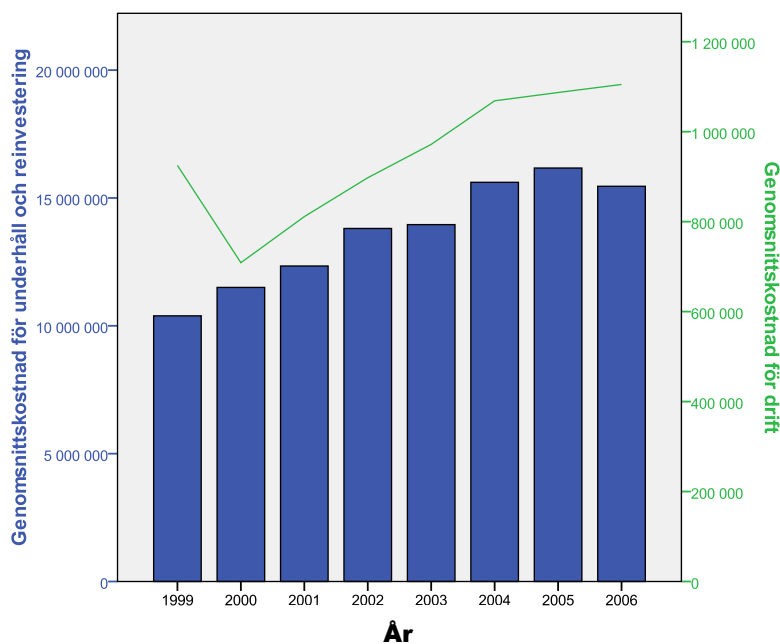


Figur 10: Cost recovery för underhåll och reinvestering. Den gröna linjen är en LOWESS-utjämning

Vad det gäller *cost recovery* ser vi i tabell 6 att våra skattade marginalkostnader i snitt utgör drygt 30 procent av AC. Det är svårt att dra några slutsatser utifrån denna siffra, då vi inte kan säga så mycket om AC- respektive MC-kurvans utseende på bandelnivå. Den röda linjen i figur 10 separerar bandelar som har en högre respektive lägre *cost recovery* än 100 procent. En *cost recovery* på över 100 procent innebär att MC för det sista tåget som passerade på rälsen är högre än AC. Detta innebär troligen att MC-kurvan har passerat AC-kurvan på bandelnivå och att bandelen under det aktuella året präglas av *diseconomies of density* för underhåll och reinvestering i någon utsträckning. LOWESS-utjämningen tydliggör det positiva sambandet mellan output och *cost recovery*.

Figurerna 8 till 10 visar sammantaget att för de kostnadskategorier som vi skattat präglas en majoritet av Sveriges tågsträckor av *economies of density*. Janssons hypotes om att transportsektorn oftast observeras i den första tredjedelen av en den typiska LRAC-kurvan kan därmed bekräftas. För de allra mest tättrafikerade sträckorna börjar vi dock närma oss brytpunkten över till *diseconomies of density*. Resultatet måste ses i ljuset av att vår analys inte inkluderar stationsområden. Extremt tättrafikerade knutpunkter som till exempel Stockholms centralstation präglas troligen av *diseconomies of density* för både drift och underhåll.

Andersson (2007) har skattat marginalkostnader för drift- och underhåll baserat på de första åren (1999-2002) av vårt datamaterial. Han estimerade driftskostnaden till 0,127 SEK/tågkilometer och underhållskostnaden till 0,0073 SEK/bruttotonkilometer. Dessa skattningar är markant lägre än våra (0,45 SEK/tågkilometer respektive 0,147 SEK/bruttotonkilometer). Den senare kostnaden inkluderar dock reinvesteringarkostnader, en kategori som inte ingick i Anderssons modeller. Övriga skillnader kan bero på en rad olika saker. Dels använder vi data observerade under längre tid och dessutom har vi använt oss av andra modellspecifikationer. Vi kan därför inte utesluta att skillnaderna helt och hållet är av metodologisk natur. Vi noterar dock en ökning av totala utgifter för drift, underhåll och reinvestering under perioden 1999-2006, se figur 11. Detta kan tyda på att de faktiska marginalkostnaderna har ökat under senare år.



