

Analyse af tætheds- og skalaeffekter i dansk eldistribution

2014

Forfattere:
Peter Bogetoft, Sumicsid
Helge Sigurd Næss-Schmidt, Copenhagen Economics
Camilla Ringsted, Copenhagen Economics

Forord

Copenhagen Economics har gennemført denne analyse for el-reguleringsudvalget. Udvalget skal blandt andet analysere størrelsen af effektiviseringspotentialet i de danske netvirksomheder.

I forlængelse af rapporten 'Potentiale ved effektivisering af danske netvirksomheder' har el-reguleringsudvalget bedt om en ny analyse, der afdækker særlige problemstillinger knyttet til urbaniseringsgrad og skala.

Analysen har til hensigt at belyse potentialeeffekter ved kontrol for tæthedsbias og andre fordyrende rammevilkår, der relaterer sig til at distribuere i tætbefolkede og urbaniserede områder. Analysen sigter også imod at adskille tæthedsforhold fra skala så man, når der korrigeres for tæthed, kan få bedre indsigt i de faktiske stordriftsfordele.

Sammenfatning

I rapporten om potentiale ved effektivisering af den danske eldistribution fra november 2013 blev det samlede langsigtede potentiale vurderet til knap 600 mill.kr. En betydelig del af dette potentiale kunne imidlertid henføres til én stor virksomhed, som potentielt adskiller sig ved at distribuere under markant andre rammevilkår end de øvrige virksomheder: Virksomheden opererer således i et område med meget højere urbanisering og kundetæthed end de øvrige virksomheder. Det rejste så spørgsmålet: Tog de anvendte analysemetoder tilstrækkelig hensyn til omkostningsvirkninger fra disse to forhold? I denne analyse besvares dette spørgsmål ved dels at lave efteranalyser på baggrund af dansk data samt ved at sammenligne med andre lande.

Kundetæthed og urbaniseringsgrad er centrale rammevilkår for omkostninger ved eldistribution. Det er et centralt resultat af en række empiriske studier på europæisk niveau som viser at:

- Høj urbanisering er forbundet med højere relative omkostninger til infrastrukturkomponenter, dyrere løsninger til kabelføring (f.eks. nedgravning i stedet for luftledninger) og generelt højere timelønning og omkostninger til grunde.
- Høj relativ kundetæthed trækker i modsat retning.
- Nettoresultat er ofte, at højeste omkostninger forekommer ved meget lav og meget høj urbanisering svarende til en u-kurve sammenhæng mellem grad af urbanisering og relative omkostninger. Det billigste er "mellem" urbanisering, hvor man drager fordel af både kundetæthed og infrastruktur i forhold til landdistrikter, men hvor graden af urbanisering ikke straffer tilsvarende på høje timelønninger, grundpriser samt høj kompleksitet ved investerings og vedlighedsprojekter af hensyn til trafikale forhold mv.

Analysen gennemført til dette projekt bekræfter dette billede. Der er for det første lavet nogle simple genberegninger af effektivitetsscores for de enkelte eldistributionsselskaber med meget eksplicit inddragelse af tæthed- og urbaniseringsgrad, som dokumenterer en sådan U-kurve. Det fører til, at det største selskab, som ligger i det klart mest urbane område, får en bedre effektivitetsscore. Det gør de også selv om man kun bruger resultater, hvor selskabet ikke indgår – dvs. laver en u-kurve beregning baseret på alle de andre selskaber. Hertil kommer, at vi også har lavet nogle beregninger baseret på relationer i andre lande for sådanne u-kurve effekter. Det giver det samme billede.

Nok så interessant er det, at det samlede potentiale for forbedringer af effektivitet fastholdes omtrent på samme niveau. Det skyldes, at effektiviseringspotentialerne for de mindste og det største selskab korrigeres ned, mens det for det "midterste" segmentet korrigeres op.

Resultat er således at det samlede potentiale fortsat er i størrelsesordenen cirka 500-600 mio.kr. på langt sigt I den oprindelige model var det 573 mio. kr. , mens det i de korrigerede modeller vurderes at lægge mellem 487 og 652 mio. kr. jf. Tabel 1

Tabel 1 Justerede potentialer

Data baggrund for korrektion	Korrektion/form	Vægtet potentiale, mio. kr.
Dansk	Tobit	487
Schweiz	Omkostningsfunktion	652
Europæiske transmissionselskaber (E3Grid)	Omkostningsfunktion	525
Tyskland	Tobit	537-548
Oprindelig basismodel		573

Kilde: Copenhagen Economics pba. Energitilsynets tal fra 2012

Indledning

Kundetæthed og urbaniseringsgrad er centrale eksterne rammevilkår for eldistribution.¹ I en dansk sammenhæng spiller de to vilkår ikke mindst en vigtig rolle, fordi der gennem det sidste århundrede er sket en betydelig migration mod byerne. Dermed er variationen i eksterne rammevilkår for distributionselskaberne tilsvarende øget. Denne variation viser sig også, når de 51 danske distributører² placeres ud på et Danmarkskort som i Figur 1, hvor der deles op i tæthedszoner og bymæssighed.

Figur 1 Størrelse og fordeling af eldistribution i DK



Kilde: Copenhagen Economics

Anskues kundetæthed isoleret set, er det i teorien en omkostningsreducerende faktor.³ Det reducerer det nødvendige dækningsområde og dermed behovet for infrastruktur målt på mængde. Tilsvarende vil høj kundetæthed tendere mod at reducere driftsomkostnin-

¹ Dette følger bl.a. af Farsi et al (2008) som konkluderer, at det er en generel accepteret hypotese, at tæthed og urbanisering er omkostningsdrivende i eldistributionsspektoren. Derudover finder Gulli (2000), Fillipini et al (2001) og Fillipini og Wild (2001) empiriske tegn på en ikke-lineær sammenhæng mellem tæthed og omkostningseffektivitet.

² Ud over de 51 distributionselskaber findes der også ca. 20 transformerforeninger. Transformerforeninger adskiller sig fra distributionselskaber ved, at de alene forestår endelig strømlevering til slutkunderne og dermed ikke har netaktiver med spænding over 0,4 kV.

³ Det følger bl.a. af Hyvärinen (2008) og Hirschhausen et al (2006). Hyvärinen (2008) konkluderer, at belastningskoncentrationen i tyndt befolkede områder kan være en signifikant costdriver, hvor ubebyggede arealer kan fylde op til 90 procent. I urbane områder er befolkningstætheden højere, hvilket reducerer omkostningen betydeligt. Hirschhausen et al (2006) konkluderer, at en operatør i et tætbeholdt område har en omkostningsfordel særligt på driftsomkostningen.

ger, fordi kortere distancer mellem kunderne reducerer den rejsetid, der skal aflægges, når infrastrukturen skal gennemgå driftsmæssig reparation og vedligeholdelse.⁴

Høj kundetæthed forekommer dog sjældent uden en tilsvarende høj urbaniseringsgrad som trækker i modsat retning. Høj urbanisering kan være forbundet med større anlægs- og driftsomkostninger som følge af bl.a.:

- Dyrere infrastrukturkomponenter sammenlignet med landdistrikter⁵
- Begrænset tilgængelighed til infrastruktur⁶
- Højere timeløn og jordpriser⁷

I (meget) urbane områder kan ekstraomkostninger grundet urbanisering tendere mod at være større end den besparelse, der opnås grundet høj kundetæthed.⁸ Tilsvarende i landdistrikter kan ekstraomkostningen grundet lav kundetæthed tendere mod at være større end besparelsen grundet lav urbanisering.⁹ Samlet implicerer det, givet at kundetæthed og urbanisering accepteres som værende højt korellerede størrelser, at det effektive omkostningsniveau i eldistributionen kan vise sig at være u-formet, når det plottes mod kundetæthed og/eller urbanisering.¹⁰

I en tidligere vurdering af potentialet ved effektivisering af danske netvirksomheder¹¹ blev kundetæthed og urbaniseringsgrad kun indirekte inddraget i benchmarkberegningen, som fastlagde den individuelle omkostningseffektivitet for de 51 danske netvirksomheder.¹² En direkte inddragelse blev undersøgt, men udgik, fordi kundetæthed statistisk i kombination med de øvrige costdrivere ikke kunne eftervises at have en entydig omkostningseffekt. I vurderingen implicerer dette, at større og mindre virksomheder systematisk kan fremstå som værende relativt mindre effektive end midtersegmentet – uden det nødvendigvis er tilfældet. Denne problematik danner således også baggrunden for de nye analyser af kundetæthed og urbanisering, som gennemføres i denne rapport.

