

Rapport 2008-031

**Benchmarking-  
modeller og  
incentiver**

# **Benchmarking- modeller og incentiver**

Utarbeidet for  
Norges vassdrags- og  
energidirektorat

## **Innhold:**

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER .....	1
1 INNLEDNING .....	6
1.1 Bakgrunn og problemstilling .....	6
1.2 Noen viktige begreper og avgrensninger .....	6
1.2.1 Den gjeldende inntektsrammereguleringen legges til grunn .....	6
1.2.2 En prinsipiell analyse .....	7
1.2.3 Regional- og sentralnett vs. distribusjonsnett .....	8
1.2.4 Incentiver er ikke det samme som rettferdighet .....	8
1.2.5 Bedriftsøkonomiske incentiver vs. andre virkemidler .....	8
1.2.6 Strategisk rapportering .....	9
1.3 Om rapporten .....	9
2 RETTFERDIGHET OG INCENTIVER .....	10
2.1 Rettferdighet .....	10
2.2 Incentivegenskaper .....	11
2.2.1 Effektivisering .....	14
2.2.2 Investering .....	15
2.2.3 Det er relativ effektivitet som er viktig i den norske inntektsreguleringen .....	17
2.3 Konklusjon .....	17
3 TYPER AV BENCHMARKINGMODELLER .....	19
3.1 Typologi .....	19
3.2 Konkrete modeller for benchmarking .....	20
3.2.1 NVEs modeller for distribusjonsnett og regional- og sentralnett ..	20
3.2.2 SINTEF/Statkraft-alliansens oppgavebaserte modell .....	21
3.3 En enkel virkelighet .....	22
3.4 Parametriske og ikke-parametriske modeller basert på den enkle virkeligheten .....	23
3.5 Output eller oppgaver .....	25
3.6 Oppsummering av modelltyper .....	26
4 INCENTIVEGENSKAPENE I IDEELLE MODELLER .....	27
4.1 De ideelle modellene er identiske .....	27
4.1.1 Den parametriske modellen .....	27
4.1.2 DEA-modellen .....	28
4.2 Incentivene .....	30
4.3 Konklusjon .....	32
5 SAMMENBLANDING AV OPPGAVE- OG OUTPUTVARIABLER .....	33
5.1 Bruk av oppgavevariabler .....	33
5.2 Alle oppgavevariablene og noen outputvariabler .....	34
5.2.1 Rettferdighet .....	34
5.2.2 Incentiver .....	34
5.2.3 Konklusjon .....	41
5.3 Alle outputvariablene og noen oppgavevariabler .....	41
5.3.1 Rettferdighet .....	42
5.3.2 Incentiver .....	42
5.3.3 Konklusjon .....	44

6	KONSEKVENSER AV FEILSPESIFIKASJON.....	45
6.1	Utelatte variabler.....	45
6.1.1	Modell 1: Utelatt outputvariabel.....	45
6.1.2	Modell II: Utelatte rammevilkår.....	47
6.1.3	Er utelatte variabler et større problem i noen typer av modeller? .	48
6.1.4	Konklusjon.....	49
6.2	Gal funksjonsform/ikke-ortogonale akser .....	49
6.2.1	Modell.....	49
6.2.2	Konklusjon.....	51
6.3	Gale parametre/få observasjoner med outputvariabler .....	52
6.3.1	Gale parameterverdier.....	52
6.3.2	Få observasjoner .....	54
6.3.3	Feil i datagrunnlaget .....	56
6.3.4	Konklusjon.....	56
7	OPPSUMMERING - REGULATORISKE VEIVALG .....	57
7.1	Incentivvirkningene i benchmarkingmodeller .....	57
7.2	Incentivvirkningene i en større sammenheng .....	58
	REFERANSER.....	60

## Sammendrag og konklusjoner

### Resymé

*NVEs inntektsrammeregulering gir incentiver til å redusere kostnader og gjennomføre investeringer som måles til å være effektive. Metoden for måling av effektivitet og fastsettelse av kostnadsnormen blir dermed viktig for incentivvirkningene. En parametrisk oppgavebasert modell med enhetskostnader pr. separat oppgave stiller høye krav til regulators informasjonsgrunnlag, og kan gi overinvesteringer eller underinvesteringer dersom parameterverdier eller funksjonsform fastsettes feil. Det er også en betydelig risiko for at investeringer dobbeltkompenseres i slike modeller. Modellen måler heller ikke systemeffektivitet. DEA-modeller er på sin side sårbare for feil data eller et utilstrekkelig antall observasjoner. En DEA-modell kan for øvrig også inneholde oppgavevariabler, og vil i så fall ha en del svakheter felles med parametriske oppgavebaserte modeller, men er mindre sårbar overfor feilspesifisering. Valg av modell kan imidlertid bare gjøres ut fra en helhetlig vurdering av målene med reguleringen og den samlede virkemiddelbruken.*

### Bakgrunn og problemstilling

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) regulerer norske nettselskapers tillatte tariffinntekter gjennom et system med inntektsrammer. Inntektsrammene beregnes på grunnlag av historiske kostnader i hvert enkelt selskap samt en kostnadsnorm basert på effektivitetsmålinger. Incentivvirkningene avhenger dermed av hva slags modell som brukes for å fastsette kostnadsnormen. NVE bruker i dag DEA-modeller for de ulike nettnivåene, men spesielt i regional- og sentralnettet er det en utfordring at det er relativt få selskaper og store ulikheter i rammevilkår. NVE har signalisert at man vil vurdere å bruke en oppgavebasert modell i stedet for dagens DEA-modell for fastsettelse av normkostnaden i regional- og sentralnettet. Med en oppgavebasert modell fastsettes kostnadsnormen på grunnlag av de anslåtte nødvendige kostnadene ved definerte nettoppgaver og ikke en direkte måling av samlet effektivitet.

Vi analyserer følgende problemstilling i denne rapporten:

*Hvilke incentiver gir forskjellige benchmarkingmodeller for regional- og sentralnettet til a) kostnadseffektivitet og b) investeringer?*

Rapporten er utarbeidet av Econ Pöyry på oppdrag fra NVE.

### Konklusjoner og tilrådinger

*Parametriske vs. ikke-parametriske modeller – hva skal regulator forutsette a priori?*

Både DEA-modeller og oppgavebaserte modeller for regional- og sentralnettet lar seg utforme i praksis. En oppgavebasert modell kan ses som et spesialtilfelle av en parametrisk modell:

- Parametriske modeller er kjennetegnet ved at regulator gjør en rekke antakelser a priori om sammenhengen mellom ytre rammevilkår og kostnadene ved å drive og utvikle nettet på en effektiv måte. I sin enkleste form vil dette ta form av en lineær sammenheng mellom oppgaven – for eksempel antall km linje – og en enhetskostnad ved effektiv drift. Med en oppgavebasert modell vil også hovedvekten ligge på variabler som beskriver det faktiske nettet (antall km linje og

kabel, trafoer og nettstasjoner osv.) og i mindre grad eksogene mål på den underliggende forsyningsoppgaven eller etterspørselen etter overføring (levert energi, antall og type kunder). Mer komplekse funksjonsformer og sammenhenger kan naturligvis også benyttes, og det er ingenting i veien for å bygge inn geografiske rammevilkår i modellen. Selve parameterverdiene kan bestemmes på flere måter, for eksempel ved hjelp av kostnadskataloger eller statistiske analyser.

- Med en DEA-modell gjøres det ikke forutsetninger a priori utover noen fundamentale matematiske antakelser om forholdet mellom input, output og rammevilkår. En DEA-modell kan for øvrig inkludere elementer fra parametriske modeller dersom regulator gjør spesifikke forutsetninger om sammenhengen mellom enkelte faktorer. En DEA-modell kan også benytte oppgavemål som output i stedet for genuine outputvariabler som levert energi. NVEs gjeldende modell for regional- og sentralnettet er et eksempel som både involverer oppgavebaserte outputvariabler og a priori antakelser i form av vektorer for beregning av aggrerte oppgavemål på grunnlag av detaljerte data for nettanlegg.

*Incentivvirkningene er det viktige fra et samfunnsøkonomisk perspektiv, men også fordelingsvirkningene er interessante*

Spørsmålet er hvilke egenskaper de ulike typene av modeller har i teorien, og hvordan de kan ventes å fungere i praksis gitt NVEs inntektsrammeformel. I denne sammenhengen er vi primært opptatt av incentivvirkningene, men det er også interessant å drøfte fordelingsvirkningene eller hvor rettferdige modellene oppfattes å være:

- *Incentivvirkningene* avhenger i utgangspunkt bare av den marginale virkningen på nettselskapets overskudd av et gitt tiltak. Dersom overskuddet blir høyere (eller underskuddet mindre) ved å gjennomføre en investering, har nettselskapet incentiver til å investere. I et statisk perspektiv er nivået på avkastningen av tiltaket i prinsippet irrelevant, så lenge marginaleffekten på overskuddet er positiv.
- *Rettferdighetsegenskapene* til en modell avhenger av hvordan de samlede inntektene fordeles mellom selskapene. Det er ikke lett å definere rettferdighet på en entydig måte, men visse minimumskrav virker rimelige. Blant annet bør effektive selskaper måles til å være mer effektive og kunne oppnå en høyere avkastning enn mindre effektive selskaper.

Fra et samfunnsøkonomisk perspektiv er det incentivvirkningene som er det viktigste for å sikre en samfunnsmessig rasjonell utvikling av nettet, men rettferdighet kan ha betydning for legitimiteten av reguleringen. Det trenger ikke være noen konflikt mellom incentiver og rettferdighet. Med en modell som både måler systemeffektivitet på en treffsikker måte og reflekterer forskjeller i rammevilkår, vil begge mål være oppfylt. Den perfekte modellen finnes imidlertid ikke i praksis. En praktisk modell som framstår som rettferdig kan ha dårlige incentivvirkninger. Omvendt kan en modell med gode incentiver oppfattes som urettferdig.

*Oppgavebaserte modeller og DEA-modeller med oppgavebasert output måler ikke systemeffektivitet – men det er ikke gitt at det er ønskelig heller*

Enten en bruker parametriske modeller eller DEA-modeller, innebærer bruk av oppgavevariabler at en bare måler hvor effektive nettselskapene er til å drive et gitt nett, ikke hvorvidt selve nettløsningen er effektiv. Det kan imidlertid være flere grunner til at en ikke ønsker å ta hensyn til systemeffektivitet i benchmarkingen:

- Det kan være vanskelig å måle samfunnsøkonomisk relevant output. Det er for eksempel nyttevirkinger av investeringer som ikke lar seg inkludere på noen enkel måte (som flaskehalskostnader og visse aspekter ved leveringskvalitet).
- Mange investeringer i nettet bærer preg av å være preinvesteringer (det investeres i mer kapasitet enn det som etterspørres på investeringstidspunktet for å legge til rette for framtidig forbruksvekst og unngå kostbare dobbeltinvesteringer). Historiske investeringer kan også vise seg å bli ulønnsomme, for eksempel på grunn av fraflytting eller nedleggelse av industri.

Manglende muligheter til å måle systemeffektivitet er ikke noe avgjørende argument for å velge en parametrisk modell. Med en DEA-modell kan en ta hensyn til avveiningene mellom ulike typer kostnader direkte ved at den samlede effektiviteten måles (for eksempel KILE eller overføringstap vs. kapitalkostnader). Med en parametrisk modell må slike sammenhenger modelleres eksplisitt, og i en oppgavebasert modell der det tas utgangspunkt i enhetskostnader pr. separate oppgave risikerer en at sammenhengene ikke tas hensyn til overhodet.

#### *Oppgavebaserte modeller kan gi dobbelkompensasjon for investeringer*

Både oppgavebaserte modeller og DEA-modeller (med eller uten oppgavevariabler) gir incentiver til å drive nettvirkosmheten med lavest mulige kostnader for en gitt nettkonfigurasjon. Med NVEs inntektsrammeformel vil dessuten alle investeringer som måles til å være effektive, være bedriftsøkonomisk lønnsomme (selv om et selskap er målt til å være ineffektivt i utgangspunktet). Det er imidlertid viktige forskjeller med hensyn til hvordan investeringer belønnes i ulike modeller for effektivitetsmåling.

Den manglende avveiningen mellom ulike kostnadselementer som kjennetegner oppgavebaserte modeller med separate enhetskostnader pr. oppgave, skaper en risiko for at investeringer dobbelkompenseres. Det skyldes at et tiltak (som en ny linje) kan påvirke flere av de definerte oppgavene. Anta at det gis full kompensasjon for investeringer ved at nettkapitalen inngår som en oppgave med beregnet nyverdi (for hele nettet), samtidig som både KILE og overføringstap er definert som egne oppgaver. Når dette kombineres med NVEs inntektsrammeformel, blir resultatet svært sterke incentiver til investeringer som reduserer KILE eller overføringstap. Det skyldes at nettselskapene får full kompensasjon for kapitalkostnadene, samtidig som de beholder en andel av gevinsten ved lavere kostnader. Slik dobbelkompensasjon kan justeres ned gjennom inntektsrammeformelen, men det vil ikke være noen god generell løsning.

Det er mulig å tenke seg at en DEA-modell også gir en form for dobbelkompensasjon for investeringer, for eksempel gjennom en kombinasjon av endogene oppgavevariabler (som km linje) og outputvariabler, eller bare oppgavevariabler. De uheldige virkningene av dette kan imidlertid dempes noe av at den effektive fronten også avhenger av andre selskapers tilpasning, slik at feilinvesteringer kan bli straffet. I en ren DEA-modell med bare outputvariabler (altså ingen blanding) er dobbelkompensasjon ikke noe problem.

*Hvis belønningen blir for høy i en oppgavebasert modell, kan investeringsincentivene bli uendelig sterke – eller omvendt dersom belønningen blir for lav*

For mange variabler i en modell kan gi incentiver til overinvesteringer, men for få variabler kan gi underinvesteringer. Dette er felles for alle typer modeller.

En uheldig egenskap ved oppgavebaserte modeller med enhetskostnader pr. oppgave, er at de er svært sårbare for valg av nivå på belønningen pr. oppgave (den regulatorisk fastsatte enhetskostnaden). Hvis for eksempel nivået på avkastningen på nettkapitalen blir satt for høyt i forhold til netteiers avkastningskrav (innenfor en modell med hele nettkapitalen som en egen oppgave), vil det gi incentiver til å investere uendelig mye i nett. Dersom nivået settes for lavt, blir resultatet investeringsstopp. Feil verdsetting kan også oppstå ved at geografiske rammevilkår ikke tas hensyn til på riktig måte.

I praksis vil restriksjoner på arealbruk, NVEs konsesjonsbehandling av nettanlegg og andre faktorer begrense investeringene, og kvalitetsincentiver i form av KILE eller lignende vil før eller siden stimulere til noen investeringer. Det endrer imidlertid ikke konklusjonen om at oppgavebaserte modeller er sårbare for feil parameterverdier.

*En oppgavebasert modell stiller høye krav til regulators informasjonsgrunnlag og oppdatering av parameterverdier*

Diskusjonen ovenfor viser at regulator vil ha behov for å justere og oppdatere modellen for effektivitetsmåling uavhengig av om den er oppgavebasert eller DEA-basert. Det skyldes endringer i priser på innsatsfaktorer, samfunnets verdsetting av leveringskvalitet, lokaliseringen av forbruk og produksjon og en rekke andre faktorer. En skal heller ikke undervurdere endringsbehovet som oppstår ved at nettselskapene selv vil etterspørre modelljusteringer for å ta hensyn til spesielle rammevilkår. Enhver modell for effektivitetsmåling vil bli komplisert og stille høye krav til data. Debatten om den svenske nettnyttmodellen er et godt eksempel på noen av de utfordringene som reises.

I en DEA-modell vil en del av de nødvendige endringene skje automatisk ved at fronten endrer seg når nye data blir tilgjengelige. Med en oppgavebasert modell må derimot regulator aktivt endre parametre og oppgavedefinisjoner, hvilket stiller store krav til informasjonsgrunnlag. Jo mer komplisert modellen blir, desto større vil risikoen være for at så vel modellutforming som parameterverdier blir feil.

*En oppgavebasert modell er ikke nødvendigvis mer forutsigbar eller transparent enn en DEA-modell*

I sum betyr behovet for justeringer at både oppgavebaserte modeller og DEA-modeller vil endres betydelig over tid. Heller ikke med en oppgavebasert modell vil nettselskapene kunne fastslå verdien av en investering med en høy grad av sikkerhet. Endringer i framtidige KILE-satser, katalogpriser som ligger til grunn for nyverdi-beregninger og selve definisjonen av nettoppgavene skaper usikkerhet som selskapene må forholde seg til, og modellen blir på den måten verken stabil eller fullstendig transparent på lang sikt. Det gjelder ikke minst ettersom en oppgavebasert modell vil være mer sårbar enn en DEA-modell for visse typer feil (dobbelkompensasjon for investeringer, regulators informasjonsgrunnlag).

Vi kan derfor ikke fastslå a priori at en oppgavebasert modell vil eksponere nettselskapene for mindre risiko eller være mer transparent enn en DEA-modell, selv om en oppgavebasert modell kan være enklere å forstå i prinsippet.

*Modellvalget avhenger av en rekke faktorer*

Valget mellom oppgavebaserte parametriske modeller og DEA-modeller er ikke mulig å avgjøre uten å vurdere en rekke konkrete forhold. Avhengig av de underliggende



produksjonsforholdene, datatilgang og ønskede incentivvirkninger, kan begge modelltypene være egnet til bruk i en inntektsrammeregulering av den norske typen. I praksis kan dessuten en gitt modell for effektivitetsmåling inneholde både parametriske og ikke-parametriske elementer. Bruken av vektorer for ulike typer nettanlegg og oppgavelignende outputvariabler i DEA-modellen som benyttes av NVE for regional- og sentralnett er et eksempel på det. Særlig viktig for modellvalget er følgende:

- Manglende målbarhet av relevant output, og dermed manglende muligheter til å måle systemeffektivitet på en god måte, taler for at en bruker oppgavevariabler i stedet for outputvariabler. Dette er imidlertid ikke nødvendigvis noe argument for å velge en oppgavebasert modell i stedet for DEA. Det er fullt mulig å inkludere oppgavevariabler i en DEA-modell til erstatning for outputvariabler.
- Med en oppgavebasert parametrisk modell må regulator gjøre flere valg a priori, for eksempel valg av funksjonsform og parameterverdier. Jo flere slike valg som må gjøres, desto større er behovet for eksakt kunnskap om årsakssammenhenger, og desto større blir risikoen for feil. En ikke-parametrisk modell er på den måten mer robust enn en oppgavebasert modell.
- For få observasjoner er et argument mot å bruke en DEA-modell med et visst antall variabler. Jo flere dimensjoner i DEA-modellen, desto flere selskaper vil bli målt som 100 prosent effektive, slik at utsagnskraften til modellen svekkes. Eventuelt kan en lage aggregerte variabler til bruk i DEA-modellen, men det reiser flere av de samme spørsmålene som i en oppgavebasert parametrisk modell.
- I den grad regulator venter at den effektive fronten vil endre seg betydelig over tid, oppstår det behov for å endre spesifiseringen av modellen for effektivitetsmåling. I en DEA-modell vil fronten flytte seg automatisk over tid, mens det i en parametrisk modell kreves en aktiv oppdatering fra regulators side.
- Regulators vektlegging av incentiveegenskapene kontra rettferdighetsegenskapene ved en modell kan også påvirke modellutformingen. Her er det imidlertid ikke nødvendigvis noen prinsipiell forskjell mellom DEA-modeller og oppgavebaserte modeller. Snarere er det et spørsmål om konkret modellutforming.
- Både oppgavebaserte modeller og DEA-modeller gir opphav til risiko for selskapene. Selv om en oppgavebasert modell i utgangspunktet kan være enklere å forstå, vil behov for oppdatering og justering av modellen skape usikkerhet om framtidig modellutforming. En oppgavebasert modell vil også bli komplisert dersom den skal reflektere ytre rammevilkår på en god måte, og den er sårbar for feilspesifisering. Det er derfor ikke gitt at en oppgavebasert modell vil være mer stabil og transparent over tid. De dynamiske incentivvirkningene er et komplisert spørsmål som ikke lar seg analysere uten nærmere vurderinger av forventningsdannelsen hos selskapene og regulators langsiktige signaler.

Endelig kan incentivvirkningene av modellen for fastsettelse av kostnadsnormen ikke ses isolert fra andre elementer i reguleringen. I regional- og sentralnett vil for eksempel NVEs konsesjonsbehandling kunne stanse åpenbare overinvesteringer. Kommunale reguleringsplaner er et annet virkemiddel. Tilsvarende vil krav til leveringskvalitet og HMS-regelverk kunne stimulere til enkelte investeringer.

Hva slags modell en går for, er derfor til syvende og sist et spørsmål om en helhetlig vurdering av hvilke kriterier regulator ønsker å vektlegge og samspillet mellom økonomiske incentiver og andre virkemidler.

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn og problemstilling

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) regulerer norske nettselskapers tillatte tariffinntekter gjennom et system med inntektsrammer. Inntektsrammene beregnes på grunnlag av historiske kostnader i hvert enkelt selskap samt en kostnadsnorm basert på selskapenes resultater i NVEs effektivitetsmålinger. Incentivvirkningene av reguleringen på kort og lang sikt avhenger dermed av hva slags modell som brukes for å fastsette kostnadsnormen. NVE bruker i dag DEA-metoden (Data Envelopment Analysis) for de ulike nettnivåene, men det har vært og er en omfattende debatt om hva slags modeller som er best egnet. Spesielt i regional- og sentralnettet er det en utfordring at det er relativt få selskaper og store ulikheter i rammevilkår. NVE har derfor signalisert at man vil vurdere å bruke en oppgavebasert modell i stedet for dagens DEA-modell for fastsettelse av normkostnaden i regional- og sentralnettet.<sup>1</sup> Med en oppgavebasert modell fastsettes kostnadsnormen på grunnlag av de anslåtte nødvendige kostnadene ved definerte nettoppgaver og ikke en direkte måling av samlet effektivitet.

Vi analyserer derfor følgende problemstilling i denne rapporten:

*Hvilke incentiver gir forskjellige benchmarkingmodeller for regional- og sentralnettet til a) kostnadsreduksjoner og b) investeringer?*

Rapporten er utarbeidet av Econ Pöyry på oppdrag fra NVE.

## 1.2 Noen viktige begreper og avgrensninger

### 1.2.1 Den gjeldende inntektsrammereguleringen legges til grunn

Hvilke incentiver et selskap har for å gjøre ulike tiltak, vil ikke bare avhenge av benchmarkingmodellen, men også av hvordan effektivitetsmålingene benyttes i inntektsrammen. Vi vil ta utgangspunkt i NVEs inntektsrammeformel slik den ble introdusert i 2007:

$$IR_t = (1 - \rho)K_{t-2} + \rho K_{t-2}^*$$

der  $IR_t$  er inntektsrammen i år  $t$ ,  $\rho$  er andelen som kostnadsnormen utgjør av inntektsrammen (60 prosent fra 2009),  $K_{t-2}$  er historiske kostnader i nettselskapet i år  $t-2$  (justert for inflasjon), mens  $K_{t-2}^*$  er kostnadsnormen for selskapet basert på historiske data. Kostnadsgrunnlaget inkluderer KILE i tillegg til drift og vedlikehold, overførings- tap, avskrivninger og avkastning. For Statnett er KILE skilt ut som en separat del av kostnadsgrunnlaget med egen separat kostnadsnorm, slik at inntektsrammeformelen blir litt forskjellig. Selskapets kostnadsnorm fastsettes dessuten på grunnlag av en egen effektivitetsmåling mot systemansvarlige nettselskaper i andre land. Vi går ikke nærmere inn på reguleringen av Statnett i denne rapporten. Mange av de prinsipielle konklusjonene vi trekker, vil imidlertid også være relevante for reguleringen av Statnett.