Figur 11: Observerade genomsnittskostnader för underhåll och reinvestering samt drift.

7.1 Jämförelse med Trafikverkets prissättning

I tabell 7 ges en översiktlig jämförelse mellan våra skattningar och Trafikverkets nuvarande avgifter. Vid jämförelsen måste det faktum att marginalkostnadsprissättning är ett ekonomiskt styrmedel för att marknaden ska fungera optimalt tas i beaktning. Det spelar således mindre roll vad avgifterna kallas eller vad de går till, det viktiga är att de ligger på rätt nivå. Därför ingår även den icke marginalkostnadsbaserade tåglägesavgiften i vår jämförelse. För en fullständig analys av alla Trafikverkets avgifter skulle det utöver våra resultat krävas skattningar av de olycks- och emissionsrelaterade marginalkostnaderna. Dessa avgifter är uttalat marginalkostnadsbaserade men analyseras inte i denna uppsats.

Tabell 7: Jämförelse med Trafikverkets avgifter

Trafikverkets avgift	Belopp	Jämförbar skattad marginalkostnad	Belopp*
Spåravgift plus särskild avgift för persontrafik SEK/bruttotonkilometer	0,0120	Underhåll och reinvestering SEK/bruttotonkilometer	0,0162
Spåravgift för godstrafik SEK/bruttotonkilometer	0,0036	Underhåll och reinvestering SEK/bruttotonkilometer	0,0162
Tåglägesavgift SEK/tågkilometer	0,27 (låg) 1,67 (hög)	Drift SEK/tågkilometer	0,491-0,498

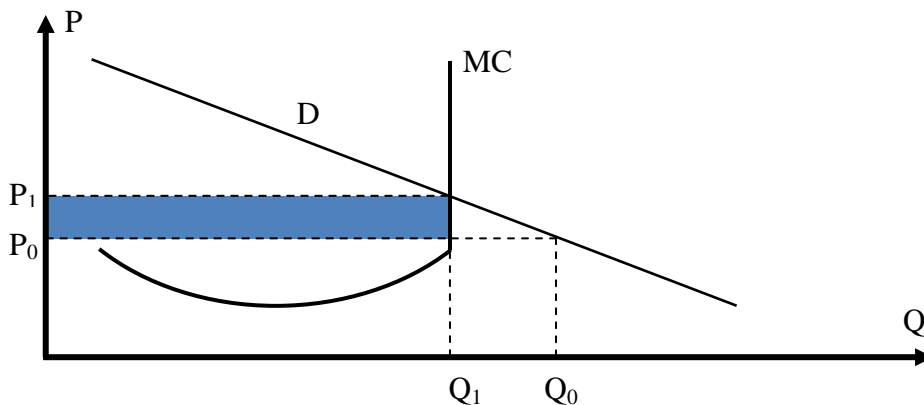
*Våra resultat omräknade till 2010 års priser baserat på producentprisindex för årets fyra första månader

Jämförelsen i tabell 7 ställer de tonkilometerbaserade respektive de tågkilometerbaserade komponenterna mot varandra. Om vi antar att våra skattningar utgör goda approximationer för de faktiska marginalkostnaderna ser vi att spåravgiften för persontrafiken ligger nära marginalkostnaden, tack vare den särskilda avgiften för finansieringen av Öresundsförbindelsen. För godstrafiken är Trafikverkets spåravgift underskattad. På driftssidan ser vi att den så kallade tåglägesavgiften ligger i underkant för den lägre nivån och klart över vår jämförbara marginalkostnad för den nya högre nivån.

