

Handelshøgskolen

Effektivitetsanalyse og produktivitsutvikling i norsk lakseoppdrett

En analyse av norsk lakseoppdrett for perioden 2004-2014 ved bruk av Data Envelopment Analysis og Malmquist produktivitsindeks.

—

Sonya Elizabeth Mercer og Isabel Odden

Masteroppgave i økonomi og administrasjon – mai 2016

FORORD

Denne masteroppgaven avslutter vår mastergrad i økonomi og administrasjon, fordypning økonomisk analyse, ved Universitetet i Tromsø.

I den forbindelse ønsker vi først og fremst å takke vår veileder Helén Marita Sørensen Holst for god veiledning og generell støtte gjennom arbeidet. Vi ønsker også å rette en stor takk til våre medstudenter, spesielt gjengen på UB 344, som har kommet med støttende og oppmuntrende ord når dagene har vært lange og tunge.

I tillegg ønsker vi å takke venner, familie og kjæreste for å hatt forståelse for at oppgaven har vært hovedfokus dette semesteret, og vi ser nå frem til en fin sommer i nord.

SAMMENDRAG

Denne oppgaven analyserer effektiviteten og produktivitetsutviklingen i norsk lakseoppdrett for perioden 2004 til 2014.

Ved bruk av Data Envelopment Analysis (DEA) estimeres effektiviteten, og Malmquist produktivitetsindeks (MPI) estimerer produktivitetsutviklingen. Input-variablene som er benyttet i analysen består av lønnskostnad, førkostnad, smoltkostnad, annen driftskostnad, samt utnyttet kapasitet. Output i vår analyse er kg produsert atlantisk laks og regnbueørret. For å teste variablene brukt i analysen har vi benyttet oss av bankertester.

Resultatene fra analysen viser en gjennomsnittlig effektivitet i perioden 2004-2014 mellom 86,52 % og 92,16 % ved variabelt skalautbytte (VRS), og mellom 92,4 % og 97,1 % ved Free Replicability Hull (FRH). Laveste effektivitet ble målt i 2008 ved FRH (55,05 %), og 2006 for VRS (46,61 %). I 2012 var 43,42 % av utvalget effektive ved VRS, og hele 73,53 % var effektive ved FRH.

Ved sammenligning av størrelsesgrupperingen ser vi at de små aktørene er gjennomsnittlig mest effektiv i perioden 2007-2012. I 2013 og 2014 ser vi noe lavere gjennomsnittlige effektivitetsresultater for hele utvalget. De store aktørene opplevde sitt laveste år i 2009. Laveste gjennomsnittlige effektivitetsscore på 0,8170 tilhører DMU-er i ”middels” gruppen i 2005. Denne gruppen nådde sin topp i 2013, mens de små og store aktørene nådde sin topp i 2012. Ved VRS er det liten grad av sammenheng mellom effektivitet og produksjonsstørrelse.

Resultatene fra FRH-modellen ser vi tydelig at de aktørene i gruppen ”liten” er mest effektive med unntak i 2009. Det er større svingninger blant de store aktørene, og de har lavere effektivitet enn de andre to gruppene. De store aktørene hadde tre ”topper” på effektivitetsscoren. Dette var i 2006, 2009 og best effektivitet i 2011. 2013 var året med lavest effektivitet for gruppen ”stor”. 2009 var toppåret for gruppen ”middels” og 2012 var toppåret for gruppen ”liten”.

Malmquist produktivitetsindeks (MPI) varierer fra år til år. MPI_{VRS} viser at periodene 2004-2005, 2008-2009 og 2011-2012 har produktivitetsfremgang, mens FRH-modellen viser syv av ti perioder med produktivitetsfremgang. Periodene som ikke har produktivitetsfremgang ved

FRH er 2004-2005, 2011-2012 og 2012-2013. Resultatene fra FRH-modellen viser en mer positiv utvikling enn VRS-modellen. Modellene viser stort sett motsatt resultat i form av tilbakegang eller fremgang.

Ved VRS-teknologi har de minste aktørene én periode med fremgang, de mellomste har tre perioder med fremgang, og de største aktørene har fire perioder med fremgang. Ut fra MPI-beregningene som er gjort kan det se ut for at det er de største aktørene som gjør det litt bedre enn de to andre grupperingene. Dette kan skyldes at de største er mer effektiv, slik vi så i effektivitetsanalysen

FRH-modellen viser at de største aktørene innenfor norsk lakseoppdrett har hatt seks perioder med produktivitetsfremgang, de mellomste aktørene har hatt åtte perioder med fremgang, og de minste aktørene i vårt utvalg har hatt syv perioder med fremgang i MPI.

Programpakken R (versjon 2.15.3 og 3.1.3), med tilleggspakkene ”Benchmarking” og ”FEAR” av Wilson (2008), samt Microsoft Office Excel 2013 er benyttet for å gjøre beregningene i oppgaven.

Nøkkelord: Data Envelopment Analysis, Malmquist produktivitetsindeks, effektivitet, lakseoppdrett, produktivitetsutvikling, optimal skala.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	1
1.1	BAKGRUNN	1
1.2	PROBLEMSTILLING	2
1.3	AVGRENSNING	4
1.4	OPPGAVESTRUKTUR	4
2	BRANSJEN	5
2.1	NORSK OPPDRETTSNÆRING	5
2.2	LOVER OG REGULERINGER	7
2.3	PRODUKSJONSPROSESSEN	9
2.4	SYKDOMMER OG DØDELIGHET	10
2.5	MARKEDET OG EKSPORT	11
2.6	LØNNSOMHET OG KOSTNADER	14
2.6.1	<i>Utviklingen i smoltkostnader</i>	15
2.6.2	<i>Utviklingen i førkostnader</i>	16
2.6.3	<i>Utviklingen i lønnskostnader</i>	17
2.6.4	<i>Utviklingen i andre driftskostnader og forsikringskostnader</i>	18
3	TIDLIGERE STUDIER	19
3.1	TIDLIGERE MASTEROPPGAVER	19
3.2	STUDIER INNENFOR EFFEKTIVITET OG PRODUKTIVITET	20
3.3	VÅRT BIDRAG	22
4	TEORI OG METODE	23
4.1	MÅLSETTINGER	23
4.2	PRODUKTIVITET	24
4.3	EFFEKTIVITET	25
4.3.1	<i>Teknisk effektivitet</i>	27
4.3.2	<i>Input- og outputorientering</i>	28
4.4	DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)	29
4.4.1	<i>Skalaegenskaper</i>	31
4.4.2	<i>Charnes, Cooper og Rhodes: CCR-modellen</i>	33
4.4.3	<i>Banker, Charnes og Cooper: BCC-modellen</i>	34
4.4.4	<i>Free Replibicability Hull (FRH)</i>	36
4.4.5	<i>Supereffektivitet</i>	37
4.4.6	<i>Slakk og Pareto-effektivitet</i>	39
4.4.7	<i>Most productive scale size</i>	39
4.5	MALMQUIST PRODUKTIVITETSINDEKS	40
4.6	STATISTISKE METODER	41
4.6.1	<i>Bankertest</i>	42
5	DATAMATERIALE	43
5.1	INNSATSAKTORER OG FERDIG PRODUKT	44
5.1.1	<i>Input</i>	46
5.1.2	<i>Output</i>	47
5.2	UTVALGET	48
5.2.1	<i>Outliers</i>	49
5.3	KORRIGERING FOR PRISENDRING	50
5.4	TEST AV VARIABLER	51
5.5	TEST AV STØRRELSSESGRUPPERING	53
6	RESULTATER OG DISKUSJON	53
6.1	RESULTATER FRA DATA ENVELOPMENT ANALYSIS	54
6.1.1	<i>Effektivitet ved VRS</i>	54

6.1.2	<i>Effektivitet ved FRH</i>	58
6.1.3	<i>Diskusjon</i>	62
6.2	RESULTATER MALMQUIST PRODUKTIVITETSINDEKS	64
6.2.1	<i>Malmquist produktivetsindeks ved VRS 2004-2014</i>	64
6.2.2	<i>Malmquist produktivetsindeks ved VRS for størrelsesgruppering</i>	66
6.2.3	<i>Malmquist produktivetsindeks ved FRH</i>	70
6.2.4	<i>Malmquist produktivetsindeks ved FRH for størrelsesgruppering</i>	72
6.2.5	<i>Diskusjon</i>	76
6.3	OPTIMAL SKALA (MPSS)	78
6.3.1	<i>Diskusjon</i>	79
7	KONKLUSJON	79
7.1	OPPSUMMERING OG KONKLUSJON	80
7.2	VIDERE FORSKNING	82
	REFERANSER	83
	VEDLEGG	89

FIGUROVERSIKT:

FIGUR 1: SLAKTET MENGDE LAKS OG REGNBUEØRRET FOR PERIODEN 2000-2014.....	6
FIGUR 2: ANTALL TILLATELSER I DRIFT ÅR 1997-2014, MATFISK: LAKS OG REGNBUEØRRET	8
FIGUR 3: SOLGT MENGDE OG FØRSTEHÅNDSVERDI AV LAKS FRA NORSK LAKSEOPPDRETT 1997-2014	11
FIGUR 4: NORSK EKSPORT AV SjøMAT FRA OPPDRETT 2006-2015	12
FIGUR 5: TOPP 10 MARKEDER FOR NORSK LAKS I 2015	13
FIGUR 6: EKSPORTPRIS FOR FERSEK ELLER FROSSEN OPPDRETTSLAKS.....	13
FIGUR 7: KOSTNADSDRIVERE OG KOSTNADSKATEGORIER I NORSK LAKSEOPPDRETT	14
FIGUR 8: PRODUKSJONSFRONT OG TEKNISK EFFEKTIVITET	26
FIGUR 9: PRODUKTIVITET, TEKNISK EFFEKTIVITET OG SKALAØKONOMI.....	27
FIGUR 10: INPUT- OG OUTPUTORIENTERING	28
FIGUR 11: DEA-FRONT OG SFA-FRONT.....	30
FIGUR 12: SKALAEGENSKAPER FOR CRS OG VRS.....	32
FIGUR 13: SAMMENHENGEN MELLOM ULIKE ANTAKELSER	32
FIGUR 14: TEKNOLOGISK FORUTSETNING FOR CRS, VRS, FDH OG FHR	36
FIGUR 15: SUPEREFFEKTIVITET	38
FIGUR 16: INNSATSFAKTORER OG PRODUKSJON AV LAKS	44
FIGUR 17: KOSTNADSUTVIKLING AV INNSATSFAKTORER PER KILO PRODUSERT LAKSEFISK 2004-2014	45
FIGUR 18: GJENNOMSNIITTLIG EFFEKTIVITET FORDELT PÅ STØRRELSSESGRUPPERING AV DMU-ER VED VRS	55
FIGUR 19: TEKNISK EFFEKTIVITET VED VRS MOT PRODUKSJON FOR 2004	56
FIGUR 20: TEKNISK EFFEKTIVITET VED VRS MOT PRODUKSJON FOR 2009	57
FIGUR 21: TEKNISK EFFEKTIVITET VED VRS MOT PRODUKSJON FOR 2014	57
FIGUR 22: GJENNOMSNIITTLIG EFFEKTIVITET FORDELT PÅ STØRRELSSESGRUPPERINGER AV DMU-ER VED FRH.....	59
FIGUR 23: TEKNISK EFFEKTIVITET VED FRH MOT PRODUKSJON FOR 2004	60
FIGUR 24: TEKNISK EFFEKTIVITET VED FRH MOT PRODUKSJON FOR 2009	61
FIGUR 25: TEKNISK EFFEKTIVITET VED FRH MOT PRODUKSJON FOR 2014.....	61
FIGUR 26: GJENNOMSNIITTLIG EFFEKTIVITET VED VRS OG FRH FOR PERIODEN 2004-2014	62
FIGUR 27: UTVIKLING AV MPI_{VRS} I PERIODEN 2004-2014	65
FIGUR 28: UTVIKLINGEN AV REN TEKNISK EFFEKTIVITET FOR PERIODEN 2004-2014.....	65
FIGUR 29: UTVIKLINGEN AV REN TEKNISK FRONTENDRING FOR PERIODEN 2004-2014.....	66
FIGUR 30: MALMQUIST PRODUKTIVITETSINDEKS VRS MOT PRODUKSJON FOR 2004-2005.....	68
FIGUR 31: MALMQUIST PRODUKTIVITETSINDEKS VRS MOT PRODUKSJON FOR 2008-2009.....	69
FIGUR 32: MALMQUIST PRODUKTIVITETSINDEKS VRS MOT PRODUKSJON 2013-2014.....	69
FIGUR 33: UTVIKLING AV MPI VED FRH FOR PERIODEN 2004-2014	71
FIGUR 34: UTVIKLINGEN AV MC "CATCH-UP " EFFEKTEN FOR PERIODEN 2004-2014	71
FIGUR 35: UTVIKLINGEN AV MF, FRONTENDRING, FOR PERIODEN 2004-2014.....	72
FIGUR 36: SALTERDIAGRAM MPI_{FRH} MOT PRODUKSJON FOR 2004-2005	74
FIGUR 37: SALTERDIAGRAM MPI_{FRH} MOT PRODUKSJON FOR 2004-2005	75
FIGUR 38: SALTERDIAGRAM MPI_{FRH} MOT PRODUKSJON FOR 2013-2014	75

TABELLOVERSIKT:

TABELL 1: PRODUKSJONSKOSTNAD PER KG PRODUSERT LAKS OG ØRRET I 2014 KRONER.....	15
TABELL 2: SMOLTKOSTNAD PER KG PRODUSERT LAKS OG ØRRET	16
TABELL 3: FØRKOSTNAD PER KG PRODUSERT LAKS OG ØRRET	16
TABELL 4: LØNNKOSTNAD PER KG PRODUSERT LAKS OG ØRRET	17
TABELL 5: GJENNOMSNITTLIG BRUTTO LØNNKOSTNAD PER ÅRSVERK. TALL I 2014 KRONER	18
TABELL 6: ANNEN DRIFTSKOSTNAD PER KG PRODUSERT LAKS OG ØRRET	19
TABELL 7: GJENNOMSNITTLIG PRODUKSJON OG BRUK AV INNSATSFAKTORER FOR ANALYSENS UTVALG	45
TABELL 8: PRODUKSJON AV ATLANTISK LAKS OG REGNBUEØRRET I KG	47
TABELL 9: UTVALG OG REPRESENTATIVITET FOR PERIODEN 2004-2014.....	48
TABELL 10: UTVALG FØR OG ETTER ELIMINERING AV OUTLIERS OG NULLOBSERVASJONER	50
TABELL 11: TOTALINDEKS 2004-2014, PROSENTVIS ENDRING FRA 2004, SAMT STIGNING I POENG.....	50
TABELL 12: BANKERTEST AV VARIABLER	51
TABELL 13: RESULTAT FRA BANKERTEST AV FØRKOSTNAD	52
TABELL 14: RESULTAT FRA BANKERTEST AV UTNYTTET KAPASITET	52
TABELL 15: BANKERTESTER AV GRUPPER "LITEN", "MIDDELS" OG "STOR"	53
TABELL 16: TEKNISK EFFEKTIVITET (TE_{VRS}) FOR PERIODEN 2004-2014	54
TABELL 17: GJENNOMSNITTLIG RESULTAT FRA BANKERTEST AV GRUPPER "LITEN", "MIDDELS" OG "STOR" VED VRS	55
TABELL 18: TEKNISK EFFEKTIVITET VED FRH (TE_{FRH}) FOR PERIODEN 2004-2014.....	58
TABELL 19: RESULTAT FRA BANKERTEST AV GRUPPER "LITEN", "MIDDELS" OG "STOR" VED FRH	59
TABELL 20: GJENNOMSNITTLIG MALMQUIST PRODUKTIVITETSINDEKS VED VRS.....	64
TABELL 21: MALMQUIST PRODUKTIVITETSINDEKS VED VRS FOR STØRRELSSESGRUPPERING	67
TABELL 22: MALMQUIST PRODUKTIVITETSINDEKS VED FRH FOR 2004-2014.....	70
TABELL 23: MALMQUIST PRODUKTIVITETSINDEKS VED FRH FOR STØRRELSSESGRUPPERING	72
TABELL 24: SAMMENLIGNING AV MPI_{VRS} OG MPI_{FRH}	76
TABELL 25: OPTIMAL SKALA FOR INPUT OG OUTPUT	78
TABELL 26: OPTIMAL SKALA FOR INPUT PER KG OPTIMAL SKALA OUTPUT	79

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Det er forventet at i 2050 vil jordas befolkning være 9,7 milliarder mennesker, som er en økning på 33 % fra 7,3 milliarder i 2015 (United Nations, 2015), og en naturlig konsekvens av denne utviklingen er økt behov for mat. I 2014 besto 17 % av menneskets proteininntak av fisk (BioMar, 2015). Konsum av fisk er fordoblet siden 1970 med god hjelp fra havbrukssektoren, som er den matsektoren i verden som vokser raskest. Det var også i 1970 at to brødre på Hitra, bygde verdens første oppdrettsanlegg (Laksefakta, 2016b), og med det startet noe som i dag omtales som det norske lakseeventyret. Tall for 2015 viser at Norge eksporterte om lag 1 million tonn laks til en verdi av nesten 48 milliarder kroner, som er den høyeste lakseeksporten noensinne (Norges sjømatråd, 2016a). Fra det ene anlegget på Hitra i 1970, har vi i dag nesten 1000 lokaliteter fordelt på nærmere 200 havbruksselskap (Laks.no, 2016). For å sikre at næringen tar hensyn til norsk kystkultur og det biologiske mangfoldet har vi en konsesjons- og akvakulturlov som gjennom regulering og forvaltning sørger for at næringen skal gi langsiktige gevinster.

