



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp
Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Handelshøyskolen

Effektivitets- og produktivitetsanalyse av NorEngros-kjeden

Efficiency and productivity analysis of
the NorEngros-wholesale chain

Birte Mari Steen

Masteroppgave i økonomi og administrasjon

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en del av masterstudiet i økonomi og administrasjon på Handelshøyskolen ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet med hovedprofil Økonomistyring. Mitt engasjement til å skrive denne oppgaven har kommet gjennom inspirerende samtaler med min arbeidsgiver og mine kollegaer i NorEngros AS, som har vist at hardt arbeid og entusiasme har vært oppskriften til kjedens fremgang og vekst.

Arbeidet med oppgaven har bydd på mange spennende utfordringer. Jeg har vært nødt til å sette meg inn i en metode der egen kunnskap om analysen har vært begrenset. Jeg har lært at god planlegging og struktur er viktig for å overholde gitte tidsfrister. I tillegg har det vært gøy å bruke evner og kunnskap tilegnet fra studiet til videre fordypning av oppgaven.

Først og fremst vil jeg takke min veileder, førsteamanuensis og seniorrådgiver Ivar Pettersen ved Norsk Institutt for Bioøkonomi (NIBIO), for gode innspill og konstruktive tilbakemeldinger. Hans faglige innsikt i statistikk og metode har gitt meg et kritisk blikk ved gjennomføring av metoden. En spesiell takk rettes til junior forsker ved NIBIO, Tibor Marton, for bistand til programmering i R. Hans engasjement og tilgjengelighet gjennom hele semesteret har vært til stor hjelp for gjennomføring av analysen. Jeg vil også sende en stor takk til kjededirektør i NorEngros, Hanne Vedeler, som har hjulpet med informasjon til min oppgave.

Til slutt vil jeg takke familie, venner og samboer for deres støtte og oppmuntring underveis, og for innspill og korrekturlesing av oppgaven.

Oslo, 15.05.2017

Birte Mari Steen

Abstrakt

Denne masteroppgaven har til hensikt å analysere effektiviteten og produktivitetsutviklingen til medlemmene NorEngros-kjeden for perioden 2005-2015. Resultatene som blir presentert i denne studien kan bidra til å gi medlemmene innsikt i hvor stort forbedringspotensialet er for hvert enkelt medlem. Datagrunnlaget er innhentet fra kjedekontoret NorEngros AS, og baserer seg på offentlige regnskapstall.

Effektivitetsanalysen er gjennomført ved bruk av *Data Envelopment Analysis* (DEA). DEA-metoden er en ikke-parametrisk metode som måler medlemmenes effektivitet relativt til referansesettets beste praksis. Referansesettet vil her representere organisasjonens tretten medlemmer. I metoden kan man inkludere flere inputs og outputs, men dette begrenser seg til hvor mange DMUer man benytter til analysen. Jo færre DMUer man benytter, jo færre variabler bør man bruke (se kapittel 3.3). Av inputs har man inkludert materielle kostnader, lønnskostnader, avskrivninger og operasjonelle kostnader. Av outputs har man inkludert salgsinntekter og andre inntekter.

Produktivitetsanalysen er gjennomført ved bruk av *Malmquist Produktivitetssindeks* (MPI). Denne metoden bygger på DEA, og måler hvordan de ulike medlemmenes produktivitetsendring har vært i perioden 2005-2015. Dersom man antar at effektiviteten kan påvirkes av skala, kan metoden dekomponeres til *effektivitetsendringer*, *teknologiske endringer* og *endringer i skala*. For å utføre disse beregningene har det blitt tatt i bruk programmeringsspråket R (versjon 3.3.2) med tilleggspakkene *Benchmarking* og *FEAR*. Disse tilleggspakkene er ferdige oppskrifter som forenkler brukerens gjennomføring av metoden.

Resultatet fra effektivitetsanalysen viser at gjennomsnittlig effektivitet har hatt variasjon. I snitt har effektiviteten ved variabelt skalautbytte ligget på 99,55 %, hvorav 3 av 13 medlemmer har vært effektive. Laveste effektivitet ble målt i 2007. I tillegg hadde utvalget et mindre tilbakefall i 2010. Dersom man ser på resultatene fra produktivitetsanalysen finner man at utvalget hadde forverret produktivitetsendring i 2005-2006 og 2014-2015. I resten av perioden har man opplevd fremgang i produktiviteten. Dette viser at NorEngros er en solid kjede, med god homogenitet i utvalget.

Abstract

This master thesis intends to analyze the efficiency and productivity of members of the NorEngros wholesale chain during the period 2005-2015. The results presented in this study can provide members with insights of how much potential each member has for improvement. The data is obtained from the organization headquarter, NorEngros AS, but are based on public accounting records.

The efficiency analysis was conducted using the *Data Envelopment Analysis* (DEA) method. This is a non-parametric method that measures the effectiveness of the members relative to their best practice obtained from the reference set. The reference set is consisting of observations from the thirteen members of the organization. The method includes multiple inputs and outputs, but is limited by the number of DMUs that is used for the research. In this research, four input variables have been used: material costs, operational costs, wage costs, and depreciation costs. Also, there have been used two output variables: sales income and other income.

The productivity analysis has been carried out using *Malmquist Productivity Index* (MPI). This method is based on the DEA method, and measures how each members' productivity has changed in the period 2005-2015. Assuming the efficiency can be affected by scale, the method can be decomposed into *efficiency change*, *technical change* and *scale change*. To perform these decompositions, the analysis has used the programming language R (version 3.3.2) with packages "Benchmarking" and "FEAR". These packages contain recipes of programming, that simplify the user's implementation of the method.

The results of the efficiency analysis show that average efficiency varied during the period. On average, the efficiency with assumption of variable scale has been 99.55 %, of which 3 out of 13 members have been effective. The lowest efficiency rate was measured in 2007. In addition, the sample had a minor decline in 2010. The results of the productivity analysis show that the productivity change had worsened in 2005-2006 and 2014-2015, while it had improved the other years during the period. This demonstrate that NorEngros is a solid wholesale chain, with good homogeneity throughout the selection of members.

Innholdsfortegnelse

1. Introduksjon.....	8
1.1 Kort om NorEngros og bakgrunn for oppgaven	8
1.2 Problemstilling	10
1.3 Avgrensning	11
1.4 Struktur.....	11
2. Teori og metode.....	12
2.1 Benchmarkingskonseptet	12
2.2 Produktivitet og effektivitet.....	14
2.2.1 Produktivitet	14
2.2.2 Effektivitet.....	15
2.3 Data Envelopment Analysis	20
2.3.1 Kort om DEA	20
2.3.2 Forutsetninger.....	21
2.3.3 Skalautbytte	22
2.3.4 Inputorientering eller outputorientering.....	22
2.3.5 Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) modellen	23
2.3.6 Banker-Charnes-Cooper (BCC) modellen.....	26
2.3.7 Skalaeffektivitet	27
2.3.8 Slakk	29
2.3.9 Supereffektivitet.....	29
2.4 Malmquist produktivitetsindeks	31
2.4.1 Malmquist produktivitetsindeks med antakelse om CRS	31
2.4.2 Malmquist produktivitetsindeks med antakelse om VRS	33
2.5 Bankertest og bootstrap metoden.....	34
2.5.1 Bootstrapmetoden.....	34
2.5.2 Bankertest	35
3. Datagrunnlaget.....	36
3.1 Validitet og reliabilitet.....	37
3.2 Valg av variabler	38
3.2.1 Input	38
3.2.2 Output.....	39
3.3 Datautvalg	39
3.4 Test for outliers	40
3.5 Test av variabler.....	41
3.5.1 Korrelasjonsanalyse	41
3.5.2 Bankertest	42
3.6 Valg av skalautbytte.....	47
3.7 Orientering	48
3.8 Prisjustering.....	48
4. Vurdering av datagrunnlaget.....	49
5. Resultater og diskusjon	51
5.1 Data Envelopment Analysis	51
5.1.1 Effektivitet med antakelse om konstant skalautbytte.....	52
5.1.2 Effektivitet med antakelse om variabelt skalautbytte	60
5.1.3 Skalaeffektivitet	65
5.1.4 Diskusjon	67
5.2 Resultater fra Malmquist produktivitetsindeks (MPI)	70

5.2.1 MPI med antakelse om konstant skalautbytte	71
5.2.2 MPI med antakelse om variabelt skalautbytte	76
5.2.3 Diskusjon	81
5.3 Videre diskusjon: svakheter med analysen	83
6. Konklusjon	85
7. Referanser	88
7.1 Bok	88
7.2 Tidsskrift	88
7.3 Nettside	89
8. Appendix	90
8.1 Beregning av supereffektivitet og effektivitet (For eksempel år 2005)	90
8.2 Bankertest (For eksempel år 2005)	91
8.3 Gjennomsnittlig aritmetisk vekst i perioden 2005-2015 (i %)	93
8.4 Resultater for DEA-analyse med antakelse om CRS i perioden 2005-2015 (i %)	93
8.5 Resultater for DEA-analyse med antakelse om VRS i perioden 2005-2015 (i %)	93
8.6 Resultater skalaeffektivitet i perioden 2005-2015 (i %)	94
8.7 Beregning av Malmquist Produktivitetsindeks for CRS, VRS (Eksempel 2005-2006)	95
.....	96
8.8 Resultater ved beregning av MPI CRS og MPI VRS (Eksempel periode 2005-2006)	97

Figurliste

Figur 1: Kart over NorEngros-medlemmenes virksomhet i Norge	9
Figur 2: Teknisk effektivitet	16
Figur 3: CRS- og VRS-front	27
Figur 4: DEA-analyse ved supereffektivitet	30
Figur 5: Gjennomsnittlig aritmetisk vekst i input og output (i %).....	49
Figur 6: Utvikling i effektivitet blant de DMUene som har gjennomsnittlig effektivitetsscore høyere enn 99,5 %.....	54
Figur 7: Utvikling i effektivitet blant DMUene med gjennomsnittlig effektivitetsscore mellom 98,5 % og 99,5 %.....	56
Figur 8: Utvikling i effektivitet blant DMUene med gjennomsnittlig effektivitetsscore lavere enn 98,5 %	58
Figur 9: Effektivitet blant DMUene med gjennomsnittlig effektivitetsscore fra 100 % til og med 99,5 %	62
Figur 10: Utvikling i effektivitet blant DMUene med gjennomsnittlig effektivitetsscore lavere enn 99,5 %	64
Figur 11: Sammenligning mellom CRS og VRS – gjennomsnittlig effektivitet for 2005-2015 (i %)	68

Tabelliste

Tabell 1: En oversikt over medlemmenes produktområder og lokasjon	10
Tabell 2: Gjennomsnittlig supereffektivitet med antakelse om konstant skalautbytte	40
Tabell 3: Korrelasjonsmatrise av inputs og outputs i 2015.....	41
Tabell 4: Bankertest av variabler med antakelse om eksponentiell fordeling	44
Tabell 5: Bankertest av variabler med antakelse om halv normalfordeling	46
Tabell 6: Gjennomsnittlig teknisk effektivitet per år ved CRS (i perioden 2005-2015)	52
Tabell 7: Gjennomsnittlig teknisk effektivitet per DMU ved CRS (i perioden 2005-2015) ...	54
Tabell 8: Gjennomsnittlig teknisk effektivitet per år ved VRS (i perioden 2005-2015)	60
Tabell 9: Gjennomsnittlig teknisk effektivitet per DMU ved VRS (i perioden 2005-2015) ...	61
Tabell 10: Gjennomsnittlig skalaeffektivitet i perioden 2005-2015 (i %).....	66
Tabell 12: Gjennomsnittlig EFF, TECH og MPI for perioden 2005-2015.....	72
Tabell 14: Gjennomsnittlig EFF, TECH og MPI per DMU for perioden 2005-2015	75
Tabell 15: Gjennomsnittlig PEFF, PTECH, SCH og MPI i perioden 2005-2015	76
Tabell 16: Gjennomsnittlig SCH VRS i perioden 2005-2015	77
Tabell 17: Gjennomsnittlig PEFF, PTECH, SCH og MPI per DMU for perioden 2005-2015	80
Tabell 18: Gjennomsnittlig SCH VRS per DMU i perioden 2005-2015	81
Tabell 19: Sammenlikning av MPICRS og MPIVRS (i perioden 2005-2015)	81

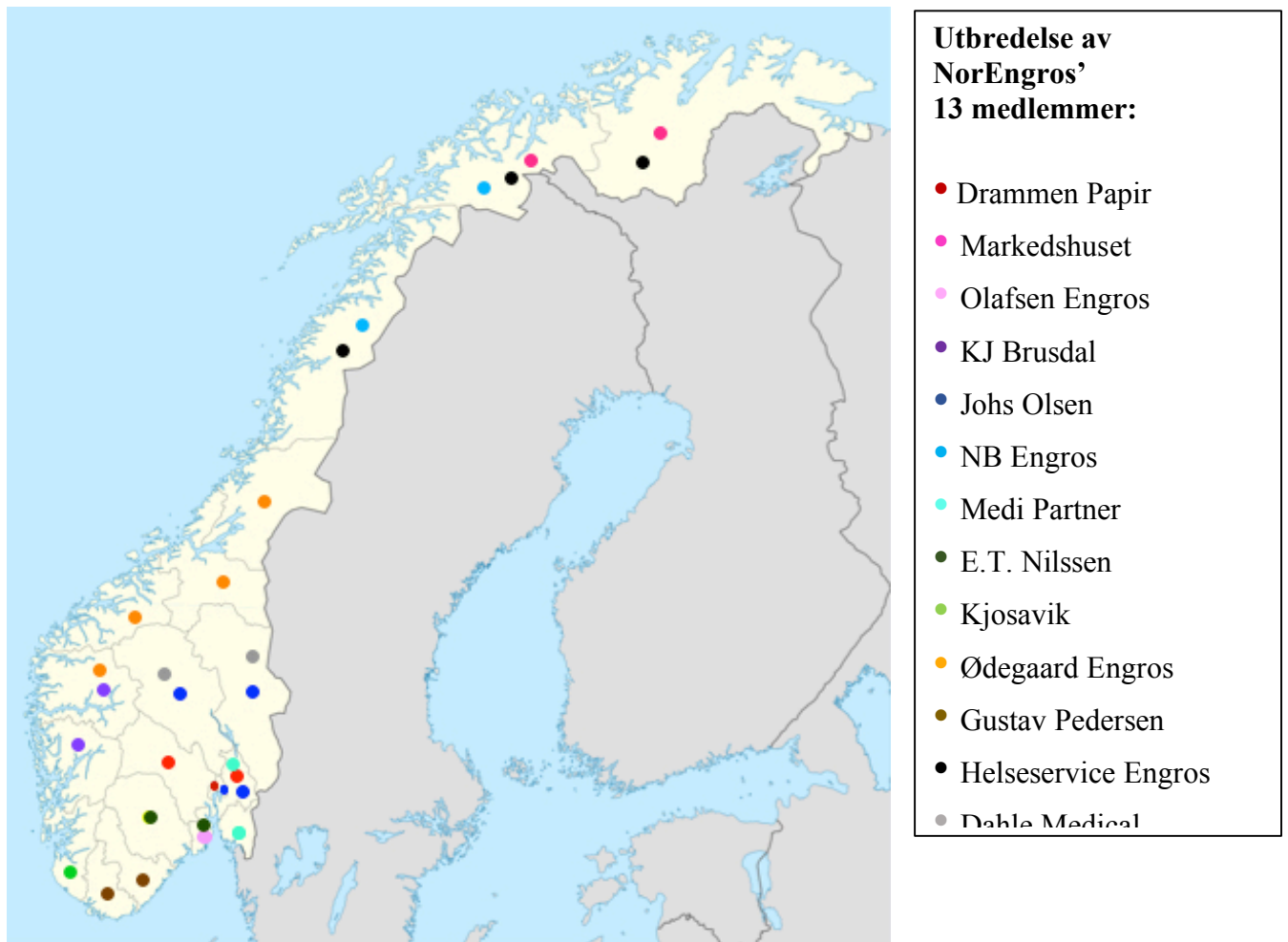
1. Introduksjon

1.1 Kort om NorEngros og bakgrunn for oppgaven

Norge er i dag et av verdens rikeste land, der det norske samfunnet er godt utviklet. I europeisk sammenheng hadde Norge et BNP per innbygger som lå 78 % over gjennomsnittet i EU i 2014. Næringsstrukturen har også endret seg. I løpet av de siste årene har andelen tjenesteytende næringer økt, og står i dag for 78 % av sysselsettingen. Dette utgjør blant annet varehandel, hotell og restaurant, transport, finansielle tjenester og turisme. I tillegg utgjør offentlig sektor som velferdsordninger og sosialtjenester en del av tjenesteproduksjonen. Offentlige tjenester finansieres indirekte gjennom skatter og avgifter både fra bedrifter og privatpersoner. Dette betyr at samfunnets utvikling også er avhengig av et spirende næringsliv for å lykkes. I dag outsourcer mange bedrifter deler av produksjonen sin til utlandet, eller importerer billig fra utlandet. Dette har ført til at av industrien i Norge har blitt nedlagt, og tjenesteytende næringer har økt (Meyer 2017).

NorEngros er en landsdekkende grossist-kjede med varelagre fordelt utover Norge. De ble stiftet i 1989, og har siden da hatt jevn økning i omsetning. De har et stort sortiment fra forskjellige produsenter, som de tilbyr sine kunder. Deres forretningsområde er detalj- og engroshandel med sortiment innen emballasje, møbler, kontor, storhusholdning, samt medisinske forbruksvarer og blå resept. Dette er produkter som mange bedrifter er helt avhengige av for å få arbeidsdagen til å gå rundt. Dette kan for eksempel gjelde emballasje som pizzaesker, brusopper, kaffepappkrus, papirposer eller rengjøringsutstyr som såpedispensere, mopper og vaskemidler, eller medisinsk utstyr til helsesektoren.

Økende tjenestevirksomhet i Norge har gitt NorEngros gode vilkår for vekst. I 2016 hadde kjeden en omsetning på over 3 milliarder kroner. Kjeden har klart å bygge seg til å bli en solid merkevare, og flere lokal eide selskap har i løpet av årene fusjonert med kjeden. I dag består NorEngros av 13 medlemmer, med nær 900 ansatte. Hvert medlem har ett eller flere fylker hvor de driver sin virksomhet i. Dette er illustrert i Figur 1:



Figur 1: Kart over NorEngros-medlemmenes virksomhet i Norge

Figuren over viser hvordan de ulike medlemmene dekker sine tjenester over hele det langstrakte landet. Dette viser at NorEngros har et stort marked å boltre seg på, men det er også et krevende marked. Siden de tilbyr et bredt spekter av ulike produkter, kreves det at de har god kunnskap om sine produktområder og at man yter god service til sine ulike kunder. Det er viktig at kjeden hele tiden jobber med å minimere bruken av ressursinnsatser for å være best i sin bransje, spesielt i en tid der kundene har blitt mer pris- og kvalitetsbevisste. Dette er en utfordring for kjeden, den pådriver er derfor å drive effektiv og lønnsom virksomhet.

Konkurrentene til NorEngros-kjeden er tilbydere som selger varer lik produktene i grossistens sortiment. Dette gjør at det er vanskelig å definere hvilke bedrifter som er medlemmenes eksterne konkurrenter. Dermed bør en effektivitetsanalyse av NorEngros i eksternt sammenheng baseres på flere markeder, som kan medføre en langt større analyse enn det som er mulig innenfor oppgavens gitte tidsrammer. Ved å gjennomføre en intern

effektivitetsanalyse, kan man identifisere hvilke medlemmer som er mest effektive innenfor organisasjonen og hvilke som er mindre effektive.

I NorEngros-kjeden har flere medlemmer spesialisert seg enten på forbruksvarer eller helsevarer, mens noen har spesialisert seg på begge kategorier. For eksempel i Nord-Norge har Helseservice Engros spesialisert seg på medisinske varer og utstyr, mens NB Engros og Markedshuset har spesialisert seg på andre forbruksvarer. I Rogaland, derimot, har Kjosavik spesialisert seg på begge produktkategorier. Oversikten over medlemmenes lokasjon og spesialiseringer vises i Tabell 1:

Medlem:	Produktkategori	Lokasjon forbruksvarer	Lokasjon helse
Dahle Medical	Helse	-	Hedmark, Oppland
Drammen Papir	Helse og andre forbruksvarer	Akershus, Buskerund, Oslo	Akershus, Buskerund
Gustav Pedersen	Helse og andre forbruksvarer	Agder, Vest og Aust	Agder, Vest og Aust
Helseservice Engros	Helse	-	Finnmark, Nordland, Troms
Johs Olsen	Helse og andre forbruksvarer	Akershus, Hedmark, Oppland, Oslo	Oslo
KJ Brusdal	Helse og andre forbruksvarer	Hordaland, Sogn og Fjordane	Hordaland, Sogn og Fjordane
Kjosavik	Helse og andre forbruksvarer	Rogaland	Rogaland
Markedshuset	Andre forbruksvarer	Finnmark, Troms	-
Medi Partner	Helse og andre forbruksvarer	Østfold	Akershus, Østfold
NB Engros	Andre forbruksvarer	Nordland, Troms	-
Olafsen Engros	Andre forbruksvarer	Vestfold	-
Erik Tanche Nilssen	Helse og andre forbruksvarer	Telemark	Telemark, Vestfold
Ødegaard Engros	Helse og andre forbruksvarer	Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane, Sør- og Nord Trøndelag	Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane, Sør- og Nord Trøndelag

Tabell 1: En oversikt over medlemmenes produktområder og lokasjon

Det har ikke blitt gjennomført en gjennomgående effektivitetsanalyse av kjeden tidligere. I tillegg har ikke medlemmene tilgang til hverandres regnskapsføring, og må søke opp offentlig regnskapstall for å få informasjon om hverandres virksomhet. Resultatene som blir presentert i denne studien kan derfor bidra til å gi medlemmene innsikt i hvor stort forbedringspotensialet er hvert medlem, men også hvordan hvert medlem ligger an sammenliknet med hverandre.

1.2 Problemstilling

Målet med denne oppgaven er å studere effektiviteten og produktivitetsutviklingen til medlemmene i NorEngros-kjeden for perioden 2005-2015. Analysen vil gjennomføres av Data Envelopment Analysis som er en ikke-parametrisk og deterministisk metode, og av

Malmquist produktivitetsindeks som er en videreutvikling av DEA-metoden. Det betyr at effektiviteten man måler alltid vil ses i relativ sammenheng, med et referansesett basert kjedens 13 medlemmer. For å gjennomføre denne studien ønsker oppgaven å svare følgende problemstilling:

- *Hvordan har medlemmenes relative effektivitets- og produktivitetsutvikling vært i perioden 2005-2015?*
- *Hvilken betydning har valg av variabler hatt for måling av effektivitets- og produktivitetsutvikling?*

1.3 Avgrensning

Oppgaven er avgrenset til å utelukkende se på hvorvidt medlemmene er effektive relativt til hverandre. Deres effektivitet vil ikke ses i sammenheng med eksterne konkurrenter, men sammenliknes internt med hverandre. Videre er oppgaven avgrenset til gitte data, som består av informasjon som har blitt hentet fra offentlig regnskap. Det vil ikke tas høyde for betydningen av lokasjon eller produktspesialisering for effektiviteten. Det eksisterer ikke fullkommen informasjon om kundestatistikk på produktkategorier og lokasjon fra før 2011, fordi organisasjonen hadde et skifte i felles IT-system. Dersom et medlem ikke måles effektiv ut fra referansesettet er ikke dette ensbetydende med at den er ulønnsom å drive, men at medlemmet har muligheter for forbedring.

1.4 Struktur

I dette kapitlet har man presentert formålet med oppgaven, kort om NorEngros og hvilken utfordring kjeden står ovenfor. Videre inneholder kapittel 2 en teorigjennomgang av begrepene benchmarking, effektivitet og produktivitet, samt grunnleggende innføring i metodene som benyttes i oppgaven for beregning av effektivitets- og produktivitetsanalysen. Kapitlet vil også inneholde metoder som kan benyttes til å avgjøre om valget av variabler i analysen er riktige for å sikre resultatenes validitet.

I kapittel 3 presenteres data, hvor hensikten er å forklare årsaken til hvorfor man har valgt benyttet data, og hvilke variabler som benyttes. Videre vil kapittel 4 presentere en kort studie av datagrunnlagets endringer over perioden, for å gi bedre inntrykk av hvilke variabler analysen står ovenfor. De to siste, kapittel 5 og 6, beskriver resultatene fra analysen og

diskuterer de opp mot problemstillingen, hvor man til slutt gir en konklusjon og endelig svar på problemstilling. Kapittel 7 er referanseliste og kapittel 8 er appendix.

2. Teori og metode

Dette kapitlet gir en kort beskrivelse av det teoretiske og metodiske grunnlaget for effektivitetsanalysen for NorEngros-kjeden. I den første delen redegjøres det for benchmarkingskonseptet, samt at grunnleggende produktivitets- og effektivitetsbegreper beskrives. Deretter vil det gjøres rede for hva DEA-analyse er og gis en kort innføring i dens teoretiske sammenhenger. Videre vil studien gi grunnleggende innføring Malmquist produktivitetsindeks og to statistiske tilnærminger som kan benyttes til å forsterke resultatene i DEA-analysen.

2.1 Benchmarkingskonseptet

Benchmarking (også kalt beste praksis) er et verktøy for gjennomføring av diagnostiske analyser og veiledende forbedringsinnsats. Det eksisterer ingen offisiell definisjon på benchmarking. I følge APQC (1993), sitert av Andersen og Pettersen (1996), er benchmarking definert som *“the practice of being humble enough to admit that someone else is better at something, and being wise enough to learn how to match and even surpass them at it”*.

Grant og Jordan (2012) har en lignende definisjon: *“Benchmarking er en prosess der en organisasjon samler informasjon om en annen organisasjon for å evaluere og forbedre sin egen virksomhet”*.

Ulike typer benchmarking kan defineres ut fra hva som skal sammenlignes og med hvem man skal sammenlignes med (Andersen og Pettersen 1996):

Hva man skal sammenligne:

- *Ytelsesbenchmarking* er sammenligning av økonomiske eller operasjonelle prestasjonsmålinger med formål om å fastslå hvor god ens egen bedrift er sammenlignet med andre;
- *Prosessbenchmarking* er sammenligning av metoder og praksiser for utøvende prosesser i virksomheten (måten å gjøre ting på), med formål om å lære fra den beste til å forbedre ens egne prosesser;
- *Strategisk benchmarking* er sammenligning av strategiske valg og disposisjoner

gjennomført av andre organisasjoner, med formål om å samle informasjon for å forbedre ens egen strategiske planlegging og posisjonering.

Hvem man skal sammenlignes med:

- *Intern benchmarking* er sammenligning mellom avdelinger, enheter, datterselskaper eller land innenfor samme selskap eller organisasjon;
- *Ekstern/konkurrerende benchmarking* er direkte sammenligning av egne prestasjoner og resultater mot sin beste konkurrent;
- *Funksjonell benchmarking* er sammenligning av prosesser eller funksjoner mot ikke-konkurrerende selskaper innenfor samme industri eller teknologiske område;
- *Generisk benchmarking* er sammenligning av egen prosess mot den beste prosessen som finnes, uavhengig av industri.

Fordelene med benchmarking er at det hjelper organisasjonen å forstå og utvikle kritisk holdning til sin egen virksomhetsprosess. Det kan fremme en aktiv læringsprosess i organisasjonen og motivere til endring og forbedring, bidra til at organisasjonen finner ressurser for forbedring og nye måter å gjøre ting på, og skape referansepunkter for måling av prestasjoner i organisasjonens virksomhet (Andersen og Pettersen 1996). I tillegg kan benchmarking bidra til økt effektivitet og produktivitet, utvidede perspektiver og til å overkomme motstand til endring. Det gir også mulighet til å demonstrere kvaliteten og effektiviteten av organisasjonens drift og service (Løvland og Iversen 2001).

Ulempen med benchmarking er at man benytter et sammenligningsgrunnlag der de som scorer på best effektivitet i sammenligningsgrunnlaget blir ansett som beste praksis. Det legges ikke opp til at også beste praksis kan øke effektiviteten ytterligere. En annen ulempe er at måling av prestasjoner kun gir en indikator på hva som bør forbedres, men ikke hvordan dette bør gjøres (Løvland og Iversen 2001). Man bør se etter hva ledende, eksterne organisasjoner gjør for å oppnå gode resultater, og benytte denne informasjonen som beslutningsstøtte for forbedringer i egen organisasjon. Det er også viktig at aktørene som måles får delta i benchmarkingsprosessen. Mangel på deltakelse og for høyt fokus på måling av resultater kan føre til det Andersen og Pettersen (1996) kaller for *The Three D's of Benchmarking*. Disse tre D-ene består av:

- *Disbelief*: Mistro til resultatene fra benchmarkingen.
- *Denial*: Fornektelse av resultatene og hvor man hevder at benchmarkingspartene

ikke er sammenlignbare.

- *Despair*: Fortvilelse over resultatene hvor man gripes av apati, fordi man ikke vet hvordan man skal ta igjen benchmarkingspartneren.

Det er viktig at implementeringen av verktøyet er vel gjennomført for at benchmarkingsprosessen skal kunne bli en suksess. I dag mangler brukere et klart rammeverk for implementeringen av benchmarking, og det er stor variasjon mellom hvordan selskaper velger å tilpasse verktøyet (Amaral et al. 2009). Bhutta og Huq (1999), hentet fra Amaral et al., fant at selskaper har brukt mellom fire og tretti steg for implementering av benchmarking, og at implementeringsprosessen avhenger av selskapenes kompleksitet og størrelse på prosjektet (2009). I denne oppgaven vil det kun fokuseres på sammenlikning mot benchmark ved hjelp av historiske data, og implementering av benchmarkingsverktøy vil ikke tas med i analysen.

2.2 Produktivitet og effektivitet

For å vurdere ytelsen i en bedrift, beregnes produktivitet og effektivitet. Dette er to begreper som normalt brukes om hverandre, men i DEA-analyse skiller man mellom disse to begrepene. I dette delkapitlet vil begge begreper bli forklart og forskjellene begrepene gjennomgås.

2.2.1 Produktivitet

I følge Erlandsen og Førsum defineres produktivitet i firma j som forholdet mellom produksjon og ressursinnsats (1996):

$$1) \quad \text{Produktivitet} = \frac{\text{produksjon}}{\text{ressursinnsats}} = \frac{y_j}{x_j}$$
$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Produktivitet er et forholdstall som sier hvor mye ressursinnsats x_j som kreves for kunne produsere et produkt y_j for firma j . Man kan tenke at en bedrift har mulighet til å forbedre sin produktivitet ved enten å maksimere sin produksjon (outputorientert produksjon) for gitt ressursinnsats, eller ved å minimere sin ressursinnsats (inputorientert produksjon) for gitt produksjon. Formel 1) tar her utgangspunkt i her at produksjonen av et produkt kun vil kreve én type ressursinnsats per produserte enhet.