Att dra slutsatser av skillnaderna som illustreras i tabell 7 är inte helt enkelt. Som vi konstaterade i kapitel 2.3 bör Trafikverket ha ett samhällsperspektiv när de prissätter järnvägstjänster. En viktig men tillika svårvärderad del av den prisrelevanta marginalkostnad som Jansson (1998, 2001) förespråkar är hur ytterligare trafik påverkar tidskostnaden för transportsystemets befintliga resenärer och gods. Denna marginalkostnadskomponent kan, som vi visade i kapitel 2.3, anta både positiva och negativa värden beroende hur kapacitetsutnyttjandet ser ut på den aktuella sträckan. För de tättrafikerade stambanor där den

höga nivån kommer gälla från och med 2011 är det rimligt att tänka sig att kapacitetsutnyttjandet är så pass högt att ytterligare trafik höjer tidskostnaden för befintliga resenärer och gods.

Trafikverkets planer på att differentiera den så kallade tåglägesavgiften kan mot bakgrund av Janssons analys ses som en marginalkostnadsbaserad trängselavgift för den ökade tidskostnad som befintliga resenärer åläggs när extra resenärer tillkommer i järnvägssystem som närmar sig maxkapacitet. Den höga nivån kan dessutom utgöra en marginalkostnadsmissig justering för att täcka Trafikverkets kostnader; framförallt marginalkostnaden för drifts (som varierar kraftigt med output) kan motivera differentieringen av tåglägesavgiften. Dessutom kan generella prishöjningar vara det enda kortsiktigt fungerande styrmedlet för spårkapacitetstilldelning vid fullt utnyttjande av en järnvägssträcka.



Figur 12: Marginalkostnaden vid fullt kapacitetsutnyttjande

På kort sikt är det rimligt att anta att fullt kapacitetsutnyttjande kan uppstå, en situation som illustreras i figur 12. Vid maxkapaciteten Q_1 antar marginalkostnadskurvan ett lodrätt utseende. I denna situation kan prissättningen användas för att skapa balans genom att begränsa efterfrågan till kvantiteten Q_1 , som motsvaras av priset P_1 . Vid priset P_0 ($< P_1$) efterfrågas mer spårkapacitet än vad som kan erbjudas och utan ordentliga modeller för kapacitetstilldelning blir tilldelningen lätt godtycklig, något som SOU 2008:92 kritiserar Trafikverkets nuvarande prioriteringssystem för. På lång sikt är kapacitetshöjande åtgärder möjliga. En ny allokering av producerad spårkapacitet, fördelat på fler och/eller effektivare anläggningar, gör att produktionen kan förskjutas tillbaka till det andra intervallet i figur 3, sektionen där AC minimeras och produktionen återigen präglas av *economies of density*.

Sammanfattningsvis kan differentieringen av tåglägesavgiften mycket väl motiveras på marginalkostnadsmissiga grunder. Problemet är att avgiften i sig inte är uttalat marginalkostnadsbaserad och det är därför oklart på vilka grunder differentieringen sker.

Trafikverket (2010) talar om väntade efterfrågeökningar och kvalitetsskillnader med explicita marginalkostnadsprissättningsmotiv saknas och det är därför osäkert om tåglägesavgiften ligger på optimal nivå.

Trafikverkets så kallade spåravgift har vi valt att jämföra med vår skattade marginalkostnad för underhåll och reinvestering. Som tabell 7 visar är skillnaden stor mellan vår skattning och spåravgiften. Avgiften syftar enligt Trafikverket (2010) till att täcka marginalkostnader för underhåll och drift, men inte reinvestering. Trafikverket (2010) menar dock att studier har visat att det finns ett samband mellan rälsens output och reinvesteringskostnader, något som talar för att vår skattade marginalkostnad är relevant vid en jämförelse.

