



# Alternative tilnærminger for rammevilkårskorrigerering

*En studie av hvordan alternative tilnærminger til dagens reguleringsmodell  
påvirker norske nettselskaper*

**Cathrine Tønnesen og Vilde Marie Narvestad**

**Veiledere: Endre Bjørndal og Mette Bjørndal**

Masterutredning i økonomi og administrasjon

Hovedprofil: Business Analytics og Finansiell Økonomi

NORGES HANDELSHØYSKOLE

Dette selvstendige arbeidet er gjennomført som ledd i masterstudiet i økonomi- og administrasjon ved Norges Handelshøyskole og godkjent som sådan. Godkjenningen innebærer ikke at Høyskolen eller sensorer inntår for de metoder som er anvendt, resultater som er fremkommet eller konklusjoner som er trukket i arbeidet.



# Sammendrag

Norske nettselskaper karakteriseres som naturlig monopolister, og selskapenes inntjening reguleres derfor av Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE). Den tillatte inntekten består av en del kostnadsdekning og en del målestokkregulering. Målestokkreguleringen sammenligner selskapenes ytelse i en benchmarkingmodell ved å gjøre en DEA-analyse. Det har vært et økt fokus på å inkludere faktorer som kan forklare forskjeller i ytelse, og i dagens reguleringsmodell inkluderes fem rammevilkårsvariabler.

Formålet med denne utredningen er å undersøke hvordan alternative tilnærminger for rammevilkårskorrigerer påvirker nettselskapene. For å svare på dette, sammenlignes modellene Betinget DEA og Reversert DEA med en forenklet versjon av dagens totrinnsmodell.

Resultatene viser at ulik rammevilkårskorrigerer har størst effekt på omfordeling av inntekt. Det påvirker selskapenes relative avkastning og tariffer. Totrinnsmodellen har en høyere aggregert kompensasjon enn Reversert DEA, men de kompenserer relativt likt på selskapsnivå. Det kan skyldes at begge modellene tar hensyn til fem rammevilkårsvariabler. I Betinget DEA blir kun variablene som måler *andel jordkabler* og *andel luftlinjer i barskog* relevante. Det bidrar til at selskapene kompenseres ulikt sammenlignet med de to andre modellene.

I Betinget DEA øker korrigeringen med økende verdier for de begrensende variablene. Det indikerer at faktorene påvirker den effektive fronten, og vil påføre selskapene en kostnadsulempe dersom de ikke korrigeres for. Fordi totrinnsmodellen korrigerer for variablene i trinn to, kan det medføre at den ikke klarer å skille mellom effektene som skyldes rammevilkår og strukturell ineffektivitet. Videre kan det forklare hvorfor totrinnsmodellen har en høyere aggregert kompensasjon enn Betinget og Reversert DEA. På den andre siden, viser resultatene at effekten av økt kompensasjon på selskapenes avkastning og tariffer er relativt liten.

**Nøkkelord** – Benchmarking, effektivitetsanalyse, inntektsregulering, nettselskaper

# Forord

Denne masterutredningen er skrevet som en del av masterstudiet i økonomi og administrasjon ved Norges Handelshøyskole innenfor hovedprofilene Business Analytics og Finansiell Økonomi. Formålet med utredningen er å undersøke hvordan alternative tilnærminger til dagens reguleringsmodell av norske nettselskaper vil påvirke selskapene og deres kunder.

Utredningen er skrevet som en del av SNF-prosjektet ElBench, som er et samarbeid mellom blant annet NVE og Norges Energi, og flere nettselskaper. Prosjektet forsker på temaer knyttet til reguleringen av norske nettselskaper.

Vi vil rette en stor takk til våre veildere, Endre Bjørndal og Mette Bjørndal, for deres gode innspill og engasjement. De siste månedene har vi lært mye om et marked vi visste lite om, og deres veiledning og fagkunnskap har vært svært verdifull. Det har vært spesielt interessant å lære hvordan økonomisk teori settes ut i praksis. Videre vil vi takke for at vi fikk være med på workshop på Voss sammen med medlemmene i ElBench prosjektet.

Arbeidet har vært spennende, men også krevende til tider. Vi vil derfor også rette vår takknemlighet til familie og venner for støtte og gode tilbakemeldinger underveis.

Vi håper denne utredningen vil være interessant lesning.

Norges Handelshøyskole

Bergen, desember 2019

---

Cathrine Tønnesen

---

Vilde Marie Narvestad

# Innhold

<b>1. Introduksjon</b>	<b>1</b>
<b>2. Det teoretiske rammeverket</b>	<b>4</b>
2.1. Effektivitet	4
2.2. DEA-analyse	5
2.2.1. Produksjonsmulighetsområdet	5
2.2.2. Tekniske antagelser om produksjonsteknologien	6
2.3. Måling av effektivitet i DEA-analyse	8
2.3.1. Teknisk effektivitet	8
2.3.2. Kostnadseffektivitet	10
2.3.3. Skalaeffektivitet	10
<b>3. Den norske reguleringsmodellen</b>	<b>11</b>
3.1. Bakgrunn for regulering av nettbransjen	11
3.2. Dagens reguleringsmodell	12
3.2.1. Fastsettelse av inntektsramme	12
3.2.2. Beregning av kostnadsgrunnlag	14
3.2.3. Beregning av kostnadsnorm	15
3.2.3.1. Trinn 1: DEA-analyse	15
3.2.3.2. Trinn 2: Korrigering av effektivitetsscore	17
3.2.3.3. Trinn 3: Kalibrering av kostnadsnorm	18
3.2.4. Referanserenten	20
<b>4. Korrigering for rammevilkår</b>	<b>22</b>
4.1. Bakgrunn for rammevilkårskorrigering	22
4.2. Betinget DEA	24
4.3. Reversert DEA	26
<b>5. Modelloppbygning og deskriptiv statistikk</b>	<b>28</b>
5.1. Forenklinger av dagens reguleringsmodell	28
5.2. Datagrunnlag	29
5.3. Innsatsfaktor og oppgavevariabler	29
5.4. Eksterne variabler	30
5.4.1. Båndbredder	31
5.4.2. Koeffisienter	31
<b>6. Analyse</b>	<b>33</b>
6.1. Validering av forenklet totrinnsmodell	33
6.2. Referansesett og referanseselskaper	34
6.2.1. Modellene påvirker valg av referanseselskaper	34
6.2.2. Hvorfor modellene får ulike referanseselskaper	38
6.3. Effektivitetsscore	41
6.4. Kompensasjon av eksterne faktorer	46
6.4.1. Effekter på aggregert nivå	46
6.4.2. Kompensasjon på selskapsnivå	48
6.5. Selskapenes avkastning og tariffier	51

---

6.5.1. Omfordeling av inntekt . . . . .	51
6.5.2. Effekt på tariffer . . . . .	56
6.6. Oppsummering av analysen . . . . .	61
6.7. Begrensninger ved denne utredningen . . . . .	63
6.8. Forslag til videre forskning . . . . .	64
<b>7. Konklusjon</b>	<b>65</b>
<b>Referanser</b>	<b>66</b>
<b>Appendiks</b>	<b>68</b>
A1. Selskaper som holdes utenfor analysen . . . . .	68
A2. Bidrag til kostnadsnorm . . . . .	68
A3. Referansesettene i Betinget DEA . . . . .	69
A4. Sammenligning av selskaper i 6.3 . . . . .	72
A5. Differanseavkastning . . . . .	73

## Figurliste

2.1. Fronten ved antagelsen om fri avhending . . . . .	6
2.2. Fronten ved antagelsene om konveksitet og fri avhending . . . . .	7
2.3. Fronten ved ulike skalaantagelser . . . . .	7
2.4. Farrell effektivitet med en innsatsfaktor og ett produkt . . . . .	9
3.1. Monopolistisk tilpasning . . . . .	11
4.1. Betinget DEA . . . . .	25
4.2. Reversert DEA . . . . .	27
6.1. Referanseselskaper i modellene . . . . .	35
6.2. Referanseselskapenes bidrag til kostnadsnorm . . . . .	36
6.3. Referanseselskapene til BKK Nett AS i de tre modellene . . . . .	38
6.4. Variablene $z_{hvugs}$ og $z_{s4}$ begrenser referansesettet til Austevoll Kraftlag SA . . . . .	39
6.5. Variabelen $z_{geo1}$ bergenser ikke referansesettet til Austevoll Kraftlag SA . . . . .	40
6.6. Effektivitetsscore for alle selskapene i de fire modellene . . . . .	41
6.7. Forholdet mellom Betinget DEA og Ubetinget DEA . . . . .	43
6.8. Sammenhengen mellom de begrensende z-variablene og $\delta$ . . . . .	44
6.9. Forskjeller i kompensasjon mellom modellene . . . . .	48
6.10. Differanseavkastning mellom totrinnsmodellen og Betinget DEA . . . . .	52
6.11. Differanseavkastning mellom totrinnsmodellen og Betinget DEA, i kr og sortert etter størrelse . . . . .	53
6.12. Differanseavkastning mellom totrinnsmodellen og Reversert DEA . . . . .	54
6.13. Differanseavkastning mellom Betinget DEA og Reversert DEA . . . . .	55
6.14. Differansepriser i de ulike modellene . . . . .	58
6.15. Differansepriser mellom totrinnsmodellen og Betinget DEA . . . . .	59
A5.1. Differanseavkastning mellom totrinnsmodellen og Reversert DEA, i kr og sortert etter størrelse . . . . .	73
A5.2. Differanseavkastning mellom Betinget DEA og Reversert DEA, i kr og sortert etter størrelse . . . . .	74

## Tabelliste

3.1. Variabler i trinn 1 og trinn 2 . . . . .	18
3.2. Faste og variable parametere . . . . .	20
5.1. Innsatsfaktor og oppgavevariabler . . . . .	30
5.2. Eksterne variabler . . . . .	30
5.3. Båndbredder . . . . .	31
5.4. Koeffisientene til de eksterne variablene . . . . .	32
6.1. Differanse i effektivitetsscorer mellom NVEs modell og den forenklede totrinnsmodellen . . . . .	33
6.2. Antall selskaper som får identiske referanseselskaper i de tre modellene .	37
6.3. Effektivitetsscorer før kalibrering . . . . .	42
6.4. Rangkorrelasjon mellom effektivitetsscorene i de fire modellene . . . . .	45
6.5. Aggregerte effekter, MNOK . . . . .	46
6.6. z-verdier for Fitjar Kraftlag SA og Klepp Energi AS . . . . .	50
6.7. Gjennomsnittlig tariff, NOK/kWh . . . . .	57
A1.1.Selskaper som holdes utenfor evalueringen i DEA-analysen . . . . .	68
A1.2.Selskaper som evalueres i egen modell . . . . .	68
A2.1.Bidrag til kostnadsnorm i Ubetinget DEA . . . . .	68
A2.2.Bidrag til kostnadsnorm i Betinget DEA . . . . .	69
A2.3.Bidrag til kostnadsnorm i Reversert DEA . . . . .	69
A3.1.Antall selskaper i referansesettene i Betinget DEA . . . . .	69
A4.1.z-verdier for referanseselskaper i Ubetinget DEA . . . . .	72
A4.2.z-verdier for referanseselskaper i Betinget DEA . . . . .	72
A5.1.Differanseavkastning mellom de tre modellene, i kr . . . . .	73



# 1 Introduksjon

Etter at energiloven kom i 1990, ble det et skille mellom den konkurranseutsatte og den ikke-konkurranseutsatte delen av elektrisitetssektoren (Bjørndal et al., 2010). Den markedsbaserte delen av sektoren, som omhandler krafthandel og kraftproduksjon, ble deregulert og et fritt marked for handel av elektrisitet ble organisert. Den andre delen av elektrisitetssektoren, som omhandler krafttransport, forble regulert. Selskapene i den regulerte delen av sektoren karakteriseres som naturlig monopolister i sine geografiske områder. Det er på bakgrunn av at det er store faste etableringskostnader knyttet til utbygging av strømmnett, og lave variable kostnader knyttet til drift (Reiten et al., 2014). Naturlig monopol er en form for markedssvikt, og for å unngå at nettselskapene skal utnytte sin posisjon, regulerer staten selskapenes inntjening gjennom Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE). Reguleringen skal skje i tråd med formålet i Energiloven (1990, § 1-2):

«Loven skal sikre at produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi foregår på en samfunnsmessig rasjonell måte, herunder skal det tas hensyn til allmenne og private interesser som blir berørt.»

Selskapenes tillate inntekt består av en del kostnadsdekning og en del målestokkregulering (Bjørndal et al., 2010). Målestokkreguleringen gjøres ved hjelp av en benchmarkingmodell, hvor hensikten er å skape en kunstig konkurransesituasjon. For at reguleringen skal skje på en samfunnsoptimal måte, må regulator ha full informasjon om selskapenes etterspørsel og produksjonsteknologi (Bogetoft og Otto, 2011). Dette er ofte ikke tilfellet, da det som regel er asymmetrisk informasjon mellom regulator og selskapene. Regulator har gjerne ikke full informasjon om selskapenes produksjonsteknologi, og dermed heller ikke kostnadene deres. For å håndtere denne utfordringen, samler regulator inn data om selskapenes faktiske atferd og bruker benchmarking til å estimere en “beste praksis”. Deretter beregnes en effektivitetsscore for alle selskapene, som angir hvor effektive selskapene er sammenlignet med “beste praksis”. Inntektsreguleringen fokuserer dermed på relativ ytelse (effektivitet), fremfor absolutt ytelse (produktivitet). Effektivitetsscorene danner videre grunnlag for selskapenes tillate inntektsrammer.

For at regulator skal estimere “beste praksis” mest mulig korrekt, og definere en rimelig benchmarkingmodell, kreves det god bransjekunnskap om kostnadsstruktur og kostnadsdrivere (Bjørndal et al., 2010). De siste tiårene har det vært økt fokus på å inkludere faktorer som kan forklare hvorfor det er forskjeller mellom selskapers effektivitet (Daraio og Simar, 2007a). Dette er ofte faktorer som ikke er innenfor selskapets kontroll, men som påvirker produksjonsteknologien. Det kan for eksempel være konkurranse og arbeidsforhold, men også faktorer som beskriver lokalt klima og topologi. Denne utredningen vil være avgrenset til å omfatte selskaper i distribusjonsnett, og vi vil følgelig fokusere på faktorer som påvirker denne delen av strømmettet.

NVE har tatt hensyn til forskjeller i geografiske forhold ved å inkludere rammevilkårsvariabler i sin innteksregulering siden 2007 (Bjørndal et al., 2010). De første rammevilkårsvariablene var indekser for skog, nedbør og kystklima, og en variabel som målte anlegg i grensesnitt. Disse var inkludert i modellen som oppgavevariabler. Fra 2010 ble det innført en totrinnsmodell hvor effektivitetsscorene ble korrigert for rammevilkår som grensesnittvariabelen, små kraftverk og antall øyer i trinn to. Fra 2013 ble alle disse rammevilkårsvariablene erstattet av fem nye. I trinn to ble effektivitetsscorene da korrigert for andel jordkabler, luftlinjer i barskog og avstand til vei, i tillegg til to sammensatte geografiindekser. Den første målte helning, småkraft og luftlinjer i skog, og den andre målte kystklima, antall øyer og andel sjøkabler. Den seneste endringen ble gjort i 2016, da variabelen for avstand til vei ble byttet ut med en sammensatt variabel som måler snø, mørketid, islast og temperatur.

Hvilke rammevilkårsvariabler NVE velger, og hvordan rammevilkårsvariablene tas høyde for i benchmarkingmodellen, har stor innvirkning på effektivitetsscorene. Dagens innteksregulering bruker en totrinnsmodell hvor effektivitetsscorene korrigeres for rammevilkår i trinn to, etter effektivitetsanalysen. I denne utredningen ønsker vi å utforske alternative tilnærminger til dagens modell. I en artikkel av Saastamoinen et al. (2017) presenteres Reversert DEA, som tar hensyn til rammevilkårsvariablene før effektivitetsanalysen. Denne modellen korrigerer innsatsfaktorene for rammevilkårsvariablene i trinn en, og deretter gjøres en effektivitetsanalyse med den justerte innsatsfaktoren. Et annet alternativ, er Betinget DEA presentert av Bjørndal et al. (2018). Denne modellen korrigerer for ulike rammevilkår

ved at selskapene kun sammenlignes med andre selskaper som har lignende rammevilkår i effektivitetsanalysen. Hvordan reguleringsmodellen tar høyde for ulike rammevilkår, har innvirkning på hvilken effektivitetsscore selskapene får. Effektivitetsscorene danner videre grunnlag for beregning av selskapenes inntektsrammer, som igjen påvirker deres tariffer.

Som videre forskning på dette området, ønsker denne utredningen å svare på problemstillingen:

*Hvordan vil Betinget DEA og Reversert DEA påvirke nettselskapene, sammenlignet med dagens reguleringsmodell?*

For å svare på problemstillingen vil vi i kapittel 2 presentere det teoretiske rammeverket som ligger til grunn for benchmarkingmodellene, DEA-analyse. Kapittel 3 gir en oversikt over den norske reguleringsmodellen, før vi i kapittel 4 diskuterer utfordringer ved denne. Videre presenteres Betinget DEA og Reversert DEA. I kapittel 5 beskrives hvilke forenklinger som gjøres i dagens reguleringsmodell, samt deskriptiv statistikk av variablene som benyttes. Deretter sammenligner vi hvordan modellene påvirker fastsettelse av nettselskapenes inntektsrammer og tariffer i kapittel 6. Avslutningsvis følger det en konklusjon i kapittel 7.

## 2 Det teoretiske rammeverket

I dette kapitlet vil vi definere effektivitetsbegrepet og deretter forklare det teoretiske rammeverket, DEA-analyse, som er effektivitetsanalysen i den norske reguleringsmodellen. Vi vil gjøre rede for viktige antagelser i metoden, og deretter forklare hvordan effektivitet måles i en DEA-analyse.

### 2.1 Effektivitet

Effektivitet er et vidt og mye brukt begrep. I denne utredningen defineres effektivitet som minst mulig bruk av innsatsfaktorer til å produsere mest mulig varer og tjenester (Bogetoft og Otto, 2011). Produktivitet er et lignende begrep som ofte blir forvekslet med effektivitet. Det er derfor viktig å skille mellom disse to når de benyttes videre i utredningen.

Produktivitet er et absolutt nivå og måler forholdet mellom produksjon og innsatsfaktorbruk:

$$\text{Produktivitet} = \frac{\text{Total produksjon}}{\text{Total innsatsfaktorbruk}}$$

Effektivitet er et relativt nivå og måler forholdet mellom faktisk produksjon og optimal produksjon:

$$\text{Effektivitet} = \frac{\text{Faktisk produksjon}}{\text{Optimal produksjon}}$$

Rammeverket i denne utredningen måler det som her omtales som effektivitet, og det vil videre i utredningen derfor fokuseres på å måle relativ ytelse.

## 2.2 DEA-analyse

Benchmarking kan brukes til å evaluere og sammenligne ytelsen til beslutningsenheter, for eksempel private selskaper, offentlige organisasjoner eller avdelinger innad i et selskap (Coelli et al., 2005). Enhetene som sammenlignes er like i den forstand at de bruker samme type innsatsfaktorer til å produsere samme type varer og tjenester. I denne utredningen vil vi imidlertid omtale beslutningsenheter som selskaper da vi skal analysere ytelsen til nettselskaper. Benchmarking baserer seg på å estimere en effektiv front som selskapene måles mot (Daraio og Simar, 2007a). Effektiviteten til selskapene blir deretter målt som avstanden mellom den effektive fronten, og deres sammensetning av innsatsfaktorer og produksjon.

En av de mest utbredte metodene innen effektivitetsanalyse er dataomhyllingsanalyse (engelsk: Data Envelopment Analysis), heretter omtalt som DEA-analyse. Denne metoden ble først presentert i en artikkel av Charnes et al. i 1978, og har siden da blitt gjengitt mangfoldige ganger. Metoden bygger på Farrells (1957) artikkel om teknisk effektivitet og er en ikke-parametrisk metode som tilpasses historiske data direkte. Den forutsetter ikke at data følger en bestemt fordeling, men bruker lineær programmering til å konstruere en effektiv front (Coelli et al., 2005).

### 2.2.1 Produksjonsmulighetsområdet

I virkeligheten har vi sjelden et definert produksjonsmulighetsområde (Bogetoft og Otto, 2011). Det er derfor nødvendig å estimere dette basert på virkelige observasjoner, hvor en observasjon er et selskaps sammensetning av innsatsfaktorer og produksjon. Den effektive fronten til produksjonsmulighetsområdet består av selskaper hvor produksjonen ikke kan øke uten at innsatsfaktorene også øker, eller redusere bruken av innsatsfaktorer uten at produksjonen også avtar. Selskapene som danner fronten defineres som effektive og betegnes som referanseselskaper (engelsk: peers). For å beregne effektiviteten til selskapene, sammenlignes deres sammensetning av innsatsfaktorbruk og produksjon med den effektive fronten.

### 2.2.2 Tekniske antagelser om produksjonsteknologien

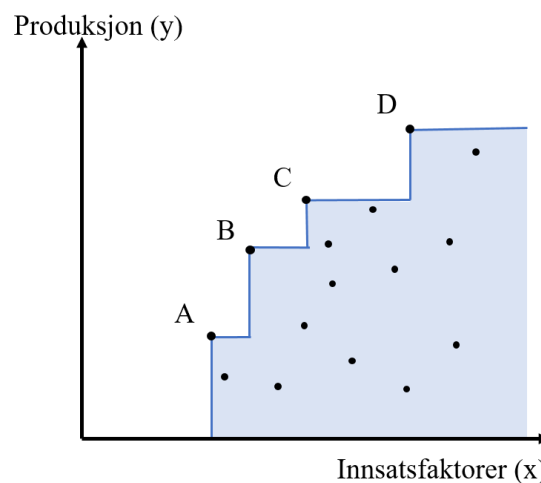
Den grunnleggende forutsetningen for DEA-analyse er at alle historiske observasjoner er sanne, som igjen forutsetter at data ikke inneholder støy (Bogetoft og Otto, 2011). Videre bygger DEA-analyse på prinsippet om minimal ekstrapolasjon, som betyr at produksjonsmulighetsområdet er det minste settet som inneholder alle observasjonene. Det ukjente produksjonsmulighetsområdet estimeres basert på et gitt antall observasjoner  $i=1, \dots, n$ . Produksjonsmulighetsområdet inneholder alle mulige sammensetninger av innsatsfaktorer og produksjon for selskapene og er definert som:

$$\Psi = \{(x, y) \in \mathbb{R}_+^{p+q} \mid x \text{ kan produsere } y\}, \quad (2.1)$$

hvor  $x \in \mathbb{R}_+^p$  og  $y \in \mathbb{R}_+^q$  er vektorer av innsatsfaktorer og produksjon.

Videre defineres produksjonsmulighetsområdet gjennom antagelser om produksjonsteknologien (Bogetoft og Otto, 2011). Produksjonsteknologien beskriver transformasjonen av innsatsfaktorer til produkter og tjenester. Antagelser om teknologien kan utvide eller redusere produksjonsmulighetsområdet. Jo større det estimerte produksjonsmulighetsområdet er, desto lengre avstand blir det for selskapene til den effektive fronten, og selskapene fremstår mindre effektive. Antagelsene om produksjonsteknologien skal derfor være nøye gjennomtenkt, og de viktigste antagelsene vi vil diskutere er fri avhenging, konveksitet og antagelser om skalautbytte.

*Fri avhenging* bygger på ideen om at det alltid er mulig å produsere mindre med større forbruk av innsatsfaktorer (Bogetoft og Otto, 2011). For en gitt observasjon i mulighetsområdet, er det da rimelig å anta at det er mulig å produsere samme mengden eller mindre, med en høyere bruk av innsatsfaktorer. Mulighetsområdet utvides til høyre for og under observasjonene A, B, C og D i figur

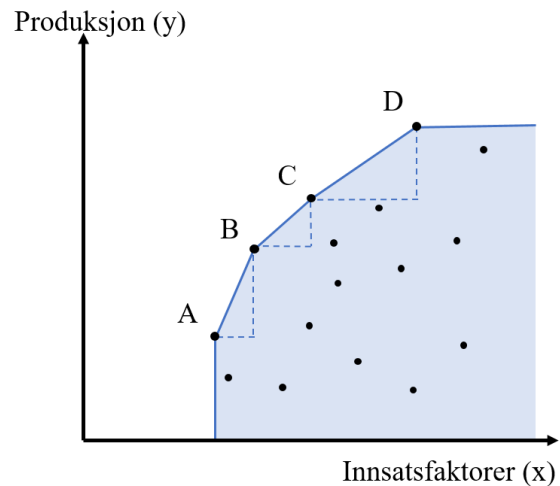


**Figur 2.1:** Fronten ved antagelsen om fri avhenging

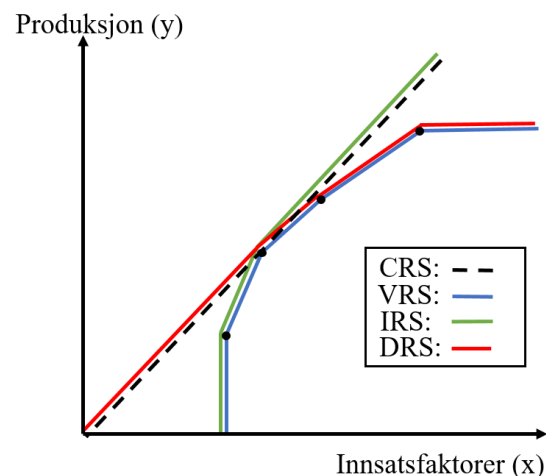
2.1, og indikeres ved det fargede området. Antagelsen impliserer at dersom  $(x, y)$  er innenfor produksjonsmulighetsområdet, vil også  $(x', y')$  være mulig dersom  $x' \geq x$  og  $y' \leq y$ .