Normalt kreves det flere forskjellige ressursinnsatser for å produsere en type enhet, og i tillegg kan én ressursinnsats benyttes i produksjonen av flere ulike produkter. Total faktorproduktivitet (TFP) er et produktivitetsmål som inkluderer alle ulike ressursinnsatser og ulike produkter, og vekter variablenes relative betydning i produksjonen. Disse vektene er presentert som u_r og v_i for henholdsvis ressursinnsats x_{ij} og produksjon y_{rj} . Her er et produkt presentert som r , mens totale antall av ulike produkter er s . Og en ressursinnsats er presentert som i , mens totale antall ulike ressursinnsatser er m . TFP_j for firma j , med samlet vektet produksjon og samlet ressursinnsats, kan illustreres gjennom følgende formel:

$$2) \quad TFP_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}$$

$$r = 1, 2, 3, \dots, s \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

Resultatet man får fra TFP vil i seg selv gi lite informasjon om hvor optimal ressursutnyttelsen er i forhold til det som kan være beste praksis. Likevel, kan man ved hjelp av historiske data benytte TFP til å skaffe informasjon om organisasjonens ressursutnyttelse har blitt bedre eller verre enn sin fortid, eller sammenligne sine resultater opp mot andre firmaer. Denne typen sammenligning kalles gjerne for effektivitetsmåling (Coelli et al. 2005).

2.2.2 Effektivitet

Effektivitet E_j benyttes her som et relativt mål, og viser i hvilken grad man har nådd målene ved sammenligning mot det man anser som beste praksis (Erlandsen og Førsum 1996). Beste praksis vil her forklare som maksimal observerbar produksjon ved gitt ressursinnsats, eller minimal ressursinnsats gitt produsert mengde. Den defineres etter et gitt referansesett som man ønsker å sammenlikne seg med (Farrell 1957). E_j for firma j kan illustreres gjennom følgende formel:

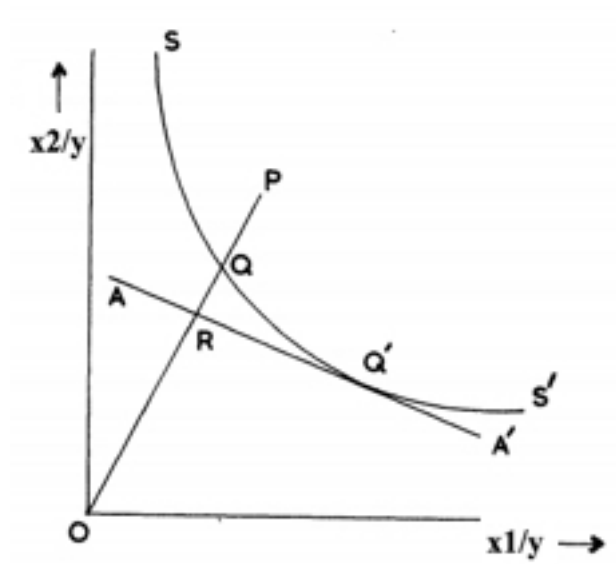
$$3) \quad E_j = \frac{\frac{y_{rj}}{x_{ij}}}{\frac{y^*}{x^*}}$$

Som i formel 1) illustrerer forholdet i telleren på formel 3) produktiviteten til firma j . I nevneren finnes forholdet $\frac{y^*}{x^*}$ som illustrerer produktiviteten for beste praksis. Effektiviteten viser hvor høy produktivitet firma j har relativt til beste praksis. I denne studien vil begrepet

effektivitet alltid være i relativ form. Det er fordi man i beregning av beste praksis alltid bruker et bestemt utvalg som referansesett, og ikke populasjonen. Dersom effektiviteten måler 1, vil produktiviteten til firma j være lik produktiviteten til beste praksis. Hensikten med dette målet er å vise hvor mye firma j avviker fra beste praksis, og dermed graden av måloppnåelse (Coelli et al. 2005).

Farrells effektivitet

Farrells effektivitetsbegreper måler graden av produktivitet når man har flere ressursinnsatser og produksjonsenheter, og er grunnideen bak beste praksis (1957). Figur 2 illustrerer Farrells tekniske effektivitet ved inputorientering med bruk to ressursinnsatser:



Figur 2: Teknisk effektivitet

Anta at firma j benytter to ressurser ($i = 1, 2$) i produksjonen av en enhet ($r = 1$), med antakelse om konstant skalautbytte: $y_{rj} = f(x_1, x_2)$. Anta videre at produksjonsmodellen til beste praksis er gitt. I dette eksempelet antas det inputorientert effektivisering, det vil si at man søker å minimere bruken av ressurser gitt produsert mengde.

Linjen fra origo til punkt P (OP) viser produktiviteten til firma j , der forholdet mellom ressursene x_1 og x_2 er konstant langs linje OP . Punkt P viser hvordan firma j produserer en valgt mengde y_j ved utnyttelse av x_1 og x_2 antall ressurser. Isokvanten SS' er en relativ effektivitetsfront og representerer kombinasjonene av x_1 og x_2 som beste praksis benytter for å produsere valgt mengde y_j . I punkt Q (OQ) vil firma j s kombinasjoner av x_1 og x_2 for

produksjon av y_j være effektiv relativ til beste praksis. I punkt P produserer firma j samme mengde y_j som i punkt Q, men der ressursbruken er høyere i punkt P. Her vil produksjonen være ineffektiv fordi de bruker mer ressurser enn det som er optimalt til produksjonen av y_j . I punkt Q vil man bruke brøkdelen $\frac{OQ}{OP}$ av hver ressursinnsats som i punkt P. Dermed kan $\frac{OQ}{OP}$ defineres som den tekniske effektiviteten til firma j . Teknisk effektivitet kan ved inputorientering illustreres gjennom følgende formel:

$$4) \quad TE_j = \frac{OQ}{OP}$$

Et firma regnes som teknisk effektiv dersom den ligger på effektivitetsfronten, slik at $TE_j = 1$. Siden effektivitetsfronten har negativ helning, vil en økning i ressursinnsatser per produserte enhet fra punkt Q føre til lavere teknisk effektivitet. Et teknisk ineffektivt firma vil ha $TE_j < 1$. Hvordan man oppnår teknisk effektivitet, avhenger om man ønsker å se på inputorientert TE_j eller outputorientert TE_j .

For å oppnå teknisk effektivitet ønsker ved inputorientering man å minimere ressursinnsatsen for gitt produksjonsmengde:

$$4.1) \quad TE_j = \frac{x^*}{x}$$

For å oppnå teknisk effektivitet ønsker ved outputorientering å maksimere produksjonen ved gitt ressursinnsats:

$$4.2) \quad TE_j = \frac{y}{y^*}$$

Linje AA' kalles for kostnadslinjen og vil ved inputorientering representere de ulike kombinasjonene av x_1 og x_2 som gir lavest kostnader for gitt produksjon. Dette er gitt antakelsen om at man kjenner prisene til ressursinnsatsene man bruker. Dersom firma j har som mål å minimere kostnadene, vil priseffektivitet vise forholdet mellom optimal minimert kostnad og faktisk kostnad.

Skjæringspunktet R representerer firma j s priseffektive tilpasning gitt at kombinasjonen av x_1 og x_2 er den samme. Så lenge prisene holder seg uendret, kan priseffektivitet illustreres gjennom følgende formel:

$$5) \quad PE_j = \frac{OR}{OQ}$$

Et firma som er priseffektiv ligger på kostnadslinjen i punkt R, slik at $PE_j = 1 = 100 \%$.

Dersom $PE_j < 1$, vil firmaet være ineffektivt.

Punkt R ligger utenfor den tekniske effektivitetsfronten, og gjør produksjonen teknisk ineffektiv. For at firma j både skal være priseffektiv og teknisk effektiv, er de nødt til å tilpasse produksjonen sin mot punkt Q' . I dette punktet ligger produksjonen på effektivitetsfronten, samtidig som kostnadene er minimert. Denne tilpasningen kalles total effektivitet, eller kostnadseffektivitet, og kan illustreres gjennom følgende formel:

$$6) \quad CE_j = TE_j \cdot PE_j$$

Et firma som er kostnadseffektiv, har $CE_j = 1 = 100 \%$. Dette forutsetter at både TE_j og PE_j er lik 1.

Shephards distansefunksjoner

Shephards distansefunksjoner, hentet fra Banker et al. (1984), er det inverse av Farrells definisjon av teknisk effektivitet. Under Farrells effektivitetsberegninger er en viktig forutsetning at man kjenner til prisene på ressursinnsatsene. Metoden baserer seg på at de mest effektive firmaene danner effektivitetsfronten i et sammenligningsgrunnlag, og ineffektive firmaer sammenligner seg med fronten for å vurdere hvorvidt effektive de er. Gjennom distansefunksjoner kan man måle avstanden mellom den faktiske observasjonen og fronten.

Når det er multiple ressursinnsatser og produksjonseenheter i en sammenligning, kan produksjonsteknologien defineres av teknologisetttet T , der x er en vektor for ressursinnsats og y er en vektor for produksjon. Teknologisetttet kan illustreres gjennom følgende formel:

$$7) \quad T = \{(x, y) | x \text{ kan produsere } y\}$$

Produksjonsteknologien kan defineres ved å bruke inputsettet $L(y)$ eller outputsettet $P(x)$. Inputsettet viser at man ikke ubegrenset kan redusere input (herunder: ressursinnsatser), dersom antall output (herunder: produksjon) er gitt. Et gitt inputsett vil maksimere output så lenge y kan produseres av x . Mulighetsområdet for ressursinnsatsene er definert som:

$$7.1) \quad L(y) = \{x | (x, y) \in T\}$$

Outputsettet viser at man ikke ubegrenset kan øke output, dersom antall input er gitt. Et gitt outputsett vil minimere inputmengden så lenge y kan produseres av x . Mulighetsområdet for produksjonsmengden er definert som:

$$7.2) \quad P(x) = \{y | (x, y) \in T\}$$

Disse produksjonssettene har følgende forutsetninger for å være gyldig:

- Antall produserte enheter kan være lik null, uansett hvor mye ressursinnsatser x man har.
- Når mengden ressursinnsatser x er lik null, er også produksjonen lik null.
- Hvis beste praksis har mindre produksjon enn faktisk produksjon, slik at $y^* \leq y$, er det med gitt produksjonsmengde mulig å produsere mindre y samtidig som ressursmengden x holdes gitt.
- Hvis beste praksis har større ressursbruk enn faktisk ressursbruk, slik at $x^* \geq x$, er det med gitt produksjonsmengde mulig å øke ressursbruket uten at y endres.
- $P(x)$ og $L(y)$ er lukket, det betyr at de ikke kan påvirkes av eksterne faktorer.
- $P(x)$ og $L(y)$ er begrenset, det betyr at man ikke har uendelig tilgang til ressurser til å produsere uendelig mengder med y .
- $P(x)$ og $L(y)$ er konveks.

Shephards distansefunksjon $g(x, y)$ av et inputsett $L(y)$ er definert som:

$$8) \quad g(x, y) = \frac{1}{h(x, y)} \quad \text{der } h(x, y) = \max\{h \geq 0 | hx \in L(y)\}.$$

I formel 8) er g et inputorientert distanse mål, x er en inputvektor, y er en outputvektor, og h er en skaleringsfaktor. Distansefunksjonen $g(x, y)$ bestemmes av skaleringsfaktoren, bruken av ressursinnsatsene, og mulighetsområdet for inputsettet. Ved gitt produksjonsmengde, maksimeres skaleringsfaktoren innenfor inputsettets mulighetsområde. Dersom $g(x, y) = 1$, regnes firmaet som teknisk effektivt. Dersom $g(x, y) > 1$ regnes firmaet som teknisk ineffektivt, fordi den bruker mer ressurser enn det som er nødvendig for å produsere samme mengde. Dersom $g(x, y) = 1,1$ bør ressursbruken reduseres med 10 % for å oppnå teknisk effektivitet til gitt produksjonsmengde. Det er ikke mulig å oppnå $g(x, y) < 1$, fordi dette indikerer en ressursbruk som ikke er mulig for gitt produksjonsmengde.

Shephards distansefunksjon $h'(x, y)$ av et outputsett $P(x)$ er definert som:

$$9) \quad h'(x, y) = \frac{1}{g'(x, y)} \quad \text{der } g'(x, y) = \min\{g' \geq 0 | g'x \in P(x)\}.$$

I formel 9) er h' et outputorientert distansemål, x er en inputvektor, y er en outputvektor, og g' er en skaleringsfaktor. Distansefunksjonen $h'(x, y)$ bestemmes av skaleringsfaktoren, bruken av ressursinnsatsene, og mulighetsområdet for outputsettet. For gitt produksjonsmengde, maksimerer man skaleringsfaktoren innenfor outputsettets mulighetsområde. Dersom $h'(x, y) = 1$, er firmaet teknisk effektivt. Dersom $h'(x, y) < 1$, er firmaet teknisk ineffektivt, fordi de til gitt ressursmengde produserer for lite. Dersom $h'(x, y) = 0,9$ bør firmaet øke produksjonsmengden med 10 % for å oppnå teknisk effektivitet til gitt ressursbruk. Det er ikke mulig å oppnå $h'(x, y) > 1$, fordi dette indikerer en produksjonsmengde som ikke er mulig for gitt ressursmengde.

Ved konstant skalautbytte er det en sammenheng mellom formel 8) og formel 9), som indikerer at en observasjon får samme effektivitetsscore uansett hvilken orientering man bruker.

2.3 Data Envelopment Analysis

2.3.1 Kort om DEA

Uttrykket Data Envelopment Analysis (DEA) ble for første gang introdusert av Charnes, Cooper og Rhodes i 1978. Denne metoden baserer seg både på Farrells effektivitetsbegrep om teknisk effektivitet, og beregnes ved bruk av Shephards distansefunksjoner. Det er en ikke-parametrisk, deterministisk metode som baserer seg på lineær programmering. Det vil si at effektivitetsfronten dannes ved observasjoner av sammenligningsgrunnlagets mest effektive firmaer, samt antakelsen om at alle observasjonene er riktige og at det ikke eksisterer feil i data. Ettersom effektivitetsfronten dannes ut fra observasjoner fra et sammenligningsgrunnlag, vil beregnet effektivitet være relativ. Når man kun bruker et utvalg i sammenligningsgrunnlaget, vil ikke resultatene kunne representere en hel populasjon. Det betyr at de mest effektive firmaene i sammenligningsgrunnlaget ikke nødvendigvis har optimal produksjon, men at de er best i sitt utvalg. Firmaene i sammenligningsgrunnlaget kalles for Decision making unit (DMU). Dette begrepet blir benyttet for å understreke at profitt ikke trenger å være eneste resultatvariabel i måling av effektivitet. Det skal også bidra

til å understreke at dataene brukt i analysen ikke er vektet med henvisning til markedspriser, eller andre økonomiske nøkkeldata. Videre i denne oppgaven vil også ressursinnsatser betegnes med input og produksjon betegnes med output.

DEA er en metode som kan benyttes til benchmarking, der bedrifter sammenligner seg med hverandre og måler sine prestasjoner opp mot de mest effektive i sammenlikningsgrunnlaget. For hver DMU tildeles firmaet en effektivitetsscore ut fra hvor stor avstand deres observasjon er relativt til effektivitetsfronten. Denne effektivitetsscoren varierer i intervallet mellom $[0,1)$, hvor 1 tilsvarer 100 % effektivitet. Har man effektivitetsscore lik 70 %, bør DMUen øke effektiviteten sin med 30 % for å nå effektivitetsfronten.

En alternativ metode som kan benyttes til benchmarking, er den stokastiske modellen Stochastic Frontier Analysis (SFA). Denne modellen er parametrisk og tar utgangspunkt i statistiske målinger og teorier, og tar dermed høyde for målefeil i datamaterialet. SFA krever at man formulerer en anvendelig produktfunksjon for å løse problemstillingene. Dette kan være vanskelig å gjennomføre, fordi det indikerer at man danner gode forutsetninger for modellen og har god kunnskap om bransjen som DMUene opererer i (Coelli et al. 2005). Data Envelopment Analysis er derfor en mer hensiktsmessig fremgangsmåte for denne studien.

2.3.2 Forutsetninger

Før iverksetting av DEA-analyse bør en rekke kriterier være oppfylt. Disse kriteriene bygger blant annet på Dyson et al. sine teorier om fallgruver i DEA (2001), samt Banker et al. sine teorier om aksiomer (1984):

- *Homogenitet*: Alle DMU j som benyttes i sammenligningen antas å ha samme sett av inputs og outputs i ulike mengder, samt lik produksjonsprosess. I tillegg antas det at alle DMUer har like omgivelser, for å minimere variasjonen av ekstern påvirkning.
- *Konveksitet*: Enhver konveks kombinasjon av alle observerte vektorer av outputs og inputs er mulig. Det vil si at dersom man har to mulige tilpasninger (x^A, y^A) og (x^B, y^B) , vil også en tilpasning midt mellom (gjennomsnitt) være mulig.
- *Fri avhending*: Sløsing er tillatt, det vil si at man kan ha input eller output til overs i en produksjonsprosess. Man kan for et visst outputnivå bruke mer av inputs enn det som er nødvendig for å sikre outputnivået, eller for et visst inputnivå produsere mindre outputs enn det som er best mulig. Dette kan vises følgende:

Dersom $(x, y) \in T$, så for enhver $\bar{x} \geq x$ er også $(\bar{x}, y) \in T$.

Dersom $(x, y) \in T$, så for enhver $\bar{y} \leq y$ er også $(x, \bar{y}) \in T$.

- *Skalering* er tillatt ved konstant skalautbytte.

2.3.3 Skalautbytte

Skalautbytte viser i hvilken grad den proporsjonale økningen av input øker mengden output.

Vi skiller mellom skalaegenskapene konstant skalautbytte (CRS) og variabelt skalautbytte (VRS):

- *Konstant skalautbytte*: Ved CRS antas det at alle DMU skal være i stand til å oppnå samme produktivitet. Dersom input økes med 1 %, øker også output med 1 %.

DEA-modellen vil strekke seg lineært fra origo og alle enheter kan sammenliknes uavhengig av størrelse. Det vil si at man antar at skala ikke påvirker mulig produktivitet.

Dersom $(x, y) \in T$, så for enhver $k \geq 0$, er også $(kX, kQ) \in T$.

- *Variabelt skalautbytte*: Ved VRS antas det at alle enheter som produserer i samme skala og størrelse kan sammenliknes med hverandre og vil ha betydning for produktiviteten. Her vil DEA-modellen være delvis lineær og konveks.

VRS kan deles inn i to former:

- Økende skalautbytte (IRS): Ved IRS antas det at en proporsjonal økning eller reduksjon i input kan føre til en større endring i output. Dersom input økes med 1 %, øker output med mer enn 1 %. IRS kalles gjerne for stordriftsfordeler, som går ut på at kostnad per produserte enhet reduseres når antallet produserte enheter øker.

Dersom $(x, y) \in T$, så for enhver $k \geq 1$, er også $(kx, ky) \in T$.

- Avtakende skalautbytte (DRS): Ved DRS antas det at en proporsjonal økning eller reduksjon i input kan føre til en mindre endring i output. Dersom input økes med 1 %, øker output med mindre enn 1 %.

Dersom $(x, y) \in T$, så for enhver $0 \leq k \leq 1$, er også $(kx, ky) \in T$.

2.3.4 Inputorientering eller outputorientering

Før man gjennomfører en DEA-analyse bør man avgjøre om man ønsker å analysere effektiviteten med hensyn til input- eller output. Som tidligere nevnt vil man ved inputorientering ha fokus på å minimere inputs mest mulig, til gitt mengde outputs. Det vil si

at man forsøker å effektivisere bruken av ressursinnsatsene på best mulig måte, slik at ressursbruken blir mindre til samme mengde output. Ved outputorientering vil man ha fokus på å maksimere outputs mest mulig, til gitt mengde inputs. Det vil si at man forsøker å utnytte et gitt sett med ressursinnsatser på best mulig måte, slik at man produserer mest mulig output. Hva man velger å fokusere på avhenger av hvilken hensikt og formål man har. I utredningen av effektivitets- og produktivitetsmodellene, vil teorien begrenses til inputorientering. Dette begrunnes nærmere i kapittel 3.7.

2.3.5 Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) modellen

CCR-modellen ble utviklet av Charnes, Cooper og Rhodes, med formål om å kunne behandle store multiple inputs og outputs gjennom lineær programmering. Modellen forutsetter konstant skalautbytte, det vil si at skala ikke påvirker produktiviteten til DMU. På bakgrunn av dette antar modellen at det er perfekt konkurranse, ettersom imperfekt konkurranse kan føre til at DMUene ikke opererer etter deres optimale skalastørrelse. Modellens hensikt er å måle den totale tekniske effektiviteten. Denne modellen har både en primalformulering og en dualformulering som gjøres rede for i dette kapitlet (1978).

Multiplikatormodellen (primalproblemet)

Multiplikatormodellen, også kalt primalproblemet, er lik Farrells effektivitetsbegrep. Den relative effektiviteten til DMU_j maksimeres med hensyn til vektene u_r og v_i , gitt at ingen av DMUene kan oppnå større effektivitet enn 1. Verdien på disse vektene løses av modellen. Alle DMUer med størrelse 1 er lik 100 % effektiv, mens alle DMUer med størrelse mindre enn 1 er ineffektive. Ved inputorientering er effektivitetsfronten basert på inputminimering. Multiplikatormodellen er formulert i følgende inputorientert form for DMU_j:

$$10) \quad \text{Maksimer } h_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Gitt restriksjonene:

$$10.1) \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1$$

$$10.2) \quad u_r, v_i \geq 0$$

Sentrale begrep:

h_j = den relative effektiviteten til DMU_j

j = betegnelsen for én bestemt DMU

n = det totale antallet DMUer i sammenligningsgrunnlaget

x_i = input i

y_r = output r

m = det totale antallet inputs

s = det totale antallet outputs

v_i = vekten som bestemmes for input i

u_r = vekten som bestemmes for output r

Restriksjon 10.1) viser at for ethvert DMU_j bør forholdet mellom vektet output og vektet inputs være mindre enn eller lik 1. Det vil si at $0 \leq h_j \leq 1$, for hver DMU_j. Gitt at denne restriksjonen er oppfylt for hvert DMU, vil dette bety at hver av dem ligger på effektivitetsfronten eller over den. Dersom $h_j = h^* = 1$, vil DMU_j være effektiv, hvor h^* er lik notasjonen for beste praksis. Dersom $h_j < 1$, er DMU_j ineffektiv (Baggia et al. 2009).

Restriksjon 10.2) viser at vektorene ikke kan skape negative verdier for inputs og outputs for å sørge for at hver DMU er så effektive som mulig (Coelli et al. 2005).

Formel 10) er en ikke-lineær og ikke-konveks funksjon fordi den har to eksogene variabler, u_r og v_i . Dette gjør også at man ved dette problemet kan få en uendelig mengde med løsninger. Det kan derfor være lurt å transformere problemet til lineær form, og pålegge $v_i x_{ij} = 1$ (Coelli et al. 2005), (Baggia et al. 2009). Formel 10) blir da omformulert til et lineært programmeringsproblem:

$$11) \quad \text{Maksimer } h_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{1} = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Gitt restriksjonene:

$$11.1) \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$11.2) \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

$$11.3) \quad u_r, v_i \geq 0$$

I den nye formuleringen har problemet kun én eksogen variabel, u_r . Formel 11) maksimerer veid sum av output gjennom vekten u_r . Restriksjon 11.1) viser at vektet inputs for DMU_j skal summeres til 1. Når man pålegger denne brøkdelen en verdi på 1, vil det si at alle som er fullstendig effektive får verdi lik 1. Restriksjon 11.2) viser at ingen DMU får høyere effektivitet enn 1. Det vil si at vektet output må være mindre eller lik vektet inputs. Dersom DMU_j er effektiv, vil $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = 1$. Dersom DMU_j er ineffektiv, vil $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} < 1$. Restriksjon 11.3) viser det samme som restriksjon 10.2).

Envelopmodellen (dualproblemet)

Dualproblemet (også kalt envelopmodellen) speiler primalproblemet. Siden primalproblemet ved inputorientering er et maksimeringsproblem, indikerer dette at dualproblemet er et minimeringsproblem. Denne modellen er mer intuitivt knyttet til tradisjonell produksjonsteori, og er derfor mer vanlig å bruke. Envelopmodellen er formulert i følgende inputorientert form for valgt DMU_j:

12) *Minimer* θ_j

$j = 1, 2, \dots, n$

Gitt restriksjoner:

$$12.1) \quad -y_{rj} + \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$12.2) \quad \theta_j x_{ij} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$12.3) \quad \lambda_j \geq 0$$

Sentrale begrep:

θ_j = den relative effektiviteten til DMU_j

λ = vektor/intesitetstall for sammenligning

Notasjonen θ er en skalarvekt og et mål for DMUens effektivitet. Den viser hvor mye DMUen kan redusere eller skalere ned sitt ressursbruk i forhold til effektivitetsfronten. Dersom DMU_j har $\theta_j = 1$, vil DMUens produksjon ligge på effektivitetsfronten. $\lambda_j x_{ij}$ og $\lambda_j y_{rj}$ er lineære kombinasjoner av inputs og outputs av andre DMUer i utvalget som er bedre enn inputs og outputs av DMUen som det skal måles effektivitet på.

Restriksjon 12.1) viser at det ikke er mulig å øke output mer enn DMUens gitte referansesett $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}$. Restriksjon 12.2) viser hvor mye input kan skaleres ned ved θ_j , innenfor dens definerte produksjonsmulighetsområde $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}$. Restriksjon 12.3) viser at vektoren λ_j ikke kan være negativ. λ_j er en konstant, og viser hvilke DMUer i sammenligningsgrunnlaget som danner effektivitetsfronten. Den optimale vekten av λ_j bestemmer det veide gjennomsnittet i sammenligningsgrunnlaget.

2.3.6 Banker-Charnes-Cooper (BCC) modellen

I senere tid har det kommet mange tilnærminger som bygger videre på CCR-modellen. Banker, Charnes og Cooper videreutviklet CCR-modellen til å justere for variabelt skalautbytte. Det vil si at man åpner for antakelsen om at skala har betydning for effektiviteten. Fronten vil være avhengig av størrelse, og produksjonsmulighetsområdet endres etter skala. I denne modellen måles ren teknisk effektivitet. Det vil si det er imperfekt konkurranse og resultatene virker mer realistiske. For å ta høyde for forutsetningen om variabelt skalautbytte, kan man legge til en ekstra restriksjon i envelopmodellen: $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ (1984).

Modellen blir seende slik ut:

13) *Minimer* θ_j

$j = 1, 2, \dots, n$

Gitt restriksjoner:

$$13.1) \quad y_{rj} \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$13.2) \quad \theta_j x_{ij} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$13.3) \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$13.4) \quad \lambda_j \geq 0$$

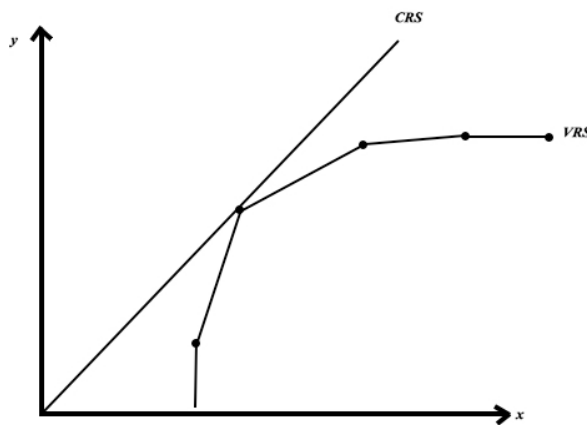
Restriksjonen 13.3) bestemmer at alle faktorene i sammenlikningen skal være lik 1. På den måten kan DMU_j sammenlignes DMUer som har lik skalastørrelse. I CCR-modellen sammenlignes DMU_j med DMUer som har ulik skalastørrelse. Den nye restriksjonen sørger for at alle referansepunkter i sammenlikningen har konvekse kombinasjoner av faktiske observasjoner, slik at det blir lettere for DMUer å havne på effektivitetsfronten. Dette betyr at eventuell ineffektivitet vil skyldes tekniske forhold som sløsing av ressursinnsatser, og ikke

som følge av feil skalaproduksjon. Ved VRS vil DMUene få høyere eller likt effektivitetspoeng sammenlignet med CRS. Betegnelsen λ_j viser også hvilke skalaegenskaper en gitt DMU har:

- Dersom $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, er DMUs produksjon konstant i skalautbytte.
- Dersom $\sum_{j=1}^n \lambda_j > 1$, er DMUs produksjon avtakende i skalautbytte.
- Dersom $\sum_{j=1}^n \lambda_j < 1$, er DMUs produksjon tiltakende i skalautbytte

2.3.7 Skalaeffektivitet

Som tidligere nevnt i delkapittel 2.3.3, viser skalautbytte i hvilken grad den proporsjonale økningen av input øker mengden output. Forskjellen mellom CRS og VRS kan illustreres i Figur 3:



Figur 3: CRS- og VRS-front

Den relative effektivitetsfronten med antakelse om CRS vil være lineær, fordi det antas at output øker proporsjonalt med input. Dersom en valgt DMUs posisjon ligger på denne fronten, vil den være total teknisk effektiv. Her er skalaeffektiviteten lik null, fordi man antar at effektiviteten ikke påvirkes av skala. Den relative effektivitetsfronten med antakelse om VRS vil ha en konkav front, fordi det her tas høyde for at DMUer produserer i forskjellige skala og at effektiviteten påvirkes av dette. Dersom en valgt DMUs posisjon ligger på denne fronten, vil den være ren teknisk effektiv.

Optimal skala er når DMUens effektivitet ved CRS er lik effektiviteten ved VRS, og kan illustreres ved det punktet der effektivitetsfronten ved CRS tangerer effektivitetsfronten ved VRS. Skalaeffektiviteten måler i hvor stor grad en DMU nærmer seg optimal skala, det vil si

hvorvidt dens proporsjonale økning i input påvirker økningen i output. Hensikten med inputorientert skalaeffektivitet er å måle hvor mye DMUen bør justere skala for å oppnå minimalt ressursbruk. Dersom det beregnes forskjellig effektivitetsscore ved CRS og VRS, kan det tyde på at firmaet er skalaineffektiv.