Spåravgiften har stor betydelse för tågoperatörernas sammanlagda nota. Baserat på vårt datamaterial väger ett genomsnittligt tåg 545 ton, vilket gör att notan för spåravgiften landar på cirka två kronor per kilometer med Trafikverkets nuvarande avgift. Med vår skattning ökar summan till nio kronor per kilometer. Spåravgiften är således den avgift som har enskilt störst betydelse för optimal prissättning. Sett till vår skattning, som enbart baseras på Trafikverkets kostnader, är denna avgift grovt underskattad. Trots detta är det svårt att dra några definitiva slutsatser kring avgiftens nivå. För detta krävs som sagt vidare analyser utifrån Janssons modell (se ekvation (13) under kapitel 2.3) där ett mått på förändringen av resenärernas tidskostnad vid ytterligare trafik utgör en obekant faktor i dagsläget. Det finns inget som tyder på att någon av dagens avgifter explicit återspeglar denna faktor. Likaså är de externa effekterna svåra att värdera. Klart är att vår beräkning av den marginalkostnad som i Janssons modell motsvaras av MC_{inf} inte ger all information som krävs för korrekt marginalkostnadsprissättning.

Om Trafikverkets avgifter trots allt ligger under den relevanta marginalkostnaden leder detta till en efterfrågan på spårkapacitet som är högre än den optimala. En för hög efterfrågan skadar järnvägsmarknaden på flera sätt. Dels får Trafikverket troligen inte in lika mycket pengar som önskvärt och dels tvingas Trafikverket till att underhålla sträckor där färre eller inga tåg hade varit det samhällsekonomiskt optimala, något som blir en belastning för statsfinanserna.

Green Cargos och SJ:s dominerande ställning på marknaden (Transportstyrelsen, 2010) kan dock ha motverkat effekten av låga banavgifter. Framför allt SJ:s monopol kan ha lett till konsumentpriser som är högre företagets marginalkostnad (SJ:s rörelsemarginal på runt tio procent under de senaste åren talar för att så är fallet (SJ, 2010)). Högre priser dämpar

konsumenternas efterfrågan på tågresor. Detta kan i sin tur ha bidragit till att hålla tillbaka nyinvesteringar på de företagsekonomiskt lönsamma stambanelinjer som SJ huvudsakligen trafikerar.

Våra resultat talar för att det finns goda möjligheter att differentiera Trafikverkets avgifter utan att frångå principen om marginalkostnadsprissättning. För de lågtrafikerade sträckor som idag präglas av låga marginalkostnader på grund av driftskostnadernas egenskaper (se figur 8) skulle man kunna tänka sig en markant sänkning av dagens avgifter. Dessa sträckor präglas av *economies of density* och skulle eventuellt kunna avlasta de tättrafikerade sträckor som inte präglas av fallande genomsnittskostnader för ökade trafikvolymmer. Med andra ord, det är alltid bättre att förlägga en enprocentig ökning av output till sträckor där den ger upphov till kostnadsökningar på mindre än en procent än en sträcka där kostnadsökningen blir större än en procent. En differentiering kan skapa incitament för tågoperatörerna att välja rutter som minimerar Trafikverkets kostnader. Dessutom kan en omfördelning av trafiken minimera tidskostnaden för konsumenterna genom att minska trängseln på överutnyttjade spår samtidigt som avgångarna blir fler på spår som idag är glest trafikerade (se figur 2 i kapitel 2.3). Detta kan naturligtvis bara ske i den utsträckning det faktiskt finns möjlighet att skapa alternativa rutter, men dagens system med skapar inga incitament till att försöka.

Dagens uniforma marginalkostnadsprissättning innebär dessutom att tågoperatörerna betalar för låga avgifter på de tättrafikerade sträckor som enligt figur 8-10 präglas av relativt höga marginalkostnader, något som kan ha bidragit till kapacitetsbristen på vissa av dessa sträckor. En högre grad av prisdifferentiering ställer dock stora administrativa krav på Trafikverket och det är osäkert i vilken utsträckning en sådan kan genomföras.

Motiven till Trafikverkets banavgifter kan möjligen återfinnas i prissättningen av transportsubstitut till järnvägen, till exempel tung vägtrafik, sjöfart och flyg. Förutsättningarna för en väl fungerade järnvägsmarknad försämras naturligtvis om nära substitut inte prissätts på samma samhällsekonomiska grunder.