Siden 1980 har den teknologiske utviklingen i havbrukssektoren holdt høy hastighet, og produktene er i dag konkurransedyktige med andre proteinkilder som storfe og kylling basert på fôrforbruk og CO₂ utslipp (Laks.no, 2016). Akvakultur er en viktig industri for å kunne møte både dagens og fremtidens proteinetterspørsel, og lakseoppdrett er en av de akvakulturproduktene som kan vise til størst suksess. Næringen er ikke uten risiko, og de biofysiske faktorene, slik som havtemperatur og vannstrømming, kan ikke kontrolleres. Kun gjennom å være bevisst på hvordan de ulike innsatsfaktorene påvirker miljøet rundt fisken, kan man forhindre potensielle fallgruver for kortsiktig gevinst.

Den store veksten Norge har opplevd innenfor oppdrettsbransjen er et resultat av kompetanse- og innovasjonsutvikling. Et av de viktigste områdene innenfor utviklingen er bedre utnyttning av ressursene, som blant annet fiskefor og smolt. På grunn av strenge bransjereguleringer er det utfordrende å utvide produksjonen, og dermed er det hensiktsmessig å fokusere på ressursutnyttelse for å øke produktiviteten og redusere kostnader kontra å øke produksjonen. Ineffektivitet kan utgjøre en trussel mot miljøet i følge Asche, Roll, og Tveteras (2009). God ressursutnyttelse bidrar både til effektivitet, samt å

ivareta miljøet ved at det blant annet reduserer avfall. Bransjen opplevde en sterk produktivitetsvekst i startfasen som senere har flatet noe ut (Asche, Guttormsen, & Nielsen, 2013), og i følge Vassdal og Holst (2011) har produktiviteten avtatt siden 2005.

1.2 Problemstilling

Formålet med studien er å se på effektiviteten og produktivitetsutviklingen, samt optimal skala i norsk lakseoppdrett over en lengere tidsperiode. Vi har valgt en tidsperiode på 11 år fra 2004 til 2014 med innhentet anonymiserte regnskaps og produksjonstall fra Fiskeridirektoratet. I tillegg ønsker vi å benytte muligheten til å posisjonere de ulike oppdrettselskapene etter produksjonsvolum for hvert år i gruppene ”liten”, ”middels” og ”stor”. Vi vil dermed óg kunne se om det er noen forskjeller i ressursutnyttelse dersom et selskapene befinner seg i den øvre, midtre eller nedre delen av produksjonsskalaen. På bakgrunn av våre funn og analyser vil vi kunne si noe om utviklingen i norsk lakseoppdrett fra 2004 til 2014, samt se om effektivitet og produktivitet har sammenheng med produksjonsstørrelse.

Problemstillingene er som følger:

1. Hvor effektiv har norsk lakseoppdrett vært i perioden 2004-2014, og vil posisjonering med hensyn til produksjon ha betydning for effektiviteten?
2. Hvordan har produktivitetsutviklingen i norsk lakseoppdrettsnæring vært i perioden 2004-2014, og vil posisjonering med hensyn til produksjon ha betydning for produktiviteten?
3. Hvordan har utviklingen av optimal skala for innsatsfaktorer og sluttprodukt i norsk lakseoppdrett vært for perioden 2004-2014?

For å løse problemstillingene vil benchmarking bli benyttet for å analysere effektiviteten. Velkjente kvantitative metoder for å måle dette er Stokastisk Frontanalyse (SFA), introdusert av Aigner, Lovell, og Schmidt (1977) og Meeusen og Van den Broeck (1977), og Data Envelopment Analysis (DEA) introdusert av Charnes, Cooper, og Rhodes (1978). SFA er en

stokastisk parametrisk metode, og DEA er deterministisk metode basert på lineær programmering. SFA krever en a priori produktfunksjon for å kunne løse problemstillingen, noe vi ikke har, mens DEA, som en ikke-parametrisk metode, stiller ingen slike krav. Dermed vil det være mer hensiktsmessig for vårt formål å benytte oss av DEA.

DEA tillater oss å analysere ulike kombinasjoner av innsatsfaktorer og produkt, videre omtalt som input og output, uavhengig om det er verdi (kr) eller fysiske mål (kg, stk.), for flere produksjonsenheter. Dermed er denne metoden godt egnet til en analyse av lakseoppdrett. I DEA kalles produksjonsenhetene Decision Making Unit (DMU). Disse har beslutningsmyndighet, og kan være et selskap, en avdeling, en organisasjon eller andre enheter. I vår oppgave vil en DMU tilsvare ett selskap innenfor norsk lakseoppdrett. DEA-metoden vil vise hvilke DMU-er som danner den effektive fronten, og fremstiller forbedringspotensialet til de ineffektive. I DEA kan vi anvende ulike betingelser i analysen og kan dermed fremstille flere effektive fronter basert på disse ulike betingelsene. Vi vil i denne oppgaven anvende to ulike betingelser, antagelsen om variabelt skalautbytte (VRS) (Banker, Charnes, & Cooper, 1984) og antakelsen om *free replicability hull* (FRH) (Tulkens, 1993), der førstnevnte har vært hyppig benyttet i tidligere studier omhandlende lakseoppdrett, mens den andre betingelsen er lite testet i denne bransjen tidligere.

Ved en VRS-modell kan DMU-er sammenlignes seg med de DMU-ene av lik størrelse for å kunne se hvilke DMU-er er mest effektive. Ved å se på norsk lakseoppdrett, kan det være tilfeller der de største aktørene ikke har et utvalg av andre større aktører å kunne sammenligne seg med, og dermed blir ”effektive”, til tross for om ressursutnyttelsen er god eller ikke. For å ta hensyn til dette vil denne analysen forsøke å benytte en FRH-modell i tillegg. Egenskaper ved FRH tillater hypotetisk horisontal integrering av DMU-er og dermed gi et større utvalg for aktørene å sammenligne seg mot. Flere mindre DMU-er vil dermed danne et referansepunkt med en mer effektiv ressursutnyttelse, som de større aktørene kan sammenligne seg med. Resultatene fra en FRH-modell vil gi indikasjoner på effektiviteten i bransjen, men må tolkes med bakgrunn i at norsk lakseproduksjon er strengt regulert og de hypotetiske integreringene kan vike fra reell tillatt produksjon.

Vi vil benytte oss av Malmquist produktivitetsindeks (MPI), utviklet av Malmquist (1953), for å beregne produktivitetsutviklingen i norsk lakseoppdrett. MPI beskriver hvordan DMU-

enes effektivitet har utviklet seg i en gitt periode. Dette verktøyet vil hjelpe oss å avdekke om produsentene har blitt mer eller mindre produktive over tid, som vil kunne gi et innblikk i utviklingen av ressursutnyttelsen i norsk lakseoppdrett. I tillegg til å kunne se på bransjen som helhet vil vi kunne ta en inndelingen av resultatene fra DEA basert på nevnte størrelsesinndeling, ”liten”, ”middels” og ”stor”, for å kunne se om det er en korrelasjon mellom størrelse og effektivitet og produktivitet.

For å se på optimal skala kan man ved hjelp av DEA-analysen beregne Most Productive Scale Size (MPSS), utviklet av Banker (1984), for alle input og output. Man kan dermed se en utvikling i MPSS for analyseperioden, og kunne anslå optimal ressursutnyttelse og optimal produksjon for norsk lakseoppdrett.

1.3 Avgrensning

Vi ønsker å definere noen avgrensninger. Selv om Norge er ledende innen laksefiskproduksjon, skjer produksjonen i hele verden. Vi vil i denne oppgaven kun ta for oss de norske produsentene innenfor laks. Norge har en lang kystlinje med varierte biologiske og klimatiske forhold, og dermed vil det oppstå regionale forskjeller. Eksempelvis er maksimal tillatt biomasse høyere for de nordligste regionene. Vi vil ikke skille på dette i vår analyse. En mer omfattende analyse kan ta for seg tidligere og videre ledd i verdikjeden, for eksempel smoltproduksjon eller slakt og foredling, men vi ser kun på matfiskproduksjon. Datasettene vi behandler i denne analysen er innhentet fra Fiskeridirektoratet og vi kan dermed ikke utelate at det kan være feil i registreringer i disse dataene. Det er viktig å påpeke at dette datasettet er et utvalg av aktører i norsk lakseoppdrett, og vår analyse vil kun basere seg på dette datasettet og dermed kan avvike fra faktiske forhold. Vi vil utdype behandling av datasettene i kapittel 5.

1.4 Oppgavestruktur

Innledningen er en presentasjon av formålet samt problemstillingene til oppgaven med fremgangsmåte. For å kunne svare på problemstillingene er det viktig til å ha kjennskap til oppdrettsnæringen samt tilhørende produksjonsprosess. Kapittel 2 vil dermed være en presentasjon av lakseoppdrettsnæringen i Norge. Presentasjonen gir også en beskrivelse av reguleringer og lovverk, utvikling og vekst, marked og eksport samt lønnsomhet og kostnader

innenfor norsk lakseoppdrett

Kapittel 3 tar for seg tidligere studier omhandlende lakseoppdrett og danner bakgrunnen for vårt bidrag. I kapittel 4 presenteres aktuell teori og metode som blir benyttet for å kunne svare på problemstillingene til oppgaven. I all hovedsak vil dette kapitlet inneholde teori om effektivitet, produktivitet og optimal skala med tilhørende verktøy som er nødvendig for beregningene.

Kapittel 5 omhandler datamateriale som skal anvendes i analysen. Data innhentet av Fiskeridirektoratet blir benyttet, og vil klargjøres med hensyn til formålet med analysen. Deretter presenteres fem input-variabler som benyttes, i tillegg til en presentasjon av output som her er produksjon av laks og ørret samlet målt i kg. Dette kapitlet vil også presentere en inndelingen av utvalget etter størrelse, for å kunne kartlegge variasjoner eller mønster i resultatene. For å kvalitetssikre dataen har vi utført outlier-analyser, bankertester på utvalgte variabler, samt størrelsesinndelingen av aktørene. I kapittel 6 vil resultatene fra DEA-analysen, Malmquist Produktivitetsindeks, samt beregningene av optimal skala presenteres og diskuteres fortløpende. Kapittel 7 inneholder konklusjon og forslag til videre forskning.

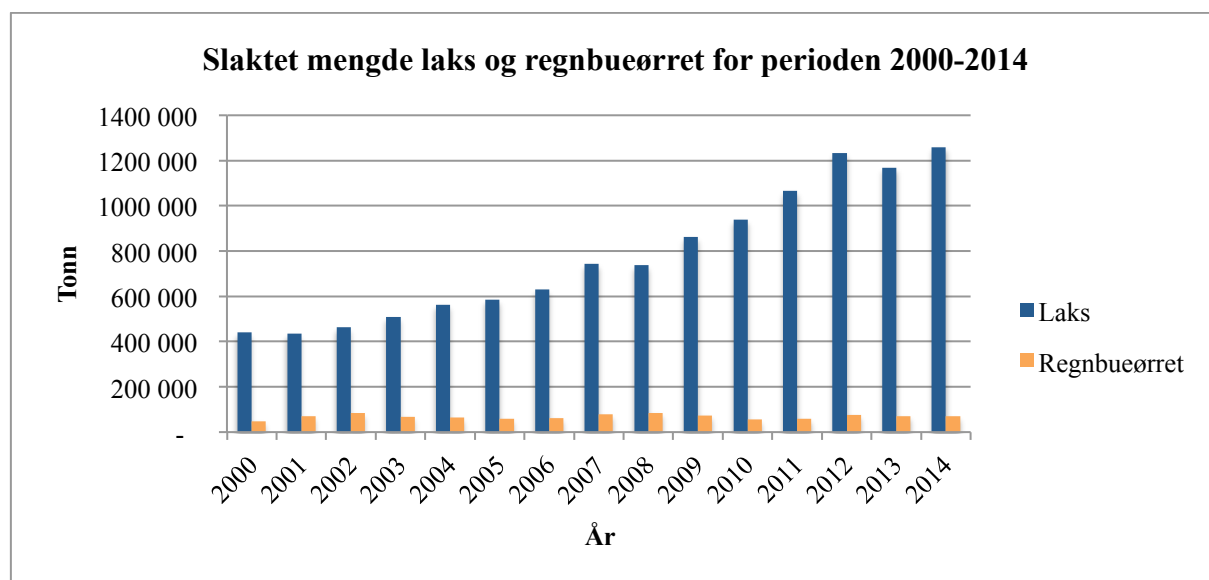
2 Bransjen

2.1 Norsk oppdrettsnæring

Atlantisk laks har vært en av oppdrettsartene med størst suksess gjennom de siste tiårene. Siden Norges første merdebaserte lakseoppdrett startet i 1970 (Laksefakta, 2016b), har bransjen hatt en enorm vekst. Bare siden 1998 har de tredoblet produksjonen, og kan i dag vise til produksjon på om lag 1 million tonn (Laksefakta, 2016a). På grunn av at laksen trives relativt godt i et oppdrettsanlegg, har god utnyttelse av fôret, og er en fisk som inneholder mye omega-3 fettsyrer, egner den seg godt som oppdrettsfisk (Havforskningsinstituttet, 2009). Det har blitt innført produksjonsregulerende tiltak i oppdrettsnæringen, og i 1996 ble fôrkvoter innført. Denne reguleringen ble gjeldene fram til 2005, hvor man gikk over fra fôr til maksimalt tillatt biomasse (MTB) som måleenhet i produksjonsreguleringen (Fiskeridirektoratet, 2016a). Hvert år foretar Fiskeridirektoratet en lønnsomhetsanalyse av oppdrettsnæringen, basert på lovpålagte rapporteringer for alle oppdrettselskap. Selv om alle

selskap er pålagt nevnte rapportering, er ikke alle selskapene inkludert i den årlige lønnsomhetsanalysen. Selskap som har oppdrett i andre land eller driver med annen virksomhet i tillegg som ikke er oppdrettsrelatert er ikke tatt med i lønnsomhetsanalysen.

Det produseres både atlantisk laks og regnbueørret i Norge. Regnbueørret er av samme laksefiskfamilie som atlantisk laks, og produksjonsprosessen er lik. På grunn av disse likhetene anser Fiskeridirektoratet disse artene som et produkt, og omtaler den totale produksjonen for lakseoppdrett. Om ikke annet er definert, vil denne oppgaven sammenslå disse to artene. I figur 1 illustreres fordelingen av slaktet laks og regnbueørret. Det ble i 2014 produsert ca. 1,3 millioner tonn laks i anlegg, som er en økning på 7,7 % fra 2013. Verdien på denne mengden lå på kr 41 832 millioner og viser til en økning på 10,3 % fra 2013. For regnbueørret ble det i 2014 produsert 68 986 tonn til en verdi av 2 305 millioner.



Figur 1: Slaktet mengde laks og regnbueørret for perioden 2000-2014

Kilde: Statistisk Sentralbyrå (2016c)

Tall fra Norges sjømatråd viser at eksporten av laks øker, og i 2014 ble det eksportert laks for 43,9 milliarder kroner. Dette var en økning på 11 % fra 2013. Det ble eksportert regnbueørret i 2014 til en verdi av 2,34 milliarder, noe som er nedgang på 1 %, men i vekt resulterte det i en nedgang på 9,5 % (Norges sjømatråd, 2015).

Det er en rekke trender og drivkrefter som påvirker oppdrettsbransjen. I rapporten om

kostnadsdrivere i lakseoppdrett utviklet av Nofima (2015) trekkes det frem fem viktige momenter. Den første er investering knyttet til teknologisk utvikling. Mer solid og avansert utstyr skal sørge for mer effektiv produksjon. Det andre momentet er hvordan biologiske og klimatiske faktorer påvirker produksjonen. Dette ligger utenfor havbrukets kontroll, men er tett knyttet opp mot den teknologiske utviklingen ettersom den bør utvikles med hensyn på bærekraft for samfunnet og det marine økosystemet. Det tredje momentet er markedet for smolt, fôr og utstyr. Disse markedene er i stadig endring og innad må de også følge sine reguleringer, samt har sine egne trender og drivkrefter. Den fjerde faktoren er myndighetskrav gjeldene blant annet fiskevelferd og HMS. Det stilles strenge krav på dette området i norsk fiskeoppdrett, og det krever ressurser for å opprettholde korrekt standard. Det siste momentet er reguleringssystemer. Reguleringer for norsk havbruk er til for å sørge for å bevare den norske kysten og hindre en industrialisering med fokus på kortsiktig gevinst og dermed skade en fremtidsrettet og langsiktig næring.

Miljømessige trusler som kan gi alvorlige ringvirkninger er eksempelvis utslipp fra anleggene i form av ubrukt fôr, avføring og medikamenter. Dette kan påvirke både det marine økosystemet og villfiskbestander, der også rømmet laks kan påvirke videre genetikk (Asche m.fl., 2009). Vi kan, gjennom disse trendene og drivkreftene, forstå at denne typen næring er kompleks med mange forhold å ta hensyn til, samt at flere av disse faktorene har en sammenheng. Videre gis en utdypende beskrivelse av lover og reguleringer, produksjonsprosessen, lønnsomhet og kostnader samt markedet og eksport nærmere.