Antagelsen om *konveksitet* utvider produksjonsmulighetsområdet ytterligere, og er spesielt viktig ved få observasjoner (Bogetoft og Otto, 2011). Dersom mulighetsområdet er konvekt, vil alle vektete gjennomsnitt av to observasjoner være mulig. Vektene er mindre eller lik 1, og summeres til 1. Det gir mulighet for å interpolere fra observasjonene til kombinasjoner av produksjon og innsatsfaktorbruk mellom observasjonene. I figur 2.2 er dette illustrert ved å trekke linjer mellom observasjonene, som igjen utvider mulighetsområdet. Et produksjonsmulighetsområde som antar både fri avhenging og konveksitet, tilsvarer antagelsen om variabelt skalausbytte (VRS) (Coelli et al., 2005).

Det finnes i tillegg tre andre *skalaantagelser* som kan beskrive den gitte produksjonsteknologiens skalausbytte (Bogetoft og Otto, 2011). Disse bygger på tanken om at dersom en produksjonssammensetning er mulig, er det også mulig å skalere denne opp eller ned ved å bruke mer eller mindre innsatsfaktorer. Ved konstant skalausbytte (CRS) økes eller reduseres produksjonen proporsjonalt med endret innsatsfaktorbruk. Ved avtakende skalausbytte (DRS), vil produksjonen øke mindre enn innsatsfaktorbruken, mens økende skalausbytte (IRS) innebærer at



**Figur 2.2:** Fronten ved antagelsene om konveksitet og fri avhenging



**Figur 2.3:** Fronten ved ulike skalaantagelser

øke mindre enn innsatsfaktorbruken, mens økende skalausbytte (IRS) innebærer at

produksjonen øker mer enn innsatsfaktorbruken. DRS og IRS utgjør til sammen variabelt skalautbytte (VRS). Figur 2.3 viser hvordan fronten vil se ut under ulike skalaantagelser.

Den norske reguleringsmodellen antar at produksjonsmulighetsområdet har et konstant skalautbytte (Bjørndal et al., 2010). Et produksjonsmulighetsområde med konstant skalautbytte (CRS), presentert av Charnes et al. (1978), er definert som:

$$\hat{\Psi}_{CRS} = \{(x, y) \in \mathbb{R}_+^{p+q} \mid y \leq \sum_{i=1}^n \lambda_i y_i, x \geq \sum_{i=1}^n \lambda_i x_i, \text{ og } \lambda_i \geq 0 \text{ for } i = 1, \dots, n\}, \quad (2.2)$$

hvor  $\lambda_i$  representerer vekten av innsatsfaktorer og produksjon til observasjon  $i$ .

## 2.3 Måling av effektivitet i DEA-analyse

Når antagelsene om produksjonsteknologien er avklart, og produksjonsmulighetsområdet er definert, kan vi måle selskapenes effektivitet. I dag finnes det flere metoder for å måle effektivitet, men en av de mest utbredte metodene ble presentert av Farrell (1957). Farrell skiller mellom teknisk, allokativ, kostnads- og skalaeffektivitet.

### 2.3.1 Teknisk effektivitet

I en DEA-analyse kombineres prinsippet om minimal ekstrapolasjon med teknisk effektivitet. Effektiviteten måles som avstanden fra en observasjon til et referansepunkt på den effektive fronten (Bogetoft og Otto, 2011). Et selskap er definert som teknisk effektivt dersom det ikke kan øke produksjonen uten å øke innsatsfaktorbruken, eller redusere innsatsfaktorbruken uten å redusere produksjonen.

Teknisk effektivitet ( $TE$ ) kan måles ved en input-orientering eller en output-orientering (Coelli et al., 2005). Under input-orientering, måles det hvor mye innsatsfaktorene kan reduseres proporsjonalt, for en gitt mengde produksjon. Under output-orientering, vurderes det hvor mye produksjonen kan økes proporsjonalt, for en gitt mengde innsatsfaktorer. Output-variablene til et nettselskap antas å være eksogent gitt, mens innsatsfaktoren i større grad er innenfor deres kontroll (Bjørndal et al., 2010). Den norske reguleringsmodellen bruker derfor en input-orientering. Dette kommer vi nærmere tilbake til i kapittel 3, og videre vil vi fokusere på en input-orientert Farrell effektivitet.

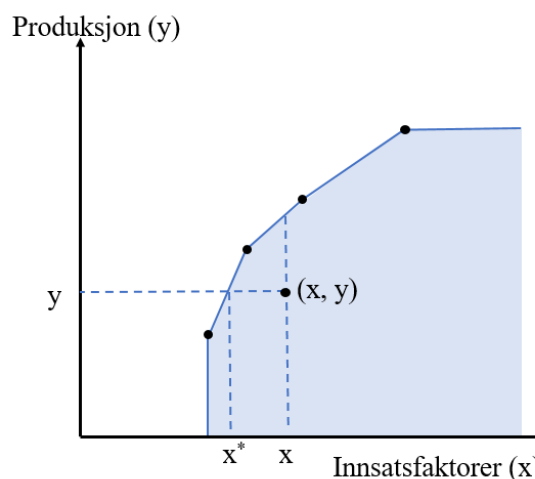


Input-orientert Farrell effektivitet for en observasjon  $(x, y)$ , med et produksjonsmulighetsområde  $\Psi$ , er definert som:

$$E = \min\{E > 0 \mid (Ex, y) \in \Psi\}. \quad (2.3)$$

Det betyr at  $E$  er maksimal proporsjonal reduksjon av alle innsatsfaktorene  $x$ , gitt at det produseres samme mengde  $y$ .

Figur 2.4 viser et stilisert eksempel med én innsatsfaktor ( $x$ ) og ett produkt ( $y$ ), og et selskap med kombinasjonen  $(x, y)$ . Selskapet ligger innenfor den effektive fronten og kan redusere innsatsfaktorbruken fra  $x$  til  $x^*$ , uten å redusere produksjonen. Effektivitetsscoren under input-orientering kalkuleres dermed ved å dele optimal innsatsfaktorbruk ( $x^*$ ) på faktisk innsatsfaktorbruk ( $x$ ):



**Figur 2.4:** Farrell effektivitet med en innsatsfaktor og ett produkt

$$E = \frac{x^*}{x}. \quad (2.4)$$

Dersom  $E = 1$ , er selskapets innsatsfaktorbruk lik optimal innsatsfaktorbruk, og selskapet regnes for å være teknisk effektivt. En effektivitetsscore lavere enn 1, indikerer at selskapet er teknisk ineffektivt. For eksempel betyr  $E = 0.9$  at selskapet kan redusere bruken av  $x$  med 10%, og fortsatt produsere samme mengde  $y$ . Jo lavere effektivitetsscore, desto mindre effektivt er selskapet.

Ved å bruke det estimerte produksjonsmulighetsområdet med konstant skalautbytte  $\hat{\Psi}_{CRS}$ , kan effektivitetsscoren ( $\hat{\theta}_i$ ) for selskap  $i$  estimeres ved å løse følgende lineære optimeringsproblem:

$$\hat{\theta}_i = \min\{\theta \mid \theta x_i \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j, y_i \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j, \text{ og } \lambda_j \geq 0 \text{ for } j = 1, \dots, n\}. \quad (2.5)$$

$y_j$  representerer de effektive selskapene, referanseselskapene, der  $j \in \{1, \dots, n\}$  med  $\hat{\theta}_j = 1$ .

### 2.3.2 Kostnadseffektivitet

Kostnadseffektivitet ( $KE$ ) består av teknisk effektivitet ( $TE$ ) og allokativ effektivitet ( $AE$ ) (Bogetoft og Otto, 2011). Allokativ effektivitet måler optimal allokering av innsatsfaktorer for gitte priser og produksjonsteknologi. Prisene på enten innsatsfaktorene eller sluttproduktene må være kjent for å kunne måle allokativ effektivitet. For at et selskap skal være kostnadseffektivt, må det derfor benyttes en optimal kombinasjon av innsatsfaktorer, samt bruke dem på en teknisk effektiv måte. Kostnadseffektivitet kan brytes ned i teknisk og allokativ effektivitet på følgende måte:

$$KE = TE \cdot AE \quad (2.6)$$

### 2.3.3 Skalaeffektivitet

Skalaeffektivitet ( $SE$ ) måler hvor nær størrelsen til et selskap er i forhold til den optimale skalastørrelsen (Bogetoft og Otto, 2011). I en modell med variabelt skalautbytte (VRS), vil produksjon per innsatsfaktor først øke, så være konstant, og deretter avta. Nivået med konstant skalautbytte kalles *den mest produktive skalastørrelsen*, og her vil selskaper maksimere gjennomsnittlig produksjon. I en modell med konstant skalautbytte (CRS) forutsettes det at alle selskaper automatisk er skalaeffektive (Coelli et al., 2005). Skalaeffektivitet kan derfor måles som forholdet mellom teknisk effektivitet ved CRS og VRS:

$$SE = \frac{TE_{CRS}}{TE_{VRS}} \quad (2.7)$$

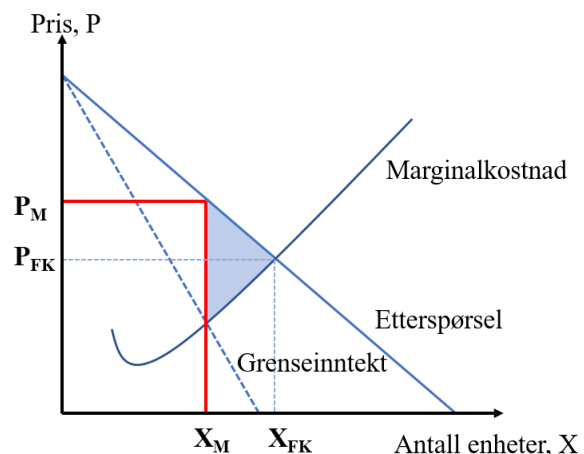
### 3 Den norske reguleringsmodellen

I dette kapittelet vil vi gjøre rede for den norske reguleringsmodellen. Vi vil innledningsvis forklare hvorfor det er behov for offentlig regulering av nettbransjen, før vi gir en oversikt over den norske reguleringsmodellen i dag.

#### 3.1 Bakgrunn for regulering av nettbransjen

Nettbransjen er karakterisert som et naturlig monopol. Dette er en form for markedssvikt der det er samfunnsøkonomisk effektivt med kun én aktør i markedet (Sharkey, 1982). For nettselskaper oppstår naturlig monopol ettersom det er store kapitalkostnader knyttet til utbygging av nett og lave kostnader forbundet med drift. En slik kostnadsstruktur gjør det vanskelig for nye aktører å entre markedet. I tillegg er det ulønnsomt fra et samfunnsøkonomisk perspektiv å bygge flere parallelle, konkurrerende nett, fordi konkurranse i markedet ikke vil bidra til å øke det samfunnsøkonomiske overskuddet (Reiten et al., 2014).

Som monopolister kan nettselskapene prise sine tjenester slik de ønsker for å maksimere egen profitt. Nettselskapene har heller ingen insentiv til å redusere kostnader eller tariffen, eller øke kvaliteten på sine tjenester, ettersom de ikke er utsatt for konkurranse (Bogetoft og Otto, 2011). Slik det er illustrert i figur 3.1, vil en profittmaksimerende monopolist ha en tilpasning i markedet med høyere pris,



Figur 3.1: Monopolistisk tilpasning

og lavere volum,  $X_M$ , enn i et perfekt marked ( $P_{FK}$ ,  $X_{FK}$ ). Som resultat av monopolistens tilpasning vil det oppstå et samfunnsøkonomisk underskudd, illustrert ved den blå trekanten.

For å hindre at nettselskapene utnytter sin rolle som naturlig monopolister, blir sektoren strengt regulert av Norges Vassdrag- og Energidirektorat (NVE) gjennom energiloven

og konsesjonssystemet (Reiten et al., 2014). Reguleringens formål er å sikre en rasjonell drift fra et samfunnsøkonomisk perspektiv, og utvikle strømmettet i tråd med energilovens retningslinjer.

NVE regulerer nettselskapene på to måter, gjennom en direkte og en økonomisk regulering. Den direkte reguleringen fordeler rettigheter og plikter mellom aktørene (Reiten et al., 2014). Reguleringen omfatter eksempelvis plikt til å holde nettanlegg i tilfredsstillende stand, leveringsplikt, tilknytningsplikt og krav til kompetanse. Hensikten med den direkte reguleringen er å sikre at nødvendige investeringer gjennomføres, og at nettet vedlikeholdes på en tilfredsstillende måte.

Den indirekte, økonomiske reguleringen er rettet mot nettselskapenes inntekter (Reiten et al., 2014). NVE har siden 1997 benyttet inntektsregulering, og fastsetter årlig en tillatt inntekt for hvert enkelt nettselskap. Inntektsreguleringen virker som en indirekte prisregulering ved at nettselskapene selv setter sine egne tariffer (nettleie), men innenfor de fastsatte inntektsrammene. Dette sikrer at den faktiske inntekten ikke overstiger tillatt inntekt over tid. Den økonomiske reguleringen skal legge til rette for et effektivt kraftmarked, og gi nettselskapene insentiver til effektiv drift, utnyttelse og utvikling av nettet. Gitt effektiv drift, skal aktørene samtidig sikres en «rimelig avkastning på investert kapital ved at inntektene over tid dekker kostnadene ved drift og avskrivning av nettet» (Forskrift om kontroll av nettvirksomhet, 1999).

## 3.2 Dagens reguleringsmodell

NVE bruker i dag en kombinasjon av inntektsregulering og målestokkregulering til å regulere inntekten til de norske nettselskapene (Bjørndal et al., 2010). Målestokkreguleringen benytter en benchmarkingmodell, hvor hensikten er å skape en kunstig konkurransesituasjon ettersom selskapene i realiteten ikke konkurrerer direkte med hverandre. Videre vil vi forklare nærmere hvordan inntektsrammen blir beregnet.

### 3.2.1 Fastsettelse av inntektsramme

Inntektsrammen (*IR*) beregnes årlig for hvert enkelt selskap, og vedtas først etter utgangen av hvert enkelt år (NVE, 2015). For at selskapenes tariffer skal reflektere de faktiske rammene på best mulig måte, varsler NVE om inntektsrammene ved inngangen av året.

Det samme kostnadsgrunnlaget skal benyttes i både varslene og vedtakene, og skal i prinsippet kun avvike hvis det foreligger feil i estimatene for rente, kraftpris og inflasjon. Inntektsrammene blir fastsatt etter følgende formel:

$$IR_i = (1 - \rho) \cdot K_i + \rho \cdot K_i^* \quad (3.1)$$

I likningen representerer  $K$  kostnadsgrunnlaget og  $K^*$  kostnadsnormen, mens  $\rho$  angir hvor mye kostnadsnormen skal vektlegges i inntektsrammen (NVE, 2018). Notasjonen  $i$  referer til et spesifikt nettselskap hvor  $i = (1, \dots, n)$ . Kostnadsgrunnlaget er basert på hvert selskaps faktiske kostnader, og blir i beregning av inntektsrammen tillagt en vekt på 40% (Amundsveen og Kvile, 2015). Kostnadsnormen er derimot uavhengig av selskapets egne kostnader. Denne gjenspeiler kostnadene til et fiktivt selskap som utfører de samme oppgavene som det aktuelle selskapet, men som anses å være gjennomsnittlig effektivt. Hvis det aktuelle selskapet drifter gjennomsnittlig effektivt skal de faktiske kostnadene være lik kostnadsnormen. I beregning av inntektsrammen blir kostnadsnormen tillagt en vekt på 60%.

Årlig regner NVE tillatt inntekt, tariffgrunnlaget, for hvert nettselskap. Formelen for tillatt inntekt er:

$$TI_t = IR_t + KON_t + E_t - KILE_t + ((AVS_t - AVS_{t-2}) + (AVK_t - AVK_{t-2}) \cdot r_{NVE}) \quad (3.2)$$

I fastsettelsen av tillatt inntekt tar NVE utgangspunktet i beregnet inntektsramme og gjør en rekke justeringer (Amundsveen og Kvile, 2015). Kostnader knyttet til overliggende nett (KON) og eiendomsskatt (E) legges til inntektsrammen, samtidig som faktiske KILE-kostnader (kvalitetsjusterte inntektsrammer ved ikke-levert energi) trekkes fra. Siden KILE er inkludert i kostnadstallene som brukes til å beregne kostnadsnormen ( $K^*$ ), inngår en normert KILE-kostnad ( $KILE^*$ ) i kostnadsnormen. Ved at faktisk KILE trekkes fra, blir totaleffekten for selskap  $i$  lik  $KILE_i^* - KILE_i$ . Det vil si at selskapet straffes dersom faktisk KILE er større enn normert KILE. Dette gir selskapene insentiver til å holde egen KILE lav.

Videre i formel 3.2 inkluderes endringer i avskrivninger (AVS) og avkastning (AVK). Det siste leddet er en mekanisme for å fjerne tidsetterslep for investeringer, og er inkludert

ettersom inntektsrammen bruker to år gamle kapitalkostnader. NVE har siden 2009 benyttet denne justeringen slik at det ikke skal oppstå disinsentiver for investeringer, noe som har vært en generell utfordring med reguleringen (Bjørndal et al., 2008).

Den tillatte inntekten til et selskap blir sammenlignet med den faktiske inntekten. Hvis selskapet i en periode har en høyere inntekt enn tillatt, skal merinntekten betales tilbake til kundene i form av reduserte tariffer (Forskrift om kontroll av nettvirksomhet, 1999). En lavere faktisk inntekt, mindreinntekt, skal tilsvarende hentes inn gjennom økte tariffer. Ifølge forskriften skal nettvirksomheten håndtere mer- og mindreinntekt slik at saldo over tid går mot null.

### 3.2.2 Beregning av kostnadsgrunnlag

Kostnadsgrunnlaget ( $K$ ) baseres på to år gamle data slik at grunnlaget for inntektsrammen i år  $t$  er innrapporterte kostnader fra år  $t - 2$  (NVE, 2018). Kostnadene som inngår i kostnadsgrunnlaget er:

- Drifts- og vedlikeholdskostnader
- Kapitalkostnader for egenfinansiert anlegg, basert på bokførte verdier
- Avskrivning på egenfinansiert kapital, basert på bokførte verdier
- KILE-kostnader
- Nettap

Kostnadsgrunnlaget beregnes på følgende måte:

$$K_t = (DV_{t-2}) \cdot \frac{KPII_t}{KPII_{t-2}} + (KILE_{t-2}) \cdot \frac{KPI_t}{KPI_{t-2}} + NT_{t-2} \cdot P_t + AVS_{t-2} + AVK_{t-2} \cdot r_{NVE} \quad (3.3)$$

Både drifts- og vedlikeholdskostnader ( $DV$ ) og KILE-kostnader inflasjonsjusteres, kapitalkostnader justeres derimot ikke (NVE, 2018). Drifts- og vedlikeholdskostnader justeres med en indeks for bransjer hvor lønn er drivende faktor, derav  $KPII$ .  $NT$  er nettap målt i MWh og multipliseres med referanseprisen på kraft ( $P$ ) for å få nettap i NOK.  $AKG$  er avkastningsgrunnlaget for egenfinansierte anlegg<sup>1</sup> (inkludert 1% arbeidskapital),

<sup>1</sup>Egenfinansiert anlegg inkluderer alle anlegg som ikke er betalt med anleggsbidrag

og multipliseres med referanserenten til NVE ( $r$ ) for å finne kapitalkostnaden.

### 3.2.3 Beregning av kostnadsnorm

Kostnadsnormen ( $K^*$ ) kalkuleres i tre trinn. Vi tar utgangspunkt i retningslinjer for beregning av kostnadsnorm til distribusjonsselskaper for 2019 (NVE, 2018). Første trinn er en DEA-analyse hvor en effektivitetsscore beregnes for hvert selskap. I trinn 2 korrigeres effektivitetsscorene fra DEA-analysen for å ta hensyn til ulike rammevilkår. Til slutt beregnes og kalibreres kostnadsnormen i trinn 3.

#### 3.2.3.1 Trinn 1: DEA-analyse

DEA-analysen brukes til å måle forholdet mellom selskapenes totale kostnader og oppgaver. NVE sitt valg av variabler i benchmarkingmodellen er basert på at de skal være konseptuelle, intuitive, signifikante og gjennomførbare (Amundsveen og Kvile, 2015). Direktoratet anvender en DEA-analyse med én input-variabel og tre output-variabler. Totale kostnader er den eneste input-variabelen i DEA-analysen, og er sammensatt av fem ulike kostnadselementer:

- Drifts- og vedlikeholdskostnader
- Avkastning på bokført kapital
- Avskrivning på bokført kapital
- KILE-kostnader
- Nettap

Innsatsfaktoren er bygd opp slik at den skal reflektere ulike typer kostnader, og unngår dermed at det skapes insentiver til å favorisere visse kostnadstyper.

NVE inkluderer tre output-variabler i modellen:

- Antall kilometer høyspent
- Antall nettstasjoner
- Antall abonnenter

Vi vil videre i denne utredningen referere til output-variablene som oppgavevariabler i tråd med NVEs terminologi. Oppgavevariablene representerer hovedoppgavene i distribusjonsnett, og er de mest sentrale kostnadsdriverne for selskapene (Amundsveen et al., 2014)

NVE benytter en inputorientert modell, hvor selskapene skal minimere egen innsatsfaktorbruk gitt et produksjonsnivå (Amundsveen og Kvile, 2015). I en slik modell ønsker NVE at oppgavevariablene skal være eksogene, slik at selskapene ikke har mulighet til å påvirke egne oppgavevariabler. Det er derfor en diskusjon hvorvidt modellens oppgavevariabler er egnet, ettersom linjelengde og antall nettstasjoner fremstår som faktorer nettselskaper selv bestemmer over. Likevel argumenteres det for variabelenes eksogenitet på bakgrunn av den direkte reguleringen av nettbransjen. Eksempelvis er nettselskapene pliktet til å knytte sammen alle kunder og produsenter som ønsker det. Investeringer i nytt nett er i utgangspunktet drevet av tilbud og etterspørsel, som er eksogene faktorer.

NVE gjør en antagelse om konstant skalautbytte (CRS) i sin modell (Amundsveen og Kvile, 2015). Bruk av CRS gir selskapene sterkere insentiver til å tilpasse seg optimal skalastørrelse, som igjen fører til en mer effektiv selskapsstruktur. Dette er et av formålene med den norske reguleringen.

I DEA-analysen benytter NVE femårig gjennomsnittlig data til å konstruere den effektive fronten (Amundsveen og Kvile, 2015). NVE har valgt å bruke gjennomsnittlig data, istedenfor årlig data, for å redusere variasjon i kostnader. Store variasjoner i kostnader kan resultere i at fronten blir ustabil, og reguleringsmodellen vil kunne oppfattes som upålitelig og lite predikerbar av bransjen. NVE anser det derfor som en fordel å ha en stabil front, slik at bransjen i større grad har tiltro til reguleringen. I DEA-analysen evalueres selskapenes data med et tidsetterslep på to år mot den effektive fronten. Ved å sammenligne årlig data og gjennomsnittlig data, får også de effektive selskapene insentiv til å redusere sine kostnader ytterligere. Hvis selskaper som i utgangspunktet anses som effektive kan forbedre sin prestasjon sammenlignet med et femårig historisk gjennomsnitt, kan de oppnå en effektivitetsscore som er høyere enn 1.



### 3.2.3.2 Trinn 2: Korrigerer av effektivitetsscore

Nettselskapene står overfor ulike rammevilkår ved at de har forskjellig geografiske forhold (Amundsveen og Kvile, 2015). Ettersom geografiske forhold regnes som eksterne faktorer selskapene selv ikke kan kontrollere, er det viktig at modellen tar hensyn til operasjonell heterogenitet. I trinn 2 korrigeres derfor effektivitetsscorene fra trinn 1 for forskjeller i geografiske forhold. NVE benytter fem rammevilkårsvariabler (heretter z-variabler), som skal fange opp ulike geografiske forhold:

- Andel jordkabler
- Andel luftlinjer i barskog med høy eller særs høy bonitet
- Geo1: Helning, småkraft og andel luftlinjer i løvskog
- Geo2: (Referansevind/Kystavstand), antall øyer og andel sjøkabel
- Geo3: Snø, mørketid, islast og temperatur

De tre sammensatte variablene er geografiindekser, og er satt sammen av ulike geografiske variabler gjennom faktoranalyse (NVE, 2018).