Tegn på, at en systematisk omkostningsindvirkning fra tæthed ikke er håndteret kan bl.a. vise sig, når de oprindelige DEA effektivitetsscores lineært korrigeres for kundetæthed. Konkret kan det ses ved, at residualen (forskellen mellem den faktiske og korrigerede

⁴ Det følger bl.a. af Folloni et al (2001), som konkluderer, at kapital og arbejdskraftintensiteten falder, når befolknings- og kundetætheden øges.

⁵ Dette skyldes fx, at der i byerne er krav om nedgravede kabler frem for luftledninger. Nedgravede kabler er dyrere, hvilket bl.a. afspejles i store forskelle i de afskrivningsækvivalenter, de tillægges i Netvolumen modellen.

⁶ Kabler kan i byerne på befærdede tidspunkter kun tilses på bestemte tidspunkter. Omkostninger grundet den begrænsede tilgængelighed øges af, at der i byerne opstår flere skadesager som følge af andres opgravninger, og at der er tvungne ledningsflytninger ved byfornyelse mm. grundet Hotelprincippet. Dette ligger på linje med konklusionen i Missfeldt (2012)

⁷ Dette følger bl.a. af Folloni et al (2001) som for den Italienske eldistribution finder, at kapital- og lønomkostninger er voksende i tætheden.

⁸ Dette følger af Hyvärinen (2008), som konkluderer, at i urbane områder kan initial omkostningsfordel fra høj tæthed opvejes af højere infrastruktur omkostninger

⁹ Dette følger bl.a. af Missfeldt (2012), som konkluderer i sin sammenligning af tyske og hollandske distributører, at de 10 mest effektive netvirksomheder i gennemsnit har 5 gange højere tæthed end de 10 mindst effektive selskaber. Denne tendens generaliseres videre i studiet.

¹⁰ Jf. fx Culmann et al (2008). I analysen konkluderes det også, at store virksomheder kan blive for store til at være omkostningseffektive.

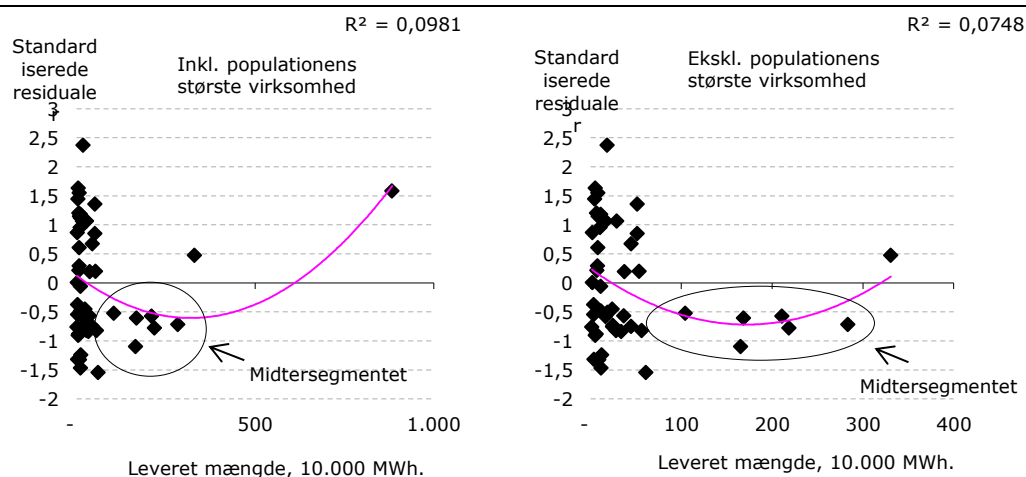
¹¹ Copenhagen Economics(2013)

¹² Den indirekte inddragelse blev drevet af costdrivere som antal målere (dvs. kunder) samt mængden/fordelingen af tekniske aktiver. Idet distributionsnet bl.a. tilpasses den kundetæthed, der leveres under er forventningen, at der indirekte blev korrigeret for en del af kundetætheden.

score) plottes mod leveret mængde: I de to plots i Figur 2, det ene med og det andet uden Danmarks største distributør, ses der visse tegn på en u-kurve illustreret via de bløde pink linjer. Dette indikerer, at tæthedseffekten har en systematisk u-formet omkostningsindvirkning, som ikke er håndteret i den oprindelige basismodel.

Det ses ikke mindst, at den største distributør målt på leveret mængde ligger markant over gennemsnittet (residualen er positiv og størst numerisk), mens midtersegmentet, fremhævet via de sorte cirkler, alle ligger under gennemsnittet (alle residualer er negative). Sammenholdes de to plots, ses det også, at den pink u-kurves evne (R^2) til at forklare sammenhængen mellem distributørernes størrelse (målt ved leveret mængde) og residualerne reduceres fra knap 10 procent til 8 procent, når den største distributør fjernes fra populationen. Dette kan indikere, at tæthed sandsynligvis influerer den største distributør mest.

Figur 2 Leveret mængde strøm versus residualer efter kundetæthedskorrektion



Note: Residualerne stammer fra en lineær regression, hvor de oprindelige DEA scores regresseres på en kundetæthedsfaktor defineret på linje med Energitilsynet. Dvs. antal målere divideret med længden af 0,4 kV ledninger og kabler. Standardiserede residualer findes ved at fratække middelværdien og dividere med variansen. På denne måde får man et sammenligneligt mål på tværs af virksomhederne.

I figurerne er der indsat pink tendenslinjer modelleret efter et 2. gradspolynomium. Tendenslinjens forklaringsgrad er givet ved R^2 i det højre hjørne. R^2 viser, hvor stor en andel af variationen i residualerne, der kan forklares via størrelsen – dvs. den leverede mængde.

Kilde: Copenhagen Economics pba. Energitilsynets tal for 2011

U-kurven indikerer et behov for korrektion, hvor effektivitetsscorerne korrigeres for, at små og i særdeleshed større selskaber de facto agerer under rammebetingelser i form af kundetæthed, som har en selvstændig stor omkostningsindvirkning.

I forhold til de oprindelige modelresultater kan en efterkorrektion for kundetæthed og dermed også urbanisering implicere, at mindre og større virksomheder får opjusteret deres vurderede effektivitet, mens virksomheder i midtersegmentet får nedjusteret deres vurderede effektivitet. Sådanne justeringer kan have to større indvirkninger på de oprindelige modelresultater:

1. På den ene side kan justeringen medføre, at det samlede potentiale ændres – og i særdeleshed at det mindskes, fordi den oprindelige model tilsagde en betydelig asymmetri, hvor den største distributørs potentialebidrag lå på 65 procent, samtidig med at dens omkostningsbase kun udgjorde 30 procent af sektorens samlede omkostninger.
2. På den anden side kan justeringen også medføre, at skalagevinsten øges. Den grundlæggende model har indbygget voksende skalaafkast. Opjusteringen af de største distributørers effektivitet implicerer alt andet lige, at det bliver mere fordelagtigt at være stor. Dette betyder tilsvarende, at gevinsten ved, at mindre virksomheder vokser, tilsvarende forøges.