2.2 Lover og reguleringer

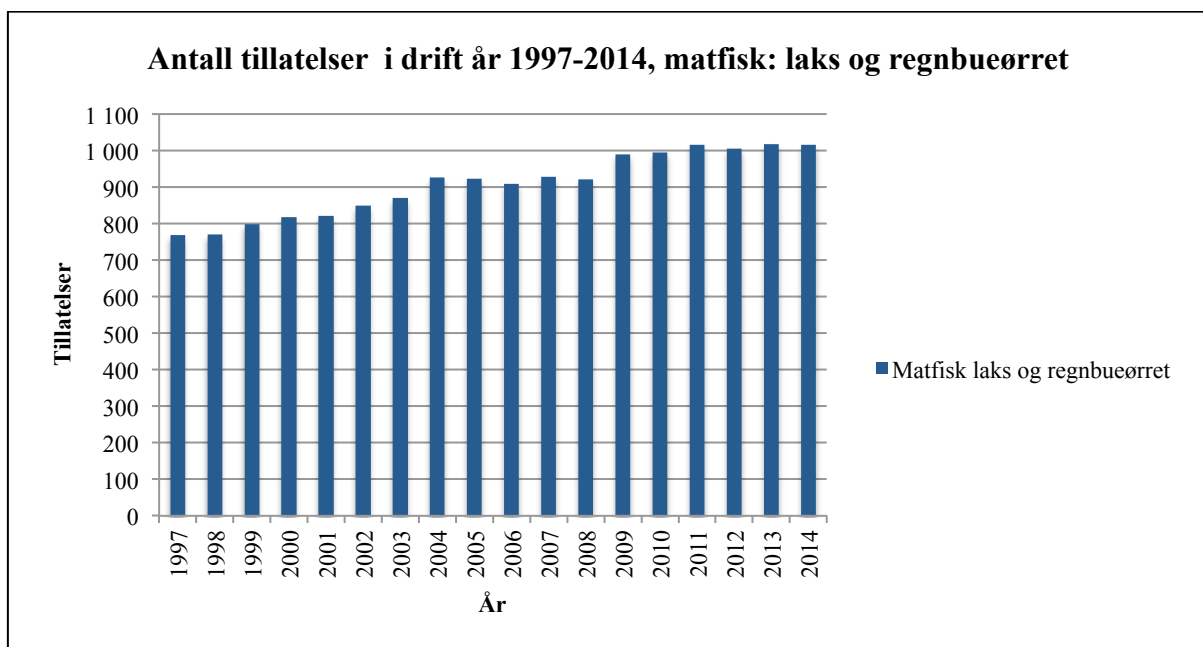
For å kunne drive med akvakultur slik som lakseoppdrett må man forholde seg til en rekke lover og reguleringer, deriblant akvakulturloven. Formålet med akvakulturloven er

§ 1. Formål

Loven skal fremme akvakulturnæringens lønnsomhet og konkurransekraft innenfor rammene av en bærekraftig utvikling, og bidra til verdiskaping på kysten. (Akvakulturloven, 2005).

Det er nærings- og fiskeridepartementet som tildeler tillatelser for oppdrett av laks med hjemmel i akvakulturloven. Før 2005 ble fôrforbruket rapportert og benyttet som

produksjonsregulering, men siden 2005 er reguleringen angående maksimalt tillatt biomasse (MTB) avgjørende for hvor mye levende fisk en produsent kan ha i sjøen. Standard mengde for en tillatelsen for matfisk er 780 tonn, mens for Troms og Finnmark er det tillatt med 945 tonn grunnet tregere tilvekst på grunn av kaldere sjøvann. Figur 2 viser at det i 2014 eksisterte i overkant av 1000 tillatelser (konsesjoner) i drift for matfiskproduksjon av laks og regnbueørret. Fra 2004 til 2014 har det blitt tildelt kun 89 nye konsesjoner. Det er også begrensninger i antall fisk per produksjonsenhet i sjøen. Kravet fra 2013 ligger på maks 200 000 fisk (Akvakulturdriftsforskriften, 2008). Slaktingen er også regulert av akvakulturforskriftene med krav om at denne prosessen blir utført av standardiserte metoder med hensyn til fiskevelferd og kvalitet.



Figur 2: Antall tillatelser i drift år 1997-2014, matfisk: laks og regnbueørret

Kilde: Statistisk sentralbyrå (2015b)

Konsesjoner deles ut i tildelingsrunder for å sikre spredt eierskap og spredt geografisk plassering. Det legges også vekt på miljøhensyn i denne fordelingen. I 2013 ble det innført grønne konsesjoner. Dette er et gitt antall konsesjoner som kun tildeles til de som oppfyller visse krav til teknologi og miljø. Det stilles også strengere krav med hensyn til lus og sykdommer for denne typen konsesjoner (Fiskeridirektoratet, 2016b). Søknadsfristen for 45 grønne konsesjoner gikk ut i slutten av 2013, og dermed kan vi anta at produksjonen i

perioden gjeldene for denne analysen (2004-2014) ikke inneholder grønne konsesjoner, men kostnadene knyttet til søknadsprosessen vil befinne seg under andre driftskostnader. For å bidra til økt innovasjon og utvikling, samt møte dagens utfordringer knyttet til areal og miljø, utlyste Fiskeridirektoratet utviklingskonsesjoner i 2015. Et av kravene til utdelingen av en slik konsesjon er at kunnskapen fra prosjektene skal komme næringen til gode, dermed må prosjektet nøye dokumenteres. Etter endt prosjektperiode og alle målekriteriene er oppfylt kan selskapet søke om å omgjøre utviklingskonsesjonen til en ordinær konsesjon.

Tilgang til nye lokaliteter eller ønsker om å utvide eksisterende lokaliteter skjer gjennom søknader fra oppdretterne selv. I denne søknaden skal det inngå eksterne rapporter fra fagmiljøer angående naturmiljømessige undersøkelser, smittehygiene og teknisk standard (Nofima, 2015). Denne prosessen er svært ressurskrevende og det kan stilles krav til videre undersøkelser. Strengere krav til lokaliteter og ofte tilbakeholdende holdninger hos kommunene samt protester fra lokalbefolkningen påvirker også oppdretterne i deres avgjørelser om å utrede søknader.

2.3 Produksjonsprosessen

All produsert laks i Norge kan spores helt tilbake til stamfisk fra 1970-tallet. På denne tiden ble det innhentet laks fra 41 norske elver med formål å avle frem dagens oppdrettslaks. Denne stamfisken ble nøye utvalgt basert på kriterier som kjøttkvalitet, god vekst og sterkt immunforsvar. Laks er en anadrom fiskeart. Det vil si at den vandrer mellom sjøvann og ferskvann og er avhengig av ferskvann for å reproducere seg. Prosessen fra rogn til slakteklar laks tar omtrent tre år, der det første året foregår i settefiskproduksjon og de neste 14-24 månedene foregår i merder i havanlegg. I kaldere vann vil vekstprosessen ta noe lengere tid. Laksen sendes til slakteri når den veier ca. 3-6 kg.

Lakseggproduksjon foregår internasjonalt og produksjonen justeres i forhold til etterspørsel. Produksjon av settefisk (rogn, yngel, parr og smolt) foregår i ferskvannskar på land, der rognen kunstig befruktes av stamfisken og ligger i ca. 60 dager med en temperatur på ca. 8°C. Når egget klekkes får vi det som kalles yngel. Fire til seks uker etter klekking vil yngelen begynne å ta til seg fôr. Etter 10-16 måneder i ferskvann har fisken en vekt på rundt 100 gram, og er nå på smoltstadiet og sendes til andre lokasjoner og settes i havet. Dersom den er

under 100 gram er det større risiko for rømming (Fiskeridirektoratet, 2015b). Yngelen har gjennomgått en smoltifiseringsprosess som er fysiologiske og hormonelle forandringer som gjør fisken levedyktig i saltvann. I Norge settes smolten i sjøen to ganger i året, på høsten og våren, og dette sørger for en jevnere produksjon. Noen av de større selskapene har rogn- og/eller smoltproduksjon integrert i sin verdikjede, men de fleste selskapene kjøper opp smolt og rogn fra eksterne produsenter.

Laksen tilbringer 14-24 måneder i merdene før de slaktes. En merd består av en notpose som er mellom 20 og 50 meter dyp med et flytelement i overflaten. Akvakulturdriftsforskriften (2008) sier at fisketettheten per produksjonsenhet ikke skal overstige 25 kg/m^3 , og antall fisk per produksjonsenhet skal ikke overstige 200 000. Havtemperatur påvirker denne tidsperioden ettersom varmere temperaturer gir vilkår som fører til hurtigere vekst. Laksen er kaldblods og den optimale temperaturen for arten er 8-14 grader celsius.

Når fisken er mellom 3-6 kg kan den sendes til slakteriet. Den fraktes levende ved hjelp av brønnbåter og skal avlives så raskt som mulig etter å ha ankommet slakteriet. Den overføres først til en slaktemerd og deretter bedøves fisken i henhold til regelverket. Slakting av fisk skal skje på en slik måte at fisken utsettes for minst mulig lidelse og stress. Etter slakting overføres fisken til foredling. Størstedelen av fisken som sendes er kun sløyd og lagt på is i kasser. En kombinasjon av god innpakking og effektiv distribusjon sørger for at laksen holder høy kvalitet når den når internasjonale markeder.

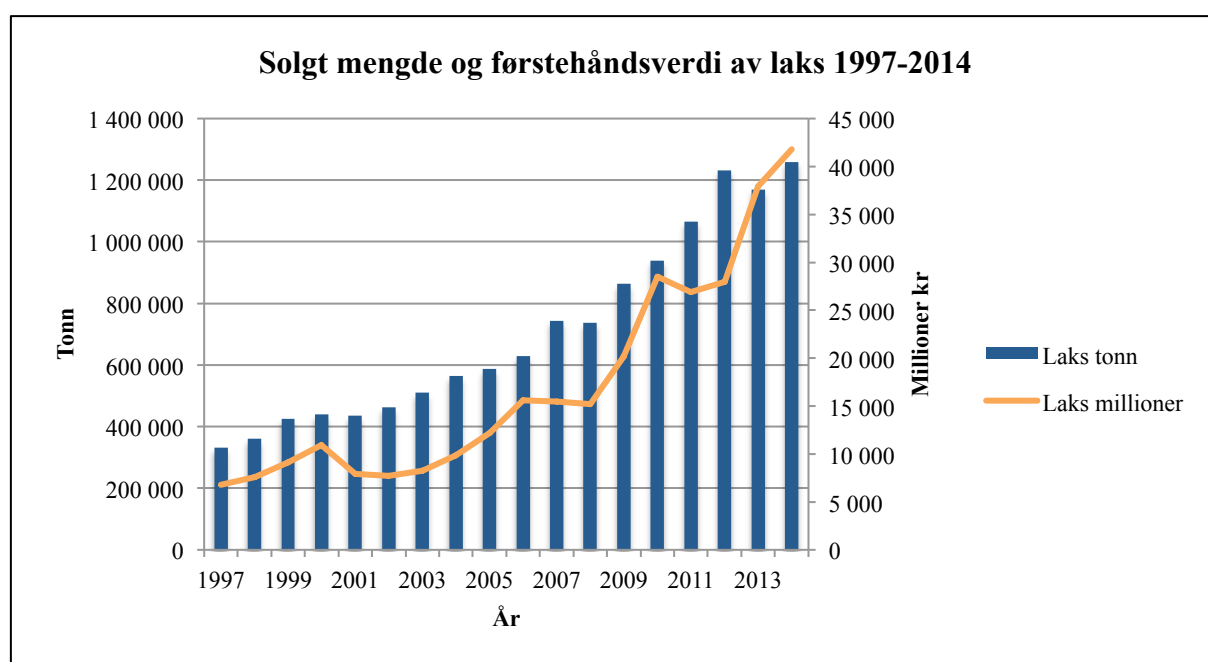
2.4 Sykdommer og dødelighet

Det er høyest dødelighet de to første månedene etter at smolten er satt i havmerkene, og dødeligheten er som regel knyttet til sykdommer og behandling av lakselus. For å hindre sykdommer, vaksineres fisken i ferskvann før den settes ut i sjøen. Dette gir større kontroll over produksjonen, men det er fremdeles sykdommer og bakterier som det ikke eksisterer vaksiner for. I noen tilfeller må anleggene benytte seg av medisiner for å redde fisken. Den store økningen i produksjon på 80-tallet førte til økning i sykdommer og økt bruk av antibiotika. Utviklingen siden midten av 90-tallet har bidratt til bedre fiskehelse og dermed har bruk av antibiotika gått betydelig ned (Regjeringen, 2011). I 2012 ble det satt i gang tiltak for å overvåke luseproblematikken (Nofima, 2015). Dette innebærer ukentlige telling

og rapportering av lus i merdene, som dermed resulterer i økt arbeidsbehov. I tillegg er avlusningsprosessen ressurskrevende, samt at behandlingene har blitt dyrere (Nofima, 2015).

2.5 Markedet og eksport

Som nevnt innledningsvis er verdens befolkning i vekst og dermed også etterspørselen etter mat økende. Det er naturlig at sjømatnæringen vil oppleve svingninger, men i et langsiktig perspektiv vil denne sektoren oppleve vekst. Figur 3 illustrerer veksten i norsk lakseoppdrett siden 1997, og figur 4 viser eksport av norsk sjømat fra oppdrett for perioden 2006-2015. Slik vi ser har det vært en god vekst siden 2008 med unntak i 2011 og 2012. Økende etterspørsel etter laks kan sammenfalle med sunnhetsreder og bevissthet rundt kosthold. Offentlige kostholdsråd anbefaler fisk flere dager i uken og laks inneholder sunne fettstoffer, vitaminer og mineraler. I tillegg er laks et allsidig produkt som kan fremstilles blant annet både fersk og røkt, til sushi eller ferdigretter. Laks er i tillegg ikke sesongbasert og dermed er det et jevnt tilbud i markedet. Størstedelen av verdens oppdrettslaks kommer fra produsenter i Norge, Chile, UK og Canada.

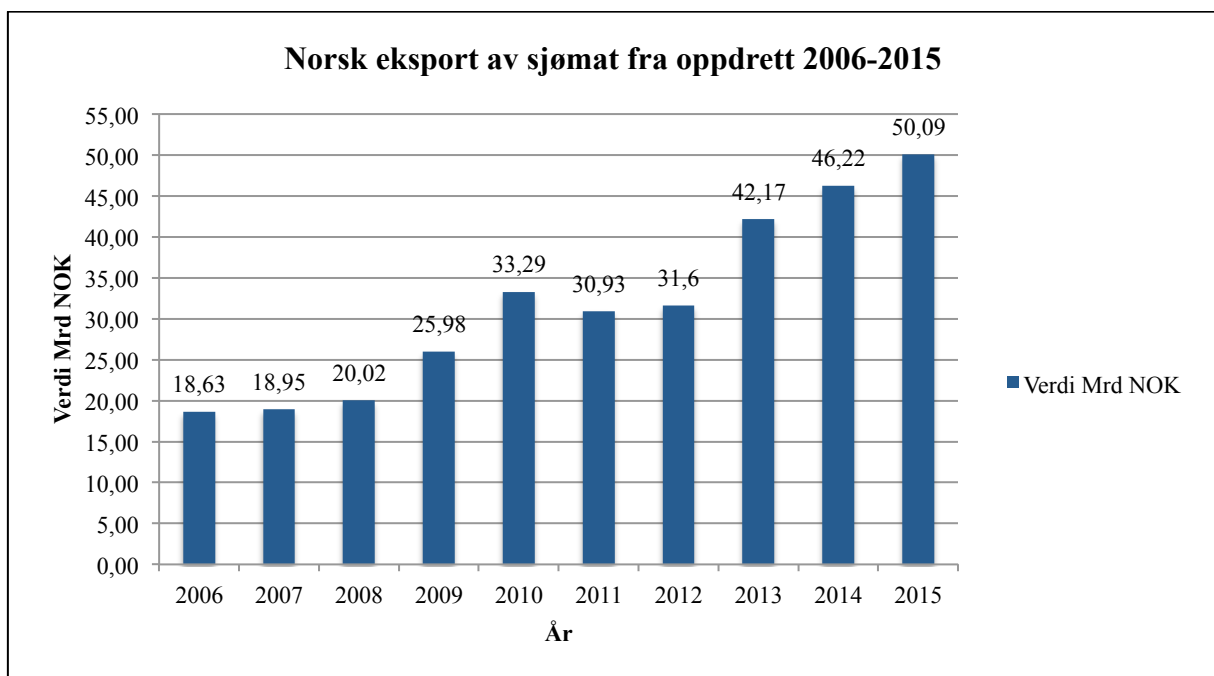


Figur 3: Solgt mengde og førstehåndsverdi av laks fra norsk lakseoppdrett 1997-2014

Kilde: Statistisk sentralbyrå (2015a)

