

Avreglerad elförsörjning. Ökad konkurrens och ökad effektivitet?

Rapport 1 (2)¹

Ann Veiderpass

Institutionen för nationalekonomi med statistik,
Handelshögskolan vid Göteborgs universitet.

Januari 2004

¹ Studien finansierades av Konkurrensverket.

Innehåll

1. Inledning	3
2. Att mäta produktionseffektivitet	4
3. Konkurrens och effektivitet i svensk elförsörjning.....	11
3.1 Kvalitet.....	13
3.2 Data och modellspecifikation	15
4. Empiriska resultat	19
4.1 Effektivitetsutvecklingen 1991-2001, Modell 1	20
4.1.1 Skala.....	24
4.2 Effektivitetsutvecklingen 1996-2001, Modell 2	24
4.2.1 Effektivitet och pris.....	26
5. Avslutande kommentarer	28
Litteratur	30
APPENDIX.....	34

1. Inledning

I syfte att skapa förutsättningar för en ökad pris- och kostnadspress inom elförsörjningen reformerades den svenska elmarknaden den 1 januari 1996. Elmarknadsreformen innebar en klar boskillnad mellan å ena sidan produktion och försäljning av el och å andra sidan nätverksamhet. En juridisk person som bedriver nätverksamhet får inte bedriva handel med eller produktion av el. Nätägaren tillhandahåller den fysiska överföringen av el och ansvarar för att elenergin transporteras från produktionsanläggningarna till användarna.

Nätföretagen har genom koncessioner tillförsäkrats ensamrätt till eldistributionen inom ett givet område, och utgör alltså monopol i en i övrigt, genom avregleringen, konkurrensutsatt sektor. En tanke bakom reformen är att elnätsföretagen själva skall leda utvecklingen mot ökad effektivitet och skäliga nättariffer, medan tillsynsmyndigheten övervakar att så sker.

Främsta syftet med en avreglering är att via intensivare konkurrens öka branschens effektivitet, dvs åstadkomma ett effektivare resursutnyttjande och som följd härav en ökad konsumentnytta. För att avregleringen skall nå sitt syfte krävs att sektorns konkurrens fungerar väl, men också att det yttre ramverket i form av konkurrenslagstiftning och institutioner utformas på ett sådant sätt att det bidrar till en hög effektivitet.

Ökad effektivitet är alltså själva huvudpoängen med en avreglering. Hur har då nätföretagens effektivitet utvecklats efter elmarknadsreformen? En snabb strukturomvandling har skett och antalet nätföretag (och framför allt antalet elhandelsföretag) har minskat under perioden. Är denna ökade koncentration ett tecken på att även effektiviteten förändrats under perioden?

I denna rapport studeras hur relativ effektivitet inom elförsörjningen utvecklats under perioden 1991 till 2001, dvs under åren närmast före och efter elmarknadsreformens genomförande. Metodmässigt är studien baserad på den sk Data Envelopment Analysis- metoden. Denna analysmetod hanterar med lätthet sektorer vars

verksamheter karakteriseras av flervaruproduktion och användandet av många produktionsfaktorer. Metoden möjliggör effektivitetsjämförelser mellan alla produktionsenheter inom en sektor och även jämförelser över tiden.

Analysen visar på betydande individuella effektivitetsskillnader mellan de studerade enheterna, och under perioden efter 1996 framträder en klar tendens mot ökad sektordominans för allt större enheter. För perioden 1996-2001 indikerar analysen också att en effektivare resursanvändning, dvs lägre produktionskostnader, inte resulterar i lägre nätavgifter.

2. Att mäta produktionseffektivitet

Effektivitet för en produktionsenhet definieras som kvoten mellan enhetens produktionsresultat och resursinsats. För att effektivitetsmättet för en enhet skall ha någon mening måste det jämföras med motsvarande mått för produktionsenheter över tiden eller med andra enheter vid samma tidpunkt. Effektivitet är således ett relativt mått vilket innebär att det är väsentligt att vara medveten om vilka enheter som ingår i jämförelsen.

Effektivitet kan beräknas på flera olika vis². En vanligt förekommande metod är att beräkna partiella effektivitetsmått, ofta benämnda nyckeltal eller produktivitetsmått. Ett partiellt mått upplevs ofta som enklare att tolka, men generellt kan detta inte sägas vara fallet. Det inses om vi som exempel studerar en enhet som producerar mer än en vara eller tjänst och vid produktionen använder mer än en typ av resurser (vilket ju i allmänhet är fallet). För en sådan produktionsenhet måste flera partiella effektivitetsmått beräknas, ett för varje kombination av producerad varu- eller tjänstetyp och typ av resursinsats. Eftersom de olika partiella effektivitetsmåten för en enskild produktionsenhet i allmänhet ger olika resultat innebär detta svåra tolkningsproblem. Dessutom är alla resurser och prestationer inbördes beroende vilket innebär att partiella mått riskerar att bli missvisande.

²För en utförlig beskrivning av olika metoder, se exempelvis Hjalmarsson (1991).

Ett ofta förekommande partiellt effektivitetsmått är arbetsproduktiviteten, beräknat som kvoten mellan producerad mängd av en enskild vara eller tjänst och arbetsinsatsen vid produktionen. Förutom att det *per se* inte finns anledning att sträva efter så hög arbetsproduktivitet som möjligt, bör man vara medveten om att arbetsproduktiviteten mycket väl kan öka, t ex genom omfattande kapitalbildning, samtidigt som effektiviteten totalt faktiskt minskar.

Då en enhet producerar mer än en typ av varor eller tjänster måste någon form av sammanvägning av dessa göras. Om även mer än en typ av resursinsatser utnyttjas måste också dessa sammanvägas. Ett exempel på sammanvägning av olika prestationer är att konstruera vikter på basis av exempelvis genomsnittlig tidsåtgång eller administrativt konstruerade priser. Ett vägningsförfarande som detta är ofta godtyckligt och riskerar att spegla värderingarna hos den eller de som beräknar vikterna snarare än de faktiska förhållandena mellan prestationerna.

Om marknadspriser som avspeglar betalningsviljan för de olika produkterna och de olika resurserna kan observeras kan dessa användas som vikter. Förfaringssättet har vissa nackdelar om man vill kunna särskilja priseffekter från skillnader i fysiska enheter. Som exempel kan vi tänka oss att vi vill jämföra flera produktionsenheter med samma typer av resursinsatser men att dessa resurser betingar olika pris för olika produktionsenheter, t ex olika hyra per kvadratmeter. Detta innebär att det beräknade effektivitetsmättet inte bara återspeglar skillnader i utnyttjande av fysiska resurser utan även skillnader i hyror. Hyresskillnaderna kan i många fall förklaras av lokaliseringen (centralt eller i ytterområden i en storstad, stad eller landsbygd etc). Jämförelser mellan produktionsenheter som av olika skäl måste vara spridda geografiskt kan då bli missvisande. En ytterligare komplikation då man vill utnyttja priser som vikter är att vid jämförelser över tiden måste hänsyn tas till prisförändringar.

Den avgörande faktorn för att priser i allmänhet inte kan användas i effektivitets- eller produktivitetjämförelser är att uppgifter om marknadspriser på de producerade tjänsterna saknas, detta gäller speciellt offentlig tjänsteproduktion. Att beräkna

effektiviteten som en kvot mellan de sammanvägda producerade tjänsterna och de sammanvägda resursinsatserna har sin grund i ekonomisk produktionsteori. En avgörande skillnad är att underliggande antaganden är kända i de teoribaserade indexen, medan det i de partiella måtten görs icke redovisade, ofta omedvetna, antaganden. Sådana antaganden kan bl a vara att de utnyttjade priserna, om sådana är kända, är marknadspriser eller att produktionsenheterna är kostnadsminimerande eller intäktsmaximerande. Antaganden av en typ som i många fall knappast är realistiska.