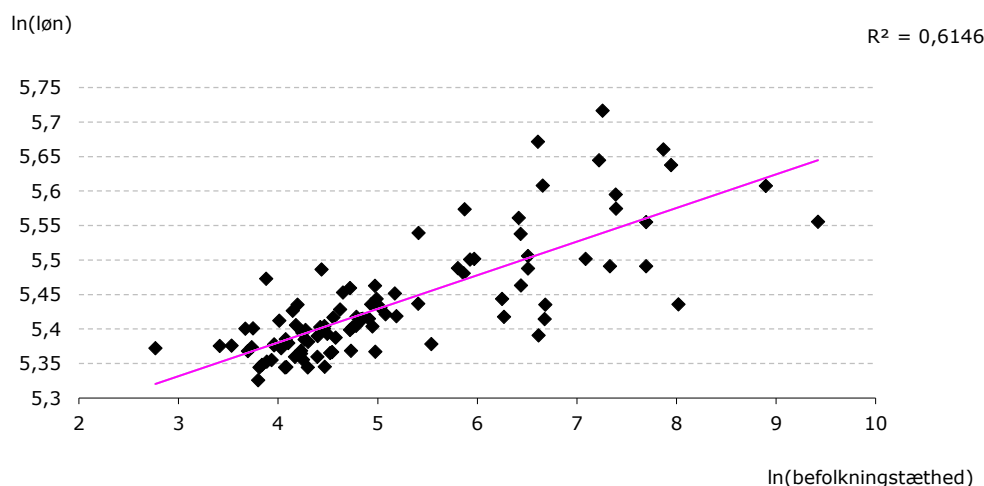
For at fastlægge betydningen af kundetæthed og dermed også urbanisering foretages der i det følgende en analyse baseret på fire trin. Først dokumenteres forskelle i generelle input-omkostninger som følge af tæthed (afsnit 1). Dernæst korrigeres de oprindelige potentialeberegninger for kundetæthed: Først via efteranalyser gennemført alene med udgangspunkt i dansk data (afsnit 2) og til sidst via sammenhænge estimeret på baggrund af udenlandsk data (afsnit 3).

1 Hvad viser fakta

En hovedårsag til, at det må forventes, at distribution er relativt mere omkostningstung i urbaniserede områder, skal findes i, at inputomkostninger til arbejdskraft og kapital vokser med befolkningstætheden.¹³

Faktiske sammenhænge mellem befolkningstæthed og løn indikerer, at en 10 procents stigning i befolkningsantallet i et givent område medfører en 0,5 procent stigning i løn, jf. Figur 3.

¹³ I Folloni et al. (2001), hvor de italienske netvirksomheder undersøges, konkluderes det, at en konveks funktion af tæthed korrelerer med totalomkostningerne ($r=0.9$), antal ansatte ($0,89$), kapitalomkostningerne ($r=0.49$), kapitalintensitet ($0,77$) og arbejdskraftintensitet ($r=0,54$)

Figur 3 Positiv sammenhæng mellem løn og befolkningstæthed

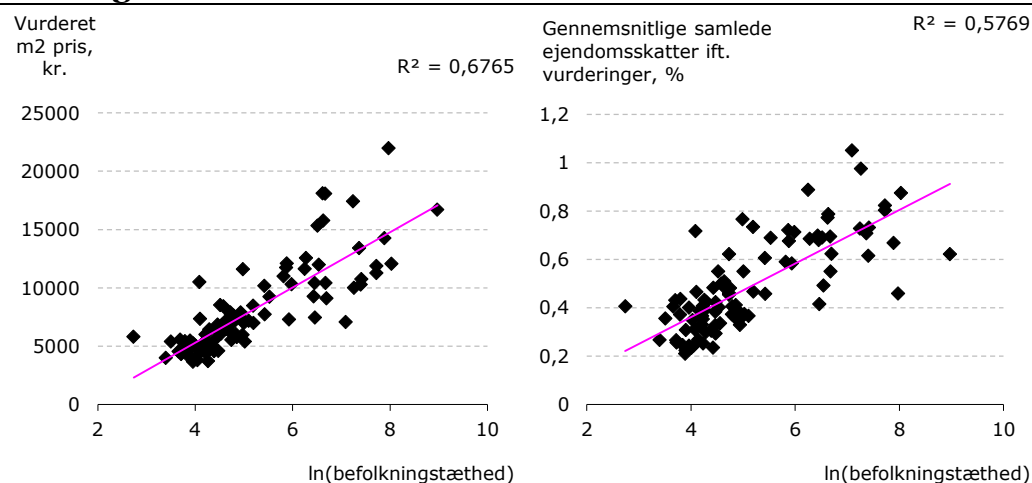
Note: Befolkningstæthed er målt som indbyggere per kvm på kommunalt niveau. Den anvendte løn enhed er *standardbereget timefortjeneste*. Dette lønbegreb er det, der kommer tættest på den timesats, som lønmodtager og arbejdsgiver har aftalt, at lønmodtager skal have for hver normaltime, han/hun arbejder. Hertil er lagt eventuelle personalegoder, bonusbetalinger og feriegodtgørelse. Begge variable er log-transformeret, hvilket medfører, at koefficienten på befolkningstæthed kan fortolkes som en elasticitet. R^2 angiver den lineære (pink) tendenslinjes forklaringsgrad, som i dette tilfælde er 61,46 procent – dvs. variationen $\ln(\text{befolkningstæthed})$ kan forklare knap 62 procent af variationen i $\ln(\text{løn})$.

Kilde: Copenhagen Economics pba. Danmarks Statistik

Idet lønniveauet i Figur 3 grundet manglende datatilgængelighed ikke er korrigeret for geografiske forskelle i uddannelsesniveaet, kan sammenhængen ikke direkte fortolkes som de lønforskelle, ens distributionselskaber med varierende geografisk placering vil møde. Antages den geografiske variation i arbejdsstyrkens uddannelsesnivea for at være beskeden, tegner figuren dog en klar positiv sammenhæng mellem befolkningstæthed og lønomkostninger.

Kapitalomkostninger er også en central costdriver, som vokser i befolkningstæthed. Denne sammenhæng kan illustreres via to forhold, når befolkningsantallet for et givent område øges med 1 procent: For det første vokser den vurderede kvadratmeterpris i gennemsnit med 2,368 kr., og for det andet øges den gennemsnitlige ejendomsskatteprocent med 0,11 procentpoint, jf. Figur 4.

Figur 4 m2-priser og ejendomsskatter vokser som følg af befolkningstæthed



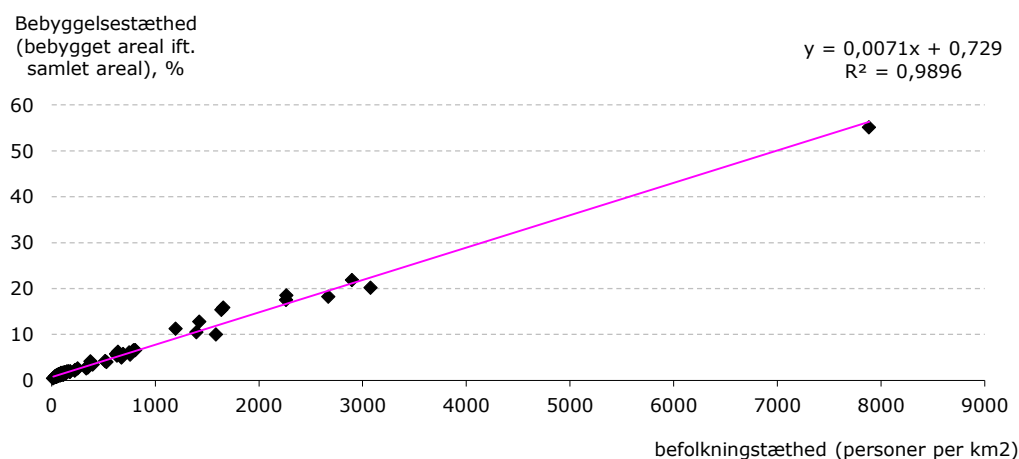
Note: Alle observationer er på kommunalt niveau. Vurderet kvadratmeterpris er beregnet som samlet ejendomsværdi fastsat af skat divideret med bygningsstandens areal. Gennemsnitlige samlede ejendomsskatter ift. vurderinger er beregnet som samlede ejendomsskatter divideret med vurderingen af den samlede bygningsstand. Befolkningstæthed er målt som indbyggere per kvm på kommunalt niveau.