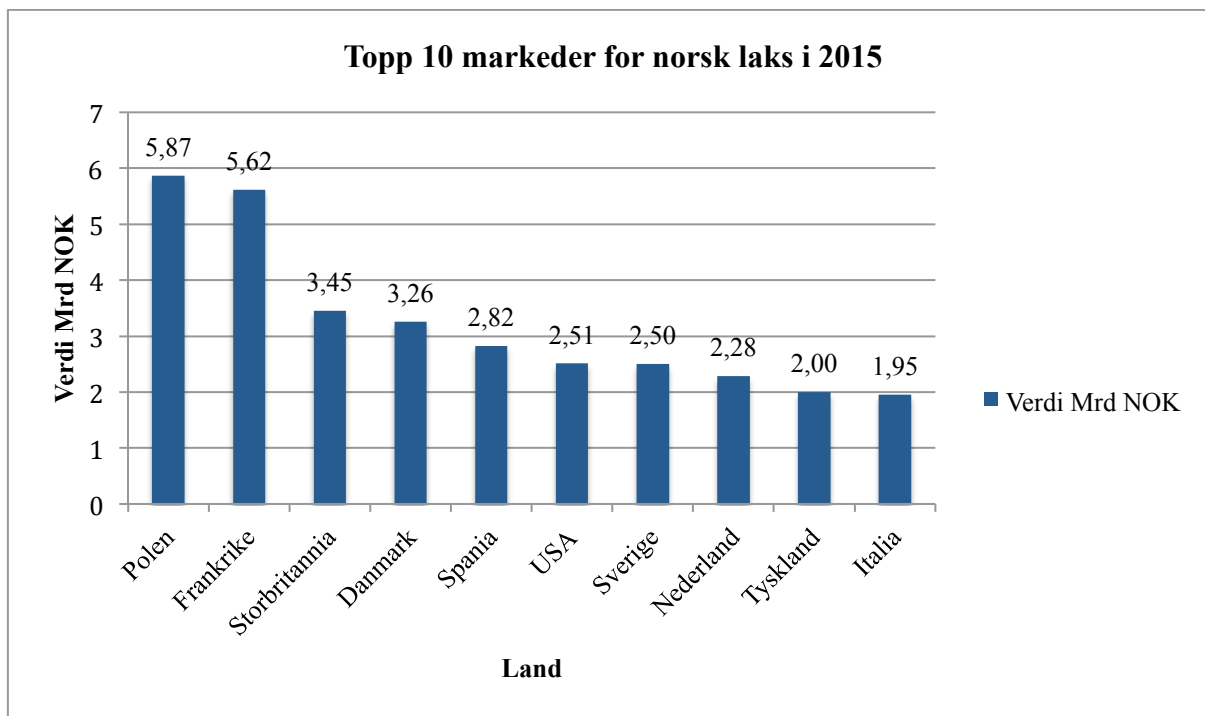
2015 ble et rekordår for norsk sjømateksport, som grunnes blant annet økende etterspørsel og

svak krone. Av den totale sjømateksporten fra oppdrett i 2015 på 50,09 milliarder, tilhører 49,94 milliarder eksport av laks og ørret (Norges sjømatråd, 2016b). Dette er en økning på over 8 % fra rekordåret 2014 (Norges sjømatråd, 2016c). Topp ti markeder for norsk lakseeksport vises i figur 5, der Polen er det største enkeltmarkedet som i 2015 importerte laks til en verdi av 5,87 milliarder. Det er viktig å påpeke at i tillegg til eget konsum i Polen, er det her mye av laksen bearbejdes og distribueres videre til det europeiske markedet. Det har vært noe variasjoner i kilopriser på laks de siste årene, illustrert i figur 6. Midten av 2014 viste pris per kg på rundt kr 30, som skyldtes høye slaktervolum, og dermed lavere spotpris (Berge, 2014). Starten av 2016 gav rekordhøy pris på over kr 60 per kilo. Dette kan grunnes blant annet svak kroneutvikling.



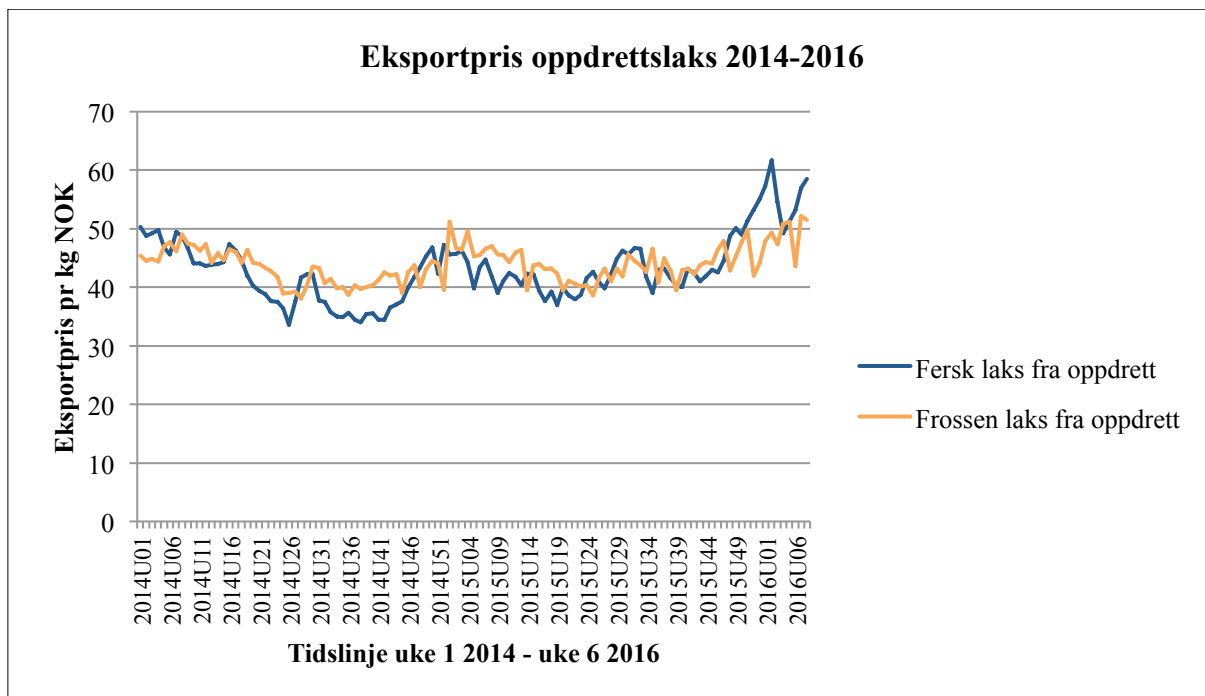
Figur 4: Norsk eksport av sjømat fra oppdrett 2006-2015

Kilde: Norges sjømatråd (2016b)



Figur 5: Topp 10 markeder for norsk laks i 2015

Kilde: (Norges sjømatråd, 2016b)

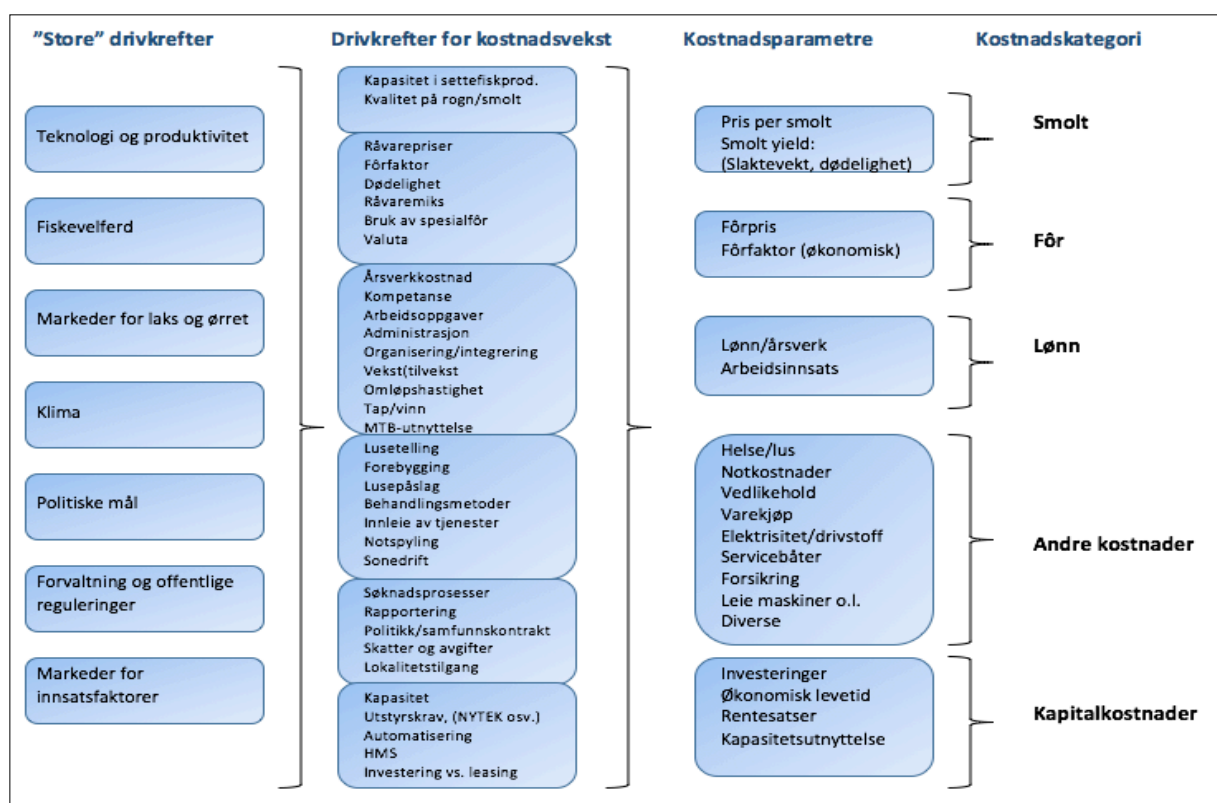


Figur 6: Eksportpris for fersk eller frossen oppdrettslaks

Kilde: Statistisk sentralbyrå (2016a)

2.6 Lønnsomhet og kostnader

I følge Nofima (2015) har produksjonskostnader i lakseoppdrett vært økende de siste årene. Dette gjelder spesielt for smolt- og fôrkostnader, samt kostnader i forbindelse med sykdom og lus. Dette er ofte kostnader knyttet til forebyggende tiltak som vil påvirke blant annet lønnskostnader og kapitalkostnader. I figur 7 ser vi forbindelsene mellom drivkreftene og kostnadene. Ved å se på fôr i denne sammenhengen ser vi at fôrkostnaden er et resultat av både fôrprisen og mengde fôr per kilo produsert fisk. I tillegg kan faktorer som fiskens genetikk påvirke hvordan opptaket av fôret påvirker veksten. Videre er fôrprisen påvirket blant annet av pris på råvarer, valuta og tilbud/etterspørsel.



Figur 7: Kostnadsdrivere og kostnadskategorier i norsk lakseoppdrett

Kilde: Nofima (2015)

Lønnsomhetsundersøkelsen for laks og regnbueørret for 2014 av Fiskeridirektoratet (2015a) forklarer at siden 2001 har produksjonskostnadene per kg (rund vekt) vært varierende, men stigende siden 2012, slik vi ser i tabell 1. De nevner også at smoltkostnader kombinert med

førkostnaden er hovedårsaken til økning i produksjonskostnaden per kg.

Tabell 1: Produksjonskostnad per kg produsert laks og ørret i 2014 kroner

År	Produksjonskost per kg
2000	20,10
2005	16,78
2010	21,26
2011	20,68
2012	20,12
2013	23,15
2014	23,38

Kilde: Fiskeridirektoratet (2015a)

Nofima (2015) har i tillegg kartlagt kostnadsutviklingen siden 2000. Rapporten viser til at toppårene for lønnsomhet har vært årene 2000, 2010, 2013 og 2014, og forklarer at den høye prisen på laks er grunnen til den gode lønnsomheten. I følge Nofima (2015) var produksjonskostnadene avtakende fram til 2005, og deretter jevnt økende, noe som samsvarer med tabell 1 med tall fra Fiskeridirektoratet (2015a) og med studien til Vassdal og Holst (2011), som viser at totalkostnaden var på et minimum i 2005, men deretter økt frem til 2008. Siden 2005 har det vært store endringer i næringen, som for eksempel overgangen fra førkvoter til MTB. I tillegg til dette har det vært fusjoner og oppkjøp som har snevret inn bransjen og gjort det mulig å samle konsesjoner på færre, men større lokaliteter. Oppdrettsnæringen har i tillegg blitt et høyteknologisk arbeidssted med mange automatiserte oppgaver, og dermed økt behov for spisskompetanse. Videre er det interessant å rette fokus mot viktige input-variabler som smoltkostnad, førkostnad, lønnskostnad og andre driftskostnader.

2.6.1 Utviklingen i smoltkostnader

Tabell 2 viser utviklingen i smoltkostnader. For perioden 2004-2014 har smoltkostnaden per kg økt med 7,7 %. Det er viktig å påpeke at smoltkostnadene i 2014 utgjorde mindre enn 11 % av den totale kostnaden, mens 10 år tidligere utgjorde den 13 % (Nofima, 2015).

Utviklingen i denne kostnaden kan grunnes prisen per smolt, produksjon av fisk, økt bruk av større smolt og senere utsettingstidspunkt. Ved å bruke større smolt reduseres eksponeringstiden mot sykdommer og lus, og produksjonstiden i merdene blir noe kortere.

Selskaper med integrert smoltproduksjon i verdikjeden kan ha lavere kostnad enn de som kjøper eksternt og følger markedsprisen. For perioden 2013-2014 opplevde næringen en økning på smoltpris per smolt på 7,1 % fra kr 9,59 til kr 10,27 (Fiskeridirektoratet, 2015a).

Tabell 2: Smoltkostnad per kg produsert laks og ørret

År	Smoltkostnad per kg	Indeksjustert i 2014 kr
2004	1,94	2,34
2005	1,85	2,20
2006	1,58	1,84
2007	2,13	2,46
2008	2,09	2,32
2009	1,94	2,11
2010	2,45	2,60
2011	2,28	2,39
2012	2,16	2,25
2013	2,19	2,23
2014	2,52	2,52

Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015a)

2.6.2 Utviklingen i fôrkostnader

Tabell 3 viser utviklingen i fôrkostnader. Fôrkostnaden utgjør mer en halvparten av produksjonskostnaden per kg produsert fisk (Fiskeridirektoratet, 2015a). Fôrkostnaden har økt jevnt, og dette skyldes hovedsakelig økte fôrpriser, økt fôrforbruk og økt bruk av funksjonelt fôr. Dødelighet sent i produksjonsprosessen påvirker også denne produksjonskostnaden på grunn av at det eksisterer et fôrforbruk, men fisken må slaktes. Økning i fôrprisen kommer av økte råvarepriser, råvaresammensetningen og valutasingninger.

Tabell 3: Fôrkostnad per kg produsert laks og ørret

År	Fôrkostnad per kg	Indeksjustert i 2014 kr
2004	8,47	10,23
2005	7,46	8,87
2006	8,36	9,72
2007	9,07	10,47
2008	9,76	10,85

2009	9,85	10,73
2010	10,97	11,66
2011	11,02	11,57
2012	10,85	11,30
2013	11,5	11,73
2014	11,83	11,83

Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015a)

2.6.3 Utviklingen i lønnskostnader

Tabell 4 viser utviklingen i lønnskostnader per kg produsert laks og ørret. Fra 2013 til 2014 økte gjennomsnittlig lønnskostnad med 4,3 % per kg, og på samme tid var det økning i både antall årsverk og brutto lønnskostnad per årsverk (Fiskeridirektoratet, 2015a). Over det siste tiåret har bransjen stilt høyere krav til kompetanse. Bransjen har gjennomgått effektivisering og endret seg til å bli en teknologisk arbeidsplass som ofte krever spisskompetanse. Det er noe utfordrende å kartlegge utviklingen i lønnskostnadene på grunn av både endret produksjonsteknologi og i større grad bruk av innleide tjenester, som i nyere tid tilhører posten andre driftskostnader. Dermed blir den faktiske arbeidsinnsatsen vanskelig å måle. Det var omtrent like mange ansatte i 2014 som midten av 80-tallet, og produksjonen har økt med ca. 25 % (Nofima, 2015). Det rapporteres om større arbeidsbelastning og dette kan knyttes til økte administrative oppgaver, overvåking av lusesituasjonen, teknologiske krav, samt andre faktorer knyttet til lover og reguleringer. Det er også viktig å bemerke at oppdrettsnæringen på noen områder konkurrerer om arbeidskraft med olje- og offshorenæringen og dermed må legge seg på et lønnsnivå tilpasset dette arbeidsmarkedet. Vi har nylig sett at olje- og offshorenæringen er preget av store nedkuttinger som kan påvirke lønnskostnadene fremover i oppdrettsnæringen. Tabell 5 viser utvikling av gjennomsnittlig brutto lønnskostnad per årsverk i norsk oppdrettsnæring.

Tabell 4: Lønnskostnad per kg produsert laks og ørret

År	Lønnskostnader per kg	Indeksjustert i 2014 kr
2004	1,42	1,72
2005	1,38	1,64
2006	1,43	1,66
2007	1,38	1,59
2008	1,43	1,59

2009	1,29	1,40
2010	1,69	1,80
2011	1,61	1,69
2012	1,66	1,73
2013	1,8	1,84
2014	1,92	1,92

Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015a)

Tabell 5: Gjennomsnittlig brutto lønnskostnad per årsverk. Tall i 2014 kroner

År	Brutto lønnskostnad per årsverk
1985	262 702
1990	340 219
1995	411 509
2000	594 419
2005	642 037
2010	662 150
2011	679 641
2012	684 142
2013	671 437
2014	703 024

Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2015a)

2.6.4 Utviklingen i andre driftskostnader og forsikringskostnader

Tabell 6 viser utviklingen i andre driftskostnader, inkludert forsikringskostnader. Justert for inflasjon så har driftskostnadene per kg økt med 138 % fra 2004 til 2014 . Innenfor andre driftskostnader inngår innleide tjenester og oppgaver, som tidligere røkterne tok seg av, i tillegg til leasing av utstyr for å hindre store investeringer selv. Innenfor denne kostnadsposten opptar luse- og helsesituasjonen store andeler. Over de siste tiårene har det blitt stadige strenger overvåking av lakselus. Her inngår både kostnader for bruk av rensefisk, vask av nøter, samt behandling mot lus.