---

<sup>1</sup> NVE (2006a, 2006b, 2007) gir en detaljert beskrivelse av inntektsrammereguleringen og modellene for effektivitetsmåling som benyttes.

Vi vil benytte en forenklet utgave av inntektsrammemodellen som vi skriver:

$$IR = (1 - \rho)K + \rho\theta K,$$

der  $\theta$  er selskapets målte effektivitet. Effektiviteten skal i prinsippet ligge mellom 0 (100 prosent ineffektivt, det vil si overhodet ingen verdiskapning) og 1 (100 prosent effektivt, det vil si at det er ikke mulig å produsere det samme for lavere kostnader). Imidlertid kan man også tillate supereffektivitet,  $\theta > 1$ . Vi kommer tilbake til betydningen av å inkludere supereffektivitet i rapporten. Et annet moment er NVEs kalibrering av kostnadsnormene slik at den veide gjennomsnittseffektiviteten for bransjen blir 1 (100 prosent), som også kan ha betydning for incentivene.

I den forenklete versjonen ser vi bort fra tidsforskyvningen mellom kostnader og inntektsramme. Det gjør analysen enklere, og vi kan også se bort fra justeringsparameteren som benyttes for å kompensere for tapet knyttet til tidsforsinkelsen ved investeringer. Det påvirker ikke de prinsipielle konklusjonene vi trekker.

## 1.2.2 En prinsipiell analyse

Den norske debatten om effektivitetsmålinger har i stor grad vært konsentrert om valg av en oppgavebasert modell kontra DEA-modeller, og ikke minst hvilke parametre som skal inngå i modellene og med hvilke verdier. Vårt formål er ikke å drøfte hvordan en optimal modell for benchmarking av regional- og sentralnettselskaper bør se ut i detalj, men avdekke de prinsipielle egenskapene til forskjellige *kategorier* av modeller. Vi vil derfor benytte relativt stiliserte og sterkt forenklete modeller for å analysere de viktigste incentivvirkningene. Av samme grunn vil vi heller ikke drøfte spørsmål som hvordan kapitalkostnadene skal måles, metode for inkludering av KILE-kostnader i effektivitetsmålingene (gjennomsnitt vs. årlige tall) og lignende. Dette er selvsagt viktige spørsmål når NVE skal utforme en modell for effektivitetsmåling i praksis, men for en vurdering av fundamentale incentiveegenskaper innenfor ulike overordnede kategorier av modeller er det mindre viktig. I stedet legger vi til grunn at det er praktisk mulig å implementere så vel oppgavebaserte modeller som DEA-modeller. Vi drøfter imidlertid hvordan ulike praktiske utfordringer kan påvirke incentiveegenskapene til modeller av forskjellige typer.

Egenskapene ved dagens DEA-modeller slik de er utformet av NVE, og DEA mer prinsipielt, er drøftet i flere arbeider siden arbeidet med å utvikle en norsk inntektsrammeregulering ble påbegynt. ECON (1996) er en tidlig analyse, mens Agrell og Bogetoft (2003, 2005), Sand et al., 2006, Bjørndal et al. (2004) og Bjørndal og Bjørndal (2006a, 2006b) er nyere bidrag til debatten.<sup>2</sup> Oppgavebaserte modeller har vært diskutert i mindre grad, men ECON (2003b, 2004) inneholder noen prinsipielle betraktninger om incentivene i forskjellige typer benchmarkingmodeller, spesielt med hensyn til investeringer. Vi legger derfor mye vekt i denne rapporten på å analysere oppgavebaserte modeller isolert sett og sammenlignet med DEA-modeller, og mindre vekt på detaljerte analyser av DEA-modeller som sådan. Vi refererer i stedet til relevante resultater fra DEA-litteraturen underveis.

---

<sup>2</sup> Vi henviser til disse arbeidene for ytterligere referanser til teoretiske og empiriske arbeider innen benchmarkinglitteraturen.

Selv om siktemålet med rapporten er av prinsipiell karakter, vil vi avslutningsvis drøfte hvordan vår analyse av forskjellige modeller kan være relevant for NVEs framtidige regulatoriske veivalg. Ambisjonen for rapporten er ikke å gi noen konkret og detaljert anbefaling, men snarere etablere et rammeverk og et sett av vurderingskriterier for den framtidige debatten om metoder for effektivitetsmåling innenfor NVEs inntektsrammeregulering.

### **1.2.3 Regional- og sentralnett vs. distribusjonsnett**

Problemstillingen i rapporten er i utgangspunktet avgrenset til å gjelde effektivitetsmåling i regional- og sentralnettet. Mye av analysen vil imidlertid være relevant også for distribusjonsnettet, og vi vil benytte oss av eksempler som ligger nærmere distribusjonsnettet med hensyn til praktisk utforming for å lette forståelsen av enkelte poenger.

### **1.2.4 Incentiver er ikke det samme som rettferdighet**

Incentiver er ikke lik rettferdighet. Med incentiver forstår vi ganske enkelt hvorvidt nettselskapene tjener mer på å gjøre et tiltak kontra å ikke gjøre det. Med samfunnsøkonomisk riktige incentiver mener vi da nettselskapenes gevinst på å gjennomføre de samfunnsøkonomisk riktige tiltakene. Det kan enten skje gjennom å belønne de riktige tiltakene eller ved å straffe de gale, eller selvsagt ved en kombinasjon av mekanismer for belønning og straff. En modell for nettregulering kan godt gi riktige incentiver uten at resultatene oppfattes som rettferdige. Rettferdighet har blant annet med nivået på forventet avkastning og forholdet mellom selskaper å gjøre, mens en incentivriktig modell godt kan gi en høy forventet avkastning til de minst effektive selskapene og lav forventet avkastning til de mest effektive (i hvert fall på kort sikt).

Hovedproblemstillingen i denne rapporten er incentivene som forskjellige benchmarkingmodeller gir opphav til, men vi vil også diskutere rettferdighetsegenskapene i modellene, særlig dersom det er en sammenheng mellom incentiveegenskaper og rettferdighet. Det er ikke enkelt å definere hva som er rettferdig, men vi vil gjøre noen grunnleggende kriterier til grunn og så kort drøfte rettferdighetsaspektet i ulike modeller. Vi definerer disse begrepene nærmere i kapittel 2.

Et annet aspekt ved incentividiskusjonen er nettselskapenes evne til å forstå og tilpasse seg benchmarkingmodeller på en rasjonell måte, det vil si hvorvidt modellene er tilstrekkelig transparente til å gi de ønskede incentivvirkningene. Et beslektet spørsmål er hvilken risiko nettselskapene eksponeres for under ulike benchmarkingmodeller. Vi drøfter disse spørsmålene avslutningsvis, men vi tar dem ikke opp eksplisitt i den løpende analysen. Det betyr ikke at vi ikke anser transparens og risiko som viktige spørsmål, men vi ser det som mest hensiktsmessig å diskutere disse egenskapene i lys av en detaljert separat analyse av incentivvirkninger og forskjellige praktiske utfordringer.

### **1.2.5 Bedriftsøkonomiske incentiver vs. andre virkemidler**

Temaet for rapporten er de bedriftsøkonomiske incentivene som nettreguleringen gir opphav til med ulike metoder for effektivitetsmåling, sett i forhold til den samfunnsøkonomiske verdien av forskjellige tiltak. I praksis må de bedriftsøkonomiske incentivene ses i forhold til andre regulatoriske virkemidler, som NVEs behandling av søknader om anleggskonsesjon for investeringer i regional- og sentralnettet, forskrift om

leveringskvalitet, HMS-krav osv. Dette er forhold som vi kommenterer kort avslutningsvis i rapporten.

### 1.2.6 Strategisk rapportering

Forskjellige modeller for så vel inntektsregulering som effektivitetsmåling kan gi opphav til strategisk allokering av kostnader mellom nettnivåer, jf. Bjørndal og Bjørndal (2006b). Dette spørsmålet diskuterer vi ikke i denne rapporten.

## 1.3 Om rapporten

Rapporten er disponert som følger:

- I kapittel 2 går vi gjennom hva som kreves av effektivitetsmålingene, både for at de skal være konsistente som faktiske effektivitetsmålinger og ikke minst for at de skal gi riktige incentiver til nettselskapene.
- I kapittel 3 beskriver vi kort de viktigste dimensjonene ved forskjellige typer modeller for benchmarking, og introduserer en enkel kostnadsfunksjon for nettselskaper som er å betrakte som den sanne verden. Dette gjøres for å analysere incentivvirkningene i en oversiktlig modell. Denne enkle virkeligheten vil vi bruke gjennomgående i hele rapporten. Noen steder vil vi imidlertid utvide den, justere den eller erstatte den med andre modeller.
- I kapittel 4 viser vi at en DEA-modell og en parametrisk modell gir identiske resultater dersom modellene er *korrekte*, det vil si måler den bakenforliggende tekniske og økonomiske virkeligheten på en riktig måte. Videre viser vi hvordan benchmarkingen påvirker incentivene til effektivisering og investeringer.
- I kapittel 5 ser vi på hvilke konsekvenser det får at man i modellen blander sammen outputvariabler (som for eksempel levert energi) og det som gjerne omtales som oppgaver (for eksempel kraftlinjer).
- I kapittel 6 ser vi på konsekvensen av å feilspesifisere modellen enten ved å utelate viktige faktorer, anta feil funksjonsform for de effektive kostnadene eller endelig ved å benytte gale parameterverdier eller ha for få observasjoner i en DEA-analyse.
- Endelig diskuterer vi resultatene fra analysen i et bredere perspektiv i kapittel 7.

Kapittel 2-4 gir primært et teoretisk og begrepsmessig rammeverk for de mer spesifikke diskusjonene om modellegenskaper i praksis i kapittel 5-6.

## 2 Rettferdighet og incentiver

I dette kapitlet drøfter vi kort hva som ønskes av en benchmarkingmodell med hensyn til henholdsvis rettferdighet og incentiveegenskaper.

### 2.1 Rettferdighet

Det er vanskelig å analysere rettferdighetsegenskapene til en benchmarkingmodell, siden rettferdighetsbegrepet ikke uten videre kan defineres objektivt og presist.<sup>3</sup> Hva én anser som rettferdig, trenger ikke å samsvare med hva en annen mener. I denne rapporten gjør vi ingen uttømmende analyse av rettferdighetsegenskapene ved verken ulike benchmarkingmodeller eller dagens inntektsrammeregulering. Vi vurderer bare hvorvidt effektivitetsmålet  $\theta$  tilfredsstillende et enkelt kriterium som matematisk kan skrives:

$$\frac{K_i^*}{K_i} < \frac{K_j^*}{K_j}$$
$$\Downarrow$$
$$\theta_i < \theta_j$$

Der  $K_i^*$  er de effektive kostnadene for selskap  $i$ ,  $K_i$  er de faktiske kostnadene for selskap  $i$ , og  $\theta_i$  er effektivitetsscoren til selskap  $i$ . Kriteriet sier med andre ord at et selskap som er reelt sett mer effektivt enn et annet, også skal måles til å være mer effektivt. Vi kan raffinere kriteriet ved å si at effektivitetsscoren også skal reflektere forskjeller i rammevilkår. Et selskap med høye kostnader og tøffe rammevilkår (vanskelig terreng, mye utsatt for vind osv.) skal kunne måles til å være effektivt dersom det faktisk driver effektivt gitt rammevilkårene. Tilsvarende må et selskap med lave kostnader og gunstige rammevilkår kunne måles til å være ineffektivt dersom det faktisk driver med for høye kostnader.

Det er vanskelig å tenke seg at en modell skal oppfattes som rettferdig og ikke oppfylle kriteriet beskrevet ovenfor. Kriteriet er imidlertid neppe *uttømmende*. En effektivitetsmåling som gjør alle selskaper svært ineffektive vil for eksempel tilfredsstillende kriteriet over, selv om det skulle føre til at bransjen som helhet oppnår en lav forventet avkastning sammenlignet med hva som må antas å være et rimelig nivå for nettvirksomheten. Det vil også en motsatt metode som gjør mange selskaper supereffektive med mulighet for en høy forventet avkastning. I praksis vil nok en modell neppe oppfattes som rettferdig med mindre det er en sammenheng mellom effektivitet (både reell og målt) og nivået på avkastningen, slik at 10 prosent høyere

---

<sup>3</sup> Det finnes naturligvis en omfattende filosofisk og samfunnsvitenskapelig litteratur om rettferdighetsbegrepet – vi nøyer oss her med en nokså enkel tilnærming som fanger opp i det minste noe av kjernen i den norske debatten om egenskapene til forskjellige benchmarkingmodeller.

målt effektivitet gir 10 prosent høyere avkastning (for eksempel 8,8 prosent i stedet for 8 prosent).<sup>4</sup>

To alternative målinger  $\theta^1$  og  $\theta^2$  kan begge tilfredsstillere kriteriet over, selv om forholdet mellom effektiviteten av to ulike selskaper kan være svært forskjellig. Anta at selskap  $i$  blir målt til å være mye mindre effektivt enn selskap  $j$  i den ene målingen, men nesten like effektivt som selskap  $j$  i den andre. Matematisk vil da følgende gjelde:

$\frac{\theta_i^1}{\theta_j^1} \ll \frac{\theta_i^2}{\theta_j^2}$ .<sup>5</sup> Likevel kan begge målingene tilfredsstillere vårt kriterium så lenge man har

at  $\theta_i^1 < \theta_j^1 \Leftrightarrow \theta_i^2 < \theta_j^2$ . Vårt kriterium kan således være tilfredsstillt av en lang rekke ulike målinger.

Vi kan oppsummere disse ulike egenskapene ved en rettferdig modell i følgende punkter:

1. Modellen må rangere de effektive selskapene som mer effektive enn de ineffektive, og det må tas hensyn til forskjeller i ytre rammevilkår som nettselskapene ikke kan påvirke selv.
2. De mest effektive selskapene må kunne oppnå en høyere avkastning enn de mindre effektive selskapene.
3. Jo mindre effektivt et selskap er, desto lavere avkastning kan det forvente i forhold til et gitt normalnivå for nettvirksomheten.

## 2.2 Incentiveegenskaper

I dette avsnittet ønsker vi å se på hvilke krav vi bør stille til incentiveegenskapene til effektivitetsmålingene. Vi kan definere incentiver mer presist slik: Et nettselskap har bedriftsøkonomiske incentiver til å gjennomføre et tiltak dersom selskapets overskudd øker ved å gjennomføre tiltaket (eventuelt at underskuddet blir mindre). I streng samfunnsøkonomisk forstand er det likegyldig om overskuddet øker som følge av høyere inntekter, ved at selskapet blir gjenstand for lavere kutt i inntektene enn det som ellers ville ha vært tilfelle eller gjennom lavere kostnader. Avkastningen av et gitt tiltak kan godt være negativ så lenge avkastningen ved ikke å gjennomføre tiltaket er enda mer negativ.<sup>6</sup>

Vi vil som nevnt innledningsvis gjennomføre analysen innenfor den norske inntektsreguleringen i sin nåværende utforming, det vil si NVEs regel for fastsettelse av inntektsrammer på grunnlag av et veid gjennomsnitt av historiske kostnader og en kostnadsnorm, der kostnadsnormen fastsettes som produktet av egne kostnader og en effektivitetsscore. En forenklet utgave av den norske reguleringen kan skrives slik:

---

<sup>4</sup> Jf. også forskrift til energiloven FOR-1990-12-07-959 §4-4, hvor det heter at "Inntekten skal over tid dekke kostnadene ved drift og avskrivning av nettet, samt gi en rimelig avkastning på investert kapital gitt effektiv drift, utnyttelse og utvikling av nettet."

<sup>5</sup> Den doble ulikheten indikerer at det er en stor numerisk forskjell mellom høyre og venstre side av uttrykket.

<sup>6</sup> Om nettselskapet har en exit-mulighet, er det selvsagt ikke likegyldig over tid om den forventede avkastningen ved å drive nettvirksomhet er -8, 0 eller 8 prosent.

$$IR = (1 - \rho)K + \rho\theta K$$

Notasjonen er den samme som vi benyttet innledningsvis.

Vi ønsker at alle samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltak også blir bedriftsøkonomisk lønnsomme og motsatt. Det kan vi skrive:

$$(*) \quad \begin{cases} \forall t \in T^* : IR - K \geq IR_0 - K_0 \\ \forall t \in T^{-*} : IR - K \leq IR_0 - K_0 \end{cases}$$

Der  $t$  er et tiltak,  $T^*$  er mengde av samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltak,  $T^{-*}$  er mengde av alle samfunnsøkonomisk ulønnsomme tiltak. Vi har:  $T^* \cup T^{-*} = T$ ,  $T^* \cap T^{-*} = \emptyset$ . Den venstre siden av den øverste ulikheten sier at overskuddet (inntektsramme minus kostnader,  $IR - K$ ) ved å gjennomføre et samfunnsøkonomisk lønnsomt tiltak må være høyere enn overskuddet ved ikke å gjøre det ( $IR_0 - K_0$ ).<sup>7</sup> Dette er den bedriftsøkonomiske virkningen vi ønsker dersom tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Tilsvarende viser den nederste linjen at det bedriftsøkonomiske overskuddet ved å gjennomføre et ulønnsomt tiltak må være negativt for at incentivene skal være samfunnsøkonomisk riktige. Dersom tiltaket har en nettoverdi på null, er det tilstrekkelig at nettselskapet er indifferent mellom å gjøre tiltaket og avstå fra det.

### Hva må effektivitetsmålingen oppfylle for at incentivene til å gjennomføre samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltak skal bli riktige?

Vi skal først vise hvordan virkningen av et tiltak på effektivitetsmålingen kan brukes til å vurdere incentivvirkningene med hensyn til et samfunnsøkonomisk lønnsomt tiltak. Virkningen på inntektsrammene av et tiltak vil bestå i følgende:

- Endring i kostnadsgrunnlaget,  $\Delta K$ .  $\Delta K < 0$  innebærer en effektivisering, mens  $\Delta K > 0$  isolert sett betegner en investering. Den samlede virkningen av en investering kan imidlertid være  $\Delta K < 0$  dersom investeringen medfører en reduksjon i andre kostnader som er større enn investeringen (for eksempel ved en sterk reduksjon i KILE-kostnadene).
- Endring i målt effektivitet,  $\Delta\theta$ .  $\Delta\theta < 0$  betyr at målt effektivitet går ned, mens  $\Delta\theta > 0$  innebærer økt målt effektivitet.

Et gitt tiltak kan godt ha motsatt effekt på nettselskapets overskudd. Spørsmålet med hensyn til incentivvirkninger blir da naturligvis hvilken av effektene som er sterkest. Summen av virkningene på inntektsrammen kan skrives slik:

$$\Delta IR = (1 - \rho)\Delta K + \rho\Delta(\theta K)$$

der

$$\Delta(\theta K) = \theta K - \theta_0 K_0$$

---

<sup>7</sup> Vi ser direkte av ulikhetene at incentivvirkningene bare avhenger av nettovirkningen på overskuddet. Det er i prinsippet likegyldig om virkningen kommer via inntektene eller kostnadene.



Fra den første ulikheten i (\*) ovenfor kan vi ved å sette inn fra inntektsrammeformelen utlede følgende:

$$\begin{aligned} IR - K &\geq IR_0 - K_0 \\ \Downarrow \\ (1 - \rho)K + \rho\theta K - K &\geq (1 - \rho)K_0 + \rho\theta_0 K_0 - K_0 \\ \Downarrow \\ K(1 - \rho + \rho\theta - 1) &\geq K_0(1 - \rho + \rho\theta_0 - 1) \\ \Downarrow \\ K(\theta - 1) &\geq K_0(\theta_0 - 1) \\ \Downarrow \\ k(\theta_0 + \Delta\theta - 1) &\geq (\theta_0 - 1), \quad k = \frac{K}{K_0} \\ \Downarrow \\ \Delta\theta &\geq (\theta_0 - 1)\left(\frac{1}{k} - 1\right) \end{aligned}$$

Vi innfører uttrykket  $\Delta\theta_{\min}$  for terskelverdien som viser at selskapet er indifferent mellom å gjennomføre et tiltak eller ikke. Vi har altså at et selskap har incentiver til å gjennomføre et tiltak dersom endring i målt effektivitet er større enn en terskelverdi,  $\Delta\theta > \Delta\theta_{\min}$ , og hvor terskelverdien er gitt ved:

$$(*) \Delta\theta_{\min} = (\theta_0 - 1)\left(\frac{1}{k} - 1\right).$$

Tilsvarende må effektivitetsmålingen oppfylle  $\Delta\theta < \Delta\theta_{\min}$  for at nettselskapet ikke skal ha incentiver til å gjennomføre samfunnsøkonomisk *ulønnsomme* tiltak.

Vi ser at incentivvirkningene knyttet til effektivitetsmålingen isolert sett bare avhenger av endringen i den målte effektiviteten, ikke hvor stor andel kostnadsnormen utgjør av de tillatte inntektene. Incentivvirkningene avhenger med andre ord ikke av *profittandelen* i reguleringen, det vil si hvor stor andel av en kostnadsreduksjon som nettselskapet kan beholde i form av økt overskudd (se ECON og Oeconomica, 2006, for en nærmere drøfting av dette begrepet). Profittandelen vil være nært knyttet til andelen kostnadsnormen utgjør av inntektsrammen (60 prosent fra 2009), men den faktiske andelen kan være forskjellig fra den nominelle, for eksempel på grunn av tidsforsinkelser i oppdateringen av inntektsrammene. Den kan også variere mellom forskjellige tiltak avhengig av eventuelle justeringsparametre for visse typer kostnader, som investeringer. I en praktisk modell der ulike kostnader og rammevilkår håndteres asymmetrisk, kan derimot profittandelen spille en viss rolle. Det kommer vi tilbake til i kapittel 5 og 6. Profittandelen må naturligvis være større enn null for at effektivitetsmålingene skal være interessante.

Når vi skal tolke uttrykket for denne grenseverdien som gitt av den nederste ulikheten ovenfor, er det nyttig å skille mellom effektivisering og investeringer.