Kilde: Copenhagen Economics pba. Danmarks Statistik

Kapitalomkostninger er i mindre omfang end lønomkostninger påvirket af befolknings-sammensætningen, hvorfor det må forventes, at to ens netselskaber placeret i hhv. et befolkningstæt og -tyndt område vil opleve store forskelle i deres kapitalomkostninger:

- Netvirksomheden i det befolkningstætte område vil opleve høje kapitalomkostninger, fordi investeringsomkostninger relateret til bygninger samt jord er høje, og den efterfølgende ejendomsskattebelastning tilsvarende vil være høj.
- I det tyndt befolkede område vil effekterne have modsat fortegn.

En sidste indikation for, at befolkningstæthed kan have en betydelig omkostningseffekt, skal findes mere indirekte: Gennem den signifikant positive sammenhæng mellem befolkningstæthed og bebyggelsestæthed vist i Figur 5.

Figur 5 Bebyggelsestæthed vokser i befolkningstæthed

Note: Alle observationer er på kommunalt niveau. Bebyggelsestæthed er beregnet som bebygget areal ift. samlet kommuneareal. Befolkningstæthed er målt som indbyggere per kvm på kommunalt niveau.

Kilde: Copenhagen Economics pba. Danmarks Statistik

Høj såvel som lav bebyggelsestæthed kan fordyre både drifts- og kapitalomkostningerne.

Højere driftsomkostninger som følge af høj bebyggelsestæthed opstår, fordi det bliver mere besværligt at opnå adgang til eksisterende materiel samt etablere ny infrastruktur. Derudover vil der med høj bebyggelsestæthed ofte følge en højere koncentration af ekstern ejet infrastruktur. Det besværliggør adgang og øger risikoen for, at eksterne forvolder skade på netselskabets infrastruktur eller omvendt; at netselskabet under vedligehold med videre forvolder skade på ekstern infrastruktur. I begge tilfælde vil det kunne give anledning til omkostninger.

Høj bebyggelsestæthed øger også kapitalomkostningerne. Det skyldes, at når bebyggelsestætheden øges, er der flere eksterne forhold, som infrastrukturen skal etableres rundt om. I praksis kan det fx betyde, at kabler skal passere rundt om hjørner i stedet for at følge den direkte vej. Det forlænger den nødvendige kabellængde og må derfor forventes at øge kapitalomkostningen ved etablering.

Lav bebyggelsestæthed kan også udløse øgede omkostninger. For driftsomkostningerne skyldes det, at der skal aflægges længere afstande i forbindelse med reparationer og vedligehold, mens det for kapitalomkostninger skyldes, at der skal dækkes længere afstande, hvilket alt andet lige kræver længere ledninger.

Samlet tyder det således på, at både lav og høj befolkningstæthed kan være med til at drive netselskabernes drifts- og kapitalomkostninger op.

2 Tæthedskorrektion via danske efteranalyser

Da der både kvalitativt og kvantitativt er grund til at forvente, at både lav og høj tæthed kan virke omkostningsforsøgende, har vi foretaget to efteranalyser af den oprindelige DEA basismodel, som vurderede eldistributionens potentiale. Formålet med disse analyser er på linje med den efterkorrektion for kundetæthed, der foretages i Energitilsynets Netvolumen model at tage højde for, at selskaber, der distribuerer i hhv. tæt og tyndt befolkede område kan have relativt højere omkostninger end i distributører i midtersegmentet.

Efterkorrektionen foretages så med det sigte først at kontrollere for, at kundetæthed selvstændigt virker omkostningsforøgende for særligt store og små netselskaber. Dette leder så til, at best practice flyttes, hvormed selskaber i midtersegmentet principielt vurderes op mod selskaber, der præsterer bedre, uden at deres egen effektivitet er ændret. Det fører til slut til, at selskaber i midtersegmentet kan få nedvurderet deres effektivitet

I den første efteranalyse har vi korrigeret de oprindelige DEA scores lineært med tæthedsfaktoren, mens vi i den anden efteranalyse har korrigeret dem via en S-formet model (Tobit modellen).¹⁴ Korrektionsmetoden og dermed den funktionelle form (lineær eller "S") kræver en sammenhæng til det problem, der skal løses, samt en vis forsigtighed. Derfor er det vores initiale vurdering, at den S-formede tilgang (Tobit modellen) leder til de mest valide resultater, hvor effektiviseringscores kan justeres uden samtidigt at ophæve oprindelige effekter fra øvrige costdrivere.

Sammenholdes efteranalysernes modeloutput med det oprindelige modeloutput, ses det, at den gennemsnitlige effektiviseringscore efter en lineær korrektion forbliver uændret på 11,7 procent. Det vægtede potentiale reduceres fra 573 mio. kr. i den oprindelige model til 555 mio. kr. i den lineært korrigerede model, jf. Tabel 2. Tilsvarende fremgår det af modeloutputtet fra den Tobit-korrigerede model, at den gennemsnitlige effektiviseringscore reduceres fra 11,7 procent til 9,8 procent, mens det vægtede potentiale reduceres fra 573 mio. kr. til 487 mio. kr.

¹⁴

I den lineære metode korrigeres basismodellens effektivitetsscores ved, at man vha. en OLS regression bestemmer en lineærmodel, der fastsætter en korrigeret effektivitetsscore alene bestemt på baggrund af en konstant og tætheds-målet. I Tobit modellen trunckeres effektivitetsscoren til at lægge mellem 0 og 1. Dette implicerer, at når modellen estimeres med en antagelse om normalfordeling vil korrektionen have tendens til en S-form. Sammenlignes de to modeller er den centrale forskel, at Tobit modellen kan håndtere effektivitetsscorens begrænsede udfaldsrummellem 0 og 1 som modelkriterium modsat den lineære model.

Tabel 2 Justerede effektiviseringscores og -potentiale

Score fordelinger	Gns. %	Min, %	25% percentil, %	Median, %	75% percentil, %	Maks, %	Vægtet potentiale, mio. kr.	Uvægtet potentiale, mio. kr.
Lineært korrigeret effektiviserings-score	11,7	8,0	9,4	10,7	13,6	20,5	455	430
Tobit korrigeret effektiviserings-score	9,8	0,0	3,0	5,7	16,8	30,6	487	359
Oprindelig effektiviserings-score	11,7	0,0	0,4	8,6	21,9	44,2	573	430

Note: Kundetæthed er i de to korrigerede modeller defineret som antal målere i forhold til længden af 0,4 kV ledninger og kabler (på linje med Energitilsynet). I den lineært korrigerede model er der benyttet en simpel OLS estimator, hvor de oprindelige scores korrigeres for kundetæthedseffekter. I de Tobit korrigerede effektiviseringscores er der benyttet en Tobit model, hvor de oprindelige effektiviseringscores kontrolleres for kundetæthed. Fordelen ved denne model i forhold simpel OLS er, at den antager, at scoren følger en (sandsynligheds)fordeling, som afgrænser det korrigerede udfaldsrum til at ligge mellem 0 og 1.