Forsikringskostnaden utgjør en liten andel av produksjonskostnaden, og påvirker denne posten i liten grad (Fiskeridirektoratet, 2015a). Rentekostnadene har minket med ca. 18 % over en tiårsperiode, og dette grunnes skalafordeler samt den generelle renteutviklingen i landet. Det har blitt gjort store investeringer i nytt utstyr og teknologi, men grunnet

produksjonsøkning er det flere kg å fordele kostnadene på (Nofima, 2015). Økningen i slakte- og pakkekostnadene justert for inflasjon ligger på ca. 4 % fra 2005-2014 (Nofima, 2015), som er marginalt. Den teknologiske utviklingen har gjort at det er god kapasitetsutnyttelse på dette området.

Tabell 6: Annen driftskostnad per kg produsert laks og ørret

År	Annen driftskostnad pr. kg	Indeksjustert i 2014 kr
2004	1,93	2,33
2005	1,74	2,07
2006	2,39	2,78
2007	2,06	2,38
2008	3,00	3,34
2009	3,04	3,31
2010	3,45	3,67
2011	3,51	3,68
2012	3,38	3,52
2013	5,69	5,80
2014	5,54	5,54

Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015a)

3 Tidligere studier

Det eksisterer litteratur knyttet til laksenæringen, effektivitet og produktivitetsutvikling, samt litteratur angående konkrete metoder som Malmquist produktivitetsindeks (MPI) og Data Envelopment Analysis (DEA). I tillegg har det blitt skrevet flere masteroppgaver med lignende tematikk og problemstilling som denne. Vår oppgave skiller seg ut ved at vi benytter oss av nyeste tilgjengelige data fra Fiskeridirektoratet, i tillegg benytter vi en annen metodisk tilnærming innenfor DEA. Denne tilnærmingen er en teknologisk betingelse ved navn FRH, og denne har ikke vært anvendt i stor grad hittil.

3.1 Tidligere masteroppgaver

Det har vært skrevet lignende masteroppgaver tidligere som har benyttet seg av både DEA og MPI i matfisknæringen. Lagesen og Sørensen (2006) har sett på effektivitet og produktivitet for tidsintervallet 1996-2003. Tollefsen (2009) har med lignende fremgangsmåte sett på

effektivitet og produktivitet for tidsintervallet 2001-2006, og masteroppgaven av Wikeland (2015) har analysert laksefiskneringen for årene 2006-2013. I tillegg har det blitt skrevet oppgaver om effektivitetsanalyse og benchmarking av enkelt selskap, som for eksempel Lerøy Aurora AS av Hansen og Hansen (2008) og verdivurdering selskapet SalMar ASA av Sverrisson Rasch (2012).

Denne metodiske tilnærming har blitt benyttet i flere masteroppgaver, men også applikert på andre områder som for eksempel effektivitetsanalyse av norske fengsler ved hjelp av DEA av Holmbukt (2011), effektivitetsanalyse av offentlig og private barnehager i Stavanger kommune ved hjelp av DEA av Bøhm (2013). En Malmquist produktivitetsindeks ble benyttet i en analysen av Troms kraft i perioden 2001-2004 av Pettersen (2007).

3.2 Studier innenfor effektivitet og produktivitet

Asche, Roll, og Tveterås (2008) presenterer fremtidens trender i akvakultur ved å se på produktivitetsvekst og økt produksjon. Den teknologiske utviklingen har muliggjort storskalaproduksjon som har ført til at produkter fra oppdrett er konkurransedyktige med andre kjøtt- og viltfiskprodukter. Norsk lakseoppdrett er et godt eksempel på en slik produksjon, der teknologisk utvikling har ført til større produksjon og lavere produksjonskostnader (Asche m.fl., 2008). Asche m.fl. (2008) beskriver at for å fortsette å oppnå profitt, er det to forhold å ta hensyn til. Den første er økt effektivitet ved at output økes i forhold til input, og den andre faktoren er økt kvalitet på inputfaktorer, ved blant annet bedre fôr og fôringsteknologi, og utvikling av genetikk hos fisken. En av de største utfordringene ved økt produksjon i akvakultur er miljømessige hensyn. Å drive bærekraftig vil gi økte kostnader i form av reguleringer og bruk av input, og dermed påvirke produktivitetsveksten, men om man ikke følger slike krav kan man blant annet møte importforbud fra andre land (Asche m.fl., 2008).

Miljømessige hensyn blir videre diskutert i en studie av Asche m.fl. (2009), der de påpeker at ineffektivitet kan utgjøre en trussel mot miljøet, ved for eksempel overbruk av skadelige inputfaktorer som kan føre til økte kostnader samt påvirke videre drift. Asche m.fl. (2009) estimerer effektiviteten ved et utvalg norske lakseoppdrett, som viser at både teknisk ineffektivitet og allokeringsineffektivitet er signifikante forklaringsfaktorer for variasjoner i

kostnader, men konkluderer med at den viktigste miljøbelastningen kommer fra teknisk ineffektivitet. Asche m.fl. (2009) beskriver at den eksisterende høyteknologiske oppdrettsbransjen er i stor grad kostnadseffektiv, og påpeker at miljømessige utfordringer oppstår over tid. Dermed er bransjen avhengig av videre innovasjonsutvikling for å hindre fremtidig negative utfall og produktivitetsnedgang.

Roll (2012) viser til norsk lakseoppdrett i en studie omhandlende produktivitetsutvikling der det påpekes at det er nødvendig å vurdere selskapseffektivitet og tidseffektivitet i næringer med hurtig endring, dersom man ønsker å analysere teknologisk adaptasjon og effektivitet. Med bakgrunn i norsk lakseoppdrett, konkluderes det at den største reduksjonen i variable kostnader grunnes teknologisk fremgang over perioden 1985- 1993, og dette kan skyldes en "learning-by-doing" effekt. I tillegg kommer det frem at allokeringssineffektivitet reduseres og at det kan hevdes at det dermed også eksisterer en økonomisk "catching-up" effekt.

Ved å benytte seg av en stokastisk front analyse (SFA), har Nilsen (2010) som formål å analysere "learning-by-doing" og teknologisk "leapfrogging" i norsk lakseoppdrett. Resultatene viser at selskap som er i startfasen, som er mellom tre og fem år er litt bedre en eldre selskap. Dette kan tyde på at nye selskap utnytter den nye og forbedrede teknologien som finnes, sammenlignet med eldre selskap med gammel teknologi. Dette selv om det tar litt tid før den nye teknologien utnytter sitt potensial. Det finnes mange hypoteser innenfor adopsjon av teknologi, og en hypotese er at nye selskaper har mulighet for å gjennomføre "leapfrog" av de eldre selskapene ved å investere i nyere teknologi som har vært utilgjengelig frem til nå.

I studien til Asche, Guttormsen, m.fl. (2013) analyseres totalfaktorproduktivitetsendringen i norsk lakseoppdrett for perioden 1996-2008. Resultatene i studien viser at produktivitetsveksten har minket gjennom de siste årene, og at produktivitetsvekst bare kan skje når produksjonsområdet økes. I følge Asche, Guttormsen, m.fl. (2013) har veksten i norsk lakseoppdrett minket fra 15-20 % i 1992-1995, til årlig vekst på 1-2 % i perioden 1996-2008. I tillegg påpekes det at den viktigste input-faktoren er fôr. Resultatene viser en økning i fôrforbruket, noe som resulterer i dårligere produktivitet, men på den andre siden har også kostnadene på fôr minket.

Vassdal og Holst (2011) ser på endringen i totalfaktorproduktiviteten i produksjon av atlantisk laks i Norge fra 2001-2008. Gjennom å benytte seg av en Malmquist produktivitetsindeks oppdager de at bransjen har hatt en produktivitetsvekst fram til 2005, men deretter avtar frem til 2008. De viser til at teknologifaktoren i denne indeksen også avtar, men effektiviteten endrer seg ikke. Med disse resultatene konkluderer de med at bransjen har nådd en teknologisk modenhet, der det er utfordrende å skape fremgang, men at det fortsatt er et mulighetsrom for den individuelle produsenten å bevege seg mot “best practice” fronten. Totalkostnaden var på sitt minimum i 2005, men har siden den gang økt. Vassdal og Holst (2011) påpeker at førkostnaden har økt parallelt med totalkostnaden, men ikke i samme grad, og kan dermed ikke være grunnen alene. De belyser også muligheten for at i nedgangstider vil produsenter fokusere på økt produktivitet for å dekke kostnadene med mest mulig marginer, mens i gode tider vil de ha et mer avslappet forhold effektivitetsforbedring. Vassdal og Holst (2011) påpeker at den største reduksjonen av produksjonskostnader skjedde før 2001, men at denne perioden også var preget av mindre produksjon, mindre størrelser på merdene, samt mindre utviklet teknologi.

I en studie av Asche, Roll, Sandvold, Sørvig, og Zhang (2013) beskrives to viktige faktor ved produksjonsveksten i lakseoppdrett, anleggsstørrelse og størrelsen på selskapene. Over tid har grad av markedskonsentrasjon økt og store selskap har blitt større over tid. Flere selskap har fusjonert horisontalt, og noen selskap har valgt vertikalintegring med én eller flere ledd i verdikjeden. I følge Asche, Roll, m.fl. (2013) er den teknologiske utviklingen hovedårsaken til økt anleggsstørrelse som fører til økt produksjon, i tillegg til bedre fôr og fisk med bedre vekstbetingelser. Det er stor variasjon i selskapsstørrelse, og Asche, Roll, m.fl. (2013) fant ingen resultater som samsvarte med at selskap må vokse for å øke produktivitet, men de påpeker at siden bransjen har blitt mer konsentrert, indikerer det tilstedeværelsen av skalafordeler. gjerne i andre deler av verdikjeden. Denne konsentrasjonen eksisterer og i land med stagnerende produksjon, noe som kan antyde skalafordeler ved å følge næringens reguleringer.

3.3 Vårt bidrag

I vår studie vil vi utføre en analyse av effektivitet og produktivitetsutvikling i norsk lakseoppdrett for perioden 2004-2014. Dette tidsintervallet overlapper de lignende studiene

av Tollefsen (2009), Wikeland (2015), Vassdal og Holst (2011) og Asche, Guttormsen, m.fl. (2013), og dermed kan vi sammenligne våre resultater og se om det eksisterer noen likhetstrekk der vi benytter samme metodiske fremgangsmåte. Det vil ikke være hensiktsmessig å benytte nøyaktig samme inputvariabler som det nyeste tilskuddet av Wikeland (2015), ettersom vi ser på noe lik tidsperiode. Der han har valgt fôrforbruk, har vi valgt fôrkostnad, og der han har benyttet seg av kapitalbindinger, har vi valgt å bruke utnyttet kapasitet. Beskrivelse av valgte input vil utredes i kapittel 5.

I tillegg til den totale effektivitets- og produktivitetsanalysen av norsk lakseoppdrett, ønsker vi å se om utviklingen av bransjen påvirkes av selskapenes posisjonering i forhold til produksjonsstørrelse. Dette med studien til Asche, Roll, m.fl. (2013) i våre tanker. I tillegg er det interessant å se på ressursutnyttelse på bakgrunn av miljømessige hensyn slik diskutert av Asche m.fl. (2008) og Asche m.fl. (2009). Ved å se på optimal skala vil vår analyse kunne kartlegge optimal ressursutnyttelse og optimal produksjon for perioden 2004-2014, som dermed vil gi indikasjoner om hensiktsmessig eller uhensiktsmessig bruk av ressurser.

4 Teori og metode

Vi vil gjennomføre en analyse av effektiviteten og produktivitetutviklingen i norsk lakseoppdrett, basert på tall fra Fiskeridirektoratet for 2004-2014. I tillegg ønsker vi å ta en posisjoneringsinndeling av aktørene i bransjen for å kunne se hvordan utviklingen har vært innad ulike størrelsesgrupper, deretter se på optimal skala. Dermed blir teori og metode i vår oppgave å omhandle analyseverktøyet DEA, samt en indeks som måler produktivitetsendring over tid. I likhet med studier i litteraturgjennomgangen vil vi benytte oss av Malmquist produktivitetsindeks. Vi vil også sammenligne resultatene fra effektivitetsanalysen med optimal skala. Denne masteroppgaven vil være en empirisk analyse, basert på sekundære tverrsnittsdata fra Fiskeridirektoratet. Datasettet fra Fiskeridirektoratet består av regnskapstall og produksjonstall fra de ulike aktørene innenfor lakseoppdrett i Norge.

4.1 Målsettinger

Målet til profittmaksimerende bedrifter er å være lønnsom. Med andre ord levere positivt resultat over tid. For å kunne oppnå et resultat som svarer til forventningene er det viktig å ha

kontroll på kostnadene sine, samtidig som man er bevisst på hvor store inntekter driften genererer. Dersom kostnadene til et selskap blir for høye i forhold til hvor mye de har i inntekter kan det positive resultatet utebli, og selskapet vil da befinne seg i en uønsket situasjon med negativt resultat. For å sørge for at man klarer å levere resultat etter ønske, er det viktig med god økonomistyring, samt fokusere på god ressursutnyttelse.

Vi forutsetter i denne oppgaven at alle aktørene i vårt utvalg ønsker å maksimere sitt overskudd, og dermed ønsker å opptre mest mulig effektiv og produktiv. I Norge blir etablering og kapasitetsutvidelse i matfiskproduksjon av atlantisk laks og regnbueørret regulert av konsesjoner. Gjennom begrensninger av konsesjoner og MTB er det ikke hensiktsmessig for et selskap å prøve å øke produksjons- og salgsvolum over hva som er regulert, og selskapene som er med i analysen antas å operere med maksimal kapasitet, ettersom det kun har vært en økning på 89 konsesjoner siden 2004 fram til 2014. Med bakgrunn i dette vil det heller være nyttig å se på hvor effektive ulike selskap er i forhold til resten av bransjen, samt å se på produktiviteten i disse selskapene.

4.2 Produktivitet

Produktivitet kan bli sett på som mål på ytelse. Selskaper som produserer større mengde output med gitt sett av input i forhold til andre selskap i samme bransje vil være mer produktiv. For lakseoppdrettsnæringen kan det være at noen laks evner å ha større vekst for den samme inputmiksen som fører til produktivitetsvekst (Asche, Guttormsen, m.fl., 2013). For å måle produktivitet behøver man i utgangspunkt ikke noe annet enn selve observasjonene av selskapene. Produktivitet handler med andre ord om å utnytte et sett med input for å få mest mulig output på den andre siden. Produktiviteten er et forholdstall som sier noe om hvor mye input som kreves for å produsere output. Eksempelvis kan vi si at input = smoltkostnader, og output = produsert laksefisk målt i kilo. Desto lavere smoltkostnadene er i forhold til produsert laksefisk målt i kilo, jo høyere vil produktiviteten bli.

$$\mathbf{Produktivitet} = \frac{\mathbf{Output}}{\mathbf{Input}} = \frac{y}{x} \quad (1)$$

Høy produktivitet skyldes at et selskap (DMU) klarer å utnytte et gitt sett med input på best mulig måte i forhold til hvor mye output som blir produsert. Verdien på innsatsfaktorer vil avhenge av innsatt mengde samt prisen per enhet. Produktivitetstallet forteller ikke alene noe om hvordan et selskap utnytter sine ressurser. Ved hjelp av en standard som er basert på tidligere registreringer, kan produktivitetstallet enten forbedres eller forverres. Det er forøvrig viktig å være oppmerksom på at produktivitetstallet ikke sier noe om ressursutnyttelsen i forhold til det som teoretisk er mulig eller som er prestert av andre selskaper.

Produksjonsprosesser bruker ofte flere input for å produsere output. For å løse problematikken rundt dette så kan totalfaktorproduktivitet (TFP) være mer pålitelig, og kan på grunn av dette være et prestasjonsmål for sammenligning over tid eller mellom bedrifter (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 2005). For å måle TFP benytter man pris- eller verdivektorer på variablene. Disse vektorene er her presentert som u_r og v_i , for henholdsvis output r og input i , hvor $r = (1, \dots, s)$ og $i = (1, \dots, m)$:

$$TFP = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} = \frac{\text{Veid sum output}}{\text{Veid sum input}} \quad (2)$$

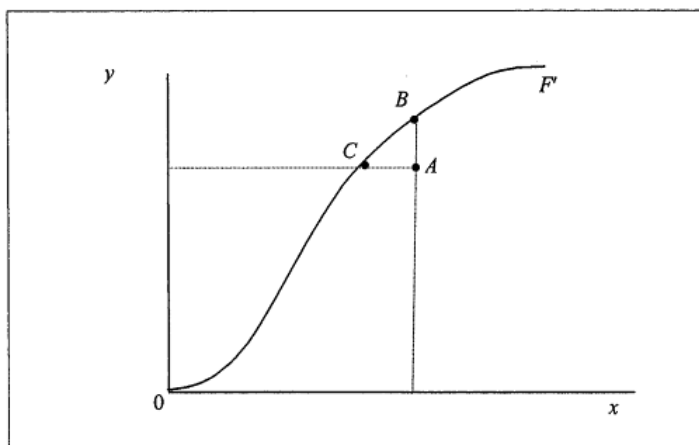
4.3 Effektivitet

Når man skal måle effektiviteten til et selskap tar man utgangspunkt i hvor mye output som maksimalt kan produseres, gitt et bestemt sett av input (Farrell, 1957). Effektivitetsmåling er alltid relativt, og skal fange opp i hvilken grad måloppnåelse er nådd ved å sammenligne mot ”best practice”. Effektiviteten er derfor et forholdstall som sier noe om hvordan en DMU (produksjonseenhet/selskap) ligger i forhold til de mest effektive selskapene som er med i analysen.

$$\text{Effektivitet} = \frac{\frac{y}{x}}{\frac{y_{best}}{x_{best}}} \quad (3)$$

I formelen finner vi leddet $\left(\frac{y}{x}\right)$ over brøkstreken. Dette er produktiviteten til et selskap. Under brøkstreken finner vi leddet $\left(\frac{y_{best}}{x_{best}}\right)$ som er den best mulige produktiviteten selskapet kan oppnå. For å finne ut hvor effektivt et selskap er, sammenlignes det gitte selskapets verdier av input og output med det som ansees som best eller optimalt.