Vanligvis vil man beregne skalaeffektivitet (SE) der x og y i periode t er definert relativt til teknologien i periode t , for å sammenligne forskjellen mellom skala. I inputorientert form skrives den slik:

$$14) \quad SE_{t,t} = \frac{TE_{CRS}}{TE_{VRS}} = \frac{g_{CRS}^t(x^t, y^t)}{g_{VRS}^t(x^t, y^t)}$$

Dersom $\frac{TE_{CRS}}{TE_{VRS}} = 1$, er kombinasjonen av x og y posisjonert i tangeringspunktet på effektivitetsfronten i periode t . Formel 14) er altså en effektivitetsindikator som viser hvor langt x og y i periode t avviker fra optimal skala. Økende skalaeffektivitet betyr at DMUens avvik fra optimal skala minker, mens minkende skalaeffektivitet betyr at DMUens avvik fra optimal skala øker (Banker et al. 1984).

Dersom man ønsker å sammenligne skalaeffektiviteten mellom andre perioder, kan disse formlene blitt definert nedenfor. Skalaeffektiviteten til x og y i periode $t+1$ definert relativt til teknologien i periode t skrives slik:

$$SE_{t,t+1} = \frac{g_{CRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{g_{VRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}$$

Skalaeffektiviteten til x og y i periode t definert relativt til teknologien i periode $t+1$ skrives slik:

$$SE_{t+1,t} = \frac{g_{CRS}^{t+1}(x^t, y^t)}{g_{VRS}^{t+1}(x^t, y^t)}$$

Skalaeffektiviteten til x og y i periode $t+1$ definert relativt til teknologien i periode $t+1$ skrives slik:

$$SE_{t+1,t+1} = \frac{g_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{g_{VRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}$$

2.3.8 Slakk

Slakk viser til differansen mellom en DMUs faktiske effektivitet og den optimale effektivitetsfronten. Jo større slakkverdien er, jo større avstand er det mellom faktisk effektivitet og effektivitetsfronten. For å nærme seg effektivitetsfronten kan man justere ned mengden ressursinnsatser som man benytter i en gitt produksjonsmengde, eller justere kombinasjonen av en gitt ressursmengde som man benytter for å maksimere produksjonen. Har man slakk på inputs, vil det si at man bruker mer ressurser enn man trenger på gitt produksjon. Har man slakk på outputs produserer man for lite i forhold til en gitt ressursmengde (Coelli et al. 2005).

Slakkverdier for input S_r^- kan formuleres slik:

$$15) \quad S_r^- = \theta_j x_{ij} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}, \quad \text{der } s_r^- \geq 0 \text{ og } \lambda \geq 0 \text{ for enhver mulig løsning.}$$

Slakkverdier for output S_r^+ kan formuleres slik:

$$16) \quad S_r^+ = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - y_{rj}, \quad \text{der } s_r^+ \geq 0 \text{ og } \lambda \geq 0 \text{ for enhver mulig løsning.}$$

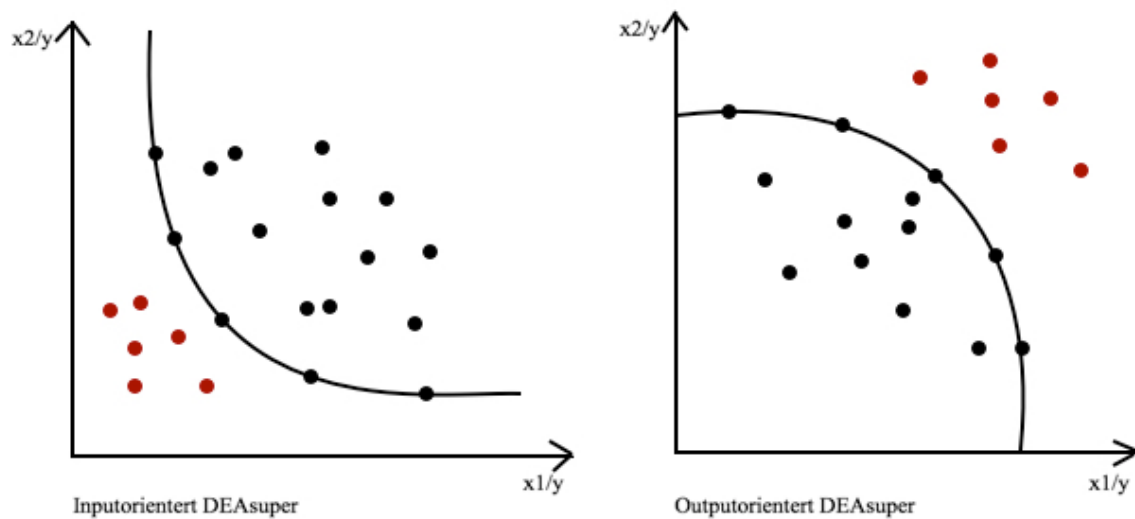
Dersom en DMU oppnår optimal løsning $\theta = 1$, og tilfredsstiller slakkverdiene $S_r^- = S_r^+ = 0$, har man oppnådd zero-slack. I dette tilfellet er DMUen teknisk effektiv. En DMU er fullstendig effektiv, hvis, og bare hvis den ikke kan endre input eller output uten å havne utenfor produksjonsmulighetsområdet (Cooper et al. 2007).

2.3.9 Supereffektivitet

Hensikten med en DEA-analyse er motivere DMUer til å stadig forbedre seg. Man rangerer DMUer etter effektivitetsscore for å skille mellom de som er effektive og de som er ineffektive. DMUer som har effektivitetsscore lavere enn 1, vil naturlig søke mot effektivitetsfronten. Effektive DMUer som allerede har effektivitetsscore lik 1, kan ikke rangeres etter hverandre, da alle har lik effektivitetsscore. Disse mottar heller ingen incentiver for forbedring, ettersom de allerede har nådd sin maksimale score.

Ved supereffektivitet kan man differensiere og rangere DMUene som allerede har nådd 100 % effektivitetsscore. Forskjellen fra en vanlig effektivitetsanalyse er at man her tillater effektive DMUer å få en effektivitetsscore over 1. Det vil si at man ved inputorientering kan legge seg under effektivitetsfronten, eller ved outputorientering legge seg over

effektivitetsfronten. Et eksempel på dette er illustrert i Figur 4:



Figur 4: DEA-analyse ved supereffektivitet

I figuren over kan man se eksempler på to ulike effektivitetsfronter i en DEA-analyse. Grafen til venstre er ved inputorientert form, og den til høyre er ved outputorientert form. Ved inputorientert DEA-analyse kan man se at alle ineffektive DMUer ligger over effektivitetsfronten, mens de røde prikkene illustrerer DMUer med effektivitetsscore høyere enn 1. Det er viktig å framheve at ineffektive DMUer vil få samme effektivitetsscore ved beregning av supereffektivitet som ved bruken av vanlig DEA-analyse. De eneste DMUene som blir påvirket ved beregning av supereffektivitet er de som har effektivitetsscore lik 1. Supereffektivitet er formulert i følgende inputorientert form for valgt DMU_j:

$$17) \quad \text{Minimer } \theta_j^{super}$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

Gitt restriksjoner:

$$17.1) \quad y_{rj} \leq \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 0}}^n \lambda_j y_{rj} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$17.2) \quad \theta_j x_{ij} \geq \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 0}}^n \lambda_j x_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$17.3) \quad \lambda_j \geq 0, \quad j \neq 0$$

Restriksjon 17.3) der $j \neq 0$ går ut på at DMUene ikke kan ha seg selv som referansepunkt,

men bruke mindre effektive DMUer som referansepunkt. Dette er den eneste forskjellen fra en vanlig DEA-analyse. I en vanlig DEA-analyse bruker DMUene seg selv som referansepunkt.

Fordelen med supereffektivitet er at den kan bidra til å identifisere outliers i sammenlikningsgrunnlaget. Outliers er DMUer som skiller seg ut fra sammenlikningsgrunnlaget ved at de scorer unaturlig høyt eller lavt på effektivitet. Dersom en DMU har høyere supereffektivitet enn resten, kan man vurdere om denne bør fjernes fra sammenlikningsgrunnlaget. Ulempen ved supereffektivitet er at den kan gi misvisende rangering, da alle DMUer har ulik vektning av sine inputs og outputs (Cooper et al. 2007).

2.4 Malmquist produktivitetsindeks

Malmquist produktivitetsindeks (MPI) kan benyttes til å måle endringer i total faktorproduktivitet (TFP) over tid. Konseptet for denne indeksen ble for første gang introdusert av S. Malmquist i 1953. I senere tid har MPI blitt studert og videreutviklet av andre teoretikere som Caves, Christensen og Diewert.

2.4.1 Malmquist produktivitetsindeks med antakelse om CRS

Caves, Christensen og Diewert bruker distansefunksjoner til å håndtere multiple inputs og outputs, og går ut på å studere endringer i effektivitet fra en periode til en annen. I denne modellen ligger antakelsen om konstant skalautbytte. Caves, Christensen og Diewert CCD-modellen definerer inputorientert MPI i periode t som følger:

$$18) \quad M_{CRS}^t = \frac{g_{CRS}^t(x^t, y^t)}{g_{CRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}$$

I formel 18) er teknologien i periode t lik referanseteknologien. Man måler observerte input og output fra periode t og $t+1$ mot fronten i periode t . CCD-modellen definerer inputorientert MPI i periode $t+1$ som følger:

$$19) \quad M_{CRS}^{t+1} = \frac{g_{CRS}^{t+1}(x^t, y^t)}{g_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}$$

I formel 19) måler man observerte input og output fra periode t og $t+1$ mot fronten i periode $t+1$. Formel 18) og formel 19) estimerer MPI på to ulike tidspunkt. Man kan måle endringen i MPI ved å sette et tidspunkt t mot et annet $t+1$. For å finne MPI mellom disse to periodene, kan man beregne det geometriske gjennomsnittet av dem. MPI mellom to perioder er som

følger:

$$20) \quad M_{CRS}^{t,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \sqrt{M_{CRS}^t \cdot M_{CRS}^{t+1}} = \left[\left(\frac{g_{CRS}^t(x^t, y^t)}{g_{CRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \cdot \left(\frac{g_{CRS}^{t+1}(x^t, y^t)}{g_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Resultatene i formel 20) viser om man har hatt status quo, fremgang eller tilbakegang fra tidspunkt t til tidspunkt $t+1$:

- Dersom $M_{CRS}^{t,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = 1$ har man status quo, det vil si at man ikke har hatt endring fra tidspunkt t til tidspunkt $t+1$.
- Dersom $M_{CRS}^{t,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) > 1$ har man hatt fremgang fra tidspunkt t til tidspunkt $t+1$.
- Dersom $M_{CRS}^{t,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) < 1$ har man hatt tilbakegang fra tidspunkt t til tidspunkt $t+1$.

Färe et al. (1994) bygget videre på denne teorien og dekomponerte CCD-modellen i to typer endringer; endring i effektivitet og endring i teknologi. Denne dekomponeringen gjør det lettere å tolke om endringer i TFP skyldes effektivitetsendringer (catch up-effekten) eller teknologiske endringer (innovation-effekten), eller en kombinasjon av disse. Catch up-effekten viser til i hvilken grad man har forbedret eller forverret ens effektivitet over en gitt tidsperiode. Innovation-effekten viser til endringer/skift i effektivitetsfronten mellom to tidsperioder (Cooper et al. 2007). Hvor mye nærmere en valgt DMU kommer til effektivitetsfronten kalles for catch up; hvor mye effektivitetsfronten skifter på hver DMUs observerte inputmix kalles for teknologisk endring, eller innovation. Begge disse tilfellene representerer produktivitetsendringer (Färe et al. 1994). Dekomponeringen av inputorientert CCD-modell kan skrives følgende:

$$21) \quad M_{CRS}^{t,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left(\frac{g_{CRS}^t(x^t, y^t)}{g_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \cdot \left[\left(\frac{g_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{g_{CRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \cdot \left(\frac{g_{CRS}^{t+1}(x^t, y^t)}{g_{CRS}^t(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

I formel 21) representerer første faktorforholdet catch up-effekten, det vil si målet for endring i relativ effektivitet mellom periode t og $t+1$:

$$21.1) \quad EFF_{CRS} = \left(\frac{g_{CRS}^t(x^t, y^t)}{g_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right)$$

Resterende faktorforhold representerer innovation-effekten, det vil si målet for teknologisk endring eller et skifte på effektivitetsfronten mellom periode t og $t+1$:

$$21.2) \quad TECH_{CRS} = \left[\left(\frac{g_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{g_{CRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \cdot \left(\frac{g_{CRS}^{t+1}(x^t, y^t)}{g_{CRS}^t(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

MPI er altså en indeks som reflekterer fremdrift eller tilbakegang i effektiviteten og teknologifronten for en valgt DMU mellom to tidsperioder med multiple inputs og outputs:

$$22) \quad M_{CRS}^{t,t+1} = (catch\ up) \cdot (innovation)$$

2.4.2 Malmquist produktivitetsindeks med antakelse om VRS

Malmquist TFP indeksen har vært kilde til debatt i de senere år. Hovedpoenget til kritikerne er at dersom det eksisterer endringer i skalaeffektiviteten, så bør produksjonsteknologien være gitt ved VRS og ikke CRS. Ray og Desli (1997) introduserte en alternativ dekomponering som måler teknisk endring relativt til VRS. Denne nye dekomponeringen kalles for skalaendring (SCH). MPI_{VRS} kan dermed skrives slik:

$$23) \quad M_{VRS}^{t,t+1} = \text{effektivitetsendring} \cdot \text{ren teknologisk endring} \cdot \text{skalaendring}$$

Ved inputorientert form vil endring i ren teknisk effektivitet mellom periode t og $t+1$ skrives slik:

$$23.1) \quad PEF_{VRS} = \left(\frac{g_{VRS}^t(x^t, y^t)}{g_{VRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right)$$

Ved inputorientert form vil endring i ren teknologi mellom periode t og $t+1$ skrives slik:

$$23.2) \quad PTECH_{VRS} = \left[\left(\frac{g_{VRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{g_{VRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \cdot \left(\frac{g_{VRS}^{t+1}(x^t, y^t)}{g_{VRS}^t(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Ved inputorientert form vil endring i skala mellom periode t og $t+1$ skrives slik:

$$23.3) \quad SCH_{VRS} = \sqrt{\left[\frac{SE_{t,t}}{SE_{t,t+1}} \cdot \frac{SE_{t+1,t}}{SE_{t+1,t+1}} \right]} = \left[\frac{\frac{g_{CRS}^t(x^t, y^t)}{g_{VRS}^t(x^t, y^t)}}{\frac{g_{CRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{g_{VRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}} \cdot \frac{\frac{g_{CRS}^{t+1}(x^t, y^t)}{g_{VRS}^{t+1}(x^t, y^t)}}{\frac{g_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{g_{VRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Skalaendring er i følge Wilson og Simar (1998) et geometrisk gjennomsnitt av to forhold; endringer i skalaeffektivitet og endringer i skalateknologi. For å forstå dette lettere, kan SCH_{VRS} dekomponeres ytterligere:

$$23.4) \quad SCH_{VRS} = \frac{\frac{g_{CRS}^t(x^t, y^t)}{g_{VRS}^t(x^t, y^t)}}{\frac{g_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{g_{VRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}} \cdot \left[\frac{\frac{g_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{g_{VRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}}{\frac{g_{CRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{g_{VRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}} \cdot \frac{g_{CRS}^{t+1}(x^t, y^t)}{g_{VRS}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Brøkfórhóldet utenfor parentesén máler fórhóldet mellom relative endringer i skalaeffektivitet i periode t og periode $t+1$. Det vil si man máler hvordan én DMU har posisjonert sin produksjon relativt til optimal skala for to ulike tidsperioder. Brøkfórhóldet innenfor parentesén máler endringer i skalateknologi. Brøkfórhóldet innenfor parentesén máler endringer i skalateknologi. Det første brøkfórhóldet máler det relative fórhóldet mellom endring i skalaeffektivitet i periode t og periode $t+1$ der fronten i periode t er gitt. Det andre brøkfórhóldet máler det relative fórhóldet mellom endring i skalaeffektivitet i periode t og periode $t+1$ der fronten i periode $t+1$ er gitt. Det vil si at man máler hvordan én DMU har posisjonert sin produksjon i fórhóld til optimal skala ved gitt teknologi, og hvordan disse posisjonene endrer seg dersom teknologien skifter.

2.5 Bankertest og bootstrap metóden

Effektiviteten som man finner i DEA-modellen er kun relativ, da det teoretiske fundamentet som ligger bak modellen baserer seg på antallet observasjoner man har til rådighet (Banker et al. 1984). Det generelle problemet med en slik analyse er at utvalget man benytter er for lite til å gi entydige konklusjoner og kan dermed gi utvalgsskjevhet. I en benchmarking analyse kan det være nødvendig å anvende statistiske tilnærminger som kan begrunne dróftingen og vurderingen av resultatene fra DEA-analysen for å skille stokastiske variabler fra tilfeldige variabler. De to vanligste tilnærmingene er bootstrapping og bankertest.

2.5.1 Bootstrappingmetóden

Bootstrappingmetóden forsóker å gi et statistisk grunnlag for DEA-metóden. Terminologien bootstrap, kan ha sitt opphav fra uttrykket ”*to pull oneself up by one’s bootstrap*” (Efron & Tibshirani 1993). Bootstrapping er et estimat av en mulig, sann effektivitetsfront. Metóden går ut på å trekke tilfeldige utvalg fra et observert datasett og kalkulere effektivitetsscore for hver trekning. Trekningen gjennomføres minst 2000 ganger, og deretter estimerer man korrigeringer for mulig skjevhet på effektivitetsfronten, konfidensintervall for hvilke prestasjoner som er teknisk mulig å oppnå, og varians. På bakgrunn av dette kan man trekke konklusjoner om den statistiske fordelingen av effektivitetsresultatene (Simar & Wilson

2000).

I denne studien vil det kun legges vekt på bankertest. Studien har kun observasjoner basert på 13 DMUer gjennom perioden 2005-2015, noe som anses for lite for å settes i statistisk sammenheng.

2.5.2 Bankertest

Banker utviklet en statistisk tilnærming for DEA som kan benyttes til å identifisere hvilke variabler som bidrar til forbedring eller forverring av effektivitet (1993). Dette betyr at man gjennomfører hypotesetester og sammenligner forskjeller mellom utvalg for å kunne avgjøre hvilke variabler for input som optimaliserer effektiviteten, både med eksponentiell fordeling og halv normalfordeling. I eksempelet nedenfor tar man utgangspunkt i to teknologisett; T_1 og T_2 .

Fordelingen av effektivitetsberegningene for de to teknologisettene T_1 og T_2 er definert ved E_1 og E_2 . Man antar at T_2 har samme inputs som T_1 , men at T_2 har én input mer enn T_1 . Dette betyr at T_2 har flere restriksjoner og et mindre datasett enn T_1 . Dersom effektivitetsscoren er lik $T_1 = E_1$ og $T_2 = E_2$ så vil $E_1 \leq E_2 \leq 1$.

For å teste om denne teorien stemmer, kan man gjennomføre en hypotesetest:

$$H_0: E_1 = E_2$$

$$H_1: E_1 \neq E_2$$

Nullhypotesen indikerer at effektiviteten til teknologisett T_1 og T_2 er lik, uavhengig av at T_2 har én input mer enn T_1 . Den ekstra inputen til teknologisett T_2 har altså ingen innvirkning på effektiviteten. Alternativhypotesen indikerer at effektiviteten til teknologisett T_1 og T_2 er forskjellig, fordi T_2 har én input mer enn T_1 . Dersom effektiviteten er forskjellig mellom de to teknologisettene, kan man forkaste nullhypotesen. Dette betyr at $E_1 \leq E_2$, og T_2 bør vektlegges.

For å teste om man skal beholde eller forkaste nullhypotesen, kan man beregne kalkulerte verdier enten med antakelse om eksponentiell fordeling (T_{EK}), eller med antakelse om halv normalfordeling (T_{HN}) og vurdere dette opp mot kritisk verdi.

Eksponteniell fordeling beskriver tid mellom hendelser i en prosess hvor hendelser inntreffer uendelig kontinuerlig og uavhengig av hverandre over et konstant gjennomsnitt. Ettersom tid også kan beskrive avstand mellom hver hendelse, har det i denne studien blitt beregnet hvor mye det gjennomsnittlige avviket fra effektivitetsfronten øker eller minker dersom man velger å ekskludere en variabel fra effektivitetsberegningen. Fremgangsmåten for en slik fordeling er å dividere gjennomsnittlig standardavvik fra effektivitetsfront for E_2 på gjennomsnittlig standardavvik fra effektivitetsfront for E_1 . Teststatistikken med antakelse om eksponentiell fordeling beregnes slik:

$$24) \quad T_{EK} = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{(1-E_2^j)}{n}}{\sum_{j=1}^n \frac{(1-E_1^j)}{n}}$$

$(j = 1, 2, \dots, n)$

E_1^j og E_2^j inputeffektiviteten for DMU_j basert på teknologisetttet T_1 og T_2 . Her er kritisk verdi beregnet etter $E(2n, 2n)$ frihetsgrader.

Normalfordeling beskriver en prosess hvor uendelige hendelser inntreffer tilfeldig rundt en forventningsverdi. Jo større avvik fra forventningsverdien, jo mindre sannsynlig vil hendelsen være. Ved antakelse om halv normalfordeling, derimot, bretter man normalfordelingen og ser kun på de verdiene som er over eller under forventningsverdien. I dette tilfellet antar man at effektivitetsfronten er lik forventningsverdien, det vil si 1, og ser kun på observasjoner under 1. Fremgangsmåten for en slik fordeling er å dividere variansen for E_n på variansen for E_1 . Kritisk verdi er beregnet etter $E(n, n)$ frihetsgrader. Teststatistikken med antakelse om halv normalfordeling beregnes slik:

$$25) \quad T_{HN} = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{(1-E_2^j)}{n} \right)^2}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{(1-E_1^j)}{n} \right)^2}$$

$(j = 1, 2, \dots, n)$

3. Datagrunnlaget

Denne delen av studien tar for seg hvordan man har innsamlet av data, og hvilke valg som er gjort ved oppbygging av datasettet.

I gjennomføring av dataanalysen er RStudio/R-programmeringsspråk (versjon 3.3.2) blitt benyttet ved hjelp av pakkeløsningene *Benchmarking* og *FEAR*. Disse tilleggspakkene er ferdige oppskrifter som forenkler brukerens gjennomføring av metoden. I tillegg har *Microsoft Excel* og add-in løsningen *Data Analysis Toolpak* blitt benyttet.

3.1 Validitet og reliabilitet

Ettersom DEA er en deterministisk metode, kan det være viktig å vurdere hvor pålitelige og troverdige resultatene fra en slik undersøkelse er og finne om resultatene er nyttig for besvarelsen av problemstillingen. Disse vurderingene omtales gjerne som *reliabilitet* og *validitet*.

Validitet handler om gyldigheten av resultatene som brukes opp mot oppgavens problemstilling, og om datagrunnlaget er tilstrekkelig for å besvare problemstillingen. Dersom datainnsamlingen framskaffer informasjon som er relevant for problemstillingen, vil validiteten være høy. Det skilles mellom ytre og indre validitet. *Ytre validitet* sier noe om i hvilken grad resultatene fra datagrunnlaget kan generaliseres til andre organisasjoner i bransjen. *Indre validitet* sier noe om årsakssammenhenger – hvorvidt resultatene fra undersøkelsen kan forklares gjennom problemstillingen og dens antatte hypotese. Én form for indre validitet omtales som *definisjonsvaliditet* og kan brukes til å vurdere om valgt indikator er i samsvar med den teoretiske definisjonen av det man ønsker å måle. I en DEA analyse vil dette bety at man ser på hvilke ressursinnsatser som påvirker effektiviteten og produktiviteten til en DMU. Ved høy indre validitet kan man her påvise at én bestemt input har eller har ikke effekt på output og man har oversikt over de mulige skjevhetene i resultatet (Dahlum 2015).

Reliabilitet handler om å vurdere om dataene som er samlet inn er pålitelig. Dersom man gjennomfører en måling, er målet reliabelt hvis målingene som gjennomføres en dag er den samme hvis man gjennomfører samme måling en annen dag. Dersom målingene varierer, er resultatet lite reliabelt. Måling vil alltid innebære mulighet for feil. Dersom man gjennomfører samme måling flere ganger, kan målefeilen variere rundt et gjennomsnitt (tilfeldig målefeil) eller tendere skjevt mot for høy eller for lav verdi (systematisk målefeil) (Svartdal 2016).

Organisasjonen implementerte et nytt ERP-system i 2011, og av den grunn har det vært vanskelig å få tak i tilstrekkelig data som kan benyttes i effektivitetsanalysen. Datagrunnlaget for analysen er derfor hentet fra NorEngros' lagrede pdf-dokumenter knyttet til årsregnskap.

og er informasjon som man kan anta har god pålitelighet. Likevel er det alltid en risiko for at ansatte rapporterer feil til systemet. Det vil gjennomføres en supereffektivitetsanalyse for å luke ut eventuelle outliers som kan påvirke utvalgets effektivitetsresultater.

3.2 Valg av variabler

I denne analysen har måling av effektivitet og produktivitet til hver DMU blitt sammenlignet ved ytelsesbenchmarking, det vil si man har sammenliknet økonomiske prestasjoner i utvalget. I analysen har man benyttet tre variabler for input, og to variabler for output.

3.2.1 Input

I denne studien har input blitt definert av materielle kostnader, lønnskostnader, operasjonelle kostnader og avskrivninger. Disse variablene har blitt valgt ut, fordi de direkte kan knyttes opp mot DMUenes drift.

Materielle kostnader (mat_cost), også kalt varekostnader, utgjør den største kostnaden for organisasjonen, og står for ca. 69,41 % av de totale driftskostnadene i snitt for perioden 2005-2015. I følge Norsk Standard Kontoplan (NSK) består materielle kostnader av forbruk av råvarer og innkjøpte halvfabrikata, forbruk av varer under produksjon, forbruk av ferdigproduserte varer, samt forbruk av varer for videresalg. Kjeden forhandler med leverandører for å få best mulig pris på produktene som selges i butikk og ut til kunde. Gjennom gode forhandlinger med leverandøren kan de redusere materielle kostnader.

Lønnskostnader (labor) er i følge NSK kostnader som inkluderer lønninger til ansatte, arbeidsgiveravgift, pensjonskostnader, refusjon av sykepenger og andre personalkostnader. Dette utgjør også en stor kostnad for driften. I perioden 2005-2015 bestod lønnskostnader for omtrent 16,48 % av totale driftskostnader i snitt. Lønn kan til en viss grad forhandles til fordel for bedriften, men norsk arbeidsmarked har strenge reguleringer. Av den grunn vil økning og reduksjon av lønnskostnader avhenge av ansettelse og avslutning av arbeidsforhold.

Avskrivninger (deprec) utgjør nedskrivning av anleggsmidler og inventar. De vurderes til anskaffelseskost og avskrives etter avskrivningsplan, avhengig av økonomisk levetid. Skatteloven bestemmer hvilken prosent anleggsmidlene skal avskrives etter. Dette er ikke midler som organisasjonen i særlig grad kan påvirke, annet enn at de ved kjøp av inventar

vurderer anskaffelseskost og økonomisk levetid. Av de totale driftskostnadene utgjør avskrivninger ca. 1,29 % i snitt for perioden 2005-2015.

Operasjonelle kostnader (op_cost), også kalt andre driftskostnader, er i følge NSK kostnader som inkluderer transportkostnad, godtgjørelse for utlegg som for eksempel reise- og bilutgifter, energi, leie av lokale, maskiner og inventar, vedlikehold og reparasjon. Disse kostnadene står for omtrent 12,81 % av totale driftskostnader i snitt for perioden.

3.2.2 Output

I denne finansielle analysen har det blitt benyttet samlede driftsinntekter som output. Samlede driftsinntekter består her av salgsinntekter (sales_output) og andre driftsinntekter (other_output). Grunnen til at disse variablene har blitt valgt er fordi samlede driftsinntekter, i motsetning til profitt, alltid er positive tall. En utfordring med DEA-analysen er at variabel x og y alltid må være lik eller større enn null. En bedrift kan risikere underskudd i harde tider, og dermed oppleve negativ profitt. Driftsinntekter er derfor mer passende for analysen.

3.3 Datautvalg

Ved gjennomføring DEA-analyse, bør så mange DMUer som mulig inkluderes, fordi det ved en større populasjon har større sannsynlighet for å fange høyt presterende DMUer som kan sette standard for effektivitetsfronten og forbedre diskriminerende makt (Sarkis 2002).

I tillegg er det avgjørende å ikke ha for stort datasett for å unngå at homogeniteten reduseres. Dersom homogeniteten reduseres, kan eksogene virkninger påvirke resultatet. I følge Boussofiane et al. (1991), hentet fra Sarkis (2002), bør nedre grense for antall DMUer være det multiplikative av antall inputs og outputs. Det vil si at dersom man har 4 inputs og 2 outputs bør det minimale totale antall DMUer være lik 8. Dette argumentet er avledet fra problemet om at det er fleksibilitet i fordelingen av vekter på inputs og outputs som skal maksimere effektiviteten til hver DMU. Golany and Roll (1989), derimot, mener at andelen DMUer bør være dobbelt ganget antall inputs og outputs. Det vil si at med 4 inputs og 2 outputs bør det minimale totale antall DMUer være lik $2*(4+2) = 12$. Bowlin (1998) mente at det minimale totale antall DMUer bør være tre ganger større enn antallet inputs og outputs. Det vil i dette tilfellet bety lik $3*(4+2) = 18$ DMUer. Dyson et al. (2001) mente at antall DMUer bør være lik to ganger produktet av inputs og outputs, noe som i dette tilfellet vil si $2*(4*2) = 16$ DMUer (Sarkis 2002).

Avsnittet over viser at det er delte meninger om hva et tilstrekkelig antall DMUer er. NorEngros består av 13 DMUer som skal måles opp mot hverandre. Dersom et selskap har datterselskap har man kun tatt med beregninger for morselskap, differansene mellom morselskap og konsern har vært marginale. Boussofiene et al. mente at nedre grense bør være 8, og Golany and Roll mente at andelen DMUer bør være lik 12. Analysen har derfor inkludert alle DMUer tilhørende organisasjonen i beregningen. Det har av den grunn heller ikke blitt valgt å gruppere DMUene inn i ulike størrelser for sammenlikning, da utvalget er så lite.