I trinn 2 korrigeres det for hvor utsatt et selskap er for de geografiske forholdene sammenlignet med sitt referanseselskap. For å finne betydningen av hver z-variabel, er det benyttet en regresjonsanalyse. Effektivitetsscoren fra trinn 1 ( $\theta$ ) er avhengig variabel, mens de uavhengige variablene er differansene mellom z-verdiene til selskapet og referanseselskapet det måles mot (Amundsveen et al., 2014). Differansene beregnes ved å bruke vektorer fra DEA-analysen, hvor  $\lambda_{ij}$  betegner vekten selskap  $j$  utgjør av referansesettet til selskap  $i$ . Da blir  $\phi_{ij} = \lambda_{ij}x_j/\lambda_i x_i$  selskap  $j$  sin andel av innsatsfaktoren ( $x$ ) til selskap  $i$ . Videre brukes  $\phi$  til å beregne differansen mellom z-variablene for hvert selskap og det respektive referanseselskapet på følgende måte:

$$Z_i^* = Z_i - \sum_j \phi_{ij} Z_j \quad (3.4)$$

$Z^*$  er en  $I \times N$  matrise med z-variablene utledet fra likning 3.4. En  $I \times 1$  vektor for justerte effektivitetsscorer er gitt ved:

$$\theta^{corr} = \theta - Z^* \beta \quad (3.5)$$

Parameteren  $\beta$  i likning 3.5 er en  $N \times 1$  vektor av regresjonskoeffisienter, hentet fra regresjonen hvor effektivitetsscorene fra trinn 1 ( $\theta$ ) regresseres på  $Z^*$ . Regresjonskoeffisientene er negative (NVE, 2018), hvilket tilsier at en positiv differanse mellom z-variablene, gir selskapet høyere effektivitetsscore. På den måten benytter NVE z-variablene til å justere selskapenes effektivitetsscorer (Amundsveen et al., 2014). Hvis et selskap har dårligere forutsetninger, i form av høyere z-verdier sammenlignet med referanseselskapet, vil effektivitetsscoren justeres opp. Tilsvarende vil et selskaps effektivitetsscore justeres ned hvis de har mer gunstige forhold, sammenlignet med referanseselskapet.

Tabell 3.1 gir en oversikt over variablene som inngår i de ulike trinnene i DEA-analysen.

**Tabell 3.1:** Variabler i trinn 1 og trinn 2

Trinn 1: DEA-modell
Antall kilometer høyspentnett
Antall nettstasjoner
Antall abonnenter
Trinn 2: Regresjoner
Andel jordkabler
Andel luftlinjer i barskog med høy og særs høy bonitet
Geo1: Helning, småkraft og andel luftlinjer i løvskog
Geo2: (Referansevind/Kystvind), antall øyer og andel sjøkabel
Geo3: Snø, mørketid, islast og temperatur

### 3.2.3.3 Trinn 3: Kalibrering av kostnadsnorm

I trinn 3 kalkuleres kostnadsnormen ved at de korrigerede effektivitetsscorene fra trinn 2 multipliseres med kostnadsgrunnlaget for hvert selskap:

$$K_i^* = K_i \cdot \theta_i^{corr} \quad (3.6)$$

Det er kun de mest effektive selskapene som vil ha en kostnadsnorm som er lik eller høyere enn kostnadsgrunnlaget, og dermed få fullstendig dekket sine kostnader (Amundsveen og Kvile, 2015). For at bransjen som helhet skal få dekket sine kostnader, kalibrer NVE kostnadsnormen slik at den blir lik totale kostnader i bransjen. Differansen mellom kostnadsnormen og kostnadsgrunnlaget blir distribuert tilbake til hvert selskap, basert på selskapenes andel av det samlede avkastningsgrunnlaget i bransjen:

$$K_i^{**} = K_i^* + \left( \sum K_i - \sum K_i^* \right) \cdot \frac{AKG_i}{\sum AKG_i} \quad (3.7)$$

Kalibreringen resulterer i at bransjen totalt sett vil få en avkastning på investert kapital lik NVEs referanserente (Amundsveen og Kvile, 2015). Videre betyr det at et gjennomsnittlig effektivt selskap vil oppnå en avkastning lik referanserenten, mens et selskap som er over gjennomsnittlig effektivt vil oppnå en avkastning høyere enn referanserenten. Tilsvarende vil et selskap som er under gjennomsnittet oppnå en avkastning lavere enn referanserenten. NVE har en forskrift om at selskapene skal ha en minimumsavkastning lik null prosent beregnet over fem år (Reiten et al., 2014). Minimumsavkastningen sikrer derfor at selskapene ikke skal gå med tap over tid.

Kalibreringen er også en mekanisme for å dempe alderseffekten i modellen (Amundsveen og Kvile, 2015). Siden NVE benytter bokførte verdier, og ettersom alderen på et selskaps eiendeler påvirker størrelsen på totale kostnader, introduseres det en alderseffekt. Resultatet er at effektivitetsscoren både reflekterer ineffektivitet og kapitalens alder. For å redusere alderseffekten i trinn 1, bruker NVE avkastningsgrunnlaget som en fordelingsnøkkel i kalibreringen. I trinn 1 er et høyt avkastningsgrunnlag en ulempe, mens det i trinn 3 er fordelaktig.

Kalibreringen reduserer usikkerhet knyttet til å bruke en modell for å beregne inntektrammer (Amundsveen og Kvile, 2015). Slik Bjørndal et al. (2010) påpeker, kan det virke noe urimelig at bransjens totale inntekt skal være avhengig av ulike modellspesifikasjoner. Ved at NVE benytter en kalibrering, vil bransjens totale inntekt være uavhengig av hvilken modell som benyttes. Kalibreringen kan anses som en måte å gi ineffektiviteten i bransjen tilbake til selskapene. Likevel må selskapene holde tritt med den gjennomsnittlige utviklingen i bransjen for å kunne opprettholde et visst avkastningsnivå. Derfor har de fortsatt sterke insentiver til å redusere sine kostnader.

Helt til slutt justeres kostnadsnormen for å utligne effekten av tidsetterslepet fra regnskapstallene (NVE, 2018). Eksempelvis blir kostnadsnormen for beregning av inntektsrammer i 2019 rekalkulert for avviket mellom bransjens faktiske kostnader i 2017, og kostnadsgrunnlaget i 2017. Kapitalkostnader holdes utenfor dette regnestykket da disse ikke har tidsetterslep. Inntektsrammen til hvert selskap kan nå beregnes ved at kostnadsnormen settes inn i formel 3.1.

### 3.2.4 Referanserenten

NVE benytter seg av en risikojustert referanserente, heretter omtalt som referanserenten (NVE, 2014). Referanserenten definerer hva som er rimelig avkastning for et gjennomsnittlig effektivt selskap i bransjen, og NVE skal regulere nettselskapene slik at de samlet oppnår en avkastning lik referanserenten over tid (Pöyry Management Consulting og Menon Economics, 2017). For å beregne renten benyttes en WACC-modell <sup>2</sup>. Beregningen av referanserenten er forskriftsfestet, og er basert på følgende formel:

$$r = (1 - G) \frac{Rf + Infl + \beta_e \cdot MP}{1 - s} + G \cdot (Swap + KP) \quad (3.8)$$

Tabell 3.2 gir en oversikt over de faste og variable parameterne som inngår i beregning av referanserenten.

**Tabell 3.2:** Faste og variable parametere

Faste parametere	Beskrivelse
$G$	Fast gjeldsandel, fastsatt til 60%.
$Rf$	Fast risikonøytral realrente, fastsatt til 1,5%.
$\beta_e$	Egenkapitalbeta, fastsatt til 0,875.
$MP$	Fast markedspremie, fastsatt til 5%.
$s$	Skattesats gjeldende for nettselskaper, 23%.
Variable parametere	Beskrivelse
$Infl$	Årlig justering for inflasjon.
$Swap$	Årlig gjennomsnitt av femåring swaprente.
$KP$	Årlig gjennomsnittlig bransjespesifikk kredittrisiko-premie.

Inflasjonen beregnes som gjennomsnittet av faktisk inflasjon de to siste årene, og anslått inflasjon for de to neste årene, basert på data fra SSB (NVE, 2018). Kredittrisiko-premien

<sup>2</sup>Weighted Average Cost of Capital. Norsk: Vektet gjennomsnittlig kapitalkostnad.

fremkommer av spreaden mellom femårige kraftobligasjoner og femårige swaprenter. Kraftobligasjonene som benyttes skal tilhøre kraftselskaper med god kredittkvalitet.

De faste parameterne er fastsatt innenfor en reguleringsperiode, mens de variable parameterne estimeres i forkant av hvert år i forbindelse med varsling av inntektsrammene. Endelig fastsettelse av de variable parameterne skjer når de faktiske størrelsene er kjent ved utgangen av året.

## 4 Korrigering for rammevilkår

I dette kapitlet vil vi diskutere hvorfor det er viktig å kontrollere for eksterne faktorer som kan påvirke produksjonsteknologien, og dermed den effektive fronten. Det finnes flere tilnærminger som tar hensyn til dette, deriblant den norske reguleringsmodellen. Videre vil vi presentere to alternative tilnærminger, Betinget DEA (engelsk: Conditional DEA) og Reversert DEA (engelsk: Reversed DEA).

### 4.1 Bakgrunn for rammevilkårskorrigerings

De siste tiårene har det vært et økt fokus på å forklare hvorfor det er forskjeller i effektivitet mellom selskapene (Daraio og Simar, 2007a). Ideen er å knytte effektivitetsanalyse til eksterne faktorer som påvirker operasjonelle forhold, men som ikke er under selskapets kontroll. Dette er faktorer som ikke kan betegnes som innsatsfaktorer eller oppgavevariabler, men som er relatert til produksjonsteknologien og derfor påvirker ytelsen til selskapet. Slike faktorer kan for eksempel være eierskapsform, konkurranse- og arbeidsforhold, men også geografiske forhold.

Det er i hovedsak to metoder som er blitt brukt for å inkludere eksterne faktorer i en effektivitetsanalyse (Daraio og Simar, 2005). Den første er en ett-trinns metode hvor eksterne faktorer inkluderes enten som innsatsfaktorer eller oppgavevariabler. Den andre metoden er en totrinnsmodell, hvor effektivitetsscorene regresseres på de eksterne variablene. Begge metodene har likevel ulemper fordi det må gjøres ulike antagelser på forhånd. Totrinnsmodellen bygger i tillegg på forutsetningen om separabilitet mellom eksterne variabler og produksjonsmulighetsområdet (Bădin et al., 2012). Det betyr at metoden kun blir korrekt dersom produksjonsteknologien til selskapene, og dermed den effektive fronten, er upåvirket av de eksterne variablene. Dersom forutsetningen er oppfylt vil det imidlertid ikke være nødvendig å korrigere for eksterne variabler. Men dersom forutsetningen ikke er oppfylt, vil ikke den effektive fronten estimeres korrekt, og effektivitetsscorene vil være av liten økonomisk interesse.

NVE benytter i dag en totrinnsmodell for å regulere inntekten til norske nettselskaper, som er beskrevet i kapittel 3. Effektivitetsscorene fra totrinnsmodellen brukes til å estimere en kostnadsnorm ( $K^*$ ) for hvert selskap. Kostnadsnormen representerer en effektiv kostnad,

ved at den sier noe om hvor effektivt et selskap er relativt til de andre selskapene. Ettersom kostnadsnormen er en del av grunnlaget for fastsettelsen av inntektsrammen, er det essensielt at kostnadsnormen blir estimert så nøyaktig som mulig. Hvor presist kostnadsnormen estimeres er relatert til eksterne faktorer (Shleifer, 1985), hvis de påvirker nettselskapenes operasjonelle forhold. Dersom eksterne faktorer påvirker selskapenes produksjonsteknologi, vil den effektive kostnaden variere mellom selskapene på grunn av heterogene forhold.

For norske nettselskaper kan heterogene forhold eksempelvis oppstå ved at noen selskaper drifter strømmnett i områder med mye skog (Amundsveen et al., 2014). Selskaper med slike forhold kan ha høyere kostnader knyttet til vedlikehold av luftlinjer, sammenlignet med selskaper i storbyer. Dersom de eksterne faktorene utgjør en kostnadsulempe, vil et selskap ha høyere produksjonskostnader for en gitt mengde, selv om det drifter effektivt (Daraio og Simar, 2005). Et selskap med en slik kostnadsulempe vil aldri kunne bli regnet som effektivt, sammenlignet med et selskap som ikke har denne kostnadsulempen. Hvis det ikke kontrolleres for eksterne faktorer som påvirker produksjonsteknologien, vil noen selskaper bli underkompensert ved at de måles mot en front som er umulig for selskapet å oppnå.

I en artikkel av Bjørndal et al. (2018) diskuteres det hvorvidt den norske modellen klarer å skille mellom effekten av eksterne faktorer og strukturell ineffektivitet<sup>3</sup> på produksjonsteknologien. Det kan derfor diskuteres om den norske modellen oppfyller forutsetningen om separabilitet. Dersom forutsetningen ikke er oppfylt, kan det medføre at effektivitetsscorene fanger opp flere effekter. Det kan igjen føre til en for høy eller lav kostnadsnorm, og en for høy eller lav inntektsramme.

---

<sup>3</sup>Strukturell ineffektivitet er dersom ineffektivitet skyldes andre faktorer enn operasjonell heterogenitet.

## 4.2 Betinget DEA

Betinget DEA er en alternativ tilnærming som tar høyde for påvirkningen fra eksterne faktorer (Daraio og Simar, 2005). Denne metoden krever derimot ikke at forutsetningen om separabilitet er oppfylt, og kan derfor estimere en effektiv front til tross for at eksterne faktorer påvirker produksjonsteknologien.

Metoden bygger på DEA-analyse, som er beskrevet i kapittel 2, men den estimerer et produksjonsmulighetsområde  $\Psi^z$  som er betinget av gitte verdier for de eksterne variablene. Det vil si at den begrenser observasjonssettet som produksjonsmulighetsområdet bygger på, altså referansesettet, til å være selskaper som har lignende verdier for  $z$ -variablene. Deretter gjøres en DEA-analyse med det begrensede referansesettet, og selskapene måles mot en effektiv front som tar hensyn til de heterogene forholdene.

Daraio og Simar (2005) presenterer en estimator for fordelingsfunksjonen til  $(X, Y)$  for gitte verdier av  $z$ . Fordelingsfunksjonen gir sannsynligheten for at et selskap som opererer på nivå  $(x, y)$ , kan bli dominert av andre selskaper som står ovenfor de samme geografiske forholdene  $z$ . Estimering av fordelingsfunksjonen krever en utjevningsteknikk, og det brukes en Epanechnikov kernel-estimator med beregnede båndbredder, slik som i Daraio og Simar (2005). Kernel-estimatoren  $K_h$  er definert som:

$$K_h = ((z_i - z_j)/h), \quad (4.1)$$

hvor  $z_i$  og  $z_j$  er vektorer av  $z$ -variabler for selskap  $i$  og referanseselskap  $j$ , og  $h$  er en vektor av beregnede båndbredder.

Det beregnes en båndbredde for hver  $z$ -variabel basert på minste kvadrats kryssvalidering (Hall et al., 2004). Båndbreddene er utjevningsparametere, og metoden beregner høye båndbredder for  $z$ -variabler som er irrelevante for å estimere fordelingen til  $y$ . Likedan beregner den båndbredder av konvensjonell størrelse for  $z$ -variabler som har betydning.<sup>4</sup> Deretter brukes båndbreddene til å estimere kernel-vektorer for alle selskapene. Dersom vi ser på et spesifikt selskap  $i$ , vil de resterende selskapene få positive kernel-vektorer hvis de har lignende geografiske forhold som selskap  $i$ , og dermed inkluderes i referansesettet. Hvis et

---

<sup>4</sup>Dersom båndbreddene er høye, vil påvirkningen fra  $z$ -variablene glattes ut i fordelingsfunksjonen. Dersom de er av konvensjonell størrelse, vil utjevningen være optimal for de relevante  $z$ -variablene.



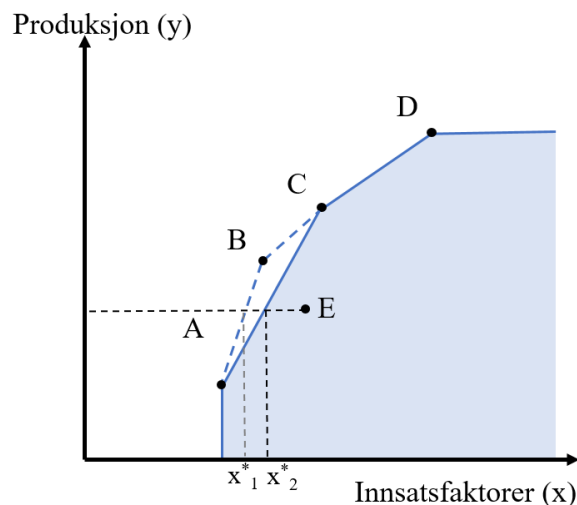
selskaps  $z$ -verdier er svært ulike fra selskap  $i$ , vil kernel-vekten bli 0 og selskapet ekskluderes fra referansesettet. Dermed blir selskap  $i$  kun sammenlignet med andre selskaper som har lignende geografiske forhold.

Estimering av effektivitetsscorer i Betinget DEA, under antagelsen om konstant skalautbytte, ble presentert av Daraio og Simar (2007b). Et estimat av effektivitetsscoren for selskap  $i$  er definert som:

$$\hat{\theta}_i = \min\{\theta \mid \theta x_i \geq \sum_{j|z_i-h \leq z_j \leq z_i+h} \lambda_j x_j, y_i \leq \sum_{j|z_i-h \leq z_j \leq z_i+h} \lambda_j y_j, \text{ og } \lambda_j \geq 0 \text{ for } j = 1, \dots, n\}, \quad (4.2)$$

hvor vektoren  $h \in \mathbb{R}^r$  representerer båndbreddene. For hver observasjon bestemmer båndbreddene intervallet for  $z$ -variabelene. Det er kun selskaper som har  $z$ -verdier innenfor intervallene, som blir med i de respektive referansesettene. Dermed sammenlignes selskapene kun med andre selskaper som har lignende verdier for  $z$ -variabelene.

Figur 4.1 viser et stilisert eksempel med fem selskaper, én innsatsfaktor og ett produkt. Selskap A, B, C og D er på den effektive fronten, mens selskap E ligger i produksjonsmulighetsområdet. I en modell uten rammevilkårskorrigering, vil optimal innsatsfaktorbruk for selskap E være  $x_1^*$ . I Betinget DEA er ikke B med i referansesettet til E, og det estimeres en effektiv front med det begrensede referansesettet. E ligger da nærmere den effektive fronten, og optimal innsatsfaktorbruk er  $x_2^*$ . E vil dermed få en høyere effektivitetsscore enn dersom det ikke ble korrigert for eksterne faktorer.



**Figur 4.1:** Betinget DEA

### 4.3 Reversert DEA

Reversert DEA er en annen tilnærming som tar hensyn til eksterne faktorer, og er basert på en metode av Barnum og Gleason (2008). Metoden forutsetter separabilitet mellom eksterne faktorer og produksjonsmulighetsområdet, men skiller seg fra NVEs totrinnsmodell ved at den korrigerer for eksterne faktorer før DEA-analysen. Det vil si at eksterne faktorer allerede er tatt hensyn til når fronten og effektivitetsscorene beregnes. Fordi totrinnsmodellen er kritisert for å ignorere effekten av eksterne faktorer i første trinn (Simar og Wilson, 2007), kan Reversert DEA være en alternativ tilnærming, ettersom dette ikke er et like fremtredende problem i Barnum og Gleason sin metode (Saastamoinen et al., 2017).

Metoden kan deles inn i to trinn:

1. I første trinn regresses hver oppgavevariabel på både innsatsfaktorene og z-variablene.
2. I andre trinn korrigeres oppgavevariablene med koeffisientene til z-variablene fra første trinn.

Videre brukes de justerte oppgavevariablene i en benchmarkingmodell.

Vi har i denne utredningen anvendt en lignende metode, spesifisert av Saastamoinen et al. (2017), der innsatsfaktoren korrigeres for eksterne faktorer. Modellen er spesifisert som en partiell lineær modell, hvor logaritmen av innsatsfaktoren er regressert på logaritmen av oppgavevariablene og z-variablene. I første trinn blir totale kostnader regressert på oppgavevariablene og z-variablene til selskap  $i$ . Matematisk er modellen bygd opp slik:

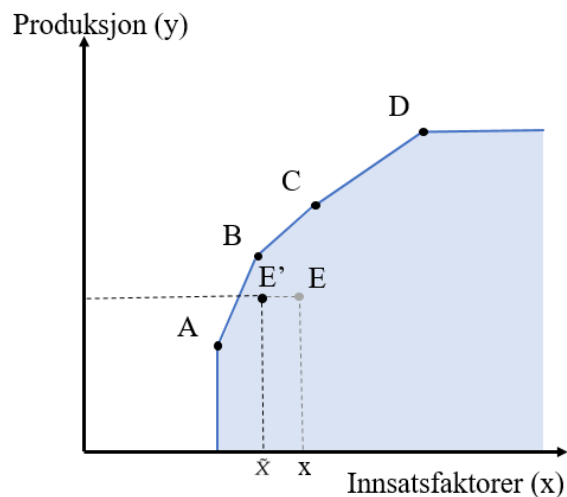
$$\ln(x_i) = \alpha + \hat{\mathbf{y}}_i' \boldsymbol{\theta} + \mathbf{z}_i' \boldsymbol{\delta} + \omega_i, \quad (4.3)$$

hvor vektoren  $\hat{\mathbf{y}}_i$  representerer de logaritmiske verdiene til oppgavevariablene for selskap  $i$ . z-variablene er gitt ved vektoren  $\mathbf{z}_i$ , med tilhørende koeffisientvektor  $\boldsymbol{\delta}$ . Koeffisienten til en z-variabel identifiserer effekten denne variabelen har på logaritmen av totale kostnader. I andre trinn korrigeres totale kostnader for eksterne faktorer:

$$\tilde{x}_i = \exp(\ln(x_i) - \mathbf{z}_i' \hat{\boldsymbol{\delta}}) = x_i \exp(-\mathbf{z}_i' \hat{\boldsymbol{\delta}}) \quad (4.4)$$

Variabelen  $\tilde{x}_i$  er justerte totale kostnader. Videre benyttes  $\tilde{x}_i$  som innsatsfaktor i en benchmarkingmodell med de opprinnelige oppgavevariablene som output-variabler.

Figur 4.2 viser et eksempel med fem selskaper, én innsatsfaktor og ett produkt. Selskap A, B, C og D er på den effektive fronten, mens selskap E er innenfor fronten og bruker  $x$  mengde innsatsfaktor. I en Reversert DEA korrigeres innsatsfaktorbruken til E ned til  $\tilde{x}$ . Slik får selskapet en ny sammensetning av innsatsfaktor og produksjon lik E', og kommer nærmere fronten. Selskapet får dermed en høyere effektivitetsscore. Tilsvarende vil selskaper som får oppjustert innsatsfaktorbruken, oppnå en lavere effektivitetsscore.



**Figur 4.2:** Reversert DEA

## 5 Modelloppbygning og deskriptiv statistikk

I dette kapittelet vil vi først gi en oversikt over de forenklingene som er gjort i dagens reguleringsmodell. Videre beskriver vi datagrunnlaget for utredningen, samt presenterer deskriptiv statistikk for variablene som inngår i modellen.

### 5.1 Forenklinger av dagens reguleringsmodell

Det er gjort en rekke justeringer av NVEs reguleringsmodell for å forenkle den. Justeringene gjør at analysen blir enklere og mer prinsipiell, og vil gi føringer for Betinget DEA og Reversert DEA. Videre vil vi gi en nærmere beskrivelse av hvilke endringer som er gjort.

Vi har valgt å bruke gjennomsnittlige totale kostnader som kostnadsgrunnlag og i kalibreringen. Det er en forenkling sammenlignet med NVEs reguleringsmodell, som benytter årsspesifikke kostnader både for kostnadsgrunnlaget og i kalibreringen. Vi antar at et gjennomsnitt fra perioden 2013 til 2017 er representativt for et typisk år. På grunn av justeringene vil effektivitetsscorene vi får ikke være identiske med de utarbeidet av NVE.

I NVEs modell måles totale kostnader i 2017 mot et femårig gjennomsnitt i beregning av effektivitetsscorer. Slik kan selskapene oppnå en effektivitetsscore høyere enn 1, ved at de har forbedret sin prestasjon sammenlignet med det femårige gjennomsnittet. Vi utelukker en slik sammenligning ettersom vi kun benytter gjennomsnittlige verdier. Videre skalerer NVE z-variabelen  $z_{geo2}$  med en kostnadsnorm basert på effektivitetsscorene fra trinn 1. Siden våre effektivitetsscorer er basert på gjennomsnittlige verdier, vil skaleringen resultere i at verdiene for variabelen varierer noe.