En ansats för effektivitetsberäkningar som har sin grund i ekonomisk produktionsteori är den s k DEA- metoden, där DEA står för Data Envelopment Analysis. I litteraturen kan ansatsen föras tillbaka till en artikel av Farrell (1957). Den vidareutvecklades och fick benämningen DEA av Charnes m fl (1978), och ytterligare metodutveckling skedde i Färe m fl (1983) och Banker m fl (1984). Eftersom metoden inte kräver några antaganden om ekonomiskt beteende, som exempelvis kostnadsminimering eller intäktsmaximering, och inte heller kräver uppgifter om priser på olika producerade tjänster och resursinsatser, har den vunnit stor framgång vid studier av bl a offentlig tjänsteproduktion men även inom reglerade sektorer som eldistributions- och transportsektorerna; se t ex Denny m fl (1981) och Diewert (1981). DEA är dessutom en metod som möjliggör analys av flervaruproduktion, dvs analys av produktionsenheter som producerar flera tjänster/produkter med hjälp av flera insatsfaktorer.

DEA-metoden är en icke-parametrisk metod för skattning av effektivitetsfront och effektivitetsmått. Detta innebär att man inte behöver göra några antaganden om en bakomliggande produktionsfunktions funktionsform, antaganden som med nödvändighet medför viss resultatpåverkan; se t ex Bjurek m fl (1990) för en metodjämförelse. I DEA konstrueras ett konvext hölje i stället för en explicit frontproduktionsfunktion. Detta hölje utgör produktionsmöjlighetsområdet och byggs enbart upp av de konkreta observationer som existerar för produktionsenheterna inom en sektor. Höljet avgränsas av plana ytor, på vilka de "bästa" (mest effektiva) enheterna är belägna. En icke-parametrisk front omsluter (eng. envelops) alltså datamängden på ett "närmare" sätt än en parametrisk front.

I föreliggande studie analyseras effektivitetsskillnader för svenska eldistributörer och nätföretag med hjälp av DEA- metoden. Effektiviteten för en produktionsenhet (en eldistributör eller ett nätföretag) mäts relativt effektiviteten hos alla övriga produktionsenheter. De enheter som är mest effektiva utgör jämförelsenormen, den sk effektivitets – eller produktionsfronten. I studien analyseras såväl inputeffektivitetsmått (resursbesparande effektivitet) som outputeffektivitetsmått (produktionsökande effektivitet). Samtliga effektivitetsmått har en klar tolkning i resurstermer.

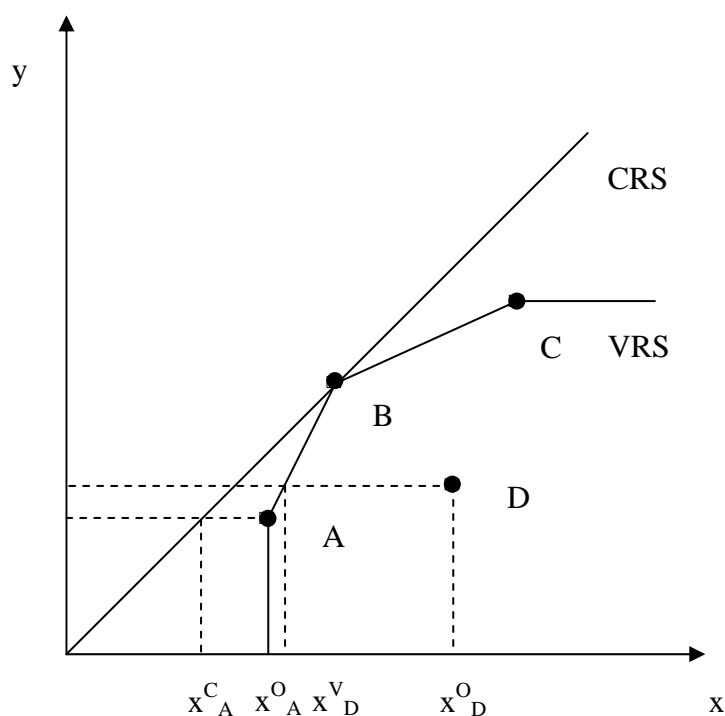
Före avregleringen bestod elmarknaden av ett antal regionala och lokala monopolmarknader för elleveranser (förhållanden som även i stort kvarstår när det gäller dagens nätföretag). De lokala distributionsföretagen hade ensamrätt, och även skyldighet, att leverera lågspänd el till alla abonnenter inom ett visst geografiskt område medan innehavaren av en sk linjekoncession hade ensamrätt, och även skyldighet, att överföra högspänd el en viss sträcka. Varje abonnent var alltså hänvisad till den distributör som hade koncession inom det aktuella området och eldistributören kunde inte nämnvärt påverka sammansättningen av eller antalet kunder.

De snabba strukturella förändringarna, i riktning mot ökad koncentration bland nätföretagen, innebär att antalet abonnenter per företag ökar efter avregleringen. Att även rikta uppmärksamheten mot outputeffektivitetsmättet förefaller inte längre helt orealistiskt då produktionsenheterna genom fusioner kan sägas sträva efter att vid given resursinsats öka produktionen i form av antalet abonnenter så mycket som möjligt.

Inputeffektivitetsmättet (här betecknat E_1 i analogi med Farrells beteckningar) för en enhet definieras som kvoten mellan den resursinsats som de mest effektiva enheterna tar i anspråk och den enskilda enhetens observerade mängd använda resurser för att producera enhetens observerade antal varor eller tjänster. I ekonomiska termer tolkas måttet som enhetens potentiellt möjliga minskning av resursåtgången vid bibehållen produktionsnivå.

Outputeffektivitetsmålet (här betecknat E_2 i analogi med Farrells beteckningar) för en enhet definieras som kvoten mellan den enskilda enhetens producerade kvantitet och den kvantitet som produceras av de mest effektiva enheterna givet oförändrad resursanvändning. I ekonomiska termer tolkas måttet som enhetens potentiellt möjliga ökning av producerad kvantitet vid bibehållen resursförbrukning.

De effektivitetsmått som beräknas vid DEA illustreras av figurerna 1 och 2. Notera att höljet (fronten) utformas så att möjlighet ges för såväl konstant, som tilltagande eller avtagande skalavkastning hos underliggande produktionsteknologi. (CRS: Constant Returns to Scale, VRS: Variable Returns to Scale) För att kunna analysera effektivitetsskillnader p g a skala, beräknas effektivitetsmåten i denna rapport givet både variabel och konstant skala.



Figur 1. Resursbesparande effektivitet (E_1)

I figur 1 illustreras inputeffektivitetsmåten för en insatsfaktor x och en producerad tjänst y . Punkterna A, B, C och D representerar olika produktionsenheter. I fallet med variabel skala utgörs fronten av linjerna mellan x_A^O , A, B, C och linjen till höger om enheten C. Produktionsenheterna A, B och C är de mest effektiva d v s ingen annan

enhet använder mindre resurser relativt de producerade tjänsterna, och dessa enheter erhåller ett effektivitetstal lika med ett. Produktionsenheten D, som domineras av enheterna A och B, har en lägre effektivitet och denna mäts som kvoten mellan den resursinsats som krävs om den observerade mängden tjänster produceras på fronten x_D^V , och den observerade resursinsatsen för enheten x_D^O , $x_D^V/x_D^O < 1$. Under antagandet om konstant skala utgörs fronten av linjen från origo genom enheten B. I detta fall är enheten B den mest effektiva enheten med ett effektivitetsmått lika med ett, medan enheten A som producerar vid ökande skalavkastning får ett effektivitetsmått lika med $x_A^C/x_A^O < 1$.

För att beräkna input-(resursbesparande)effektivitetsmättet givet variabel skala för enhet A löses följande linjärprogrammeringsproblem:

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_r^A + u_0 \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_i^A = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_r^j - \sum_{i=1}^m v_i x_i^j + u_0 \leq 0, \quad j = 1, \dots, N \\ & v_i \geq 0, u_r \geq 0, u_0 \underset{>}{\overset{<}{=}} 0 \end{aligned}$$

$y_r (r=1, \dots, s)$ är producerade tjänster, $x_i (i=1, \dots, m)$ är insatsfaktorer och u_0, u_r, v_i är de vikter som erhålles vid lösningen av LP(linjärprogrammerings)-problemet. Således beräknas ett LP problem för varje produktionsenhet, $1, \dots, N$. För enheten A erhålles lösningen genom att maximera den vägda summan av producerade tjänster för denna enhet, givet att den vägda summan av insatsfaktorer för enheten är lika med ett. Vidare krävs att den viktade summan av tjänster minus den viktade summan av insats-

faktorer för varje enhet som ingår i studien är mindre eller lika med 0. För att beräkna motsvarande mått givet konstant skala exkluderas vikten u_0 från LP-problemen.