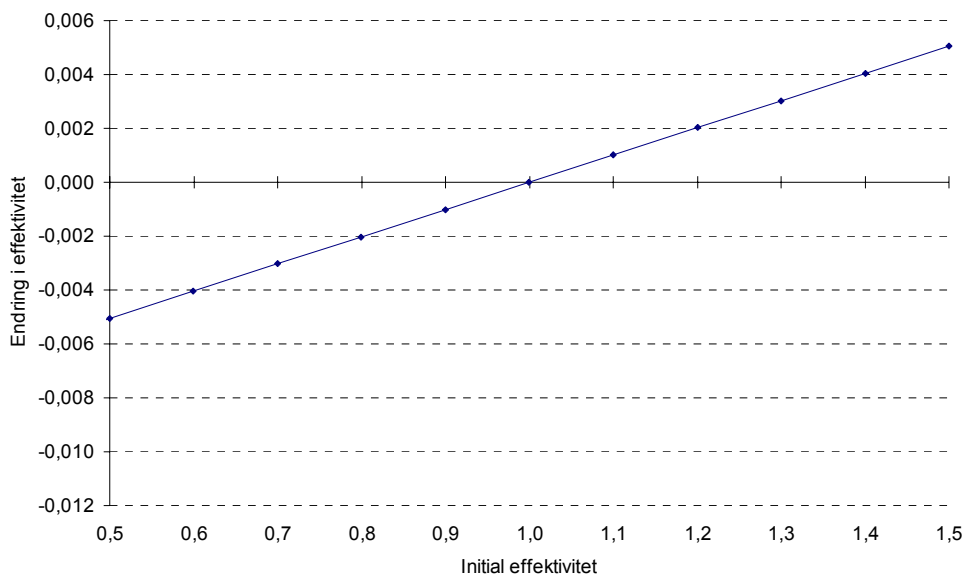
## 2.2.1 Effektivisering

Dersom selskapet effektiviserer, vil kostnadene falle slik at  $k < 1$ , det vil si  $K < K_0$ . Da blir uttrykket innenfor parentes lengst til høyre i (\*) ovenfor positivt. La oss først se bort fra muligheten for supereffektivitet, det vil si at  $\theta_0 \leq 1$ . For et effektivt selskap med  $\theta_0 = 1$  skal det ikke være mulig å kutte kostnader hvis effektivitetsmålet er korrekt. Vi kan derfor anta at  $\theta_0 < 1$  slik at uttrykket innenfor parentes til venstre er negativt. Det betyr at terskelverdien er negativ. Selskapet kan med andre ord ha bedriftsøkonomiske incentiver til å redusere kostnadene, selv om det skulle medføre at selskapet blir målt til å være mindre effektivt enn tidligere. I praksis vil kostnadskutt normalt bety at et selskap blir målt til å være mer effektivt, alt annet likt. Det betyr i så fall at alle selskaper vil tjene på å effektivisere gitt NVEs inntektsrammemodell.

Vi kan nå se på situasjonen med supereffektivitet inkludert. Det første leddet i parentes i uttrykket ovenfor vil da være positivt for et supereffektivt selskap, mens det andre leddet også vil være positivt som vist ovenfor ved et effektiviseringstiltak ( $k < 1$ ). Da må terskelverdien  $\Delta\theta_{\min} > 0$ . Det betyr at selskaper som er supereffektive ikke vil ha incentiver til å effektivisere med mindre dette gir en tilstrekkelig stor økning i målt effektivitet. Det skyldes at de i utgangspunktet får kompensert mer enn sine kostnader gjennom inntektsrammen.

Figuren nedenfor viser terskelverdien  $\Delta\theta_{\min}$  for en gitt kostnadsreduksjon på 1 prosent for ulike nivåer på initial effektivitet. Vi ser at effektivisering kan være lønnsomt selv om målt effektivitet går ned for selskaper som er mindre enn 100 prosent effektive i utgangspunktet. For supereffektive selskaper må effektiviteten øke, og jo mer effektive de er i utgangspunktet, desto større er den nødvendige økningen.

Figur 2.1 *Terskelverdi for at effektivisering skal være lønnsomt ved ulike nivåer på initial effektivitet*



I et dynamisk perspektiv kan også supereffektive selskaper ha incentiver til å effektivisere. Dersom andre selskaper over tid kutter kostnadene mer enn de som er

supereffektive initialt, kan også de supereffektive bli målt til å være ineffektive. Den dominante strategien kan derfor være å effektivisere, selv for et supereffektivt selskap.<sup>8</sup>

### 2.2.2 Investering

Vi ser så på situasjonen der tiltaket er en investering som medfører en kostnadsøkning,  $k > 1$ . Da ser vi at terskelverdien for effektivitetsøkningen er null (for effektive selskaper med  $\theta = 0$ ) eller positiv. Det er ikke vanskelig å se hvorfor dette er tilfelle. Hvis vi ser bort fra endringen i effektivitet, vil enhver investering medføre et tap for alle selskaper som ikke er målt som effektive,  $\theta_0 < 1$ . Det skyldes at de bare får en økt inntektsramme på  $(1 - \rho)\Delta K + \rho\theta\Delta K$ . De får altså ikke dekket en andel av kostnaden lik  $\rho(1 - \theta)$ . For at det skal bli bedriftsøkonomisk lønnsomt å gjennomføre investeringen, må derfor  $\Delta\theta$  øke.

Vi ser at effektivitetsscoren må øke mer jo mindre effektivt selskapet i utgangspunktet er. Det skyldes naturligvis at den andelen av kostnaden de ikke får dekket er større. Likevel vil det være slik at alle selskaper har incentiver til å gjennomføre *effektive* investeringer. Det vises nedenfor:

$$\Delta\theta = \frac{K_0^* + \Delta K^*}{K_0 + \Delta K} - \frac{K_0^*}{K_0},$$

Der  $\Delta K^*$  er kostnadsøkningen dersom investeringen er effektiv og  $\Delta K$  er den faktiske kostnadsøkningen. Anta nå at den faktiske investeringen er effektiv, det vil si at  $\Delta K = \Delta K^*$ . Da kan vi utlede fra uttrykket over:

$$\Delta\theta = \frac{K_0^* + \Delta K^*}{K_0 + \Delta K^*} - \frac{K_0^*}{K_0} = \frac{(K_0^* + \Delta K^*)K_0 - K_0^*(K_0 + \Delta K^*)}{(K_0 + \Delta K^*)K_0} = \frac{\Delta K^*(1 - \theta_0)}{(K_0 + \Delta K^*)} = \frac{\frac{\Delta K^*}{K_0}(1 - \theta_0)}{\frac{(K_0 + \Delta K^*)}{K_0}}.$$

Ved å sette inn for  $k$ , finner vi at:

$$\Delta\theta = \frac{k-1}{k}(1 - \theta_0) = (\theta_0 - 1)\left(\frac{1}{k} - 1\right).$$

Vi ser med dette at alle selskaper vil ha incentiver til å gjennomføre investeringer som måles til å være effektive, gitt NVEs inntektsrammeformel. De mindre effektive selskapene vil få en større økning i den målte effektiviteten, som akkurat oppveier tapet de får når man ser bort fra effektivitetsøkningen.

#### Praktisk eksempel – investeringer

Vi kan illustrere de teoretiske resultatene ovenfor med et praktisk eksempel basert på den norske inntektsrammereguleringen. Vi ser på et selskap med følgende egenskaper:

- Kostnadsgrunnlaget er i utgangspunktet 1000.

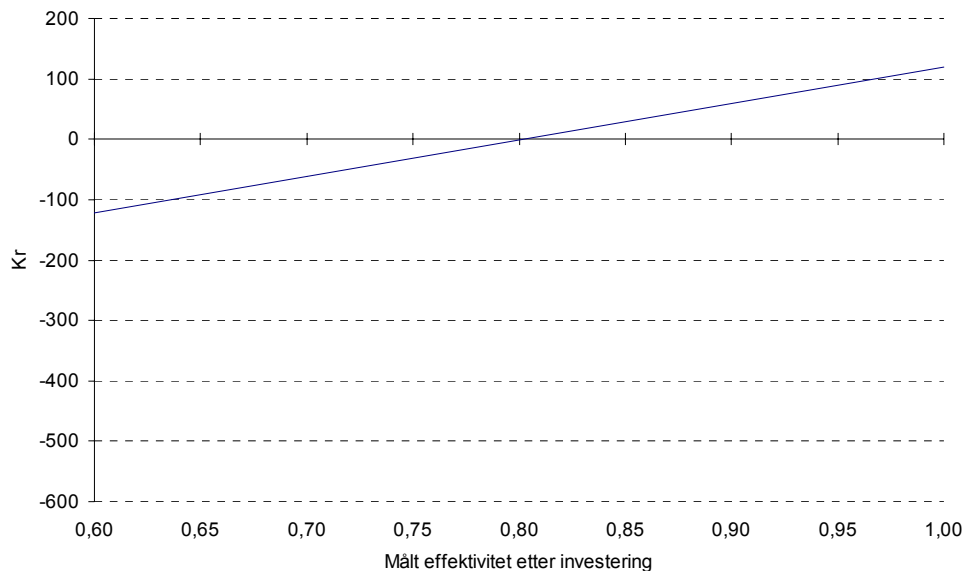
---

<sup>8</sup> Kalibreringen av resultatene i effektivitetsmålingene kan ha en lignende effekt. Det kommer vi tilbake til.

- Selskapet kan gjøre en investering på 100, som øker den årlige kapitalkostnaden med ca. 6,5 gitt en referanserente på 5 prosent reelt før skatt og en levetid på 30 år. For enkelhets skyld måler vi kapitalkostnaden som en realannuitet, men resultatene blir tilsvarende med bokførte lineære kapitalkostnader.<sup>9</sup>
- Selskapets målte effektivitet er initialt mellom 0 og 1, men kan maksimalt være 1 (vi ser altså bort fra supereffektivitet).
- Vi ser bort fra tidsforsinkelsen i oppdateringen av kostnadsgrunnlaget og justeringsparameteren, og vi tar heller ikke hensyn til inflasjon.<sup>10</sup> For øvrig beregnes inntektsrammen i henhold til gjeldende regler, med en vekt for kostnadsnormen på 60 prosent og det historiske kostnadsgrunnlaget 40 prosent.

I figuren nedenfor viser vi først verdien av investeringen under ulike forutsetninger om endringen i den målte effektiviteten som følge av investeringen, gitt at den initiale effektiviteten er målt til 0,8. Vi ser at dersom investeringen fører til at målt effektivitet går ned, blir nettoverdien av investeringen negativ. Dersom målt effektivitet øker (det vil si at effektiviteten av investeringen er høyere enn den målte effektiviteten på den initiale porteføljen av investeringer), er derimot investeringen bedriftsøkonomisk lønnsom. Nettoverdien er beregnet som endring i årlig inntektsramme fratrukket den økte årlige kapitalkostnaden som følge av investeringen.

Figur 2.2 *Endring i nettselskapets overskudd ved ulike nivåer på målt effektivitet etter investering, gitt initial effektivitet på 0,8*

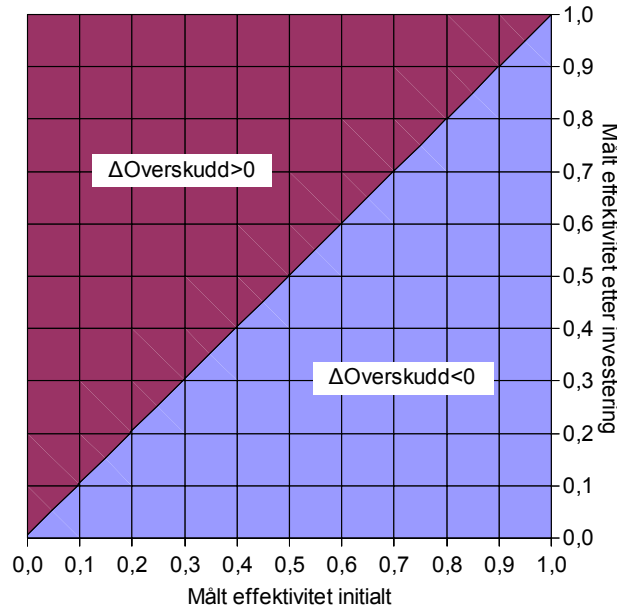


<sup>9</sup> I praksis kan metoden for måling av kapitalkostnadene imidlertid ha stor betydning for hvilke selskaper som måles til å være effektive. Med lineære bokførte kapitalkostnader kan selskaper med gamle nett tendere til å utgjøre den effektive fronten, mens det med realannuiteter kan være andre selskaper (se Bjørndal og Bjørndal, 2006a og 2006b, for en nærmere diskusjon av betydningen av alder). Samtidig kan det være mulig å aldersjustere bokførte kapitalkostnader. Vi drøfter ikke dette nærmere i denne rapporten. En gitt metode for effektivitetsmåling kan godt benytte det ene eller det andre kapitalmålet, så dette er ikke noe kriterium for valg av modelltype.

<sup>10</sup> I ECON og Oeconomica (2006) er det vist at justeringsparameteren gir en viss overkompensasjon for investeringer isolert sett. Kalibreringen av de samlede inntektsrammene gjør imidlertid sammenhengen mellom investeringer og inntektsrammeendringer noe mer komplisert (Bjørndal og Bjørndal, 2006b).

Nedenfor viser vi utfallet når vi ser på alle de mulige verdiene av den initiale effektiviteten i intervallet 0 til 1. Langs diagonalen, der effektiviteten er uendret, er endringen i overskuddet akkurat negativ (unntatt i tilfellet der initial effektivitet er 1), mens over diagonalen er verdien av investeringen positiv. Så lenge den målte effektiviteten øker, er investeringen altså lønnsom. Dette gjelder selv om nettselskapet i utgangspunktet skulle drive med negativ avkastning.

Figur 2.3 Endring i nettselskapets overskudd av en investering under ulike forutsetninger om målt effektivitet initialt og etter investeringen



### 2.2.3 Det er relativ effektivitet som er viktig i den norske inntektsreguleringen

I den norske inntektsreguleringen er det ikke de faktiske effektivitetsmålingene som er viktige, men de *relative* målingene. Etter at selskapene er målt mot hverandre og tilordnet en effektivitetsscore, blir det foretatt en justering av alle inntektsrammene slik at forventet avkastning i bransjen totalt sett blir lik NVEs referanserente. Dette momentet vil som hovedregel ikke inngå direkte i våre beregninger av incentivvirkninger, men kommenteres der det er viktig. Virkningen av kalibreringen er generell og ikke nært knyttet til valg av metode.<sup>11</sup>

## 2.3 Konklusjon

Vi har i dette kapitlet definert begrepene rettferdighet og incentiver og utledet hvilke betingelser som effektivitetsmålingen må oppfylle for at nettselskaper skal ha incentiver til å effektivisere og investere innenfor NVEs inntektsrammeregulering. Følgende krav må oppfylles:

<sup>11</sup> Selv om noen metoder godt kan ha innebygd en kalibreringsmekanisme ved å bruke gjennomsnittskostnader i stedet for den effektive fronten som grunnlag for kostnadsnormen direkte. Jf. Sand et al. (2006). Vi går ikke nærmere inn på de detaljerte virkningene av forskjellige mekanismer for kalibrering i denne rapporten.

- Inntektsrammereguleringen gir incentiver til å effektivisere (reducere kostnader) dersom målt effektivitet ikke reduseres som følge av et kostnadskutt. Faktisk kan selskapene ha incentiver selv om målt effektivitet skulle gå ned (innenfor en viss grense).
- Alle nettselskaper har incentiver til å gjennomføre effektive investeringer (i betydningen målt til å være effektive i en gitt modell for benchmarking), også selskaper som er målt til å være ineffektive i utgangspunktet. Det skyldes at effektive investeringer øker den målte effektiviteten i et ex ante ineffektivt selskap.

For at incentivene skal være samfunnsøkonomisk riktige, kreves det at modellen for effektivitetsmåling fanger opp de relevante tekniske og økonomiske sammenhengene mellom kostnader, rammevilkår og output. Dette spørsmålet kommer vi tilbake til i senere kapitler.

## 3 Typer av benchmarkingmodeller

I dette kapitlet gir vi en oversikt over ulike dimensjoner som man kan benytte for å beskrive benchmarkingmodeller. Vi beskriver først kategorier av benchmarkingmodeller på et overordnet nivå, før vi definerer en enkel virkelighet som grunnlag for å utforme tilsvarende enkle benchmarkingmodeller som benyttes i den videre analysen.

### 3.1 Typologi

Benchmarkingmodeller kan generelt variere langs to hoveddimensjoner (inndelingen og definisjonene her følger Agrell og Bogetoft, 2005):

- *Parametriske vs. ikke-parametriske.* Parametriske modeller er kjennetegnet ved at de defineres a priori med unntak av et sett av ukjente parametre som estimeres på grunnlag av data. Et eksempel kan være modeller basert på estimering av kostnadsfunksjoner med økonometriske metoder, med utgangspunkt i en spesifisert kostnadsfunksjon (for eksempel lineær). Ikke-parametriske modeller benytter langt færre restriksjoner a priori, ofte bare noen helt fundamentale antakelser om de matematiske egenskapene ved produksjonsaktiviteten som skal benchmarkes (som i DEA-modeller).<sup>12</sup>
- *Deterministiske vs. stokastiske modeller.* I stokastiske modeller forsøker en å ta hensyn til at tilfeldige variasjoner i data kan påvirke den målte effektiviteten og i stedet identifisere den underliggende strukturen i sammenhengen mellom leveranser, rammevilkår og effektiv produksjon (effektivt kostnadsnivå). I deterministiske (ikke-stokastiske) modeller antas det at de tilfeldige variasjonene inneholder relevant informasjon om genuine forskjeller i effektivitet.

Et annet viktig skille gjelder variablene som inngår i en benchmarkingmodell.<sup>13</sup> Disse kan være av to typer:

- *Endogene variabler.* Med endogene variabler mener vi forhold som nettselskapene selv kan bestemme direkte gjennom sine egne handlinger. Det vil for eksempel gjelde nivået på driftskostnadene, antall km linje eller antall trafoer.
- *Eksogene variabler.* Med eksogene variabler forstår vi forhold som er upåvirkbare for nettselskapene, for eksempel kundenes lokalisering eller kategori (industri vs. husholdning), geografiske rammevilkår som vindforhold eller terreng osv.

Størrelser som levert energi og installert effekt er utgangspunkt eksogene, men kan i noen grad påvirkes av nettselskapene gjennom tariffen og andre prissignaler til kundene. Det virker imidlertid mest rimelig å håndtere dem som eksogene i denne sammenhengen.

---

<sup>12</sup> For eksempel kan det gjøres forutsetninger om skalautbyttet i produksjonen antas å være variabelt eller konstant. Det er også en sentral forutsetning i DEA-modeller at et produkt som kan produseres med to ulike sammensetninger av innsatsfaktorer, også kan produseres med enhver lineær kombinasjon av de to sammensetningene.

<sup>13</sup> Vi bruker i hovedsak begrepet variabler om de grunnleggende størrelsene som beskriver den fysiske og økonomiske virkeligheten som inngår i benchmarkingmodellene, som levert energi, antall kunder, kostnader, linjelengder og lignende. Begrepet parameter bruker vi om forskjellige tallstørrelser som beskriver sammenhengen mellom de grunnleggende størrelsene eller variablene, for eksempel referanserenter, økonomiske levetider av nettanlegg, enhetskostnader, vektorer for ulike typer nettanlegg osv.

Når vi snakker om oppgavevariabler, kan disse ha elementer av både eksogene og endogene faktorer, men de vil ofte inneholde et endogent element, det vil si beskrive en egenskap ved det faktiske nettet som er bygd ut og ikke bare ytre faktorer som kundenes lokalisering eller forbruk.

Vi vil i den følgende analysen primært diskutere parametriske kontra ikke-parametriske modeller og hvilken rolle oppgavevariabler kan spille innenfor hver av de to hovedkategoriene.

## **3.2 Konkrete modeller for benchmarking**

Det finnes en rekke konkrete modeller for benchmarking av nettselskaper som enten brukes av reguleringsmyndigheter eller som er beskrevet i utredninger og forskningsartikler. Nedenfor beskriver vi kort NVEs modeller som benyttes i dagens norske regulering og en alternativ modell fra SINTEF med utgangspunkt i et forslag fra Statkraft-alliansen.

### **3.2.1 NVEs modeller for distribusjonsnett og regional- og sentralnett**

NVEs modeller for effektivitetsanalyse er av DEA-typen, én for distribusjonsnett og én for regional- og sentralnett. De er beskrevet i detalj i NVE (2006a, 2006b samt 2007), og vi nøyer oss med å beskrive hovedpunktene nedenfor.<sup>14</sup>

Et nettselskaps målte effektivitet framkommer i en DEA-modell ved å minimere kostnadene gitt selskapets output og rammevilkår og kostnader og rammevilkår/output for andre selskaper. Selskapets effektivitet måles ved avstanden til den effektive fronten, det vil si hvor stor proporsjonal reduksjon i kostnadene som kreves for at selskapet skal ligge på fronten. En score lik 1 innebærer at selskapet er målt til å være 100 prosent effektivt. En score lik 0,9 innebærer at selskapet må redusere kostnadene med 10 prosent for å ta igjen fronten.<sup>15</sup> Vi kommer nærmere tilbake til virkemåten til en DEA-modell senere.

I tillegg måler NVE såkalt supereffektivitet, som innebærer at et selskap kan få en høyere kostnadsnorm (implisitt innebærer det en justert DEA-score større enn 1). Vi går ikke nærmere inn på metoder for å måle supereffektivitet i denne rapporten, men vil drøfte betydningen av muligheten for en høyere effektivitetsscore enn 1 der det er relevant. Kalibreringen av DEA-resultatene for å sikre at kostnadsnormen blir lik bransjens forventede samlede kostnader kan også ha betydning.

I begge modellene brukes totale historiske kostnader inklusive faktisk KILE (beregnete kostnader ved ikke levert energi for nettkundene) som eneste innsatsfaktor. Variabler som måler output og rammevilkår (som har samme matematiske funksjon i en DEA-modell) er som angitt i tabellen nedenfor:

---

<sup>14</sup> For reguleringen av Statnett benyttes resultatene fra en internasjonal benchmarking av systemansvarlige nettselskaper, ECOM+. Denne kan betraktes som en oppgavebasert parametriske modell. Se Agrell og Bogetoft (2004) og [www.sumicsid.com](http://www.sumicsid.com) for en nærmere beskrivelse.

<sup>15</sup> Vi ser bort fra distinksjonen mellom teknisk og økonomisk effektivitet (mengde innsatsfaktorer vs. kostnader som input) i denne sammenhengen.



*Tabell 3.1 Output og rammevilkår i NVEs modeller for effektivitetsmåling*

Distribusjonsnett	Regional- og sentralnett
Antall km høyspentnett	Luftlinjer (185 anleggs kategorier med tilhørende vektorer)
Levert energi	Jordkabler (44 anleggs kategorier med tilhørende vektorer)
Antall nettstasjoner	Sjøkabler (34 anleggs kategorier med tilhørende vektorer)
Antall abonnenter ekskl. fritidsboliger	Grensesnitt (8 vektorer for brytere; 5 hovedklasser av transformatorer, hver med mange vektorer etter ytelse; 6 hovedklasser av kompenseringssystemer, hver med mange vektorer etter ytelse)
Antall fritidsboligabonnenter	Andel linjer i skog med middels til svært høy bonitet, vektet med antall km luftlinjer
Grensesnittvariabel	
Andel linjer i skog med høy/svært høy bonitet, vektet med antall km høyspent luftlinjer	
Kystklima: Gjennomsnittlig ekstremvind/avstand til kyst, vektet med antall km høyspent luftlinjer	
Gjennomsnittlig antall mm nedbør som snø, vektet med antall km høyspent luftlinjer	

Kilde: NVE (2006b, 2007)

Det er spesielt verdt å merke seg den utstrakte bruken av faktiske nettanlegg i modellen for regional- og sentralnettet, som innebærer at outputmålene i stor grad kan karakteriseres som oppgaver, og ikke som leveranser eller eksogene faktorer. I tillegg innebærer vektene i sammenveiningen av ulike typer nettanlegg til aggregerte kategorier at regulator benytter a priori informasjon til å legge en eksplisitt struktur på forholdet mellom de bakenforliggende variablene. Modellen inneholder på den måten også elementer som minner om en parametrisk modell, hvor fronten i sin helhet er bestemt av slike strukturelle forutsetninger.