Vi har også utelukket recalibrering av kostnadsnormen ettersom det er irrelevant, da vi bruker femårig gjennomsnittlige verdier. Videre bruker NVEs reguleringsmodell bootstrapping i DEA-analysen for å korrigere for utvalgsfeil. Utvalgsfeil vil si at den faktiske effektiviteten blir overpredikert i områder av fronten hvor det er få observasjoner (Grammeltvedt et al., 2006). Vi har valgt å ikke bruke bootstrapping for å forenkle modellen, og effektivitetsscorene kan derfor være positivt forventningskjevne.

## 5.2 Datagrunnlag

I denne utredningen har vi benyttet data for norske nettselskaper hentet fra NVE. Datasettet består av regnskapsdata for perioden 2013 til 2017, og andre relevante tall som danner grunnlaget for DEA-analysene, kostnadsberegningene og kalkuleringen av inntektsrammer. Videre har vi valgt å se kun på distribusjonsselskaper. Vi anser denne begrensningen som hensiktsmessig ettersom kostnadsnormen beregnes forskjellig for distribusjonsnett og regionalnett. Derfor vil en analyse som inkluderer begge bli for omfattende for denne utredningen. I utredningen vil bransjen kun referere til distribusjonsselskaper, og ikke til bransjen som helhet.

Vi har også utelukket de selskapene som ifølge NVE skal holdes utenfor DEA-analysen eller som skal evalueres i en egen modell. For at et selskap skal utelukkes må det ha 0 i definert oppgavemengde<sup>5</sup>, eller store årlige variasjoner i data (NVE, 2019). For distribusjonsselskapene som skal evalueres i egen modell, er kriteriet færre enn 500 abonnenter og mindre enn 100 km høyspentnett. Fullstendig liste over selskaper som ikke inngår i analysen er oppført i appendiks A1. I analysen inkluderes data for 106 distribusjonsselskaper.

## 5.3 Innsatsfaktor og oppgavevariabler

Totale kostnader benyttes som innsatsfaktor i DEA-analysen og er kalkulert i henhold til den norske reguleringsmodellen. Variabelen er en femårig gjennomsnittlig kostnad basert på regnskapsdata fra perioden 2013 til 2017. For å forenkle modellen har vi utelukket fradrag for reallokerte kostnader til selskaper som drifter og eier distribusjonsnett og regionalnett.<sup>6</sup> Som en del av totale kostnader, har vi beregnet kapitalkostnader med utgangspunkt i referanserenten for 2017, som er 6,12%. Grunnlaget for beregning av nettapkostnader er en systempris på kraft for 2017, som er 289,54 kr/MWh. Både drift- og vedlikeholdskostnader og KILE-kostnader prisjusteres. I beregningen av totale kostnader er de historiske kostnadene prisjustert med 2017 som utgangspunkt. Videre har det ikke blitt gjort endringer av oppgavevariablene, og de samsvarer derfor med oppgavevariablene NVE benytter i sin reguleringsmodell.

---

<sup>5</sup>At et selskap har oppgavemengde lik null, betyr at selskapets oppgavevariabler er lik null.

<sup>6</sup>Kostnader knyttet til anlegg i grensesnitt mellom regional- og distribusjonsnett.

**Tabell 5.1:** Innsatsfaktor og oppgavevariabler

Variabel	Notasjon	Gj. snitt	Std. avvik	Min	Median	Maks
Totalt kostnader	$x$	136 321	268 093	10 604	49 500	2 138 250
Antall abonnenter	$y_{sub}$	28 070	76 790	1 053	7 126	690 020
Antall km høyspent	$y_{hv}$	956	1 645	59	384	11 714
Antall nettstasjoner	$y_{gs}$	1 204	2 366	62	388	17 745

\*Alle verdiene er gjennomsnittlig for perioden 2013-2017. Totale kostnader er vist i hele 1000.

Tabell 5.1 gir en oversikt over verdier for innsatsfaktoren og oppgavevariablene som benyttes i modellene. Alle variablene har spesielt høye maksverdier sammenlignet med medianen og gjennomsnittet, og tilhører Hafslund Nett AS. Selskapet har for eksempel nesten 700 000 abonnenter, hvor selskapet med nest høyest verdi for  $y_{sub}$  har rundt 200 000 abonnenter. Tilsvarende har Hafslund omtrent dobbelt så høyt femårig gjennomsnitt av totale kostnader, som selskapet med nest høyest verdi. De resterende selskapene har relativt sett likere verdier for de ulike variablene.

## 5.4 Eksterne variabler

I den norske reguleringsmodellen korrigeres effektivitetsscorene for forskjeller i geografiske forhold gjennom en regresjon med fem z-variabler. Tabell 5.2 viser deskriptiv statistikk for de fem z-variablene.

**Tabell 5.2:** Eksterne variabler

Variabel	Notasjon	Gj. snitt	Std. avvik	Min	Median	Maks
Andel jordkabler	$z_{hvugs}$	0,37	0,18	0,08	0,35	0,90
Andel luftlinjer i barskog	$z_{s4}$	0,12	0,10	0,00	0,12	0,39
Geo1	$z_{geo1}$	0,00	1,52	-2,07	-0,53	3,88
Geo2	$z_{geo2}$	0,00	1,52	-0,71	-0,47	11,91
Geo3	$z_{geo3}$	0,00	1,68	-2,54	-0,22	6,18

Variablene  $z_{hvugs}$  og  $z_{s4}$  er skalert slik at de får verdier mellom 0-1. Videre er  $z_{geo1}$ ,  $z_{geo2}$  og  $z_{geo3}$  satt sammen gjennom en faktoranalyse og har alle gjennomsnitt lik 0. Det kan være verdt å merke seg at  $z_{geo2}$  har en spesielt høy maksverdi på 11,91. Denne verdien tilhører Sandøy Energi AS, og er dobbelt så høy som selskapet med nest høyeste verdi for  $z_{geo2}$ .

### 5.4.1 Båndbredder

I Betinget DEA beregnes båndbredder for alle  $z$ -variablene. Båndbreddene må være stabile for at modellen skal gi stabile resultater. De vil derfor være avgjørende for om vi kan inkludere alle variablene i analysen. For å undersøke stabiliteten til båndbreddene, er de beregnet med ulike kombinasjoner av  $z$ -variablene gjentatte ganger. Det er de samme variablene som blir relevante hver gang, og det oppstår kun små variasjoner i båndbreddene for de begrensende variablene. For at denne analysen skal være mest mulig sammenlignbar med dagens reguleringsmodell, ønsker vi derfor å bruke de fem  $z$ -variablene som brukes i den norske modellen videre i vår analyse. De beregnede båndbreddene for Betinget DEA er vist i tabell 5.3.<sup>7</sup>

**Tabell 5.3:** Båndbredder

Variabel	Notasjon	Båndbredde
Andel jordkabler	$z_{hvugs}$	0,33
Andel luftlinjer i barskog	$z_{s4}$	0,11
Geo1	$z_{geo1}$	14 135 948
Geo2	$z_{geo2}$	51 705 144
Geo3	$z_{geo3}$	8,78

Variablene  $z_{geo1}$  og  $z_{geo2}$  får svært høye båndbredder, men holder seg relativt stabile på et høyt nivå. Det betyr likevel at disse  $z$ -variablene er irrelevante, fordi båndbreddene er for høye sett i sammenheng med verdiene for variablene i tabell 5.2.  $z_{geo3}$  har en lavere båndbredde, men vil tilsvarende ikke være begrensende fordi intervallet blir for stort i forhold til  $z$ -verdiene. På grunn av de høye båndbreddene, vil derfor ikke  $z_{geo1}$ ,  $z_{geo2}$  og  $z_{geo3}$  begrense referansesettene i Betinget DEA. De to resterende  $z$ -variablene har lave og stabile båndbredder, som betyr at det er  $z_{hvugs}$  og  $z_{s4}$  som vil påvirke referansesettene.

### 5.4.2 Koeffisienter

Tabell 5.4 gir en oversikt over koeffisientene til totrinnsmodellen og Reversert DEA. I Betinget DEA gjøres det ikke en regresjon og derfor er det ingen koeffisienter knyttet til modellen.

<sup>7</sup>De beregnede båndbreddene er skalert slik at de kan sammenlignes med de respektive  $z$ -variablene i tabell 5.2. For en Epanechnikov kernel-estimator er skaleringsfaktoren  $\sqrt{5}$ .

Tabell 5.4: Koeffisientene til de eksterne variablene

Variabel	Notasjon	Tottrinnsmodellen	Reversert DEA
Andel jordkabler	$z_{hvugs}$	-0,2247 **	0,2663 *
Andel luftlinjer i barskog	$z_{s4}$	-0,4377 ***	0,3477 *
Geo1	$z_{geo1}$	-0,0409 ***	0,0463 ***
Geo2	$z_{geo2}$	-0,0503 ***	0,0534 ***
Geo3	$z_{geo3}$	-0,0156 .	0,0096

\*Signifikansnivå: 0 '\*\*\*\*', 0,001 '\*\*\*', 0,01 '\*\*', 0,05 '.'

I tottrinnsmodellen sammenlignes z-verdiene til selskap  $i$  med z-verdiene til referanseselskap  $j$ , som definert i formel 3.4. Differansene mellom z-verdiene multipliseres deretter med de tilhørende koeffisientene. Effektivitetsscorene får dermed en mer betydelig korrigeringsfaktor jo større differansene er. Fordi alle koeffisientene i tottrinnsmodellen er negative, følger det av formel 3.5, at effektivitetsscoren justeres opp dersom selskap  $i$  har en større z-verdi enn referanseselskapet. Tilsvarende vil effektivitetsscoren justeres ned dersom referanseselskap  $j$  har en større z-verdi enn selskap  $i$ .

I Reversert DEA er alle koeffisientene positive. Dermed vil positive z-verdier gi et positivt produkt av koeffisientene og z-verdiene. På grunn av definisjonen i formel 4.4, vil totale kostnader justeres ned, som medfører at effektivitetsscoren justeres opp i DEA-analysen. Det betyr at jo høyere positive z-verdier, desto mer betydelig blir effektivitetsscorene justert opp. Variablene  $z_{hvugs}$  og  $z_{s4}$  har utelukkende positive verdier, men  $z_{geo1}$ ,  $z_{geo2}$  og  $z_{geo3}$  har også negative verdier, som kan gi en økning i totale kostnader og dermed en lavere effektivitetsscore.



## 6 Analyse

I dette kapittelet sammenlignes en forenklet totrinnsmodell, Betinget DEA og Reversert DEA. Først vil vi gjøre en sammenligning av den forenklete totrinnsmodellen og NVEs modell. Deretter vil vi analysere hvordan valg av modell påvirker selskapene på hvert nivå. Modellene tar hensyn til rammevilkår på ulike måter, som påvirker valg av referanseselskaper. Referanseselskapene danner den effektive fronten, som medfører at modellene estimerer ulike effektivitetsscorer for selskapene. Effektivitetsscorene danner grunnlaget for selskapenes kostnadsnorm, som videre påvirker selskapenes inntektsramme og avkastning.

### 6.1 Validering av forenklet totrinnsmodell

For at den forenklete totrinnsmodellen skal være representativ for NVEs modell i videre analyser, er en validering av modellen ønskelig. Det er derfor nødvendig å sammenligne resultatene fra de to modellene. Fordi den forenklete totrinnsmodellen kalibrerer med en annen kostnadsverdi, sammenlignes den med NVEs modell før kalibrering.

Kostnadsvektet gjennomsnitt av effektivitetsscore er et mål på hvor effektiv bransjen anses å være på aggregert nivå.<sup>8</sup> En sammenligning av kostnadsvektet gjennomsnitt for de to modellene demonstrerer hvordan modellene påvirker bransjen som helhet. NVEs modell får et kostnadsvektet gjennomsnitt lik 88,3%, sammenlignet med 86,5% i den forenklete totrinnsmodellen. Det betyr at bransjen anses å være mer effektiv under NVEs modell. En av grunnene til dette kan være at NVEs modell tillater effektivitetsscorer høyere enn 1 i DEA-analysen, noe den forenklete modellen ikke gjør.

**Tabell 6.1:** Differanse i effektivitetsscorer mellom NVEs modell og den forenklete totrinnsmodellen

Min	P25	Median	Gj. snitt	P75	Max
0,0001	0,013	0,026	0,035	0,049	0,270

Tabell 6.1 viser differansen i effektivitetsscorene mellom modellene. Maksverdien, på 27%, er relativt høy, og videre undersøkelser viser at tre selskaper har en differanse som er

<sup>8</sup>Kostnadsvektet gjennomsnitt av effektivitetsscore beregnes ved  $K^*/K$ .

høyere enn 10%. De tre selskapene det gjelder er Fitjar Kraftlag SA, Sandøy Energi AS og Klepp Energi AS. For å validere modellen er det nødvendig å avdekke hvorfor de tre selskapene har slike store avvik.

Avviket for Klepp Energi oppstår fordi selskapet har en høy reallokert kostnad, ettersom de også drifter og eier regionalnett. Dette er et fradrag vi har utelatt i vår beregning av den totale kostnaden, noe som resulterer i at kostnaden til selskapet blir høyere i vår modell. En høyere kostnad reduserer selskapets effektivitetsscore, og resulterer i en differanse på over 10%. Avviket for Fitjar Kraftlag og Sandøy Energi er sannsynligvis et resultat av de justeringene som er gjort for å forenkle og generalisere modellen. I begge modellene har disse selskapene størst effekt av rammevilkårskorrigerings. Derfor skyldes de store avvikene antageligvis at disse selskapene blir mest påvirket av forskjellene i modellene.

Videre illustrerer tabellen at den gjennomsnittlige differansen for effektivitetsscorene er 3,5%, og at 75% av selskapene har en differanse som er mindre enn eller lik 4,9%. På bakgrunn av forklaringene gitt ovenfor, anser vi differansen som akseptabel, og antar at den forenklede totrinnsmodellen er representativ for NVEs modell. Den forenklede totrinnsmodellen vil videre kun omtales som totrinnsmodellen.

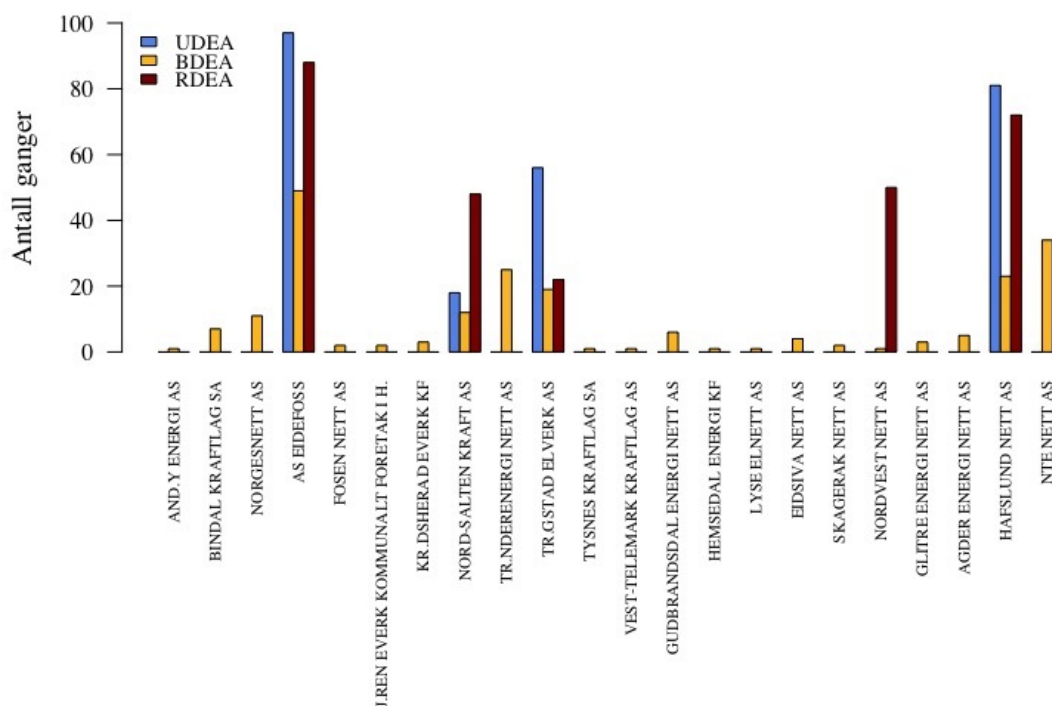
## 6.2 Referansesett og referanseselskaper

Et referansesett er i denne utredningen definert som alle observasjonene som inngår i DEA-analysen til hvert selskap. I Ubetinget og Reversert DEA er referansesettet det samme som observasjonssettet, og alle 106 selskapene er inkludert. I Betinget DEA varierer referansesettet til hvert selskap ettersom det begrenses av z-variablene. Produksjonsmulighetsområdet estimeres basert på observasjonene, og selskapene som danner den effektive fronten defineres som referanseselskaper. I dette avsnittet sammenlignes referansesettene og referanseselskapene mellom Ubetinget, Betinget og Reversert DEA. Ubetinget DEA tilsvare trinn 1 i totrinnsmodellen, og derfor vil totrinnsmodellen ha samme referanseselskaper som i Ubetinget DEA.

### 6.2.1 Modellene påvirker valg av referanseselskaper

Modellene korrigerer for z-variablene på ulike måter. Det resulterer i at hvilke selskaper som blir referanseselskaper varierer i noen tilfeller. Enkelte hovedforskjeller er verdt å merke seg.

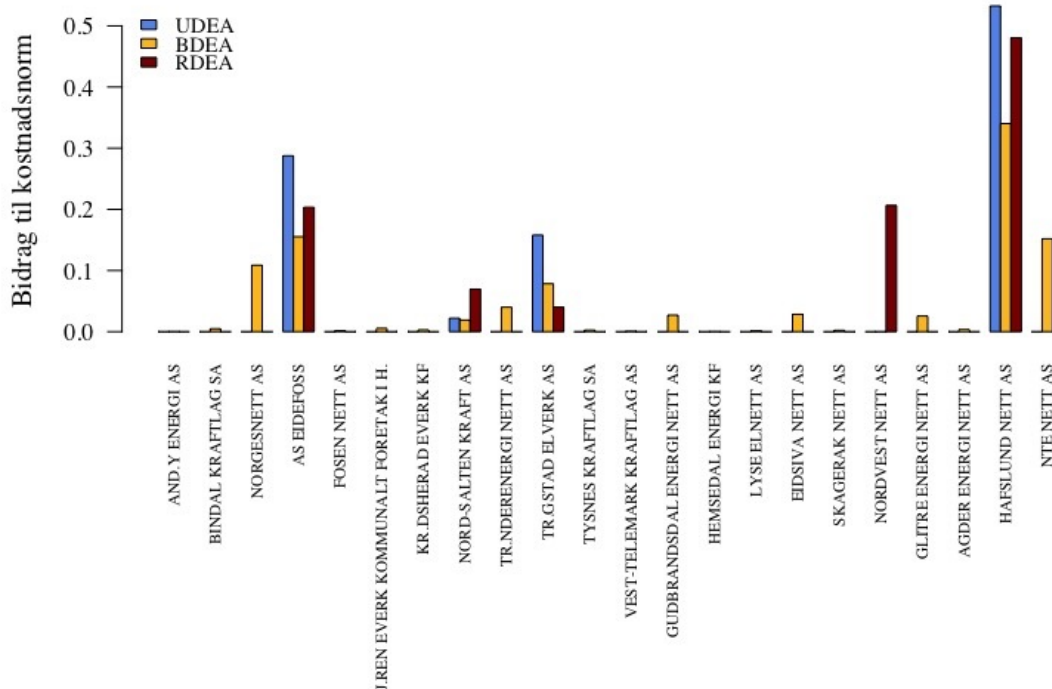
Reversert DEA korrigerer innsatsfaktoren totale kostnader før DEA-analysen, noe som kan påvirke valg av referanseselskaper. I denne analysen justeres totale kostnader opp for syv selskaper, mens de andre får nedjustert totale kostnader. Totrinnsmodellen skiller seg fra Reversert DEA ved at den korrigerer effektivitetsscorene for z-variablene i trinn 2, etter DEA-analysen. Det betyr at korrigeringen ikke påvirker valg av referanseselskaper. Videre skiller Betinget DEA seg ut ved at modellen bruker et begrenset antall observasjoner i DEA-analysen. Det forventes at effektivitetsscorene i Betinget DEA vil være noe høyere sammenlignet med Ubetinget DEA, fordi det benyttes begrensede referansesett. Videre vil vi undersøke hvordan forskjellig korrigering av z-variablene påvirker valg av referanseselskaper.



**Figur 6.1:** Referanseselskaper i modellene

Figur 6.1 gir en oversikt over hvilke selskaper som er referanseselskaper i de tre modellene, og antall ganger de opptrer som referanseselskaper. Det er tydelig at noen selskaper skiller seg ut i alle modellene. I Ubetinget DEA er det fire selskaper som danner den effektive fronten; Eidefoss AS, Nord-Salten Kraft AS, Trøgstad Elverk AS og Hafslund Nett AS. I Reversert DEA er de samme selskapene referanseselskaper, i tillegg til Nordvest Nett AS. Disse to modellene er derfor relativt like med hensyn til hvilke selskaper som er

referanseselskaper. Dette følger av at alle selskapene er med i referansesettene i Ubetinget DEA og Reversert DEA. Derfor vil det være de samme selskapene som danner den effektive fronten og er referansepunkt for de resterende selskapene. Betinget DEA finner også at de samme selskapene er effektive, men skiller seg spesielt ut ved at modellen i tillegg har flere andre referanseselskaper. Dette viser at selskapene som vanligvis opptrer som referanseselskaper er for forskjellig i z-variablene i noen tilfeller. Det vil si at deres geografiske forhold er for ulike til at selskapene inkluderes i referansesettet. Betinget DEA finner derfor andre referanseselskaper for gitte verdier av z-variablene.



**Figur 6.2:** Referanseselskapenes bidrag til kostnadsnorm

Referanseselskapene blir vektet ulikt avhengig av hvor mye de bidrar i beregningen av kostnadsnormen. Figur 6.2 viser en oversikt over andelen hvert referanseselskap bidrar med i beregningen av kostnadsnormen, totalt sett for bransjen. Referanseselskapenes vekt summeres til 1 for hver modell. Figuren viser et litt annet bilde enn oversikten i figur 6.1. Eidefoss AS er referanseselskap i flest tilfeller i alle tre modellene, men har en lavere samlet vekt enn Hafslund Nett AS. Totalt sett for bransjen, bidrar Hafslund Nett AS mest i alle tre modellene. I Ubetinget og Reversert DEA bidrar selskapet med henholdsvis 53,25% og 48,05%, mens det i Betinget DEA bidrar med 34,02%.

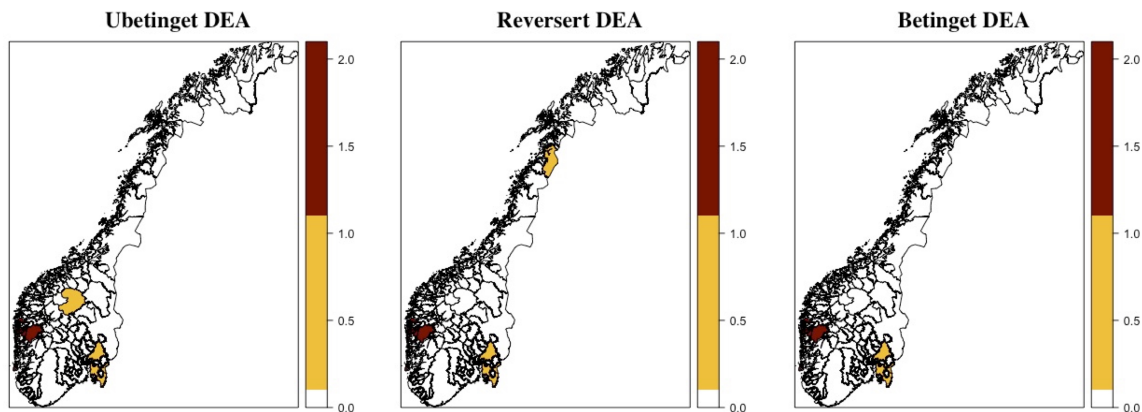
Andre selskaper som bidrar med over 15% i Ubetinget DEA, er Eidefoss AS og Trøgstad Elverk AS. I Betinget DEA er det mange selskaper som bidrar med en liten andel, men Norgesnett AS, Eidefoss AS og NTE Nett AS skiller seg ut med en andel på over 10%. I Reversert DEA bidrar både Eidefoss AS og Nordvest Nett AS med omtrent 20% hver. En fullstendig oversikt finnes i appendiks A2. Resultatene viser at modellene har likhetstrekk ved at de alle tillegger Hafslund Nett AS og Eidefoss AS spesielt høy vekt i beregningen av kostnadsnorm. Betinget DEA skiller seg fortsatt ut ved at den vektlegger flere selskaper, men de fleste får lave vekter.