För att beräkna det produktionsökande (output-)effektivitetsmättet, E_2 , givet variabel skala för produktionsenheten A löses följande linjärprogrammeringsproblem:

$$\min \mu = \sum_{i=1}^m v_i x_i^A + v_0$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_r^A = 1$$

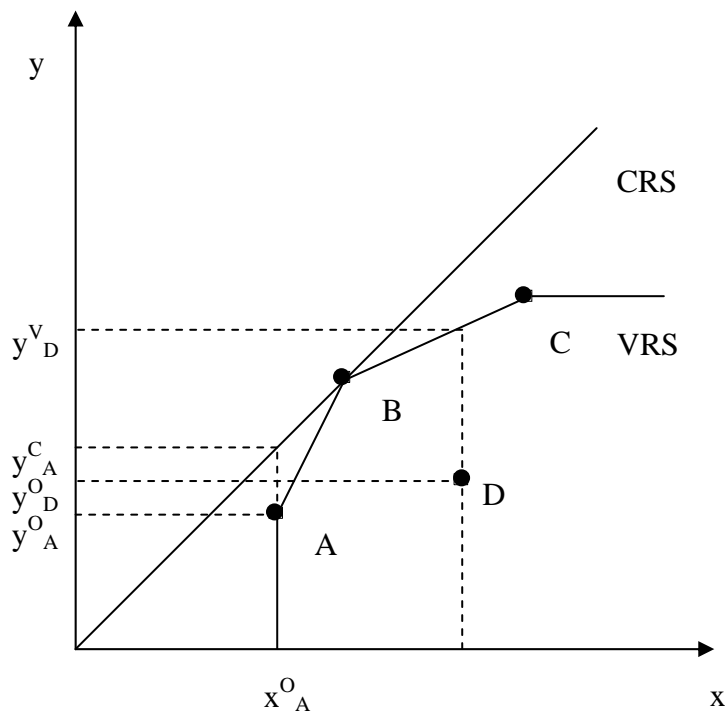
$$-\sum_{r=1}^s u_r y_r^j + \sum_{i=1}^m v_i x_i^j + v_0 \geq 0, \quad j = 1, \dots, N$$

$$v_i \geq 0, \quad u_r \geq 0, \quad v_0 \stackrel{<}{=} 0$$

Effektivitetsmättet beräknas sedan som $E_2 = \mu^{-1}$. För exempelvis enhet A erhålls lösningen genom att minimera den vägda summan av insatta resurser för denna enhet, givet att den vägda summan av producerade tjänster för enheten är lika med ett. Vidare krävs att den vägda summan av insatta resurser minus den vägda summan av producerade tjänster för alla enheter som ingår i jämförelsen är större än eller lika med 0. För att beräkna motsvarande mått givet konstant skala exkluderas vikten v_0 från LP-problemen.

Outputeffektivitetsmått givet variabel respektive konstant skala illustreras i figur 2 för en insatsfaktor x och en producerad tjänst y . Punkterna A, B, C och D representerar olika produktionsenheter. I fallet med variabel skala utgörs fronten av linjerna mellan x^0_A , A, B, C och linjen till höger om enheten C. Produktionsenheterna A, B och C är de mest effektiva då ingen annan enhet använder mindre resurser relativt de producerade tjänsterna, och dessa enheter erhåller ett effektivitetstal lika med ett. Produktionsenheten D, som domineras av enheterna B och C, har en lägre effektivitet och dess effektivitetsvärde mäts som kvoten mellan den observerade producerade

kvantiteten y_D^o och den kvantitet som produceras på fronten y_D^v , $y_D^o/y_D^v < 1$. Under antagandet om konstant skala utgörs fronten av linjen från origo genom enheten B. I detta fall är enheten B den enda effektiva enheten med ett effektivitetsmått lika med ett, medan exempelvis enheten A som producerar vid ökande skalavkastning får ett produktivitetsmått lika med $y_A^o/y_A^c < 1$.



Figur 2 Produktionsökande effektivitet (E_2)

3. Konkurrens och effektivitet i svensk elförsörjning

Den 1 januari 1996 introducerades konkurrens i produktion och försörjning av el. Nätverksamheten bröts ut och bildar därefter egen juridisk person skild från produktion och handel med el. Detta innebar kraftigt förändrade förutsättningar för eldistributörerna då t ex de tidigare elverken delades i nätföretag och elhandelsföretag.

Som tidigare nämnts, är syftet med en avreglering framför allt att via intensivare konkurrens öka branschens effektivitet. Ökad effektivitet är alltså själva huvudpoängen med en avreglering. För att avregleringen skall nå sitt syfte krävs att sektorns konkurrens fungerar väl, men också att det yttre ramverket i form av konkurrenslagstiftning och institutioner utformas på ett sådant sätt att det bidrar till en hög effektivitet.

Det företag som enligt ellagen (1997:857) har tillstånd att distribuera el i ett område har också ensamrätt för överföringen. En tanke bakom elmarknadsreformen är dock att nätföretagen själva, t ex genom benchmarking, skall leda utvecklingen mot ökad effektivitet och skäliga nättariffer. Statens energimyndighet har i uppgift att övervaka att nätföretagen bedriver verksamheten på ett effektivt sätt.

Jämförelsekonkurrens, yardstick competition eller benchmark competition, har länge varit av stor betydelse för den svenska elmarknadens sätt att fungera, men betydelsen av väl fungerande indirekt konkurrens ökar vid en avreglering (– om inte avregleringen skall leda till ökad monopolmakt, kanske med direkt pris eller avkastningsreglering som slutresultat), liksom för marknadssegment som inte kunnat konkurrensutsättas. Detta har lett till ett ökat intresse, såväl i Sverige som internationellt, för möjligheter att öka utnyttjandet av jämförelsekonkurrens, t ex genom regelbunden publicering av olika nyckeltal eller effektivitetsmätt³ för enskilda producenter i syfte att bidra till ett ökat effektivitetstryck inom branschen.

Detta har i sin tur också medfört ett ökat intresse för metoder som möjliggör analyser av enskilda produktionsenheters effektivitet. Eldistributionens flerdimensionella karaktär, flervaruproduktion (lågspännings- och högspänningsleveranser eller leveranser till andra olika kundkategorier inom olika serviceområden) och användandet av flera produktionsfaktorer (arbetskraft, ledningar, transformatorer o dyl) utgjorde länge ett metodmässigt hinder för empiriska effektivitetsanalyser av sektorn.

³ Statens energimyndighet publicerade t ex år 2002 en studie av nätföretagens kostnadseffektivitet (ER 11:2002), och har för avsikt att kontinuerligt fortsätta publiceringen av dessa effektivitetsmätt.

Insikten om att DEA-metoden löste metodproblemen, i kombination med utvecklingen av programvara, undanröjde vid mitten av 1980-talet tidigare hinder. Möjligheten att studera verksamheter karakteriserade av flervaruproduktion och frånvaron av tvingande antaganden om bakomliggande produktionsfunktion medförde att metoden snabbt blev ett mycket populärt och utnyttjat analysverktyg för effektivitetsstudier inom de flesta sektorer, inte minst inom offentlig tjänsteproduktion. Metoden är, som tidigare nämnts, mycket lämplig även för studier av eldistributionssektorn; exempel på tidiga nordiska studier av eldistribution är bl a Hjalmarsson och Veiderpass (1992a och 1992b), Veiderpass (1993a) som studerat eldistributionen i Sverige och Kittelsen (1993) som analyserat norsk eldistribution.