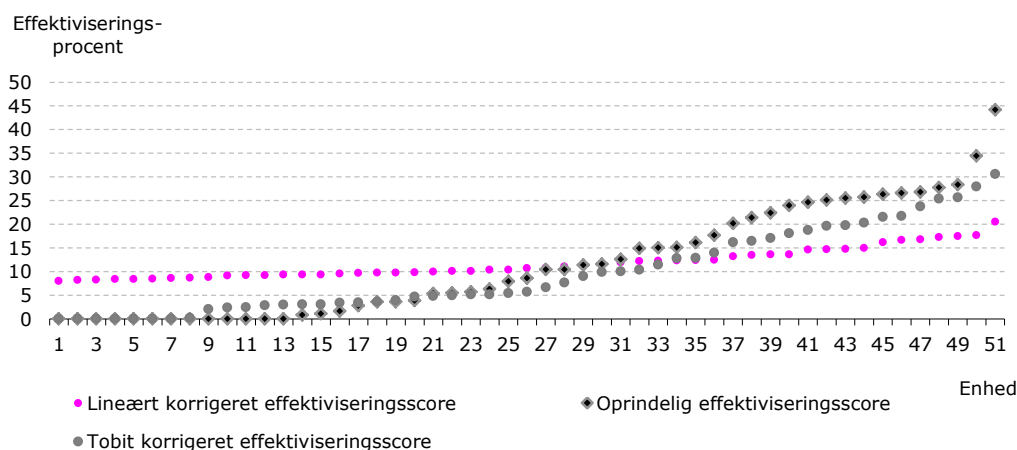
Det vægtede potentiale er beregnet som summen af individuelle effektiviseringspotentialer, mens det uvægtede potentiale er beregnet som den gennemsnitlige effektiviseringscore gange sektorens samlede omkostningsbase.

Kilde: Copenhagen Economics pba. Energitilsynets tal fra 2012

De vægtede potentialer er fremhævet ovenfor, fordi der netop er taget hånd om de usikkerheder mht. tæthed, som kunne forårsage bias. At denne problematik er håndteret afspejles også ved, at den største virksomheds bidrag til potentialet er reduceret fra 79 procent i den oprindelige model til 53 procent i Tobit modellen. Holdes dette op imod, at virksomhedens andel af den samlede omkostningsbase er 29 procent er andelen stadig stor, men betydeligt reduceret.

Korrektioner fra efteranalyser ændrer, ud over det samlede vurderede potentiale, mere grundlæggende på den effektivitet, som tillægges hvert selskab. Dette afspejles dels af Tabel 2, hvor den maksimale effektiviseringscore varierer betydeligt og ligger mellem 20,5 procent i den lineært korrigerede model og 44,2 procent i den oprindelige model.

Billedet af, at fordelingen af scores ændres markant, ses endnu tydeligere, når man sammenholder fordelingerne af de rangerede scores, jf. Figur 6. Det følger heraf, at effektiviserings scorerne i de korrigerede modeller i et vist omfang er blevet udjævnet i forhold til den oprindelige DEA model. I Tobit modellen betyder det, at de højeste effektiviseringscores er blevet nedjusteret, mens en del af de laveste scores er blevet korrigeret en smule op, og interkvartil-intervallet er blevet reduceret fra 0,4-21,9 procent i den oprindelige DEA model til 3-16,8 procent. I den lineært korrigerede model er spredningsreduktionen mere udtalt, og interkvartil-intervallet er reduceret til 9,4-13,6 procent. Dette tyder på, at som først forventet er Tobit tilgangen mere skånsom.

Figur 6 Fordelingen af justerede effektiviseringscores

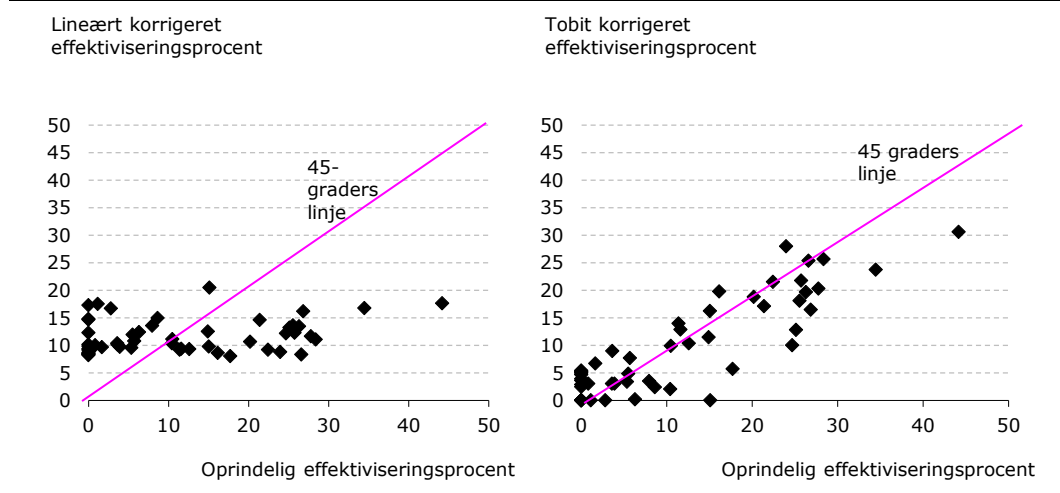
Note: Kundetæthed er i de to korrigerede modeller defineret som antal målere i forhold til længden af 0,4 kV ledninger og kabler (på linje med Energitilsynet). I den lineært korrigerede model er der benyttet en simpel OLS estimator, hvor de oprindelige scores korrigeres for kundetæthedseffekter. I de Tobit korrigerede effektiviseringscores er der benyttet en Tobit model, hvor de oprindelige effektiviseringscores kontrolleres for kundetæthed. Fordelen ved denne model i forhold simpel OLS er, at den antager, at scoren følger en (sandsynligheds) fordeling, som afgrænser det korrigerede udfaldsrum til at ligge mellem 0 og 1.

Kilde: Copenhagen Economics pba. Energitilsynets tal fra 2012

En anden tilgang til at undersøge, hvordan korrektionerne påvirker de individuelle effektiviseringscores, er at se på sammenhængen mellem den oprindelige og den korrigerede score i et plot med en 45-graders linje som i Figur 7. I de tilfælde, hvor observationerne ligger over (eller under) linjen, er den korrigerede score opjusteret (eller nedjusteret) i forhold til den oprindelige score. I de tilfælde, hvor observationerne ligger på linjen, er den korrigerede score uændret i forhold til den oprindelige score.

- Den lineært korrigerede model i det venstre plot tenderer systematisk mod at opjustere lave scores og nedjustere høje. Denne markante omfordeling kunne indikere, at den lineære korrektionstilgang er for ekstrem og skal erstattes med mere skånsomme metoder.
- Den Tobit korrigerede model i det højre plot viser ikke tydelige tegn på systematiske op- og nedjusteringer af de oprindelige scores. De to outliers med store effektiviseringscores i den oprindelige model får med korrektionen nedjusteret deres scores med 10-15 procentpoint, men derudover ses der en jævn fordeling af ned- og opjusteringer over det oprindelige effektivitetsspektrum.¹⁵

¹⁵ Det forhold, at korrektion via den ikke-lineære Tobit model forekommer mest rimelig er ikke overraskende. I et tidligere studie af Bundesnetzagentur (2006) vises det, at forholdet mellem tæthed og distributionsomkostninger kan udtrykkes ikke-lineært med en kvadratrodd. Dvs. des højere tæthed øger omkostninger mindre end proportionalt,

Figur 7 Ændring i justerede scores i forhold til oprindelig model

Note: Kundetæthed er i de to korrigerede modeller defineret som antal målere i forhold til længden af 0,4 kV ledninger og kabler (på linje med Energitilsynet). I den lineært korrigerede model er der benyttet en simpel OLS estimator, hvor de oprindelige scores korrigeres for kundetæthedseffekter. I de Tobit korrigerede effektiviseringscores er der benyttet en Tobit model, hvor de oprindelige effektiviseringscores kontrolleres for kundetæthed. Fordelen ved denne model i forhold simpel OLS er, at den antager, at scoren følger en (sandsynligheds) fordeling, som afgrænser det korrigerede udfaldsrum til at ligge mellem 0 og 1.