### **3.2.2 SINTEF/Statkraft-alliansens oppgavebaserte modell**

En oppgavebasert modell som beskrevet i Sand et al. (2006) kan betraktes som en variant av deterministiske parametriske modeller, selv om den ikke inneholder noen eksplisitt statistisk metode for å estimere et effektivt nivå på totalkostnadene til et nettselskap. Modellen kan enklest beskrives som summen av et sett av delkostnader pr. oppgave:

- Norm for kundefølgning og eltilsyn, basert på antall kunder eller ”kundeobjekter”
- Norm for nettkapital, basert på nyverdien av anleggene i hvert enkelt selskap
- Norm for drift og vedlikehold av nettanlegg, basert på separate ”best practice”-enhetskostnader til drift og vedlikehold for ulike anleggskomponenter (trafoer, nettstasjoner, kabler og linjer på forskjellige spenningsnivåer)

- Norm for KILE, basert på historiske KILE-kostnader eller et estimert optimalt nivå
- Norm for nettap, basert på historiske tapskostnader eller et estimert optimalt nivå

Matematisk kan modellen karakteriseres som en lineær kombinasjon av et sett definerte oppgaver og tilhørende ”enhetskostnader” som fastsettes i henhold til nærmere angitte metoder for hver enkelt oppgave. Modellen er som sådan ingen eksplisitt måling av effektivitet, men stipulerer en norm for de totale kostnadene i et nettselskap basert på benchmarks for et effektivt nivå for hver enkelt delkostnad. Implisitt vil forholdet mellom faktiske kostnader og den samlede modellberegnete normkostnaden definere et mål på effektivitet  $\theta_s$ . Dette kan skrives matematisk på følgende måte innenfor vår notasjon:

$$\theta_s = \frac{K^*}{K},$$

der kostnadsnormen  $K^*$  framkommer som summen av et sett av delnormer  $i=1, \dots, 5$ :

$$K^* = \sum_{i=1}^5 K_i^*$$

De ulike delnormene inneholder både eksogene og endogene momenter. Delnormene for KILE og overføringstap kan sannsynligvis etableres ved hjelp av eksogene variabler i stor grad (slik vi tolker forslaget), mens normene for nettkapital og drift og vedlikehold bygger på en endogen faktor gjennom mengden fysiske nettanlegg og eksogene enhetskostnader. Det er for så vidt ingenting i veien for å basere normkostnadene på et bransjegjennomsnitt (slik at  $\theta_s \leq 1$ ) eller en antatt effektiv front ( $\theta_s \leq 1$ ).

Den såkalte nettnyttmodellen som er blitt benyttet i den svenske nettreguleringen de siste årene ligner i mange henseende SINTEFs oppgavemodell i (se Agrell og Bogetoft, 2003, for en nærmere beskrivelse). Begge er parametriske modeller, og begge krever omfattende mengder og komplekse beregninger i flere trinn. Metodikken for å beregne delnormer er ikke spesifisert i detalj i Sand et al. (2006) men det er diskutert en rekke metoder og datakilder som til sammen vil kreve et betydelig analytisk arbeid for å realisere modellen i praksis. Forskjellen er at ”oppgaven” i nettnyttmodellen ikke er basert på det faktiske nettet, men et referansenett som blant annet er konstruert på grunnlag av eksogene data for kundenes lokalisering og forbruk og katalogpriser for forskjellige nettkostnader. Modellen er på den måten i større grad enn SINTEF-forslaget basert på output og eksogene variabler.

### 3.3 En enkel virkelighet

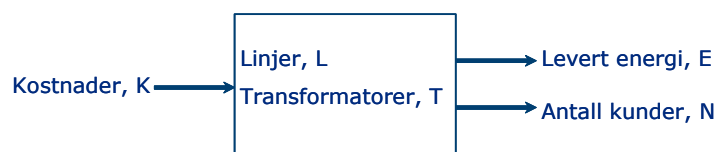
Både dagens modell slik den benyttes av NVE og den modellen som er foreslått av SINTEF, er store og komplekse modeller. Det kan gjøre det vanskelig å analysere incentivvirkningene. Vi vil derfor se på en svært enkel verden. Hensikten med å lage en så enkel modell er at selve analysen skal bli lett å forstå. I den enkle verden finnes det en kostnad som brukes for å finansiere to typer utstyr: linjer og trafoer. Selskapet leverer to typer tjenester: levert energi og antall kunder. Vi bruker følgende symboler:

- $K_i$  – kostnader
- $L_i$  - antall km linje
- $T_i$  – antall trafoer
- $E_i$  – levert energi
- $N_i$  – antall kunder

Vi antar med andre ord at dette ikke bare er de parametrene som inngår i benchmarkingmodellen, men at det er en riktig beskrivelse av en svært enkel verden.

Dette kan illustreres som følger:

Figur 3.1 En enkel verden

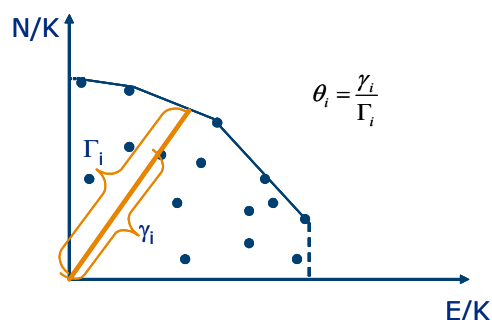


Matematisk kan vi skrive den benchmarkingmodellen som  $\theta = \theta(K, E, N)$ . Vi vil senere blant annet utvide denne modellen, dels ved å dele kostnadene i to typer: KILE og alle andre kostnader, og dels ved å introdusere en rammevilkårsvariabel  $B$ . Modellen inneholder som vi ser både mulige oppgavevariabler (linjer og transformatorer) og genuint eksogene outputvariabler (levert energi og antall kunder). Den kan således fange opp forskjellige mulige formuleringer av så vel DEA-modeller som parametriske modeller.

### 3.4 Parametriske og ikke-parametriske modeller basert på den enkle virkeligheten

I vårt enkle tilfelle kan DEA-modellen framstilles grafisk ved følgende figur.

Figur 3.2 DEA-modell med to dimensjoner



Langs den horisontale aksen måles levert energi dividert med kostnader og langs den vertikale aksen måles antall abonnenter igjen dividert med kostnadene. Vi har innført parameteren  $\gamma_i$  som er avstanden fra origo til punktet som er bestemt av selskap  $i$ . Ved en DEA-modell antar man at selskapet kunne hatt så mye lavere kostnader som vist ved

linjestykket med lengden  $\Gamma_i$ . Den målte effektiviteten til selskap  $i$ , blir således gitt ved

$$\theta_i = \frac{\gamma_i}{\Gamma_i}.$$

En tilsvarende parametrisk modell kan ha formen:

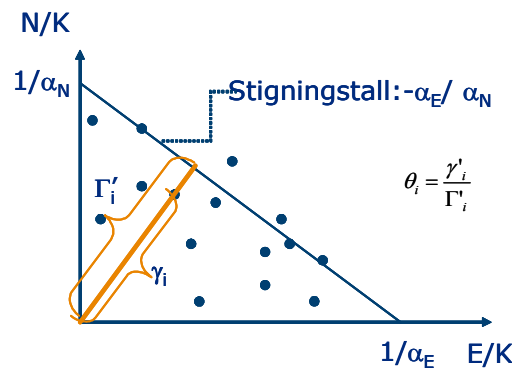
$$\theta_i = \frac{\alpha_E E_i + \alpha_N N_i}{K_i},$$

Der  $\alpha_E$  er en enhetskostnad for levert energi, mens  $\alpha_N$  er enhetskostnaden for antall abonnenter. Ved å sette  $\theta = 1$ , kan vi uttrykke  $\frac{N}{K}$  som en funksjon av  $\frac{E}{K}$ :

$$\frac{N}{K} = \frac{1}{\alpha_N} - \frac{\alpha_E}{\alpha_N} \frac{E}{K}.$$

Vi kan med andre ord tegne en front i et tilsvarende diagram som for DEA-modellen. Det er vist i figuren nedenfor.

Figur 3.3 Parametrisk modell og DEA-modell i samme diagram.



Vi ser med andre ord at man har følgende forskjeller mellom parametriske og ikke-parametriske modeller:

- *Fastsettelse av fronten:* I parametriske modeller er det regulator som fastsetter fronten, enten direkte ved å spesifisere verdien av vekst i leveranser eller oppgaver, eller indirekte ved å velge metode for å finne verdien (for eksempel ved statistisk analyse eller benchmarking av enkeltparametre). I ikke-parametriske modeller bestemmes fronten av en optimeringsalgoritme med utgangspunkt i observasjonene av de regulerte selskapene og de grunnleggende forutsetningene, ikke regulators beslutninger om enkeltverdier i modellen.
- *Formen på fronten:* I parametriske modeller bestemmes formen på fronten fullt ut ved regulators valg av funksjonsform. I vårt eksempel er fronten lineær og man antar dermed konstant bytteforhold mellom de to parametrene. Med en ikke-parametrisk modell vil den eksakte formen på fronten bestemmes av egenskaper ved data og de grunnleggende forutsetningene.

Begge modellene har sine utfordringer:

- DEA-modellen krever at forholdet mellom antall selskaper og antall parametre er forholdsvis stort. Jo høyere antall variabler for output/rammevilkår, desto høyere andel av utvalget går med til å definere den effektive fronten. Med én output, én innsatsfaktor og konstant skalautbytte kreves det bare ett selskap for å definere fronten (se for eksempel ECON, 1996).
- De parametriske modellene krever at regulator har forholdsvis god kunnskap om den faktiske produktfunksjonen. Det skyldes at mange av modellens egenskaper blir bestemt av regulator a priori og ikke via en optimeringsmodell. Jo mer informasjon, desto bedre modell.

Det er mulig å kombinere DEA og en parametriske tilnærming ved å la aksene i DEA-modellen være en parametriske kombinasjon av ulike variabler. Man kan for eksempel ha

at en akse måler  $\frac{\alpha_1 B_1 + \alpha_2 B_2 + \alpha_3 B_3 + \alpha_4 B_4}{K}$  der  $B_1, \dots, B_4$  er fire ulike

rammebetingelser. Man kan karakterisere en slik modell langs to dimensjoner: antall akser i DEA-analysen og antall parametre. Det er med andre ord ikke slik at en modell må være enten parametriske eller basert på DEA-metoden. De to tilnærmingerne kan kombineres slik NVE gjør i effektivitetsmålingen i regional- og sentralnettet. Det kan være fornuftig å slå flere parametre sammen der man har god kunnskap til både funksjonsform (for eksempel lineær kombinasjon som i  $\frac{\alpha_1 B_1 + \alpha_2 B_2 + \alpha_3 B_3 + \alpha_4 B_4}{K}$ )

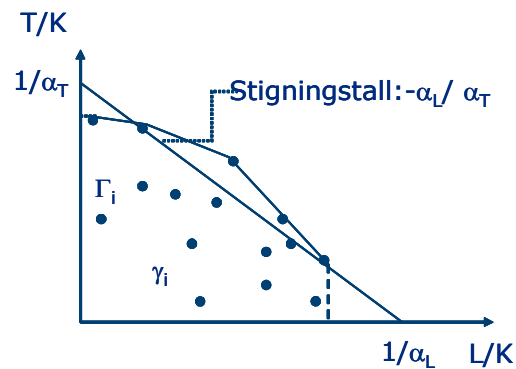
og de faktiske parameterverdiene  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ .

### 3.5 Output eller oppgaver

Virkeligheten er naturligvis mye mer komplisert enn vårt eksempel. Det er en rekke rammevilkår som varierer mellom selskapene. Disse rammevilkårene omfatter i virkeligheten blant annet geografisk fordeling av forbruk og produksjon, avstand til overliggende nett, meteorologiske parametre som vind, temperatur og islast. Alle disse rammevilkårene påvirker den effektive designen av systemet (som naturligvis omfatter mye mer enn linjer) på en svært komplisert måte. Den historiske utviklingen av nettet og ytre rammevilkår er en annen viktig faktor. Et nett som er dimensjonert for et stort industrielt forbruk kan for eksempel framstå som svært ineffektivt dersom den aktuelle industrien legger ned virksomheten, uten at nettselskapet av den grunn driver mer ineffektivt. Det kan gjøre det uhensiktsmessig å benytte output i benchmarkingen. Her er det verdt å merke seg at en modell som ikke tar hensyn til variasjoner i rammevilkår likevel kan gi gode/riktige incentiver til nettselskapene, men resultatet kan fort bli svært urettferdig. Dette diskuteres nærmere i kapittel 6.

For å løse eller redusere problemet med rettferdighet og de mange rammevilkårene, er mulig å bruke ”størrelsen” på produksjonssystemet (nettet) i stedet for outputvariabelen. Det er mulig å gjøre dette både i en parametriske og i en ikke-parametriske modell. I vår enkle verden vil det bare medføre at vi langs den horisontale aksene måler  $L/K$  i stedet for  $E/K$ . Dette er illustrert i figuren nedenfor:

Figur 3.4 Inkludering av rammevilkår i modeller for effektivitetsmålinger



Det er mulig å kombinere både oppgave- og outputvariabler i én og samme modell. Vi skal imidlertid i kapittel 5 vise at dette kan gi uheldige konsekvenser både med hensyn til rettferdighet og ikke minst incentivene.

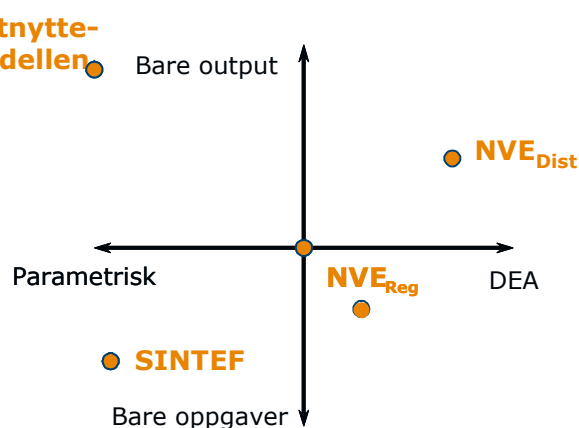
### 3.6 Oppsummering av modelltyper

I rendyrket form har vi to dimensjoner ved modeller for effektivitetsmåling som er viktige for å forstå incentiv- og fordelingsvirkningene innenfor NVEs inntektsrammeregulering:

- Parametriske modeller eller ikke-parametriske modeller som DEA (som igjen kan deles inn i stokastiske og deterministiske modeller).
- Bruk av oppgave- eller outputvariabler, hvor oppgavevariablene i større grad vil inneholde endogene elementer som kan påvirkes direkte av nettselskapene.

Vi kan lage et aksekors for å karakterisere en modell langs disse dimensjonene. Dette er vist i figuren nedenfor som også inkluderer noen kjente modeller. De rendyrkede modellene ligger helt ute i hjørnene. Som tidligere påpekt er det imidlertid mulig å kombinere en parametrisk tilnærming med DEA og det er mulig å bruke både oppgave- og outputparametre samtidig. Slike "hybrid"-modeller vises i diagrammet ved å ligge nærmere minst én av aksene. NVEs regionalnettmmodell ( $NVE_{Reg}$ ) er en blanding av parametrisk og DEA, og er derfor plassert midt på den horisontale akse. I tillegg bruker den både outputvariabler og oppgavevariabler, og er derfor også plassert midt på den vertikale akse. Figuren er bare ment som en kvalitativ beskrivelse, og er ikke kvantitativt presis.

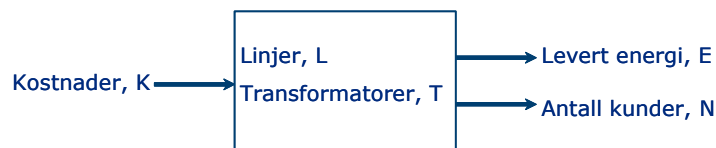
Figur 3.5 Kategorisering av benchmarkingmodeller



## 4 Incentiveegenskapene i ideelle modeller

I dette kapitlet vil vi se på incentiveegenskapene til de to modelltypene når modellene er perfekte, det vil si at de måler den faktiske effektiviteten. I de to neste kapitlene vil vi se på egenskapene ved ulike typer for imperfeksjoner. For å gjøre denne øvelsen fortsetter vi med vår enkle verden som tidligere er illustrert ved med den samme figuren og beskrevet som  $\theta = \theta(K, E, N)$ .

Figur 4.1 Illustrasjon av nettvirkksomheten



Vi gjør nå modellen eksplisitt ved å skrive at følgende gjelder:  $K^* = \alpha_E E + \alpha_N N$ , der  $K^*$  er de effektive kostnadene.<sup>16</sup> Vi vil se på incentivene for to typer tiltak:

- *Kostnadseffektivisering.* Selskap  $i$  reduserer sine kostnader med  $\Delta K_i$  uten at det endrer mengden energi som leveres. Vi har altså at  $\Delta K_i < 0$ .
- *Investering i ny linje for å øke levert energi.* Selskap  $i$  øker sine kapitalkostnader ( $\Delta K_i > 0$ ) for å øke mengden levert energi ( $\Delta E_i > 0$ ).

Dette gjør vi ved først å vise at de to benchmarkingmodellene er identiske når de er korrekt spesifisert, det vil si at de gjengir den underliggende tekniske og økonomiske virkeligheten i alle vesentlige detaljer og inkluderer de riktige sammenhengene mellom leveranser og kostnader (og eventuelt ytre rammevilkår). Deretter analyserer vi incentivene.

Vi ser bare på incentivene knyttet til effektivitetsmålingen isolert sett. Som vi viste i kapittel 2, er dette tilstrekkelig når forskjellige faktorer håndteres symmetrisk i inntektsrammeformelen og modellen for effektivitetsmåling. Da er profittandelen som følger av inntektsrammeformelen ikke av betydning for konklusjonene.

### 4.1 De ideelle modellene er identiske

En perfekt DEA-modell og en perfekt parametriske modell er identiske. Det viser vi kort i dette avsnittet. Vi ser fortsatt på den enkle verdenen der  $K^* = \alpha_E E + \alpha_N N$ .

#### 4.1.1 Den parametriske modellen

Den parametriske modellen skriver vi:  $\hat{\theta}_i = \frac{\hat{\alpha}_E E_i + \hat{\alpha}_N N_i}{K_i}$ . At modellen er perfekt, betyr blant annet at parameterverdiene er korrekte, det vil si at vi har  $\hat{\alpha}_E = \alpha_E$  og

<sup>16</sup> Med denne kostnadsfunksjonen har vi ikke noe naturlig monopol ettersom det ikke er noen stordriftsfordeler. Det er imidlertid ikke nødvendig å spesifisere en modell for et naturlig monopol for å analysere incentiveegenskapene til benchmarkingmodellene. Vi har derfor valgt å gjøre modellen så enkel som mulig.

$\hat{\alpha}_N = \alpha_N$ . Det betyr at den sanne enhetskostnaden ved å øke levert energi eller antall kunder er lik den stipulerte enhetskostnaden i modellen. I tillegg er funksjonsformen riktig.

### 4.1.2 DEA-modellen

DEA-modellen kan vi tegne i et diagram med to akser som måler henholdsvis  $\frac{N}{K}$  og  $\frac{E}{K}$ .

Anta nå at vi har to effektive selskaper,  $S_1$  og  $S_2$ . Deres plassering i aksekorset er gitt ved punktene:

$$S_1 = \left( \frac{E_1}{\alpha_E E_1 + \alpha_N N_1}, \frac{N_1}{\alpha_E E_1 + \alpha_N N_1} \right) \text{ og } S_2 = \left( \frac{E_2}{\alpha_E E_2 + \alpha_N N_2}, \frac{N_2}{\alpha_E E_2 + \alpha_N N_2} \right).$$

Da vil den rette linjen mellom disse punktene utgjøre en del av fronten. Vi ser på alle selskaper som ligger innenfor sektoren som defineres av de to linjestykkene mellom origo hvert av de to selskapene. Ingen av disse selskapene kan ligge utenfor fronten. Det strider mot antakelsen om at de to selskapene er effektive og at effektive kostnader faktisk er som uttrykt ved ligningen over.

Den rette linjen mellom de to punktene kan skrives som:  $\frac{N}{K} = a \frac{E}{K} + b$  der

$$a = \frac{\frac{N_2}{\alpha_E E_2 + \alpha_N N_2} - \frac{N_1}{\alpha_E E_1 + \alpha_N N_1}}{\frac{E_2}{\alpha_E E_2 + \alpha_N N_2} - \frac{E_1}{\alpha_E E_1 + \alpha_N N_1}} = -\frac{\alpha_E}{\alpha_N},$$

og

$$b = \frac{N_1}{K_1} + \frac{\alpha_E}{\alpha_N} \frac{E_1}{K_1} = \frac{\alpha_N N_1 + \alpha_E E_1}{\alpha_N K_1} = \frac{1}{\alpha_N}.$$

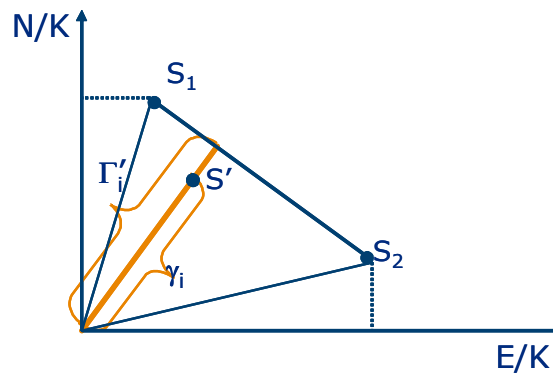
Det gir oss følgende uttrykk for dette linjestykket:

$$\frac{N}{K} = \frac{1}{\alpha_N} - \frac{\alpha_E}{\alpha_N} \frac{E}{K}.$$

Anta videre at et annet selskap  $S' = \left( \frac{E'}{K'}, \frac{N'}{K'} \right)$ , ligger innenfor den trekanten som er dannet av disse to punktene,  $S_1$  og  $S_2$ , og origo. Situasjonen er illustrert i figuren nedenfor.



Figur 4.2 Effektivitetsmåling i en perfekt DEA-modell



Det innebærer at dette selskapet blir målt mot de to effektive selskapene. Selskapet vil bli målt mot et ”fiktivt” selskap eller referanseselskap som ligger på linjestykket mellom de to effektive selskapene. Videre kan punktet skrives som  $\left(\lambda \frac{E'}{K'}, \lambda \frac{N'}{K'}\right)$ . Ved å sette det inn i ligningen for fronten over finner vi:

$$\lambda \frac{N'}{K'} = \frac{1}{\alpha_N} - \frac{\alpha_E}{\alpha_N} \lambda \frac{E'}{K'}$$

⇕

$$\lambda = \frac{K'}{\alpha_N N' + \alpha_E E'}$$

Vi kan skrive den målte effektiviteten til selskapet som:

$$\theta = \frac{\sqrt{\left(\frac{E'}{K'}\right)^2 + \left(\frac{N'}{K'}\right)^2}}{\sqrt{\left(\lambda \frac{E'}{K'}\right)^2 + \left(\lambda \frac{N'}{K'}\right)^2}} = \frac{1}{\lambda}$$

Samtidig vet vi at det fiktive effektive selskapet må ligge på linjen mellom de to effektive selskapene. Det betyr at

$$\theta_i = \frac{\alpha_E E_i + \alpha_N N_i}{K_i}$$

Dette er det samme uttrykket som i den parametriske modellen vi diskuterte ovenfor.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> I figur 4.2 ovenfor har vi ikke forlenget fronten lineært til de respektive aksene, men antatt at fronten går vinkelrett på aksene i fravær av informasjon (observasjoner) av ekstreme enheter. Dette er i tråd med standardforutsetningene for DEA-modeller, men det er i prinsippet ingenting i veien for å innføre vektrestriksjoner som gjør fronten fullstendig lineær.