En viktig faktor vid effektivitetsjämförelser är beaktandet av potentiella kvalitetsskillnader hos den aktuella sektorns producerade produkter.

3.1 Kvalitet

För att kunna bedöma kvalitetsskillnader i producerade tjänster, och för att kunna förklara effektivitetsskillnader mellan produktionsenheter är det lämpligast att studera effektivitet i ett mikroekonomiskt perspektiv, dvs populationen som studeras är enskilda företag eller tjänsteställen på lokal nivå. Detta är av störst betydelse då de utbudna tjänsterna inte bjuds ut på en marknad utan styrs av den servicenivå som är beslutad i enlighet med politiska överväganden. Den här typen av produktion, t ex eldistribution, måste i de flesta fall bedrivas i närhet till de konsumenter som efterfrågar tjänsterna dvs på en lokal nivå till skillnad från privat produktion som kan lokaliseras till regioner som har de bästa ekonomiska förutsättningarna.

För att kunna ta hänsyn till och förklara kvalitetsskillnader, skillnader i komplikationsgraden i de producerade tjänsterna och skillnader i effektivitet finns åtminstone två grundläggande ansatser.

Den första ansatsen utgår från att förhållanden som kan påverka den producerade tjänstens utfall beaktas direkt i måttet av den enskilda tjänsten. Här justeras alltså relevanta variabler direkt så att man får den kvalitetsjusterade uppsättningen variabler i produktionsmodellen (DEA-modellen) redan från början. I ett andra steg relateras effektivitetsmåten, t ex med en Tobitmodell, till olika variabler som beaktar olikheter i företagens yttre förutsättningar; se t ex Bjurek m fl (1992) samt Yaisawarng och Klein (1994). Denna tvåstegsansats har bl a kritiserats av Simar och Wilson (2003) för inkonsistenta skattningar.

En andra ansats är att skapa ett eller flera index för de specifika externa kvalitetspåverkande förhållandena (t ex geografisk belägenhet), och sedan låta detta eller dessa ingå direkt i produktionsmodellen. Denna ansats har den nackdelen att då de skapade indexen ingår som variabler direkt i produktionsmodellen, så antas indirekt möjligheten till substitution mellan de olika insatsfaktorerna och/eller de producerade tjänsterna och indexen. Detta är en allvarlig invändning eftersom indexen antingen bör spegla kvalitetskillnader i enskilda tjänstetyper och resursinsatser och/eller yttre förhållanden utanför produktionsenhetens kontroll.

För närvarande finns ingen allmänt accepterad ansats för att beakta miljö-/kvalitetspåverkande faktorer vid effektivitetsmätningar. Forskning pågår, och ett möjligt alternativ som diskuteras är att utnyttja metoder som t ex bootstrapping i kombination med effektivitetsvärden; se Simar och Wilson (*op. cit.*, 1998 och 2000).

Som framgår av nedanstående avsnitt, innebär variabelvalet i föreliggande studie att kvalitetskillnader implicit inkluderas i effektivitetsmåten via två av den använda modellens outputvariabler; elleveranser till lågspänningsabonnenter och elleveranser till högspänningsabonnenter. Dessa variabler speglar leveransernas kvalitet då de mäter den mängd el som faktiskt mottagits av abonnenterna, dvs elleveranserna har ransats för olika överföringsförluster och leveransavbrott.

3.2 Data och modellspecifikation

För tidsperioden 1991 till och med 1995 har sammanställningen av datamaterialet för denna studie baserats på uppgifter från Svenska Elverksföreningens (SEF) statistik för de enskilda distributionsföretagen. Data för perioden 1996 till och med 2001 bygger på statistik från Statens energimyndighet (främst årliga sk tekniska tal) kompletterad med uppgifter från Patent och Registreringsverket (PRV) över antalet anställda vid nätföretagen.

Analysen bygger på en sk multiple input – multiple output modell, dvs en modell med både flera insatsfaktorer (inputs) och flera produkter eller tjänster (outputs). Modellen inkluderar följande variabler:

Insatsfaktorer (inputs):

L som betecknar medelantalet anställda (heltidsekvivalenter)

K_1 som betecknar km lågspänningsledning

K_2 som betecknar km högspänningsledning

K_3 som betecknar total transformatoreffekt (kVA)

Produkter (outputs):

Y_1 som betecknar elleveranser (MWh) till lågspänningsabonnenter

Y_2 som betecknar elleveranser (MWh) till högspänningsabonnenter

Y_3 som betecknar antalet lågspänningsabonnenter

Y_4 som betecknar antalet högspänningsabonnenter

De i studien ingående variablerna utgör en ofta förekommande approximation av produktionsprocessen inom eldistributionsektorn; se t ex redogörelse i Edvardsen och Før Sund (2003). Modellspecifikationen får också stöd vid förslag till statistiska test av olika icke-parametriska modellspecifikationer i Veiderpass (1993a och b), L mäts då i antalet arbetade timmar.

I SEF:s årliga statistik ingick uppgifter om antalet anställda vid respektive produktionsenhet, en uppgift som inte publiceras av Energimyndigheten. Det bör i sammanhanget också noteras att ett ökande antal företag (inom elleveranssektorn såväl som inom andra branscher och sektorer) inte heller längre redovisar faktisk arbetsinsats. I de fall då denna produktionsfaktor köps eller hyrs in redovisas omfattningen inte explicit, utan företagen uppger endast att antalet anställda är noll.

Detta informationsbortfall leder naturligtvis till att allt färre nätföretag kommer att kunna studeras inom ramen för en produktionsmodell som speglar produktionsprocessens faktiska användande av insatsfaktorerna arbetskraft och realkapital.

I en förstudie av nätföretagens kostnadseffektivitet använde Energimyndigheten bokföringsmässiga personalkostnader som mått på arbetsinsatsen. Definitionen av begreppet personalkostnader är dock inte entydig. Föreningen Auktoriserade Revisorer (FAR) ger i sin ”Vägledning – om årsredovisning i aktiebolag (rev.1999)” ingen exakt eller tvingande definition, och i praktiken varierar innehållet i posten avsevärt mellan olika bolags redovisningar. Vilket mått som i slutrapporten (ER 11:2002) speglar arbetsinsatsen är oklart.

Datamaterialet för denna studie presenteras i tabell 1a som ger en sammanfattande översikt över outputs och tabell 1b som ger motsvarande översikt över produktionsfaktorerna.

Det bör påpekas att produktionsfaktorn arbetskraft under perioden innan avregleringen även inkluderar personal som efter avregleringen återfinns i elhandelsverksamheten och inte i nätföretagen. Då det varit omöjligt att urskilja den personal hos eldistributörerna som innan elmarknadsreformen arbetade inom områden som efter 1995 kom att tillhöra elhandelsföretagens verksamhetsområde, exkluderas denna variabel i den modellspecifikation som används vid skattningen av effektivitetsutvecklingen under perioden 1991-2001. Variabeln L ingår endast i den separata modell som används vid skattningen av effektivitetsutvecklingen under perioden 1996-2001 (Modell 2).

Tabell 1a Sammanfattande översikt: produkter (outputs) 1991-2001

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
1991-2001 (N=1769)				
Medelvärde	290521.8	149115.1	22609.4	29.3
Median	154762	48404	11135	16
Max	5330729	5784300	554479	478
Min	10	6	26	1
1991-1995 (N=665)				
Medelvärde	234233.9	136606.6	186647	26.2
Median	146524	44235	10746	16
Max	5330729	5784300	554479	478
Min	26	140	120	1
1996-2001 (N=1104)				
Medelvärde	324427.2	156649.6	24996.1	31.2
Median	163220.5	53003.5	11625	16
Max	5330729	4237604	554479	478
Min	10	6	26	1

N = antal observationer

Då hänsyn tagits till datatillgänglighet och informationsbortfall, och rensningar gjorts av tveksamma eller felaktiga uppgifter, återstår en panel totalt bestående av 1769 observerade eldistributörer och nätföretag under perioden mellan 1991 och 2001. För samtliga år och samtliga variabler visar tabellerna på betydande spridning i storlek mellan dessa enheter.