**Tabell 6.2:** Antall selskaper som får identiske referanseselskaper i de tre modellene

	Identiske referanseselskaper				
	0	1	2	3	Gj. snitt
UDEA & BDEA	33	49	20	4	0,95
BDEA & RDEA	35	54	17	0	0,83
UDEA & RDEA	1	18	87	0	1,81

Som diskutert ovenfor, får flere selskaper ulike referanseselskaper i modellene. Tabell 6.2 viser en sammenligning av hvor mange selskaper som får identiske referanseselskaper i de tre modellene. Antall referanseselskaper for hvert selskap avhenger av antall input- og output-variabler i modellen (Bogetoft og Otto, 2011), som i denne analysen er totalt fire. Modellene i denne utredningen kan derfor ha opptil tre referanseselskaper for hvert selskap, men flere selskaper har kun ett eller to. Det er kun i Ubetinget DEA og Betinget DEA at fire selskaper får tre identiske referanseselskaper. Likevel er gjennomsnittet av antall identiske referanseselskaper for disse to modellene 0,95. Det betyr at de fleste selskapene måles mot en annen effektiv front i Betinget DEA, enn i Ubetinget DEA. Det samme gjelder for en sammenligning av Betinget DEA og Reversert DEA. Videre opptrer ofte de samme selskapene som referanseselskaper i Ubetinget DEA og Reversert DEA, som ble illustrert ovenfor i figur 6.1. Gjennomsnittet for disse modellene er derfor betraktelig høyere på 1,81, og hele 87 selskaper har to identiske referanseselskaper. Dette gjør at langt flere selskaper måles mot en likere effektiv front i Ubetinget DEA og Reversert DEA.

Det er korrigeringen for geografiske forhold som resulterer i at modellene får ulike referanseselskaper. En geografisk sammenligning av referanseselskapene kan derfor være interessant. Figur 6.3 viser et Norgeskart med BKK Nett AS markert i rødt og referanseselskapene markert i gult for de tre modellene.



**Figur 6.3:** Referanseselskapene til BKK Nett AS i de tre modellene

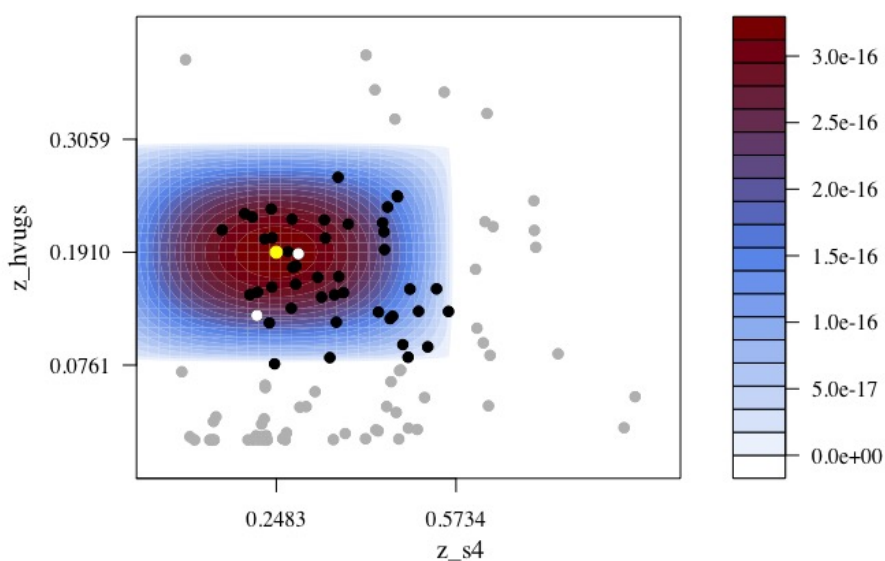
BKK Nett AS er en av de største distributørene av energi på Vestlandet, og drifter strømmettet i Bergen og omegn. Området er preget av mange øyer og kystklima. Hafslund Nett AS er referanseselskap i alle modellene. I likhet med BKK, er Hafslund et stort selskap lokalisert langs kysten. I Ubetinget DEA er også Eidefoss AS, som drifter deler av strømmettet i Innlandet, et referanseselskap. Nord-Salten Kraft AS er et referanseselskap i Reversert DEA og er lokalisert i Nordland. Det er et betydelig mindre selskap og ligger lengre nord, men det har i likhet med BKK en del kyst. I Betinget DEA er Trøgstad Elverk AS referanseselskap. Dette er et lite selskap som kun leverer strøm til sin egen kommune, og som er lokalisert ved siden av området som er driftet av Hafslund. Hafslund eier for øvrig 49% av selskapet (Trøgstad Elverk AS, 2019). Det ser ikke ut til at selskapenes lokasjon har stor betydning for valg av referanseselskaper, og derfor er det sannsynligvis andre faktorer som er mer avgjørende.

### 6.2.2 Hvorfor modellene får ulike referanseselskaper

For å se nærmere på hvorfor modellene gir ulike referanseselskaper, tar vi utgangspunkt i ett selskap som får ulike referanseselskaper i alle tre modellene. Austevoll Kraftlag SA har Eidefoss AS, Trøgstad Elverk AS og Hafslund Nett AS som referanseselskaper i Ubetinget DEA. I Reversert DEA får Austevoll nesten samme referanseselskaper som i Ubetinget DEA, bortsett fra at Trøgstad Elverk AS er byttet ut med Nordvest Nett AS. Det kan skyldes at Trøgstad er ett av syv selskaper som får oppjustert totale kostnader, i motsetning til Nordvest, som får nedjustert totale kostnader med nesten 15%. Nordvest vil derfor framstå mer effektivt i Reversert DEA enn i Ubetinget DEA, og blir dermed et

referanseselskap. For Austevoll er da Nordvest et mer nærliggende referansepunkt enn Trøgstad.

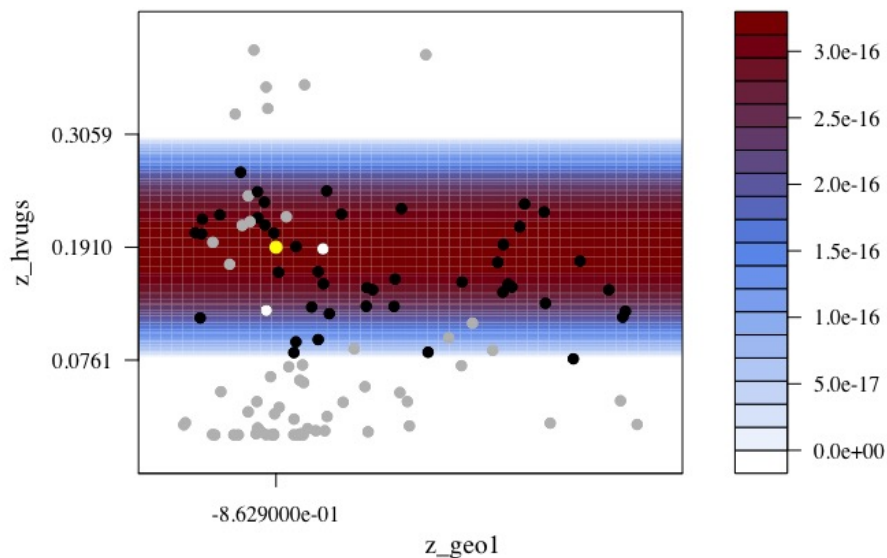
I Betinget DEA begrenses referansesettet til Austevoll av z-variablene. Det beregnes en effektiv front med det begrensede referansesettet, og Agder Energi Nett AS og NTE Nett AS blir referanseselskaper.



**Figur 6.4:** Variablene  $z_{hvugs}$  og  $z_{s4}$  begrenser referansesettet til Austevoll Kraftlag SA

Betinget DEA begrenser referansesettet til Austevoll ved hjelp av båndbreddene til de begrensende z-variablene,  $z_{hvugs}$  og  $z_{s4}$ . For å illustrere dette, er Austevoll indikert ved det gule punktet i figur 6.4. Referanseselskapene Agder Energi og NTE er indikert ved hvite punkter. Det fargede området representerer kombinasjoner av de to z-variablene som gir positive kernel-vektorer for Austevoll. Det betyr at andre selskaper som har en z-verdi i intervallet  $[-0,0768, 0,5734]$  for  $z_{s4}$  og  $[0,0761, 0,3059]$  for  $z_{hvugs}$ , vil bli med i referansesettet. Det er 47 selskaper, illustrert ved de svarte punktene, som har positive kernel-vektorer og blir en del av referansesettet. De grå punktene er de resterende selskapene som blir holdt utenfor DEA-analysen. Hafslund har en  $z_{hvugs}$  verdi på 0,7176 og Eidsvoll har en  $z_{s4}$  verdi på 0,0161, og derfor blir begge ekskludert fra referansesettet. Trøgstad har imidlertid z-verdier som er innenfor Austevolls intervaller for begge z-variablene. Likevel

blir ikke Trøgstad et av referanseselskapene til Austevoll fordi det estimeres en ny effektiv front med det begrensede referansesettet. Med den nye fronten, blir ikke Trøgstad lenger et av de nærmeste referansepunktene til Austevoll.



**Figur 6.5:** Variabelen  $z_{geol}$  bergenser ikke referansesettet til Austevoll Kraftlag SA

Figur 6.5 illustrerer hvordan  $z_{geol}$  ikke begrenser referansesettene. Austevoll har en verdi for  $z_{geol}$  på  $-0,8629$ , men fordi båndbredden for denne variabelen er på mange millioner, vil alle selskaper falle innenfor dette intervallet. Derfor vil ikke verdien for  $z_{geol}$  påvirke hvilke selskaper som blir med i referansesettet til Austevoll.

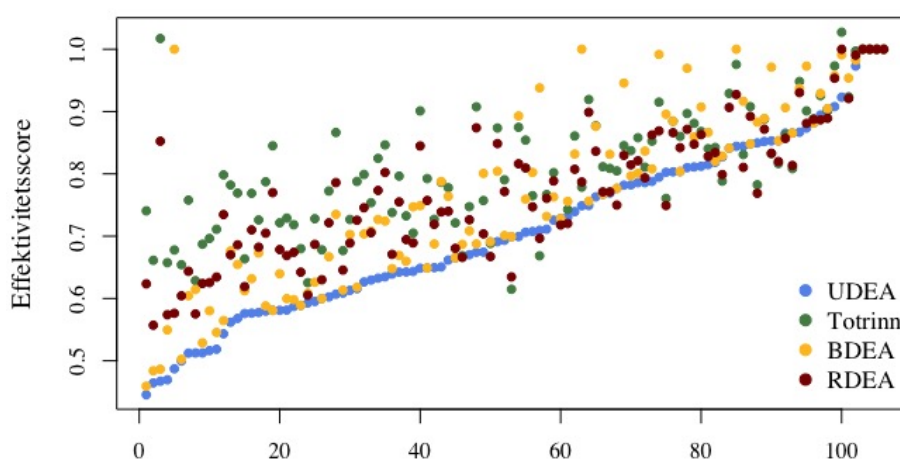
En ulempe i Betinget DEA, er at dersom et selskap har spesielt høye eller lave verdier for de begrensende z-variablene, er det få eller ingen selskaper som kan bli en del av referansesettet. Det medfører at selskapet sammenlignes med svært få andre selskaper, og blir enten en del av den effektive fronten, eller ligger svært nærme den. Da blir selskapet estimert til å være mer effektivt enn i de to andre modellene. En fullstendig oversikt over antall selskaper i referansesettene i Betinget DEA finnes i appendiks A3. I vårt tilfelle er det seks selskaper som har ni eller færre selskaper i referansesettet. Disse har i gjennomsnitt økt effektivitetsscoren med 24 prosentpoeng. Ekstremtilfellet er Tysnes Kraftlag SA som har en relativt høy verdi for  $z_{s4}$  og en lav verdi for  $z_{hvugs}$ . Det gjør at ingen andre selskaper



blir en del av referansesettet, og Tysnes måles kun mot seg selv. Selskapet går fra å ha en effektivitetsscore på 0,49 i Ubetinget DEA, til 1,00 i Betinget DEA. Dette gir åpenbart et feilaktig bilde av selskapets effektivitet, og bør tas i betraktning dersom modellen skal benyttes videre.

### 6.3 Effektivitetsscore

Benchmarkingmodellene estimerer en effektivitetsscore for hvert selskap. Som diskutert i avsnitt 6.2, varierer referanseselskapene mellom modellene, som resulterer i at effektivitetsscorene estimeres ulikt. I denne delen vil vi forsøke å forklare hvilke effekter som gjør at effektivitetsscorene varierer, og hvor stor påvirkning z-variablene har. Til slutt ser vi på forholdet mellom modellene.



**Figur 6.6:** Effektivitetsscore for alle selskapene i de fire modellene

I figur 6.6 er alle effektivitetsscorene illustrert, sortert på effektivitetsscorene fra Ubetinget DEA. Effektivitetsscorene fra de fire modellene varierer for de fleste selskapene, men følger stort sett samme økende trend. Selskapene får en høyere effektivitetsscore etter at det er korrigert for z-variablene, med unntak av noen selskaper i totrinnsmodellen og Reversert DEA. Effektivitetsscorene fra totrinnsmodellen og Reversert DEA ser og ut til å ligge for det meste over effektivitetsscorene fra Betinget DEA til venstre i figuren, men mot høyre er det mer uforutsigbart.

**Tabell 6.3:** Effektivitetsscorer før kalibrering

	Min	P25	Median	Gj. snitt	P75	Max	Std. avvik	Vektet gj.snitt
UDEA	0,445	0,604	0,699	0,711	0,812	1,000	0,136	0,806
Totrinns	0,615	0,730	0,799	0,808	0,874	1,027	0,098	0,865
BDEA	0,459	0,656	0,761	0,767	0,884	1,000	0,144	0,850
RDEA	0,557	0,687	0,771	0,772	0,848	1,000	0,108	0,844

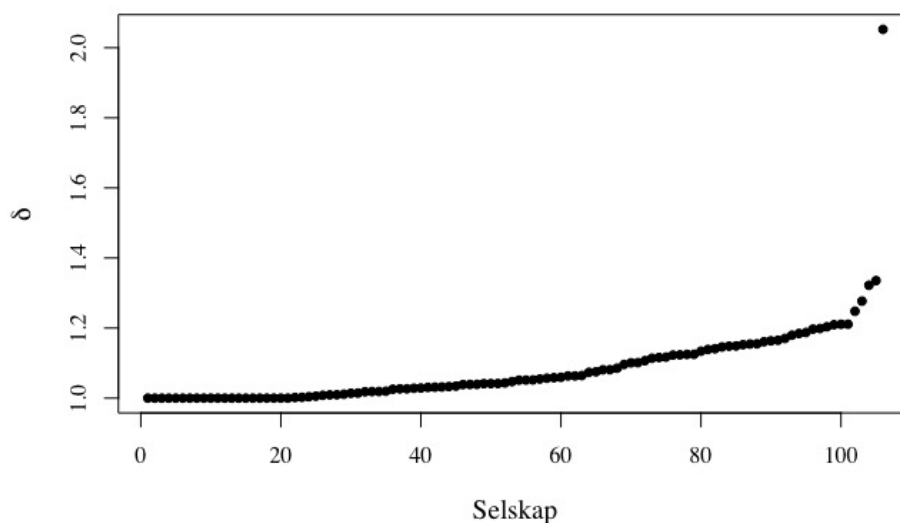
Tabell 6.3 viser deskriptiv statistikk for effektivitetsscorene før kalibrering. Vektet gjennomsnitt er kostnadsvektet gjennomsnitt av effektivitetsscoren for hele bransjen. Totrinnsmodellen har høyest kostnadsvektet gjennomsnittet, lik 86,5%, som indikerer at totale kostnader i bransjen kan reduseres med 13,5%. For Betinget DEA og Reversert DEA kan i utgangspunktet totale kostnader reduseres med henholdsvis 15% og 15,6%.

Ubetinget DEA korrigerer ikke for z-variablene og gir de laveste effektivitetsscorene. For medianselskapet skiller det seks prosentpoeng i effektivitetsscore mellom Ubetinget og Betinget DEA. Fordi medianselskapet får lavere effektivitetsscore i Ubetinget DEA enn i Betinget DEA, betyr det at selskapet har lengre avstand til den effektive fronten i Ubetinget DEA. Det er på bakgrunn av at i Betinget DEA sammenlignes selskaper som har tilsvarende geografiske forhold, mens i Ubetinget sammenlignes alle selskapene i bransjen. Når det tas hensyn til forskjeller i z-variablene, er medianselskapet nærmere fronten. Det indikerer at Ubetinget DEA ikke tar hensyn til faktorer som flytter den effektive fronten, og medianselskapet blir målt mot en uoppnåelig front. Effektivitetsscorene fra Ubetinget DEA tilsvarer trinn 1 i tottrinnsmodellen. Tottrinnsmodellen har ytterligere høyere effektivitetsscorer enn Betinget DEA, som kan indikere at tottrinnsmodellen kompenserer for flere effekter. Dersom tottrinnsmodellen ikke klarer å skille ut effekten fra z-variablene, kan det medføre at den også kompenserer for strukturell ineffektivitet.

Effektivitetsscorene fra Reversert DEA er også høyere enn i Ubetinget DEA. Det er syv selskaper som får en høyere justert totale kostnader, mens de resterende selskapene får lavere justert totale kostnader. Derfor får de fleste selskapene en høyere effektivitetsscore med Reversert DEA, sammenlignet med Ubetinget DEA. På den andre siden, er effektivitetsscorene fra Reversert DEA lavere enn i tottrinnsmodellen. Det betyr at korrigeringen av z-variablene gir større utslag i tottrinnsmodellen enn i Reversert DEA.

Forholdet mellom effektivitetsscorene fra Betinget DEA og Ubetinget DEA,  $\delta$ , viser effekten

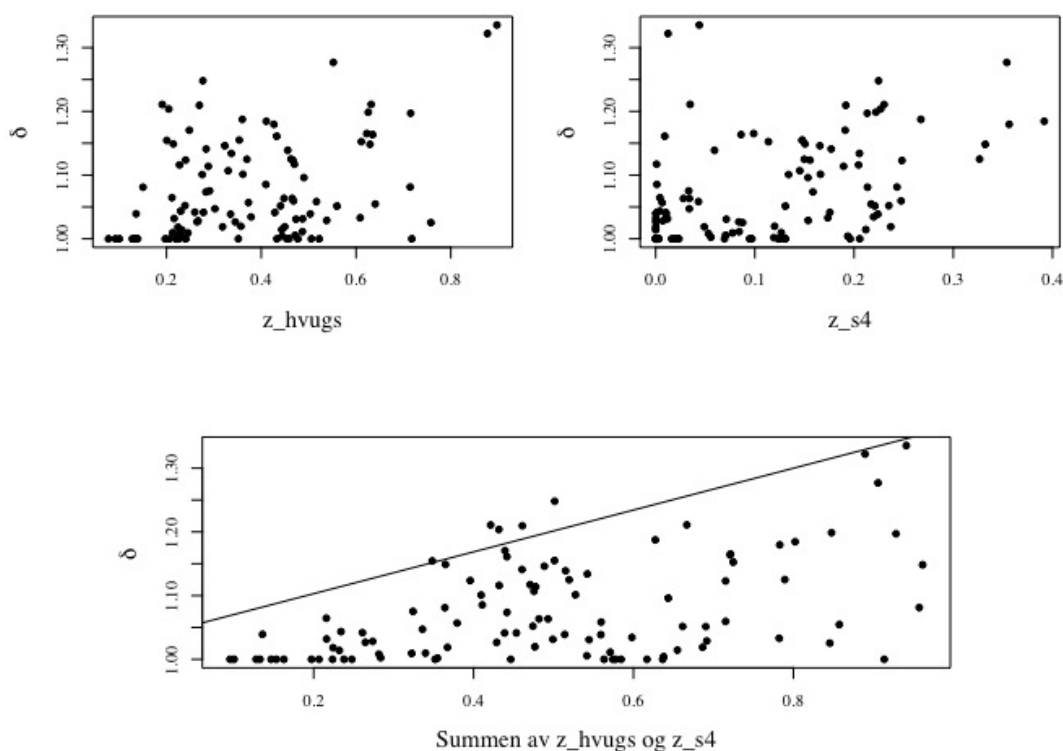
z-variablene har på produksjonsteknologien. Dersom forholdet mellom effektivitetsscorene er større enn én, viser det at selskapet får en høyere effektivitetsscore i Betinget DEA enn i Ubetinget DEA. Det betyr at z-variablene utgjør en kostnadsulempe for selskapet (Daraio og Simar, 2007a). Dersom forholdet er mindre enn én, er effektivitetsscoren høyest i Ubetinget DEA, og z-variablene gir en kostnadsfordel. Figur 6.7 viser  $\delta$  for alle selskapene.



**Figur 6.7:** Forholdet mellom Betinget DEA og Ubetinget DEA

Ekstremverdien på omtrent to tilhører Tysnes Kraftlag SA. Det ble kommentert at dette selskapet går fra å ha en effektivitetsscore på 0,49 i Ubetinget DEA til å ha 1,00 i Betinget DEA, og er et ekstremtilfelle. Sett bort i fra dette selskapet, har de andre selskapene en verdi større eller lik én. 21 selskaper får lik effektivitetsscore i Ubetinget og Betinget DEA, mens resten av selskapene får en høyere verdi i sistnevnte. Når z-variablene påfører selskapene en kostnadsulempe, vil ingen selskaper få lavere effektivitetsscore i Betinget DEA sammenlignet med Ubetinget DEA. Det skyldes modellenes oppbygning, ettersom Ubetinget DEA har alle observasjonene i referansesettet, mens Betinget DEA har begrensede referansesett. Videre får de fleste selskapene en høyere effektivitetsscore i Betinget DEA enn i Ubetinget DEA. Det indikerer at z-variablene påvirker den effektive fronten, og at Ubetinget DEA ikke tar hensyn til faktorer som påfører selskapene en kostnadsulempe.

Daraio og Simar (2007a) forklarer at jo høyere verdier selskapene har for  $z$ -variablene, desto høyere vil effektivitetsscoren i Betinget DEA være, og dermed blir  $\delta$  større<sup>9</sup>. Det er variablene  $z_{hvugs}$  og  $z_{s4}$  som har begrensende båndbredder, og derfor har en effekt på effektivitetsscorene i Betinget DEA. Figur 6.8 illustrerer forholdet mellom de begrensende  $z$ -variablene og  $\delta$ . De to øverste diagrammene viser forholdet mellom  $\delta$  og en  $z$ -variabel, og det nederste diagrammet viser forholdet mellom  $\delta$  og de to  $z$ -variablene summert. Tysnes Kraftlag SA er tatt ut av figuren for å tydeligere kunne se sammenhengen.



**Figur 6.8:** Sammenhengen mellom de begrensende  $z$ -variablene og  $\delta$

Det er ikke en utpreget sammenheng mellom  $\delta$  og  $z_{hvugs}$ , men de høyeste verdiene for  $z_{hvugs}$  får også de høyeste verdiene for  $\delta$ . Mellom  $z_{s4}$  og  $\delta$  er sammenhengen mindre tydelig. Det er derfor interessant å summere disse to variablene for å se om sammenhengen blir mer fremtredende. Alle verdiene for  $z_{hvugs}$  og  $z_{s4}$  er positive og indeksert fra 0-1, og summeres til en ny variabel.  $\delta$  er sortert etter den summerte variabelen, og deretter er  $\delta$  plottet mot den. Av det nederste diagrammet i figur 6.8, ser det ut til å være en økende trend for  $\delta$  med økende verdier for summen av  $z_{hvugs}$  og  $z_{s4}$ . Ved lave verdier for  $z$ -variablene, gir

<sup>9</sup>Dersom  $z$ -variabelen måler en kostnadsfordel, vil en høy verdi for  $z$ -variabelen gi en lavere effektivitetsscore i Betinget DEA enn i Ubetinget DEA.

Ubetinget og Betinget DEA mer like estimater. Det er logisk da Ubetinget DEA ikke tar hensyn til z-variablene. For høyere verdier av z-variablene er det en større spredning. Det betyr at selskaper med høye verdier for z-variablene får en kostnadsulempe dersom de ikke korrigeres for.

Det er åpenbart forskjeller i effektivitetsscorene fordi modellene korrigerer ulikt for z-variabelene. Det er derimot interessant å se om det likevel er en sammenheng mellom den relative rangering av effektivitetsscorer i de fire modellene. Tabell 6.4 viser Spearmans rangkorrelasjonskoeffisienter for alle kombinasjoner av modellene.

**Tabell 6.4:** Rangkorrelasjon mellom effektivitetsscorene i de fire modellene

	UDEA	Totrinns	BDEA	RDEA
UDEA	1,00	0,71	0,88	0,84
Totrinns	0,71	1,00	0,67	0,96
BDEA	0,88	0,67	1,00	0,78
RDEA	0,84	0,96	0,78	1,00

Totrinnsmodellen og Reversert DEA er mest korrelert med en korrelasjonskoeffisient på 0,96. Det skyldes sannsynligvis at begge modellene korrigerer for alle fem z-variablene ved en regresjon, forskjellen er at det gjøres før og etter DEA-analysen. I tillegg er alle selskapene inkludert i referansesettene i begge modellene. Videre er det noe uventet at effektivitetsscorene i Ubetinget DEA er mindre korrelert med totrinnsmodellen, sammenlignet med de to andre modellene. Det kan skyldes at korrigeringen for z-variablene i totrinnsmodellen er større enn i Reversert DEA, og derfor blir de relative forskjellene større i totrinnsmodellen. Resultatene til Bjørndal et al. (2018) viste imidlertid en korrelasjon mellom totrinnsmodellen og Ubetinget DEA på 0,95. Det kan være et resultat av at det ble korrigert for tre z-variabler, mot at det i denne analysen korrigeres for fem z-variabler. Det ser derfor ut til å være en mer betydelig korrigerings når de tre sammensatte z-variablene inkluderes. Til slutt er totrinnsmodellen og Betinget DEA minst korrelert, som indikerer at disse modellene gir størst relative forskjeller i korrigeringen.