Forholdet mellom input og output former det vi kaller en produktfunksjon, front, og denne representerer maksimal output-oppnåelse som er mulig med ett sett input. Dersom et selskap har et effektivitetstall lik 1, vil det gitte selskapet være en av de beste i sammenligningsgrunnlaget. Sammenligningsgrunnlaget består av alle DMU-ene i analysen. Et effektivitetstall på 1 betyr ikke dermed at settet av input er utnyttet maksimalt, men at ingen andre i sammenligningsgrunnlaget utnytter dem bedre. Et selskap som ligger på fronten vil være teknisk effektiv, og dersom selskapet ligger under fronten er det ineffektivt (Coelli m.fl., 2005).



Figur 8: Produksjonsfront og teknisk effektivitet

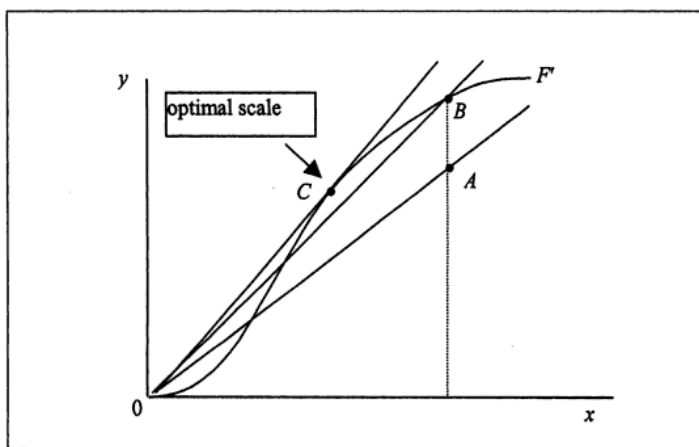
Kilde: Coelli m.fl. (2005)

I figur 8 er fronten tegnet inn som F . Punkt A representerer et selskap som er ineffektivt, mens punkt C og B ligger rett på fronten og er effektive. Punkt A, eller selskap A, er ineffektivt fordi det teknisk sett kunne øke output til nivået sammenlignet med selskap B, uten å øke inputmengden, eller til punkt C ved å minimere input til samme mengde produsert output (Coelli m.fl., 2005). Det er de effektive selskapene som danner fronten (F), og ineffektivitet

skyldes feil ressursbruk. Målet er å bruke minst mulig mengde input x gitt output y , eller produsere mest mulig output y gitt mengde input x .

4.3.1 Teknisk effektivitet

Farrell (1957) påpeker i sin artikkel at den viktigste egenskapen av effektivitet er skillet mellom pris og teknisk effektivitet. Figur 9 illustrerer teknisk effektivitet og produktivitet. I denne figuren tegner man opp rette linjer fra origo og til de ulike plasseringene til DMU-ene. Ved å gjøre dette så måler man produktivitet ved et gitt sett data. Dersom selskap A skulle flytte seg til det teknisk effektive punktet B, så ville skråningen på linjen fra origo blitt større, noe som impliserer økt produktivitet i punkt B (Coelli m.fl., 2005). Teknisk effektivitet handler om å være på produktfunksjonen (fronten) F .



Figur 9: Produktivitet, teknisk effektivitet og skalaøkonomi

Kilde: Coelli m.fl. (2005)

Dersom man flytter linjen fra punkt A til punkt C så tangerer linja fronten, og dermed definerer punktet av best mulig produktivitet. Dette er et eksempel på å utnytte skalaøkonomi, og punktet C er på teknisk optimal skala. Vi kan konkludere med at et selskap kan være teknisk effektiv, men fortsatt har mulighet for å forbedre selskapets produktivitet ved å utnytte skalaøkonomi. Forholdet mellom faktisk produktivitet og optimal produktivitet er den tekniske effektiviteten (Coelli m.fl., 2005).

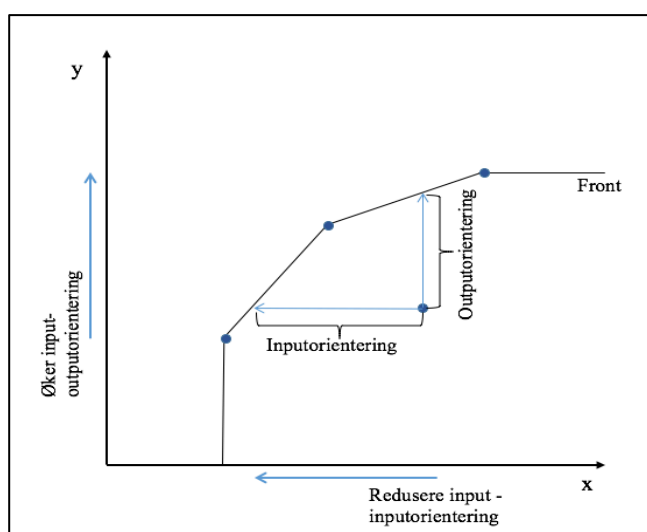
Teknisk effektivitet i inputorientering:

$$TE_I = \frac{\frac{y}{x}}{\frac{y}{x^*}} = \frac{x^*}{x} \leq 1 \quad (4)$$

Dersom man befinner seg i en situasjon hvor man har en input og en output er det enkelt å beregne den tekniske effektiviteten (TE), mens problemet oppstår når man øker antallet innsatsfaktorer eller sluttprodukter i en og samme produksjon. Vi vil senere i oppgaven gjennomgå en metoden Data Envelopment Analysis (DEA) som løser denne problematikken.

4.3.2 Input- og outputorientering

Innenfor bedriftsøkonomisk teori, vil man si at det langsiktige målet til selskaper vil være å oppnå maksimal profitt. Effektivisering av produksjonsprosesser og lignende kan føre til at et selskap (DMU) kan bli mer effektiv enn andre selskaper i samme bransje. For å effektivisere produksjonsprosessen kan selskaper enten redusere mengde input eller øke mengden output. Det finnes ulike årsaker til at et selskap har begrenset tilgang på innsatsfaktorer. Innenfor lakseoppdrett kan disse innsatsfaktorene blant annet være lønnskostnader, smoltkostnader og førkostnader.



Figur 10: Input- og outputorientering

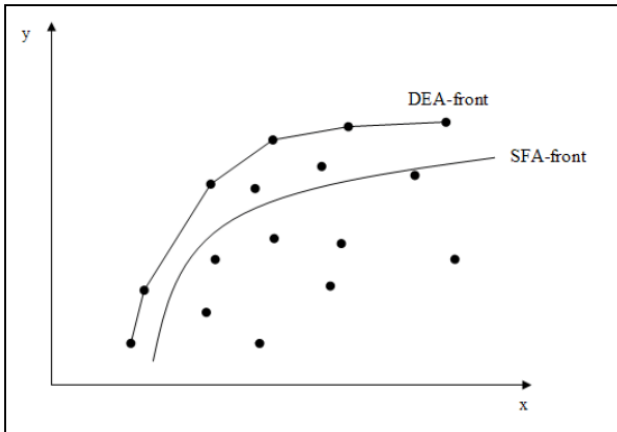
Figur 10 viser forholdet mellom input- og outputorientering. En outputorientert

effektivitetsanalyse innebærer å utnytte innsatsfaktorene på best mulig måte, slik at man produserer mest mulig output gitt et fast sett med input. Man holder med andre ord input konstant, mens man øker mengden output. En inputorientert effektivitetsanalyse er da det motsatte av en outputorientert analyse. Man holder her output konstant mens man reduserer mengden input. I denne analysen av norsk lakseoppdrett, vil det på grunn av begrensninger i antall konsesjoner og MTB, vil det være mer hensiktsmessig å benytte en inputorientert modell.

4.4 Data Envelopment Analysis (DEA)

Data Envelopment Analysis (DEA) er en velbrukt metode innenfor effektivitetsanalyser. I metoden DEA innhylles dataen og skaper en produksjonsfunksjon eller front som vises i figur 11. Metoden har sitt opphav i teoriene til Farrell (1957), men det var Charnes m.fl. (1978) som utviklet den første DEA-modellen. De utviklet modellen som et brøkproblem. Brøkproblemet ble senere omformet til et lineær programmering problem (LP-problem). DEA er en ikke-parametrisk metode som måler den relative effektiviteten til produksjonsenheter (DMU). For å løse problemene knyttet til at input og output var flerdimensjonal, ble DEA utviklet. Det er med andre ord ingen begrensninger i forhold til antall input (x) og output (y) når man benytter DEA, og metoden er fullstendig matematisk. DEA er en metode for å beregne ikke-parametriske frontfunksjoner, og metoden beregner avstanden fra en observasjon (DMU) til den effektive fronten som dannes av de effektive DMU-ene som er med i analysen. Man gjennomfører dermed det vi kaller for en benchmarkingsanalyse når man benytter DEA-metoden. Benchmarking innebærer å sammenligne selskap mot de som man oppfatter som best i bransjen.

En annen metode for å måle effektivitet er Stokastisk Front Analysis (SFA). I motsetning til DEA er dette en parametrisk metode, som innebærer at man i første omgang må spesifisere formen på produktfunksjonen, for deretter estimere parameterne (Aigner m.fl., 1977). Det er vanskelig å spesifisere formen på produktfunksjonen, og i noen tilfeller er det rent praktisk umulig. Med bakgrunn i dette så har DEA-metoden en fordel fremfor SFA. Figur 11 illustrerer forskjellen på frontene til DEA og SFA.



Figur 11: DEA-front og SFA-front

Kilde: Bogetoft og Otto (2010)

En av forutsetningene for å benytte DEA-metoden er at alle selskapene som er med i analysen må produsere relative like produkt, med like inputvariabler (Dyson m.fl., 2001). Det må med andre ord være homogenitet i produksjonsprosessen. Dyson m.fl. (2001) påpeker også at antall inputvariabler bør begrenses, men at alle faktorer som er med å påvirke produksjonsprosessen bør være med i analysen.

I tillegg til dette har vi fem ulike forutsetninger rundt teknologien som må tilfredsstilles (Bogetoft & Otto, 2010). Disse kalles Axiomer, og er som følger:

1) Alle observasjoner av input/output-kombinasjoner er gyldige

En samling av observasjonene (x, y) er gyldig dersom y kan produseres av x .

2) Produksjonsmulighetsområdet er konvekst

Det veide gjennomsnittet av (\bar{x}, \bar{y}) er gyldig dersom vi har to gyldige kombinasjoner av input og output (x^A, y^A) og (x^B, y^B) .

3) Fri avhending av inputs – sløsing er tillatt

Dersom (x_0, y_0) er gyldig, så for enhver $x_1 \geq x_0$ er også (x_1, y_0) gyldig.

4) Fri avhending av outputs – sløsing er tillatt

Dersom (x_0, y_0) er gyldig, så for enhver $y \geq y_0$ er også (x_0, y) gyldig.

5) Under CRS er skalering gyldig.

Dersom (x, y) er gyldig, så for enhver $k \geq 0$ er også (kx, ky) gyldig

4.4.1 Skalaegenskaper

DEA-metoden inneholder bruken av lineær programmeringsmetoder for å konstruere ikke-parametriske fronter fra datasett (Coelli m.fl., 2005). Skalaegenskaper omhandler i hvilken grad den proporsjonal økning i alle input øker output. Vi skiller mellom ulike former for skalautbytte når vi benytter oss av DEA-metoden, og disse er i hovedsak konstant skalautbytte (CRS) og variabelt skalautbytte (VRS):

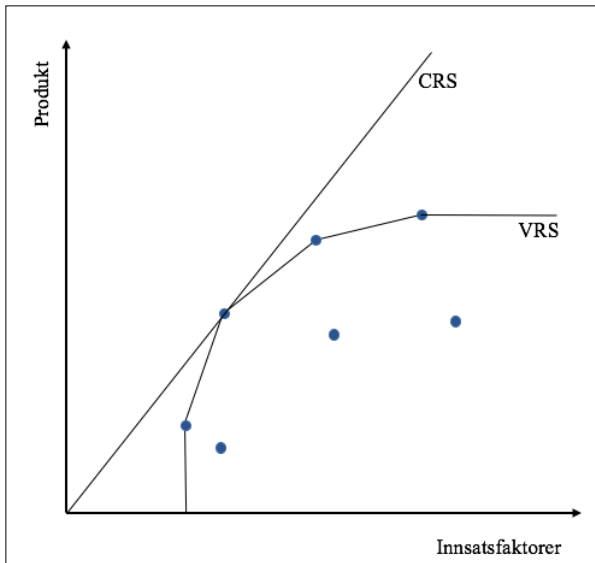
- 1) Konstant skalautbytte (CRS)
- 2) Variabelt skalautbytte (VRS)
 - a. Økende skalautbytte (IRS)
 - b. Avtakende skalautbytte (DRS)

Figur 12 viser forskjellen mellom en CRS-front og en VRS-front. CRS innebærer at dersom innsatsfaktorene dobles, så dobles også sluttproduktet. Med andre ord dersom alle input øker med en andel α så øker output med like mye (Charnes m.fl., 1978). Man deler VRS inn i IRS og DRS. IRS innebærer at hvis alle input øker med en andel α , så vil sluttproduktet under IRS øke mer. Hvis alle input dobles vil sluttproduktet mer enn dobles. Årsaken til dette kan skyldes for eksempel spesialisert drift. DRS innebærer at dersom alle input øker med α så vil sluttproduktet øke mindre. Dersom input dobles, vil output ikke dobles (Banker m.fl., 1984). Årsaken til dette kan skyldes koordineringsproblemer og at pris på input øker når produksjonen øker. Matematisk så har vi:

$$\text{CRS: } f(\alpha \cdot x_1, \alpha \cdot x_2) = \alpha \cdot f(x_1, x_2) \quad (5)$$

$$\text{IRS: } f(\alpha \cdot x_1, \alpha \cdot x_2) < \alpha \cdot f(x_1, x_2) \quad (6)$$

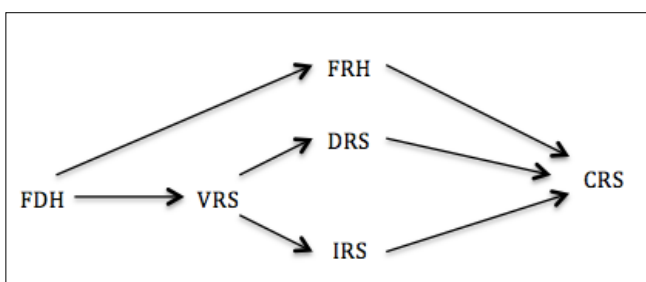
$$\text{DRS: } f(\alpha \cdot x_1, \alpha \cdot x_2) > \alpha \cdot f(x_1, x_2) \quad (7)$$



Figur 12: Skalaegenskaper for CRS og VRS

Kilde: Coelli m.fl. (2005)

Figur 13 viser rangeringen i teknologien fra liten til stor. FDH-teknologi er det minste settet, og ved FDH-teknologi er alle enhetene effektiv (Tulkens, 1993), og vi ser av figur 14 at VRS gir et større mulighetsområde. Den største teknologien er CRS, som gir det største mulighetsområdet av alle teknologiene. FRH lar seg vanskelig sammenligne med de andre teknologiene, men slik vi ser av figur 13, så er denne teknologien større enn FDH men mindre enn CRS (Bogetoft & Otto, 2010). Teknologiene er illustrert i figur 14.



Figur 13: Sammenhengen mellom ulike antakelser

Kilde: Bogetoft og Otto (2010)

De ulike teknologiene kan forklares i forhold til de presenterte Axiomene i kapittel 4.4. FDH og FRH mangler for eksempel Axiom nr. 2, konveksitetsbetingelsen. Det er viktig å være

oppmerksom på at FDH og FRH vanligvis ikke inkluderes i DEA. Dette med bakgrunn i at DEA omhandler LP-problem, og FDH og FRH er heltallsproblem.

4.4.2 Charnes, Cooper og Rhodes: CCR-modellen

Den første DEA-modellen ble utviklet av Charnes m.fl. (1978), som en videreutvikling av Farrell (1957) sine teorier. Modellen gjorde det mulig å beregne effektivitet ved flere input og output. De utviklet DEA-modellen som et brøkproblem, som senere ble omformet til et LP-problem. Et LP-problem har en primalformulering og en dualformulering. Begge formuleringene gir samme løsning gjennom en effektivitetsscore. CCR-modellen blir videre i denne oppgaven omtalt som CRS.

CCR multiplikatormodellen i inputorientering (primalen):

$$h_0 \text{Max} = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$$

St.

$$\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij}$$

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

$$u_r, v_i > 0 \tag{8}$$

Slik vi ser fra formel (8), er primalen i inputorientering et maksimeringsproblem.