Tabell 1b Sammanfattande översikt: produktionsfaktorer (inputs) 1991-2001

	K₁	K₂	K₃
1991-2001 (N=1769)			
Medelvärde	1389.7	909.3	185562.2
Median	567	285	96000
Max	343763	281244	7753000
Min	12	12.8	1000
1991-1995 (N=665)			
Medelvärde	852.1	534.9	150055.9
Median	519	270.5	87000
Max	343763	281244	7753000
Min	12	21.6	1000
1996-2001 (N=1104)			
Medelvärde	1399.9	877.8	206949.6
Median	600.5	287	102000
Max	34306.6	23194	4387000
Min	20.2	12.8	1600

N = antal observationer

4. Empiriska resultat

Från DEA-modellerna erhåller vi bl a ett antal olika effektivitetsmått för varje distributör och nätföretag. Vid studien av hur effektiviteten utvecklats under perioden 1991 till 2001 antas att de enskilda aktörernas (produktionsenheternas) sannolika målsättning vid produktionen är att för given produktionsnivå sträva efter att förbruka så lite resurser som möjligt. Man utgår då från att enheterna har större möjlighet att påverka resursanvändningen än avsättningen för den producerade produkten. Uppmärksamheten riktas således mot den faktorbesparande effektiviteten, dvs mot E_1 -mättet.

Den aktuella DEA-modellen består i detta fall av tre produktionsresurser (inputs): kilometer lågspänningsledning (K_1), kilometer högspänningsledning (K_2) samt total transformatoreffekt (K_3), medan produktionen (outputs) återges av: elleveranser till lågspänningsabonnenter (Y_1), elleveranser till högspänningsabonnenter (Y_2), antalet lågspänningsabonnenter (Y_3) samt antalet högspänningsabonnenter (Y_4). Denna modell benämns Modell 1.

Ytterligare en sk multipel input – multipel outputmodell används då effektivitetsutvecklingen efter avregleringen studeras. I denna modell ingår förutom de ovan uppräknade variablerna också produktionsfaktorn arbetskraft (L) i form av medelantalet anställda hos nätföretagen. Vid studien av denna tidsperiod, 1996-2001, beräknas såväl den faktorbesparande effektiviteten E_1 som den produktionsökande effektiviteten E_2 . Som tidigare nämnts, kan man här tänka sig att strukturella förändringar i koncentrationsökande riktning kan ses som en indikation på att produktionsenheterna kan sägas sträva efter att vid given resursinsats öka produktionen i form av antalet abonnenter. Denna modell benämns Modell 2.

För att möjliggöra jämförelser över tiden, relateras samtliga observationer i respektive modell till en gemensam (teknologi- eller effektivitets-) front. Detta innebär att de resulterande effektivitetsvärdena är jämförbara inom varje modell. Det är dock inte möjligt att direkt jämföra ett effektivitetstal i Modell 1 med ett motsvarande tal i Modell 2.

E_1 -mättet från Modell 2 används avslutningsvis då förhållandet mellan pris och effektivitet studeras.

4.1 Effektivitetsutvecklingen 1991-2001, Modell 1

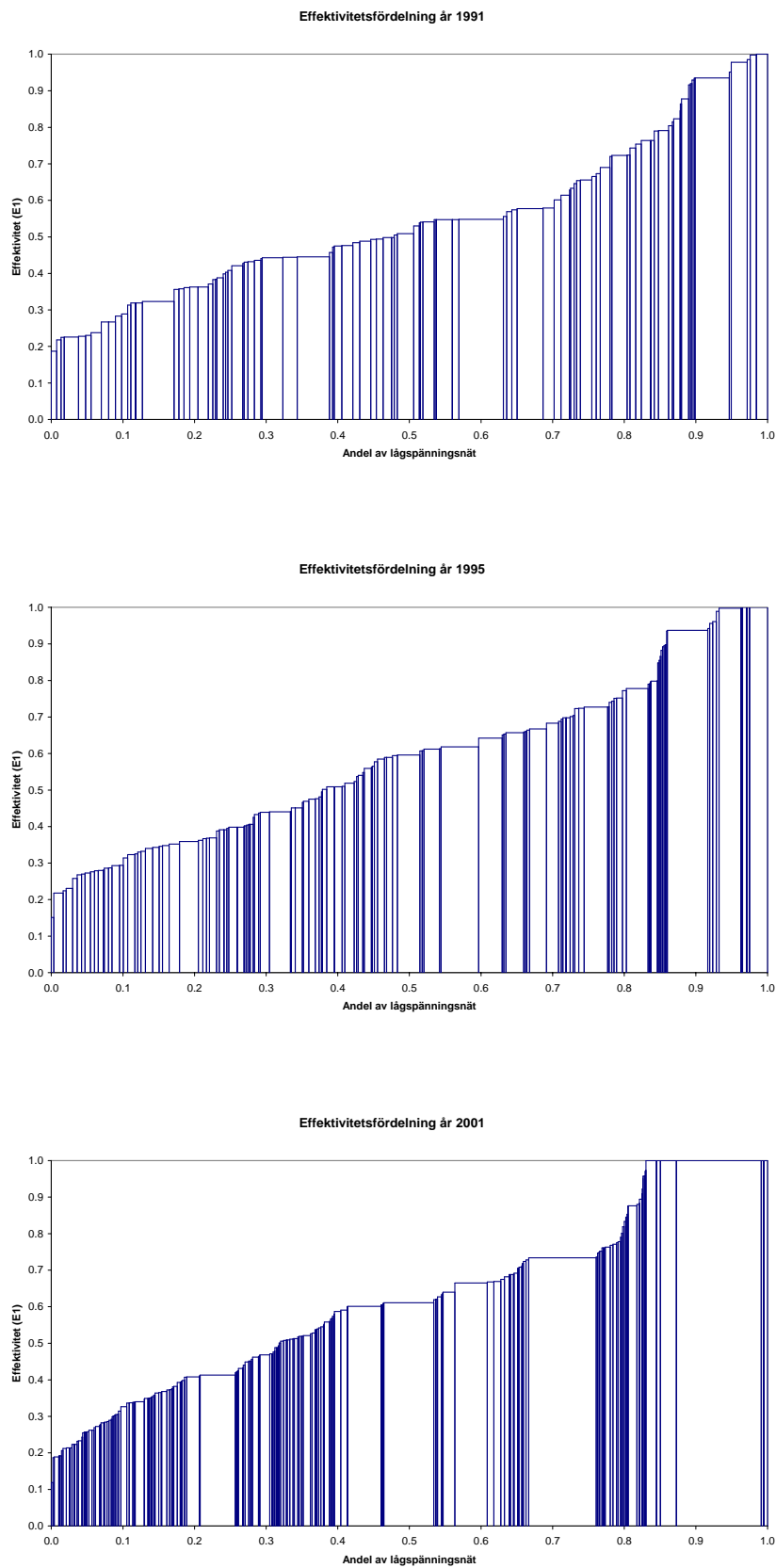
Som framgår av tabell 2, är sektorns genomsnittliga effektivitet något högre före elmarknadsreformen, men skillnaderna är närmast att betrakta som marginella. När det gäller sektorns anläggningar med lägsta effektivitet, är dessa värden generellt något högre efter 1995.

Ett effektivitetsvärde på t ex 0.5238 innebär en genomsnittlig sektoreffektivitet på 52.38 procent. Man skulle alltså kunna leverera lika mycket el till lika många abonnenter men bara använda 52.38 procent av sina resurser. Annorlunda uttryckt innebär detta att enheterna i genomsnitt skulle kunna minska sin resursanvändning med $1-0.5238$, dvs med 47.62 %, vid oförändrad produktionsnivå.

Tabell 2 Effektivitetsutveckling 1991-2001

År	Genomsnittlig sektoreffektivitet	Minimum
1991	0.5546 (55.46%)	0.119
1992	0.5672 (56.72%)	0.105
1993	0.5564 (55.64%)	0.122
1994	0.5615 (56.15%)	0.123
1995	0.5627 (56.27%)	0.123
1996	0.5365 (53.65%)	0.164
1997	0.5140 (51.40%)	0.151
1998	0.5181 (51.81%)	0.209
1999	0.5182 (51.82%)	0.155
2000	0.5652 (56.52%)	0.217
2001	0.5238 (52.38%)	0.187

Effektivitetsfördelningen hos de enskilda aktörerna illustreras i figurerna 3a och 3b.