3.4 Test for outliers

Outliers er som tidligere nevnt DMUer som skiller seg markant ut fra utvalget og som kan forskyve effektivitetsfronten ved å enten ha ekstremt høye eller lave effektivitetsverdier i forhold til resten av utvalget, eller ha feil i datasettet. Dette kan påvirke vurderingen av utvalgets effektivitetsfront. Supereffektivitet kan benyttes til å analysere endringer på effektivitetsfronten med og uten en DMU for å finne hvor mye den bidrar til å påvirke effektivitetsfronten. Dersom DMUen har høyere supereffektivitet enn resten av utvalget, kan man vurdere om denne er en outlier som bør fjernes fra sammenlikningsgrunnlaget. I beregningen av supereffektivitet har det blitt antatt konstant skalautbytte. Resultatene vises i Tabell 2 (se Appendix 8.1):

DMU	SDEA CRS
Erik Tanche Nilssen	1,832
NB Engros	1,747
Medi Partner	1,733
Gustav Pedersen	1,410
Markedshuset	1,357
Dahle Medical	1,206
Johs Olsen	1,191
Helseservice Engros	1,130
Olafsen Engros	1,041
Kjosavik	1,018
KJ Brusdal	1,000
Ødegaard Engros	0,996
Drammen Papir	0,993

Tabell 2: Gjennomsnittlig supereffektivitet med antakelse om konstant skalautbytte

Ut fra resultatene i Tabell 2 er det ingen DMUer som har gjennomsnittlig supereffektivitet høyere enn 2. Man kan vurdere hvor grensen bør gå for å velge og utelukke en DMU. I denne analysen er alle DMUer tatt med, men det kan være aktuelt å merke seg hvilke DMUer som skiller seg ut i evalueringen av analysen. Særlig Erik Tanche Nilssen, NB Engros og Medi Partner skiller seg seg ut med supereffektivitet høyere enn 1,5. Det er kun Ødegaard Engros og Drammen Papir som har et forbedringspotensial på under 100 %.

3.5 Test av variabler

3.5.1 Korrelasjonsanalyse

Før man gjennomfører en DEA-analyse, så kan det være lurt å sjekke hvilke input/output faktorer som korrelerer med hverandre. Sterk korrelasjon mellom to variabler kan påvirke resultatet. En måte å luke ut disse på er ved å gjennomføre en test-analyse der man fjerner sterkt korrelerte variabler for så å se hvorvidt effektiviteten endres. Hva som indikerer sterk korrelasjon er et relativt begrep. Det antas her at alle variabler med korrelasjon større enn 0,8, indikerer god korrelasjon.

Tabellen nedenfor gir en oversikt over korrelasjonen mellom variablene som skal benyttes i DEA-analysen for året 2015. Resultatene viser at det er relativt høy korrelasjon mellom variablene. Som største kostnadspost korrelerer materielle kostnader sterkt med salgsinntekter med en korrelasjonskoeffisient på 99,8 %, dernest operasjonelle kostnader og lønnskostnader med følgende 96,2 % og 95,4 %. Samtlige korrelerer svakere med andre inntekter. Her er det lønnskostnader som har størst korrelasjon med andre inntekter på 69,6 %.

	Materielle kostnader	Lønns-kostnader	Avskrivninger	Operasjonelle kostnader	Salgs-inntekter	Andre inntekter
Materielle kostnader	1	0,938	0,586	0,963	0,998	0,635
Lønnskostnader	0,938	1	0,798	0,870	0,954	0,696
Avskrivninger	0,586	0,798	1	0,516	0,632	0,379
Operasjonelle kostnader	0,963	0,870	0,516	1	0,962	0,603
Salgsinntekter	0,998	0,954	0,632	0,962	1	0,642
Andre inntekter	0,635	0,696	0,379	0,603	0,642	1

Tabell 3: Korrelasjonsmatrise av inputs og outputs i 2015

Dersom man ser på korrelasjon mellom inputvariablene kan man se at materielle kostnader korrelerer størst med operasjonelle kostnader med 96,3 % og lønnskostnader med 93,8 %. Dette kan bety at de overlapper hverandre, men siden alle tre i tillegg korrelerer sterkt med

salgsinntekter, har man valgt å beholde de til videre analyse. Korrelasjonen mellom lønnskostnader og operasjonelle kostnader er ikke like sterk. Avskrivninger korrelerer høyest med lønnskostnader på 79,8 % i sin sammenlikning, men fra antakelsen er korrelasjonen med outputvariablene dårlig. Korrelasjonen mellom outputvariablene er på 64,2 %, man kan anta at variablene i liten grad forklarer det samme.

Hvorvidt man velger å beholde korrelerte variabler til videre analyse er opp til den enkeltes vurdering. I dette tilfellet kunne man valgt å utelukke avskrivninger eller andre inntekter fra DEA-analysen, da dette er variabler som i liten grad korrelerer med andre variabler. I denne studien antas det likevel at korrelasjonen er tilstrekkelig sterk nok til å inkludere variablene i analysen.

3.5.2 Bankertest

Bankertest er som tidligere nevnt en statistisk tilnærming for DEA som kan benyttes til å identifisere hvilke variabler som bidrar til forbedring eller forverring av effektivitet. I denne analysen ble det gjennomført seks hypotesetester, der én bestemt variabel ble eliminert i hver test for å sjekke hvilken betydning denne variabelen har hatt for effektiviteten til det aggregerte utvalget. Man har i denne testen kun sett på konstant skalautbytte, fordi resultatene i Bankertesten vil være uavhengig av hvilket skalautbytte man forutsetter. Gjennom testen skal man teste om det er signifikant forskjell mellom beregnet TE_{CRS} med alle variabler inkludert og beregnet TE_{CRS} med alle variabler inkludert unntatt valgt variabel. For å teste dette beregner man kalkulerte verdier med både antakelse om eksponentiell fordeling (T_{EK}) og halv normalfordeling (T_{HN}).

Fremgangsmåten for eksponentiell fordeling er, som nevnt i kapittel 3.5.2, å dividere gjennomsnittlig standardavvik fra effektivitetsfront for E_n på gjennomsnittlig standardavvik fra effektivitetsfront for E_l (se Appendix 8.2). E_l er her definert som TE_{CRS} av det aggregerte utvalget med alle inputs og outputs inkludert i analysen. E_n er definert som TE_{CRS} av det aggregerte utvalget med alle inputs og outputs inkludert, med unntak variabel n . Kritisk verdi er beregnet etter $E(2n, 2n)$ frihetsgrader. Fremgangsmåten for halv normalfordeling er å dividere variansen for E_n på variansen for E_l . Her er kritisk verdi er beregnet etter $E(n, n)$ frihetsgrader.

Test 1: ekskl. mat_cost

Her er E_2 definert som TE_{CRS} av det aggregerte utvalget med alle inputs og outputs inkludert i analysen utenom materielle kostnader. Nullhypotesen er i dette tilfellet at effektiviteten er lik under de to ulike antakelsene for E_1 og E_2 , mens alternativhypotesen tilholder det motsatte.

$$H_0: E_1 = E_2$$

$$H_1: E_1 \neq E_2$$

Test 2: ekskl. labor

Her er E_3 definert som TE_{CRS} av det aggregerte utvalget med alle inputs og outputs inkludert i analysen utenom lønnskostnader. Nullhypotesen er i dette tilfellet at effektiviteten er lik under de to ulike antakelsene for E_1 og E_3 , mens alternativhypotesen tilholder det motsatte.

$$H_0: E_1 = E_3$$

$$H_1: E_1 \neq E_3$$

Test 3: ekskl. deprec

Her er E_4 definert som TE_{CRS} av det aggregerte utvalget med alle inputs og outputs inkludert i analysen utenom avskrivninger. Nullhypotesen er i dette tilfellet at effektiviteten er lik under de to ulike antakelsene for E_1 og E_4 , mens alternativhypotesen tilholder det motsatte.

$$H_0: E_1 = E_4$$

$$H_1: E_1 \neq E_4$$

Test 4: ekskl. op_cost

Her er E_5 definert som TE_{CRS} av det aggregerte utvalget med alle inputs og outputs inkludert i analysen utenom operasjonelle kostnader. Nullhypotesen er i dette tilfellet at effektiviteten er lik under de to ulike antakelsene for E_1 og E_5 , mens alternativhypotesen tilholder det motsatte.

$$H_0: E_1 = E_5$$

$$H_1: E_1 \neq E_5$$

Test 5: ekskl. sales_output

Her er E_6 definert som TE_{CRS} av det aggregerte utvalget med alle inputs og outputs inkludert i analysen utenom salgsinntekter. Nullhypotesen er i dette tilfellet at effektiviteten er lik under de to ulike antakelsene for E_1 og E_6 , mens alternativhypotesen tilholder det motsatte.

$$H_0: E_1 = E_6$$

$$H_1: E_1 \neq E_6$$

Test 6: ekskl. other_output

Her er E_7 definert som TE_{CRS} av det aggregerte utvalget med alle inputs og outputs inkludert i analysen utenom andre inntekter. Nullhypotesen er i dette tilfellet at effektiviteten er lik under de to ulike antakelsene for E_1 og E_7 , mens alternativhypotesen tilholder det motsatte.

$H_0: E_1 = E_7$

$H_1: E_1 \neq E_7$

Eksponentiell fordeling, 95 %-konfidensintervall							
t	Test 1: mat_cost	Test 2: Labor	Test 3: Deprec	Test 4: Op_cost	Test 5: Sales_output	Test 6: Other_output	Kritisk verdi
2005	7,943	2,655	1,102	1,355	54,698	1,266	1,929
2006	5,736	2,199	1,477	1,119	47,834	1,009	1,929
2007	2,001	1,263	2,051	1,883	13,750	1,562	1,929
2008	17,639	1,762	1,578	3,411	139,768	1,052	1,929
2009	6,895	2,028	1,205	2,257	100,535	1,290	1,929
2010	4,095	1,819	1,345	2,313	63,014	1,212	1,929
2011	8,155	3,995	2,714	13,063	462,833	7,687	1,929
2012	34,005	1,000	10,522	19,853	929,421	1,453	1,929
2013	14,099	1,358	7,389	14,244	388,305	4,702	1,929
2014	8,423	1,066	2,470	4,106	108,073	2,168	1,929
2015	5,815	1,647	2,180	3,535	96,670	1,824	1,929

Tabell 4: Bankertest av variabler med antakelse om eksponentiell fordeling

En variabel er signifikant dersom resultatet viser at kalkulert verdi er større enn kritisk verdi. I Tabell 4 finner vi kalkulert verdi for hver test med antakelse om eksponentiell fordeling med 5 % signifikansnivå. Siste kolonne viser til kritisk verdi.

Kalkulert verdi for inputvariabelen materielle kostnader er i perioden 2005-2015 større enn kritisk verdi. Det vil si at dersom materielle kostnader ekskluderes fra beregningen, så kan effektiviteten forverres.

Dette kan lettere forstås dersom man stykker opp formelen for T_{EK} :

- Steg 1: $\sum_{j=1}^n \frac{(1-E_2^j)}{n} = -0,1029593 \approx -10,29\%$ forventet avvik fra effektivitetsfronten i snitt ved E_2 .

- Steg 2: $\sum_{j=1}^n \frac{(1-E_1^j)}{n} = -0,01795104 \approx -1,79 \%$ forventet avvik fra effektivitetsfronten i snitt ved E_1 .

- Steg 3: $T_{EK} = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{(1-E_2^j)}{n}}{\sum_{j=1}^n \frac{(1-E_1^j)}{n}} = 5,735559 \approx 573,55 \% - 100 \% = 473,55 \%$

økning i forventet avvik dersom man ekskluderer materielle kostnader.

Steg 1 viser dersom materielle kostnader ekskluderes fra beregningen av effektivitet, er forventet avvik fra effektivitetsfronten på 10,29 %. I steg 2 finner man forventet avvik fra effektivitetsfronten, dersom alle variabler er inkludert. Det vil si at når materielle kostnader ekskluderes fra analysen, så øker det forventede avviket fra 1,79 % til 10,29 %. I steg 3 har ineffektiviteten har økt med 473,55 %. Dette betyr at jo større forskjell det er mellom E_2 og E_1 , jo høyere vil kalkulert verdi bli. E_1 og E_2 er signifikant forskjellige, og nullhypotesen må forkastes. Dersom resultatene i steg 1 og steg 2 hadde hatt like verdier, hadde dette betydd at materielle kostnader ikke har noen innvirkning på effektiviteten. I dette tilfellet ville kalkulert verdi være lik eller mindre enn kritisk verdi, og nullhypotesen kan beholdes. Jo lavere verdien i steg 3 er, jo mindre betydning har variabelen for effektiviteten.

Tabellen viser at for alle andre variabler, med unntak materielle kostnader og salgsinntekter, er det enkelte år der kalkulert verdi ligger under kritisk verdi og nullhypotesen kan beholdes. Lønnskostnader er den eneste variabelen som over perioden har gjennomsnittlig kalkulert verdi lavere enn kritisk verdi, men også outputvariabelen andre inntekter har i perioden hatt liten innvirkning på effektiviteten. Dette stemmer godt overens med korrelasjonsanalysen som ble gjennomført i kapittel 3.5.1. Det som er interessant å se er at avskrivninger i dette tilfellet har i de første årene ligget under kritisk verdi, mens de siste årene har ligget over.

Halv normalfordeling, 95 %-konfidensintervall							
t	Test 1: mat_cost	Test 2: Labor	Test 3: Deprec	Test 4: Op_cost	Test 5: Sales_output	Test 6: Other_output	Kritisk verdi
2005	42,004	4,591	1,046	1,488	1149,075	1,229	2,577
2006	17,233	3,488	1,397	1,074	773,992	1,006	2,577
2007	4,683	1,559	4,085	3,994	132,823	2,122	2,577
2008	160,592	2,927	1,732	5,874	5405,737	1,040	2,577
2009	33,298	2,364	1,129	2,829	2890,391	1,187	2,577
2010	7,603	2,095	1,428	2,213	1047,115	1,117	2,577
2011	50,666	10,600	3,510	47,083	22738,487	23,589	2,577
2012	345,735	1,000	51,829	89,930	76085,601	1,330	2,577
2013	118,200	1,338	17,871	53,463	20883,883	10,041	2,577
2014	34,647	1,072	3,731	8,334	3117,042	2,695	2,577
2015	19,586	2,088	3,707	8,550	2484,453	1,821	2,577

Tabell 5: Bankertest av variabler med antakelse om halv normalfordeling

I Tabell 5 finner vi kalkulert verdi for hver test med antakelse om halv normalfordeling, med 5 % signifikansnivå. Siste kolonne viser til kritisk verdi, og en variabel er signifikant dersom resultatet viser at kalkulert verdi er større enn kritisk verdi.

Også her er kalkulert verdi for inputvariabelen materielle kostnader i perioden 2005-2015 større enn kritisk verdi. Dette kan lettere forstås dersom man stykker opp formelen for T_{HN} :

- Steg 1: $\sum_{j=1}^n \left(\frac{(1-E_2^j)}{n} \right)^2 = 0,01803027 \approx 1,80 \% \text{ varians}$

- Steg 2: $\sum_{j=1}^n \left(\frac{(1-E_1^j)}{n} \right)^2 = 0,001046253 \approx 0,10 \% \text{ varians.}$

- Steg 3: $T_{HN} = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{(1-E_2^j)}{n} \right)^2}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{(1-E_1^j)}{n} \right)^2} = 17,23319 - 1 \approx 72,33 \% \text{ økning.}$

Steg 1 viser at dersom materielle kostnader ekskluderes fra beregningen av effektivitet, blir variansen lik 1,80 %. I steg 2 finner man at variansen er lik 0,10 %, dersom alle variabler er inkludert. Det vil si at når materielle kostnader ekskluderes fra analysen, så øker variansen fra 0,10 % til 1,80 %. I steg 3 har variansen økt med 72,33 %, dersom materielle kostnader ekskluderes fra effektivitetsanalysen.

Tabellen viser også at de samme variablene som lå under kritisk verdi for TE_{EK} ligger under kritisk verdi ved TE_{HN} . Likevel varierer det i liten grad hvilke årstall det gjelder mellom de to antakelsene. I dette tilfellet ligger gjennomsnittlig kalkulert verdi for inputvariabelen lønnskostnader over kritisk verdi, men både denne variabelen og andre inntekter har hatt liten innvirkning på effektiviteten i følge variansen.

Det er ikke overraskende at kalkulert verdi har vært mindre enn kritisk verdi for enkelte variabler. For eksempel utgjør outputvariabelen andre inntekter en liten andel av totale driftsinntekter. Hos enkelte DMUer er denne posten tilnærmet lik null. I tillegg har den svakere korrelasjon med andre inputvariabler, enn det salgsinntekter har. Dette kan forklare hvorfor variabelen har hatt kalkulerte verdier som er lavere enn kritisk verdi. Det samme kan gjelde avskrivninger. Størrelsen på avskrivninger avhenger av DMUers investeringer i anleggsmidler og inventar. Den styres indirekte avhengig av produkters anskaffelseskost og økonomiske levetid. Ut fra korrelasjonsmatrisen har den ikke hatt mer enn 63,20 % korrelasjon med salgsinntekter, og 37,90 % korrelasjon med andre inntekter. Derimot er det overraskende at kalkulert verdi for lønnskostnader i store deler av perioden har ligget under kritisk verdi. Til tross for at disse seks testene viser at variablene har forskjellig signifikans for effektiviteten, vil alle disse variablene fortsatt regnes med i analysen. *Avskrivninger* er tatt med, fordi de har tatt seg opp på kalkulert verdi de siste fem årene. *Lønnskostnader* er tatt med i analysen, fordi disse utgjør en viktig post i et driftsresultat. *Andre inntekter* er tatt med i analysen, fordi variabelen er av signifikans betydning for enkelte DMUer.

3.6 Valg av skalautbytte

Før gjennomføring av en DEA-analyse kan det være lurt å vurdere om analysen skal gjennomføres med antakelse om konstant skalautbytte eller variabelt skalautbytte. Dette kan avgjøres ved hjelp av bankertest som i delkapitlet over, der det for eksempel kan ses på effektivitet med og uten antakelse om VRS. Dersom begge antakelsene i en bankertest gir like resultater for effektivitet, har det ingenting å si hvilken skalautbytte man velger.

I utgangspunktet vil effektivitet med forutsetning om variabelt skalautbytte alltid være lik eller høyere enn effektivitet med forutsetning om konstant skalautbytte. Dette er fordi VRS-fronten legger seg tettere mot de faktiske observasjonene i produksjonsmulighetsområdet, og har dermed kortere avstand til effektivitet. Derfor har begge antakelsene blitt tatt med i

analysen, men med ønske om å ha fokus på VRS. Dette er fordi det virker mer naturlig å sammenligne bedrifter som produserer i samme skala og størrelse, og at man ved konstant skalautbytte kan påvirke resultatene for effektivitet til de DMUene som produserer i mindre skala ved sammenligning med de som produserer i større skala.

3.7 Orientering

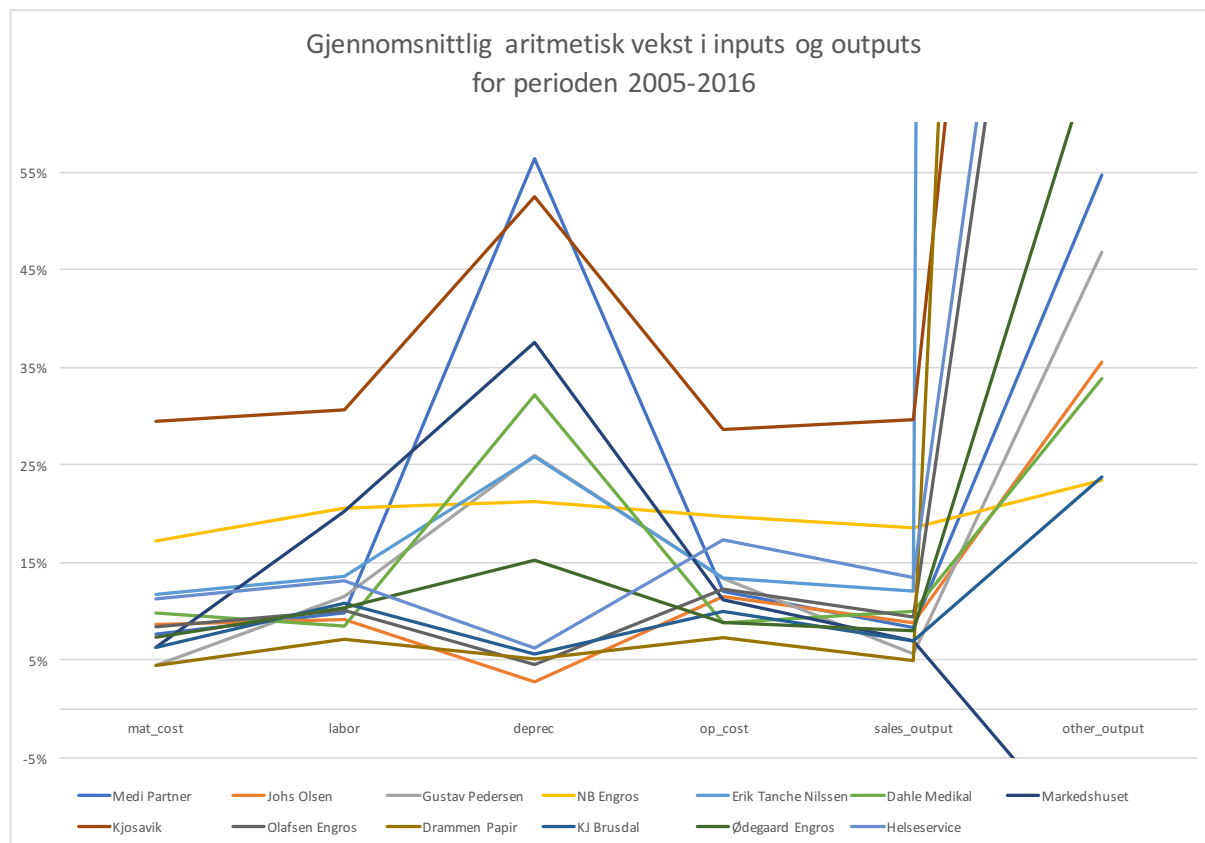
NorEngros er som kjent en kjede som har jevn vekst siden de ble etablert for 28 år siden. De jobber hele tiden med å være best i sin bransje, hvor de selger og distribuerer forbruksvarer til privat og offentlig sektor. For å kunne lede an på markedet, må kjeden hele tiden minimere bruken av innsatsfaktorer. Dette kan for eksempel være at de forhandler med ulike leverandører om rabatter og kostpris slik at materielle kostnader er så lave som mulig. Det er derfor naturlig at man i denne sammenheng sammenlikner effektivitet og utvikling med inputorientering.

3.8 Prisjustering

Dersom man sammenligner data over tid kan det være aktuelt å justere for inflasjon, hvis ikke kan endringer i effektiviteten hos DMU-utvalget gi misvisende tall. Ettersom det kun benyttes regnskapstall i denne undersøkelsen, tas det høyde for at inflasjonen er lik for kostnader som for inntekt. Inflasjon er dermed ikke medregnet i denne studien.

4. Vurdering av datagrunnlaget

I dette avsnittet har aritmetisk vekst blitt beregnet for å finne prosentvis endring i inputs og outputs hos hver DMU i perioden 2005-2015.



Figur 5: Gjennomsnittlig aritmetisk vekst i input og output (i %)

Figur 5 viser gjennomsnittlig aritmetisk vekst (i %) gjennom perioden 2005-2015 (se Appendix 8.3):

- *Avskrivninger*: Figuren viser at avskrivninger skiller seg mest ut, og har hatt sterkest variasjon blant inputvariablene. Omtrent halvparten av DMUene har hatt sterk gjennomsnittlig vekst i avskrivninger, mens den andre halvparten har hatt relativt lav vekst. Avskrivninger ble målt 56,38 % på sitt høyeste (Medi Partner), og 2,76 % på sitt laveste (Johs Olsen).

- *Materielle kostnader*: Den gjennomsnittlige veksten hos materielle kostnader har ligget mellom 4 % og 12 % i utvalget. Her er det to DMUer som skiller seg ut med gjennomsnittlig vekst langt høyere enn dette. NB Engros har hatt en gjennomsnittlig vekst på 17,20 % for

perioden, mens Kjosavik har hatt gjennomsnittlig vekst på 29,33 %.

- *Lønnskostnader*: For lønnskostnader har den gjennomsnittlige veksten ligget mellom 6 % og 13 %. NB Engros og Kjosavik skiller seg ut med følgende 20,59 % og 30,44 % på gjennomsnittlig vekst. I tillegg har Markedshuset hatt en gjennomsnittlig vekst på 20,23 %.

- *Operasjonelle kostnader*: På operasjonelle kostnader har gjennomsnittlig vekst vært mellom 9 % og 13 %. Drammen Papir har hatt litt lavere gjennomsnittlig vekst enn dette. For perioden har deres gjennomsnittlige vekstrate ligget på 6,89 %. Også her har Kjosavik og NB Engros hatt høyest gjennomsnittlig vekst. Den gjennomsnittlige vekstraten for Kjosavik var på 28,51 %, mens den for NB Engros var på 19,81 %. En annen DMU med gjennomsnittlig vekstrate høyere enn normalen har vært Helseservice Engros med 17,19 %.

- *Salgsinntekter*: Blant outputvariablene er det helt klart salgsinntekter som utgjør den største posten. Her har den gjennomsnittlige veksten variert fra 4,63 % til 29,49 %. Mange DMUer har hatt en gjennomsnittlig vekst på rundt 8 %, men flere DMUer har beveget seg over denne normalen. De tre DMUene med sterkest gjennomsnittlig vekst er Kjosavik med 29,49 %, NB Engros med 18,62 % og Helseservice med 13,33 %. Det er de samme DMUene som skiller seg ut med høy gjennomsnittlig vekst på kostnader som har hatt høy gjennomsnittlig vekst på salgsinntekter.

- *Andre inntekter*: For outputvariabelen andre inntekter, derimot, har alle DMUer hatt sterk gjennomsnittlig vekst gjennom perioden. Den høyest målte gjennomsnittlige veksten var på Erik Tanche Nilssen med 4035,99 %. Den laveste målte gjennomsnittlige veksten var på Markedshuset med negativ vekst på -15,71 %. Det eksisterer sterke variasjoner mellom DMUene. Drammen Papir har nest høyest gjennomsnittlige vekst på 418,39 %, dernest Kjosavik med 209,45 %. I dette tilfellet ligger NB Engros lavest på lista etter Markedshuset med 23,45 %.

Variasjoner i inputs og outputs kan gi misvisende indikasjoner for gjennomsnittlig vekst og effektivitetsendringer. Særlig avskrivninger og andre inntekter har hatt store avvik fra gjennomsnittet, noe som kan gi utslag på effektivitetsscoren. Geografi eller produktspesialisering kan være to årsaker til at det eksisterer forskjeller mellom DMUene. *Geografi* kan ha en betydning, fordi enkelte DMUer er lokalisert i fylker der

befolkningstettheten er større. Urbane strøk kan også bidra til større salg for kjeden, sammenliknet med distriktene. *Produktspesialisering* kan ha en betydning, fordi DMUer enten har spesialisert seg på forbruksvarer, helsevarer eller begge deler. Forbruksvarer og medisinske varer leveres til to forskjellige kundesektorer, der majoriteten i den ene sektoren består av private bedrifter, mens majoriteten i den andre sektoren består av offentlige bedrifter. Et utvalg som har ulike geografiske lokasjoner og produktspesialiseringer kan påvirke resultatene, og er en svakhet for analysen.

En av forutsetningene for DEA-modellen at utvalget skal ha homogenitet. Dette vil her si at alle DMUer må ha samme sett av inputs og outputs, og lik produksjonsprosess. Ettersom NorEngros er en kjede med felles reglement og organisasjonsstruktur, antas det at produksjonsprosessen er lik mellom medlemmene, og at det er homogenitet i utvalget, til tross for variasjoner i variablene.

5. Resultater og diskusjon

I dette kapitlet vil resultatene fra effektivitets og produktivitetsanalysen for perioden 2005-2015 presenteres og drøftes. Diskusjonen vil henvise til tabeller og figurer fra dette kapitlet.

5.1 Data Envelopment Analysis

Beregningen av relativ effektivitet er utført ved bruk av programmet R ver_3.3.2 og tilleggspakken Benchmarking. I denne tilleggspakken beregner man effektivitet ved hjelp av DEA-modellen og årlige data. Det vil si man beregner effektiviteten for hvert år enkeltvis, og resultatene man får fra analysen gir dermed store data (se Appendix 8.1).

Dessverre viser ikke tilleggspakken hvilke vekter som har blitt brukt på de ulike inputene og outputene ved beregning av relativ effektivitet. Dette hadde vært interessant å vite, slik at man kan sammenlikne den relative vektleggingen mellom DMUer og bedre forklare endring i effektivitet. Likevel kan endringer i kostnader og inntekter gi en god indikasjon på endringer i effektivitet. Man kan også anta at vekten for hver variabel settes som en prosentandel av totale inputs eller totale outputs. For eksempel hvis materielle kostnader utgjør 70 % av totale inputs for en DMU, så vil materielle kostnader være vektet med 0,7. Dette er en enkel antakelse å sette ettersom alle variabler i denne analysen er målt i kroner.

5.1.1 Effektivitet med antakelse om konstant skalautbytte

Total teknisk effektivitet (TE_{CRS}) beregnes under forutsetning om konstant skalautbytte, og forutsetningene på Farrells effektivitetsbegreper og CCR-modellen. Dersom vi tar for oss multiplikatormodellen i kapittel 2.3.5.1 står det at den relative effektiviteten til en valgt DMU maksimeres ved hjelp av vektorer som beregnes i modellen gitt modellens begrensninger. Disse begrensningene går ut på at samlet sum av vektet input utgjør 100 %. I tillegg må samlet sum av vektet output være lik eller mindre enn sum av vektet input – dette er for at effektiviteten ikke skal måles høyere enn 100 %. Den relative effektiviteten er et resultat av forholdet mellom vektet sum outputs og vektet sum inputs. Dersom resultatet gir relativ effektivitet lik 1, er DMUen 100 % effektiv, det vil si at vektet sum outputs er lik vektet sum inputs. Dersom resultatet gir relativ effektivitet mindre enn 1, er DMUen ineffektiv. Avstanden fra effektivitetsfronten vil være lik $1 - \text{effektivitetsscoren}$, og kalles for slakk.