## 6.4 Kompensasjon av eksterne faktorer

I dette avsnittet vil vi se nærmere på hvordan modellene kompenserer ved å korrigere for eksterne faktorer. Korrigeringen medfører at selskapene blir kompensert ved at de får en høyere effektivitetsscore, som resulterer i en høyere effektiv kostnad. Først vil vi analysere forskjellene på aggregert nivå, og se nærmere på hvilke regulatoriske effekter valg av modell har. Videre analyseres det hvordan de ulike modellene kompenserer for eksterne faktorer på selskapsnivå.

### 6.4.1 Effekter på aggregert nivå

For å undersøke hvilken effekt valg av benchmarkingmodell har på aggregert nivå, ser vi på total inntektsramme og kostnad for bransjen. Hvilken modell som anvendes har ingen effekt på den aggregerte inntektsrammen. Dette skyldes kalibreringen<sup>10</sup> i dagens reguleringsmodell, som resulterer i at inntektsrammen er lik bransjens totale kostnad. Ettersom den totale kostnaden er uavhengig av hvilken modell som benyttes, vil aggregert inntektsramme være identiske i alle tre modellene.

For å studere aggregert effekt, vil vi se nærmere på hvordan kostnadsnormen blir beregnet i de ulike modellene. Tabell 6.5 gir en oversikt over forskjellige steg i Betinget DEA, totrinnsmodellen og Reversert DEA.

**Tabell 6.5:** Aggregerte effekter, MNOK

Benchmarkingmodeller	BDEA	Totrinns	RDEA
Ikke-kompensert effektiv kostnad	11 652	11 652	11 652
Kompensasjon for geografiske rammevilkår	626	848	546
Kompensert effektiv kostnad	12 278	12 500	12 198
Kalibrering	2 172	1 950	2 252
Inntektsramme	14 450	14 450	14 450

\*Alle verdiene er i 2017 priser.

Den første linjen viser aggregert effektiv kostnad fra Ubetinget DEA, som er første trinn i NVEs reguleringsmodell. Kostnaden blir beregnet ved å summere opp produktet av effektivitetsscorene fra DEA-analysen og total kostnad for hvert selskap. Effektivitetsscorene som benyttes er ikke korrigert for eksterne faktorer, som betyr at

<sup>10</sup>Som fordelingsnøkkel i kalibreringen benyttes avkastningsgrunnlag knyttet til egenfinansierte midler, i samsvar med NVEs reguleringsmodell.

selskapene ikke er kompensert for ulike rammevilkår i dette steget. Den ikke-kompenserte effektive kostnaden er identisk for Betinget DEA, totrinnsmodellen og Reversert DEA.

Ved å ta utgangspunkt i den ikke-kompenserte effektive kostnaden, kan en se nærmere på hvordan valg av benchmarkingmodell påvirker kompensasjonen. Andre og tredje linje i tabell 6.5 viser kompensasjonen og kompensert effektiv kostnad. Kompensert effektiv kostnad er det aggregerte produktet av effektivitetsscorene etter korrigerings for eksterne faktorer og totale kostnader. Den kompenserte kostnaden varierer mellom modellene, som er et resultat av at størrelsen på kompensasjonen varierer. Størrelsen på kompensasjonen varierer ettersom korrigerings utføres forskjellig i de tre modellene. Med totrinnsmodellen blir total kompensasjon i bransjen beregnet til 848 MNOK. Den er betraktelig høyere enn kompensasjonen beregnet i Betinget DEA, 626 MNOK, og Reversert DEA, 546 MNOK. Følgende blir differansen mellom totrinnsmodellen og de andre to modellene 222 MNOK og 302 MNOK.

Den betydelige differansen i kompensasjon mellom totrinnsmodellen og Betinget DEA kan indikere at totrinnsmodellen fanger opp flere effekter. Differansen på 222 MNOK kan indikere at modellen overkompenserer, ved at effekter utover de som er assosiert med eksterne faktorer inkluderes. Det innebærer at effekter som kan knyttes til strukturell ineffektivitet blir inkludert. Resultatet er at effektiv kostnad overestimeres i bransjen, og selskaper kompenseres for å være ineffektive. Dette stemmer overens med resultatene til Bjørndal et al. (2018).

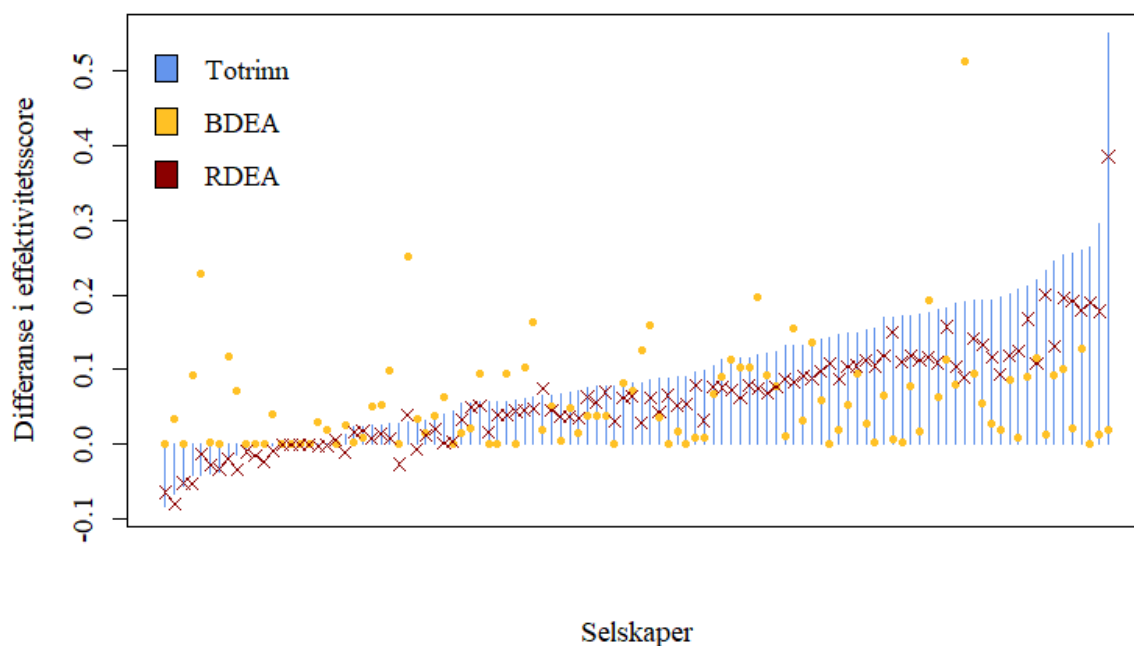
Videre viser tabellen at kompensasjonen for ulike rammevilkår blir lavest i Reversert DEA. Dette er tilfellet ettersom effektivitetsscorene i Reversert DEA er lavere sammenlignet med totrinnsmodellen. I forhold til Betinget DEA, er gjennomsnittlig effektivitetsscore i Reversert DEA noe høyere, men 75% persentilen er lavere. Det medfører at den aggregerte kompensasjonen blir lavere i Reversert DEA.

Fjerde linje i tabell 6.5 viser effekten av kalibreringen. Ettersom modellene har forskjellige kompenserte effektive kostnader, vil også kostnadsstørrelsen som blir lagt til i kalibreringen variere. For Betinget DEA og Reversert DEA legges det til 2 172 MNOK og 2 252 MNOK ved kalibrering, mens i totrinnsmodellen legges det til et betydelig mindre beløp lik 1 950 MNOK. Til slutt, har valg av benchmarkingmodell ingen effekt på den aggregerte inntektsrammen på grunn av kalibreringen, som illustrert i linje fem.

### 6.4.2 Kompensasjon på selskapsnivå

Fordi det er store forskjeller i kompensasjon på aggregert nivå, er det interessant å se om dette også gjelder på selskapsnivå. Videre ønsker vi derfor å analysere hvordan valg av benchmarkingmodell påvirker kompensasjonen til det enkelte selskap.

Vi har valgt å bruke forskjeller i effektivitetsscore i denne analysen. Det er på bakgrunn av at kompensasjon i kronebeløp kan bli misvisende, ettersom det er store variasjoner i selskapenes totale kostnader. Derfor vil effektivitetsscorene kunne gi et mer presist bilde av effekten ved rammevilkårskorrigerings. For å nærmere analysere de selskaps-spesifikke effektene, sammenlignes effektivitetsscorene før og etter korrigerings. Effektivitetsscorene før korrigerings er resultatet fra Ubetinget DEA, og er identisk i alle tre modellene. Det gjøres derfor en sammenligning av de tre modellene mot effektivitetsscorene fra Ubetinget DEA.



**Figur 6.9:** Forskjeller i kompensasjon mellom modellene

Figur 6.9 illustrerer hvor mye effektivitetsscoren endrer seg for hvert selskap ved korrigerings av rammevilkår, for alle tre modellene. Basert på figuren ser vi at tottrinnsmodellen og Reversert DEA følger hverandre i relativt stor grad. Likevel ser en at ved store endringer



i effektivitetsscore i totrinnsmodellen, er effekten av korrigeringen noe lavere for Reversert DEA i flere tilfeller. Endringene i effektivitetsscore i Betinget DEA varierer derimot i stor grad fra de andre to modellene. Figuren viser derfor at kompensasjonen for eksterne faktorer også varierer på selskapsnivå.

Det er logisk at Reversert DEA og totrinnsmodellen kompenserer selskapene relativt likt på grunn av modellenes oppbygning. Både Reversert DEA og totrinnsmodellen korrigerer for alle fem z-variablene, i motsetning til Betinget DEA. I tillegg er referansesettene for totrinnsmodellen og Reversert DEA identiske, hvilket også resulterer i at referanseselskapene er relativt like. Den eneste forskjellen mellom de to modellene er når korrigeringen utføres, en forskjell som ser ut til å påvirke størrelsen på kompensasjonen. Videre har totrinnsmodellen en betraktelig høyere maksverdi sammenlignet med Reversert DEA. Resultatene viser at selv om kompensasjonen på aggregert nivå varierer mellom de to modellene, så vil den relative størrelsen på selskapsnivå følge hverandre.

Betinget DEA skiller seg ut sammenlignet med totrinnsmodellen og Reversert DEA. Basert på figur 6.9, kan det virke som Betinget DEA kompenserer selskapene for eksterne faktorer på en annen måte enn de to andre modellene. Eksempelvis viser figuren at selskapet som blir mest kompensert ved korrigeringen i totrinnsmodellen og Reversert DEA, blir kompensert minimalt i Betinget DEA. Videre vil vi derfor se nærmere på selskaper som skiller seg ut.

Ved å sammenligne totrinnsmodellen og Betinget DEA er det Sandøy Energi AS og Tysnes Kraftlag SA som skiller seg mest ut med tanke på kompensasjon. Selskapene er diskutert tidligere i denne utredningen, og det er derfor interessant å se på hvordan kompensasjonen til andre selskaper varierer i modellene. Ved å utelukke Sandøy Energi, er det Fitjar Kraftlag som kompenseres mest i totrinnsmodellen, med 29,5 prosentpoeng. Betinget DEA kompenserer dette selskapet betraktelig mindre, med kun 1,4 prosentpoeng. I Betinget DEA derimot, er Klepp Energi AS et av selskapene som kompenseres mest, sett bort i fra Tysnes Kraftlag, med 23 prosentpoeng. Dette selskapet får en negativ kompensasjon i totrinnsmodellen. For å undersøke videre hvorfor dette er tilfellet, kan en se nærmere på selskapenes z-verdier.

**Tabell 6.6:** z-verdier for Fitjar Kraftlag SA og Klepp Energi AS

	$z_{hvugs}$	$z_{s4}$	$z_{geo1}$	$z_{geo2}$	$z_{geo3}$
Fitjar Kraftlag SA	0,47	0,07	-0,51	4,89	-2,54
Klepp Energi AS	0,88	0,01	-2,05	-0,56	-2,48

Tabell 6.6 gir en oversikt over z-variablene til de aktuelle selskapene. Fitjar Kraftlag SA har en verdi for  $z_{geo2}$  lik 4,89. Dette er en relativt høy verdi for denne z-variabelen, sammenlignet med gjennomsnittet. Videre har selskapet den laveste verdien for  $z_{geo3}$ . De andre z-verdiene skiller seg ikke nevneverdig ut, sammenlignet med tabell 5.2. Selskapene som blir Fitjar Kraftlag sine referanseselskaper i totrinnsmodellen er Eidefoss AS, Trøgstad Elverk AS og Hafslund Nett AS. Alle referanseselskapene har betraktelig lavere verdier for  $z_{geo2}$  sammenlignet med selskapet. Oversikt over referanseselskapenes z-verdier er oppført i appendiks A4. Ettersom totrinnsmodellen tar hensyn til alle fem z-variablene, blir sannsynligvis kompensasjonen stor på grunn av selskapets høye verdi for  $z_{geo2}$ . En svært lav verdi for  $z_{geo3}$  derimot, gir ikke nødvendigvis store utslag ettersom koeffisienten til denne variabelen er relativt liten. For Betinget DEA derimot, er ikke  $z_{geo2}$  en begrensende variabel og anses derfor som irrelevant. Referanseselskapene til Fitjar Kraftlag i Betinget DEA er Norgesnett AS og Eidefoss AS. Kompensasjonen til selskapet blir sannsynligvis betraktelig lavere i Betinget DEA, ettersom  $z_{geo2}$  ikke blir tatt hensyn til i det hele tatt. I Betinget DEA kompenseres Klepp Energi AS med 27 prosentpoeng mer enn i totrinnsmodellen. Den store differansen oppstår blant annet ved at selskapet får en nedjustert effektivitetsscore i totrinnsmodellen. I totrinnsmodellen er Eidefoss AS, Trøgstad Elverk AS og Hafslund Nett AS referanseselskaper. Klepp Energi har lavere verdier for  $z_{geo1}$  og  $z_{geo3}$  sammenlignet med referanseselskapene, som betyr at selskapet har mer gunstige geografiske forhold. Det bidrar til at effektivitetsscoren justeres ned i totrinnsmodellen. I Betinget DEA er Jæren Everk og Lyse Elnett AS referanseselskaper til Klepp Energi. Fra tabell 6.6 har Klepp Energi en verdi for  $z_{hvugs}$  lik 0,88. Dette er en av de høyeste verdiene for denne z-variabelen, og medfører at selskapets referansesett blir begrenset til selskaper med høye verdier for  $z_{hvugs}$ . Et begrenset referansesett medfører at Klepp Energi får en høyere effektivitetsscore i Betinget DEA.

## 6.5 Selskapenes avkastning og tariffer

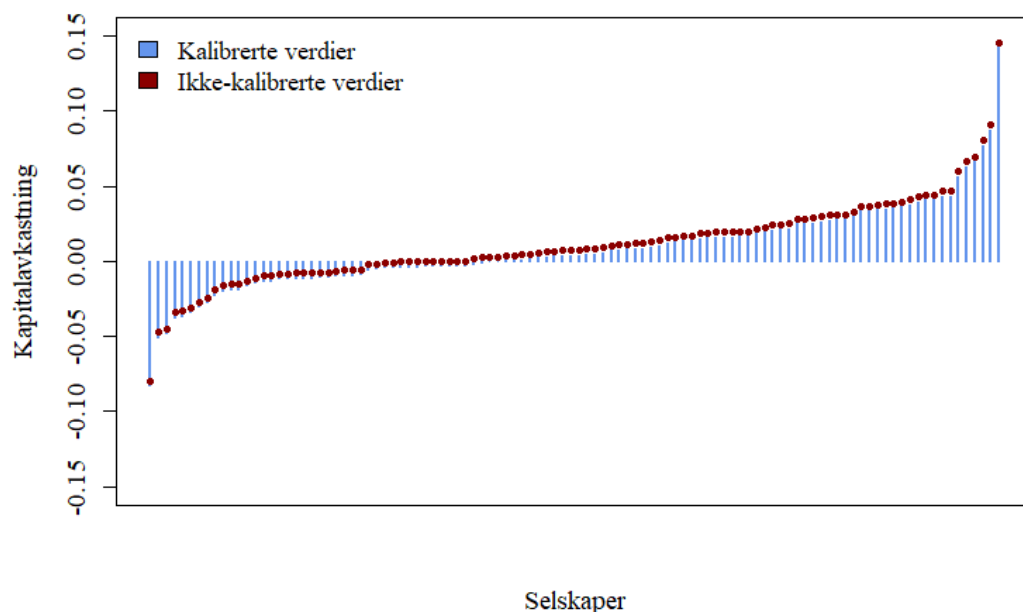
I avsnitt 6.4 ble det illustrert hvordan selskapene blir kompensert ulikt i de forskjellige benchmarkingmodellene. For å undersøke nærmere hvordan valg av modell påvirker selskapene, ønsker vi å analysere hvilken effekt de ulike modellene har på et selskaps avkastning og tariffer. Først vil vi derfor sammenligne selskapenes avkastning i totrinnsmodellen, Betinget DEA og Reversert DEA. Avslutningsvis vil vi undersøke hvordan modellene påvirker selskapenes kunder gjennom de tariffene som settes.

### 6.5.1 Omfordeling av inntekt

Som tidligere diskutert, er den aggregerte inntektsrammen identisk for totrinnsmodellen, Reversert DEA og Betinget DEA på grunn av kalibreringen. Det tilsier at bransjen samlet sett ikke vil tjene mer eller mindre med en av benchmarkingmodellene. Derfor er endringer i de enkelte selskapenes inntekt, og dermed avkastning, kun en ren omfordeling av bransjens totale inntektsramme. Det er viktig å merke seg når selskapenes avkastning skal analyseres nærmere.

Avkastningen for et selskap beregnes ved å dele driftsresultatet på bokført verdi av kapital for egenfinansierte midler, i samsvar med NVEs reguleringsmodell. Driftsresultatet beregnes for hvert selskap ved å ta differansen mellom inntektsrammen og driftskostnader. Etersom det benyttes et femårig gjennomsnitt for totale kostnader som kostnadsgrunnlag, har vi gjort noen justeringer for hvordan driftskostnadene beregnes sammenlignet med NVE. For at driftsresultatet skal beregnes korrekt, må også driftskostnaden beregnes som et femårig gjennomsnitt. Det er nødvendig for at den samlede vektete avkastningen i bransjen skal bli lik referanserenten. Den samlede vektete avkastningen i bransjen kalkuleres ved å vekte hvert selskaps avkastningsgrunnlag mot det totale avkastningsgrunnlaget, multiplisert med selskapets avkastning. Slik blir den samlede vektete avkastningen for bransjen lik referanserenten for 2017, 6,12%, i de tre modellene.

Videre vil selskapenes avkastning sammenlignes ved å se på selskapenes differanseavkastningen mellom de respektive modellene. For å gjøre analysen mer generell, har vi inkludert differanseavkastning basert på verdier før kalibrering.



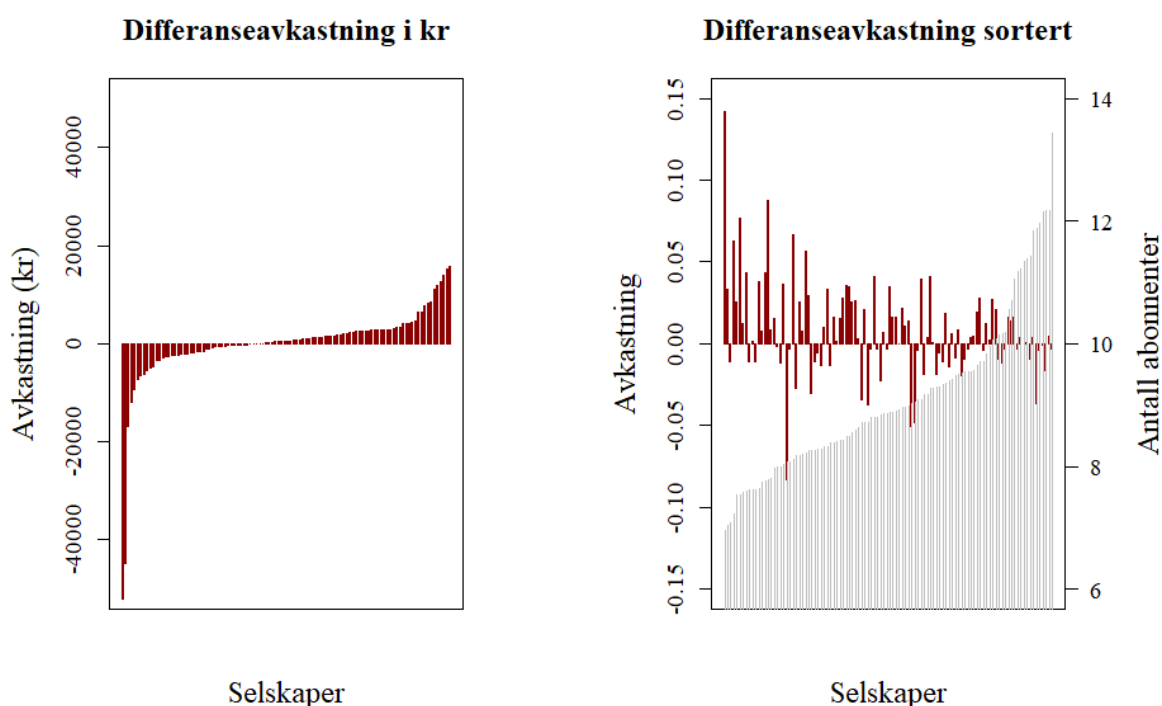
**Figur 6.10:** Differanseavkastning mellom totrinnsmodellen og Betinget DEA

Figur 6.10 illustrerer selskapenes differanseavkastning ved å sammenligne totrinnsmodellen med Betinget DEA. Differanseavkastningen er beregnet ved å ta differansen mellom avkastningen i totrinnsmodellen og i Betinget DEA, både før og etter kalibrering. Intervallet til differanseavkastningen etter kalibrering går fra  $-8,3\%$  til  $+14,2\%$ . Som figuren viser, har avkastning før kalibrering et svært likt intervall,  $-8,0\%$  til  $+14,5\%$ . Videre viser disse intervallene at et selskap oppnår en avkastning som er  $14,5\%$  høyere i totrinnsmodellen sammenlignet med Betinget DEA. Tilsvarende er det selskaper som oppnår betraktelig høyere avkastning i Betinget DEA sammenlignet med totrinnsmodellen. Forskjellene i avkastning oppstår i hovedsak på grunn av at totrinnsmodellen og Betinget DEA kompenserer forskjellig, som igjen påvirker selskapenes relative effektivitetsscorer. Dette stemmer overens med analysen i avsnitt 6.4. Forskjellene mellom differanseavkastning før og etter kalibrering, er knyttet til at totrinnsmodellen kompenserer med 222 MNOK mer enn Betinget DEA. Hvert selskap får derfor en økning tilsvarende 0,3 prosentpoeng i kapitalavkastning i totrinnsmodellen.

I Bjørndal et al. (2018) gjennomføres en liknende analyse for differanseavkastning med totrinnsmodellen og Betinget DEA. I den analysen er derimot intervallene betraktelig lavere,  $-3,5\%$  ( $-3,0\%$ ) til  $+5,9\%$  ( $6,4\%$ ). Differanseavkastningen med verdier før kalibrering

er oppført i parentes. Sandøy Energi AS er maksimumverdien og Tysnes Kraftlag SA er minimumsverdien i vår analyse. Ved å se bort i fra disse ekstremverdiene, vil intervallet bli betraktelig mindre og mer likt resultatene i Bjørndal et al. (2018). Videre er den største forskjellen at vi har inkludert flere og andre z-variabler sammenlignet med artikkelen, sett bort i fra at analysene er basert på data fra forskjellige tidsperioder. Derfor kan det noe større intervallet være på grunn av flere z-variabler.