Der er indsat en 45 graders linje i begge figurer. Hvis en observation ligger over (eller under) linjen betyder det, at dens effektiviseringscore er korrigeret op (eller ned) i forhold til den oprindelige model.

Kilde: Copenhagen Economics pba. Energitilsynets tal fra 2012

Samlet er det vurderingen, at de individuelle effektiviseringspotentialer fra DEA basismodellen skal korrigeres for direkte omkostningseffekter fra kundetæthed via én S-formet model som Tobit modellen. Lav og høj kundetæthed giver direkte anledning til relativt højere omkostninger, som ikke i høj nok grad fanges af costdrivere indeholdt i den oprindelige DEA basismodel. Derfor er det nødvendigt på linje med Energitilsynets praksis i Netvolumen modellen at foretage en efterkorrektur af basismodellens resultater på selskabsniveau. Den S-formede tilgang (Tobit modellen) er bedst til at korrigere effektiviseringsprocenterne for kundetæthed. Det skyldes, at tilgangen på den ene side kan håndtere, at kundetæthed påvirker selskabernes omkostninger ikke-lineært samtidig med, at effekter fra de oprindelige costdrivere fastholdes i vurderingen.

3 Tæthedskorrektion via international sammenligning

I den danske eldistribution findes der, som illustreret i Figur 2, få 'mellemstore' selskaber og kun ét stort selskab, som leverer 28 procent af den samlede elektricitet. Det begrænser mængden af observationer, som større virksomheder i praksis kan benchmarkes imod. Derfor er det også relevant at inddrage sammenhænge mellem omkostninger og tæthed, som kan identificeres i andre lande, hvor der findes flere mellemstore og store selskaber. Denne tilgang mindsker også effekten af en evt. usikkerhed forbundet med den måde, som tæthed opgøres på baggrund af det foreliggende danske data. På denne baggrund har vi undersøgt effekten af øget tæthed i datasæt for schweizisk og tysk eldistribution samt i et datasæt for europæiske transmissionsselskaber.

Mulighederne for at vurdere tæthedseffekten i andre landes eldistribution afhænger naturligvis af, hvilke variable, der er til rådighed. Dette varierer fra land til land. For at kunne overføre eventuelle udenlandske tæthedseffekter til en dansk kontekst kræver det, at vi (approksimativt) kan beregne de forskellige udenlandske tæthedsbegreber på baggrund af det foreliggende danske data. De to mest oplagte danske mål her er:

- Måkertæthed: Antal målere per km ledningsnet
- Befolkningstæthed: Population per areal

En anden udfordring hænger sammen med, at de fleste andre lande bruger costdrivere, som er mindre sammenvejede end de danske. Den danske netvolumenmodel er speciel sammenlignet med internationale standarder, idet der lægges meget vægt på omkostningsækvivalenterne. I basismodellen i det tidligere studie¹⁶ har vi dog forsøgt at undgå en for kraftig aggregering ved at opretholde fem costdrivere.

En sidste udfordring er, at en del af de bagvedliggende data ikke er offentligt tilgængelige, hvorfor en del af analyserne ikke kan kontrolleres af tredjepart. Alene af den grund bør resultaterne fra disse analyser kun ses som vejledende.

Via de 3 internationale datasæt har vi lavet fire alternative korrektioner af de oprindelige danske DEA scores. Tilgangen er, at vi først isolerer en tæthedseffekt med udgangspunkt i det udenlandske. Disse isolerede tæthedseffekter identificeres via en form, som sikrer, at de kan benyttes som korrektionsfaktorer på de danske scores fra den oprindelige DEA basismodel. Konkret benyttes der en tilgang, hvor korrektionsformen baseret på det schweiziske datasæt samt transmissionsdatasættet er en omkostningsfunktion som beskrevet i Boks 1, mens korrektionsformen på det tyske data er en S-formet Tobit model beskrevet i Boks 2.

Resultaterne fra disse korrektioner beskrives i. Tabel 3:

1. I den *første korrektion* er der taget udgangspunkt i data for schweizisk eldistribution, hvor måkertæthed benyttes som tæthedsbegreb, og en omkostningsfunktion er blevet beregnet. Her viser det sig i forhold til den oprindelige DEA model, at den gennemsnitlige effektiviseringsscore øges fra 11,7 procent til 15,9 procent, mens det vægtede potentiale øges fra 573 mio. kr. til 652 mio. kr.
2. I den *anden korrektion* er der taget udgangspunkt i data for europæiske transmissionselskaber, hvor befolkningstæthed benyttes som tæthedsbegreb, og en omkostningsfunktion er blevet beregnet. Her viser det sig i forhold til den oprindelige DEA model, at den gennemsnitlige effektiviseringsscore øges fra 11,7 procent til 15,6 procent, mens det vægtede potentiale reduceres fra 573 mio. kr. til 525 mio. kr.
3. I den *tredje korrektion* er der taget udgangspunkt i data for tysk eldistribution, hvor måkertæthed benyttes som tæthedsbegreb, og en Tobit model er blevet beregnet. Her viser det sig i forhold til den oprindelige DEA model, at den gennemsnitlige effektiviseringsscore øges fra 11,7 procent til 12,2 procent, mens det vægtede potentiale reduceres fra 573 mio. kr. til 548 mio. kr.

¹⁶

I den *fjerde korrektion* er der taget udgangspunkt i data for tysk eldistribution, hvor befolkningstæthed benyttes som tæthedsbegreb, og en Tobit model er blevet beregnet. Her viser det sig i forhold til den oprindelige DEA model, at den gennemsnitlige effektiviseringscore ikke ændres, mens det vægtede potentiale reduceres fra 573 mio. kr. til 537 mio. kr.

Tabel 3 Internationalt justerede effektiviseringscores og – potentiale

Tæthedsbasis	Metode	Gns. %	Min, %	25% percentil, %	Median, %	75% percentil, %	Maks, %	Vægtet potentiale, mio. kr.	Uvægtet potentiale, mio. kr.	
Oprindelig DEA model		11,7	0,0	0,4	8,6	21,9	44,2	573	430	
<i>Korrektion</i>										
Schweiz	Måbertæthed	Omkostningsfunktion	15,9	0,0	8,8	15,8	23,1	41,3	652	585
E3Grid	Befolkningstæthed	Omkostningsfunktion	15,6	0,0	6,2	12,5	25,1	44,6	525	574
Tyskland	Måbertæthed	Tobit	12,2	0,0	4,0	6,9	21,9	36,7	548	448
Tyskland	Befolkningstæthed	Tobit	11,7	0,0	0,5	8,9	22,3	44,2	537	432

Note: Data er – bortset fra de danske – ikke offentlige, men i den offentlige rapport omkring E3Grid2008, som sammenligner TSO'er i Europa, blev en tæthedsformel angivet. Det er tæthedseffekten fra denne formel, som er anvendt i E3Grid beregningerne.