8. Slutsats

Vi skattar marginalkostnaden för drift till 0,45 SEK/tåtkilometer och marginalkostnaden för underhåll och reinvestering till 0,0147 SEK/bruttotonkilometer.

Det svenska järnvägsnätet präglas i stor utsträckning av *economies of density*; fallande genomsnittskostnader för ökad output. Detta innebär dock inte att nätet är helt fritt från kapacitetsbrist. Trafikverkets kommande höjning av den så kallade tåglägesavgiften tolkar vi som en signalering att man från myndighetens sida förväntar sig en ökad efterfrågan på spårkapacitet och att man vill låta betalningsviljan avgöra kapacitetstilldelningen. Höjningen kan vara det enda kortsiktiga sättet att hantera på den väntade efterfrågeökningen.

Våra marginalkostnadsberäkningar visar att det finns goda skäl att fortsätta utvärdera Trafikverkets prissättning utifrån ett samhällligt perspektiv. Det finns fortfarande marginalkostnadskomponenter som är mer eller mindre okända och som tillsammans med våra skattningar kan bidra till optimal prissättning och en väl fungerade marknad för järnvägstjänster. Det finns också anledning att utvärdera rådande lagstiftning, som i dagsläget tycks behandla avvikelser från marginalkostnadsprissättning alltför rundhänt.

Sett till våra beräkningar ligger dagens banavgifter eventuellt i underkant. Detta kan ha stimulerat en högre efterfrågan på spårkapacitet än vad som är optimalt och tvingat fram investeringar i järnvägsnätet som är större än vad som är samhällsekonomiskt lönsamt.

Oavsett de åtgärder som genomförs idag menar vi att den långsiktiga lösningen är kontinuerliga och systematiska utvärderingar av järnvägen där lönsamma nyinvesteringar genomförs. Vidare forskning på området krävs för att ta fram säkra skattningar av alla de marginalkostnadskomponenter som är relevanta ur ett samhällsperspektiv. För att marknaden ska fungera optimalt krävs ett långsiktigt perspektiv där avgifterna ligger på rätt nivå år efter år.

9. Referenser

Tryckta källor

1. Abouchar, A., 1976, "A Note on Dupuit's Bridges and the Theory of Marginal Cost Pricing" Elgar Reference Collection Series. Pioneers in Economics series, vol. 24. Aldershot, Storbritannien.
2. Andersson, M., 2007, "Empirical essays on railway infrastructure costs in Sweden", doktorsavhandling i infrastruktur med specialisering i transport- och lägesanalys. KTH & VTI, Stockholm, Borlänge. Följande artiklar refereras:

I, Andersson, M., Murray, M., Ferreira, L. and Lake, N., 2004, "Collection and Use of Railway Track Performance and Maintenance Data". *New Horizons for Rail – Proceedings of CORE (Conference On Railway Engineering)*, Railway Technical Society of Australasia. Konferens i Darwin, Australia, 20-23 juni 2004.

II, 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: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1943, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 1-11.

III, Andersson, M., 2007. "Fixed Effects Estimation of Marginal Railway Infrastructure Costs in Sweden".
3. Chambers, R. G., 1988, "Applied production analysis – A dual approach", Cambridge University Press, New York City, USA.
4. Currie, J. M., Murphy, J. A., Schmitz, A., 1971 "The Concept of Economic Surplus and Its Use in Economic Analysis". *The Economic Journal*, vol. 81, nr 324, s. 741-799. Publicerad av Blackwell Publishing för The Royal Economic Society.
5. Gujarati, D. N., Porter, D. C., 2009, "Basic Econometrics", femte upplagan, McGraw Hill, Singapore.
6. Hotelling, H., 1938, "The General Welfare in Relation to Problems of Taxation and of Railway and Utility Rates" *Econometrica*, vol. 6, nr. 3, juli 1938, s. 242-269. Publicerad av The Econometric Society.