## Konklusjon

Vi ser altså at modellene er identiske dersom modellene er korrekte. At modellene er korrekte innebærer:

- *Den parametriske modellen:* At både funksjonsform og parameterverdier er 100 prosent korrekte.
- *DEA-modellen:* At de delene av fronten som benyttes som benchmark er korrekte. Det krever at man har et tilstrekkelig antall effektive selskaper. Hvor mange effektive selskaper som behøves avhenger av antall dimensjoner og funksjonsform.

Dette er et teoretisk resultat som viser at ulike modeller for benchmarking prinsipielt skal måle akkurat de samme underliggende tekniske og økonomiske sammenhengene, og at det i en ideell modell ikke er noen forskjeller i incentivvirkningene. Dette teoretiske resultatet er imidlertid også viktig som en referanse for analysen av incentivvirkningene i praksis.

## 4.2 Incentivene

For å se på incentiveegenskapene vil vi bare se på den parametriske modellen. Dette er tilstrekkelig siden de to modellene er identiske. Et tiltak vil derfor ha akkurat den samme virkningen på nettselskapenes inntekter i de to modellene.<sup>18</sup> Vi ser på de to tiltakene effektivisering og investering. I begge tilfelle utleder vi et uttrykk for endringen i effektivitetsmål,  $\Delta\theta$ .

### *Effektivisering*

Ved en kostnadsreduksjon finner vi følgende uttrykk for endring i målt effektivitet:

$$\Delta\theta = \frac{\alpha_E E + \alpha_N N}{K + \Delta K} - \frac{\alpha_E E + \alpha_N N}{K} = -\theta_0 \frac{\Delta K}{K + \Delta K} = \theta_0 \left( \frac{1}{k} - 1 \right).$$

Siden  $k < 1$ , ser vi at  $\Delta\theta > 0$  og dessuten at endringen er større enn minimumsverdien:

$$\Delta\theta > \Delta\theta_{\min} = (\theta_0 - 1) \left( \frac{1}{k} - 1 \right).$$

*Vi ser altså at alle selskaper har incentiver til å redusere kostnader.*

Videre kan vi se hvordan incentivene varierer mellom selskapene:

- Endringen i effektivitet er størst for selskaper som i utgangspunktet allerede er forholdsvis effektive ( $\theta_0$  er nær 1). Dette er rimelig siden et gitt kostnadskutt vil utgjøre en stor andel av den slakken de har. For et mindre effektivt selskap vil det være bare en liten andel av slakken som kuttes. Samtidig er det antakelig lettere for et ineffektivt selskap å kutte kostnadene med en gitt andel.

---

<sup>18</sup> Vi minner igjen om at vi kommer tilbake til diskusjonen av risiko og transparens i kapittel 7.

- Et stort selskap må kutte større kostnader enn et lite selskap for å oppnå samme forbedring dersom de begge i utgangspunktet var målt til å være like effektive. Det er andelen av kostnadene som betyr noe.

### Investering

Vi antar at det investeres for å øke levert energi. Da kan vi skrive følgende uttrykk for endringen i målt effektivitet:

$$\Delta\theta = \frac{\alpha_E E + \alpha_N N}{K + \Delta K} - \frac{\alpha_E E + \alpha_N N}{K} = \frac{\alpha_E \Delta E}{K + \Delta K} - \theta_0 \frac{\Delta K}{K + \Delta K} = \frac{\alpha_E}{k} \frac{\Delta E}{K} - \theta_0 \left(1 - \frac{1}{k}\right).$$

For å vurdere om det er bedriftsøkonomisk lønnsomt å foreta investeringen sammenligner vi uttrykket med terskelverdien for  $\Delta\theta$ :

$$\frac{\alpha_E}{k} \frac{\Delta E}{K} + \theta_0 \left(\frac{1}{k} - 1\right) \geq (\theta_0 - 1) \left(\frac{1}{k} - 1\right)$$

⇕

$$\frac{\alpha_E}{k} \frac{\Delta E}{K} \geq \left(1 - \frac{1}{k}\right)$$

⇕

$$\alpha_E \frac{\Delta E}{K} \geq (k - 1)$$

⇕

$$\alpha_E \frac{\Delta E}{K} \geq \frac{\Delta K}{K}$$

⇕

$$\alpha_E \Delta E \geq \Delta K$$

Vi ser at investeringen er bedriftsøkonomisk lønnsom, dersom  $\alpha_E \Delta E > \Delta K$ . Det betyr

at enhetskostnaden ved å øke leveransene,  $\frac{\Delta K}{\Delta E}$ , må være lavere enn  $\alpha_E$ .  $\alpha_E$  kan i denne

sammenhengen tolkes som belønningen for å øke energileveransene, enten den er fastsatt av regulator eller framkommer som en skyggepris i en DEA-modell.<sup>19</sup> Hvis nettselskapene kan investere til en lavere normkostnad enn det som forutsettes eksplisitt (i en parametrisk modell) eller implisitt beregnes (i en DEA-modell), er det altså bedriftsøkonomisk lønnsomt. Dette innebærer at *alle selskaper har bedriftsøkonomiske incentiver til å gjennomføre effektive investeringer gitt en perfekt modell for*

---

<sup>19</sup> En DEA-modell er løsningen på et lineært programmeringsproblem, nemlig kostnadsminimering under et sett av bibetingelser. En positiv skyggepris angir at en økning i output gitt gjeldende kostnadsnivå vil øke den målte effektiviteten. Dette kan tolkes som en slags enhetskostnad for de forskjellige rammevilkårene eller outputmålene i DEA-modellen, eller den belønningen som nettselskapene kan oppnå ved å øke produksjonen eller redusere kostnadene (se for eksempel Bjørndal og Bjørndal, 2006a, for en spesifisering av den underliggende matematiske modellen).

*benchmarking og NVEs formel for beregning av inntektsrammer.* Dette er det samme prinsipielle resultatet som vi utledet i kapittel 2, men uten å spesifisere metoden for benchmarking. Vi har nå vist at både DEA-modeller og parametriske modeller kan oppfylle incentivbetingelsen i praksis så lenge modellene er korrekt spesifisert.

Hvis  $\alpha_E$  er den sanne samfunnsøkonomiske verdien av økte leveranser, betyr dette at nettselskapet i så fall har incentiver til å gjennomføre alle investeringer som øker levert energi til en lavere kostnad enn den samfunnsøkonomiske betalingsviljen. Samfunnsøkonomisk lønnsomme investeringer i økte energileveranser vil med andre ord bli gjennomført.

### 4.3 Konklusjon

Vi har vist at med vår enkle verden vil en parametrisk modell og en DEA-modell være identiske så fremt begge er korrekt spesifisert i samsvar med den underliggende tekniske og økonomiske virkeligheten. Slik vil det også generelt være med mer kompliserte virkeligheter. Det er imidlertid ulike forutsetninger som må tilfredsstilles for at modellene skal være korrekte. I senere kapitler kommer vil tilbake til hva som skjer ved forskjellige brudd på forutsetningene.

Uavhengig av om benchmarkingmodellen er parametrisk eller ikke-parametrisk, har vi vist at alle selskapene får incentiver til å effektivisere med dagens innteksregulering. Videre har vi vist at alle selskaper vil ha incentiver til å foreta samfunnsøkonomisk lønnsomme investeringer for å øke energileveransene (eller annen output som er inkludert i modellen). Begge disse resultatene forutsetter imidlertid at benchmarkingmodellen som benyttes er korrekt.

## 5 Sammenblanding av oppgave- og outputvariabler

I kapittel 3 viste vi at man kan bruke både outputvariabler og oppgavevariabler i benchmarkingen, uavhengig av om man brukte DEA eller parametriske modeller. Vi starter dette kapitlet med å analysere konsekvensene av å bruke oppgavevariabler i stedet for outputvariabler i forskjellige sammenhenger. Først ser vi på hva som kan skje dersom man bruker oppgavevariabler i benchmarkingen som utgangspunkt, men også inkluderer rene outputmål. Deretter ser vi på det motsatte tilfellet. Da skjer benchmarking med outputmål som utgangspunkt, men man inkluderer også noen oppgaver i modellen, for eksempel for å justere for forskjeller i rammevilkår.

### 5.1 Bruk av oppgavevariabler

Det er flere konsekvenser av å bruke oppgavevariabler i stedet for outputvariabler. Effektivitetsmålingene skal ideelt sett både fange opp de underliggende samfunnsøkonomiske sammenhengene mellom effektive kostnader og leveranser til nettkundene på kort og lang sikt, og bidra til en akseptabel fordeling av risiko mellom nettselskaper og kunder. I det perspektivet kan bruk av oppgavevariabler ha betydelige ulemper:

- For det første måles ikke systemeffektivitet – det vil si hvor godt nettet er konstruert for oppgaven, men bare hvor effektivt selskapet er til å bygge og drive det gitte nettet. Konsekvensen av dette kan være at effektivitetsmålingen ikke nødvendigvis vil være rettferdig. Vi kan sammenligne to selskaper med identiske forsyningsområder: Et av dem har brukt store ressurser (pådratt seg kostnader) for å holde investeringsnivået nede ved en god design. Det andre selskapet har brukt mindre ressurser på design, og har derfor flere nettanlegg og høyere samlede kostnader. Dersom man måler effektivitet ved hjelp av oppgavevariabler, vil det første selskapet framstå som ineffektivt og det andre som effektivt, til tross for at det i realiteten er motsatt. Hvor viktig dette momentet er, avhenger naturligvis av hvor store muligheter det er for å optimalisere designen.

Det er imidlertid også enkelte fordeler ved å bruke oppgavevariabler:

- Et selskap kan måles til å være effektivt selv om det foretar såkalte preinvesteringer. Siden det er skalafordeler ved bygging av nett, kan det være samfunnsøkonomisk lønnsomt å investere i større nett enn hva som på kort sikt er nødvendig. Dersom man benytter outputvariabler, vil dette framstå som ineffektivt, mens det ved bruk av oppgavevariabler ikke vil straffe det aktuelle selskapet.
- Et selskap kan drive effektivt selv om grunnlaget for investeringen bortfaller. At grunnlaget for en investering bortfaller kan skyldes både fraflytting og nedlegging av næringsvirksomhet. Med en modell basert på outputvariabler vil det bidra til at selskapet framstår som ineffektivt.

Hvorvidt benchmarkingen skal ta utgangspunkt i oppgaver eller output, er derfor dels et spørsmål om regulators ambisjonsnivå og tilgangen på nødvendig informasjon, dels et spørsmål om risikoen en ønsker nettselskapene eksponeres for. Jo vanskeligere det er å måle systemeffektivitet, og jo viktigere preinvesteringer og historisk utvikling er for

kostnadene, desto sterkere er argumentet for å velge en oppgavebasert modell eller en DEA-modell med oppgavemål som output.

## 5.2 Alle oppgavevariablene og noen outputvariabler

Vi ser på en situasjon der modellen bruker oppgavevariabler, men i tillegg bruker en outputvariabel. For å se på denne situasjonen lager vi en litt annen modell. Vi trenger ikke lenger to oppgavevariabler for å illustrere poenget og nøyer oss derfor med bare å inkludere linjer. Vi benytter følgende forenklete modell av virkeligheten:

Figur 5.1 Illustrasjon av nettvirksomheten



Den riktige modellen skal være  $\theta = \frac{\alpha_E E + \alpha_N N}{K}$ , men modellen som faktisk benyttes er  $\hat{\theta} = \frac{\alpha_L L + \alpha_N N}{K}$ .

### 5.2.1 Rettferdighet

Det kan vises at benchmarkingen blir rettferdig dersom forholdet mellom  $E$  og  $N$  er konstant mellom selskapene. Vi tolker da rettferdig i en snever forstand, det vil si at selskaper som reelt er mer effektive også måles til å være mer effektive. Da vil fortsatt et selskap A med lave kostnader pr. kWh måles som mer effektivt enn et selskap B med høye kostnader pr. kWh selv om levert energi ikke er med i modellen, alt annet likt. Dersom dette ikke er tilfelle, vil det derimot ikke være en rettferdig benchmarkingmodell. Generelt vil forholdet ikke være konstant som følge av forskjeller i sammensetningen av kundemassen, geografiske rammevilkår og andre faktorer.

### 5.2.2 Incentiver

Nettselskapet kan velge å bygge en ny linje, hvilket naturligvis vil øke kapitalkostnadene. Anta at investeringen kan gi økt levert energi eller økt antall kunder (eller begge deler).<sup>20</sup> Vi ser på to rendyrkede investeringsalternativer:

- $I_E$ : En ny linje gir økt levert energi, men et uendret antall kunder, slik at  $\Delta L > 0, \Delta N = 0$ . Vi forutsetter at denne investeringen er samfunnsøkonomisk lønnsom.<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> At et nettselskap kan investere for å øke antall kunder, kan kanskje framstå som teoretisk. Helt utenkelig er det imidlertid ikke. For eksempel kan en tenke seg at en næringskunde eller gruppe av næringskunder vurderer etablering i et område, og at nettselskapet vurderer den bedriftsøkonomiske lønnsomheten av å tilby nettilknytning (i hvert fall i regionalnettet kan dette være en problemstilling, hvor det ikke er tilknytnings- eller leveringsplikt). Det er imidlertid en åpenbar sammenheng mellom de to outputmålene. Økning i kundetallet uten en ledsagende økning i levert energi er ikke mulig, mens en økning i levert energi uten at antall kunder øker er fullt mulig. Det analytiske poenget avhenger imidlertid bare av at det finnes to forskjellige outputmål. Kunder er valgt for å lage et enkelt eksempel uten for mange tekniske komplikasjoner.

- $I_N$ : En ny linje gir økt antall kunder, slik at  $\Delta L > 0, \Delta N > 0$ . Hva som skjer med levert energi, er uten betydning bedriftsøkonomisk, ettersom levert energi ikke er med i modellen. Vi forutsetter at denne investeringen er samfunnsøkonomisk ulønnsom.

Vi antar at begge linjene koster det samme og finner følgende:

$$\Delta \hat{\theta}(I_E) = \frac{\alpha_L(L + \Delta L)}{K + \Delta K} - \frac{\alpha_L(L)}{K}, \quad \Delta \hat{\theta}(I_N) = \frac{\alpha_L(L + \Delta L) + \alpha_N(N + \Delta N)}{K + \Delta K} - \frac{\alpha_L L + \alpha_N N}{K}$$

↓

$$\Delta \hat{\theta}(I_E) - \Delta \hat{\theta}(I_N) = -\left( \frac{\alpha_N(N + \Delta N)}{K + \Delta K} - \frac{\alpha_N N}{K} \right)$$

↓

$$\Delta \hat{\theta}(I_E) - \Delta \hat{\theta}(I_N) = \frac{\alpha_N(N\Delta K - \Delta N K)}{(K + \Delta K)K}$$

↓

$$\Delta \hat{\theta}(I_E) - \Delta \hat{\theta}(I_N) = \frac{\alpha_N \left( \frac{N}{K} - \frac{\Delta N}{\Delta K} \right)}{\frac{K + \Delta K}{\Delta K}}$$

Vi ser at  $\Delta \hat{\theta}(I_E) < \Delta \hat{\theta}(I_N)$  dersom  $\frac{N}{K} < \frac{\Delta N}{\Delta K}$ , som er ekvivalent med at  $\frac{K}{N} > \frac{\Delta K}{\Delta N}$ , det vil si dersom marginalkostnaden ved å øke antall kunder ( $\frac{\Delta K}{\Delta N}$ ) er lavere enn gjennomsnittskostnaden ( $\frac{K}{N}$ ). Det vil ventelig være oppfylt i mange tilfeller. Økningen i effektivitet og dermed nettselskapets overskudd (siden investeringskostnadene er like) er i så fall størst ved den samfunnsøkonomisk ulønnsomme investeringen som gir et økt antall kunder.

Den målte effektiviteten kan altså øke ved å gjennomføre det samfunnsøkonomisk ulønnsomme tiltaket, men ikke ved det samfunnsøkonomisk lønnsomme. Nettselskapet kan med andre ord ha bedriftsøkonomiske incentiver til å gjennomføre det samfunnsøkonomisk ulønnsomme prosjektet, samtidig som det samfunnsøkonomisk lønnsomme prosjektet kan være bedriftsøkonomisk ulønnsomt.

Generelt er problemet at en økning i en oppgave i noen tilfeller øker verdien på output som er inkludert i benchmarkingen, mens den i andre tilfeller ikke gjør det.

Et tilsvarende problem får man når man inkluderer KILE og/eller tapskostnader som input, sammen med oppgavevariabler som output. En investering i en linje som gir økning i levert energi verdsettes bare ved økt linjelengde. En investering i en

---

<sup>21</sup> Bygging av en ny linje til en industrikunde som har begrenset kapasitet i dag kan være et konkret eksempel på en slik investering.

reservelinje gir i tillegg verdi ved redusert KILE. En samfunnsøkonomisk ulønnsom investering som reduserer KILE (men ikke så mye at det forsvarer investeringskostnaden) kan derfor bli bedriftsøkonomisk lønnsom.

### **Eksempel: Dobbelkompensasjon av investeringer i oppgavebasert modell**

Vi kan illustrere det prinsipielle resonnetet ovenfor med et konkret eksempel der vi tar utgangspunkt i en oppgavebasert modell for kostnadsnormen av samme type som er utarbeidet i Sand et al. (2006), samt NVEs gjeldende inntektsrammeformel i den stiliserte utgaven vi definerte innledningsvis (uten justeringsparameteren og tidsforsinkelse). Kostnadsnormen er i SINTEFs modell definert som summen av et sett av delkostnader som beskrevet i kapittel 3.

Vi går ikke nærmere inn på kundeføring og eltilsyn her, men konsentrerer oss om de fire øvrige komponentene i kostnadsnormen: Kapital, drift og vedlikehold, KILE og nettap. Vi ser også bort fra kalibrering av kostnadsnormen for bransjen samlet sett. Hvis vi ser bort fra andre nettanlegg enn linjer,<sup>22</sup> kan vi skrive kostnadsnormen for et selskap i slik:

$$K^* = \alpha_{KAP} NYV + \alpha_{DV} L + \alpha_{KILE} ILE^* + \alpha_{TAP} TAP^*$$

der de ulike  $\alpha$ 'ene er å betrakte som henholdsvis annuitetsfaktoren for nyverdien av kapitalen  $NYV$  ( $\alpha_{KAP}$ ), enhetskostnaden for drift og vedlikehold pr. km linje  $L$  ( $\alpha_{DV}$ ), KILE-satsen pr. normerte kWh ikke levert energi  $ILE^*$  ( $\alpha_{KILE}$ ) og endelig kraftprisen pr. normerte kWh i overføringstap  $TAP^*$  ( $\alpha_{TAP}$ ). Annuitetsfaktoren er en funksjon av den antatte økonomiske levetiden av anleggene og et realavkastningskrav.<sup>23</sup> Vi forutsetter at annuitetsfaktoren er sammenfallende med netteiers forutsetninger om levetid og avkastningskrav, slik at netteiers årlige kapitalkostnad er nøyaktig lik annuitetsfaktoren.

Anta nå at nettselskapet gjør en investering i en linje som reduserer de forventede KILE-kostnadene (for eksempel i form av en ny linje inn til et stort uttakspunkt i regionalnettet som fra før bare har én tilførselslinje med begrenset kapasitet). Investeringen har en kostnad pr. forutsetning lik  $INV$ . Det påvirker kostnadsnormen på følgende måte:

- Nyverdien  $NYV$  øker med  $INV$ . Gitt at annuitetsfaktoren pr. forutsetning er lik netteiers årlige kapitalkostnad, vil økningen i kapitalelementet i kostnadsnormen være lik netteiers kapitalkostnad ved den spesifikke investeringen. Økningen i kostnadsnormen over anleggets levetid vil derfor også ha en nåverdi som er nøyaktig lik investeringskostnaden.
- Anleggsmassen øker med en viss mengde  $\Delta L$  (km linje). Det gir opphav til en økt norm for kostnader til drift og vedlikehold som er lik antall km multiplisert med enhetskostnaden.
- Normene for KILE og tap er uforandret (vi forutsetter at eventuelle reduserte faktiske kostnader til KILE og tap ikke reflekteres i lavere framtidige normer).

---

<sup>22</sup> Vi ønsker å se på en investering i en linje i tråd med det prinsipielle eksemplet, så vi nøyer oss derfor med å se på bare én type nettanlegg også i dette praktiske eksemplet for å forenkle notasjonen. Det har ingen innvirkning på konklusjonene. Det er lett å utvide modellen med geografiske justeringsfaktorer, forskjellige kundegrupper med hensyn til KILE-satser osv.

<sup>23</sup> Det prinsipielle resonnetet blir i stor grad det samme om vi hadde målt kapitalkostnadene ved bokførte verdier og nominelle avkastningskrav.



Den samlede virkningen på kostnadsnormen blir en økning som er akkurat lik investeringskostnaden (eller den årlige kapitalkostnaden).

Kostnadsgrunnlaget for inntektsrammene vil påvirkes tilsvarende:

- De årlige kapitalkostnadene øker med  $INV$  multiplisert med en faktor basert på netteiers avkastningskrav og antatt levetid av linjen (denne faktoren er pr. forutsetning lik annuitetsfaktoren i delnormen for kapitalkostnader).
- Kostnadene til drift og vedlikehold øker med en mengde  $\Delta DV$ . Vi kan anta at også denne økningen er lik økningen i normkostnaden for drift og vedlikehold.
- KILE-kostnadene går ned med en mengde lik  $\Delta KILE$ .  $\Delta KILE$  defineres slik at en reduksjon i KILE-kostnadene er et positivt tall (ekvivalent med en inntekt til nettselskapet). Vi antar at kostnadene til overføringstap ikke påvirkes.<sup>24</sup>

Det gir følgende konsekvenser for nettselskapets inntektsramme:

$$\begin{aligned}\Delta IR &= (1 - \rho)\Delta K + \rho\Delta K * \\ &= (1 - \rho)(\alpha_{KAP}INV + \alpha_{DV}\Delta L - \Delta KILE) + \rho(\alpha_{KAP}INV + \alpha_{DV}\Delta L) \\ &= (\alpha_{KAP}INV + \alpha_{DV}\Delta L) - (1 - \rho)\Delta KILE\end{aligned}$$

Inntektsrammen øker med andre ord med de fulle kostnadene ved investeringen, men reduseres med en andel av de reduserte KILE-kostnadene. Andelen er naturligvis lik vekten til historiske kostnader i inntektsrammen.

De årlige kostnadene for nettselskapet øker med  $\alpha_{KAP}INV + \alpha_{DV}L$ , men reduseres med  $\Delta KILE$ . Den samlede virkningen på nettselskapets overskudd blir dermed følgende:

$$\begin{aligned}\Delta IR - \Delta K &= [(\alpha_{KAP}INV + \alpha_{DV}\Delta L) - (1 - \rho)\Delta KILE] - [\alpha_{KAP}INV + \alpha_{DV}\Delta L - \Delta KILE] \\ &= \rho\Delta KILE\end{aligned}$$

Dette uttrykket er positivt så fremt  $\rho$  er større enn null og KILE-kostnadene forventes å bli redusert som følge av investeringen. *Det vil si at netteier er garantert at investeringen er bedriftsøkonomisk lønnsom så lenge den genererer en reduksjon i KILE-kostnadene, og kostnadsnormen har en positiv vekt i fastsettelsen av inntektsrammen.*

Det kan gjøres et helt tilsvarende resonnement for overføringstap.