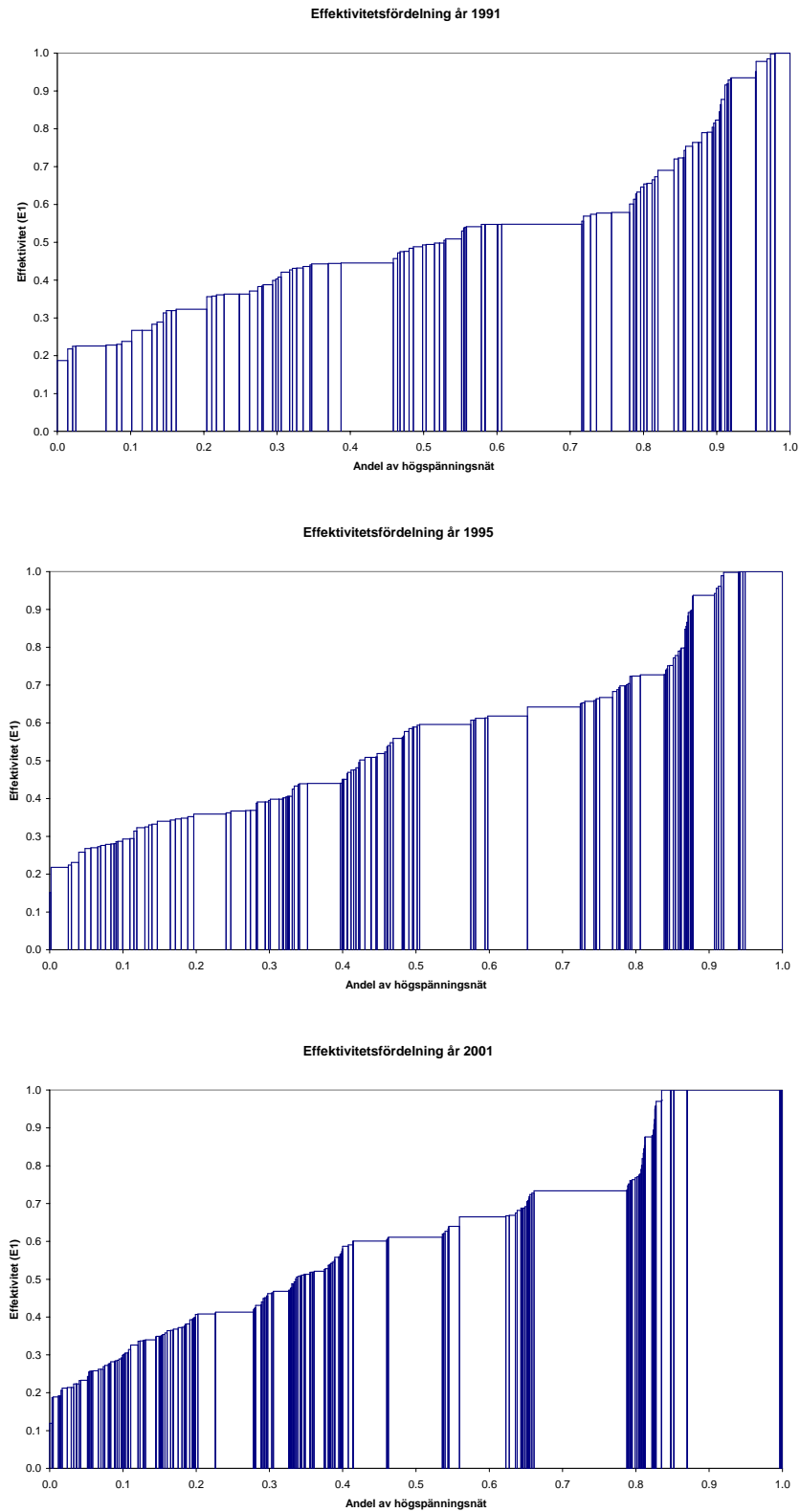


Figur 3 a Effektivitetsfördelning 1991, 1995 och 2001 (lågspänning)

Figur 3a visar, med hjälp av ett sk Salterdiagram, effektivitetsfördelningen på lågspänningssidan. I diagrammet representerar varje ”stapel” en enskild produktionsenhet. Betecknande för diagram av Salter-typ är att stapelns höjd återger enhetens effektivitet, medan bredden utgör något mått på enhetens relativa storlek (här mätt som andel av det totala lågspänningsnätet).

Fördelningen under 1991 har stora likheter med fördelningen under 1995. Under tiden före avregleringen återfinns såväl relativt små, som relativt stora enheter över hela effektivitetsintervallet, men därefter inträffar en tydlig förändring mot ”större” enheter som blir alltmer dominerande. Detta förhållande kan också åskådliggöras genom enkla ”koncentrationskvoter” i betydelsen andel av totalt nät för t ex de 3 eller 6 ”största” enheterna. Dessa kvoter pekar entydigt mot ökande ”koncentration” efter elmarknadsreformen. (1991: $CR_6 = 0.26$, 1992: $CR_6 = 0.27$, 1993: $CR_6 = 0.21$, 1994: $CR_6 = 0.24$, 1995: $CR_6 = 0.24$, 1997: $CR_6 = 0.29$, 1998: $CR_6 = 0.45$, 1999: $CR_6 = 0.45$, 2000: $CR_6 = 0.45$, 2001: $CR_6 = 0.43$)

Figur 3 b visar motsvarande för högspänningssidan. Även här föreligger en tendens mot ökad ”koncentration” och större, alltmer dominerande enheter (1991: $CR_6=0.32$, 1997: $CR_6=0.35$, 2001: $CR_6=0.49$).



Figur 3 b Effektivitetsfördelning 1991, 1995 och 2001 (högspänning)

4.1.1 Skala

En fördel med DEA-metoden är att då den underliggande teknologin specificeras så flexibelt att den tillåter variabel skalavkastning, så utgör konstant skalavkastning ett specialfall av denna specifikation. Detta betyder att då de produktionsenheter som ingår i studien har en teknologi som karakteriseras av konstant skala så kommer detta också att bli utfallet av skattningarna. Om endast en del av observationerna producerar vid konstant skala innebär detta att de producerar vid optimal skala och övriga vid ökande- eller avtagande skala. Hela sektorns teknologi kännetecknas då av variabel skalavkastning.

Endast 190 av huvudmodellens 1769 effektivitetsvärden, ca 10.7 procent, tyder på att produktionen här sker vid optimal skala. Detta resultat har också starkt stöd i litteraturen. Redan Salter (1960) pekar t ex på skalfördelar som en källa till produktivitetsförbättringar: *"A striking example of the importance of such economies [of scale] is provided by the development of the grid system in electricity supply. ... There can be little doubt that such economies were one of the most important factors in the rapid rate of productivity increase in the electricity industry."* (Sid. 141.)

Ökande skalavkastning är en viktig faktor bakom att olika sektorer reglerats. Empiriska bevis för förekomsten av variabel skala-teknologier i ett antal olika industrier återfinns t ex i Haldi och Whitcomb (1967), Caves m fl (1981) och Robidoux och Lester (1992).

4.2 Effektivitetsutvecklingen 1996-2001, Modell 2

Även om inte enskilda värden numeriskt kan jämföras mellan Modell 1 och Modell 2 bör riktningen i observerade tendenser eller trender i underliggande observationer överensstämma. Modell 2, som utgör en fullständigare specifikation av den aktuella produktionsprocessen, kan därför ses som en kontroll av resultaten i Modell 1.

Modell 2 används också för att studera eventuella skillnader beroende på vilket effektivitetsmått, E_1 eller E_2 , som används. Vidare används modellen som utgångspunkt i rapportens avslutande jämförelse av förhållandet mellan nätföretagens prissättning och effektivitetsutveckling.