Det som først har blitt gjort med resultatene er å sammenligne DMUenes gjennomsnittlige effektivitet år for år, for å se om man finner felles trender for fremgang og tilbakegang gjennom perioden. Videre har man sammenlignet de enkeltes DMUers utvikling gjennom perioden for å vise hvilke DMUer som skiller seg best ut, og hvilke som skiller seg dårligst ut.

År	Gjennomsnitt	Slakk	Minimum	Standardavvik	Antall Effektive
2005	98,584 %	1,416 %	94,107 %	2,005 %	7
2006	98,205 %	1,795 %	91,091 %	2,691 %	7
2007	95,153 %	4,847 %	86,987 %	4,101 %	4
2008	99,490 %	0,510 %	96,821 %	0,940 %	9
2009	99,287 %	0,713 %	96,163 %	1,235 %	9
2010	98,901 %	1,099 %	92,264 %	2,106 %	6
2011	99,864 %	0,136 %	98,280 %	0,457 %	12
2012	99,925 %	0,075 %	99,023 %	0,260 %	12
2013	99,808 %	0,192 %	99,442 %	0,526 %	11
2014	99,328 %	0,672 %	96,136 %	1,252 %	8
2015	99,379 %	0,621 %	95,944 %	1,235 %	10

Tabell 6: Gjennomsnittlig teknisk effektivitet per år ved CRS (i perioden 2005-2015)

Tendensene i Tabell 6 stemmer godt overens med tendensene for aritmetisk vekst på inputs og outputs. Fra tabellen kan man se at gjennomsnittlig total teknisk effektivitet (TE_{CRS}) lå mellom 95,15 % og 99,93 % i perioden 2005-2015 (se Appendix 8.4). For hele perioden ble

gjennomsnittlig effektivitetsscore lik 98,90 %. Den laveste gjennomsnittlige effektivitetsscoren ble målt i 2007, og var på 95,15 %. Samme året var periodens faktiske laveste effektivitetsscore på 86,98 %. I tillegg hadde 2007 færrest antall effektive DMUer og høyest standardavvik for perioden. Grunnen til den plutselige nedgangen kan være at finanskrisen brøt ut i USA og Europa i 2007. NorEngros-kjeden har mange globale leverandører, noe som betyr at en eventuell krise kan føre til økning i kostnader for kjeden. I tillegg kan dette bety at flere kunder har valgt å begrense sitt innkjøp med ønske om å forebygge mot krisen. Likevel har NorEngros et sortiment som er ganske nødvendig for næringslivet, og finanskrisen om mulig ikke vært så betydelig for NorEngros som det har vært for andre bedrifter i næringslivet. Dette er ikke verifiserbar informasjon, og vil av den grunn ikke tas med videre i oppgaven.

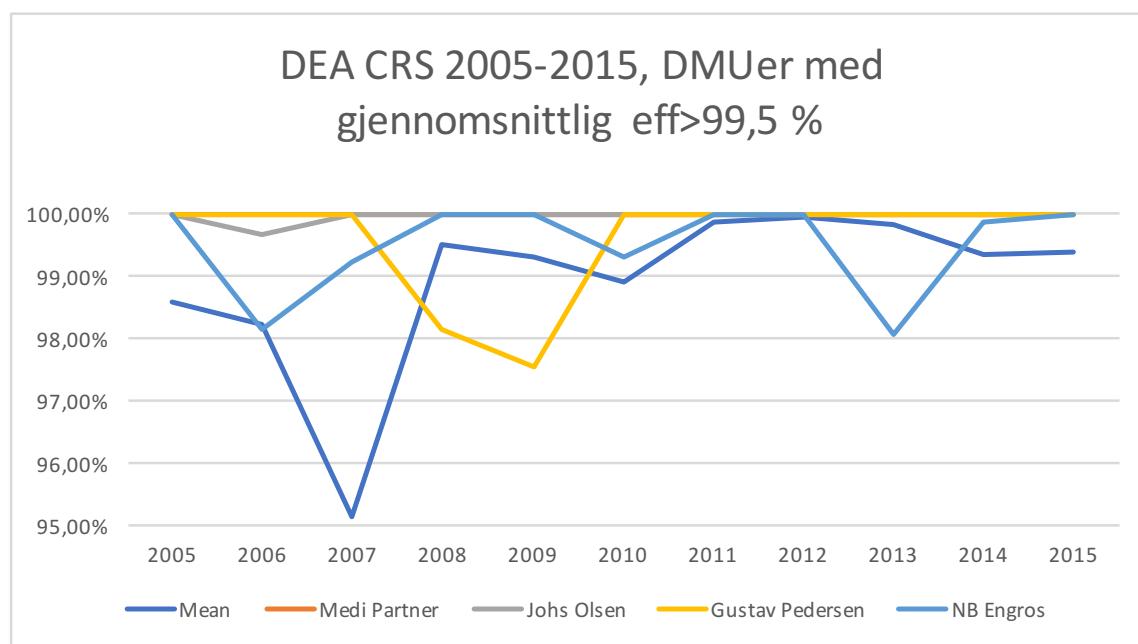
I årene fra 2011 til 2013, var antallet DMUer med fullstendig effektivitet størst. Det var også i 2012 at høyeste gjennomsnittlige effektivitetsscore ble målt på 99,93 %. Standardavviket var størst i 2007 målt 4,10 %. Siden ble den redusert til 0,94 % i 2008, før den økte til 2,11 % i 2010. I perioden 2011-2013 var standardavviket lavest, men har siden 2013 opplevd en liten økning fram til 2015. I 2015 lå standardavviket på 1,24 %.

Det neste som ble gjort med resultatene var å sammenligne DMUenes gjennomsnittlige effektivitet gjennom perioden for å se hvilke DMUer som scorer i utvalget. Tabell 7 viser hvert DMUs gjennomsnittlige TE_{CRS} i perioden 2005-2015.

Gjennomsnittlig effektivitet (i periode 2005-2015):	
Medi Partner	100,000 %
Johs Olsen	99,971 %
Gustav Pedersen	99,609 %
NB Engros	99,509 %
Erik Tanche Nilssen	99,385 %
Dahle Medical	98,889 %
Markedshuset	98,610 %
Kjosavik	98,435 %
Olafsen Engros	98,404 %
Drammen Papir	98,345 %
KJ Brusdal	98,279 %
Ødegaard Engros	98,207 %
Helseservice	98,087 %
Antall bedrifter	13
Antall fullstendig effektive bedrifter (i snitt 2005-2015)	1

Tabell 7: Gjennomsnittlig teknisk effektivitet per DMU ved CRS (i perioden 2005-2015)

I følge tabellen er Medi Partner den eneste DMUen som har hatt fullstendig gjennomsnittlig effektivitet i løpet av hele perioden. Johs Olsen har hatt en gjennomsnittlig effektivitet på 99,97 %, da de hadde tilbakefall i effektivitet ned til 99,7 % i 2006.

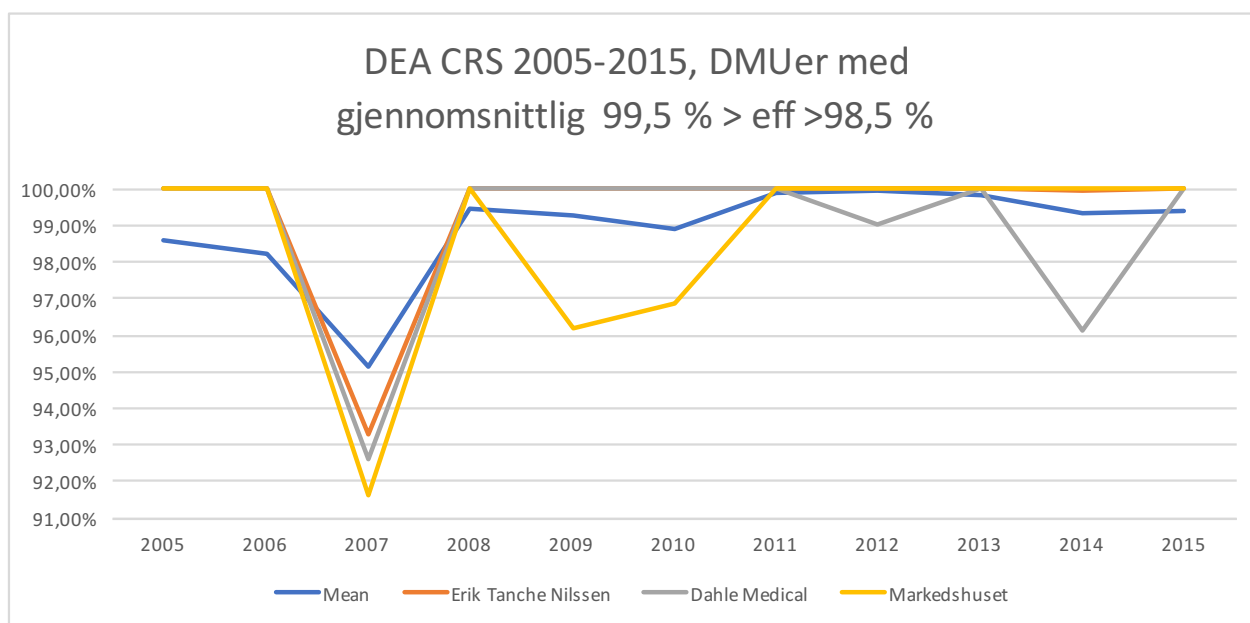


Figur 6: Utvikling i effektivitet blant de DMUene som har gjennomsnittlig effektivitetsscore høyere enn 99,5 %

Medi Partner, Johs Olsen, Gustav Pedersen og NB Engros er DMUer som har hatt gjennomsnittlig effektivitetsscore høyere enn 99,5 %. Deres årlige utvikling i effektivitet er illustrert i Figur 6 og kommenteres her:

- *Medi Partner* har hatt 100 % effektivitet gjennom hele perioden. De har hatt godt overskudd gjennom hele perioden. Materielle kostnader, som utgjør 71 % av totale driftskostnader, har hatt en jevn økning gjennom hele perioden. Avskrivninger har hatt størst variasjon i størrelse, men denne variabelen utgjør kun 0,57 % av totale driftskostnader. Hverken lønnskostnader eller operasjonelle kostnader har hatt uforutsigbare endringer i løpet av perioden.
- *Johs Olsen* har hatt tilnærmet 100 % effektivitet gjennom perioden, men med unntak et tilbakefall ned til 99,68 % i 2006. Dette året hadde de reduksjon i vekst på andre inntekter til -78,39 %. Denne variabelen utgjør kun 0,24 % av totale driftsinntekter, og det er derfor vanskelig å si hvor mye innvirkning denne nedgangen har hatt på effektiviteten. For samlede driftskostnader var den gjennomsnittlige veksten på 9,88 % i 2006. Materielle kostnader utgjør den største andelen med 70,16 %. Her var veksten på 9,01% i 2006. Lønnskostnader utgjør en andel på 14,50 %, og hadde en vekst på 12,07 % i 2006. I tillegg hadde operasjonelle kostnader en vekst på 15,03 % samme år. Denne variabelen utgjør 11,51 % av totale driftskostnader. Salgsinntekter hadde vekst på 11,31 %. En svakere vekst på driftsinntekter kontra driftskostnader kan være årsaken til tilbakefall i effektivitet.
- *Gustav Pedersen* har også hatt høy effektivitetsscore gjennom perioden, men erfarte et tilbakefall i 2008-2009 ned til 97,56 %. I overgangen fra 2007 til 2008 hadde operasjonelle kostnader en økning i vekst fra 38,14 % til 84,66 %. Denne variabelen utgjør 11,27 % av totale driftskostnader. Salgsinntekter gikk ned fra 11,26 % til 9,97 % samme perioden, og andre inntekter ned fra 77,72 % til -2,29 %. I 2009 ble kostnadsvariablene noe redusert. Operasjonelle kostnader gikk fra 84,66 % til -4,72 %. Likevel ble også inntektsvariablene redusert ytterligere. Salgsinntekter ble redusert til en vekst på 6,34 %, mens andre inntekter ble redusert til en vekst på -37,43 % samme år.

- *NB Engros* har hatt høyest gjennomsnittlig vekst i salgsinntekter blant de fire DMUene, men de har også hatt høyest vekst på alle kostnadsvariablene. Dette kan forklare hvorfor de har hatt lavest gjennomsnittlig effektivitetsscore blant disse fire gjennom perioden. Deres gjennomsnittlige effektivitetsscore for perioden 2005-2015 er lik 99,51 %. De opplevde blant annet tilbakefall i 2006-2007 ned til 98,14 %, i 2010 på 99,28 %, og 2013-2014 på 98,06 %. Det som er interessant å se her, er at materielle kostnader utgjør en mindre del av totale driftskostnader enn det variabelen gjør hos de andre DMUene i utvalget. Materielle kostnader utgjør 66,96 % av totale driftskostnader, mens lønnskostnader utgjør 15,80 % og operasjonelle kostnader utgjør 16,45 %. Det vil si at de to sistnevnte variablene kan ha hatt større innvirkning på DMUen enn det de gjør for de andre DMUene.



Figur 7: Utvikling i effektivitet blant DMUene med gjennomsnittlig effektivitetsscore mellom 98,5 % og 99,5 %

Figur 7 viser utvikling i effektivitet blant DMUene som har hatt en gjennomsnittlig effektivitetsscore mellom 98,5 % og 99,5 % for perioden 2005-2015. Figuren viser at samtlige DMUer har hatt fall i effektivitet for året 2007.

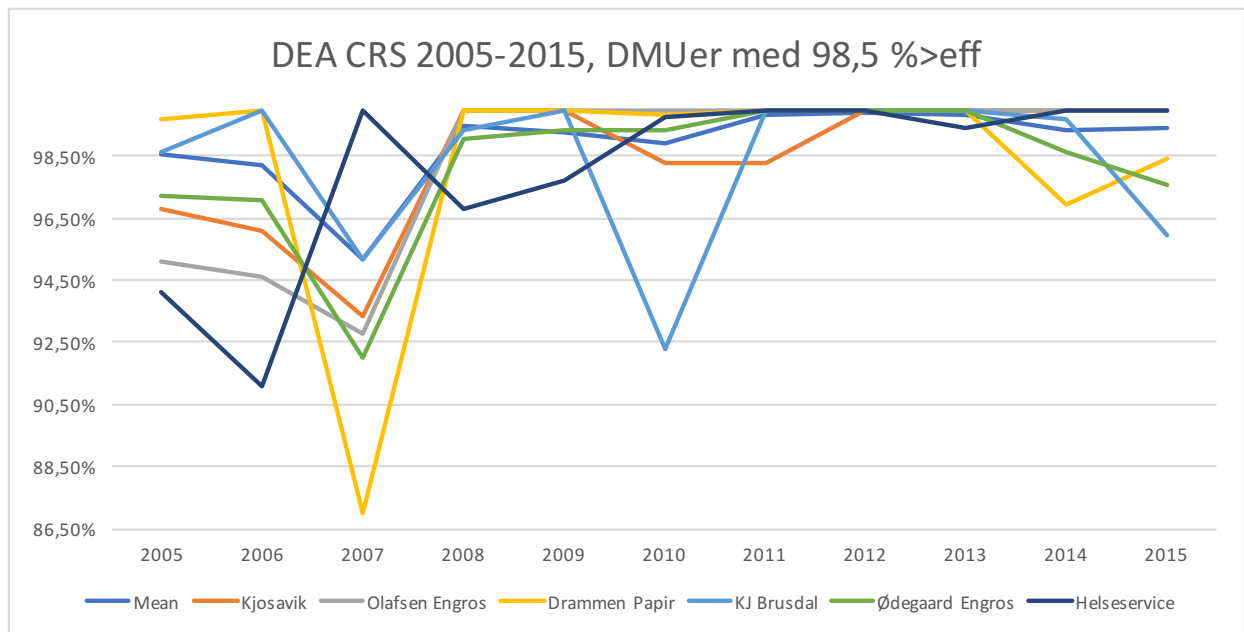
- *Erik Tanche Nilssen* er den eneste DMUen i dette sjiktet som har hatt tilnærmet 100% effektivitet gjennom hele perioden, med unntak 2007. Dette året sank DMUens effektivitet ned til 93,28 %. Veksten på materielle kostnader økte med 37,95 % og veksten på lønnskostnadene økte med 23,36 %. I tillegg nesten doblet avskrivningene

seg. Hos denne DMUen utgjør materielle kostnader 64,15 % av totale driftskostnader, mens lønnskostnadene utgjør 21,04 % og operasjonelle kostnader utgjør 11,37 %. Avskrivninger utgjør 3,45 % av totale driftskostnader. Også her utgjør de andre tre inputvariablene en større andel av totale driftskostnader enn det de har gjort hos de andre DMUene med høyere effektivitet.

- *Dahle Medical* har hatt tre ulike år med ineffektivitet. Det første året var i 2007, der effektivitetsscoren falt ned til 92,61 %. Dette året hadde både lønnskostnader og avskrivninger negativ vekst, mens materielle kostnader hadde vekst på 10,69 % og operasjonelle kostnader hadde vekst på 18,90 %. Materielle kostnader utgjør 68,18 % av totale driftskostnader og operasjonelle kostnader utgjør 15,24 %. Det neste året var ikke før i 2012, der effektiviteten falt ned til 99,02 %. Dette året falt veksten på materielle kostnader ned på -8,66 %, mens lønnskostnader som utgjør 15,90 % av totale driftskostnader hadde en vekst på 20,87 %. Operasjonelle kostnader lå på 13,04 % i vekst. Veksten i driftsinntekter var også negativ dette året, hvor salgsinntekter hadde -8,23 % i vekst, og andre inntekter hadde -36,86 % i vekst. Det siste året var i 2014, der effektiviteten falt ned til 96,13 %. Her hadde andre inntekter negativ vekst på -96,31 %. Operasjonelle kostnader hadde negativ vekst på -10,50 %. De andre variablene hadde også lavere vekst enn tidligere. Materielle kostnader lå på 6,59 % og salgsinntekter på 6,90 %. I mellom periodene med tilbakefall har Dahle Medical hatt 100 % effektivitet.

- *Markedshuset* hadde størst ineffektivitet blant disse tre i 2007, med tilbakefall til 91,65 %. Materielle kostnader, som utgjør 68,97 % av totale driftskostnader, hadde negativ vekst på -7,81 %. Likevel hadde både lønnskostnader og operasjonelle kostnader høy vekst. Lønnskostnader utgjør 16,23 % av totale driftskostnader, og hadde en vekst på 20,26 % i 2007. Operasjonelle kostnader utgjør 14,18 % av totale driftskostnader, og hadde en vekst på 36,31 %. Avskrivninger utgjør bare 0,61 % av totale driftskostnader, men hadde en vekst på 98,61 %, noe som kan ha gitt utslag på effektiviteten. I 2009-2010 hadde DMUen igjen et tilbakefall der effektivitetsscoren sank helt ned til 96,16 %. I 2009 hadde både lønnskostnader, avskrivninger og operasjonelle kostnader lav vekst. Materielle kostnader, derimot, lå på 15,73 % og salgsinntekter lå på 11,90 %. I 2010 sank veksten i salgsinntekter ned til 8,01 %. Det samme gjorde materielle kostnader, som sank ned til 8,59 %. Derimot økte

lønnskostnadene til 10,70 % vekst, mens avskrivninger og operasjonelle kostnader fortsatt hadde lav vekst. Siden 2010 har effektiviteten ligget på 100 % også her.



Figur 8: Utvikling i effektivitet blant DMUene med gjennomsnittlig effektivitetsscore lavere enn 98,5 %

Figur 8 viser utvikling i effektivitet blant DMUene som har en gjennomsnittlig effektivitetsscore lavere enn 98,5 %. Dette gjelder seks DMUer: Kjosavik, Olafsen Engros, Drammen Papir, KJ Brusdal, Ødegaard Engros og Helseservice. De som skiller seg mest fra dette utvalget er Drammen Papir, KJ Brusdal og Helseservice Engros:

- *Drammen Papir* var den DMUen som opplevde størst fall i effektivitet i 2007, med et tilbakefall til 86,98 %. I tillegg opplevde de et større fall i 2014-2015 ned til 96,93 %. Fra 2006 til 2007 opplevde DMUen en økning i vekst på lønnskostnader, avskrivninger og operasjonelle kostnader, samtidig som vekst i salgsinntekter ble halvert, og andre inntekter gikk fra 455,76 % til -4,10 %. Fallet i 2014-2015 kan forklares med økning i vekst hos materielle kostnader, avskrivninger og særlig operasjonelle kostnader som økte fra 5,14 % til 20,50 %, mens andre inntekter hadde redusert vekst fra -23,31 % til -34,64 %. I tillegg var salgsinntektene nede på 4,64 % i vekst. I 2015 tok effektiviteten seg opp til 98,40 %. Dette året økte materielle kostnader og lønnskostnader, mens avskrivninger og operasjonelle kostnader sank ned mot 0 % vekst. Salgskostnadene steg til 8,16 %, mens andre inntekter økte til -7,69 %. Hos denne DMUen stod materielle kostnader for 70 % av totale driftskostnader, mens

lønnskostnader stod for 16,55 %, avskrivninger stod for 0,99 % og operasjonelle kostnader stod for 12,45 %.

- *KJ Brusdal* opplevde minst tilbakefall etter NB Engros blant de ineffektive DMUene i 2007, med effektivitetsscore på 95,15 %. Materielle kostnader, som gjennom perioden utgjorde 71,01 % av totale driftskostnader, hadde 2,32 % vekst i 2007. Lønnskostnader står for 15,27 % av totale driftskostnader, og hadde vekst på 7,41 %. Operasjonelle kostnader står for 12,58 % av totale driftskostnader, og hadde vekst på 10,33 %. Salgsinntekter hadde vekst på 5,20 %, mens andre inntekter hadde vekst på 228,01 %. Lav vekst på materielle kostnader, kan dette forklare hvorfor tilbakegangen ble noe svakere i forhold til de andre DMUene i sjiktet. I 2010 fikk effektiviteten deres et større tilbakefall til 92,26 %. Dette året gikk vekst i salgsinntekter fra 11,58 % i 2009 til 1,67 % i 2010 og andre inntekter gikk fra 32,14 % til -26,51 %. En sterk vekst i lønnskostnader på 23,90 % kan også være en mulig forklaring til ineffektivitet dette året. I 2015 ble DMUen også rammet av ineffektivitet. Da lå effektiviteten nede på 95,94 %. Både salgsinntekter og andre inntekter hadde negativ vekst dette året. I tillegg var lønnskostnader på 12,98 %, og operasjonelle kostnader på 7,66 %, noe som kan være årsaken til tilbakefall i effektivitet.

- *Helseservice Engros* opplevde et fall i effektivitet i 2005-2006 ned til 91,09 %, men var 100 % effektive i 2007 da alle andre DMUer i dette sjiktet hadde tilbakefall i effektivitet. I 2006 var Helseservices samlede driftskostnader lik kr 39.526.105, mens samlede driftsinntekter kun lå på kr 38.758.353. Dette kan være en mulig forklaring på tilbakefallet dette året. I 2007, derimot, var andre inntekter økt fra kr 22.959 i 2006 til kr 351.610 i 2007, samtidig hadde salgsinntektene en økning på 17,89 % fra året før. Til tross for at operasjonelle kostnader hadde en økende vekst på 59,19 % og materielle kostnader økende vekst på 13,37 %, kan det virke som at veid sum output har vært vektet lik veid sum input. Økningen i andre inntekter kan være en årsak til denne vektingen. I tillegg hadde Helseservice Engros tilbakefall i 2008-2010 ned til 96,82 %. I denne perioden hadde DMUen null i sum på andre inntekter. Effektiviteten tok seg gradvis opp i løpet av de tre årene. Veksten på inputvariablene og salgsinntekter har vært omtrent lik i alle tilfellene. I 2010 var veksten på salgsinntekter noe høyere enn veksten på inputvariablene. Her var TE_{CRS} 99,79 %.

5.1.2 Effektivitet med antakelse om variabelt skalautbytte

Ren teknisk effektivitet (TE_{VRS}) beregnes under forutsetning om variabelt skalautbytte, og forutsetningene i BCC-modellen. Man antar de samme forutsetningene som finnes i CCR-modellen, men i tillegg inkluderer man restriksjonen $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$. Det vil si at man antar at en DMU kan forbedre sin effektivitet ved å endre størrelsen på sin produksjonsskala. Også her vil effektiviteten måles ut fra hvor mye DMUens produksjon avviker fra utvalgets optimale effektivitetsfront: Dersom effektiviteten er lik 1, er DMUen 100 % effektiv, og dersom den er <1 er den ineffektiv.

Ved sammenlikning av resultater følger samme fremgangsmåte som i kapittel 5.1.1, men med $RTS=vrs$ istedenfor CRS. Først har DMUenes gjennomsnittlige effektivitet år for år blitt sammenliknet, for å se om man finner felles trender for fremgang og tilbakegang gjennom perioden. Videre har de enkeltes DMUenes utvikling gjennom perioden blitt sammenliknet, for å vise hvilke DMUer som skiller seg best ut, og hvilke som skiller seg dårligst ut.

År	Gjennomsnitt	Slakk	Minimum	Standardavvik	Antall Effektive
2005	99,562 %	0,438 %	97,371 %	0,767 %	9
2006	99,531 %	0,469 %	95,436 %	1,250 %	11
2007	97,778 %	2,222 %	91,362 %	2,886 %	6
2008	99,781 %	0,219 %	97,801 %	0,597 %	11
2009	99,497 %	0,503 %	96,771 %	1,015 %	10
2010	99,286 %	0,714 %	93,818 %	1,767 %	10
2011	99,998 %	0,002 %	99,970 %	0,008 %	12
2012	100,000 %	0,000 %	100,000 %	0,000 %	13
2013	99,924 %	0,076 %	99,007 %	0,265 %	12
2014	99,865 %	0,135 %	98,249 %	0,467 %	12
2015	99,817 %	0,183 %	97,615 %	0,636 %	12

Tabell 8: Gjennomsnittlig teknisk effektivitet per år ved VRS (i perioden 2005-2015)

Fra Tabell 8 kan man se at gjennomsnittlig ren teknisk effektivitet (TE_{VRS}) følger de samme trendene som ved total teknisk effektivitet (TE_{CRS}), men der tendensene ved TE_{VRS} er høyere enn ved TE_{CRS} , fordi man tar her hensyn til DMUenes produksjonsskala. Gjennomsnittet for hele perioden er lik 99,55 % (se Appendix 8.5).

Ut fra tabellen kan man se at gjennomsnittlig TE_{VRS} lå mellom 97,78 % og 100 % i perioden 2005-2015, mens TE_{CRS} lå mellom 95,15 % og 99,93 %. Den laveste gjennomsnittlige

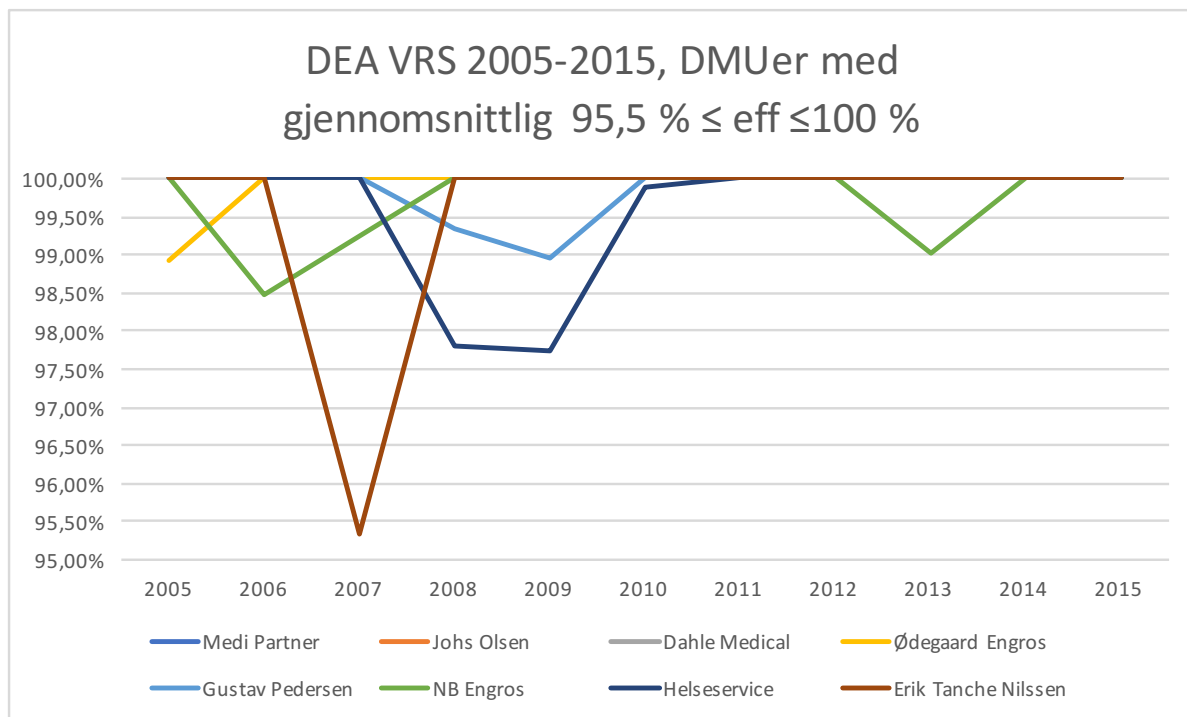
effektivitetsscoren ble målt i 2007, og var på 97,78 %. Samme året hadde også periodens faktiske laveste effektivitetsscore på 91,36 %. I tillegg hadde 2007 færrest antall effektive DMUer og størst standardavvik for perioden. I 2007 ble standardavviket målt 2,88 %. Siden ble den redusert til 0,59 % i 2008, før den økte til 1,76 % i 2010. I 2012 ble standardavviket målt 0 %, da var alle DMUer fullstendig effektive.

Det neste som har blitt gjort med resultatene er å sammenligne DMUenes gjennomsnittlige effektivitet gjennom perioden for å se hvilke DMUer som scorer best alt i alt. Tabell 9 viser hvert DMUs gjennomsnittlige TE_{VRS} i perioden 2005-2015.