Kriteriet for at en investering i en linje skal være samfunnsøkonomisk lønnsom, er at reduksjonen i KILE-kostnader skal være minst like stor som investeringskostnader (samt økte kostnader til drift og vedlikehold). Vi ser direkte av analysen ovenfor at en marginalt lønnsom investering samfunnsøkonomisk sett, med nåverdi lik null (reduksjonen i KILE-kostnader er akkurat lik investeringskostnaden pluss økningen i drifts- og vedlikeholdskostnader), vil ha en positiv nåverdi for nettselskapet. Det følger videre at en samfunnsøkonomisk ulønnsom investering også kan være bedriftsøkonomisk lønnsom så lenge nettselskapets egenandel av de reduserte KILE-

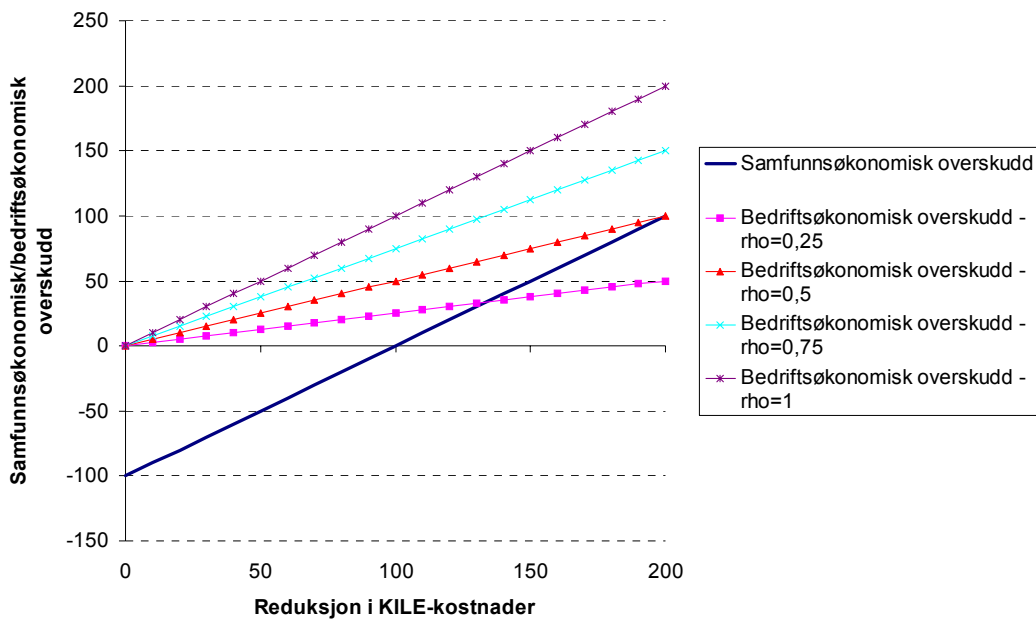
---

<sup>24</sup> I praksis skulle en kanskje vente at overføringstapene gikk ned når det bygges en ny linje inn til et område og forbruket i det bakenforliggende punktet ikke endres. Vi forenkler imidlertid igjen for å rendyrke det analytiske poenget.

kostnadene (profittandelen) er større enn det samfunnsøkonomiske underskuddet ved investeringen (som er akkurat lik endringen i nettselskapets kostnadsgrunnlag med våre forutsetninger). Vi får her den paradoksale virkningen at incentivene til å gjøre samfunnsøkonomisk ulønnsomme investeringer er større jo høyere profittandelen ( $\rho$ ) er.

Dette resultatet er vist i figuren nedenfor. Der har vi antatt at en investering til en årlig kostnad lik 100 og beregnet det samfunnsøkonomiske og bedriftsøkonomiske overskuddet under ulike forutsetninger om reduksjonen i KILE-kostnadene og andelen som kostnadsnormen utgjør av inntektsrammen ( $\rho$ ).

Figur 5.2 Samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk overskudd av investering som reduserer KILE-kostnadene med oppgavebasert modell



Vi ser at investeringen er bedriftsøkonomisk lønnsom under alle omstendigheter. Incentivene til å gjøre samfunnsøkonomisk ulønnsomme investeringer (som gir lavere KILE-reduksjoner enn 100 pr. år) er sterkere jo høyere profittandelen er. Det skyldes at kostnadsnormen fullt ut kompenserer for investeringskostnaden. Vi ser også at en investering som ikke reduserer KILE er marginalt lønnsom bedriftsøkonomisk (netto nåverdi lik null). Enhver investering blir bedriftsøkonomisk lønnsom med denne modellen.<sup>25</sup> Dette tilsier for så vidt også at NVE bør være forsiktige med å sette (den nominelle) profittandelen  $\rho$  for høyt dersom en oppgavebasert modell brukes til å fastsette kostnadsnormen.

For at en modell med oppgavevariabler kombinert med inputvariabler av typen KILE/overføringstap skal gi samfunnsøkonomisk riktige incentiver, må beregningen av kostnadsnormen justeres, for eksempel ved å redusere enhetskostnadene i kostnadsnormen.<sup>26</sup> Det er krevende å gjøre dette på en konsistent måte.

<sup>25</sup> Med forbehold om hvordan kapitalkostnadene måles og NVEs valg av referanserate relativt til netteiers avkastningskrav.

<sup>26</sup> ECON (2003a) inneholder en beslektet analyse med hensyn til KILE-satser innenfor NVEs inntektsrammemodell som gjaldt i perioden 2002-2006.

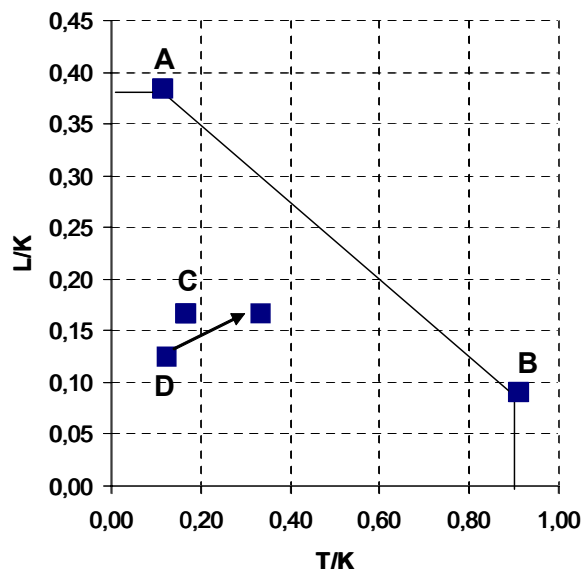
Vi har her antatt at enhetskostnadene ved fastsettelsen av normen er lik de faktiske kostnadene. Spørsmålet om enhetskostnadene er riktig fastsatt, drøftes i neste kapittel.

### Eksempel: Investeringer i en oppgavebasert DEA-modell

Eksemplet ovenfor tok utgangspunkt i en oppgavebasert modell etter mønster av Sand et al. (2006). Det er også mulig å tenke seg lignende virkninger i en DEA-modell, for eksempel dersom linjelengde brukes som output.<sup>27</sup> Da vil en investering som reduserer KILE både gi reduserte KILE-kostnader og økte kapitalkostnader, samtidig som målt effektivitet øker. Hvis reduksjonen i KILE-kostnader er akkurat lik økningen i kapitalkostnadene (marginalt lønnsom investering samfunnsøkonomisk), vil nettselskapet oppleve en økning i inntekten. Når kostnadene er uendret og output (oppgaven) øker, må nemlig målt effektivitet øke pr. forutsetning. Det gir incentiver til overinvesteringer.

I figuren nedenfor viser vi en enkel DEA-modell med to oppgavevariabler T og L (transformatorer og linjer) og totale kostnader K som input. Det er fire selskaper, hvorav to utgjør den effektive fronten (A og B). To selskaper måles som ineffektive, C og D. Anta nå at selskap D kan investere i flere transformatorer og linjer til en lavere kostnad enn selskapet har gjort historisk. Da vil selskapet nærme seg fronten som målt ved pilen i figuren. Investeringene kan antas å ha null samfunnsøkonomisk nytte - det dreier seg om ren ekstra kapasitet som ikke påvirker verken KILE, tap, levert energi eller andre størrelser. Som vi viste i kapittel 2, er en økning i målt effektivitet tilstrekkelig til at investeringene skal bli bedriftsøkonomisk lønnsomme. Dersom selskapet ikke greier å gjennomføre investeringene til en lavere kostnad enn historisk, blir målt effektivitet uendret (effektiviteten går ned dersom investeringene skjer til en høyere kostnad).

Figur 5.3 *Endring i målt effektivitet for et ineffektivt selskap D som følge av investeringer i en oppgavebasert DEA-modell*

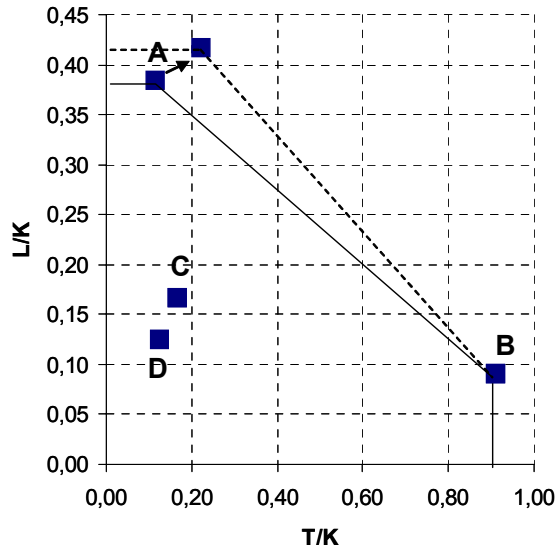


I figuren nedenfor viser vi situasjonen når selskap A gjør investeringer i ekstra linjer og transformatorer. Med mindre A gjennomfører investeringene til svært høye kostnader,

<sup>27</sup> Se også Bjørndal og Bjørndal (2006b) for en påpekning av dette. I ECON og Oeconomica (2006) vises det for øvrig at de samfunnsøkonomisk riktige incentivvirkningene med hensyn til KILE forutsetter at kostnadsnormen ikke påvirkes innenfor NVEs inntektsrammeformel.

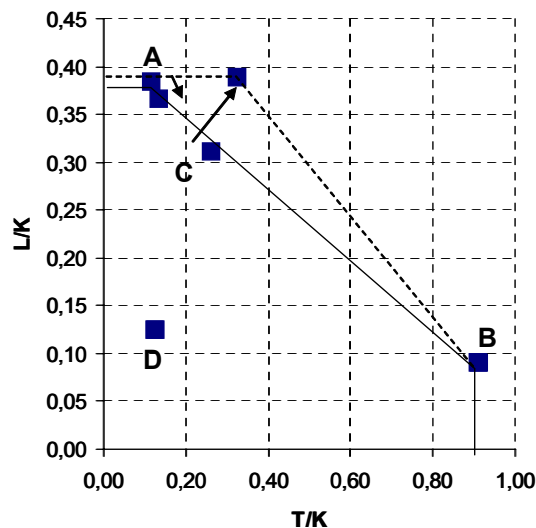
vil A fortsatt ligge på fronten. Også i dette tilfellet kan samfunnsøkonomisk ulønnsomme investeringer bli bedriftsøkonomisk lønnsomme.

Figur 5.4 *Endring i fronten i en oppgavebasert DEA-modell ved investering i frontsselskapet A*



Eksemplene ovenfor viser prinsipielt det samme som vi utledet i den oppgavebaserte parametriske modellen, men de viser samtidig at forholdet mellom selskapene og endringer i fronten kan være viktig for resultatene. Vi kan illustrere dette ved å ta utgangspunkt i den samme situasjonen som ovenfor, men med én viktig forskjell: Selskap C ligger nå nærmere fronten, og gjennomfører ytterligere tiltak for å redusere kostnadene. Samtidig investerer A i nye transformatorer og linjer til samme kostnad som tidligere (som altså var tilstrekkelig til å plassere selskapet på fronten initialt). Det som nå skjer, er at C flytter fronten utover, og As investering resulterer i lavere målt effektivitet. Investeringen er ikke lenger bedriftsøkonomisk lønnsom. De samme mekanismene vil gjøre seg gjeldende for selskaper som ikke ligger på fronten.

Figur 5.5 *Endring i fronten i en oppgavebasert DEA-modell ved investeringer i selskap A og effektivisering i selskap C*



DEA-modellen inneholder på denne måten ”selvkorrigerende mekanismer” som reduserer risikoen for overinvesteringer selv om modellen benytter oppgavevariabler i stedet for output. Nettselskapene er ikke garantert å få tilbake pengene ved ineffektive investeringer. I en oppgavebasert parametrisk modell er belønningen pr. enhet gitt, mens den i DEA-modellen avhenger av tilpasningen til andre selskaper.

I en enhetskostnadsmodell av typen vi diskuterte ovenfor, hvor nettselskapet er garantert full kompensasjon for investeringen, må regulator aktivt endre parameterverdier eller selve definisjonen av kostnadsnormen. Den effektive fronten ligger nemlig fast, uavhengig av selskapenes tilpasning. I stedet bestemmes den som tidligere beskrevet av parameterverdiene som fastsettes av regulator.

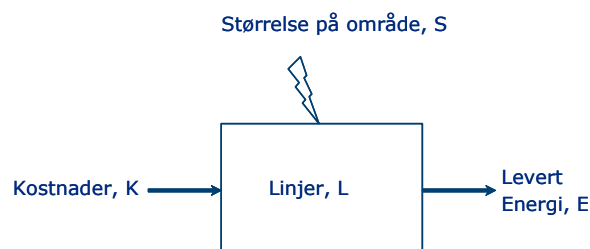
### 5.2.3 Konklusjon

Dersom man velger å bruke oppgavevariabler i stedet for outputvariabler, så betyr det at man velger å ikke forsøke å måle systemeffektivitet. Det medfører også at man kan få uheldige incentivvirkninger dersom man inkluderer noen outputvariabler i tillegg til oppgavevariablene. Dette gjelder både DEA-modeller og oppgavebaserte parametriske modeller. Det lar seg ikke gjøre å si på generelt grunnlag om problemet er størst i den ene eller andre typen av modeller. Det avhenger i noen grad av detaljspesifikasjonen. DEA-modeller inneholder imidlertid mekanismer som reduserer risikoen for vedvarende feiltilpasninger, mens en i en parametrisk modell trenger aktiv inngripen fra regulator.

## 5.3 Alle outputvariablene og noen oppgavevariabler

Motsatt av situasjonen over kan man ta med alle outputvariablene og bare noen av oppgavevariablene. En motivasjon for dette kan være at det er vanskelig å korrigere direkte for ulike rammevilkår. Da kan man noen ganger ønske å bruke oppgaver som proxy for ulike rammevilkår. Vi ser på følgende modell:

Figur 5.6 Modell for nettvirkksomheten med ett rammevilkår i tillegg til én oppgave og én output



Størrelsen på området påvirker kostnaden ved å levere energi. Vi ser på situasjonen der man bruker antall km linje ( $L$ ) som proxy for størrelsen på området. De effektive kostnadene er gitt ved:  $K^* = (\alpha_E + \alpha_S S)E$  som ideelt sett måles ved  $\theta = \frac{(\alpha_E + \alpha_S S)E}{K}$ . Enhetskostnaden er med andre ord en lineær funksjon av størrelsen på forsyningsområdet. Vi antar derimot at man benytter tilnærmingen  $\hat{\theta} = \frac{(\alpha_E + \alpha_S L)E}{K}$ , slik at enhetskostnaden i normmodellen blir en lineær funksjon av linjelengde i stedet. For å rendyrke analysen har vi antatt at  $L$  og  $S$  måles med samme enhet.

### 5.3.1 Rettferdighet

Vi ser straks at modellen er rettferdig dersom man for alle selskaper har at  $\frac{L}{S}$  er konstant. Dersom man ikke har dette, vil resultatene bli urettferdige i den forstand at nettselskaper som reelt sett er mer effektive kan bli målt som mindre effektive.

### 5.3.2 Incentiver

Det som er interessant ved å bruke en oppgaveparameter som proxy, er ikke minst at selskapene kan endre størrelsen på oppgaven gjennom sine egne handlinger. Det kan de (i prinsippet) ikke gjøre med rammevilkårsvariabler. Vi ser på incentiver til investeringer som øker levert energi. Da får vi:

$$\Delta\theta = \frac{(\alpha_E + \alpha_S S)(E + \Delta E)}{K + \Delta K} - \frac{(\alpha_E + \alpha_S S)(E)}{K} = \frac{(\alpha_E + \alpha_S S)\Delta E}{(K + \Delta K)} - \theta_0 \frac{\Delta K}{(K + \Delta K)}$$

Samtidig ser vi at

$$\begin{aligned}\Delta\hat{\theta} &= \frac{(\alpha_E + \alpha_S(L + \Delta L))(E + \Delta E)}{K + \Delta K} - \frac{(\alpha_E + \alpha_S L)(E)}{K} \\ &= \frac{(\alpha_E + \alpha_S L)\Delta E + \alpha_S \Delta L(E + \Delta E)}{(K + \Delta K)} - \hat{\theta}_0 \frac{\Delta K}{(K + \Delta K)}\end{aligned}$$

Anta at vi først har  $L = S$  for alle selskaper. Da får vi at selskapene har sterkere effektivitetsgevinst av investeringer som øker  $L$ , sammenlignet med investeringer som ikke gjør det (gitt at investeringene i utgangspunktet koster det samme pr. ekstra kWh levert). Det kan ha følgende uheldige konsekvenser:

- Det kan bli bedriftsøkonomisk lønnsomt å foreta samfunnsøkonomisk ulønnsomme investeringer.
- Det kan bli bedriftsøkonomisk lønnsomt å velge en suboptimal løsning dersom dette innebærer en større økning i  $L$  enn hva den optimale løsningen er.

#### Eksempel: Dobbelkompensasjon av investeringer som øker levert energi

Vi kan se på et praktisk eksempel innenfor et lignende rammeverk som det vi drøftet ovenfor vedrørende dobbelkompensasjon dersom KILE ble definert som en oppgave og kapitalkostnader ble fullt ut kompensert gjennom nyverdien av nettet og en realannuitet. Nå skjer det imidlertid en økning i levert energi som følge av investeringen, og modellen for fastsettelse av kostnadsnormen er forskjellig. Kostnadsnormen fastsettes nå i henhold til følgende modell:

$$K^* = (\alpha_E + \alpha_L L)E$$

Dette er ikke en oppgavebasert modell som sådan, men er åpenbart en parametrisk modell i klassisk forstand. Regulator bestemmer  $\alpha_E$  og  $\alpha_L$  ut fra en vurdering av kostnadene pr. kWh levert energi under ulike rammevilkår.<sup>28</sup> For enkelthets skyld antar

---

<sup>28</sup> Denne modellen kan ses som en sterkt forenklet versjon av den svenske nettnyttmodellen, som jo indirekte beregner en "enhetskostnad" på grunnlag av eksogene data for fysiske nettførhold, herunder levert energi.

vi at begge parametrene har en normalisert verdi lik 1. Vi antar at L og S i utgangspunktet har en verdi på 10 og at E er lik 10. Den sanne  $\alpha_S$  kan vi sette lik  $\alpha_L$ , det vil si 1. Kostnadsgrunnlaget antar vi er lik 120. Med disse forutsetningene får vi følgende verdi for både  $\theta$  og  $\hat{\theta}$ :

$$\theta = \frac{(\alpha_E + \alpha_S S)E}{K} = \frac{(1+10)10}{120} = \frac{110}{120} = 0,92$$
$$\hat{\theta} = \frac{(\alpha_E + \alpha_L L)E}{K} = \frac{(1+10)10}{120} = \frac{110}{120} = 0,92$$

Selskapet måles altså til å være 92 prosent effektivt i utgangspunktet. Det er også den sanne effektiviteten.

Anta nå at en investering øker L med 1 (linjelengde) og E med 1 (levert energi).<sup>29</sup> S er upåvirket. Kostnadsgrunnlaget øker med 12 pr. år som følge av investeringen, slik at nytt kostnadsgrunnlag blir 132. Det gir følgende verdier for  $\theta$  og  $\hat{\theta}$  (fotskriften 1 betegner situasjonen etter investeringen):

$$\theta_1 = \frac{(\alpha_E + \alpha_S S)(E + \Delta E)}{(K + \Delta K)} = \frac{(1+10)11}{132} = \frac{120}{132} = 0,92$$
$$\hat{\theta}_1 = \frac{(\alpha_E + \alpha_L (L + \Delta L))(E + \Delta E)}{(K + \Delta K)} = \frac{(1+11)11}{132} = \frac{132}{132} = 1,00$$

Vi ser med andre ord at målt effektivitet øker når oppgavevariabelen brukes som proxy, mens den sanne effektiviteten er uendret. Hvis vi setter inn disse verdiene i NVEs formel for beregning av inntektsrammen, vil vi se at nettselskapets overskudd øker med 7 i tilfellet med  $\hat{\theta}$  som effektivitetsmål, mens det går ned med 1 når vi bruker det sanne målet  $\theta$ .

En investering som er marginalt lønnsom samfunnsøkonomisk er kjennetegnet ved at nåverdien av nyttevirkningene for samfunnet er akkurat lik investeringskostnaden (inklusive kostnader til drift og vedlikehold). Når en oppgavevariabel brukes som mål på rammevilkår, kan nettselskapets inntekter fra en investering som gir økning i oppgaven bli høyere enn investeringskostnaden, selv om den samfunnsøkonomiske verdien av investeringen skulle være lavere. Det følger at en slik modell for effektivitetsmåling vil gi incentiver til overinvesteringer i visse typer anlegg. Eksemplet vårt viser nettopp en slik effekt: Den samfunnsøkonomiske verdien av investeringen er negativ (siden den sanne modellen gir negativt resultat for nettselskapet), mens den bedriftsøkonomiske verdien er positiv.

### *DEA-modell*

Resultatene ovenfor vil også gjelde i en DEA-modell, men mekanismene som leder fram til resultatet er litt forskjellige. Poenget vi utledet ovenfor om betydningen av andre selskapers atferd, er imidlertid relevant også her.

---

Forskjellen er at vi her har valgt å justere ”enhetskostnaden” med en faktor som nettselskapene kan påvirke selv, og vi ser bare på kostnaden pr. kWh.

<sup>29</sup> Tallstørrelsene er for så vidt likegyldige i dette eksemplet.

### 5.3.3 Konklusjon

Dersom man blander oppgaver med output på en slik måte at man tar med alle variablene i den ene kategorien, men ikke i den andre, vil man få uheldige resultater. Det kan for eksempel skje dersom man bruker oppgavemål som erstatning for eksogene rammevilkår. Den viktigste svakheten med slike modeller er at man kan få uheldige incentiver til investeringer. Dette gjelder både i DEA-modeller og oppgavebaserte modeller, men i DEA-modeller er belønningen for feilinvesteringer mindre sikker enn i oppgavebaserte modeller.