Modell 2 utgörs alltså av fyra inputs: kilometer lågspänningsledning (K_1), kilometer högspänningsledning (K_2), total transformatoreffekt (K_3), samt medelantalet anställda mätt i heltidsekvivalenter (L). Produktionen återges av fyra outputs: elleveranser till lågspänningsabonnenter (Y_1), elleveranser till högspänningsabonnenter (Y_2), antalet lågspänningsabonnenter (Y_3) samt antalet högspänningsabonnenter (Y_4).

För att kunna inkludera variabeln för arbetsinsatsen, har de enligt STEM definierade prisområdena ”aggregerats” till juridiska personer baserat på organisationsnummer. Enligt uppgift från STEM finns i nuläget enligt denna definition ca 180 företag. (Inkluderandet av ytterligare en variabel i modellen medför definitionsmässigt en tendens till ökande effektivitetsvärden, men som tidigare nämnts, är de faktiska numeriska värden som erhålles i olika modeller inte direkt jämförbara.)

I modellen ingår totalt 841 observationer. Dessa är relativt jämnt fördelade på åren mellan 1996 och 2001. Resultterande effektivitetstal återges i tabell 3.

Tabell 3 Effektivitetsutveckling 1996-2001, Modell 2

År	E_1	E_2
1996	0.6303	0.6251
1997	0.6163	0.6179
1998	0.6162	0.6191
1999	0.6253	0.6257
2000	0.6907	0.6784
2001	0.6592	0.6545

Även om den genomsnittliga effektiviteten förefaller ha ökat något under de två sista åren, tyder Modell 2, liksom tidigare Modell 1, på att effektivitetsförändringarna för sektorn som helhet varit måttliga under perioden.

De enskilda företagens relativa effektivitet, resursbesparande liksom produktionsökande, återges av två diagram i Appendix. Som framgår av Appendix, är effektivitetsfördelningen relativt likartad för de båda effektivitetsmåten, och på motsvarande sätt som tidigare observerats för samma tidsperiod i Modell 1, återfinns vi flertalet ”stora” produktionsenheter i intervallet med de högsta effektivitetsvärdena. Observera att ”storlek” här mäts som företagets andel av sektorns totala arbetsinsats.

4.2.1 Effektivitet och pris

Nätföretagen har genom koncessioner tillförsäkrats ensamrätt till eldistributionen inom ett givet geografiskt område och utgör alltså monopol i en i övrigt, genom avregleringen, konkurrensutsatt sektor. En tanke bakom reformen är att elnätsföretagen själva skall leda utvecklingen mot ökad effektivitet och skäliga nättariffer, medan tillsynsmyndigheten övervakar att så sker.

Översynen av nätföretagens priser sker genom kontroll i efterhand. Om myndigheten finner att tarifferna inte är skäliga, kan aktuella företag föreläggas att ändra nätavgiften.

I detta avsnitt studeras förhållandet mellan förändringar i nätföretagens pris och effektivitet mellan 1996 och 2001. Data över förändringar i nätföretagens avgifter baseras på uppgifter från Energimyndigheten. Effektivitetsförändringarna bygger på nätföretagens individuella effektivitetsvärden (E_1) som beräknats i Modell 2. I termer av E_1 -mättet innebär alltså ökad effektivitet ett bättre resursutnyttjande, vilket bör komma konsumenter till del, t ex i form av lägre priser.

På myndighetens begäran lämnar nätföretagen årligen in ett tarifftryck. De flesta företag tillämpar en tariff med en fast och en rörlig del. Den fasta delen varierar med säkringens storlek eller den sk abonnerade effekten, medan den rörliga delen varierar med förbrukningen (normalt öre per förbrukad kWh). Fördelningen mellan den fasta och den rörliga avgiften varierar mellan nätföretagen. Nätavgiftens sammansättning tenderar att gå från en hög rörlig avgift till en större andel fast avgift.

Den nätavgift som elabonnten betalar till sitt lokala nätföretag består av tre delar och speglar kostnader som uppstått i stamnätet, regionnätet och lokalnätet. Stamnätstariffen är geografiskt differentierad och omfattar en fast och en rörlig del. Regionnätstariffen är oberoende av avstånd och baseras på lokalnätets spänningsnivå och antal gränspunkter. Lokalnätets tariff skall omfatta tjänster för överföring av el, förvaltning, drift och underhåll av nätet samt mätning och rapportering av överförd el.

För att skapa jämförbarhet mellan nätföretagens avgifter använder sig Energimyndigheten av olika typkunder. Enligt Energimyndigheten (ER 4:2003) utgjorde nätavgiften under perioden 1996 till 2001 knappt en tredjedel av den totala energikostnaden för typkunden villa med elvärme och omkring 40 procent för typkunden lägenhet.

I denna studie undersöks relationen mellan prisförändringar och effektivitetsutveckling för tre olika typkunder med varierande årsförbrukning, säkerhetsstorlek och effektbehov: "Lägenhet 16A/2.000 kWh" (L16A), "Villa utan elvärme 16 A/5.000 kWh" (VLA16A) samt "Villa med elvärme 20A/20.000 kWh" (VLA20A).

Data utgörs av tre olika balanserade paneler⁴ vilka, för varje nätföretag, inkluderar uppgifter om förändring av företagets effektivitetsvärde och förändring av priset för året 1996 jämfört med 2001.

⁴ Antalet observationer är i de olika panelerna 92, 91 respektive 91. Energimyndigheten uppskattar antalet nätföretag totalt till ca 180 under den aktuella perioden.

Under perioden 1996-2001 har 55 procent av de studerade nätföretagen som handhar elleveranser till lägenhetskunderna höjt sina priser. Motsvarande siffror för nätföretagen med villakunder är att 68 procent höjt priserna till villakunder utan elvärme och 35 procent till villakunder med elvärme. Av de företag som höjt sina priser, har ca 50 procent haft en positiv effektivitetsutveckling under perioden. Beräkning av en enkel korrelationskoefficient tyder också på positiv korrelation mellan pris- och effektivitetsökningar i samtliga kundkategorier ⁵.

Detta innebär alltså att nätföretagens effektivitet förbättrats samtidigt som man höjt priserna. Man bör hålla i minnet att effektivitetsutvecklingen nu beräknats med hjälp av den mer kompletta produktionsmodellen, Modell 2, där både kapital-och arbetskraftsanvändning ingår. En effektivare resursanvändning, dvs lägre kostnader i produktionsprocessen resulterar här inte i lägre nätavgifter, och det är oklart vad som driver denna prisökning.

5. Avslutande kommentarer

Detta projekt har initierats mot bakgrund av elmarknadsreformen som genomfördes 1996. Elmarknaden är av central betydelse för hela den svenska samhällsekonomin. När en sådan marknad genomgår en betydande strukturomvandling är det naturligtvis viktigt att utvärdera effekterna av reformen.

De frågor som ur ett samhällsekonomiskt perspektiv är mest centrala gäller framför allt frågor om produktivitet och effektivitetsförändringar. Ökad effektivitet innebär ett bättre resursutnyttjande och bör komma konsumenter till del i form av lägre priser. När det gäller nätföretagen finns indikationer på att så inte alltid varit fallet.

⁵ VLA 20A: 0.11, VLA 16A: 0.08 och L16A: 0.12.

Som framgått av analysen i tidigare avsnitt, återfinns betydande individuella effektivitetsskillnader mellan de studerade enheterna, och en klar tendens mot ökad sektordominans för allt större enheter mot slutet av den studerade tidsperioden. Sektorns genomsnittliga effektivitetsutveckling uppvisar endast marginella skillnader över tiden.

En viktig slutsats av denna studie är också att man bör se över strukturen i den svenska statistikproduktionen. För att korrekt kunna utvärdera olika aspekter rörande produktionen inom en viss sektor eller bransch krävs tillgång till uppgifter om enheternas samtliga produktionsfaktorer, alltså även arbetsinsatsen.

Vid studien av sektoreffektivitetens utveckling användes här enkla aritmetiska medelvärden. Ett naturligt nästa steg är att utvidga analysen till att också inkludera produktivitetsutveckling, dvs att sätta in avregleringen i ett längre tidsperspektiv där man förutom förändringar i effektivitet också tar hänsyn till teknologiförändringar och andra bakgrundsvariabler.