Effektivitetsscoren h_0 er effektivitetsscoren til det aktuelle selskapet som analyseres (DMU_0).

Vektene v_i og u_r settes for den gitte DMU slik at den veide summen av alle input er lik 1.

Neste restriksjon sier at den veide summen av output ikke for noen DMU skal bli større enn den veide summen av input. Med bakgrunn i dette, så vil h_0 for et bestemt selskap maksimalt få verdien 1, noe som tyder på at selskapet er med på å danne den effektive fronten. Dersom

selskapet er ineffektivt vil effektivitetsscoren h_0 være lavere enn 1. Dersom et selskap som analyseres får en effektivitetsscore $h_0=0,93$ betyr det at selskapet som studeres er 93 % effektiv sammenlignet med "best practice". For å bli 100 % effektiv må selskapet som studeres redusere sine input proporsjonalt med $(1 - h_0)$ eller øke sine output proporsjonalt med $1/h_0$. I dette tilfellet med 7 %.

CCR envelopment modellen i inputorientering (dualen):

$$\text{Min} \cdot w_0$$

St.

$$w_0 \cdot x_{i0} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ij} \quad \forall i = (1, \dots, m)$$

$$y_{r0} \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot y_{rj} \quad \forall r = (1, \dots, s)$$

$$\lambda_j \geq 0 \tag{9}$$

Den motsatte formuleringen er dualen, som er et minimeringsproblem. Formuleringen innebærer at man skal minimere vekten, w_0 . Den duale variabelen w_0 kan både ha positive og negative verdier. Den første restriksjonen innebærer at observert produksjon for en DMU, multiplisert med vekt λ_j gir uttrykk for den laveste grensen for reduisering av input for den gitte DMU. Vekten w_0 hjelper oss med å finne hvor mye input for DMU-en faktisk kan reduseres innenfor produksjonsmulighetsområdet som er definert. Den andre restriksjonen innebærer at man må være innenfor grensene for den produksjonen av output som er reell og mulig ut fra gitt sett av input. Den andre restriksjonen spesifiserer at output for en DMU, må være mindre eller lik den beregnede output. Effektiviteten ved antakelse om CRS kalles teknisk effektivitet (TE_{CRS}).

4.4.3 Banker, Charnes og Cooper: BCC-modellen

Det neste steget i utviklingen av DEA-metoden ble knyttet til Banker m.fl. (1984). De introduserte en annen type skalaeffektivitet, VRS. VRS-teknologi er det vi kaller for antakelse om variabelt skalautbytte. For VRS er referansepunktet på fronten avhengig av

størrelse, og produksjonsmulighetsområdet endres slik at ulike selskap kan operere i forskjellig skala.

BCC inputorientering:

BCC inputorientering ligner på CCR dualen, men vi tilfører en ny restriksjon. Denne restriksjonen er:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (10)$$

Restriksjonen betyr at summen av alle faktorene som en DMU sammenligner seg med skal være lik 1. Dette medfører at en DMU vil sammenligne seg med andre DMU-er av lik størrelse, mens i CCR-modellen kan en DMU bli sammenlignet med andre DMU av ulik størrelse. Ved bruk av denne restriksjonen vil effektivitetsfronten legge seg nærmere observasjonene, og DMU-ene vil ved bruk av VRS få høyere eller lik effektivitetsscore sammenlignet med CRS. Effektiviteten ved antakelse om VRS kalles teknisk effektivitet (TE_{VRS}). Vi får dermed at BCC inputorientering er:

Min · w_0

St.

$$x_{i0} \cdot w_0 \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ij} \quad \forall i = (1, \dots, m)$$

$$y_{r0} \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot y_{rj} \quad \forall r = (1, \dots, s)$$

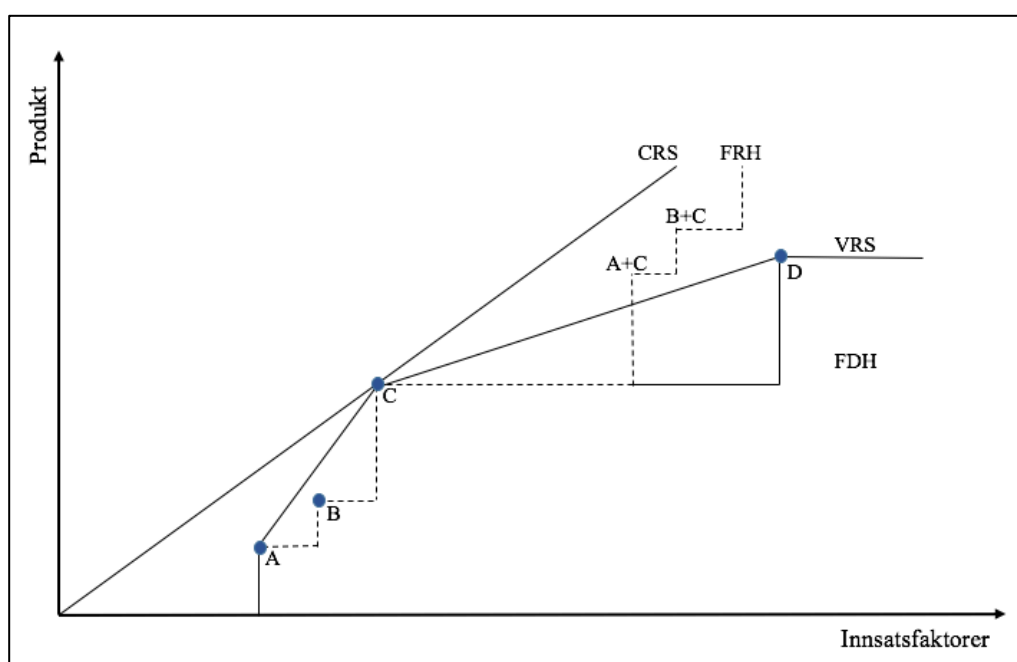
$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0$$

(11)

4.4.4 Free Replibility Hull (FRH)

FRH, free replicability hull (Tulkens, 1993), er en ikke-konveks modell som lar den teknologiske forutsetningen bli benyttet i sammenligning av DMU-er av ulike størrelser. Det som er unikt med FRH-modellen er muligheten til å replikere observasjoner som dermed tillater oss horisontalt integrering av ulike produksjoner slik at vi kan se det potensielle mulighetsområdet om ulike DMU-er skulle slå sammen produksjon og dermed få en ny sammensetning av output og input (Agrell & Tind, 2001). Dette vil dermed vise oss et mulighetsrom eller et potensielt utviklingsområde for DMU-ene.



Figur 14: Teknologisk forutsetning for CRS, VRS, FDH og FHR

Kilde: Holst (2016)

I figur 14 har vi fire DMU-er, A, B, C, og D av ulik størrelse. A og B kan kategoriseres som små selskap, C er middelsstor og D er et stort selskap. Ved å se på VRS kan vi konkludere med at alle unntatt B er effektive. Vi kan se at D benytter seg av mer input i forhold til output sammenlignet med de andre DMU-ene, men siden den ikke har noen sammenlignbare DMU-er blir denne i VRS-modellen satt som effektiv. For FRH (den stiplede linjen) ser vi at DMU D vil bli sammenlignet med potensielle sammenslåing av de mindre DMU-ene, A+C og B+C. Dermed er ikke D lengere effektiv. Inputorientert FRH-modell vil være som følgende,

der notasjon \mathbb{N}_+^n er for naturlig, ikke-negative tall (heltall):

$$\text{Min} \cdot w_0$$

St.

$$x_{i0} \cdot w_0 \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ij} \cdots \forall i = (1, \dots, m)$$

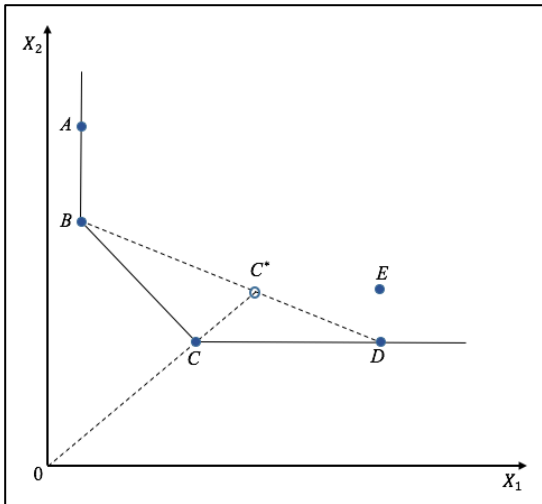
$$y_{r0} \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot y_{rj} \cdots \forall r = (1, \dots, s)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \text{free} = \mathbb{N}_+^n$$

$$\lambda_j \geq 0 \tag{12}$$

4.4.5 Supereffektivitet

En DMU som er med i en effektivitetsanalyse har forbedringspotensial. Supereffektivitet innebærer at vi kan differensiere og rangere DMU-ene som er effektive (Andersen & Petersen, 1993). Med andre ord så tillates det dermed at en DMU har en effektivitetsscore høyere enn 1.



Figur 15: Supereffektivitet

Kilde: Bogetoft og Otto (2010)

Fra figur 15 kan vi se effektiviteten til punktet C er 1, siden den ligger på fronten. Hvis vi velger å ta bort punktet C fra referansepunktet som danner fronten, vil det dannes en rett linje mellom punkt B og D som i figur 15 blir illustrert med en den stiplede linjen. Nytt referansepunkt for C blir dermed B og D. For at C skal klare å nå nytt referansepunkt C^* må mengden input (x_1 og x_2) øke (Bogetoft & Otto, 2010). C^* vil da ha en effektivitetsscore som er høyere enn 1. Supereffektivitet er effektivitetsscorer over 1. Følgende matematisk formulering av supereffektivitet:

$$\text{Min} \cdot w_0$$

$$\text{St.}$$

$$x_{i0} \cdot w_0 \geq \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 0}}^n \lambda_j \cdot x_{ij} \quad \forall i = (1, \dots, m)$$

$$y_{r0} \leq \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 0}}^n \lambda_j \cdot y_{rj} \quad \forall r = (1, \dots, s)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j \neq 0 \tag{13}$$

Restriksjonen $j \neq 0$ innebærer at DMU_0 ikke kan ha seg selv som referansepunkt, og kan dermed ha andre mindre effektive DMU som referansepunkt. I utgangspunktet var supereffektivitet ment som en rangering av effektive DMU, men det har vist seg at metoden er bedre egnet til identifisering av outliers (Banker & Chang, 2006).

4.4.6 Slakk og Pareto-effektivitet

Den stykkvise formen av den ikke-parametriske fronten i DEA kan forårsake noen vanskeligheter når det kommer til effektivitetsmåling (Coelli m.fl., 2005). En observasjon (x^*, y^*) vil være pareto-optimal dersom man ikke kan øke output eller redusere input og fremdeles befinne seg innenfor produksjonsmulighetsområdet. Slakk innebærer å justere seg inn til fullstendig effektivitet. Slakk betyr at man bruker større mengde input for å produsere en gitt mengde output. Differansen mellom referanseenheten og det faktiske referansepunktet er dermed slakk (Cooper, Seiford, & Tone, 2000).

Beregning av slakk i input (S_i^-) er gitt ved:

$$S_i^- = w_0 \cdot x_{i0} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \quad (i = 1, \dots, m) \quad (14)$$

Beregning av slakk i output (S_r^+) er gitt ved:

$$S_r^+ = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{r0} \quad (15)$$

4.4.7 Most productive scale size

Ideen om Most productive scale size (MPSS), også kalt optimal skala, ble utviklet av Banker (1984) for å kartlegge det optimale punktet der de fleste aktørene bør plassere sin produksjon. Banker (1984) vektlegger at inputkostnaden ikke direkte korresponderer med teknisk produksjon, på grunn av blant annet prisvolatilitet. Dermed bør mengdefaktoren også tas hensyn til som et teknisk forhold. Derfor kan man skille mellom to problemer, der det ene er å se på pris- og kostnadsforholdet mellom input og output, og det andre er å avgjøre MPSS, som er å se på forholdet mellom input og output, tatt mengde i betraktning.

Banker (1984) definerer MPSS som det mulige produksjonspunktet der ren teknisk- og skalaeffektivitet er lik 1. De påpeker at dette er mulig om en DMU er paretooptimal ved CRS og at gjennomsnittlig produktivitet til en input- outputmiks vil være maksimum på MPSS-punktet. Dette vil være den kombinasjonen av input og output med best utnyttelse av ressurser for gitt produksjon. DEA som verktøy muliggjør dette aspektet, der vi både kan ha pris- og mengdeverdi i inputmiksen. For VRS, vil forholdet mellom input og output være konveks. Vi vil finne MPSS på det konstante punktet, der CRS, tangerer VRS. Fried, Lovell, og Schmidt (2008) har følgende fremstilling av MPSS. Vi har n antall DMU ($j = 1, \dots, n$), der x_0^{MPSS} er optimal input og y_0^{MPSS} er optimal output.

$$(x_0^{MPSS}, y_0^{MPSS}),$$

$$x_{i0}^{MPSS} = \frac{\sum_{j=1}^n \lambda_j^* x_{ij}}{\sum_{j=1}^n \lambda_j^*}, i = 1, \dots, m, \quad y_{r0}^{MPSS} = \frac{\sum_{j=1}^n \lambda_j^* y_{rj}}{\sum_{j=1}^n \lambda_j^*}, i = 1, \dots, s. \quad (16)$$

4.5 Malmquist produktivitetsindeks

I vår oppgave skal vi benytte oss av Malmquist produktivitetsindeks (MPI) for å måle produktivitetsutvikling over tid. MPI brukes til å måle endring i total faktorproduktivitet. Denne metoden baserer seg på arbeidet til Malmquist (1953) og videreutviklet av Caves, Christensen og Diewart (CCD) (1982). Denne indeksen er konstruert på en slik måte at man måler avstanden mellom observert output og input i perioden 1 og 2, i sammenheng med referanseteknologien (Coelli m.fl., 2005). Med bakgrunn i at vi benytter oss av inputorientering i denne oppgaven, vil vi kun beskrive inputorientert MPI. Malmquist indeksen for teknologisk inputbesparende fremgang er definert som følger:

$$M_t(1,2) = \left(\frac{E_{21}}{E_{11}} * \frac{E_{22}}{E_{12}} \right)^{1/2} \quad (17)$$

Färe, Grosskopf, Norris, og Zhang (1994) dekomponerer Malmquist-indeksen i effektivitetsendring (MC) og teknologisk endring (MF) ved CRS gitt ved:

$$MC = \frac{E_{22}}{E_{11}} \quad (18)$$

$$MF = \left(\left(\frac{E_{21}}{E_{22}} * \frac{E_{11}}{E_{12}} \right) \right)^{1/2} \quad (19)$$

Ray og Desli (1997) dekomponerer MPI på følgende måte:

$$\text{Endring i ren effektivitet} = \frac{V_{22}}{V_{11}} \quad (20)$$

$$\text{Ren teknisk endring} = \left(\frac{V_{21}}{V_{22}} * \frac{V_{11}}{V_{12}} \right)^{1/2} \quad (21)$$

$$SCH = \left(\frac{E_{21}/V_{21}}{E_{12}/V_{12}} * \frac{E_{22}/V_{22}}{E_{11}/V_{11}} \right)^{1/2} \quad (22)$$

$$MPI (VRS) = \frac{V_{22}}{V_{11}} * \left(\frac{V_{21}}{V_{22}} * \frac{V_{11}}{V_{12}} \right)^{1/2} \quad (23)$$

V_{11} = VRS – effektivitet periode 1 relativ til teknologi periode 1

V_{12} = VRS – effektivitet periode 1 relativ til teknologi periode 2

V_{21} = VRS – effektivitet periode 2 relativ til teknologi periode 1

V_{22} = VRS – effektivitet periode 2 relativ til teknologi periode 2

E_{11} = CRS – effektivitet periode 1 relativ til teknologi periode 1

E_{12} = CRS – effektivitet periode 1 relativ til teknologi periode 2

E_{21} = CRS – effektivitet periode 1 relativ til teknologi periode 1

E_{22} = CRS – effektivitet periode 2 relativ til teknologi periode 2

4.6 Statistiske metoder

DEA klassifiseres som en deterministisk metode, og er dermed ikke opprinnelig tilpasset hypotetiske tester. Resultatene er basert på faktiske observasjoner for et utvalg og sier noe om effektiviteten til dette utvalget, men vil ikke kunne fortelle oss hva som er teknisk mulig for en hel populasjon. Resultatene vil dermed tolkes mer som antydninger og indikasjoner, enn faktiske forhold. Det vil dermed kreve skjønn og kritisk tenking i tolkning av resultatene. Utfordringen på dette området er å skille stokastiske forhold fra tilfeldige resultater. I denne analyse er det benyttet bankertester (Banker, 1993) for å måle signifikansen av de ulike innsatsfaktorene og størrelsesgrupperingene. En annen statistisk metode ofte benyttet ved DEA er bootstrapping (Leopold Simar & Wilson, 1998; Léopold Simar & Wilson, 2000). I tillegg til at DEA viser hva som er observert, vil bootstrapping vise hva som er teknisk mulig.

bootstrapping fremhever dermed sensitiviteten til dataen slik at fronten vil vise et større mulighetsrom og vil som følger prege effektiviteten.

4.6.1 Bankertest

Banker (1993) utviklet en metode for å statistisk identifisere hvilke estimater er konsistente og optimale ved å teste for ulike modeller. Dette vil i praksis bety at for en analyse av DMU-er med en outputvariabel og flere inputvariabler, vil vi kunne statistisk sammenligne effektiviteten der en eller flere variabler er fjernet opp mot datasettet med alle variablene. Vi vil dermed kunne avgjøre hvilke inputvariabler er mest optimale for vår analyse.