Gjennomsnittlig effektivitet (i periode 2005-2015):	
Medi Partner	100,000 %
Johs Olsen	100,000 %
Dahle Medical	100,000 %
Ødegaard Engros	99,903 %
Gustav Pedersen	99,848 %
NB Engros	99,701 %
Helseservice Engros	99,584 %
Erik Tanche Nilssen	99,577 %
Olafsen Engros	99,266 %
Kjosavik	99,162 %
KJ Brusdal	99,058 %
Drammen Papir	99,056 %
Markedshuset	98,984 %
Antall bedrifter	13
Antall fullstendig effektive bedrifter (i snitt 2005-2015)	3

Tabell 9: Gjennomsnittlig teknisk effektivitet per DMU ved VRS (i perioden 2005-2015)

Tabell 9 viser hvert DMUs gjennomsnittlige TE_{VRS} i perioden 2005-2015. I følge tabellen har både Medi Partner, Johs Olsen og Dahle Medical hatt fullstendig effektivitet i løpet av hele perioden. Det som er interessant å se, er at mange DMUer som hadde effektivitetsscore i nedre sjiktet ved CRS er blant de øverste ved VRS. For eksempel lå Dahle Medical på 6.plass med 98,88 % i TE_{CRS} . Ødegaard lå på 12.plass med 98,21 % i TE_{CRS} , men ligger nå på 4.plass med 99,9 % i TE_{VRS} . Også Helseservice har klatret seg opp fra 13.plass med 98,09 % i TE_{CRS} til 7.plass.



Figur 10: Effektivitet blant DMUene med gjennomsnittlig effektivitetsscore fra 100 % til og med 99,5 %

Som illustrert i Figur 9 har Medi Partner, Johs Olsen og Dahle Medical hatt effektivitetsscore på 100 % gjennom hele perioden. Det er kun Medi Partner som opplevde 100 % effektivitet ved antakelse om konstant skalautbytte. Effektiviteten for de resterende DMUene beskrives her:

- *Ødegaard Engros* ligger høyest med gjennomsnittlig TE_{VRS} på 99,90 % blant DMUene med effektivitet lavere enn 100 %. Der de ved TE_{VRS} havnet på 4.plass i effektivitetsscore hos utvalget, har de uten hensyn til skala ligget nest nederst på lista med gjennomsnittlig effektivitet på 98,21 %. Blant DMUene har Ødegaard hatt høyest driftsinntekter for perioden, etter Johs Olsen. Kanskje har dette hatt betydning ved beregning av TE_{VRS} . Deres laveste TE_{VRS} var i 2005 og lå på 98,93 %. Siden har DMUen vært 100 % effektiv. Dette skiller seg fra TE_{CRS} der den kun var 100 % effektiv i 2011-2013. Laveste effektivitet ved CRS var på 91,99 %, mens den ved VRS var på 98,93 %.

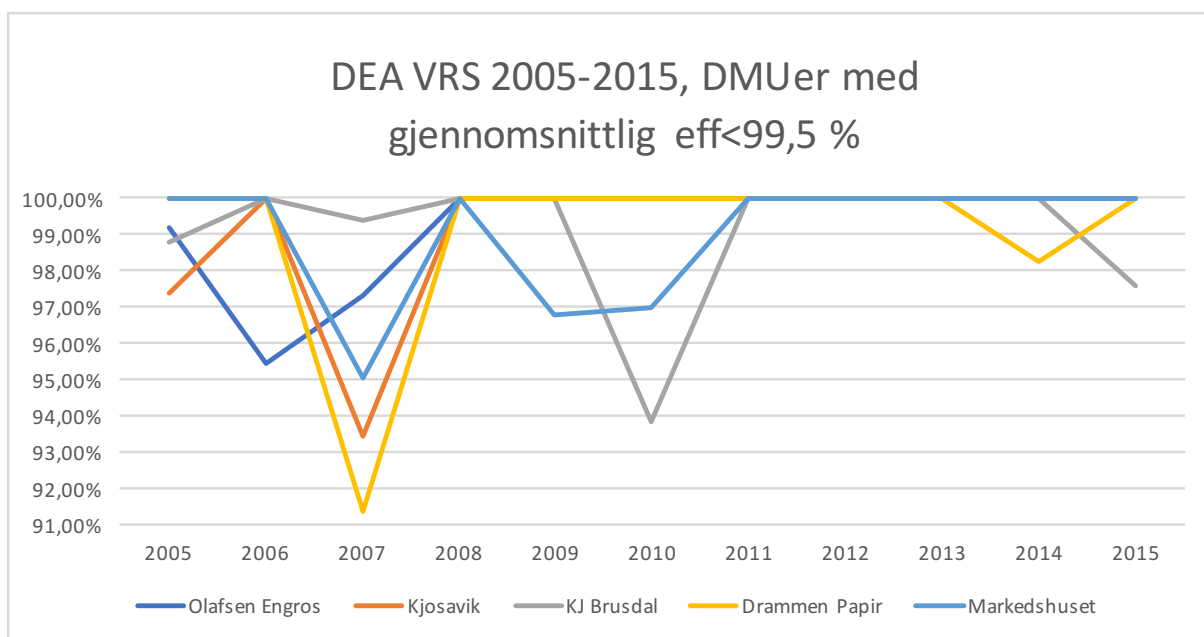
- *Gustav Pedersen* har hatt like svingninger ved TE_{VRS} som ved TE_{CRS} – effektiviteten falt i 2008-2009, før den igjen økte i 2010. Ved TE_{VRS} falt effektiviteten ned til

98,97 % i 2009. De har også vært blant DMUene med høyest driftsinntekter for perioden.

- *NB Engros* opplevde fall i TE_{VRS} i 2006-2007 og i 2013. Laveste effektivitet var i 2006 på 98,47 %. Svingningene ved TE_{VRS} har vært litt mindre enn ved TE_{CRS} der de hadde fall i effektivitet også i 2010 og 2014. Laveste registrerte effektivitet ved TE_{CRS} var i 2013 og lå på 98,06 %. Det største tilbakefallet ved TE_{VRS} var dermed på et annet tidspunkt enn det største tilbakefallet ved TE_{CRS} . Ved TE_{VRS} lå effektiviteten på 99,01 % i 2013.

- *Helseservice Engros* har også utmerket seg ved TE_{VRS} . I motsetning til TE_{CRS} har de ved TE_{VRS} hatt 100 % effektivitet fram til 2008. I 2008-2010 fikk effektiviteten et tilbakefall ned til 97,7 %. Siden 2011 har DMUen hatt 100 % effektivitet ut perioden. Ved TE_{CRS} har DMUen opplevd større svingninger som har vart lengre enn ved TE_{VRS} . Det som er interessant med *Helseservice*, er at de ved TE_{CRS} lå på 13. plass på lista over utvalgets effektivitetsscore, mens de ved TE_{VRS} ligger på 6. Plass på lista over over utvalgets effektivitetsscore.

- *Erik Tanche Nilssen* hadde kun ett tilbakefall i løpet av perioden. I 2007 falt effektivitetsscoren ned til 95,34 %, men har siden 2008 hatt 100 % effektivitet. Med TE_{CRS} hadde DMUen to tilbakefall – et i 2007 og et i 2014. I 2014 lå TE_{CRS} på 99,95 %, slik at avviket fra effektivitetsfronten var liten for dette året. I 2007 derimot, var DMUens effektivitetsscore nede i 93,28 %. Det vil si nærmest 2 prosentpoeng lavere enn effektivitetsscoren ved TE_{VRS} . Erik Tanche Nilssen hadde også relativt høye driftsinntekter for perioden. Høyere enn både NB Engros og *Helseservice Engros*.



Figur 10: Utvikling i effektivitet blant DMUene med gjennomsnittlig effektivitetsscore lavere enn 99,5 %

I Figur 10 kan man se hvilke DMUer som har hatt gjennomsnittlig effektivitetsscore lavere enn 99,5 %. I likhet med TE_{CRS} kan man se at mange DMUer tenderer med tilbakefall i 2007, men ikke like mange som ved TE_{CRS} . Her er det tre DMUer som skiller seg godt ut i sammenlikningen mellom VRS og CRS.

- *Olafsen Engros* følger akkurat samme mønster i tilbakefall på TE_{VRS} som ved TE_{CRS} . De hadde tilbakefall i perioden 2005-2007 og i 2011. Laveste tilbakefall ved TE_{VRS} var i 2006 med effektivitetsscore på 95,44 %. Laveste tilbakefall ved TE_{CRS} var i 2007 med effektivitetsscore på 92,76 %. Dette viser at det er noen forskjeller ved de ulike antakelsene. I 2011 var tilbakefallet så lite at det ikke vises ved Figur 10. Da var effektiviteten på 99,97 %. Årsaken til tilbakefallet i 2005 kan være følger av høy vekst i lønnskostnader og operasjonelle kostnader på henholdsvis 23,97 % og 21,48 %, mens driftsinntektene kun hadde vekst på 10,52 %. I 2011 hadde operasjonelle kostnader høy vekst på 42,25 %, mens salgsinntekter bare lå på 6,35 % i vekst.
- *Drammen Papir* har ved gjennomsnittlig TE_{VRS} havnet på 12. plass, der de ved gjennomsnittlig TE_{CRS} lå på 10. plass. Dette er interessant å se, da de ved TE_{CRS} hadde flere svingninger i effektivitet enn ved TE_{VRS} . DMUen har hatt to tilbakefall i

løpet av perioden. Det første og største tilbakefallet var i 2007 med effektivitetsscore på 91,36 %. Det andre tilbakefallet var i 2014, der DMUen hadde effektivitetsscore på 98,25 %. I 2007 skiller TE_{VRS} fra TE_{CRS} med å ha over 4 prosentpoeng mer i effektivitetsscore i TE_{VRS} , enn ved TE_{CRS} .

- *Markedshuset* har hatt samme svingninger i effektivitet ved TE_{VRS} som ved TE_{CRS} , men effektivitetsscoren er litt høyere. Laveste effektivitetsscore ble i likhet med TE_{CRS} målt i 2007 og lå på 95,04 %. I 2009-2010 falt effektiviteten ned til 96,77 %. Siden 2011 har den ligget på 100 %. I listen over gjennomsnittlig effektivitetsscore for utvalget, har *Markedshuset* falt fra 7. plass ved TE_{CRS} til 13. plass ved TE_{VRS} . Dette indikerer at *Markedshuset* har dårligere effektivitet dersom man tar høyde for skalastørrelse, sammenliknet med de andre DMUene i utvalget.

5.1.3 Skalaeffektivitet

Skalaeffektivitet ble gjort rede for i kapittel 3.3.7. Den viser hvor nært en DMUs kombinasjon av x og y avviker fra optimal skala. Skalaeffektivitet indikerer at jo høyere TE_{VRS} er i forhold til TE_{CRS} , dess lavere vil verdien for skalaeffektiviteten være. Det vil si at DMUens avvik fra optimal skala øker. For eksempel, dersom TE_{CRS} hadde vært lik 0,5 og TE_{VRS} hadde vært lik 0,5, ville forholdet vært lik 1. Men jo mer TE_{VRS} avviker fra TE_{CRS} , jo lavere eller høyere vil verdien være. Dersom TE_{VRS} hadde vært lik 0,6, ville skalaeffektiviteten minket til 0,83. Dersom TE_{VRS} hadde vært lik 0,4, ville skalaeffektiviteten økt til 1,25, og produksjonen ville igjen vært ineffektiv.

Ved hjelp av skalaeffektivitet kan man vurdere hvorvidt DMUens skala bør justeres for å tilnærme seg optimal skala. I dette kapitlet har man beregnet skalaeffektiviteten, og resultatene kan vises i Tabell 10 (se Appendix 8.6):

År	Gjennomsnitt	Minimum	Standardavvik	Antall effektive
2005	99,017 %	94,107 %	1,810 %	7
2006	98,670 %	91,091 %	2,502 %	7
2007	97,309 %	91,991 %	2,844 %	4
2008	99,707 %	98,776 %	0,454 %	9
2009	99,787 %	98,571 %	0,422 %	9
2010	99,607 %	98,304 %	0,593 %	6
2011	99,867 %	98,280 %	0,458 %	11
2012	99,925 %	99,023 %	0,260 %	12
2013	99,884 %	99,045 %	0,284 %	11
2014	99,461 %	96,136 %	1,069 %	7
2015	99,560 %	97,584 %	0,822 %	10

Tabell 10: Gjennomsnittlig skalaeffektivitet i perioden 2005-2015 (i %)

Tabell 10 viser gjennomsnittlig skalaeffektivitet i perioden 2005-2015. I 2006-2007 var skalaeffektiviteten nede på 97,31 %. Siden da og ut perioden har den gjennomsnittlige effektiviteten holdt seg over 99 %. Den laveste verdien for gjennomsnittlig skalaeffektivitet ble målt 97,31 % i 2007. Minste faktiske skalaeffektivitet ble målt i 2006 og var på 91,09 %. Den høyeste verdien for gjennomsnittlig skalaeffektivitet ble målt 99,93 % i 2012. For å tilnærme seg teknisk optimal skala, hadde den gjennomsnittlige DMUen vært nødt til å redusere inputs med 2,69 % i 2007 og med 0,075 % i 2012.

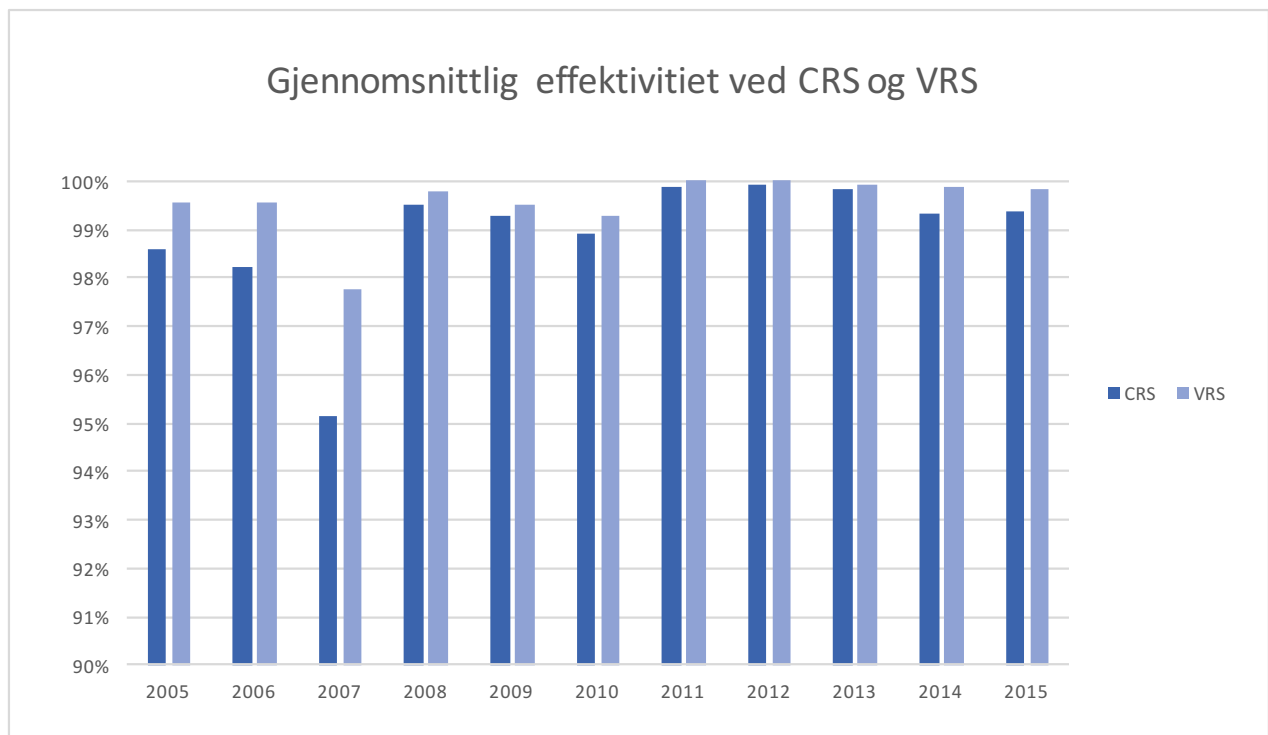
DMU	Gjennomsnitt
Dahle Medical	98,89 %
Drammen Papir	99,25 %
Gustav Pedersen	99,76 %
Helseservice Engros	98,50 %
Johs Olsen	99,97 %
KJ Brusdal	99,21 %
Kjosavik	99,27 %
Markedshuset	99,61 %
Medi Partner	100,00 %
NB Engros	99,81 %
Olafsen Engros	99,12 %
Erik Tanche Nilssen	99,80 %
Ødegaard Engros	98,30 %

Tabell 11: Gjennomsnittlig skalaeffektivitet pr DMU gjennom perioden 2005-2015 (i %)

I Tabell 11 kan man se DMUenes gjennomsnittlige skalaeffektivitet for perioden. Her ser man at det kun er Medi Partner som har vært 100% skalaeffektiv gjennom hele perioden. Det betyr at de har hatt like verdier ved konstant- og variabelt skalautbytte. Ødegaard Engros har hatt lavest gjennomsnittlig skalaeffektivitet på 98,30 %. Deres skalaeffektivitet gjenspeiler TE_{CRS} , fordi TE_{VRS} har vært lik 100 % gjennom hele perioden med unntak 2005.

5.1.4 Diskusjon

Kapittel 5.1.1 og 5.1.2 har gjort rede for forskjeller i effektivitet mellom ulike DMUer, og kommet med forslag med årsaker til perioder med tilbakefall. Det har blitt vist at effektiviteten ved TE_{VRS} er høyere enn effektiviteten ved TE_{CRS} , og at svingningene i noen grad varierer. DMUer som har hatt effektivitetsscore nær effektivitetsfronten ved antakelse om CRS, har hatt fullstendig effektivitet ved VRS. Dette bekrefter antydningen om at effektivitetsscoren øker når man tar høyde for skala. Ved VRS har flere av de større DMUene vært tilnærmet effektive gjennom perioden. En årsak kan være at disse DMUene ikke har hatt andre DMUer med samme størrelse å sammenlikne seg med, slik at effektiviteten deres har fått høyere score enn det det kunne vært i et større utvalg og større variasjon i utvalget. Dersom man ser på resultatene for skalaeffektiviteten, finner man at Medi Partner har vært 100 % skalaeffektiv gjennom hele perioden. En mulig grunn til dette kan være at Medi Partner ikke har hatt andre DMUer med samme skalastørrelse å sammenlikne seg med. Ødegaard Engros har hatt lavest skalaeffektivitet på 98,30 %, der resultatet gjenspeiler effektiviteten til TE_{CRS} .



Figur 11: Sammenligning mellom TE CRS og TE VRS for 2005-2015 (i %)

Resultatene i Figur 11 viser at utvalgets effektivitet var høyest i perioden 2011-2013, både ved antakelse om CRS og VRS. Utvalgets effektivitet var lavest i 2007. I tillegg ser man også at antallet effektive medlemmer øker gjennom hele perioden. Dette vises spesielt godt ved CRS, ettersom differansen i effektivitet mellom CRS og VRS var større i begynnelsen av perioden enn mot slutten av perioden. For eksempel i 2006-2007 var skalaeffektiviteten nede på 97,31 %. Effektiviteten har ikke hatt økende trend gjennom perioden, men har hatt variasjoner med fremgang og tilbakefall. I 2010 hadde utvalget et lite tilbakefall, som også her kan forklares med lav vekst i driftsinntekter i forhold til vekst i driftskostnader. Som tidligere vist har driftskostnadene hatt relativt høy vekst i periodene med tilbakefall, samtidig som at driftsinntektene har vært lave. Spesielt materielle kostnader og operasjonelle kostnader har skilt seg ut med høy vekst dette året. I tillegg er det enkelte variabler som avskrivninger og andre inntekter, som har sterk variasjon gjennom perioden. Dette kan ha bidratt til sterkere resultater for fremgang og tilbakefall enn det effektiviteten hadde vært uten disse variablene. Ettersom materielle kostnader utgjør mer eller mindre ca 70 % av totale kostnader, er det avgjørende at NorEngros i størst mulig grad forsøker å minimere disse for å få en best mulig effektiv organisasjon. Likevel virker det som om vektleggingen av variablene ved beregning av effektivitet er noe annerledes fordelt: Dersom det var slik at vektleggingen av hver variabel

avhenger av hvor mye den enkelte utgjør av det totale, ville vi fått resultater som hadde vist mindre hensyn til for eksempel avskrivninger eller andre inntekter. I tilfeller der effektiviteten har vært høy eller lav, har man også sett at andre inntekter eller avskrivninger har vært høy. Dette indikerer at disse to variablene kan ha hatt en større betydning på resultatene enn det denne antakelsen antyder.

Ved sammenlikning av effektivitet mellom medlemmene, ser man at Medi Partner har ligget på effektivitetsfronten for begge perioder. Selv om de under antakelse om CRS er eneste effektive DMU, er det verdt å merke seg at de også er blant DMUene med høyest gjennomsnittlige supereffektivitet. Ved måling av gjennomsnittlig supereffektivitet under antakelse om CRS, lå de på 3.plass med 1,73 i supereffektivitet. Dette kan bety at de har medvirket forskyvning av effektivitetsfronten, og at enkelte DMUer har fått mindre effektivitetsscore enn det de kunne fått dersom Medi Partner var ekskludert fra analysen. Medi Partner har likevel ikke ligget øverst på lista over supereffektive DMUer. Erik Tanche Nilssen lå øverst, med supereffektivitet under antakelse om CRS på 1,83. Selv om Erik Tanche Nilssen lå øverst på lista med rangering av supereffektivitet, hadde de likevel ikke best total teknisk effektivitet. De hadde gjennomsnittlig total teknisk effektivitet på 99,39 %, og lå på 5.plass i utvalget.

Johs Olsen er også en DMU som ligger i øverste sjikt, både ved beregning av TE_{CRS} og TE_{VRS} . Deres virksomhet brer seg over de fire fylkene Oslo, Akershus, Hedmark og Oppland. Ikke bare opererer de i flere fylker enn det som mange av de andre DMUene gjør, men de opererer også i fylker som har stor befolkningstetthet. Befolkningstetthet kan være avgjørende for DMUenes effektivitet, fordi fylker med større befolkningstetthet også kan bety større kundesegment. Fylker med sprikende befolkningstetthet, kan indikere større transportavstander mellom engroslager og kunde, og dermed høye transportkostnader. Produktspesialisering kan, som tidligere nevnt, også være avgjørende for beregning av effektivitet. Johs Olsen leverer både produkter for helse og for forbruksvarer, og kan ha påvirket beregningen av DMUens effektivitet ytterligere. DMUer som har gjort størst hopp mellom de to ulike antakelsene, er Helseservice Engros og Ødegaard Engros. Helseservice Engros ligger nederst på lista over total teknisk effektivitetsscore med 98,09 %, og er på 7.plass på lista over ren teknisk effektivitetsscore. Helseservice leverer kun helsevarer, og opererer i fylkene Finnmark, Troms og Nordland. Disse fylkene har lavere befolkningstetthet enn fylkene som Johs Olsen opererer i. Helseservices virksomhet viser at geografi og

produktspesialisering kan være av betydning for beregning av effektiviteten. Særlig i beregningen av total teknisk effektivitet, der man antar at alle DMUer opererer i samme skala. Ødegaard Engros leverer både helse- og andre forbruksvarer til fylkene Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane, samt Sør- og Nord-Trøndelag. Riktig nok er to av fylkene av mindre befolkningstetthet, men med to produktspesialiseringer fordelt på tre fylker, har de et godt utgangspunkt for høy effektivitetsscore. Likevel, hadde DMUen bare total teknisk effektivitet på 98,21 %, og lå nest nederst på lista i utvalget. Ved ren teknisk effektivitet, derimot, lå de blant de fire beste.

Både Helseservice Engros, Ødegaard Engros og Johs Olsen viser at geografi og produktspesialisering påvirker skala, og skala i stor grad påvirker effektiviteten.

5.2 Resultater fra Malmquist produktivitetsindeks (MPI)

Denne studien har benyttet tilleggspakken FEAR i språkprogrammet R for å beregne Malmquist produktivitetsindeks under antakelse om CRS og VRS (se Appendix 8.7 og 8.8).

Ved bruk av FEAR har man kunnet beregne de ulike dekomponeringene som har blitt gjort rede for i kapittel 3.4.1 og 3.4.2. Det første som ble gjort var å finne verdiene for observerte inputs og outputs fra en periode til en annen. Disse verdiene ble beregnet i en funksjon i tilleggspakken, og kan forklares her:

- Verdier under antakelse om CRS:

c_{11} = målte observerte inputs og outputs fra periode t mot fronten i periode t

c_{22} = målte observerte inputs og outputs fra periode $t+1$ mot fronten i periode $t+1$

c_{12} = målte observerte inputs og outputs fra periode $t+1$ mot fronten i periode t

c_{21} = målte observerte inputs og outputs fra periode t mot fronten i periode $t+1$

- Verdier under antakelse om VRS:

v_{11} = målte observerte inputs og outputs fra periode t mot fronten i periode t

v_{22} = målte observerte inputs og outputs fra periode $t+1$ mot fronten i periode $t+1$

v_{12} = målte observerte inputs og outputs fra periode $t+1$ mot fronten i periode t

v_{21} = målte observerte inputs og outputs fra periode t mot fronten i periode $t+1$

I beregningen av verdiene under antakelse om VRS, oppstod såkalte *N/A verdier* i resultatene. Dette er en engelsk forkortelse som betyr at verdien ikke er anvendbar eller tilgjengelig. Briec og Kerstens (2008) mener at slike målbarhetsproblemer kan oppstå dersom distansefunksjonen til Malmquistindeksen er estimert på grunnlag av generelle teknologier med ikke-parametriske variabler. Färe et al. forsøkte å unngå dette problemet ved å begrense teknologien til antakelse om konstant skalautbytte. Ettersom vi i denne studien også ønsker å se på MPI under antakelse om VRS, er en mulig – løsning når N/A oppstår i resultatene – å utelukke disse estimatorene fra beregningen og sette inn null som erstattende variabel. Ettersom denne studien bare har 13 DMUer med få observasjoner, har det blitt valgt en annen løsning. I dette tilfellet erstatter man N/A-løsningen med en gjennomsnittsverdi av alle DMUenes verdier for den enkelte variabel. For eksempel, dersom Johs Olsen har N/A-løsning for v12, beregnes gjennomsnittet av de andre DMUenes verdier for v12 og som settes inn som v12-verdi for Johs Olsen. Dette kan gi svakhet i resultatene, da verdiene som beregnes ikke er DMUens faktiske estimator.

Videre har verdiene ovenfor blitt benyttet til å regne ut formlene for de ulike dekomponeringene tilhørende MPI. For eksempel beregner man observerte inputs og outputs mellom to perioder mot fronten i periode t som følger:

$$M_{CRS}^t = \frac{g_{CRS}^t(x^t, y^t)}{g_{CRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}$$

Der $g_{CRS}^t(x^t, y^t)$ er det samme som målte observerte inputs og outputs fra periode t mot fronten i periode t , og $g_{CRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ er det samme som målte observerte inputs og outputs fra periode $t+1$ mot fronten i periode t . Formelen kan dermed omskrives slik:

$$M_{CRS}^t = \frac{c11}{c12}$$

Under antakelse om CRS ble endring i effektivitet og endring i teknologi beregnet. MPI_{CRS} er produktet av disse to. Resultatene for MPI_{CRS} er lagt frem i kapittel 5.3.1. Under antakelse om VRS ble endring i ren effektivitet, endring i ren teknologi og SCH beregnet. MPI_{VRS} er produktet av disse tre. Resultatene for MPI_{VRS} er lagt frem i kapittel 5.3.2.

5.2.1 MPI med antakelse om konstant skalautbytte

Ved konstant skalautbytte er MPI et produkt av *endring i total teknisk effektivitet* og *endring i*

teknologi. Endring i effektivitet viser hvorvidt DMUene har nærmet seg effektivitetsfronten og endring i teknologi viser hvorvidt fronten har skiftet positivt eller negativt som følge av tekniske endringer. Ved MPI vil fremgang i total faktorproduktivitet (TFP) antydes av verdier større enn 1, mens status quo eller tilbakegang av TFP antydes av verdier lik eller mindre enn 1. Resultatene fra gjennomsnittlig Malmquist produktivitetsindeks med antakelse om CRS er vist i Tabell 12:

t, t+1	Endring i effektivitet	Endring i teknologi	MPI
2005-2006	0,996	0,976	0,972
2006-2007	0,970	1,202	1,166
2007-2008	1,048	0,990	1,037
2008-2009	0,998	1,042	1,040
2009-2010	0,996	1,158	1,154
2010-2011	1,010	1,047	1,058
2011-2012	1,001	1,099	1,100
2012-2013	0,999	1,036	1,035
2013-2014	0,995	1,081	1,076
2014-2015	1,001	0,981	0,982
2005-2015	1,001	1,061	1,062

Tabell 12: Gjennomsnittlig EFF, TECH og MPI for perioden 2005-2015

I periodene 2005-2006 og 2014-2015 har gjennomsnittlig MPI_{CRS} hatt tilbakegang. I perioden 2005-2006 var gjennomsnittlig MPI_{CRS} lik 0,972, og hadde tilbakegang fra år 2005 til år 2006 på 2,77 %. I denne perioden kan man se at tilbakegangen i MPI_{CRS} oppstod som følge av både forverring av effektivitet og en forverring av teknologi. I 2014-2015 var gjennomsnittlig MPI_{CRS} lik 0,982, og hadde tilbakegang fra år 2014 til år 2015 på 1,80 %. I dette tilfellet ser man at tilbakegangen i MPI_{CRS} oppstod som følge av en forverring av teknologi. Utvalget hadde forbedringer i åtte perioder. I perioden 2006-2007 var fremgangen størst. Da var gjennomsnittlig MPI_{CRS} lik 1,166, og hadde fremgang fra år 2006 til 2007 med 16,6 %. I denne perioden var effektiviteten forverret, men effektivitetsfronten hadde et positivt skifte. Også her kan man se at fremgangen i MPI_{CRS} oppstod som følge av endring i teknologi. I 2010-2011 og 2011-2012 var begge verdiene for endring i effektivitet og endring i teknologi >1 og dette betyr at de begge har bidratt til fremgang i gjennomsnittlig TFP. Totalt har gjennomsnittlig TFP hatt fremgang for perioden 2005-2015.