Syftet med föreliggande rapport är att studera hur effektiviteten utvecklats bland eldistributörer och elnätsföretag under perioden närmast före och efter elmarknadsreformens genomförande. Med hjälp av DEA-metoden har effektiviteten hos sektorns aktörer bedömts i förhållande till en referensteknologi som utgörs av de mest effektiva enheterna under hela perioden.

I projektets avslutande rapport studeras också produktiviteten. Vid studier av produktivitetstillväxt krävs någon typ av index. Ett index som ofta används i samband med icke-parametriska effektivitetsstudier är det så kallade Malmquistindexet, eller Malmquists produktivitetsindex (se Malmquist 1953 och Caves m fl 1982), som gör det möjligt att dela upp den uppmätta produktivitetsförändringen i förändring i teknisk utveckling och förändring i effektivitet över tiden för enskilda enheter eller för aggregat av enheter.

Litteratur

Banker, R.D., A. Charnes och W.W. Cooper (1984): "Some Methods for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis." *Management Science* 30, 1078-1092.

Bjurek H., L. Hjalmarsson och F. R. Forsund (1990): "Deterministic Parametric and Nonparametric Estimation of Efficiency in Service Production: A Comparison", *Journal of Econometrics*, 46, 213-227.

Bjurek H., U. Kjulin och B. Gustafsson (1992): "Efficiency, Productivity and Determinants of Inefficiency at Public Day Care Centres in Sweden", *The Scandinavian Journal of Economics*, 94 S, 173-187.

Caves, D. W., L. R. Christensen, och W.E. Diewert (1982): "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity", *Econometrica*, 50, 1393-1414.

Caves, D. W., L. R. Christensen, och J. A. Swanson (1981): "Productivity growth, scale economies, and capacity utilization in U. S. railroads, 1955 -74", *American Economic Review*, 71, 994-1002.

Charnes, A., W.W. Cooper och E. Rhodes (1978): "Measuring the Efficiency of Decision Making Units." *European Journal of Operational Research* 2, 429-444.

Denny, M., M. Fuss och L. Waverman (1981): "The Measurement and Interpretation of Total Factor Productivity in Regulated Industries, with an Application to Canadian Telecommunications", i Cowing, T.G., och R.E. Stevenson (red.), *Productivity Measurement in Regulated Industries*, New York: Academic Press, 17-44.

Diewert, W. E. (1981): "The Theory of Total Factor Productivity Measurement in Regulated Industries", i Cowing, T.G., och R.E. Stevenson (red.), *Productivity Measurement in Regulated Industries*, New York: Academic Press, 17-44.

Edwardsen, D.F. och F.R Førsund (2003): "International benchmarking of electricity distribution utilities.", *Resource and Energy Economics* 25, 353-371.

Farrell, M.J. (1957): "The measurement of productive efficiency." *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, Vol. 120*, 253-290.

Färe, R., S. Grosskopf och C.A.K. Lovell (1983): "The Structure of Technical Efficiency." *Scandinavian Journal of Economics* 85, 181-90.

Haldi, J., och D. Whitcomb (1967): "Economies of Scale in Industrial Plants." *Journal of Political Economy*, 75, 373-385.

Hjalmarsson L. (1991): "Metoder i forskning om produktivitet och effektivitet med tillämpningar på offentlig sektor", Rapport till ESO, Ds 1991:20.

Hjalmarsson, L. och A. Veiderpass, (1992a): "Efficiency and Ownership in Swedish Electricity Retail Distribution", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 3 No.1/2, 7-23.

Hjalmarsson, L. och A. Veiderpass (1992b): "Productivity in Swedish Electricity Retail Distribution", *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 94 S, 193-205.

Kittelsen, S.A.C, (1993): "Choosing Variables for Measuring Technical Efficiency in Norwegian Electricity Distribution", working paper No. 6/1993, Samfunnsøkonomisk inst., Oslo universitet, Norge.

Malmquist, S., (1953): "Index Numbers and Indifference Surfaces.", *Trabajos de Estadística*, 4, 209-242.

Robidoux, B. och J. Lester (1992): "Econometric Estimates of Scale Economies in Canadian Manufacturing." *Applied Economics*, 24(1), 113-122.

Salter, W.E.G. (1960): "*Productivity and Technical Change*", Cambridge: Cambridge University Press.

Simar, L. och P.W. Wilson (2003): "Estimation and Inference in Two-Stage, Semi-Parametric Models of Production Processes." Technical Report 0310, IAP Statistics Network, <http://www.stat.ucl.ac.be/IAP>

Simar, L. och P.W. Wilson (2000): "A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models", *Journal of Applied Statistics* 27, 779-802.

Simar, L. och P.W. Wilson (1998): "Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models", *Management Science* 44(11), 49-61.

Statens energimyndighet (2003): "Utveckling av nätavgifter 1 januari, 1997-2002" ER 4:2003.

Statens energimyndighet (2002): "Ekonomisk nätbesiktning 2000. De lokala elnätsföretagens effektivitet." ER 11:2002.

Veiderpass, A (1993a): "Swedish Retail Electricity Distribution, A Non-Parametric Approach to Efficiency and Productivity Change", doktorsavhandling, Nationalekonomiska institutionen, Göteborgs universitet.

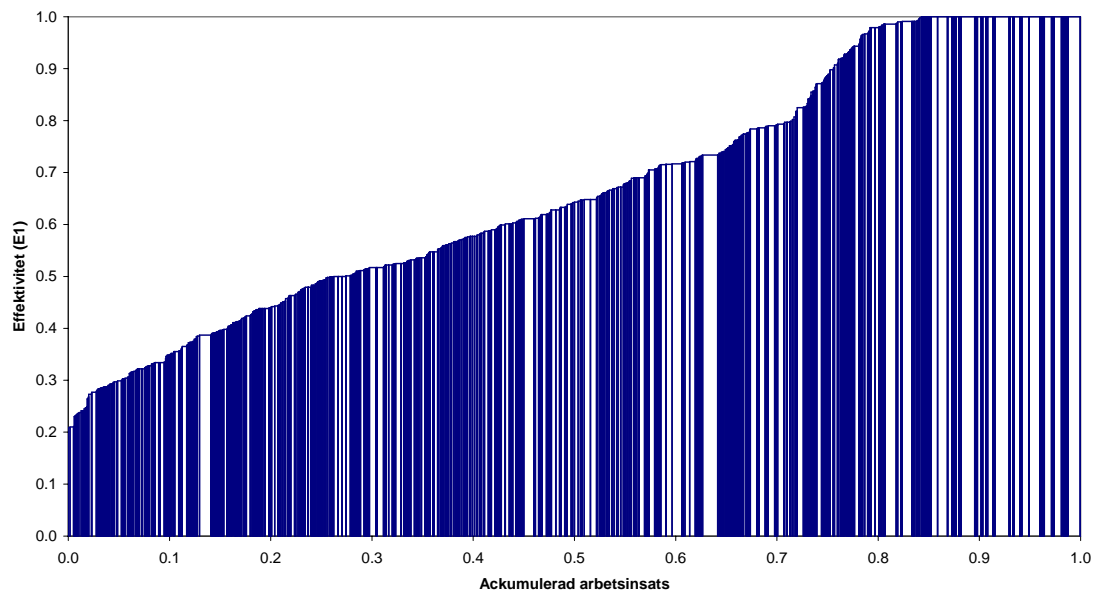
Veiderpass, A (1993b): "Relevant Model Specifications in the Measurement of Technical Efficiency in Swedish Electricity Retail Distribution." Rapport till Nordiska ekonomiska forskningsrådet.

Yaisawarng, S. och J.D. Klein (1994): "The effects of sulfur dioxide controls on productivity change in the U.S. electric power industry.", *Review of Economics and Statistics* 73 (3), 447-460.

APPENDIX

Modell 2

Effektivitetsfördelning 1996-2001



Effektivitetsfördelning 1996-2001