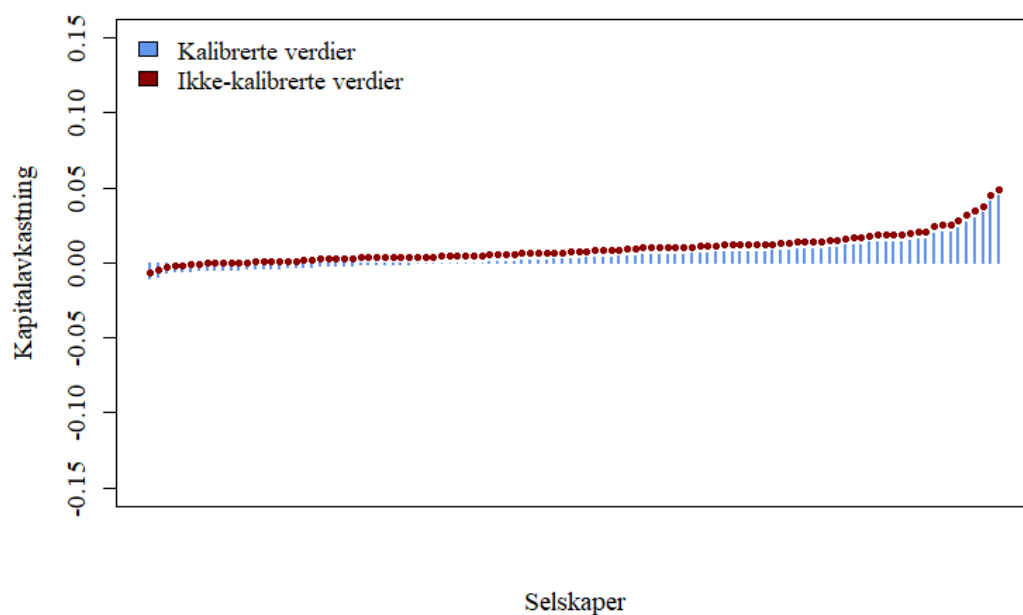
Ettersom endringer i avkastning følger av omfordelte inntekter, bør det kommenteres nærmere hvorfor differanseavkastningene i figur 6.10 fremstår relativt asymmetriske. Ved at inntektene kun omfordeles, må nødvendigvis summen av endringer i kroneverdi være lik 0. Det betyr at den samlede økningen i avkastning målt i kroneverdi, må være lik den samlede reduksjonen målt i kroneverdi. Siden differanseavkastningene i figur 6.10 er målt i prosent, må ikke nødvendigvis sidene være symmetriske. Likevel er det interessant å undersøke hvorfor det ser ut til at høyresiden er betraktelig større enn venstresiden.



**Figur 6.11:** Differanseavkastning mellom tottrinnsmodellen og Betinget DEA, i kr og sortert etter størrelse

I figur 6.11 illustreres først differanseavkastning mellom tottrinnsmodellen og Betinget DEA i kroneverdi. Illustrasjonen viser at kroneverdien av plussiden er lik venstresiden, slik at endringer i avkastning totalt sett er lik 0. At endringen blir lik 0, kan også leses av

tabellen i appendiks A5. På minussiden er det spesielt to selskaper som får en relativt stor negativ endring, Trønder Energi og Agder Energi. Begge selskapene er store selskaper, og en liten prosentvis endring i avkastning, gir derfor store utslag i kronebeløp. Videre er det interessant å se om asymmetrien skyldes at totrinnsmodellen gjennomgående favoriserer visse selskapsstørrelser. Den andre grafen i 6.11 viser prosentvis differanseavkastning sortert etter selskapenes størrelse, hvor størrelsen måles ved antall abonnenter. Etersom det er stor variasjon i antall abonnenter mellom selskapene, benyttes det en logaritmisk skala av antall abonnenter på y-aksen til høyre. Selskapenes størrelse er illustrert ved stolpene i diagrammet. Basert på grafen, kan det virke som små og mellomstore selskaper generelt får en høyere avkastning i totrinnsmodellen, sammenlignet med Betinget DEA. Det er ikke et konsekvent mønster ettersom det varierer noe, men det er likevel en interessant observasjon. Ved at de fleste positive differanseavkastningen er assosiert med relativt små selskaper, kan det forklare det asymmetriske forholdet i differanseavkastningene.

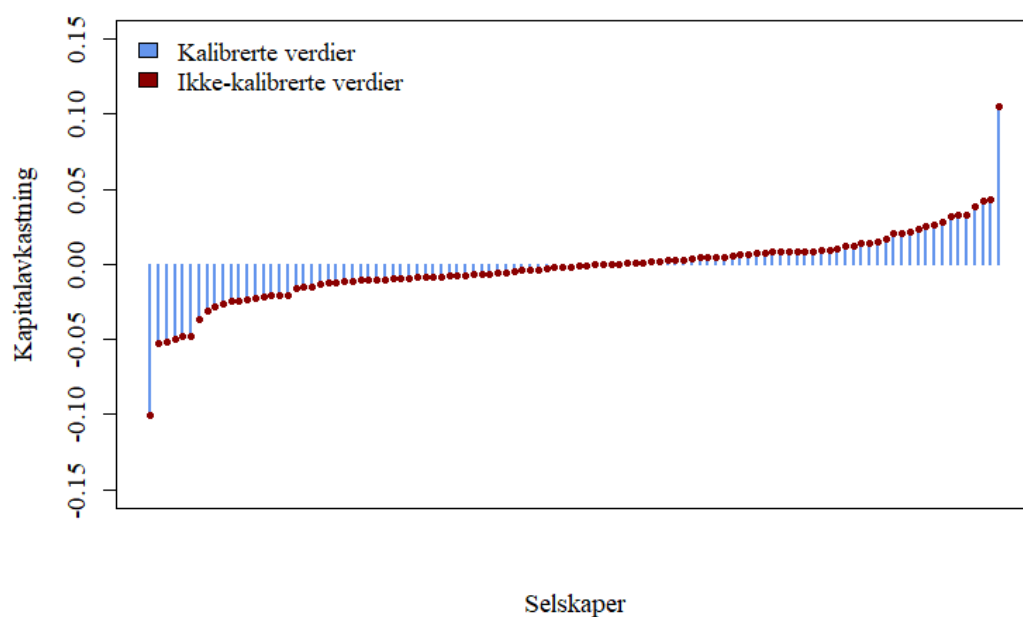


**Figur 6.12:** Differanseavkastning mellom totrinnsmodellen og Reversert DEA

Figur 6.12 viser differanseavkastningen mellom totrinnsmodellen og Reversert DEA. For å kunne gjøre en mer direkte sammenlikning med de øvrige figurene, har vi valgt å benytte de samme verdiene på y-aksen. Effekten på avkastning med totrinnsmodellen sammenlignet med Reversert DEA varierer fra -1,0% (-0,6%) til 4,5% (4,9%). Intervallet er

betraktelig lavere enn differansen mellom totrinnsmodellen og Betinget DEA. Det viser at selskapene i større grad får lik avkastning i totrinnsmodellen og Reversert DEA, ettersom kompensasjonen er relativ lik, slik vi så i avsnitt 6.4. Forskjellene mellom kalibrert og ikke-kalibrert differanseavkastning er igjen knyttet til at totrinnsmodellen kompenserer med 302 MNOK mer enn Reversert DEA. Det resulterer i en økning tilsvarende 0,4 prosentpoeng i kapitalavkastning for hvert selskap.

Videre bør det påpekes at figur 6.12 viser en svært asymmetrisk fordeling av differanseavkastningene. Som tidligere diskutert, skal endring i avkastning i kroneverdi mellom totrinnsmodellen og Reversert DEA bli lik 0. Dette er tilfellet, ettersom differanseavkastning i kroneverdi er fordelt likt. Differanseavkastningen mellom totrinnsmodellen og Reversert DEA virker å følge det samme mønster som mellom totrinnsmodellen og Betinget DEA, ved at små og mellomstore selskaper i større grad favoriseres i totrinnsmodellen. Resultatene er nærmere illustrert i appendiks A5.



**Figur 6.13:** Differanseavkastning mellom Betinget DEA og Reversert DEA

Til slutt gjøres det en sammeligning av differanseavkastning mellom Betinget DEA og Reversert DEA, illustrert i figur 6.13. Variasjonen i avkastningen er relativt stor, hvor differansen varierer fra -10,2% (-10%) til +10,3% (+10,5%). Igjen utgjør minimumsverdien og maksimumsverdien de to ekstremtilfellene, Tysnes Kraftlag SA og Sandøy Energi

AS. Intervallene illustrerer videre hvordan selskapene i Betinget DEA og Reversert DEA kompenseres ulikt, selv om kompensasjonen på aggregert nivå er likere sammenlignet med totrinnsmodellen. Ettersom Betinget DEA kompenseres med 80 MNOK mer enn Reversert DEA på et aggregert nivå, blir det mindre forskjell mellom de kalibrerte og ikke-kalibrerte verdiene. Resultatet er en økning i 0,2 prosentpoeng i kapitalavkastning for hvert selskap med Betinget DEA.

Figur 6.13 viser en relativt mer symmetrisk fordeling av de prosentvise differanseavkastningene, sammenlignet med figur 6.10 og 6.12. Ved å undersøke hvordan differanseavkastning mellom Betinget og Reversert DEA varierer med selskapsstørrelse, er det ikke et like tydelig mønster som for de to andre sammenligningene. Differanseavkastningen varierer i stor grad uavhengig av selskapsstørrelse, som gir en mer symmetrisk fordeling. Resultatene er nærmere illustrert i appendiks A5.

Figurene over illustrerer hvilken effekt valg av modell har på selskapenes avkastning. Som følge av analysen, ser vi to utfordringer knyttet til valg av benchmarkingmodell. Et element er hvorvidt modellene overkompenseres, som muligens er tilfellet i totrinnsmodellen. Videre er det interessant å se at selv om Betinget DEA og Reversert DEA kompenseres relativt likt på aggregert nivå, omfordeles inntekten ulikt mellom selskapene.

### 6.5.2 Effekt på tariffer

Ettersom valg av benchmarkingmodell har en effekt på selskapenes inntektsramme og avkastning, er det videre interessant å se hvordan selskapenes tariffer påvirkes. Vi vil derfor sammenligne tariffene i de ulike modellene.

For å undersøke den tilnærmede effekten valg av benchmarkingmodell har på bransjens tariffer på aggregert nivå, beregnes gjennomsnittlig pris per kilowatt time ved  $\frac{\Sigma \text{Inntekt}}{\Sigma \text{Levert Energi}}$ <sup>11</sup>. Vi benytter et femårig gjennomsnitt av totalt levert energi. Data for levert energi er hentet fra NVE sine årsrapporter for avbruddsstatistikk (2018;2017;2016;2015;2014). Slik beregnes gjennomsnittlig tariff målt i NOK/kWh. Tabell 6.7 gir en oversikt over gjennomsnittlig NOK/kWh i de ulike modellene, både før og etter kalibrering:

---

<sup>11</sup>Fremgangsmåte er hentet fra Bjørndal et al. (2018).



**Tabell 6.7:** Gjennomsnittlig tariff, NOK/kWh

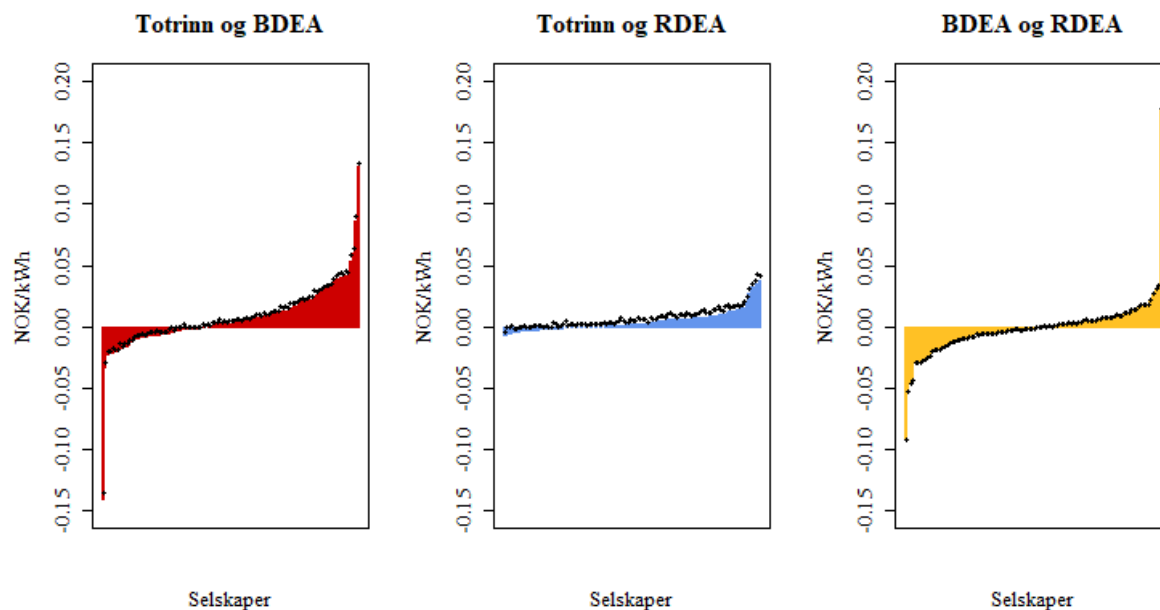
	Totrinn	BDEA	RDEA
Kalibrert tariff	0,1744	0,1744	0,1744
Ikke-kalibrert tariff	0,1603	0,1587	0,1581

Med kalibrerte inntektsrammer får vi en gjennomsnittlig tariff lik 0,1744 NOK per kWh, vist i første linje. Tariffen er identisk for totrinnsmodellen, Betinget DEA og Reversert DEA på grunn av kalibreringen. Det er derfor interessant å inkludere gjennomsnittlig tariff før kalibrering, som vist i linje to. Bruk av ikke-kalibrerte verdier resulterer i at den gjennomsnittlige tariffen blir forskjellig i de tre modellene. Avvikene oppstår fordi modellene kompenserer ulikt på aggregert nivå, som vist i tabell 6.5. Eksempelvis får selskapene en tariff som i snitt er 0,0016 NOK/kWh høyere i totrinnsmodellen sammenlignet med Betinget DEA, på grunn av at totrinnsmodellen kompenserer med 222 MNOK mer. Tilsvarende er tariffen 0,0006 NOK/kWh høyere i Betinget DEA relativt til Reversert DEA, og 0,002 NOK/kWh høyere i totrinnsmodellen sammenlignet med Reversert DEA. Sammenlignet med den gjennomsnittlige tariffen på 0,1744 NOK/kWh, er derfor effekten av økt kompensasjon relativt liten.

Videre er det interessant å se hvilken effekt omfordeling av inntekt har på selskapenes tariffer. Ettersom selskapene i utgangspunktet selv setter tariffene ut ifra de gitte inntektsrammene, brukes en generell tilnærming for å estimere den gjennomsnittlige effekten. Det beregnes en differansepris for hvert selskap, som er differansen mellom inntektsrammen i to av modellene, dividert med levert energi. Eksempelvis, beregnes differanseprisen for selskap  $i$  mellom totrinnsmodellen og Betinget DEA slik:

$$\frac{IR_{i\text{Totrinn}} - IR_{i\text{BDEA}}}{\text{Levert Energi}_i}$$

Figur 6.14 gir en oversikt over differanseprisene for alle modellene.

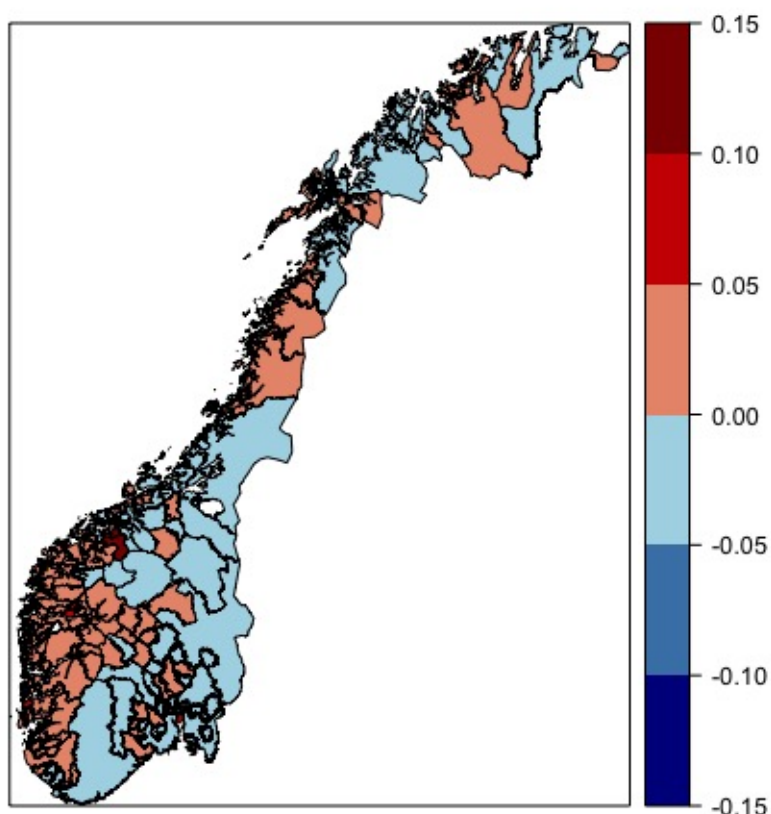


**Figur 6.14:** Differansepriser i de ulike modellene. Både kalibrerte og ikke-kalibrerte verdier, hvor svarte punkter er ikke-kalibrerte verdier.

Figur 6.14 viser at det er størst variasjon i tariffer mellom totrinnsmodellen og Betinget DEA, og mellom Reversert DEA og Betinget DEA. Intervallet for differansepris til totrinnsmodellen og Betinget DEA er lik  $-0,141$  ( $-0,135$ ) til  $+0,130$  ( $+0,133$ ) NOK per kWh. Verdiene i parentes er intervallet for ikke-kalibrert differansepriser. Positive verdier reflekterer høyere priser for kunder i totrinnsmodellen sammenlignet med Betinget DEA, og tilsvarende indikerer en negativ verdi lavere pris i totrinnsmodellen. Videre er intervallet for differansepris mellom Betinget DEA og Reversert DEA lik  $-0,093$  ( $-0,092$ ) til  $+0,176$  ( $+0,1770$ ) NOK per kWh. Ekstremverdiene er de samme som har vært gjennomgående i analysen. Sandøy Energi AS og Tysnes Kraftlag SA utgjør maks- og minimumsverdien i sammenligningen av totrinnsmodellen og Betinget DEA. Tilsvarende er Sandøy Energi minimumsverdien og Tysnes Kraftlag maksverdien, i differanseprisene mellom Betinget DEA og Reversert DEA. Hvis en ser bort ifra disse selskapene, blir intervallene for differansepriser betraktelig mindre. Videre er intervallet for totrinnsmodellen sammenlignet med Reversert DEA lik  $-0,0073$  ( $-0,004$ ) til  $+0,0373$  ( $+0,043$ ). Sammenlignet med den gjennomsnittlige tariffen på  $0,1744$  NOK/kWh, er effekten av omfordelt inntekt relativt stor. Effekten er også betraktelig større sammenlignet med effekten av økt kompensasjon. En endring i et selskaps tariffer fordrer en endring i selskapets inntektsramme. Ved økte tariffer vil selskapets inntektsramme ha økt relativt for en gitt mengde energi,

slik at NOK/kWh øker. Tilsvarende vil en reduksjon i inntektsramme gi lavere tariffer. Differanseprisene oppstår derfor på bakgrunn av at selskapene får ulike inntektsrammer i modellene. Det oppstår forskjeller i inntektsrammer ettersom kostnadsnorm beregnes ulikt, som igjen er et resultat av forskjellige effektivitetsscorer. Figurene illustrerer derfor at valg av benchmarkingmodell påvirker selskapenes kunder, gjennom de tariffene som settes.

Videre er det interessant å se hvordan tariffene endrer seg i forhold til geografiske områder. Fordi det er størst variasjon i tariffer mellom totrinnsmodellen og Betinget DEA, illustreres differanseprisene til disse modellene i et Norgeskart i figur 6.15. Et avgrenset område på kartet tilsvarer et område hvor et selskap drifter strømmettet, som kan være en eller flere kommuner. Det er tre selskaper som ikke dekker en hel kommune, Fjelberg Kraftlag SA, Rauland Kraftforsyningslag SA og Uvdal Kraftforsyning AL, og de er derfor ikke med i figuren.



**Figur 6.15:** Differansepriser mellom totrinnsmodellen og Betinget DEA

I figur 6.15 representerer de rødlige områdene en positiv differansepris, som tilsier at tariffene er høyere i totrinnsmodellen sammenlignet med Betinget DEA. Tilsvarende reflekterer de blå områdene en negativ differansepris, og høyere tariffer med Betinget DEA. Som figuren viser, ligger stort sett differanseprisene mellom -0,05 og 0,05. Det kan virke som små forskjeller, men sett i sammenheng med den gjennomsnittlige tariffen lik 0,1744 NOK/kWh, blir avvikene likevel av betydelig størrelse.

Av figur 6.15 er det tydelig at selskapene på Vestlandet og i Rogaland får høyere tariffer i totrinnsmodellen. På den andre siden, blir tariffene i Agder, store deler av Innlandet og Trøndelag høyere i Betinget DEA. Figuren viser dermed antydning til at visse geografiske områder gjør det bedre i en spesifikk modell. I de resterende fylkene er det større variasjon. Det er videre noen små selskaper som har en stor fordel i totrinnsmodellen, som er markert i mørkerødt. Tysnes Kraftlag SA er det eneste selskapet som er markert i mørkeblått, og drifter strømmettet i Tysnes kommune, sør for Bergen. Flere selskaper med store geografiske områder blir blå, slik som Agder Energi Nett AS, Eidsiva Nett AS og NTE Nett AS, men også store geografiske selskaper i nord blir rødlige. Det er derfor vanskelig å si noe om tariffene basert på selskapenes geografiske størrelse.

Det er vanskelig å knytte enkelte variabler til hvorfor differanseprisene varierer geografisk slik de gjør. Som diskutert tidligere i analysen, korrigerer totrinnsmodellen for alle fem  $z$ -variablene, mens Betinget DEA kun tar høyde for  $z_{hvugs}$  og  $z_{s4}$ . Det ser derfor ut til at variasjonen i større grad skyldes at modellene korrigerer for ulikt antall variabler.

## 6.6 Oppsummering av analysen

I denne utredningen har vi sammenlignet tre alternative tilnæringer for rammevilkårskorrigerings. I dette avsnittet oppsummeres resultatene fra analysen.

I avsnitt 6.2 undersøkes det hvordan ulike korrigeringer for rammevilkår påvirker hvilke selskaper som blir referanseselskaper. I Betinget DEA defineres til sammen 22 selskaper som referanseselskaper, sammenlignet med fire i Ubetinget DEA og fem i Reversert DEA. De fire selskapene som danner den effektive fronten i Ubetinget DEA, anses også som effektive i Betinget og Reversert DEA. Det gjelder Eidefoss AS, Nord-Salten Kraft AS, Trøgstad Elverk AS og Hafslund Nett AS. Ubetinget DEA og Reversert DEA gir i stor grad identiske referanseselskaper, men for Reversert DEA inngår i tillegg Nordvest Nett AS som referanseselskap. Betinget DEA definerer de samme selskapene som effektive, men skiller seg ut da modellen i tillegg har flere referanseselskaper. Det betyr at de selskapene som er referanseselskaper i Ubetinget og Reversert DEA, er for forskjellige i z-variablene for visse selskaper. Modellen finner da andre referanseselskaper med tilsvarende geografiske forhold. Til tross for at modellene gir ulike referanseselskaper, blir de samme selskapene vektet mest i beregningen av kostnadsnorm totalt sett for bransjen. Hafslund Nett AS og Eidefoss AS får spesielt høy vekt i alle tre modellene.

Ettersom selskapene får ulike referanseselskaper i de forskjellige modellene, viser resultatene i avsnitt 6.3 hvordan effektivitetsscorene blir påvirket av dette. Resultatene viser at bransjen anses som mest effektiv i tottrinnsmodellen, ved at kostnadsvektet gjennomsnitt er 86,5%, sammenlignet med 85% i Betinget DEA og 84,4% i Reversert DEA. Videre viser resultatene at effektivitetsscoren for medianselskapet i Betinget DEA er seks prosentpoeng høyere sammenlignet med Ubetinget DEA. Det vil si at ved å ta hensyn til geografiske forhold, vil medianselskapet være nærmere den effektive fronten. Videre øker forholdet mellom effektivitetsscorene i Betinget DEA og Ubetinget DEA, med økende verdier for  $z_{hvugs}$  og  $z_{s4}$ . Det indikerer at z-variablene påvirker den effektive fronten, og at Ubetinget DEA ikke tar hensyn til faktorer som påfører selskapene en kostnadsulemp. Tottrinnsmodellen bygger på effektivitetsscorene fra Ubetinget DEA. Medianselskapet i tottrinnsmodellen får en effektivitetsscore på 79,9%, sammenlignet med 76,1% i Betinget DEA. Det indikerer at tottrinnsmodellen kompenserer for flere effekter enn det som skyldes eksterne faktorer.