Den første dekomponeringen av MPI_{CRS} er endring i effektivitet (EFF_{CRS}). EFF_{CRS} har hatt

fire perioder med fremgang. Størst fremgang var i 2007-2008, der EFF_{CRS} ble målt 1,048. Det vil si at gjennomsnittet hadde en økning i EFF_{CRS} på 4,8 %. Dersom man ser på verdiene for TE_{CRS} i overgangen fra 2007 til 2008, kan man se at antallet effektive DMUer økte fra 4 til 9, og at effektiviteten økte med 4,34 %. I 2010-2011 ble EFF_{CRS} målt 1,010. Her hadde gjennomsnittlig EFF_{CRS} en økning på 1 %. I denne perioden hadde også gjennomsnittlig TE_{CRS} økning i effektivitet, men denne var kun på 0,96 %. Antallet effektive DMUer derimot, økte fra 6 til 12. En mulig forklaring på denne forskjellen kan være at standardavviket lå på 2,11 % i 2010, og at spriket mellom DMUen med lavest effektivitetsscore og DMUen med høyest effektivitetsscore er så stor at den gjennomsnittlige effektiviteten ble påvirket. EFF_{CRS} har hatt seks perioder med forverring i løpet av 2005-2015. Størst forverring var i 2006-2007, der EFF_{CRS} ble målt 0,970. I denne perioden gikk TE_{CRS} ned med 3,05 %, mens antallet effektive DMUer gikk ned fra 7 til 4. Det var også i denne perioden at standardavviket var størst. Endring i effektivitet indikerer hvor mye TE_{CRS} har endret seg fra periode t til periode $t+1$. I snitt for hele perioden 2005-2016 har endring i effektivitet vært tilnærmet lik status quo.

Den andre dekomponeringen av MPI_{CRS} er endring i teknologi ($TECH_{CRS}$). $TECH_{CRS}$ har hatt sju perioder med fremgang. Størst fremgang var i 2006-2007, der $TECH_{CRS}$ ble målt 1,202. Det vil si at gjennomsnittet hadde en økning i $TECH_{CRS}$ på 20,20 %, og at fronten har skiftet positivt. Størst tilbakegang var 2005-2006, der $TECH_{CRS}$ ble målt 0,976. Det vil si at gjennomsnittet hadde en reduksjon i $TECH_{CRS}$ på 2,38 %, og at fronten har skiftet negativt. Endring i teknologi kan i forenklet versjon skrives slik:

$$TECH_{CRS} = \left[\left(\frac{c22}{c12} \right) \cdot \left(\frac{c21}{c11} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Det første leddet måler effektivitetsscoren i periode $t+1$ relativ til fronten i periode t og periode $t+1$. Det andre leddet avstandsforholdet måler effektivitetsscoren i periode t relativ til fronten i periode t og periode $t+1$. Hensikten med $TECH_{CRS}$ er å måle det geometriske gjennomsnittet av endringer i fronten.

Ettersom verdien for $TECH_{CRS} = 1,202$ er lik gjennomsnittet av alle DMUenes $TECH_{CRS}$ -verdi er det vanskelig å studere formelens dekomponeringer, fordi man da må gå inn og studere hver DMUs distanseverdier for $c11$, $c12$, $c22$ og $c21$. Likevel, for å illustrere et eksempel på hvordan endringen i teknologi oppstår, er gjennomsnittet av hver distanseverdi fra 2006-2007

brukt for å beregne $TECH_{CRS}$ for samme periode. Resultatet man får fra dette kan derfor avvike fra opprinnelig verdi, men gir likevel en god forklaring på formelens funksjoner:

	c11	c12	c22	c21
Gjennomsnitt	1,019	0,959	1,053	0,982
c22/c12	1,098			
c21/c11	0,963			
TECH	1,028			

Tabell 13: Eksempel på beregning av endring i teknologi (2006-2007)

Dersom man ser på gjennomsnittsverdiene til variablene fra 2006-2007, er verdiene for c22 større enn verdiene for c12. Her er naturlig nok observasjonene i periode $t+1$ nærmere fronten i periode $t+1$ enn fronten i periode t . Dersom effektiviteten i periode $t+1$ relativt til periode $t+1$ minker, vil forholdstallet til c22/c12 reduseres. Det samme gjelder hvis effektiviteten i periode $t+1$ relativt til periode t øker. Man kan også se ved sammenlikning mellom verdiene til c21 og c11, at verdien til c21 er mindre enn verdien til c11. Også her kan man tenke seg at observasjonene i periode t ligger nærmere fronten i periode t enn fronten i periode $t+1$. Dersom effektiviteten i periode t relativt til periode $t+1$ minker, vil forholdstallet til c21/c11 reduseres. Det samme gjelder hvis effektiviteten i periode t relativt til periode t øker. Dersom begge forholdstallene er <1 , vil effektivitetsfronten skifte negativt. Dersom begge forholdstallene er >1 , vil effektivitetsfronten få et positivt skift. Dersom bare én av forholdstallene er >1 , er effektivitetsfronten avhengig av hvor mye dette forholdstallet går over 1, og hvor mye det andre forholdstallet går under 1. Jo større/mindre det ene forholdstallet er i forhold til det andre forholdstallet, dess mer betydning har den for endring i teknologi.

Gjennomsnittlig MPI CRS 2005-2015			
DMU	Endring i effektivitet	Endring i teknologi	MPI
Dahle Medical	1,0008	1,2086	1,2095
Drammen Papir	1,0007	1,0190	1,0197
Gustav Pedersen	1,0001	1,0302	1,0302
Helseservice Engros	1,0067	1,0062	1,0129
Johs Olsen	1,0000	1,0309	1,0309
KJ Brusdal	0,9981	1,0917	1,0896
Kjosavik	1,0036	1,0047	1,0083
Markedshuset	1,0009	1,0761	1,0771
Medi Partner	1,0000	1,0835	1,0835
NB Engros	1,0001	1,0059	1,0060
Olafsen Engros	1,0053	1,0098	1,0152
Erik Tanche Nilssen	1,0005	1,2218	1,2224
Ødegaard Engros	1,0008	1,0093	1,0101

Tabell 14: Gjennomsnittlig EFF, TECH og MPI per DMU for perioden 2005-2015

Resultatene i Tabell 14 viser at samtlige DMUer har hatt fremgang gjennom perioden 2005-2015. Alle har i snitt hatt et positivt skifte i effektivitetsfronten. Alle unntatt KJ Brusdal har i snitt hatt fremgang i effektiviteten. Til tross for gjennomsnittlig endring i effektivitet på 0,99, har KJ Brusdals verdier for endring i teknologi bidratt til fremgang i TFP på 1,089.

Dersom man skal sammenligne DMUenes listeplassering mellom TFP og TE_{CRS} , finner man noen forskjeller. Erik Tanche Nilssen som ligger øverst på lista med størst fremgang i TFP, ligger på 5. plass på lista over TE_{CRS} . Medi Partner hadde 100 % effektivitet gjennom hele perioden og lå øverst på lista for TE_{CRS} , men faller likevel bak Erik Tanche Nilssen når man ser på fremgang TFP. Fra kapittel 5.1.1 vet man at gjennomsnittlig c_{11} og c_{22} har vært tilnærmet lik 1 for Erik Tanche Nilssen og eksakt lik 1 for Medi Partner. Av den grunn kan man anta at Erik Tanche Nilssens verdier for c_{21} har vært større enn Medi Partners verdier og/eller at c_{12} har mindre enn Medi Partners verdier. Hva som kan være årsaken til at Erik Tanche Nilssens dette er avhengig av hvilke vekter som har blitt brukt til å optimalisere DMUenes effektivitet og til å danne effektivitetsfronten. En intuitiv forklaring kan være at ettersom Medi Partner har hatt 100 % effektivitet gjennom hele perioden har de ikke hatt behov for å forbedre seg, slik at når fronten forflytter seg bruker de lengre tid på å hente seg inn enn det de strebende DMUene gjør.

5.2.2 MPI med antakelse om variabelt skalautbytte

Ved variabelt skalautbytte er MPI et produkt av *endring i ren teknisk effektivitet*, *endring i ren teknologi* og *endringer i skala*. Endring i ren effektivitet viser hvorvidt DMUene har nærmet seg effektivitetsfronten under antakelse om variabel skalaproduksjon. Endring i ren teknologi viser hvorvidt fronten har skiftet positivt eller negativt som følge av tekniske endringer med antakelse om variabel skalaproduksjon. Endringer i skala er som vist i formel 23.4) i kapittel 2.4.2, et produkt av endringer i skalaeffektivitet og endringer i skalateknologi. Også her vil fremgang i total faktorproduktivitet (TFP) antydes av MPI-verdier større enn 1, mens status quo eller tilbakefall av TFP antydes av verdier lik eller mindre enn 1. Resultatene fra Malmquist produktivitetsindeks med antakelse om VRS er vist i Tabell 15:

t, t+1	Endring i ren effektivitet	Endring i ren teknologi	SCH	MPI
2005-2006	1,000	1,001	0,996	0,997
2006-2007	0,983	1,066	1,146	1,200
2007-2008	1,021	0,952	1,039	1,010
2008-2009	0,997	0,972	1,075	1,042
2009-2010	0,998	1,169	0,988	1,153
2010-2011	1,008	1,065	0,989	1,060
2011-2012	1,000	1,100	1,002	1,102
2012-2013	0,999	1,000	1,037	1,036
2013-2014	0,999	1,064	1,011	1,075
2014-2015	1,000	0,985	0,998	0,983
2005-2015	1,000	1,037	1,028	1,067

Tabell 15: Gjennomsnittlig PEFF, PTECH, SCH og MPI i perioden 2005-2015

Resultatene som har blitt presentert i tabellen viser at man i periodene 2005-2006 og 2014-2015 har hatt forverring av gjennomsnittlig TFP. Laveste MPI_{VRS} var i 2005-2006 og lå på 0,99, mens størst MPI_{VRS} var i 2006-2007 og lå på 1,2.

Den første dekomponeringen av MPI_{VRS} er endring i ren teknisk effektivitet ($PEFF_{VRS}$). $PEFF_{VRS}$ har kun hatt tre perioder med fremgang. Størst fremgang var i 2007-2008, der $PEFF_{VRS}$ ble målt 1,021. Det vil si gjennomsnittet hadde en økning i $PEFF_{VRS}$ på 2,1 %. Dersom man ser på verdiene for TE_{VRS} finner man at i overgangen fra 2007 til 2008 økte effektiviteten med 2 %, og antallet DMUer gikk fra 6 til 11. I perioden 2005-2006 og 2011-2012 var fremgangen i effektiviteten nesten uendret. Den største tilbakegangen var i 2006-2007 der $PEFF_{VRS}$ ble målt 0,983. Det vil si at gjennomsnittet hadde en reduksjon i $PEFF_{VRS}$ på 1,17 %. Fra resultatene på TE_{VRS} kan man se at effektiviteten falt fra 99,53 % i 2006 til 97,78 % i 2007. Antallet effektive DMUer falt fra 11 til 6 igjen. Endring i ren teknisk

effektivitet indikerer bare hvor mye TE_{VRS} har endret seg fra periode t til periode $t+1$. I snitt for hele perioden 2005-2016 har endring i effektivitet hatt status quo.

Den andre dekomponeringen av MPI_{VRS} er endring i ren teknologi ($PTECH_{VRS}$). $PTECH_{VRS}$ har hatt seks perioder med fremgang. Størst fremgang var i 2009-2010, der $PTECH_{VRS}$ ble målt 1,169. Det vil si at gjennomsnittet hadde en økning i $PTECH_{VRS}$ på 16,9 %. $PTECH_{VRS}$ har hatt tre perioder med tilbakefall. Størst tilbakefall var 2007-2008, der $PTECH_{VRS}$ ble målt 0,952. Det vil si at gjennomsnittet hadde en reduksjon i $PTECH_{VRS}$ på 4,79 %. Formelen for $PTECH_{VRS}$ skrives på samme måte som formelen til $TECH_{CRS}$, bortsett fra at man her antar VRS istedenfor CRS:

$$PTECH_{VRS} = \left[\left(\frac{v_{22}}{v_{12}} \right) \cdot \left(\frac{v_{21}}{v_{11}} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

De samme trendene skjer ved beregning av $PTECH_{VRS}$ for 2009-2010 som ved beregningen av $TECH_{CRS}$. Verdien til v_{22} og er større enn v_{12} , og verdien til v_{21} er mindre enn v_{11} . Dette indikerer at forholdstallet v_{22}/v_{12} har en verdi >1 , mens forholdstallet v_{21}/v_{11} har en verdi <1 . Jo større/mindre verdi det ene forholdstallet har i forhold til det andre forholdstallet, dess mer betydning har den for endring i ren teknologi. I dette tilfellet hadde forholdstallet v_{22}/v_{12} større verdi over 1 enn det v_{21}/v_{11} hadde under 1, og dermed får $PTECH_{VRS}$ en verdi større enn 1 og effektivitetsfronten får et positivt skifte.

t, t+1	Endring i skalaeffektivitet	Endring i skalateknologi	SCH
2005-2006	0,996	0,999	0,996
2006-2007	0,987	1,161	1,146
2007-2008	1,026	1,013	1,039
2008-2009	1,001	1,074	1,075
2009-2010	0,998	0,990	0,988
2010-2011	1,003	0,986	0,989
2011-2012	1,001	1,001	1,002
2012-2013	1,000	1,037	1,037
2013-2014	0,996	1,016	1,011
2014-2015	1,001	0,997	0,998
2005-2015	1,001	1,027	1,028

Tabell 16: Gjennomsnittlig SCH VRS i perioden 2005-2015

Den tredje dekomponeringen av MPI_{VRS} er endring i skala (SCH_{VRS}). Dersom man stykker opp SCH_{VRS} kan man se hvilke endringer som har vært avgjørende for SCH_{VRS} : I Tabell 16 har for

eksempel periode 2005-2006 hatt forverring i SCH_{VRS} , med verdi på 0,996. Forverring av SCH_{VRS} kan skyldes både endring i skalaeffektivitet og endring i skalateknologi, eller en kombinasjon av disse. Endringer i skalaeffektivitet kan med de utregnede gjennomsnittsverdiene for 2005-2006 vises i formel 23.4). Også her kan resultatene avvike fra opprinnelig verdi. SCH_{VRS} for 2005-2006 er beregnet:

$$\text{Endringer i skalaeffektivitet} = \frac{\frac{c_{11}}{v_{11}}}{\frac{c_{22}}{v_{22}}} = \frac{\frac{1,01479275}{1,00446478}}{\frac{1,01907711}{1,00487656}} = \frac{1,01028508}{1,01413164} \approx 0,996$$

Her ser man at skalaeffektiviteten i periode $t+1$ var større enn skalaskalaeffektiviteten i periode t . Dette indikerer at man i periode $t+1$ avviker i større grad fra optimal skala, enn i periode t , og verdien for SCH_{VRS} blir dermed lavere.

Endringer i skalateknologi kan med de utregnede gjennomsnittsverdiene for 2005-2006 skrives slik:

$$\begin{aligned} \text{Endringer i skalateknologi} &= \left[\frac{\frac{c_{22}}{v_{22}}}{\frac{c_{12}}{v_{12}}} \cdot \frac{\frac{c_{21}}{v_{21}}}{\frac{c_{11}}{v_{11}}} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{1,01907711}{1,00487656} \cdot \frac{0,91229817}{0,87416796} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[\frac{1,01413164}{1,06609941} \cdot \frac{1,04361886}{1,01028508} \right]^{\frac{1}{2}} \approx 0,99 \end{aligned}$$

Utregningen viser hvordan endringer i teknologi kan påvirke DMUens endringer i skala. Dette finner man ved å måle avstanden fra observasjonene i periode $t+1$ mot fronten i begge perioder, med antakelse om CRS og med antakelse om VRS. Samt måler avstanden fra observasjonene i periode t mot fronten i begge perioder, med antakelse om CRS og med antakelse om VRS. Endringer i skalateknologi kan stykkes opp for å skape forståelse for hvordan den endrer seg:

- Skalaeffektiviteten i telleren på første ledd har verdi lik 1,0141 og avviker fra teknisk optimal skala med 1,41 %. I snitt har effektiviteten for periode $t+1$ relativt til fronten i periode $t+1$ med antakelse om CRS vært lik 1,019, og er dermed større enn effektiviteten i periode $t+1$ relativt til fronten i periode $t+1$ med antakelse om VRS som har vært lik 1,0048. Dette betyr at begge effektivitetene har ligget over effektivitetsfronten, og at CRS har hatt størst avstand fra fronten. Ved MPI er det ingen restriksjoner på at effektiviteten er begrenset til å være lik eller mindre enn 1,

men en DMU er fortsatt effektiv bare når effektiviteten får verdi lik 1. Dette indikerer at man ved antakelse om CRS har observasjoner i periode $t+1$ som i større grad avviker fra fronten i periode $t+1$ enn ved antakelse om VRS.

- Skalaeffektiviteten i nevneren på første ledd har verdi lik 1,0661 og viser at observasjonene avviker fra teknisk optimal skala med 6,61%. I dette tilfellet er verdiene for c_{12} lik 0,969, mens verdiene for v_{12} er lik 0,909. Dette indikerer at man ved antakelse om CRS har observasjoner i periode $t+1$ som er nærmere fronten i periode t enn ved antakelse om VRS.

- Skalaeffektiviteten i telleren på andre ledd har verdi lik 1,0436 og avviker fra teknisk optimal skala med 4,36 %. Som forklart i telleren på første ledd har observasjonene i periode t ligget over fronten i periode t , og er dermed posisjonert nærmere fronten i periode $t+1$. I dette tilfellet er verdiene for c_{21} lik 0,912, mens verdiene for v_{21} er lik 0,874. Dette indikerer at man ved antakelse om CRS har observasjoner i periode t som er nærmere effektivitetsfronten i periode $t+1$, enn ved antakelse om VRS.

- Skalaeffektiviteten i nevneren på andre ledd har verdi lik 1,0102 og avviker fra teknisk optimal skala med 1,02 %. I dette tilfellet er verdiene for c_{11} lik 1,014, mens verdiene for v_{11} er lik 1,004. Dette indikerer at man ved antakelse om VRS har observasjoner i periode t som er nærmere fronten i periode t , enn ved antakelse om CRS.

I Tabell 16 kan man se at SCH_{VRS} har hatt fire perioder med tilbakefall. Periodene med tilbakefall var i 2005-2006, 2009-2010, 2010-2011, og 2014-2015, der størst forverring var i 2009-2010 med tilbakefall på 1,17 %. Størst forbedring var i 2006-2007 med fremgang på 14,55 %. Endring i skalateknologi har hatt forverring i de samme periodene som SCH_{VRS} , mens endring i skalaeffektivitet har hatt fem perioder med forverring, der kun to av disse har vært i samme periode som forverring av SCH_{VRS} . Dette viser at endring i skalateknologi i størst grad har påvirket SCH_{VRS} . Dersom endringer i skalateknologi har verdi større enn 1 og endringer i skalaeffektivitet er mindre enn 1, er det endringer i skalateknologi som veier tyngst for SCH_{VRS} . Formelen for endringer i skalateknologi viser at skalateknologi skifter positivt dersom skalaeffektiviteten for observasjoner i periode $t+1$ relativt til fronten i periode $t+1$ er større enn skalaeffektiviteten for observasjoner i periode $t+1$ relativt til fronten i

periode t , eller hvis skalaeffektiviteten for observasjoner i periode t relativt til fronten i periode $t+1$ er større enn observasjoner i periode t relativt til fronten i periode t .

Gjennomsnittlig MPI VRS 2005-2015				
DMU	Endring i ren effektivitet	Endring i ren teknologi	SCH	MPI
Dahle Medical	1,000	1,203	1,016	1,219
Drammen Papir	1,001	1,024	0,995	1,019
Erik Tanche Nilssen	1,000	0,997	1,290	1,195
Gustav Pedersen	1,000	0,994	1,040	1,035
Helseservice Engros	1,000	1,048	0,949	1,014
Johs Olsen	1,000	0,993	1,040	1,032
KJ Brusdal	0,999	1,036	1,002	1,040
Kjosavik	1,003	0,958	1,045	1,011
Markedshuset	1,000	1,103	0,976	1,084
Medi Partner	1,000	1,067	1,011	1,094
NB Engros	1,000	1,051	1,034	1,080
Olafsen Engros	1,001	1,024	0,981	1,015
Ødegaard Engros	1,001	0,987	1,038	1,015

Tabell 17: Gjennomsnittlig PEFF, PTECH, SCH og MPI per DMU for perioden 2005-2015

Dersom man sammenlikner MPI_{VRS} mellom DMUene i utvalget, viser resultatene i Tabell 17 at samtlige DMUer har hatt fremgang i MPI_{VRS} gjennom perioden 2005-2015. Alle har i snitt hatt fremgang i $PEFF_{VRS}$, med unntak KJ Brusdal som har hatt $PEFF_{VRS}$ på 0,99. Trenden for $PEFF_{VRS}$ er lik trenden EFF_{CRS} . Ved $PTECH_{VRS}$ er det fem DMUer som har hatt et negativt skifte på effektivitetsfronten. Kjosavik har hatt lavest verdier for $PTECH_{VRS}$, og er målt 0,958. Ingen av forverringene i $PTECH_{VRS}$ er i samsvar med forverring av $PEFF_{VRS}$ eller SCH_{VRS} . Dahle Medical har hatt høyest verdier for $PTECH_{VRS}$ på 1,203. De har også hatt verdier >1 på både $PEFF_{VRS}$ og SCH_{VRS} . Det er ingen DMUer som har hatt forverring av flere av disse dekomponeringene samtidig. Enten har de hatt forverring av bare $PEFF_{VRS}$, bare $PTECH_{VRS}$ eller bare SCH_{VRS} , eller ingen av delene. Av den grunn har MPI_{VRS} alltid hatt en verdi >1 .

Gjennomsnittlig MPI VRS 2005-2015			
DMU	Endring i skalaeffektivitet	Endring i skalateknologi	SCH
Dahle Medical	1,001	1,010	1,014
Drammen Papir	0,999	0,995	0,994
Erik Tanche Nilssen	1,000	1,204	1,198
Gustav Pedersen	1,000	1,041	1,041
Helseservice Engros	1,007	0,962	0,968
Johs Olsen	1,000	1,039	1,039
KJ Brusdal	0,999	1,006	1,005
Kjosavik	1,001	1,051	1,052
Markedshuset	1,000	0,982	0,982
Medi Partner	1,000	1,026	1,026
NB Engros	1,000	1,027	1,027
Olafsen Engros	1,004	0,986	0,991
Ødegaard Engros	1,000	1,027	1,027

Tabell 18: Gjennomsnittlig SCH VRS per DMU i perioden 2005-2015

Ved SCH_{VRS} er det fire DMUer som har opplevd forverring. Dersom man ser på dekomponeringen av SCH_{VRS} i Tabell 18, kan man også her se at forverringene av SCH_{VRS} kan i hovedsak skyldes forverring av skalateknologi. Når endring i skalaeffektivitet er <1 og endring i skalateknologi er >1 , ser man her at gjennomsnittlig SCH_{VRS} er >1 . I dette tilfellet er det Helseservice Engros som i snitt har hatt lavest verdi for SCH_{VRS} .

5.2.3 Diskusjon

I denne analysen har man målt utviklingen i produktivitet for perioden 2005-2015, både ved antakelse om CRS og VRS. Resultatene i Tabell 19 viser at utviklingen har vært lik ved bruk av begge antakelser, men at MPI_{VRS} har hatt høyere resultater enn MPI_{CRS} .

t, t+1	MPI CRS	MPI VRS
2005-2006	0,972	0,997
2006-2007	1,166	1,200
2007-2008	1,037	1,010
2008-2009	1,040	1,042
2009-2010	1,154	1,153
2010-2011	1,058	1,060
2011-2012	1,100	1,102
2012-2013	1,035	1,036
2013-2014	1,076	1,075
2014-2015	0,982	0,983
2005-2015	1,062	1,067

Tabell 19: Sammenlikning av MPICRS og MPIVRS (i perioden 2005-2015)

Både MPI_{VRS} og MPI_{CRS} har hatt tilbakefall i periodene 2005-2006 og 2014-2015. Likevel er det noen forskjeller i hvordan resultatene oppstår.

Ved dekomponering av MPI_{CRS} finner man at nedgangen i 2005-2006 skyldes både endring i effektivitet og endring i teknologi, mens nedgangen i 2014-2015 skyldes kun endring i teknologi. Ved sistnevnte er endring i effektivitet >1 , men denne verdien er ikke høy nok til å kunne påvirke MPI_{CRS} til å bli >1 . Endring i teknologi veide dermed tyngst i beregningen av MPI_{CRS} for perioden 2014-2015. I de tilfellene der endring i teknologi er >1 og endring i effektivitet er <1 , er verdien for endring i teknologi større enn verdien for endring i effektivitet slik at MPI_{CRS} også her blir >1 .

Ved dekomponering av MPI_{VRS} finner man at nedgangen i 2005-2006 ikke skyldes endringer i ren teknologi ($PTECH_{VRS}$), men endringer i skala (SCH_{VRS}). Ettersom $PTECH_{VRS}$ avviker fra endring i teknologi ($TECH_{CRS}$), kan dette indikere at $c11 < v11$ og at $c22 < v22$, og skalaeffektiviteten blir negativ. Videre vil dette også påvirke endringer i skalateknologi. For 2005-2006 fikk man i Tabell 16 se at både endring i skalaeffektivitet og endring i skalateknologi var <1 . Dermed stemmer det at forverringen av SCH_{VRS} skyldtes en kombinasjon av disse to. I 2014-2015 har forverring i alle tre dekomponeringer ført til tilbakefall i MPI_{VRS} . I dette tilfellet har endring i ren teknologi hatt det største tilbakefallet, dernest endring i skala.

Dersom man sammenlikner medlemmenes gjennomsnittlige MPI for både CRS og VRS fra Tabell 14 og Tabell 17, finner man at verdiene er >1 for hele utvalget. Ved MPI_{CRS} er det kun KJ Brusdal som har hatt gjennomsnittlig forverring av effektivitet for perioden. Deres endring i effektivitet ligger på 0,998. For endring i teknologi er alle verdier >1 . Ved MPI_{VRS} finner man større variasjoner. Også her er KJ Brusdal det eneste medlemmet av kjeden som har hatt gjennomsnittlig forverring i ren effektivitet, likevel er denne verdien lik 0,999 og ikke langt unna 1. For endring i ren teknologi ser man langt flere tilbakefall. Fem medlemmer har i gjennomsnitt hatt forverring i ren teknologi. Der Kjosavik har hatt lavest gjennomsnittsverdi på 0,958. Her er det fire faktorer som spiller inn. For at $PTECH_{VRS}$ skal oppleve forverring må $v22$ være mindre enn $v12$, og/eller $v21$ være mindre enn $v11$. Dette betyr at differansen mellom ren teknisk effektivitet målt i periode $t+1$ og ren teknisk effektivitet målt i periode t bestemmer om fronten skifter negativt, positivt, eller står uendret. For endring i skala er det fire medlemmer som har hatt tilbakefall, der Helseservice Engros har hatt lavest verdi på

0,949. Også her kan man se at SCH_{VRS} følger de samme tilbakefallene til endring i skalateknologi, som ved sammenlikning av medlemmenes gjennomsnitt for hver periode. Endring i skalaeffektivitet har hatt gjennomsnittsverdier tilnærmet lik 1 for perioden 2005-2016. Dette betyr at nedfall eller forsterkninger i SCH_{VRS} kan skyldes endringer i skalateknologi.

5.3 Videre diskusjon: svakheter med analysen

Studien sine svakheter som kan påvirke resultatene til analysen. Svakheterne vil gjøres rede for i dette kapitlet:

- Medlemmene er lokalisert på forskjellige steder av landet, og det kan være vanskelig å avgjøre hvilke medlemmer som er effektive ut fra deres geografiske forutsetninger. Medlemmer med lokasjon rundt større byer kan ha kortere avstand mellom kundene, og mindre transportkostnader. Større byer er også mer urbanisert, og dermed større sjanse for innhenting av nye kunder.
- Medlemmene har spesialisert seg på to ulike produktområder: helsevarer og andre forbruksvarer. Noen medlemmer har kun spesialisert seg på ett av disse to, mens andre leverer innenfor begge kategorier. Med ulike spesialiseringer kan det være vanskelig å avgjøre hvilke medlemmer som er effektive. For eksempel kan et medlem som både tilbyr produkter innen helse og andre forbruksvarer selge mer og dermed øke sine salgsinntekter, men det kan også føre til at den ikke aktivt klarer å selge nok av sine produkter, slik at kostnadene per solgte vare blir større, og dermed regnes som ineffektiv.
- En annen utfordring har vært å finne variabler som påvirker effektiviteten til medlemmene. Ettersom organisasjonen byttet IT-system i 2011, har man hatt begrensede muligheter for tilgang på data. Derfor er parameterne i denne sammenheng kun basert på informasjon hentet fra det offentlige årsregnskapet. Variabler fra et offentlig driftsregnskap er pålitelige, men gir ikke et realistisk bilde på hvordan kjeden som helhet effektiviserer seg. I denne studien får man kun informasjon om driften har minimert kostnadene eller maksimert inntektene. Mål av effektivisering kan bestå av mange flere faktorer enn bare det. For eksempel kan effektiviteten måles ved hvor rask omløpshastighet en bedrift har, hvor lang lagringstiden er på lager, omsetning av

produktgrupper, eller antall kunder.

- Enkelte variabler som har blitt brukt i analysen har hatt sterk korrelasjon med hverandre gjennom perioden. Dette kan bety at de har overlappet hverandre, og dermed gitt dobbelt utslag på effektivitetsscoren. Variabler som hatt svak korrelasjon kan også gi misvisende tall for effektivitet, da endringer på disse ikke nødvendigvis har noen sammenheng med endringer på andre variabler. Dersom en input- og en outputvariabel som er ikke-korrelert tilfeldigvis endrer seg på samme tidspunkt, kan det virke som om disse to variablene har større betydning for hverandre enn det som er realitet og dermed vektes feil. I denne studien har både avskrivninger og andre inntekter hatt svak korrelasjon med andre variabler. Det kan derfor være fare for at disse to variablene har gitt misvisende utslag på effektiviteten.

- Basert på funnene i korrelasjonsanalysen og Bankertesten, samt resultatene fra effektivitets- og produktivitetsanalysen, har ikke variabelen avskrivninger i virkeligheten noen betydning for måling av DMUenes effektivitet. Det kan være fordi det er en fast kostnad som ikke kan styres direkte og kan dermed heller ikke direkte minimeres for gitt produksjon. Andre inntekter er en input som varierer i stor grad mellom medlemmene og fra år til år. For eksempel kan variabelen i det ene året ha høy inntekt, mens den i tre år etter hverandre er lik null. Det er en viss fare for at disse to variablene har gitt større utslag på produktiviteten, enn det de ville gjort i virkeligheten. Dersom modellen har vektet variablene slik at endringer på disse variablene i større grad påvirker effektiviteten, kan dette føre til at validiteten i oppgaven reduseres.

- Ved beregningen av effektivitet under antakelse om variabelt skalautbytte, oppstod N/A-verdier i resultatene. Disse ble som tidligere nevnt fjernet ved å erstatte de med medlemmenes gjennomsnitt for variabelen, for å beholde så mange observasjoner som mulig. Dette betyr at effektiviteten med hensyn til skala har gitt informasjon som kan avvike fra virkeligheten.