Schweiz bygger på et ikke-offentligt studie for Schweiziske myndigheder og institutioner fra 2011.

Analysen baseret på tyske data bygger på den seneste reguleringsanalyse i Tyskland. I Tyskland anvendes 11 costdrivere samt en bedst-af-fire-tilgang. For at kunne sammenligne med de danske tal har vi reduceret den tyske benchmarkmodels costdrivere samt modelantallet til alene DEA baserede modeller. Hermed opstår der et behov for tæthedskorrektion, som ikke findes i den model, som faktisk anvendes i Tyskland, jf. Agrell, Bogetoft, Koller and Tinkner (2014).

Vi har også re-estimeret den oprindelige DEA model for Sverige fra 2008, men der fandtes ikke tæthedseffekt i denne.

Det vægtede potentiale er beregnet som summen af individuelle effektiviseringspotentialer, mens det uvægtede potentiale er beregnet som den gennemsnitlige effektiviseringscore gange sektorens samlede omkostningsbase.

Kilde: Copenhagen Economics pba. Sumicsid

Boks 1 Metode baseret på en omkostningsfunktion

Metoden består i at estimere en parametriske form, fx en loglineær for:

$$\text{Log}(\text{Totex}) = a + b_1 \cdot \log(y_1) + b_2 \cdot \log(y_2) + \dots + b_k \cdot \log(y_k) + c \cdot \log(\text{tæthed})$$

Hvor y 'erne repræsenterer de normale costdrivere. Hvis omkostningerne kan beskrives på den måde i en SFA estimation, betyder det, at et selskab med en given tæthed alt andet lige må forvente en omkostning, der er $(\text{Tæthed}/\text{Middeltæthed})^c$ højere end et tilsvarende selskab med middeltæthed. Det betyder, at efficiensen, som er de forventede omkostninger i forhold til de faktiske, oprindeligt har været fejlvurderet med denne korrektionsfaktor, hvormed:

$$\text{Korrigeret efficiens} = \text{Max}\{1, \text{Oprindelig efficiens} \cdot (\text{Tæthed}/\text{Middeltæthed})^c\}$$

Kilde: Copenhagen Economics pba. Sumicsid

Boks 2 Metode baseret på Tobit model

Metoden består i at Tobit regressere de udenlandske efficienser på de forskellige tæthedsindikatorer. I det omfang tæthed herefter er en signifikant forklarende variabel, kunne en simpel korrektion være:

$$\text{Korrigeret efficiens} = \text{Max}\{1, \text{oprindelig efficiens} \cdot (\text{tæthed} - \text{middeltæthed})^{-b}\}$$

Hvor b er den signifikante hældning i Tobit regressionslinjen:

$$\text{Efficiens} = a + b \cdot \text{tæthed}$$

Tobit regressionen kan naturligvis også gennemføres med andre former, fx en kvadratisk, men det har ikke vist sig relevant i de analyserede tilfælde.

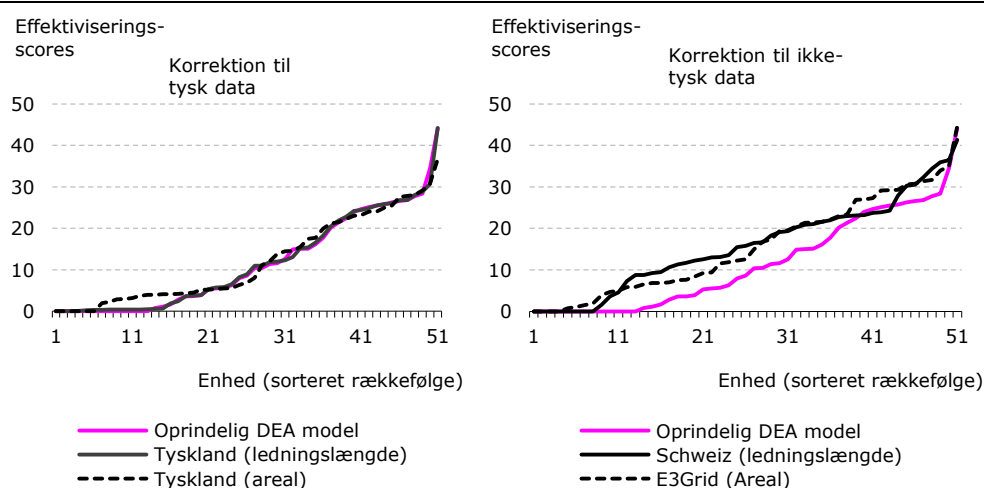
Kilde: Copenhagen Economics pba. Sumicsid

Korrektioner fra de internationale analyser ændrer, udover det samlede vurderede potentiale, mere grundlæggende på den effektivitet, der tillægges hvert selskab. Billedet af, at fordelingen af scores ændres, ses tydeligt, når man sammenholder fordelingerne af de rangerede scores, jf. Figur 8. Det følger heraf, at effektiviserings scorerne i de korrigerede modeller i et vist omfang er blevet opjusteret, mens den oprindeligt højeste score i alle tilfælde er blevet nedjusteret.

- I figuren til højre sammenlignes de rangerede scorefordelinger fra de to tysk baserede korrektioner med de oprindelige DEA scores. Her ses det, at korrektionen baseret på ledningslængde (og dermed måletæthed) kun i yderst begrænset omfang giver anledning til divergens i forhold til den oprindelige model, mens korrektionen baseret på areal (og dermed befolkningstæthed) opjusterer en del af de oprindeligt laveste effektiviserings scores.
- I figuren til venstre sammenlignes de rangerede scorefordelinger fra de to ikke-tysk baserede korrektioner med de oprindelige DEA scores. Her ses det, at korrektionen baseret på schweizisk data i særdeleshed opjusterer de mellemstore effektiviserings-

scores relativt til den oprindelige model, mens korrektionen baseret på de europæiske transmissionsselskaber (E3Grid) mere generelt implicerer en opjustering af de respektive scores.

Figur 8 Fordeling af internationalt justerede effektiviserings-scores



Note: Data er – bortset fra de danske – ikke offentlige, men i den offentlige rapport omkring E3Grid2008, som sammenligner TSO'er i Europa, blev en tæthedformel angivet. Det er tæthedseffekten fra denne formel, som er anvendt i E3Grid beregningerne.

Schweiz bygger på et ikke-offentligt studie for Schweiziske myndigheder og institutioner fra 2011.

Analyser baseret på tyske data bygger på den seneste reguleringsanalyse i Tyskland. I Tyskland anvendes 11 costdrivere samt en bedst-af-fire-tilgang. For at kunne sammenligne med de danske tal har vi reduceret den tyske benchmarkmodels costdrivere samt modelantallet til alene DEA baserede modeller. Hermed opstår der et behov for tæthedskorrektion, som ikke findes i den model, som faktisk anvendes i Tyskland, jvf. Agrell, Bogetoft, Koller and Tinkner (2014).