Avsnitt 6.4 ser på effekten valg av benchmarkingmodell har på kompensasjonen, både på aggregert nivå og selskapsnivå. Resultatene viser at totrinnsmodellen kompenserer betraktelig mer ved korrigerings for rammevilkår, sammenlignet med Reversert DEA og Betinget DEA. I totrinnsmodellen blir selskapene samlet kompensert med 848 MNOK, sammenlignet med 626 MNOK i Betinget DEA og 546 MNOK i Reversert DEA. Dette er et resultat av at totrinnsmodellen generelt har høyere effektivitetsscorer. Det at totrinnsmodellen kompenserer mer, kan indikere at modellen ikke klarer å skille mellom effekter fra eksterne faktorer og strukturell ineffektivitet. Ved å analysere hvordan modellene kompenserer på selskapsnivå, viser resultatene at det er stor variasjon mellom de ulike tilnærmingene. Reversert DEA og totrinnsmodellen kompenserer relativt likt, mens Betinget DEA skiller seg betydelig ut. Sannsynligvis skyldes det at totrinnsmodellen og Reversert DEA begge tar hensyn til alle fem z-variablene, mens i Betinget DEA korrigeres det kun for de to bergensende z-variablene.

Avsnitt 6.5 analyserer hvordan selskapenes avkastning og tariffer varierer mellom de forskjellige modellene. De største differanseavkastningene oppstår når Betinget DEA sammelignes med totrinnsmodellen (-8,3% til 14,2%), og Reversert DEA (-10,2% til 10,3%). Intervallet for differanseavkastning mellom totrinnsmodellen og Reversert DEA er betraktelig mindre (-1,0% til 4,5%). Videre er det antydning til at små og mellomstore selskaper får høyere avkastning i totrinnsmodellen, sammenlignet med Betinget DEA og Reversert DEA. Resultatene fra analysen av tariffene, viser igjen at det er størst variasjon mellom Betinget DEA og de to andre modellene. Videre tilsier resultatene at effekten av økt kompensasjon er relativt liten, mens effekten av omfordeling av inntekt er betraktelig større. Effekten av at totrinnsmodellen kompenserer mer er 0,0016 NOK/kWh sammenlignet med Betinget DEA, mens differanseprisene ligger mellom -0,141 og 0,130 NOK/kWh. Den store spredningen skyldes ekstremverdier, og de fleste selskapene får en differansepris mellom -0,05 og 0,05. Likevel er det en betydelig effekt sett i sammenheng med den gjennomsnittlig tariffen på 0,1744 NOK/kWh. Det er også en antydning til at selskaper som er lokalisert på Vestlandet får høyere tariffer med totrinnsmodellen.

## 6.7 Begrensninger ved denne utredningen

For at denne utredningen ikke skulle bli for omfattende, ble det gjort flere begrensninger. Den første begrensningen er at vi kun har inkludert distribusjonsselskaper i analysen. Videre har hovedfokuset vært hvordan alternative korrigeringer for rammevilkår påvirker nettselskapene. Det er derfor ikke gjort en nærmere analyse av effekten ved å bruke forskjellige z-variabler. Etersom dette er et omfattende og komplekst tema, er også omfanget av analysen avgrenset til å inkludere de fem z-variablene som brukes i dagens reguleringsmodell.

Videre er NVEs reguleringsmodell forenklet i denne utredningen. For å gjøre analysen mer generisk, har vi kun benyttet gjennomsnittlige kostnader i DEA-analysene og i beregningen av inntektsrammer. Videre er det også gjort flere mindre forenklinger av modellen, som ble forklart i kapittel 5. Slike justeringer fører til at våre resultater i mindre grad kan sammenlignes direkte med NVEs resultater. Etersom justeringene kan påvirke resultatene, er dette noe leseren bør ta hensyn til. Det gjelder også hvis resultatene fra denne utredningen skal sammenlignes med annen forskning på området.

Fordi DEA-analysen bygger på et endelig utvalg av observasjoner, er effektivitetsscorene sensitive til variasjon i observasjonene (Simar og Wilson, 1998). Dette er en generell utfordring ved DEA-analyse, og bootstrapping er en måte for å håndtere denne usikkerheten. Vi har utelatt bootstrapping for å forenkle modellene, og det medfører derfor at resultatene våre er sensitive til variasjon i data. Videre medfører det at effektivitetsscorene ikke er korrigert for forventningsskjevhet, som kan gjøre at resultatene er positivt forventningsskjeve.

## 6.8 Forslag til videre forskning

I videre studier kan det være interessant å analysere hvordan rammevilkårsvariablene påvirker selskapenes effektivitetsscorer. Som diskutert i denne utredningen, blir kun to av z-variablene begrensende i Betinget DEA,  $z_{hvugs}$  og  $z_{s4}$ , og de sammensatte z-variablene anses som irrerelevante. Resultatene i denne utredningen viser at hvilke z-variabler som inkluderes, ser ut til å ha en betydelig effekt. Det kan derfor være interessant å analysere hvorvidt en DEA-analyse, som kun inneholder  $z_{hvugs}$  og  $z_{s4}$ , kompenserer selskapene tilstrekkelig for ulike rammevilkår. Videre kan det undersøkes om de sammensatte variablene blir relevante i en Betinget DEA dersom de splittes opp til enkelte variabler.

Dersom Betinget DEA skal brukes ved inntektsregulering, må det lages en alternativ løsning for selskapene som får svært få selskaper i referansesettene. Hvis selskapene har for få selskaper i referansesettet, kan effektivitetsscorene være misvisende. I denne utredningen får eksempelvis Tysnes Kraftlag SA kun seg selv i referansesettet. Det bør derfor undersøkes hvordan slike selskaper skal evalueres.

Når det gjelder hvilke referanseselskaper et selskap får, kan det være interessant å gjennomføre en studie som undersøker hva selskapene anser som en rimelig sammenligning. Det kan være aktuelt å undersøke hvilke egenskaper selskapene vurderer når de sammenligner seg med andre selskaper. Og basert på det, vurdere hvilken modell som samsvarer best med selskapens forventning til referanseselskaper.



## 7 Konklusjon

Formålet med denne utredningen har vært å undersøke hvordan bruk av Betinget DEA og Reversert DEA påvirker nettselskapene, sammenlignet med dagens reguleringsmodell. Modellene er alternative tilnærminger for rammevilkårskorrigerings.

Reversert DEA korrigerer totale kostnader for eksterne faktorer før DEA-analysen, mens totrinnsmodellen korrigerer effektivitetsscorene i trinn 2. Likevel får modellene mange like referanseselskaper, og en relativt lik effektiv front. Betinget DEA får i tillegg flere andre referanseselskaper. Dette skyldes at modellen finner andre referanseselskaper i de tilfellene hvor selskapene har for ulike rammevilkår.

Resultatene viser at ulike rammevilkårskorrigerings har størst effekt på omfordeling av inntekt, som påvirker selskapenes relative avkastning og tariffer. Totrinnsmodellen har i utgangspunktet en høyere aggregert kompensasjon, men den kompenserer relativt likt som Reversert DEA på selskapsnivå. Det kan skyldes at begge modellene korrigerer for fem z-variabler, uavhengig av om det gjøres før eller etter DEA-analysen. I Betinget DEA er det kun  $z_{hvugs}$  og  $z_{s4}$  som er begrensende variabler. Det bidrar til at selskapene kompenseres ulikt sammenlignet med de to andre modellene.

Forholdet mellom effektivitetsscorene i Betinget DEA og Ubetinget DEA øker med økende verdier for de begrensende variablene. Det indikerer at z-variablene påvirker den effektive fronten, og at Ubetinget DEA ikke tar hensyn til faktorer som påfører selskapene en kostnadsulempe. Totrinnsmodellen bygger på effektivitetsscorene fra Ubetinget DEA, og korrigerer for rammevilkår i trinn 2. Det kan medføre at modellen ikke klarer å skille mellom effektene som skyldes rammevilkår og strukturell ineffektivitet. Videre kan det forklare hvorfor totrinnsmodellen har en høyere aggregert kompensasjon enn Betinget og Reversert DEA. På den andre siden, viser resultatene at effekten av økt kompensasjon på selskapenes avkastning og tariffer er relativt liten.

Det er viktig å merke seg at disse resultatene baserer seg på en forenklet totrinnsmodell, som gjør at det forekommer forskjeller fra dagens reguleringsmodell. Likevel mener vi at modellen er representativ for NVEs modell, og at resultatene fra analysen viser hvordan alternative korrigerings for rammevilkår vil påvirke nettselskapene.

## Referanser

- Aabakken, C., Fadum, H. S., Ånestad, A., Hageengen, F., og Nordeng, R. A. (2014). Avbruddsstatistik 2013. Technical report, NVE.
- Amundsveen, R. og Kvile, H. M. (2015). The development and application of an incentive regulation - a balancing act. *The ICER Chronicle*, 3:17–23.
- Amundsveen, R., Kvile, H. M., Kordahl, O.-P., og Langset, T. (2014). Second stage adjustment for firm heterogeneity in dea: a novel approach used in regulation of norwegian electricity DSOs. *Recent Developments in DEA and its Applications*, side 334.
- Barnum, D. T. og Gleason, J. M. (2008). Bias and precision in the DEA two-stage method. *Applied Economics*, 40(18):2305–2311.
- Bjørndal, E., Bjørndal, M., Cullmann, A., og Nieswand, M. (2018). Finding the right yardstick: Regulation of electricity networks under heterogeneous environments. *European Journal of Operational Research*, 265(2):710–722.
- Bjørndal, E., Bjørndal, M., og Fange, K.-A. (2010). Benchmarking in regulation of electricity networks in Norway: An overview. I *Energy, Natural Resources and Environmental Economics*, sider 317–342. Springer.
- Bjørndal, E., Bjørndal, M., og Johnsen, T. (2008). Justeringsparameteren i inntektsreguleringen – vurdering av behov for endringer.
- Bogetoft, P. og Otto, L. (2011). *Benchmarking with DEA, SFA, and R*. Springer-Verlag, New York.
- Bădin, L., Daraio, C., og Simar, L. (2012). How to measure the impact of environmental factors in a nonparametric production model. *European Journal of Operational Research*, 223(3):818–833.
- Charnes, A., Cooper, W., og Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6):429–444.
- Coelli, T., Rao, P., O'Donnell, C., og Battese, G. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Science & Business Media.
- Daraio, C. og Simar, L. (2005). Introducing environmental variables in nonparametric frontier models: A probabilistic approach. *Journal of Productivity Analysis*, 24(1):93–121.
- Daraio, C. og Simar, L. (2007a). *Advanced Robust and Nonparametric Methods in Efficiency Analysis*. Springer Science & Business Media.
- Daraio, C. og Simar, L. (2007b). Conditional nonparametric frontier models for convex and nonconvex technologies: a unifying approach. *Journal of Productivity Analysis*, 28(1-2):13–32.
- Eggum, E., Hansen, H., Nordeng, R. A., Ånestad, A., og Fadum, H. S. (2015). Avbruddsstatistik 2014. Technical report, NVE.
- Energiloven (29.06.1990). Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. <https://lovdata.no/lov/1990-06-29-50>. Hentet 15.11.2019.

- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3):253–290.
- Forskrift om kontroll av nettvirksomhet (01.04.1999). Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomhet og tariffer. <https://lovdata.no/forskrift/1999-03-11-302>. Hentet 20.10.2019.
- Grammeltvedt, T. E., Hansen, W., Haugland, C.-P., Karlsen, E. N., Langset, T., Neurauter, T. M., Tjeldflåt, A., og Wiull, S. O. (2006). Modell for fastsettelse av kostnadsnorm. NVE.
- Hall, P., Racine, J., og Li, Q. (2004). Cross-validation and the estimation of conditional probability densities. *Journal of the American Statistical Association*, 99(468):1015–1026.
- Hansen, H. (2018). Avbruddsstatistikk 2017. Technical report, NVE.
- Hansen, H., Eggum, E., Ånestad, A., og Aabakken, C. (2017). Avbruddsstatistikk 2016. Technical report, NVE.
- Hansen, H., Eggum, E., Ånestad, A., Fadum, H. S., og Aabakken, C. (2016). Avbruddsstatistikk 2015. Technical report, NVE.
- NVE (2014). Referanserenten. <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/okonomisk-regulering-av-nettselskap/om-den-okonomiske-reguleringen/referanserenten/>. Hentet 21.10.2019.
- NVE (2015). Inntektsrammer. <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/okonomisk-regulering-av-nettselskap/inntektsrammer/>. Hentet 20.10.2019.
- NVE (2018). *Infoskriv RME-Ø 2/2018: Om beregning av inntektsrammer og kostnadsnorm for 2019*. NVE, Oslo, Norge.
- Pöyry Management Consulting og Menon Economics (2017). Høringsdokument - vurdering av NVEs referanserente. NVE.
- Reiten, E., Sørgard, L., og Bjella, K. (2014). Et bedre organisert strømnnett. *Oslo: Ministry for Energy and Petroleum*.
- Saastamoinen, A., Bjørndal, E., og Bjørndal, M. (2017). Specification of merger gains in the norwegian electricity distributionindustry. *Energy Policy*, 102:96–107.
- Sharkey, W. W. (1982). *The Theory of Natural Monopoly*. Cambridge University Press.
- Shleifer, A. (1985). A theory of yardstick competition. *The RAND Journal of Economics*, 16(3):319–327.
- Simar, L. og Wilson, P. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, 136(1):31–64.
- Simar, L. og Wilson, P. W. (1998). Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models. *Management Science*, 44(1):49–61.
- Trøgstad Elverk AS (2019). Om oss. <https://trogstad-elverk.no/om-oss/>. Hentet 14.12.2019.

# Appendiks

## A1 Selskaper som holdes utenfor analysen

**Tabell A1.1:** Selskaper som holdes utenfor evalueringen i DEA-analysen

Selskap
Sør-Norge Aliminium AS
Sira Kvina Kraftselskap
Svorka Produksjon AS
Statkraft Energi AS

**Tabell A1.2:** Selskaper som evalueres i egen modell

Selskap	Abonnenter	Km Nett
Modalen Kraftlag	429	33
Hydro Energi	0	15
Tinefos	69	9
Hydro Aliminium	17	1
Lyse Produksjon	149	84
Yara Norge	40	47
Mo Industripark	257	38
Herøya Nett	31	115

## A2 Bidrag til kostnadsnorm

**Tabell A2.1:** Bidrag til kostnadsnorm i Ubetinget DEA

Selskap	(i %)
AS EIDEFOSS	28.76
NORD-SALTEN KRAFT AS	2.20
TRØGSTAD ELVERK AS	15.79
HAFSLUND NETT AS	53.25

**Tabell A2.2:** Bidrag til kostnadsnorm i Betinget DEA

Selskap	(i %)
ANDØY ENERGI AS	0.02
BINDAL KRAFTLAG SA	0.48
NORGESNETT AS	10.87
AS EIDEFOSS	15.53
FOSEN NETT AS	0.16
JÆREN EVERK KOMMUNALT FORETAK I	H.56
KRØDSHERAD EVERK KF	0.29
NORD-SALTEN KRAFT AS	1.90
TRØNDERENERGI NETT AS	4.00
TRÆGSTAD ELVERK AS	7.84
TYSNES KRAFTLAG SA	0.25
VEST-TELEMARK KRAFTLAG AS	0.07
GUDBRANDSDAL ENERGI NETT AS	2.71
HEMSEDAL ENERGI KF	0.02
LYSE ELNETT AS	0.13
EIDSIVA NETT AS	2.84
SKAGERAK NETT AS	0.21
NORDVEST NETT AS	0.01
GLITRE ENERGI NETT AS	2.56
AGDER ENERGI NETT AS	0.34
HAFSLUND NETT AS	34.02
NTE NETT AS	15.19

**Tabell A2.3:** Bidrag til kostnadsnorm i Reversert DEA

Selskap	(i%)
AS EIDEFOSS	20.34
NORD-SALTEN KRAFT AS	6.95
TRØGSTAD ELVERK AS	4.01
NORDVEST NETT AS	20.65
HAFSLUND NETT AS	48.05

## A3 Referansesettene i Betinget DEA

**Tabell A3.1:** Antall selskap i referansesettene i Betinget DEA

Id	Selskap	Antall
7	ALTA KRAFTLAG SA	45
9	ANDØY ENERGI AS	49
16	AUSTEVOLL KRAFTLAG SA	47
18	BALLANGEN ENERGI AS	31

*Fortsetter på neste side*

Tabell A3.1 – Fortsetter fra forrige side

<b>Id</b>	<b>Selskap</b>	<b>Antall</b>
22	BINDAL KRAFTLAG SA	45
32	NORGESNETT AS	42
35	DRANGEDAL EVERK KF	47
37	AS EIDEFOSS	52
41	ETNE ELEKTRISITETSLAG SA	46
42	ISE NETT AS	59
43	FINNÆS KRAFTLAG SA	51
45	FITJAR KRAFTLAG SA	65
46	FJELBERG KRAFTLAG SA	9
52	FORSAND ELVERK KOMMUNALT FORETAK	65
53	FOSEN NETT AS	59
55	FUSA KRAFTLAG SA	41
56	SUNNFJORD ENERGI AS	53
63	TROLLFJORD NETT AS	45
65	HAMMERFEST ENERGI NETT AS	45
71	HELGELAND KRAFT AS	64
72	SODVIN SA	55
82	HURUM NETT AS	14
84	HÅLAND OG SETSKOG ELVERK SA	43
86	ISTAD NETT AS	59
88	JÆREN EVERK KOMMUNALT FORETAK	7
91	KLEPP ENERGI AS	7
93	KRAGERØ ENERGI AS	59
95	KRÆDSHERAD EVERK KF	5
96	KVAM KRAFTVERK AS	56
97	KVINNHHERAD ENERGI AS	60
103	LUOSTEJOK KRAFTLAG SA	34
104	LUSTER ENERGI AS	70
106	LÆRDAL ENERGI AS	47
116	MELØY ENERGI AS	67
119	GAULDAL NETT AS	64
132	NORD-SALTEN KRAFT AS	41
133	YMBER AS	35
135	NORD-ØSTERDAL KRAFTLAG SA	42
138	NORDKYN KRAFTLAG SA	31
146	ODDA ENERGI AS	34
149	OPPDAL EVERK AS	48
153	ORKDAL ENERGINETT AS	73
157	RAKKESTAD ENERGI AS	66
161	RAULAND KRAFTFORSYNINGSLAG SA	45
162	RAUMA ENERGI AS	64
163	KVIKNE-RENNEBU KRAFTLAG AS	53
164	REPVÅG KRAFTLAG SA	45

Fortsetter på neste side

Tabell A3.1 – Fortsetter fra forrige side

<b>Id</b>	<b>Selskap</b>	<b>Antall</b>
168	ROLLAG ELEKTRISITETSVERK SA	9
173	RØROS ELEKTRISITETSVERK AS	35
181	SANDØY ENERGI AS	49
183	HJARTDAL ELVERK AS	60
194	SKJÅK ENERGI KF	47
197	SOGNEKRAFT AS	71
204	STRANDA ENERGI AS	70
205	STRYN ENERGI AS	50
206	SULDAL ELVERK KF	51
213	SYKKYLVEN ENERGI AS	42
214	SØR AURDAL ENERGI AS	44
215	TRØNDERENERGI NETT AS	67
223	TINN ENERGI AS	74
227	TROMS KRAFT NETT AS	46
231	TRØGSTAD ELVERK AS	44
234	TYSNES KRAFTLAG SA	1
238	HARDANGER ENERGI AS	64
242	UVDAL KRAFTFORSYNING SA	76
248	VANG ENERGIVERK KF	51
249	VARANGER KRAFTNETT AS	45
251	VEST-TELEMARK KRAFTLAG AS	43
257	DALANE NETT AS	59
264	ØVRE EIKER NETT AS	22
267	ÆRDAL ENERGI KF	53
269	SFE NETT AS	55
274	SVORKA ENERGI AS	41
275	HALLINGDAL KRAFTNETT AS	73
295	GUDBRANDSDAL ENERGI NETT AS	70
306	VALDRES ENERGIVERK AS	51
311	NORDMØRE ENERGIVERK AS	49
343	HEMSEDAL ENERGI KF	42
349	NOTODDEN ENERGI NETT AS	32
354	LOFOTKRAFT AS	45
373	NORE ENERGI AS	67
418	AURLAND ENERGIVERK AS	45
433	HÅLOGALAND KRAFT NETT AS	46
460	MØRENETT AS	70
464	VESTERÅLSKRAFT NETT AS	45
503	HAUGALAND KRAFT NETT AS	60
511	LYSE ELNETT AS	29
542	VOKKS NETT AS	39
566	BKK NETT AS	57
574	EIDSIVA NETT AS	48

Fortsetter på neste side

Tabell A3.1 – Fortsetter fra forrige side

<b>Id</b>	<b>Selskap</b>	<b>Antall</b>
578	FLESBERG ELEKTRISITETSVERK AS	35
591	MIDTKRAFT AS	48
593	NESSET KRAFT AS	41
599	SUNNDAL ENERGI KF	63
611	SKAGERAK NETT AS	21
613	NORDVEST NETT AS	54
615	GLITRE ENERGI NETT AS	31
624	AGDER ENERGI NETT AS	49
625	VOSS ENERGI NETT AS	52
637	NORDKRAFT NETT AS	49
659	MIDT-TELEMARK ENERGI AS	44
669	STANGE ENERGI NETT AS	48
675	HAFSLUND NETT AS	26
693	RINGERIKS-KRAFT NETT AS	22
699	NTE NETT AS	60
726	NORLANDSNETT AS	58

## A4 Sammenligning av selskaper i 6.3

Tabell A4.1: z-verdier for referanseselskaper i Ubetinget DEA

Selskap	$z_{hvugs}$	$z_{s4}$	$z_{geo1}$	$z_{geo2}$	$z_{geo3}$
Eidefoss AS	0,22	0,016	-0,06	-0,7	0,58
Trøgstad Everk AS	0,24	0,20	-1,9	-0,7	-1,12
Hafslund Nett AS	0,7	0,19	-1,69	-0,65	-1,15

Tabell A4.2: z-verdier for referanseselskaper i Betinget DEA

Selskap	$z_{hvugs}$	$z_{s4}$
Norgesnett AS	0,6	0,17
Eidefoss AS	0,22	0,016
Jæren Everk	0,89	0,04
Lyse Elnett AS	0,75	0,087

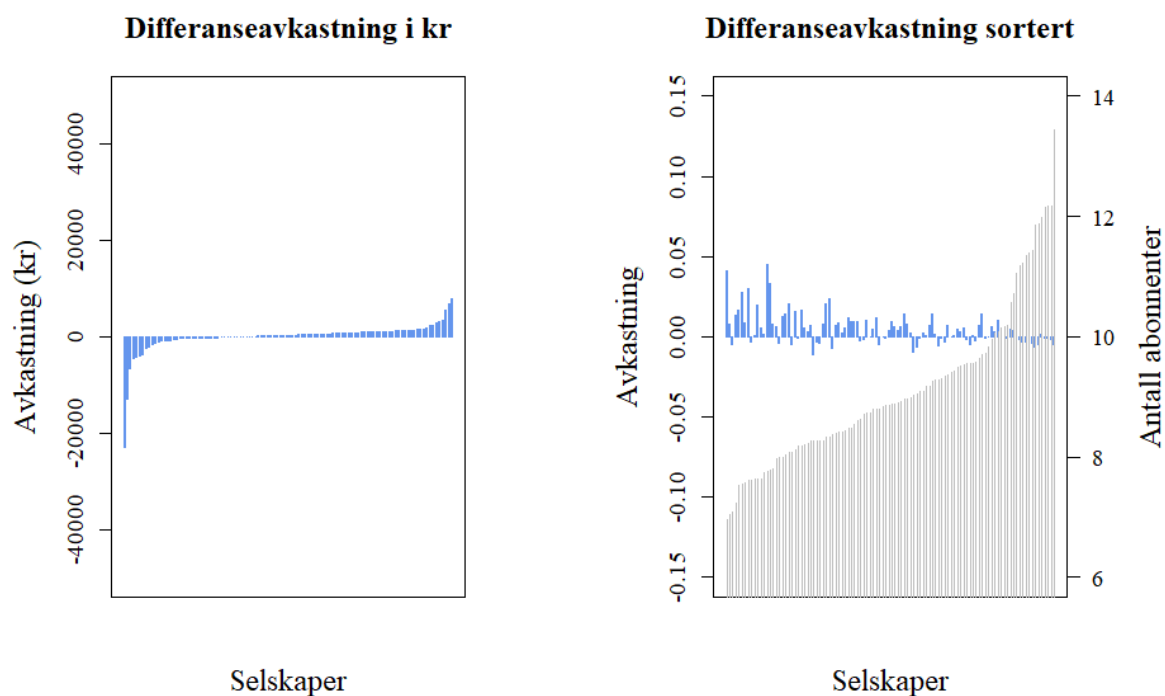


## A5 Differanseavkastning

**Tabell A5.1:** Differanseavkastning mellom de tre modellene, i kr

	Min	P25	Median	Gj.snitt	P75	Max
NVE-BDEA	-52 166,6	-1 328,8	444,3	0,0	2603,7	15 872,6
NVE-RDEA	-23 067,1	-208,5	327,9	0,0	955,7	7874,6
BDEA-RDEA	-21 107,2	-2 013,3	-227,4	0,0	1 255,4	45 628,8

**Figur A5.1:** Differanseavkastning mellom tottrinnsmodellen og Reversert DEA, i kr og sortert etter størrelse



**Figur A5.2:** Differanseavkastning mellom Betinget DEA og Reversert DEA, i kr og sortert etter størrelse