- Analysen er kun basert på 13 DMUer. Det går derfor ikke an å generalisere funnene for hele bransjen. Det er heller ikke mulig å trekke statistiske slutninger for analysen, fordi observasjonene er for små. Effektivitetsvurderingen av organisasjonen er derfor

kun en indikasjon som er basert på historiske data.

- Det verdt å merke seg at når man kun sammenlikner medlemmer innenfor en organisasjon, i dette tilfellet 13 DMUer, vil referansesettet være liten. Dette indikerer at medlemmene i utvalget vil få effektivitetsscore som ligger nært effektivitetsfronten. Selv om effektivitetsscoren deres er høy er mulighetene for ytterligere forbedring stor, fordi effektivitetsscoren er sett i den relative sammenheng.

6. Konklusjon

I denne delen vil oppsummering og konklusjon presenteres. Konklusjonen er basert på resultatene og vurderingen/diskusjonene av funnene fra kapittel 5, og vil hen vise til dette kapitlet i diskusjonen. Studien har hatt som formål å måle medlemmenes relative effektivitets- og produktivitetsutvikling i perioden 2005-2015, samt drøfte betydningen av variablene som brukes til analysen. For å måle dette har man ved hjelp av DEA-analyse brukt utvalget som referansesett og dannet en effektivitetsfront som skal fungere som benchmark for medlemmene. Videre har man også målt medlemmenes produktivitetsutvikling ved hjelp av Malmquist produktivitetsindeks. Etersom DEA-analysen er en ikke-parametrisk metode, har variablene blitt testet gjennom korrelasjonsanalyse og bankertest.

NorEngros er en landsdekkende kjede som ble stiftet i 1989. Deres forretningsområde er detalj- og engroshandel med sortiment innen emballasje, møbler, kontor, storhusholdning, samt medisinske forbruksvarer og blå resept. I drøftingen av analysen har disse produktområdene blitt delt inn i helsevarer og andre forbruksvarer. For å være best i sin bransje er det viktig at kjeden hele tiden jobber med å minimere bruken av ressursinnsatser. Analysen som blir presentert i denne studien kan bidra til å gi kjedens 13 medlemmer innsikt i hvor stort forbedringspotensialet er for hvert enkelt medlem, sammenlignet med hverandre.

Fra resultatene i kapittel 5.1.1 fant man at 1 av 13 medlemmer av NorEngros-kjeden har vært effektiv gjennom perioden, dersom man antar at størrelse ikke er avgjørende for måling av effektivitet. Gjennomsnittlig total teknisk effektivitetsscore ble målt 98,90 %, og viser at effektiviteten i kjeden har hatt et høyt effektivitetsnivå. Dersom man ser på gjennomsnittlig effektivitetsscore fordelt på hvert medlem, kan man se at fem medlemmer har hatt total teknisk effektivitet høyere enn dette. Helseservice Engros hadde laveste gjennomsnittlige total teknisk effektivitet målt 98,09 %. Medi Partner er det eneste medlemmet som har vært effektiv i

denne perioden. Dersom man ser på gjennomsnittet av medlemmenes effektivitetsscore fra år til år, kan man i Tabell 6 se at laveste totale effektivitetsscore ble målt i 2007 med 95,15 % og høyeste totale effektivitetsscore ble målt i 2012 med 99,93 %.

Fra resultatene i kapittel 5.1.2 fant man at 3 av 13 medlemmer av NorEngros-kjeden har vært effektive gjennom perioden, dersom man antar at størrelsen kan ha betydning for effektiviteten. Gjennomsnittlig ren teknisk effektivitetsscore ble målt 99,55 %. Her er både effektivitet og antallet effektive medlemmer større ved VRS enn ved CRS. Dersom man også her ser på gjennomsnittlig effektivitetsscore fordelt på hvert medlem, finner man at sju medlemmer har hatt total effektivitet høyere enn dette. I dette tilfellet ligger Helseservice Engros på midten av fordelingen, mens Markedshuset ligger nederst med laveste effektivitetsscore på 98,98 %. Medi Partner, Johs Olsen og Dahle Medical hadde i dette tilfellet fullstendig effektivitet. Medi Partner var det eneste medlemmet med optimal skalaproduksjon, fordi de hadde 100 % effektivitet både ved CRS og VRS. Skalaeffektiviteten har variert i noen grad, og har som vist vært størst i år 2007, da høye driftskostnader og lav driftsinntekt førte til tilbakegang i effektivitet hos de fleste medlemmene i NorEngros.

Ved gjennomgang av produktivitet utviklingen fant man ved dekomponering av MPI_{CRS} at det kun er to perioder der organisasjonen har hatt tilbakefall i produktivitet utviklingen. Første periode var i 2005-2006 som følge av forverring av effektivitet og et negativt skifte på effektivitetsfronten. Andre periode var i 2014-2015 som følge av et negativt skifte på effektivitetsfronten, men der effektiviteten hadde fremgang fra 2014 til 2015. Ved dekomponering av MPI_{VRS} fant man at medlemmene hadde tilbakefall i de samme periodene. Første periode hadde derimot tilbakefall som følge av forverring i skala, der både skalaeffektiviteten og skalateknologi var forverret. Den andre perioden hadde tilbakefall som følge av forverring av ren teknologi og skala. I dette tilfellet var det kun tilbakefall i skalateknologi som forverret skala.

I diskusjonen på kapittel 5.1.4 ble det gjengitt at det eksisterer forskjeller hos enkelte DMUer ved beregning av total teknisk effektivitet og ren teknisk effektivitet. For eksempel har Medi Partner hatt 100 % effektivitet gjennom perioden. En årsak til dette kan være at de ikke har hatt andre DMUer med samme størrelse å sammenlikne seg med, og dermed har fått høy effektivitetsscore. En annen årsak kan være geografiske og produktspesialiserende forskjeller

mellom medlemmene som gjør at effektiviteten for enkelte beregnes høyere relativt til utvalget.

Det har vært utfordrende å få tak i tilstrekkelig data til analysen. NorEngros byttet IT-system i 2011, noe som har gjort det vanskelig å finne informasjon helt bak til 2005, og som ikke er økonomiske regnskapstall. En annen svakhet med analysen er at to variabler, *avskrivninger* og *andre inntekter*, har hatt svak korrelasjon med de andre variablene i analysen. Dette kan bety at de har blitt vektet feil i analysen, og gitt forsterkende utslag ved måling av effektivitet. Dessverre legger ikke programmeringspakkene frem hvilke vekter som benyttes til beregning av effektivitet, noe som hadde vært interessant å studere. I analysen ser man at i tilfeller der effektiviteten har hatt sterk fremgang/forverring, har avskrivninger og/eller andre inntekter hatt plutselige økninger i vekst. Begge disse variablene har variert fra år til år og mellom medlemmene. Dette viser at valg av variabler har hatt stor betydning for validiteten i effektivitets- og produktivitetsanalysen.

Selv om gjennomsnittlig produktivitetsutvikling har vært høy, er det verdt å merke seg at når man kun sammenlikner medlemmer innenfor en organisasjon, i dette tilfellet 13 DMUer, vil referansesettet være liten. Dette indikerer at medlemmene i utvalget vil få effektivitetsscore som ligger nært effektivitetsfronten. Selv om effektivitetsscoren deres er høy er mulighetene for ytterligere forbedring stor, fordi effektivitetsscoren er sett i den relative sammenheng. For videre forskning hadde det vært interessant å analysere medlemmenes effektivitet relativt til markedene de opererer i, slik at effektivitetsscoren blir mer troverdig. I tillegg hadde vært interessant å inkludere andre variabler inn i sammenlikningen. Dersom man finner variabler som beskriver endringen i effektivitet bedre, kan man øke validiteten i oppgaven.

7. Referanser

7.1 Bok

- Andersen, B. & Pettersen, P.G. (1996) *The Benchmarking Handbook: step-by-step instructions*. Chapman & Hall. 1th edition.
- Coelli, T.J., Prasada Rao, D.S., O'Donnell, C.J., & Battese, G.E. (2005) *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Springer Science+Business Media, LLC. 2nd edition.
- Grant, R.M. & Jordan, J. (2012) *Foundations of Strategy*. John Wiley & Sons, Ltd. 1th ed.
- Løvland, J. og Iversen, A. (2001) *Benchmarking Som Metode i Bedriftsutvikling*. Økonomisk fiskeriforskning. Årgang 11.

7.2 Tidsskrift

- Amaral, P. & Sousa, R. (2009) *Barriers to Internal Benchmarking Initiatives: an Empirical Investigation*. *Benchmarking: An International Journal*. Vol.16 No.4., pp.523-542. Emerald Group Publishing Ltd.
- Baggia, A., Martić, M.M., & Novaković, M.S. (2009) *Data Envelopment Analysis – Basic Models and Their Utilization*. *Organizacija Research Papers*, Volume 42, Number 2, March-April 2009.
- Banker, R. D. (1993). *Maximum likelihood, consistency and data envelopment analysis: a statistical foundation*. *Management science*, 39(10), 1265-1273.
- Banker, R.D, Charnes, A., & Cooper, W.W. (1984) *Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis*. *Management Science*, Vol. 30, No. 9, September 1984
- Banker, R.D, & Morey, R.C. (1986) *Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs*. *Operations Research* Vol.34, No. 4, July-August 1986.
- Briec, W. & Kerstens, K. (2008) *Infeasibilities and directional distance functions with application to the determinateness of the luengerger productivity indicator*. IÉSEG Working Paper Series 2008-ECO-11.
- Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978) *Measuring the efficiency of decision making units*. *European Journal of Operational Research*, pp 429-444.
- Cooper, W., Seiford, L. & Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software (2nd ed.)*. Springer Verlag, New York.

Efron, B. & Tibshirani, R. (1993) *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman and Hall, New York, London.

Erlandsen, E. & Førstund, F. (1996). *Metoder og data for måling og forbedring av effektivitet og kvalitet i kommunal virksomhet*. SNF rapport 83/96

Farrell, M. J. (1957) The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol. 120, No. 3, pp. 253-290

Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. & Zhang, Z. (1994). Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries. *American Economic Review*, 84(1):66-83.

Simar, L. & Wilson, P.W. (1998) *Productivity Growth in Industrialized Countries*.

Simar, L. & Wilson, P.W. (2000) Estimating and bootstrapping Malmquist indices. *European Journal of Operational Research* 115 (1999) 459-471

7.3 Nettside

Dahlum, S. (2015) Validitet. Store Norske Leksikon. [Internett]. Hentet fra: <https://snl.no/validitet> (08.03.2017).

Loen, R. (2014) Engroshandel. Store Norske Leksikon. [Internett]. Hentet fra: <https://snl.no/engroshandel> (13.05.17)

Meyer, C. (2017) Dette er Norge 2016 – Hva tallene forteller. SSB. [Internett]. Hentet fra: http://www.ssb.no/befolkning/artikler-og-publikasjoner/_attachment/274437?_ts=1567e828450 (13.05.2017)

Svartdal, F. (2016) Reliabilitet. Store norske leksikon. [Internett]. Hentet fra: <https://snl.no/reliabilitet> (08.03.2017)

u.f. (u.å.) Norsk Standard Kontoplan. eholding.no. [Internett]. Hentet fra: <http://www.eholding.no/regnskap/norsk-standard-kontoplan.htm> (02.05.2017).

8. Appendix

8.1 Beregning av supereffektivitet og effektivitet (For eksempel år 2005)

```
install.packages("Benchmarking")
library("Benchmarking")

#Estimate a DEA frontier and calculates efficiency measures a la Farrell:
setwd ("/Users/Birte/Google Drive/Diverse/Skole/Masteroppgave 2017/R
script/Datamateriale")
data05 <- read.csv("2005.csv", header = T, sep =";")
(...)

#Simplyfying numbers:
datath05 <- data05[,-1]/1000
datath05$ID <- data05$ID
(...)

#Defining X and Y for each year.
X05 <- cbind(datath05$mat_cost, datath05$labor, datath05$deprec,
datath05$op_cost)
Y05 <- cbind(datath05$sales_output, datath05$other_output)
(...)

#DEA, SDEA:
CRS05 <- dea(X05, Y05, RTS="crs", ORIENTATION="in", DUAL=T) *
SCRS05 <- sdea(X05, Y05, RTS="crs", ORIENTATION="in")

#Dataframing the results of DEA and SUPER:
ID <- as.vector(data05$ID)
DEACRS <- data.frame(ID, CRS05$objval, (...),)
ID <- as.vector(data05$ID)
SDEACRS <- data.frame(ID, SCRS05$eff, (...))

write.csv(DEACRS, " DEACRS _2005-2015.csv")
write.csv(SDEACRS, " SDEACRS _2005-2015.csv")
```

* Ved beregning av DEA VRS, skriver man RTS=vrs

8.2 Bankertest (For eksempel år 2005)

```
#install.packages("Benchmarking")
library("Benchmarking")

setwd ("/Users /Birte /Google Drive /Diverse /Skole/Masteroppgave 2017/ Rscript/
Datamateriale")
data <- read.csv("2005.csv", header = T, sep =";")
  datath <-data[,-1]/1000
  datath$ID <- data$ID

#DEA all inputs outputs:
  X1 <- cbind(datath$mat_cost, datath$labor, datath$deprec, datath$op_cost)
  Y1 <- cbind(datath$sales_output, datath$other_output)
#Remove mat_cost:
  X2 <- cbind(datath$labor, datath$deprec, datath$op_cost)
  Y2 <- cbind(datath$sales_output, datath$other_output)
# Remove labor:
  X3 <- cbind(datath$mat_cost, datath$deprec, datath$op_cost)
  Y3 <- cbind(datath$sales_output, datath$other_output)
# Remove Deprec:
  X4 <- cbind(datath$mat_cost, datath$labor, datath$op_cost)
  Y4 <- cbind(datath$sales_output, datath$other_output)
# Remove Op_cost:
  X5 <- cbind(datath$mat_cost, datath$labor, datath$deprec)
  Y5 <- cbind(datath$sales_output, datath$other_output)
# Remove Sales output:
  X6 <- cbind(datath$mat_cost, datath$labor, datath$deprec, datath$op_cost)
  Y6 <- cbind(datath$other_output)
# Remove other_output:
  X7 <- cbind(datath$mat_cost, datath$labor, datath$deprec, datath$op_cost)
  Y7 <- cbind(datath$sales_output)

#DEA 2005:
  Bankertest_allvar <- dea(X1, Y1, RTS="crs", ORIENTATION="in")
  Bankertest_matcost <- dea(X2, Y2, RTS="crs", ORIENTATION="in")
  Bankertest_labor <- dea(X3, Y3, RTS="crs", ORIENTATION="in")
  Bankertest_deprec <- dea(X4, Y4, RTS="crs", ORIENTATION="in")
  Bankertest_opcost <- dea(X5, Y5, RTS="crs", ORIENTATION="in")
  Bankertest_salesoutput <- dea(X6, Y6, RTS="crs", ORIENTATION="in")
  Bankertest_otheroutput <- dea(X7, Y7, RTS="crs", ORIENTATION="in")
```

```

#EFF:
F1 <- eff(Bankertest_allevariabler)
F2 <- eff(Bankertest_matcost)
F3 <- eff(Bankertest_labor)
F4 <- eff(Bankertest_deprec)
F5 <- eff(Bankertest_opcost)
F6 <- eff(Bankertest_salesoutput)
F7 <- eff(Bankertest_otheroutput)

#TEX, TEXKRI, THN, THINKRI:
TEX_matcost <- (sum(F2-1)/length(F2))/(sum(F1-1)/length(F1))
  KRI_matcost <- qf(.95, 2*length(F1), 2*length(F2))
  THN_matcost <- (sum((F2-1)^2)/length(F2))/(sum((F1-1)^2)/length(F1))
  KRT_matcost <- qf(.95, length(F1), length(F2))
TEX_labor <- (sum(F3-1)/length(F3))/(sum(F1-1)/length(F1))
  KRI_labor <- qf(.95, 2*length(F1), 2*length(F3))
  THN_labor <- (sum((F3-1)^2)/length(F3))/(sum((F1-1)^2)/length(F1))
  KRT_labor <- qf(.95, length(F1), length(F3))
TEX_deprec <- (sum(F4-1)/length(F4))/(sum(F1-1)/length(F1))
  KRI_deprec <- qf(.95, 2*length(F1), 2*length(F4))
  THN_deprec <- (sum((F4-1)^2)/length(F4))/(sum((F1-1)^2)/length(F1))
  KRT_deprec <- qf(.95, length(F1), length(F4))
TEX_opcost <- (sum(F5-1)/length(F5))/(sum(F1-1)/length(F1))
  KRI_opcost <- qf(.95, 2*length(F1), 2*length(F5))
  THN_opcost <- (sum((F5-1)^2)/length(F5))/(sum((F1-1)^2)/length(F1))
  KRT_opcost <- qf(.95, length(F1), length(F5))
TEX_salesoutput <- (sum(F6-1)/length(F6))/(sum(F1-1)/length(F1))
  KRI_salesoutput <- qf(.95, 2*length(F1), 2*length(F6))
  THN_salesoutput <- (sum((F6-1)^2)/length(F6))/(sum((F1-1)^2)/length(F1))
  KRT_salesoutput <- qf(.95, length(F1), length(F6))
TEX_otheroutput <- (sum(F7-1)/length(F7))/(sum(F1-1)/length(F1))
  KRI_otheroutput <- qf(.95, 2*length(F1), 2*length(F7))
  THN_otheroutput <- (sum((F7-1)^2)/length(F7))/(sum((F1-1)^2)/length(F1))
  KRT_otheroutput <- qf(.95, length(F1), length(F7))

#Dataframe:
Bankertest_crs <- data.frame(TEX_matcost, KRI_matcost, THN_matcost,
  KRT_matcost, TEX_labor, KRI_labor, THN_labor, KRT_labor, TEX_deprec,
  KRI_deprec, THN_deprec, KRT_deprec, TEX_opcost, KRI_opcost, THN_opcost,
  KRT_opcost, TEX_salesoutput, KRI_salesoutput, THN_salesoutput, KRT_salesoutput,
  TEX_otheroutput, KRI_otheroutput, THN_otheroutput, KRT_otheroutput)

write.csv(Bankertest_crs, "TEX_THN_2006_ver2.csv")

```

8.3 Gjennomsnittlig aritmetisk vekst i perioden 2005-2015 (i %)

	mat_cost	labor	deprec	op_cost	sales_output	other_output
Medi Partner	7,58 %	9,86 %	56,39 %	12,08 %	8,36 %	54,62 %
Johs Olsen	8,62 %	9,17 %	2,76 %	11,51 %	8,84 %	35,51 %
Gustav Pedersen	4,42 %	11,45 %	25,93 %	13,35 %	5,56 %	46,81 %
NB Engros	17,20 %	20,59 %	21,28 %	19,81 %	18,62 %	23,45 %
Erik Tanche Nilssen	8,31 %	10,13 %	22,45 %	9,96 %	8,66 %	4036,00 %
Dahle Medical	9,74 %	8,44 %	32,23 %	8,85 %	10,03 %	33,81 %
Markedshuset	6,31 %	20,23 %	37,52 %	11,25 %	6,89 %	-15,71 %
Kjosavik	29,33 %	30,44 %	52,41 %	28,51 %	29,49 %	209,45 %
Olafsen Engros	8,28 %	9,99 %	4,49 %	12,11 %	9,39 %	142,17 %
Drammen Papir	4,10 %	6,78 %	4,79 %	6,89 %	4,64 %	418,40 %
KJ Brusdal	6,33 %	10,78 %	5,65 %	10,04 %	6,99 %	23,78 %
Ødegaard Engros	7,27 %	10,35 %	15,17 %	8,89 %	7,90 %	69,90 %
Helseservice Engros	11,16 %	12,95 %	6,19 %	17,20 %	13,33 %	152,55 %

8.4 Resultater for DEA-analyse med antakelse om CRS i perioden 2005-2015 (i %)

DMU/ÅR	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Gjennomsnitt
Dahle Medical	100,00 %	100,00 %	92,62 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,02 %	100,00 %	96,14 %	100,00 %	98,89 %
Drammen Papir	99,67 %	100,00 %	86,99 %	100,00 %	100,00 %	99,81 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	96,93 %	98,40 %	98,35 %
Gustav Pedersen	100,00 %	100,00 %	100,00 %	98,14 %	97,56 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,61 %
Helseservice Engros	94,11 %	91,09 %	100,00 %	96,82 %	97,70 %	99,79 %	100,00 %	100,00 %	99,44 %	100,00 %	100,00 %	98,09 %
Johs Olsen	100,00 %	99,68 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,97 %
KJ Brusdal	98,67 %	100,00 %	95,15 %	99,34 %	100,00 %	92,26 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,71 %	95,94 %	98,28 %
Kjosavik	96,82 %	96,07 %	93,31 %	100,00 %	100,00 %	98,30 %	98,28 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	98,44 %
Markedshuset	100,00 %	100,00 %	91,65 %	100,00 %	96,16 %	96,89 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	98,61 %
Medi Partner	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %
NB Engros	100,00 %	98,14 %	99,24 %	100,00 %	100,00 %	99,29 %	100,00 %	100,00 %	98,06 %	99,88 %	100,00 %	99,51 %
Olafsen Engros	95,12 %	94,61 %	92,77 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,96 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	98,40 %
Erik Tanche Nilssen	100,00 %	100,00 %	93,28 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,95 %	100,00 %	99,39 %
Ødegaard Engros	97,21 %	97,07 %	91,99 %	99,07 %	99,31 %	99,37 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	98,66 %	97,58 %	98,21 %
Gjennomsnitt	98,58 %	98,20 %	95,15 %	99,49 %	99,29 %	98,90 %	99,86 %	99,92 %	99,81 %	99,33 %	99,38 %	98,90 %
Standardavvik	2,00 %	2,69 %	4,10 %	0,94 %	1,24 %	2,11 %	0,46 %	0,26 %	0,53 %	1,25 %	1,24 %	
Minimum	94,11 %	91,09 %	86,99 %	96,82 %	96,16 %	92,26 %	98,28 %	99,02 %	98,06 %	96,14 %	95,94 %	

8.5 Resultater for DEA-analyse med antakelse om VRS i perioden 2005-2015 (i %)

DMU/ÅR	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Gjennomsnitt
Dahle Medical	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %
Drammen Papir	100,00 %	100,00 %	91,36 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	98,25 %	100,00 %	99,06 %
Gustav Pedersen	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,36 %	98,97 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,85 %
Helseservice Engros	100,00 %	100,00 %	100,00 %	97,80 %	97,72 %	99,90 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,58 %
Johs Olsen	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %
KJ Brusdal	98,79 %	100,00 %	99,41 %	100,00 %	100,00 %	93,82 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	97,61 %	99,06 %
Kjosavik	97,37 %	100,00 %	93,41 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,16 %
Markedshuset	100,00 %	100,00 %	95,04 %	100,00 %	96,77 %	97,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	98,98 %
Medi Partner	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %
NB Engros	100,00 %	98,47 %	99,24 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,01 %	100,00 %	100,00 %	99,70 %
Olafsen Engros	99,21 %	95,44 %	97,31 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,97 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,27 %
Erik Tanche Nilssen	100,00 %	100,00 %	95,34 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,58 %
Ødegaard Engros	98,93 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,90 %
Gjennomsnitt	99,56 %	99,53 %	97,78 %	99,78 %	99,50 %	99,29 %	100,00 %	100,00 %	99,92 %	99,87 %	99,82 %	99,55 %
Standardavvik	0,77 %	1,25 %	2,89 %	0,60 %	1,01 %	1,77 %	0,01 %	0,00 %	0,26 %	0,47 %	0,64 %	
Minimum	97,37 %	95,44 %	91,36 %	97,80 %	96,77 %	93,82 %	99,97 %	100,00 %	99,01 %	98,25 %	97,61 %	

8.6 Resultater skalaeffektivitet i perioden 2005-2015 (i %)

DMU/ÅR	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Gjennomsnitt
Dahle Medical	100,00 %	100,00 %	92,62 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,02 %	100,00 %	96,14 %	100,00 %	98,89 %
Drammen Papir	99,67 %	100,00 %	95,21 %	100,00 %	100,00 %	99,81 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	98,66 %	98,40 %	99,25 %
Gustav Pedersen	100,00 %	100,00 %	100,00 %	98,78 %	98,57 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,76 %
Helseservice Engros	94,11 %	91,09 %	100,00 %	99,00 %	99,98 %	99,90 %	100,00 %	100,00 %	99,44 %	100,00 %	100,00 %	98,50 %
Johs Olsen	100,00 %	99,68 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,97 %
KJ Brusdal	99,88 %	100,00 %	95,71 %	99,34 %	100,00 %	98,34 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,71 %	98,29 %	99,21 %
Kjosavik	99,43 %	96,07 %	99,89 %	100,00 %	100,00 %	98,30 %	98,28 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,27 %
Markedshuset	100,00 %	100,00 %	96,43 %	100,00 %	99,37 %	99,88 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,61 %
Medi Partner	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %
NB Engros	100,00 %	99,67 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,29 %	100,00 %	100,00 %	99,04 %	99,88 %	100,00 %	99,81 %
Olafsen Engros	95,88 %	99,13 %	95,33 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,98 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,12 %
Erik Tanche Nilssen	100,00 %	100,00 %	97,84 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,95 %	100,00 %	99,80 %
Ødegaard Engros	98,26 %	97,07 %	91,99 %	99,07 %	99,31 %	99,37 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	98,66 %	97,58 %	98,30 %
Gjennomsnitt	99,02 %	98,67 %	97,31 %	99,71 %	99,79 %	99,61 %	99,87 %	99,92 %	99,88 %	99,46 %	99,56 %	99,34 %
Standardavvik	1,81 %	2,50 %	2,84 %	0,45 %	0,42 %	0,59 %	0,46 %	0,26 %	0,28 %	1,07 %	0,82 %	
Minimum	94,11 %	91,09 %	91,99 %	98,78 %	98,57 %	98,30 %	98,28 %	99,02 %	99,04 %	96,14 %	97,58 %	

8.7 Beregning av Malmquist Produktivitetsindeks for CRS, VRS (Eksempel 2005-2006)

```
#install.packages("FEAR")
library("FEAR")

setwd ("/Users/Birte/Google Drive/Diverse/Skole/Masteroppgave 2017/R
script/Datamateriale")
data1 <- read.csv("2005.csv", header = T, sep =";")
data2 <- read.csv("2006.csv", header = T, sep =";")

#2005:
xvar <- c(2,3,4,5)
x1 <- data1[,xvar]
yvar <- c(6,7)
y1 <- data1[,yvar]
idvar <- c(1)
id1 <- data1[,idvar]

#2006:
xvar <- c(2,3,4,5)
x2 <- data2[,xvar]
yvar <- c(6,7)
y2 <- data2[,yvar]
idvar <- c(1)
id2 <- data2[,idvar]

#Calculating the variables c11, c22, c12, c21, v11, v22, v12, v21 for 2005-2006:
m <- malmquist.components(t(x1), t(y1), t(id1), t(x2), t(y2), t(id2),
ORIENTATION = 1)

v11 <- m$v11
v22 <- m$v22
v12 <- m$v12
v21 <- m$v21
c11 <- m$c11
c22 <- m$c22
c12 <- m$c12
c21 <- m$c21

#Detecting N/A-values in RTS=VRS
is.na(v11)
is.na(v22)
is.na(v12)
is.na(v21)
```



```

#Calculating components MPI CRS 2005-2006:
EFF <- c11/c22
TECH <- sqrt((c22/c12)*(c21/c11))

    MPICRS <- EFF*TECH

        ID <- as.vector(data1$ID)
        CRSres <- data.frame(ID, EFF, TECH, MPICRS)

            write.csv(res, "MPIVRS05-06.csv")

#Calculating components MPI VRS 2005-2006:
PEFF <- v11/v22
PTECH <- sqrt((v22/v12)*(v21/v11))
SCH<- sqrt(((c11/v11)/(c12/v12))*((c21/v21)/(c22/v22)))
SKALAEFF <- ((c11/v11)/(c22/v22))
SKALATECH <- sqrt(((c22/v22)/(c12/v12))*((c21/v21)/(c11/v11)))

    MPIVRS <- PEFF*PTECH*SCH

        ID <- as.vector(data1$ID)
        VRSres <- data.frame(ID, PEFF, PTECH, SKALAEFF, SKALATECH, SCH,
        MPIVRS)

            write.csv(res, "MPIVRS05-06.csv")

#Dataframing each variable:
ID <- as.vector(data1$ID)
For_study <- data.frame(ID, c11, c12, c22, c21, v12, v11, v22, v21)
    write.csv(For_study, "Forstudy_05-06.csv")

```

8.8 Resultater ved beregning av MPI CRS og MPI VRS (Eksempel periode 2005-2006)

DMU	EFF	TECH	MPICRS
Dahle Medical	1,000	1,021	1,021
Drammen Papir	1,003	0,975	0,978
Gustav Pedersen	1,000	0,939	0,939
Helseservice Engros	0,968	1,023	0,990
Johs Olsen	0,997	0,987	0,983
KJ Brusdal	1,013	0,981	0,995
Kjosavik	0,992	0,995	0,987
Markedshuset	1,000	1,574	1,574
Medi Partner	1,000	0,949	0,949
NB Engros	0,981	0,921	0,904
Olafsen Engros	0,995	1,007	1,002
Erik Tanche Nilssen	1,000	0,336	0,336
Ødegaard Engros	0,999	0,983	0,982

DMU	PEFF	PTECH	SKALAEFF	SKALATECH	SCH	MPIVRS
Dahle Medical	1,000	1,053	1,000	0,969	0,969	1,021
Drammen Papir	1,000	0,976	1,003	0,999	1,003	0,978
Gustav Pedersen	1,000	0,823	1,000	1,140	1,140	0,939
Helseservice Engros	1,000	1,113	0,968	0,919	0,890	0,990
Johs Olsen	1,000	0,939	0,997	1,051	1,047	0,983
KJ Brusdal	1,012	0,964	1,001	1,018	1,019	0,995
Kjosavik	1,027	0,944	0,966	1,053	1,018	0,987
Markedshuset	1,000	1,724	1,000	0,913	0,913	1,574
Medi Partner	1,000	0,945	1,000	1,004	1,004	0,949
NB Engros	0,985	0,584	0,997	1,578	1,573	0,904
Olafsen Engros	0,962	1,061	1,034	0,949	0,981	1,002
Erik Tanche Nilssen	1,000	0,945	1,000	0,355	0,355	0,336
Ødegaard Engros	1,011	0,944	0,988	1,042	1,029	0,982