7. Jansson, J O., 1998, "*An analysis of the rail transport system*", ECMT Round Table 107, publicerad inför en konferens i Paris, mars 1998. Finns återutgiven av Edward Elgar Publishing.
8. Jansson, J O., 2002, "*Transport infrastructure: the problem of optimum use*". Kapitel sju, s. 172-207 ur Polak J B., Heertje A., "*Analytical Transport economics*", Edward Elgar Publishing, Northampton, USA.
9. Johansson, P. & Nilsson, J-E., 2004, "*An Economic Analysis of Track Maintenance Costs*", Transport Policy, vol 11, nr 3, s. 201-208, Elsevier, Amsterdam, Nederländerna.
10. Munduch, G., Pfister, A., Sögner, L., Stiassny, A., 2002, "*Estimating Marginal Costs for the Austrian Railway System*", Working paper publicerat av University of Vienna, Department of Economics, Wien, Österrike.
11. Pindyck R. S., Rubinfeld D. L., 2005, "*Microeconomics*", Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, USA.
12. Waters, W. G., 1985, "*Rail cost analysis*", kapitel 5 i "*International Railway Economics*", Aldershot, Gower.
13. 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 (JTEP), vol 42, nr 2, s. 189-224, University of Bath, Bath, Storbritannien.
14. Wooldridge, J M., 2002, "*Econometric analysis of cross section and panel data*", The MIT Press, Cambridge, USA.
15. Wooldridge, J M., 2003, "*Introductory Econometrics*", andra upplagan, Thomson South-Western, Mason, USA.

Elektroniska källor

16. Banverket, 2000, "*Banverkets bidrag till pilotprojektet*", rapport publicerad i oktober 2000. Hämtad från www.sika-institute.se den 24 maj.
17. Green Cargo AB:s års- och hållbarhetsredovisning 2009. Hämtad från www.greencargo.com den 15 maj.
18. Järnvägslag (SFS 2004:519), Svensk Författningssamling, hämtad från www.riksdagen.se den 22 april.

19. *"Järnvägsnätsbeskrivning 2011"*, Rapport utgiven av Banverket (idag Trafikverket), 2010-03-08. Hämtad från www.banverket.se 2010-04-15. Finns idag tillgänglig på www.trafikverket.se.
20. SJ AB:s Årsredovisning 2009. Hämtad från www.sj.se den 15 maj.
21. SOU 2002:48, *"Rätt på spåret"*. Delbetänkande från Järnvägsutredningen, utgiven i SOU-serien 2002-05-31. Hämtad från www.regeringen.se den 20 april
22. SOU 2008:92, *"Konkurrens på spåret"*. Delbetänkande från Järnvägsutredningen, utgiven i SOU-serien 2008-10-10. Hämtad från www.regeringen.se den 22 april.
23. Trafikverket, 2010. Allmän information om Sveriges järnvägsnät. Hämtad från www.trafikverket.se. (Privat -> Vägar och järnvägar -> Sveriges järnvägsnät). Hämtad den 23 maj.
24. Trafikverket, 2010. Överbelastad infrastruktur. Hämtad från www.trafikverket.se. (Företag -> Trafikera och transportera -> Järnväg -> Planera trafik -> Överbelastad infrastruktur). Hämtad den 3 juni.
25. Transportstyrelsen, 2010, "Branschanalys av järnvägsföretag 2008-2009", rapport PJ 10 002, publicerad under 2010. Hämtad från www.transportstyrelsen.se den 25 maj.
26. *"Underlagsrapport avgifter i Banverkets järnvägsnätsbeskrivning 2011"* Rapport utgiven av Banverket (idag Trafikverket), diariernr: F10-40-86/TR00, 2009-12-13. Hämtad från www.banverket.se den 15 april. Finns idag på www.trafikverket.se under JNB 2011.
27. Øresundsbrokonsortiets Årsredovisning 2009, publicerad februari 2010. Hämtad från www.oresundsbron.com den 23 maj.