## 6 Konsekvenser av feilspesifikasjon

Så langt har vi diskutert incentivvirkningene av noen overordnede modellvalg knyttet til oppgaver kontra output, uten å ta hensyn til mulige feil i data eller parameterverdier. I dette kapitlet drøfter vi incentivvirkningene under ulike former for feilspesifikasjon av benchmarkingmodeller, enten de er parametriske oppgavebaserte modeller eller DEA-modeller i forskjellige varianter. Vi går i det følgende gjennom tre hovedtyper av feil:

- At man utelater variabler
- At man får gal funksjonsform
- At parameterverdiene blir gale

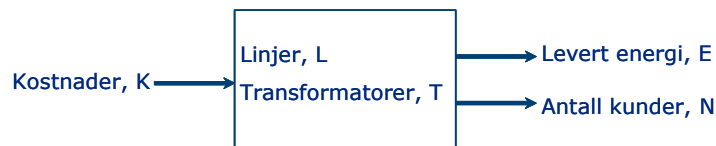
### 6.1 Utelatte variabler

Vi ser på situasjonen der noen variabler er utelatte. Vi ser bare på situasjonen med den parametriske modellen. En DEA-modell med utelatte variabler gir nøyaktig de samme analytiske resultatene gitt vår enkle verden. De prinsipielle konklusjonene blir imidlertid de samme i mer komplekse modeller.

#### 6.1.1 Modell 1: Utelatt outputvariabel

En mulighet for å feilspesifisere modellen er å utelate en viktig outputvariabel. Vi går tilbake til den første nettbeskrivelsen vi introduserte:

Figur 6.1 Beskrivelse av nettvirksomhet.



Vi har igjen at  $K^* = \alpha_E E + \alpha_N N$ , som korrekt måles med  $\theta = \frac{\alpha_E E + \alpha_N N}{K}$ .

Anta nå at man utelater antall kunder,  $N$ . Vi ser bare på den parametriske modellen siden de to benchmarkingmodellene i denne varianten er like. Vi får da effektivitetsmålet:  $\hat{\theta} = \frac{\alpha_E E}{K}$ .

#### Rettferdighet

Det er klart at en slik modell vil være urettferdig selskapene imellom. Innenfor en parametriske modell vil alle selskaper få målt en for lav effektivitetsscore dersom  $\alpha_E$  er satt til samme verdi som i den sanne modellen med to output (da vil selskapene måles ut fra total kostnader i forhold til en lav total output ettersom levert energi er utelatt).<sup>30</sup> Siden det er den relative effektiviteten som er viktig for den norske inntektsrammen, vil

---

<sup>30</sup> Dette resultatet gjelder ikke generelt. I en DEA-modell vil  $\alpha_E$  bestemmes endogent slik at selskapene på den effektive fronten får en målt effektivitet lik 1.

derimot de selskapene som har en relativt stor verdi for  $N$  komme dårligst ut. Innenfor vår enkle virkelighet vil det typisk gjelde byverk med lavt gjennomsnittsforsbruk pr. kunde.

## Incentiver

### *Kostnadsreduksjon*

$$\Delta \hat{\theta} = \frac{\alpha_E E}{K + \Delta K} - \frac{\alpha_E E}{K} = -\frac{\alpha_E E \Delta K}{K(K + \Delta K)} = -\hat{\theta}_0 \frac{\Delta K}{K + \Delta K}$$
. Siden  $\Delta K < 0$  og  $\hat{\theta}_0 < \theta_0$ , ser vi at  $\Delta \hat{\theta} < \Delta \theta$ . Siden  $\Delta \hat{\theta} > 0$  (så lenge  $\hat{\theta}_0 > 0$  og  $\Delta K < 0$ ), har likevel selskapet incentiver til å redusere kostnadene.

### *Investeringer for å øke levert energi*

Vi ser på en investering som utelukkende øker levert energi. Da finner vi:

$$\Delta \hat{\theta} = \frac{\alpha_E (E + \Delta E)}{K + \Delta K} - \frac{\alpha_E E}{K} = \frac{\alpha_E \Delta E}{K + \Delta K} - \hat{\theta}_0 \frac{\Delta K}{K + \Delta K}$$

Siden  $\hat{\theta}_0 < \theta_0$ , så finner vi at  $\Delta \hat{\theta} > \Delta \theta$ . Det kan vises at man har samme krav til investeringen for at denne skal bli bedriftsøkonomisk lønnsom som det man har for den ideelle modellen. Det vil med andre ord være incentiver til å gjøre effektive investeringer som øker levert energi innenfor den enkle modellen. Med en mer komplisert virkelighet og modell er det ikke gitt at betingelsen ovenfor vil være tilstrekkelig til å sikre lønnsomhet, men incentivene vil i hvert fall ikke være null.

### *Investeringer for å øke antall abonnenter*

Det er lett å se at et selskap ikke har noen incentiver til å foreta en investering som utelukkende øker antall abonnenter siden  $\Delta \hat{\theta} = -\frac{\alpha_E E}{K(K + \Delta K)} < 0$ , mens

$$\Delta \hat{\theta}_{\min} = (\hat{\theta}_0 - 1) \left( \frac{K}{K + \Delta K} - 1 \right) > 0$$
. Det betyr at selskapene ikke har incentiver til å investere for å øke verdien av en utelatt variabel.

## Konklusjon

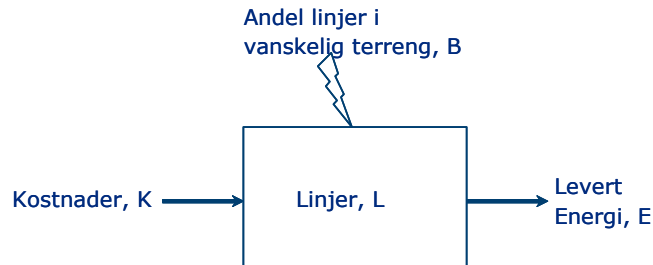
Når en outputvariabel utelates, vil det medføre at effektivitetsmålingen ikke blir rettferdig. Videre har vi sett at utelatte variabler ikke nødvendigvis påvirker incentivene til verken effektivisering eller å investere for å øke verdien på de variablene som faktisk inngår i modellen. Derimot bortfaller naturligvis incentivene til å øke verdien av de utelatte variablene. En investering som gir både en viss økning i inkluderte variabler (levert energi) og utelatte variabler (antall abonnenter) vil være mindre lønnsom med denne effektivitetsmålingen enn hva som faktisk burde være tilfelle. Det medfører at noen investeringer som faktisk er samfunnsøkonomisk lønnsomme ikke blir bedriftsøkonomisk lønnsomme.

Vi vil få de samme prinsipielle resultatene om vi ser på en oppgavebasert modell i stedet for en outputbasert modell.

### 6.1.2 Modell II: Utelatte rammevilkår

Vi vil igjen se på problemene med utelatte variabler, men nå med en litt annen underliggende kostnadsfunksjon der rammevilkår (for eksempel geografiske) påvirker kostnadene ved levert energi. Vi har situasjonen som illustrert i figuren nedenfor.

Figur 6.2 Illustrasjon av nettvirksomheten som analyseres



De effektive kostnadene er nå gitt ved en litt annen modell  $K^* = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2 B)E}{K}$ , der  $B$  er en variabel som sier noe om omgivelsene. Vi antar at  $\alpha_2 > 0$ , det vil si at en større verdi på  $B$  gjør de effektive kostnadene større. Eller sagt på en annen måte,  $B$  måler forhold som gjør det dyrere å drive nettet. Vi får da at den riktige effektivitetsmålet er  $\theta = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2 B)E}{K}$ . Vi vil analysere hva som skjer hvis man utelater variabelen  $B$  og ser derfor på effektivitetsmålet  $\hat{\theta} = \frac{\alpha_1 E}{K}$ .

#### Rettferdighet

Vi ser at en slik måling ikke blir rettferdig. De selskapene som har store verdier for  $B$  blir relativt sett målt til å være mindre effektive enn de selskapene som har små verdier for  $B$ . Dette er prinsipielt den samme virkningen som er drøftet i Sand et al. (2006), hvor det vises at forskjellig lokalisering i forhold til overliggende nett kan gi svært stor forskjell i målt effektivitet dersom denne lokaliseringsforskjellen ikke reflekteres i DEA-modellen.

#### Incentiver

##### Effektivisering

I den sanne modellen finner vi som før at  $\Delta\theta = -\theta_0 \frac{\Delta K}{K + \Delta K}$ . Videre finner vi også som før at  $\Delta\hat{\theta} = -\hat{\theta}_0 \frac{\Delta K}{K + \Delta K}$ . Vi finner altså at det er de samme incentivene til effektivisering, selv om rammevilkårsvariabelen ikke er med i modellen.

### Investeringer

I den sanne modellen finner vi at  $\Delta\theta = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2 B)\Delta E}{K + \Delta K} - \theta_0 \frac{\Delta K}{K + \Delta K}$ , mens vi i den gale modellen finner at  $\Delta\hat{\theta} = \frac{\alpha_1 \Delta E}{K + \Delta K} - \hat{\theta}_0 \frac{\Delta K}{K + \Delta K}$ . Vi ser altså at endringen ikke er lik. Det relevante er imidlertid igjen hvordan nettoinntekten til selskapet endres. Vi har følgende:

$$\frac{\alpha_1 \Delta E}{K + \Delta K} - \hat{\theta}_0 \frac{\Delta K}{K + \Delta K} = (\hat{\theta}_0 - 1) \left( \frac{K}{K + \Delta K} - 1 \right) + \Phi$$

⇕

$$\Phi = \frac{\alpha_1 \Delta E + K}{K + \Delta K} - 1$$

⇕

$$\Phi = \frac{\alpha_1 \Delta E + K - K - \Delta K}{K + \Delta K}$$

⇕

$$\Phi = \frac{\alpha_1 \Delta E - \Delta K}{K + \Delta K}$$

Vi ser altså at man må ha at  $\Delta K < \alpha_1 \Delta E$  for at den skal være bedriftsøkonomisk lønnsom. Det vil si at enhetskostnaden må være lavere enn ”prisen” regulator har satt for økte leveranser. Det er imidlertid ikke mulig for positive verdier av  $B$  siden vi har at  $\Delta K^* = (\alpha_1 + \alpha_2 B)\Delta E$ . Den sanne kostnaden ved å investere er med andre ord høyere enn den som er forutsatt av regulator. Vi ser altså at investeringer for å øke  $E$  ikke blir bedriftsøkonomisk lønnsomme.

Dersom man tar hensyn til at det bare er relativ effektivitetsscore som betyr noe, får vi at selskaper med høye  $B$  ikke får incentiv til å investere, mens selskaper med lave  $B$  kan få for sterke incentiver til å investere på visse betingelser. Dette gjelder både i DEA-modeller og parametriske modeller, enten de er output- eller oppgavebaserte.

### 6.1.3 Er utelatte variabler et større problem i noen typer av modeller?

Et viktig spørsmål er om det er grunn til å tro at utelatte variabler er et større problem i visse typer modeller, for eksempel i DEA-modeller kontra oppgavebaserte parametriske modeller. Vi vil hevde at ikke nødvendigvis er tilfelle. Det er flere grunner til det:

- At en variabel inkluderes i en modell, innebærer ikke at den inkluderes på en riktig måte. Om et gitt geografisk rammevilkår inkluderes i en oppgavebasert parametriske modell med feil verdi, kan det gi svært gale incentiver.
- Om en variabel kan inkluderes i en oppgavebasert modell, kan den også inkluderes i en DEA-modell. I den grad for mange outputvariabler er et problem i DEA (for eksempel på grunn av et begrenset antall observasjoner), er det mulig å aggregere variabler og eventuelt legge restriksjoner på enkelte av variablene eller forholdet mellom dem (slik NVE gjør i dagens DEA-modell for regional- og sentralnett).

### 6.1.4 Konklusjon

Å utelate variabler som påvirker den effektive kostnaden medfører at effektivitetsmålingene ikke blir rettfærdige. I så måte er det ingen forskjell mellom en DEA-modell og en parametrisk modell.

Virkningen på incentivene til å investere avhenger av den underliggende kostnadsfunksjonen. Dersom den utelatte variabelen er en rammevilkårsvariabel som ikke påvirker kostnaden ved en investering, kan incentivene forbli riktige. Dersom den utelatte variabelen derimot påvirker kostnaden, vil dette gi gale incentiver. Utelatelse av en outputvariabel vil fjerne incentivene til å gjøre investeringer som påvirker den aktuelle variabelen. Dette resultatet gjelder både for en parametrisk og en DEA-modell, og det vil også gjelde enten output eller oppgaver benyttes som mål.

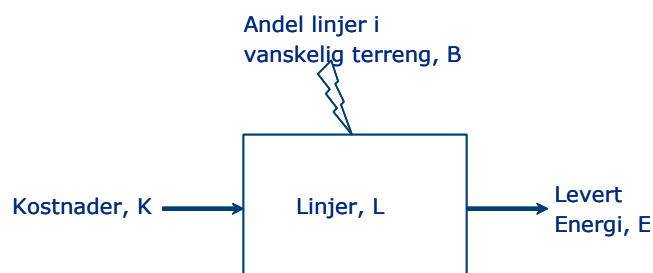
## 6.2 Gal funksjonsform/ikke-ortogonale akser

I dette avsnittet vil vi vise hvilke konsekvenser det kan ha at selve funksjonsformen er galt spesifisert. Her er det enkelte forskjeller mellom en parametrisk modell og en DEA-modell. I en parametrisk modell gjøres det eksplisitte antakelser om selve funksjonsformen. I en DEA-modell er det imidlertid bare antakelser om forholdet mellom variablene som måles langs de ulike aksene. Det er således strengere antakelser som ligger til grunn for den parametriske modellen. Vi vil imidlertid først se på et parallelt eksempel.

### 6.2.1 Modell

I dette avsnittet vil vi bruke modellen som ble introdusert i avsnitt 6.1.2. Vi ser med andre ord på en nettvirksomhet som utelukkende leverer energi. De effektive kostnadene avhenger imidlertid av en variabel B som bestemmer hvor dyrt det er å bygge linjer. Nettvirksomheten er illustrert nedenfor.

Figur 6.3 *Illustrasjon av nettvirksomheten som analyseres.*



Vi antar at de effektive kostnadene er gitt ved funksjonen:  $K^* = (\alpha_1 + \alpha_2 B)E$ . Den korrekte effektivitetsmålet er dermed gitt ved:  $\theta = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2 B)E}{K}$ .

Anta derimot at man i den parametriske modellen måler effektiviteten som  $\hat{\theta} = \frac{\alpha_1 E + \alpha_2 B}{K}$ . Vi har antatt at man benytter de ”korrekte” parameterverdier for  $\alpha_1$  og

$\alpha_2$ ,<sup>31</sup> men at selve funksjonsformen er gal. Den parallelle situasjonen for en DEA-modell, er at man benytter følgende to akser:  $\frac{B}{K}$  og  $\frac{E}{K}$ . Dette vil si det samme som at DEA-dimensjonene ikke er ortogonale.

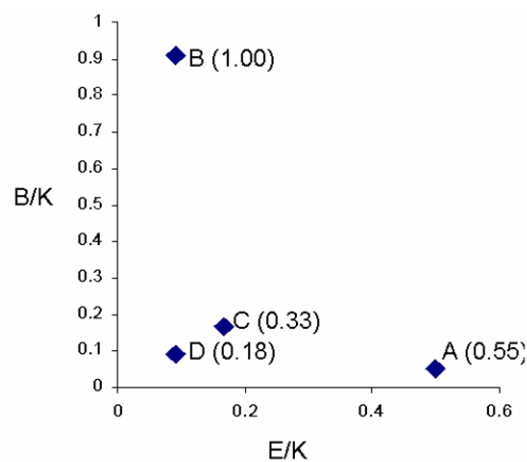
Tabellen nedenfor viser en rekke selskaper som alle er effektive i virkeligheten. Vi har benyttet parameterverdiene  $\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 1$ .

*Tabell 6.1 Effektive selskaper som måles galt pga gal funksjonsform.*

Selskap	Levert energi	Rammevilkår	Effektive kostnader	E/K	B/K
A	10	1	20	0,5	0,05
B	1	10	11	0,09	0,909
C	5	5	30	0,17	0,17
D	10	10	110	0,09	0,09

I figuren nedenfor viser vi de fire selskapene i en DEA-måling. Sammen med selskapene har vi angitt effektivitetsmålet fra den parametriske modellen. DEA-scoren framkommer implisitt ved plasseringen av selskapene langs de to aksene og avstanden til fronten.

*Figur 6.4 Effektive selskaper i en DEA-modell der aksene er gale. Effektivitets-score fra den parametriske modellen er oppgitt i parentes.*



Vi ser at selv om alle selskapene er effektive, er det bare ett (B) som blir målt som effektivt i den parametriske modellen. Med DEA-modellen er det to selskaper som vil bli målt som effektive.

### Rettferdighet

Plottet viser at begge modellene gir resultater som er svært urettferdige. Selskapene C og D blir begge målt som ineffektive selv om de er effektive. I den parametriske modellen blir heller ikke selskap A målt som effektivt.

---

<sup>31</sup> I den grad man kan snakke om korrekte parameterverdier når funksjonsformen er gal.

Vi kan ikke si noe generelt om hvilken av de to modellene som gir galest resultater. I den parametriske modellen avhenger det av forskjellen mellom faktisk funksjonsform og antatt funksjonsform samt parameterverdiene. I DEA-modellen avhenger det mye av hvor ulike de faktiske selskapene er i de galt målte dimensjonene.

## Incentiver

### *Incentiver til effektivisering*

I den parametriske modellen får vi det samme uttrykket for endring i effektivitetsmål som tidligere:  $\Delta \hat{\theta} = -\hat{\theta}_0 \frac{\Delta K}{K + \Delta K} = \hat{\theta}_0 \left( \frac{1}{k} - 1 \right)$ . Fortsatt ser vi at det er større enn terskelverdien når  $k < 1$ . Det betyr at alle selskaper har incentiver til å effektivisere.

I DEA-modellen vil alle selskaper som ikke ligger på fronten få en høyere effektivitetsscore dersom de kutter kostnader. Det betyr at de har incentiver til å effektivisere siden terskelverdien er negativ for kostnadskutt:  $\Delta \hat{\theta}_{\min} = (\hat{\theta}_0 - 1) \left( \frac{1}{k} - 1 \right)$ .

Alle selskaper som ikke ligger på fronten har med andre ord incentiver til å effektivisere. Også selskaper som ligger på fronten kan ha incentiver til å effektivisere. Det vil være tilfelle dersom ett av to gjelder:

- Det er mulig for selskaper å få en effektivitetsscore som er større enn 1 (supereffektiv).
- Effektivitetsscoren til minst ett annet selskap avhenger av hvordan det aktuelle selskapet plasseres i DEA-målingene. Selv om vårt selskap beholder en score på 1, vil da minst ett annet selskap få lavere effektivitet. Det vil slå positivt ut for vårt selskap siden det er relativ effektivitet som er viktig i dagens inntektsregulering.

### *Incentiver til investeringer*

I den parametriske modellen finner vi at endring i målt effektivitetsscore er gitt ved

følgende uttrykk:  $\Delta \hat{\theta} = \frac{\alpha_1 \Delta E}{K + \Delta K} - \hat{\theta}_0 \frac{\Delta K}{K + \Delta K} = \frac{\alpha_1 \frac{\Delta E}{K}}{k} + \hat{\theta}_0 \left( \frac{1}{k} - 1 \right)$ . Vi ser at dersom

denne skal være større enn grenseverdien, må  $\alpha_1 \Delta E \geq \Delta K$ . Vi ser at dette ikke er mulig dersom  $\alpha_2 B > 0$ , det vil si at rammevilkårene faktisk påvirker kostnadene. Selskapet kan dermed miste incentiver til å gjennomføre investeringer.

Heller ikke i DEA-modellen vil det være lønnsomt å investere for å øke energileveransen. Et selskap som ikke ligger på fronten, vil selv med effektive investeringer fjerne seg fra fronten. Et selskap som ligger på fronten kan i beste fall beholde sin plass på fronten, men med supereffektivitet og relativ effektivitetsscore som faktisk input i inntektsreguleringen, vil heller ikke disse selskapene ha incentiver til å investere.

## 6.2.2 Konklusjon

Når selve funksjonsformen er gal, vil det medføre at målingen ikke blir rettferdig. Gal funksjonsform kan også ødelegge incentivene til å investere. Med andre feilspesifikasjoner kan man få for sterke incentiver til å investere.

Det er ikke forskjell mellom parametriske og ikke-parametriske modeller når feilspesifikasjonen er slik at DEA-aksene også blir gale. Kravene til de ikke-parametriske modellene er imidlertid ikke så strenge. Der er det tilstrekkelig at forholdet mellom dimensjonene er riktig, mens man i en parametrisk modell også må ha korrekt funksjonsform.

### 6.3 Gale parametre/få observasjoner med outputvariabler

I dette avsnittet ser vi på situasjonen der det i den parametriske modellen skyldes at parameterverdiene er gale, mens det i DEA-modellen skyldes at man har for få observasjoner. Avslutningsvis i avsnittet drøfter vi betydningen av feil i datagrunnlaget i de to typene av modeller. Vi antar fortsatt at virkeligheten er slik at  $K^* = \alpha_E E + \alpha_N N$ .

#### 6.3.1 Gale parameterverdier

Vi antar at vår parametrisk benchmarkingmodell uttrykkes:  $\hat{\theta} = \frac{\hat{\alpha}_E E + \hat{\alpha}_N N}{K}$ .

Vi ser på to aspekter ved at de benyttede parameterverdiene avviker fra de sanne verdiene. Først analyserer vi kort rettferdigheten og deretter incentivene.

##### Rettferdighet

Man kan ha at de benyttede parameterverdiene er både større og mindre enn de faktiske verdiene. Anta uten tap av generalitet at  $\hat{\alpha}_E > \alpha_E$  og  $\hat{\alpha}_N < \alpha_N$ . Da vil selskaper som har relativt store leveranser av energi i forhold til rammevilkårsvariabelen  $B$  bli målt til å være mer effektive enn de er, mens selskaper som har motsatt forhold mellom  $E$  og  $N$  bli målt til å være mindre effektive enn de egentlig er. Dette vil naturligvis ikke være rettferdig.

Dersom begge de anvendte parameterverdiene er større enn de faktiske verdiene, vil målt effektivitet være større enn 1 for alle selskaper. Motsatt vil effektiviteten være mindre enn 1 for alle selskaper dersom begge de anvendte parameterverdiene er mindre enn de faktiske verdiene. Man trenger likevel ikke å ha at forholdet mellom målt effektivitet og faktisk effektivitet er det samme for alle selskapene. Benchmarkingen blir fremdeles urettferdig mellom selskapene.

Hvis man derimot har at  $\frac{\hat{\alpha}_E}{\alpha_E} = \frac{\hat{\alpha}_N}{\alpha_N}$ , vil man finne at forholdet mellom målt og faktisk effektivitet er konstant og likt for alle selskapene. Det er neppe oppfylt i praksis.

##### Incentiver til effektivisering

Vi finner at  $\Delta\hat{\theta} = \frac{\hat{\alpha}_E E + \hat{\alpha}_N N}{K + \Delta K} - \frac{\hat{\alpha}_E E + \hat{\alpha}_N N}{K} = -\frac{\hat{\theta}_0}{K} \Delta K$ . Dersom selskapet er målt til å være mer effektivt enn det faktisk er,  $\hat{\theta}_0 > \theta_0$ , finner vi at selskapet får sterkere incentiver til effektivisering enn de ville hatt med en perfekt modell. Dersom  $\hat{\theta}_0 < \theta_0$  finner vi at selskapet får svakere incentiver til effektivisering enn de ville hatt med en



perfekt modell. Alle selskaper vil imidlertid få økt effektivitet av kostnadsreduksjonen. Det innebærer at alle selskaper vil ha incentiver til å effektivisere på tross av at parameterverdiene er gale.