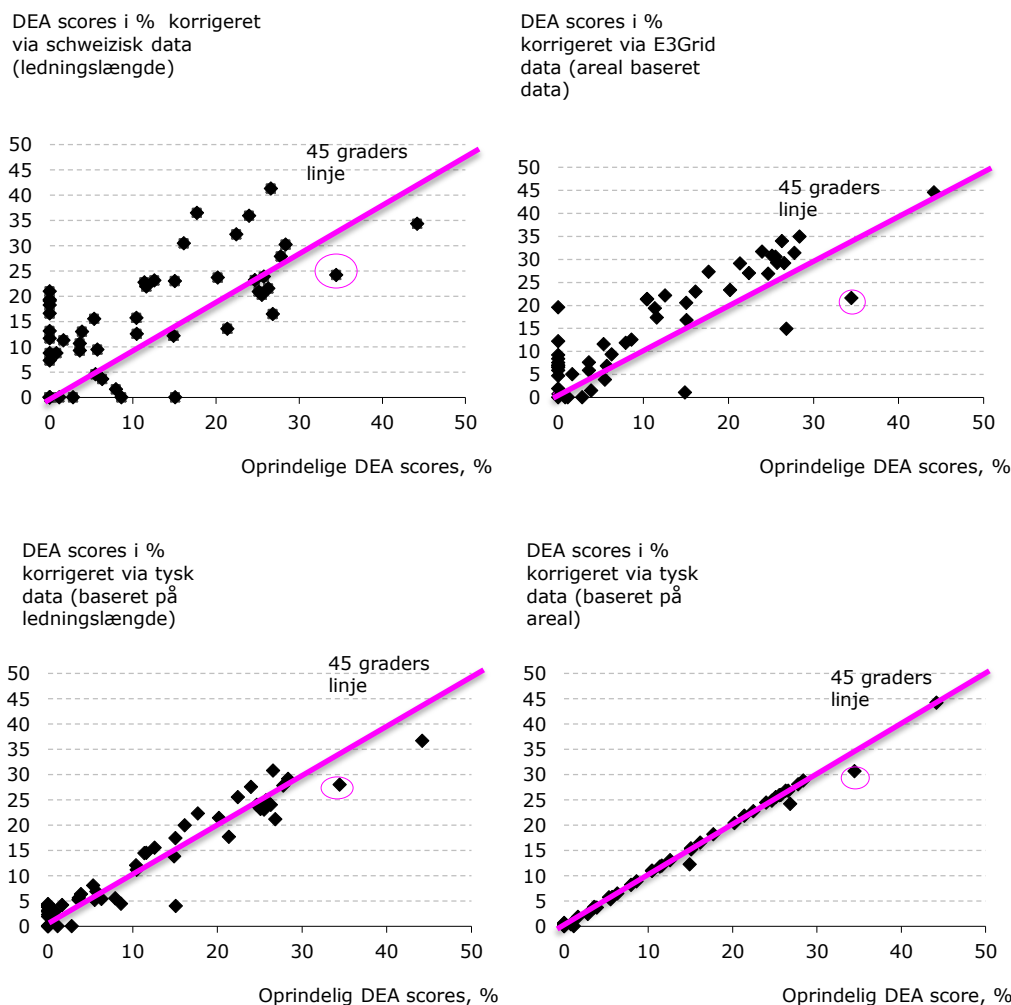
Vi har også re-estimeret den oprindelige DEA model for Sverige fra 2008, men der fandtes ikke tæthedseffekt i denne.

Kilde: Copenhagen Economics pba. Sumicsid

En alternativ tilgang til at undersøge, hvordan de internationale korrektioner påvirker de individuelle effektiviseringscores, er ved at se på sammenhængen mellem den oprindelige og den korrigerede score i et plot med en 45-graders linje som i Figur 9. I de tilfælde, hvor observationerne ligger over (eller under) linjen, er den korrigerede score opjusteret (eller nedjusteret) i forhold til den oprindelige score. Og i de tilfælde, hvor observationerne ligger på linjen, er den korrigerede score uændret i forhold til den oprindelige score.

Generelt ses det, at effektiviseringscores justeres opad, når der korrigeres med udgangspunkt i hhv. det schweiziske distributionsdata og det europæiske transmissionsdata. Justeringerne, når der korrigeres via det tyske data, er generelt mindre, og i det tilfælde, hvor den tyske korrektionsfaktor er beregnet med areal som tæthedsbasis (dvs. befolkningstæthed), ligger næsten alle observationer på 45-graders linjen. Derudover ses det, at den største virksomheds effektiviseringscore (markeret ved den pink cirkel) i alle tilfælde nedjusteres, når korrektioner på baggrund af internationalt data benyttes.

Figur 9 Ændring i internationalt justerede scores i forhold til oprindelig model



Note: Der er indsat en 45 graders linje i begge figurer. Hvis en observation ligger over (eller under) linjen betyder det, at dens effektiviseringscore er korrigeret op (eller ned) i forhold til den oprindelige model.

Data er – bortset fra de danske – ikke offentlige, men i den offentlige rapport omkring E3Grid2008, som sammenligner TSO'er i Europa, blev en tæthedformel angivet. Det er tæthedseffekten fra denne formel, som er anvendt i E3Grid beregningerne.

Schweiz bygger på et ikke-offentligt studie for Schweiziske myndigheder og institutioner fra 2011.

Analyser baseret på tyske data bygger på den seneste reguleringsanalyse i Tyskland. I Tyskland anvendes 11 costdrivere samt en bedst-af-fire-tilgang. For at kunne sammenligne med de danske tal har vi reduceret den tyske benchmarkmodels costdrivere samt modelantallet til alene DEA baserede modeller. Hermed opstår der et behov for tæthedskorrektion, som ikke findes i den model, som faktisk anvendes i Tyskland, jvf. Agrell, Bogetoft, Koller and Tinkner (2014).

Vi har også re-estimeret den oprindelige DEA model for Sverige fra 2008, men der fandtes ikke tæthedseffekt i denne.

Den pink cirkel viser den største virksomheds score

Kilde: Copenhagen Economics pba. Sumicsid

Som opsummering viser sammenligningen, at det samlede potentiale fra den oprindelige DEA basismodel er stabil over for korrektioner fra isolerede tæthedseffekter identificeret i internationalt data. Når udenlandske tæthedseffekter indgår i scorekorrektioner er det i alle tilfælde sådan, at den største virksomheds potentiale nedjusteres. Det skyldes, at variation i særligt tæthed og urbanisering implicerer, at Danmark største distributør skiller sig så meget ud, at den ikke direkte kan sammenlignes med store dele af de øvrige netvirksomheder.

Litteraturliste

- Agrell, and Bogetoft (2009), International Benchmarking of Electricity Transmission System Operators, e3GRID PROJECT – FINAL REPORT, CEERS, Brussels.
- Agrell, Bogetoft, Koller and Tinkner (2014), Effizienzvergleich für Verteilernetzbetreiber Strom 2013, Ergebnisdokumentation und Schlussbericht, Bericht im Auftrag der Bundesnetzagentur (BNetzA)
- Bundesnetzagentur (2006): Bericht der Bundesnetzagentur zur Einfuehrung der Anreizregulierung, Tech. rep., Bundesnetzagentur
- Copenhagen Economics (2013): Potentiale ved effektivisering af danske netvirksomheder
- Cullmann et al (2008): International Benchmarking in Electricity Distribution: A Comparison of French and German Utilities. Tech. rep
- Farsi et al (2008): Economies of scale and scope in multiutilities. Energy Journal, 29(4), 123–143
- Filippini og Wild (2001): Regional differences in electricity distribution cost and their consequences for yardstick regulation of access prices, Energy Economics, 23, pp. 477-488.
- Filippini et al. (2001): Scale and cost efficiency in the Swiss electricity distribution industry: Evidence from a frontier cost approach, CEPE Working Paper, nr. 8
- Folloni et al. (2001): Size, density and costs of network services – the case of the distribution of electricity in Italy
- Gulli (2000): Gulli F. (2000) “Economie di scala versus economie di densità nella distribuzione elettrica: un’analisi quantitativa”, Economia delle fonti di energia e dell’ambiente, 43, 3.
- Hirschhausen et al (2006): Efficiency analysis of German electricity distribution utilities - non-parametric and parametric tests. Applied Economics, 38(21), 2553–2566.

Hyvärinen (2008): Electrical networks and economies of load density, doctoral dissertation

Missfeldt (2012): A comparative analysis between the Dutch and German electricity distribution network industry with regard to regulation and efficiency