### Incentiver til å investere for å øke energileveranser

Vi får følgende uttrykk for endringen i effektivitetsscore ved en investering for å øke levert energi:

$$\Delta \hat{\theta} = \frac{\hat{\alpha}_E(E + \Delta E) + \hat{\alpha}_N N}{K + \Delta K} - \frac{\hat{\alpha}_E E + \hat{\alpha}_N N}{K} = \frac{\hat{\alpha}_E \Delta E}{K + \Delta K} - \hat{\theta}_0 \frac{\Delta K}{K + \Delta K}.$$

Vi ser først på hva som skal til for å få et fall i målt effektivitet. Det kan skje dersom

$$\frac{1}{K + \Delta K} (\hat{\alpha}_E \Delta E - \hat{\theta}_0 \Delta K) < 0 \Leftrightarrow \hat{\alpha}_E \frac{\Delta E}{\Delta K} < \hat{\theta}_0.$$

Vi innfører begrepet  $\theta_T$  som effektiviteten til tiltaket. I denne situasjonen finner vi at

$\theta_T = \alpha_E \frac{\Delta E}{\Delta K}$ . Ved å sette inn dette uttrykket i ulikheten over finner vi:

$\Delta \hat{\theta} < 0 \Leftrightarrow \frac{\hat{\alpha}_E}{\alpha_E} < \frac{\hat{\theta}_0}{\theta_T}$ . Dersom investeringen er effektiv,  $\theta_T = 1$ , så finner vi at selskapet

likevel kan få redusert effektivitet dersom  $\hat{\alpha}_E$  er tilstrekkelig mye mindre enn  $\alpha_E$ . Det kan altså føre til at effektive investeringer blir ulønnsomme.

Motsatt finner vi at selskapet kan få økt effektivitet selv for en ikke-effektiv investering,  $\theta_T < 1$ , dersom  $\hat{\alpha}_E$  er tilstrekkelig mye større enn  $\alpha_E$  og/eller den målte effektiviteten er tilstrekkelig lav. Det innebærer at selskapet kan få incentiver til å gjennomføre investeringer som ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomme. Det skyldes at belønningen for å gjennomføre investeringene er for høy sammenlignet med de underliggende kostnadene og den samfunnsøkonomiske betalingsviljen.

### Noen praktiske utfordringer ved å fastsette korrekte parameterverdier

Det er opplagt at feil parameterverdier ikke vil gi riktige investeringsincentiver. I praksis vil det være krevende å fastsette de korrekte verdiene:

- Oppgaven med å fastsette riktige parameterverdier som reflekterer forskjeller i geografiske og andre rammevilkår, er meget omfattende og komplisert. Dette er om lag like krevende i en oppgavebasert modell som i en outputbasert.<sup>32</sup>
- Kostnader endres over tid. Det gjelder lønnskostnader, priser på overføringstap, avsavnsverdier, råvarekostnader, byggekostnader og en rekke andre faktorer. Regulator vil derfor måtte oppdatere og justere modellene underveis, med risiko for feil beslutninger.

Dette er primært utfordringer i parametriske oppgavebaserte modeller, men de kan også gjelde i DEA-modeller hvor noen av variablene er basert på størrelser fastsatt av regulator. KILE-satser, referanserenter, priser på overføringstap eller vektrestriksjoner

---

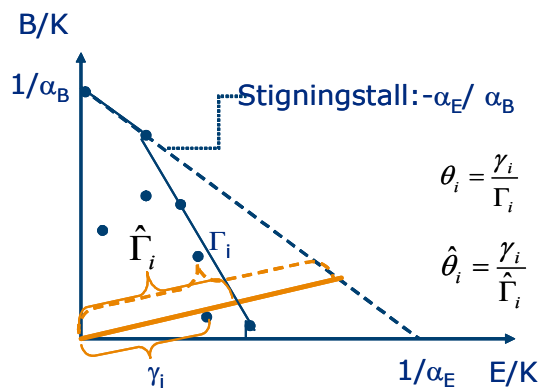
<sup>32</sup> Sand et al. (2006) er for så vidt en god illustrasjon på den mulige detaljgraden i en oppgavebasert modell.

vil være eksempler på dette. En DEA-modell er imidlertid i mindre grad avhengig av de fastsatte parameterverdiene enn det som er tilfelle i en ren parametrisk modell, ettersom dannelsen av den effektive fronten vil også spille en rolle for incentivene.

### 6.3.2 Få observasjoner

Det mest nærliggende feilspesifikasjonen til gale parameterverdier i en DEA-modell er at man mangler observasjoner på fronten. Det er vist på figuren nedenfor der den stiplede linjen viser den sanne fronten (vi bruker modellen med levert energi som output pluss et eksogent rammevilkår):

Figur 6.5 Konsekvensen av for få observasjoner i en DEA-modell – sann front (stiplet linje) vs. observert front (heltrukken linje)



Vi kan se av figuren at man alltid vil ha at  $\hat{\theta} \geq \theta$ . Alle selskapene vil med andre ord bli målt til å være mer effektive enn de egentlig er.

### Rettferdighet

Selv om alle selskapene blir målt til å være minst så effektive som de faktisk er i en DEA-modell, kan det med dagens reguleringsregime bli like urettferdig mellom selskapene som ved bruk av parametermodell. Rettferdigheten avhenger av de relative skjevhetene med hensyn til parameterverdier. I en DEA-modell krever urettferdighet at det er forskjell med hensyn til effektivitet i de to dimensjonene.

Figuren viser en situasjon der resultatet blir svært urettferdig. Det finnes noen selskaper som har relativt høye verdier for B og som også er svært effektive (100 prosent effektive i figuren), mens det ikke finnes noen som er tilsvarende effektive som har relativt høye verdier for E. Dette slår svært gunstig ut for tilfellet nede til venstre. Der er den faktiske effektiviteten omtrent 0,5, mens den blir målt til omtrent 0,8.

### Incentiver - generelt

I en DEA-modell kan incentivene være ulike for selskaper som ligger på fronten og for de som ikke ligger på fronten. Selskaper som ikke ligger på fronten vil alltid ha incentiver til å komme nærmere fronten. Det vil si at de flytter seg utover i aksesystemet. Selskaper som derimot ligger på fronten (er med og danner fronten) trenger ikke nødvendigvis å ha incentiver til å bli mer effektive. Når de flytter seg utover i aksesystemet, så flytter jo fronten etter. Det er imidlertid to muligheter for at selskaper på fronten likevel vil ha incentiver til å flytte seg utover i diagrammet:

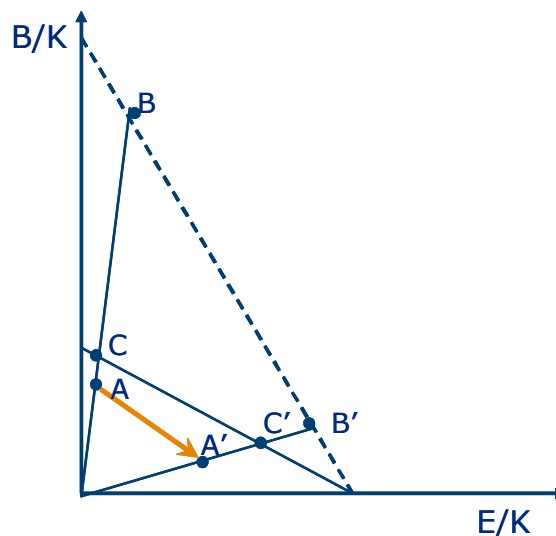
- Selskapene kan måles til å bli supereffektive. Det vil si at de kan få en effektivitetsscore høyere enn 1.
- Med dagens inntektsregulering er det ikke absolutt effektivitet som er avgjørende. Det er relativ effektivitet i forhold til de andre selskapene. Hvis et selskap flytter fronten utover, kan andre selskaper bli målt til å være mindre effektive. Jo flere selskaper som bli berørt av at man flytter fronten utover og jo nærmere de andre selskapene ligger fronten, jo mer er det å hente på at de andre blir målt til å være relativt mindre effektive.

En gunstig effekt av at også selskapene som ligger på fronten har incentiver til å bli mer effektive, er at fronten over tid vil bli riktigere. Når fronten blir riktigere, blir også incentivene riktigere.

### Incentiver til å investere for å øke energileveranser

Det er mulig å få situasjonen der effektive investeringer for økt energileveranse gir et fall i målt effektivitet. Det er vist på figuren nedenfor. I utgangspunktet ligger selskapet i punktet merket A og blir målt mot C. Egentlig skulle selskapet vært målt mot B.

Figur 6.6      *Konsekvenser av å foreta en investering som øker energileveransene i en DEA-modell*



Figuren viser et veldig stort sprang fra utgangsposisjonen A og over til situasjonen A'. At spranget er så stort, er valgt utelukkende for å synliggjøre de prinsipielle virkningene. I utgangspunktet er effektiviteten omtrent 0,3, forholdet mellom lengde av

vektorene OA og OB skrevet  $\frac{|\vec{A}|}{|\vec{B}|}$ , mens den er målt til vel 0,8,  $\frac{|\vec{A}|}{|\vec{C}|}$ . Etter investeringen

som er lønnsom er faktisk effektivitet 0,5,  $\frac{|\vec{A}'|}{|\vec{B}'|}$  mens den måles til snaut 0,7,  $\frac{|\vec{A}'|}{|\vec{C}'|}$ . Det er

altså en stor effektivitetsøkning i virkeligheten, mens de målte verdiene gir et effektivitetstap. Det betyr at selskaper kan få incentiver til ikke å gjennomføre samfunnsøkonomisk lønnsomme investeringer.

Det er også mulig å få det motsatte tilfellet. Det kan enkelt gjøres ved å se på muligheten for å gå den motsatte veien. Da faller den faktiske effektiviteten, mens den målte effektiviteten øker. Selskapene kan få incentiver til å gjøre samfunnsøkonomiske ulønnsomme investeringer.

Dersom selskapene på fronten har incentiver til å flytte fronten (se over), vil slike ulønnsomme investeringer bidra til å flytte fronten til et riktigere nivå. Det betyr med andre ord at det er grenser for hvor mange slike suboptimale investeringer som kan gjøres før fronten blir riktig.

### 6.3.3 Feil i datagrunnlaget

Endelig kan resultatene i så vel parametriske oppgavebaserte modeller som DEA-modeller påvirkes av feil i datagrunnlaget, for eksempel som følge av galt rapporterte data fra nettselskapene.<sup>33</sup> Det vil ha følgende konsekvenser:

- Feil i datagrunnlaget vil påvirke fronten i DEA-modellen. Anta at to selskaper i virkeligheten er identiske og ville ha ligget på fronten gitt perfekte data, men at selskap A rapporterer et høyere nivå på levert energi enn selskap B. Da vil selskap A ligge på fronten, mens B vil bli målt til å være ineffektiv. Resonnementet blir tilsvarende innenfor en oppgavebasert DEA-modell. Dette vil åpenbart kunne gi resultater som oppfattes som urettferdige. For incentivvirkningene i modellen er det derimot *endringene* i målt effektivitet som er viktige. Hvis endringer i kostnader eller output måles riktig, skal investeringsincentivene i prinsippet ikke påvirkes. Dersom en investering gir økt levert energi, men endringer i levert energi måles feil, vil incentivene bli gale – i den ene eller den andre retningen.
- I en parametrisk oppgavebasert modell som tar utgangspunkt i enhetskostnader, vil feil rapportering fra selskapene påvirke målt effektivitet. Underrapportering av en oppgave, for eksempel størrelsen på nettet, vil føre til at et selskap får en for lav kostnadsnorm. Det er også en risiko for overrapportering, enten det skyldes rene feil eller strategisk rapportering for å maksimere inntektene. Selve fronten ligger imidlertid fast – den bestemmes bare av regulators beslutninger. Igjen blir resultatene urettferdige, men incentivene påvirkes ikke med mindre feilene i dataene er knyttet til endringer i oppgavene som følge av investeringer.

### 6.3.4 Konklusjon

Både parametriske modeller og DEA-modeller vil gi urettferdige resultater dersom parameterverdiene er gale eller det er for få observasjoner. Videre kan begge modellene gi gale incentiver til investeringer. Incentivene til effektivisering påvirkes derimot ikke.

Dersom man har gale parameterverdier eller få observasjoner i en modell med oppgavevariabler, vil incentivproblemene være mer alvorlige siden et selskap kan få "ubegrensede" muligheter til å øke sitt overskudd ved å investere i noen oppgaver som blir for godt betalt. Det gjelder særlig i en oppgavebasert modell hvor den effektive fronten ikke justeres automatisk. I en DEA-modell kan høye investeringer over tid føre til at et nettselskap fjerner seg fra den effektive fronten (gitt at ikke alle selskaper tilpasser seg med overinvesteringer).

---

<sup>33</sup> Feil i datagrunnlaget for selve fastsettelsen av parameterverdier (for eksempel feil i data fra kostnads kataloger) er dekket av analysen i avsnitt 6.3.1.

## 7 Oppsummering - regulatoriske veivalg

### 7.1 Incentivvirkningene i benchmarkingmodeller

Benchmarkingmodeller kan karakteriseres langs to interessante dimensjoner med hensyn til incentivvirkninger: bruk av parametriske versus ikke-parametriske modeller og bruke av outputvariabler versus oppgavevariabler.

Parametriske og ikke-parametriske modeller gir identisk svar når modellene er korrekt spesifisert i forhold til den underliggende virkeligheten. Vanligere er det at benchmarkingmodellen ikke er korrekt. Med hensyn til effektivisering (kostnadsreduksjoner som ikke påvirker leveransene) er feilspesifikasjon mindre viktig for incentivene. Det viktigste er at kostnadsreduksjoner ikke påvirker annet enn input i modellen for effektivitetsmåling, og det vil være tilfelle i en lang rekke modeller som i større eller mindre grad er feilspesifisert. Derimot får man ofte gale investeringsincentiver som følge av modellfeil, uansett om modellen er parametrisk eller ikke-parametrisk. Oppgavebaserte modeller reiser særlige utfordringer.

Vi har sett følgende med hensyn til investeringer:

- Dersom man blander sammen oppgavevariabler og outputvariabler (eller input som KILE og nettap), kan man få gale investeringsincentiver. Det kan lett gi for sterke incentiver gjennom dobbeltkompensasjon. Dette gjelder både parametriske og ikke-parametriske modeller, men muligheten for endringer i den effektive fronten begrenser risikoen i DEA-modeller.
- Dersom man utelater rammebetingelser, vil man få gale incentiver dersom rammebetingelsen påvirker kostnaden ved investeringer. Igjen er det mulig å få både for sterke og for svake incentiver. Også dette gjelder både parametriske og ikke-parametriske modeller.
- Dersom man antar en gal funksjonsform i en parametrisk modell, kan det gi gale investeringsincentiver. Situasjonen er ikke helt parallell i en ikke-parametrisk modell. Man kan få gale incentiver dersom man velger dimensjoner på en gal måte. Men i og med at man gjør færre eksplisitte antakelser, vil en ikke-parametrisk modell være mer robust.
- Dersom parameterverdiene i en parametrisk oppgavebasert modell er gale, kan det også gi gale investeringsincentiver. Dette kan være særlig ugunstig dersom man i tillegg bruker oppgavevariabler siden selskapene kan få incentiver til å bygge "ubegrenset" mengde av noen typer oppgaver. En tilsvarende utfordring i en ikke-parametrisk modell er at en har for få observasjoner med feil estimering av fronten som resultat. Det vil i utgangspunktet gi tilsvarende incentivproblemer. En essensiell fordel med en ikke-parametrisk modell er imidlertid at incentivene kan begrenses over tid etter hvert som fronten flytter seg. DEA-modeller har på den måten innebygde selvkorrigerende mekanismer.

## 7.2 Incentivvirkningene i en større sammenheng

### **Oppgavebaserte modeller gir ikke nødvendigvis større sikkerhet for investor eller økt transparens på lang sikt**

Både oppgavebaserte modeller og DEA-modeller vil måtte endres betydelig over tid, både som følge av svakheter i modellene som må forbedres og ny informasjon. Endringer i framtidige KILE-satser, katalogpriser som ligger til grunn for nyverdideregninger og selve definisjonen av nettoppgavene skaper usikkerhet som nettselskapene må forholde seg til. Heller ikke med en oppgavebasert modell vil derfor nettselskapene kunne fastslå verdien av en investering med lang levetid med en høy grad av sikkerhet. Sannsynligheten for endringer medfører dessuten at en oppgavebasert modell ikke kan karakteriseres som verken stabil eller transparent på lang sikt. Det gjelder ikke minst ettersom en oppgavebasert modell vil være mer sårbar enn en DEA-modell for visse typer feil (dobbelkompensasjon for investeringer, regulators informasjonsgrunnlag). Jo større risiko for at modellen gir gale incentiver, desto større blir behovet for omfattende endringer.

Vi kan derfor ikke fastslå a priori at en oppgavebasert modell vil eksponere nettselskapene for mindre risiko eller være mer transparent enn en DEA-modell, selv om en oppgavebasert modell kan være enklere å forstå i prinsippet.

### **Andre regulatoriske virkemidler har betydning for investeringene**

Incentivvirkningene av modellen for fastsettelse av kostnadsnormen ikke kan ses isolert fra andre elementer i reguleringen. I regional- og sentralnettet vil for eksempel NVEs konsesjonsbehandling kunne stanse åpenbare overinvesteringer. Kommunale reguleringsplaner er et annet beslektet virkemiddel. Selv om en oppgavebasert modell med for høye enhetskostnader og overvekt av endogene oppgavevariabler skulle gi svært sterke incentiver til å investere, vil både NVE og kommuner kunne si nei til investeringer, NVE ut fra en helhetlig samfunnsøkonomisk vurdering (avhengig av innretningen av konsesjonsbehandlingen og kriteriene for at konsesjon skal gis), kommuner ut fra en vurdering av lokal arealbruk. Dette begrenser skadevirkningene av modeller med for sterke investeringsincentiver.

Tilsvarende vil krav til leveringskvalitet og HMS-regelverk bidra til gjennomføring av investeringer som isolert sett ikke er bedriftsøkonomisk lønnsomme.

### **På lang sikt vil reguleringen endre seg – investeringsincentiver handler mer om dynamiske incentivvirkninger og ikke millimeternøyaktigheten i dagens modell**

Vi har argumentert prinsipielt og praktisk for at modellen for effektivitetsmåling må ventes å være gjenstand for omfattende endringer over tid, både med hensyn til grunnleggende modellstruktur og parameterverdier. All erfaring med nettregulering fra Norge og andre land underbygger dette. Både regulator, nettselskaper og kunder kan være pådrivere for endringer.

I det perspektivet er det mer interessant hvordan nettselskapenes forventninger til den framtidige reguleringen ser ut. Det er ikke opplagt at det vil være forskjeller mellom DEA-modeller og andre typer modeller i det henseende. Ut fra hva vi har sagt om behovet for endringer også i oppgavebaserte modeller, kan det ikke slås entydig fast at en parametrisert oppgavebasert modell vil være mer stabil, forutsigbar eller transparent enn en DEA-modell. Snarere kan tendensen i parametriserte oppgavebaserte modeller til å gi enten for høye eller for lave investeringer generelt (ved at investeringsincentivene i

stor grad bestemmes av forholdet mellom regulatorbestemt belønning og enhetskostnad pr. oppgave) føre til at slike modeller blir ustabile og gjenstand for relativt hyppige endringer. Det kan fort oppveie eventuelle gevinster av å velge oppgavebaserte modeller dersom DEA-modeller i utgangspunktet oppfattes som mer komplisert eller mindre treffsikre i forhold til nettselskapenes virkelighet.

Det vil føre for langt å analysere de dynamiske incentivvirkningene i denne rapporten, hvor vi har vært mest opptatt av å studere ulike modelltyper isolert sett. Viktige faktorer i en analyse av de dynamiske incentivvirkningene er imidlertid blant annet følgende:

- De innebygde incentivvirkningene i den gjeldende modellen – er det grunn til å tro at det er skjevheter som må rettes på?
- Regulators signaler om den langsiktige utviklingen av reguleringen – hva slags ambisjoner har en for den økonomiske reguleringen, hvilke faktorer skal vektlegges, hvor hyppig skal endringer skje, hva er kriteriene for endringer?
- Nettselskapenes forventninger til den framtidige reguleringen, herunder hvordan forventningsdannelsen avhenger av regulators signaler og andre faktorer.
- Regulators og nettselskapers forventninger til den langsiktige utviklingen av energisystemet generelt og kraftsystemet spesielt og mulige utfordringer for nettreguleringen i framtiden (for eksempel mer distribuert kraftproduksjon, økt bruk av fjernvarme).
- Andre virkemidler utenom den økonomiske reguleringen, som konsesjonsbehandling og krav til leveringskvalitet.

Valg av modell for effektivitetsmåling må vurderes i lys av helheten, både andre regulatoriske virkemidler og de langsiktige dynamiske incentivvirkningene, samt målene med nettreguleringen.

## Referanser

- Agrell, P. og P. Bogetoft (2003): *Norm Models*. AG2:V2 – Final report. 2003-09-01, SUMICSID.
- Agrell, P. og P. Bogetoft (2004): *Note on Methodology*. ECOM+ Project. 2004-10-01, SUMICSID.
- Agrell, P. og P. Bogetoft (2005): *NVE Network Cost Efficiency Model*. Final report. 2005-01-13, SUMICSID.
- Bjørndal, E., M. Bjørndal og T. Bjørnenak (2006): *Effektivitetskrav og kostnadsgruppering*. SNF-rapport nr. 23/04, Samfunns- og næringslivsforskning.
- Bjørndal, E. og M. Bjørndal (2006a): *Nettregulering 2007 – Effektivitetsmåling, gjennomsnittlig effektivitet og aldersparameter*. SNF-rapport nr. 38/06, Samfunns- og næringslivsforskning.
- Bjørndal, E. og M. Bjørndal (2006b): *Effektivitetsmåling av regional- og distribusjonsnett – fellesmåling, kostnadsvariasjon og kalibrering*. SNF-rapport nr. 38/06, Samfunns- og næringslivsforskning.
- ECON (1996): *To metoder for effektivitetsmåling i eldistribusjon*. Rapport 48/96, ECON Senter for økonomisk analyse.
- ECON (2003a): *KILE-satser og inntektsrammer*. Notat nr. 2003-051, ECON Analyse.
- ECON (2003b): *Nettregulering og investeringer*. Rapport nr. 2003-072, ECON Analyse.
- ECON og Oeconomica (2006): *Integrering av KILE i inntektsreguleringen*. Rapport 2006-028, ECON Analyse og Oeconomica DA.
- NVE (2006a): *Modell for fastsettelse av kostnadsnorm. Økonomisk regulering av nettselskapene fra 2007*. Utkast per 6.6.2006. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- NVE (2006b): *Om fastsettelse av kostnadsnorm for 2007*. Notat 4.12.2006, Norges vassdrags- og energidirektorat.
- NVE (2007): *Om beregning av inntektsrammer og kostnadsnorm for 2008*. EMØ Rundskriv 5/2007. 5.12.2007, Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Sand, K., D.E. Nordgård og K. Samdal (2006): *Oppgavebasert normmodell for nettregulering*. TR A6384, SINTEF Energiforskning.