Vi har datasett T_1 med input j_1 og datasett T_2 med input j_2 , der $j_2 > j_1$. Datasett T_1 har dermed færre input og færre restriksjoner enn T_2 , og vil derfor gi et større datasett. Jo flere input, desto flere restriksjoner og dermed resulteres i mindre datasett. Dersom effektivitetsscoren til $T_1 = E_1$ og for $T_2 = E_2$, vil $E_1 \leq E_2 \leq 1$.

Der antall DMU-er er n og fordelingen av effektivitetsberegningene for datasettet T_1 og T_2 er definert som E_1 og E_2 , vil vi få følgende hypotese.

$$H_0: E_1 = E_2 \text{ mot } H_A: E_1 \neq E_2 \quad (24)$$

T_1 representerer nullhypotesen, og T_2 vil være alternativet. Dersom den kalkulerte effektiviteten i T_1 er veldig ulik fra den kalkulerte effektiviteten i T_2 , vil vi forkaste nullhypotesen, og dermed benytte T_2 , og kunne anta at den ekstra restriksjonen i T_2 er av betydning. Dersom det er liten eller ingen forskjell i effektiviteten, vil vi kunne bekrefte hypotesen og velge T_1 . Dersom effektivitetsberegningene er eksponentielt fordelt beregnes teststatistikken slik:

$$T_{EK} = \frac{\sum_{j=1 \dots n}^N t(E_1^n)}{\sum_{j=1 \dots n}^N t(E_2^n)} \quad (25)$$

Der E_1^n og E_2^n er inpu-effektiviteten for DMU j basert på datasettet T_1 og T_2 , og vil følge en F-distribusjon for H_0 med $E(2N_1, 2N_2)$ grader av frihet. $T_{EK} \geq 1$, og vil dermed være ensidig

der kritisk verdi for en test på 5% for f-distribusjonen med intervall på 95%. Dersom vi antar halvnormalfordelte effektivitetsberegninger vil teststatistikken være følgende:

$$T_{HN} = \frac{\sum_{j=1}^N t(E_1^n)^2}{\sum_{j=1}^N t(E_2^n)^2} \quad (26)$$

for $E(N_1, N_2)$ grader av frihet som kritisk verdi for test av H_0 .

Dersom man ikke har noen antakelser om fordelingen av effektivitetsscorene, kan man benytte seg av den ikke-parametriske Kolmogorov-Smirnov teststatistikken:

$$T_{KS} = \max_{j=1, \dots, n} \{|G_1(E^n) - G_2(E^n)|\} \quad (27)$$

der G_1 og G_2 er den empiriske kumulative fordelingen i de to modellene, slik at T_{KS} er den største vertikale distansen mellom de kumulative fordelingene. Dersom der er store verdier for T_{KS} , indikerer det at fordelingene er ulik og nullhypotesen H_0 forkastes.

5 Datamateriale

I denne analysen vil det bli benyttet sekundære tverrsnitt-og tidsseriedata fra Fiskeridirektoratet sine lønnsomhetsmålinger. Årlig rapporterer alle oppdrettsanleggene inn de ulike innsatsfaktorene de bruker i sin produksjon som fôrforbruk, arbeidstimer, andre driftskostnader, fiskebeholdning, forbruk av smolt med mer til Fiskeridirektoratet. Fiskeridirektoratet utarbeider så et datasett og lønnsomhetsrapport basert på de innsendte dataene fra lakseoppdretterne. Det er datasett fra 2004 til 2014 som blir benyttet i denne analysen. Der det er nødvendig å sammenligne tall i kroneverdi fra ulike år, har vi indeksjustert basert på 2004 som basisår.

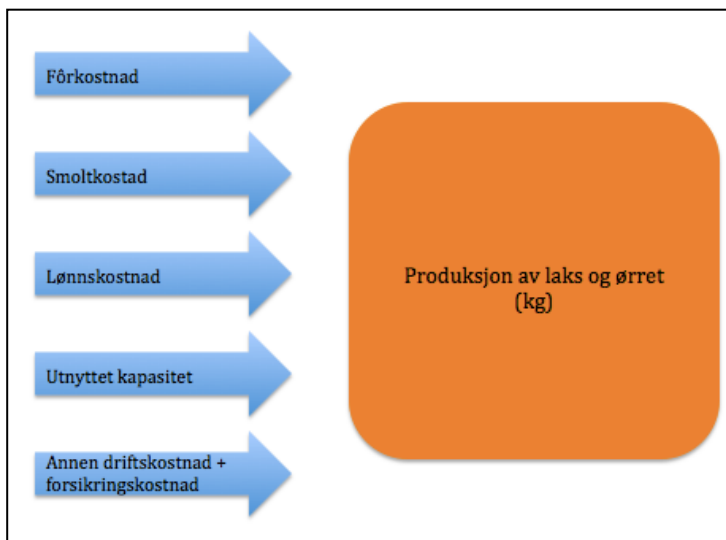
Fiskeridirektoratet definerer i sin lønnsomhetsundersøkelse for laks og regnbueørret for 2014 at et lite selskap er et selskap som har 1-9 konsesjoner, og et stort selskap har 20 konsesjoner eller mer. På grunn av utviklingen i bransjen fra å være mange og små til færre og større vil ikke denne inndelingen reflektere posisjoneringen til de ulike DMU-ene på ønsket vis. Vi har derfor valgt å inndel bransjen i tre størrelsesgrupper, hvor da 33,33 % av de største

selskapene i bransjen vil ligge under gruppen ”stor”, 33,33 % av midtsjiktet av bransjen vil ligge i gruppen ”middels”, og de resterende 33,33 % vil ligge i gruppen ”liten” i forhold til produksjon av laks og ørret målt i kg.

Vi ønsker å gjøre denne tre-delingen med bakgrunn i at vi skal sammenligne størrelsesgruppene med hverandre, og det bør i den forbindelse være like mange selskap i de ulike gruppene. Det er viktig å være bevisst på at en DMU i gruppen ”liten” kan tilhøre gruppen ”stor” eller ”middels” året etter eller før, og dermed vil resultatene kun reflektere fordelingen i det analyserte året. Ved produktivitetsanalysen der flere år sammenlignes, vil produksjonsvolum for siste år benyttes i inndelingen.

5.1 Innsatsfaktorer og ferdig produkt

Slik illustrert i figur 16 består innsatsfaktorer og produkt i denne analysen av førkostnad, smoltkostnad, lønnskostnad, utnyttet kapasitet, andre driftskostnader som inkluderer forsikringskostnader, og produksjon av laks og ørret i kg. Tabell 7 viser gjennomsnittlig input delt på gjennomsnittlig output for analyseperioden.

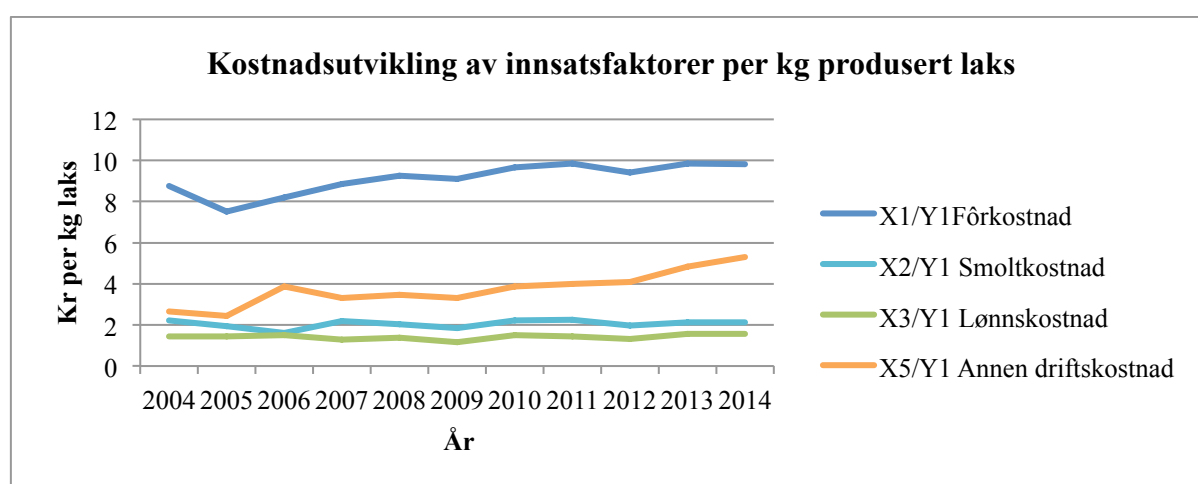


Figur 16: Innsatsfaktorer og produksjon av laks

Tabell 7: Gjennomsnittlig produksjon og bruk av innsatsfaktorer for analysens utvalg

År	n	Y1: Total produksjon kg	X1: Fôrkostnad pr. kg	X2: Smoltkostnad pr. kg	X3: Lønnskostnad pr. kg	X4: Utnyttet kapasitet m ³ pr. kg	X5: Annen driftskostnad pr. kg
		Y1	X1/Y1	X2/Y1	X3/Y1	X4/Y1	X5/Y1
2004	111	282 260 495	8,767	2,221	1,441	0,053	2,651
2005	115	469 023 221	7,501	1,946	1,449	0,05	2,429
2006	101	415 616 009	8,213	1,61	1,494	0,057	3,876
2007	95	529 287 043	8,864	2,201	1,289	0,065	3,317
2008	93	563 308 258	9,26	2,047	1,383	0,072	3,467
2009	91	620 791 834	9,091	1,858	1,15	0,071	3,311
2010	85	621 667 500	9,67	2,217	1,495	0,075	3,866
2011	68	589 309 389	9,836	2,256	1,449	0,081	3,998
2012	76	728 510 627	9,43	1,984	1,306	0,065	4,094
2013	78	688 545 831	9,853	2,13	1,564	0,068	4,847
2014	73	867 959 946	9,819	2,125	1,567	0,068	5,311

Forholdstallene viser at fôrkostnadene har variert fra kr 7,5 per kg produsert laks i 2005 til toppunktet kr 9,8 per kg i 2011, 2013 og 2014. Smoltkostnad per kg produsert laks har hatt et bunnpunkt på kr 1,6 i 2006, og i 2004, 2007, 2010 og 2011 var smoltkostnaden per kg produsert laks kr 2,2. Det har med andre ord vært relativt stabil utvikling i forhold til produksjon. Det samme gjelder for lønnskostnad og utnyttet kapasitet. Noen større svingninger er det i annen driftskostnad. Her lå bunnverdien i 2004 på kr 2,6 og høyest verdi i 2014 på kr 5,3 per kg produsert laks.

**Figur 17: Kostnadsutvikling av innsatsfaktorer per kilo produsert laksefisk 2004-2014**

5.1.1 Input

De siste årene har kostnadene i lakseoppdrett økt. Analysen har fem innsatsfaktorer, som fremkommer av figur 16.

Fôrkostnad

Som nevnt har produksjonskostnadene økt i lakseoppdrett. I følge Nofima (2015) skyldes økningen i fôrkostnader den generelle økningen i fôrpriser, økt fôrforbruk, samt mer bruk av funksjonelt fôr som har høyere pris. Fôrkostnadene per kilo produsert laks har vært varierende i analyseperioden. Laveste verdi var i 2005, hvor fôrkostnadene per kg produsert laks var kr 7,5 per kg. Høyeste verdi var i 2013 med kr 9,8 per kg.

Smoltkostnad

I følge rapporten utarbeidet av Nofima (2015) fremkommer det at smoltkostnadene for lakseoppdretterne har økt, dette med unntak om en liten nedgang i 2013. Økningen i smoltkostnader synes i betydelig grad å være avhengig av en rekke bevisste valg. Disse valgene er blant annet at et laksefiskoppdretterne setter ut større smolt for å få redusert produksjonstiden, som igjen fører til redusert eksponeringstid for både lus og sykdom. For å få mer stabil produksjon velger også oppdretterne ulike størrelser og utsettelsestidspunkt, og i perioder kan smoltkostnaden være stor, og i andre perioder lavere. Generelt sett har smoltkostnadene vært relativt stabil for utvalget for perioden 2004-2014.

Lønnskostnad

Nofima (2015) påpeker at lønnskostnadene har økt, med bakgrunn i at arbeidsinnsatsen til kontroll og egen drift øker. I tillegg til dette har lønnskostnadene økt fordi innleid arbeidskraft til blant annet lusebehandling og notvask har økt. Lønnskostnadene øker også med bakgrunn i at næringen konkurrerer med olje-og offshorenæringen som frem til nå har hatt økende lønninger, i tillegg til den generelle lønnsveksten. Disse forskjellene er mer tydelig i lønnsomhetsanalysen gjennomført av Fiskeridirektoratet, men i vårt utvalg inneholder observasjonene mindre variasjoner. Lavest kostnad per kilo produsert laks finner vi i 2009 på kr 1,1. Høyest kostnader delt på produksjon finner vi i 2014 med kr 1,5.

Utnyttet kapasitet

Utnyttet kapasitet er utnyttet volum oppgitt av laksefiskoppdretter per 31.12 målt i

kubikkmeter. Det er få svingninger i denne posten grunnet MTB.

Annen driftskostnad

Annen driftskostnad er i følge Nofima (2015) den andre kostnadsposten i tillegg til førkostnad som har hatt størst betydning på de økte kostnadene totalt innen norsk lakseoppdrett. Økningen i denne kostnadsposten skyldes i stor grad kostnader knyttet til både forebygging og behandling av luseplager, samt innleide tjenester. Vi har valgt å inkludere forsikringskostnad i posten annen driftskostnad. Annen driftskostnad har hatt vekst i analyseperioden. Annen driftskostnad per kg produsert laks i 2004 lå på kr 2,6, mens i 2014 lå kostnadene på kr 5,3. Vi ser dermed at annen driftskostnad er den input-variabelen som har hatt størst endringer fra 2004-2014. Den største endringen i annen driftskostnad ser vi fra år 2009 til 2010, samt 2012 til 2013, jfr. tabell 7.

5.1.2 Output

Output i vår oppgave vil være produksjon av atlantisk laks og regnbueørret målt i kilo. Produksjon er målt i kilo rund vekt, som betyr at fisken ikke er sløyd. Tabell 8 viser hvordan produksjonen, output, for utvalget i denne analysen. Produksjonen for utvalget har økt med 207,5 % fra 2004 til 2014, og gjennomsnittet har økt med 367,5 %. Dette grunnes økt markedskonsentrasjon som dermed og resulterer i et mindre utvalg aktører for analysen.

Tabell 8: Produksjon av atlantisk laks og regnbueørret i kg

År	Utvalg	Produksjon kg	Gjennomsnitt	Minimum	Maksimum
2004	111	282 260 495	2 542 887	301 561	22 039 417
2005	115	469 023 221	4 078 463	367 438	36 993 528
2006	101	415 616 009	4 115 010	480 554	54 989 062
2007	95	529 287 043	5 571 443	555 667	49 480 845
2008	93	563 308 258	6 057 078	563 217	51 091 661
2009	91	620 791 834	6 821 888	625 477	62 421 867
2010	85	621 667 500	7 313 735	606 831	54 594 695
2011	68	589 309 389	8 666 315	814 852	66 393 050
2012	76	728 510 627	9 585 666	1 477 311	78 908 651
2013	78	688 545 831	8 827 511	1 166 970	71 089 715
2014	73	867 959 946	11 889 862	1 254 546	91 622 766

5.2 Utvalget

I følge Fiskeridirektoratet sin undersøkelse om laks og regnbueørret fra 2014 påpekes det at i utgangspunktet skal alle tillatelser, og da alle selskap som driver med produksjon av laks og regnbueørret være med i undersøkelsen. Det påpekes videre i undersøkelsen at dersom selskap har fellesregnskap for oppdrett og annen virksomhet, må den prosentvise andelen av annen virksomhet være mindre enn 10 % for at selskapet skal være med i lønnsomhetsundersøkelsen. Dersom inntekt fra annen virksomhet er oppdrettsrelatert er grensen for å være med i undersøkelsen satt til 30 %. I tillegg er det verdt å nevne at noen konsern rapporterer inn for hele konsernet, mens andre rapporterer inn for ulike enheter, og dermed kan flere DMU-er i vår analyse tilhøre samme konsern.

I 2014 var det totalt 1015 tillatelser i drift (Fiskeridirektoratet, 2015a). De 88 selskapene som er med i undersøkelsen for 2014 innehar 685 tillatelser, slik presentert i tabell 9. Utvalget for 2014 representerer 67,49 % av tillatelsene som var i drift i 2014 (Fiskeridirektoratet, 2015a).

Tabell 9: Utvalg og representativitet for perioden 2004-2014

År	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Antall konsesjoner i bruk	929	917	909	929	922	990	994	1016	1006	1018	1015
Antall konsesjoner i utvalget	507	666	621	602	619	660	670	657	634	688	685
Representativitet (%)	54,57	72,63	68,32	64,80	67,14	66,67	67,40	64,67	63,02	67,58	67,49
Antall selskap	134	133	121	110	106	106	101	92	94	91	88
Outliers	23	18	20	15	11	15	16	24	18	13	15
Antall aktører i denne analysen	111	115	101	95	93	91	85	68	76	78	73

Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015a)

Den gjennomsnittlige representativiteten for analyseperioden 2004-2014 er 65,85 %. Det laveste tallet for representativitet finner vi i 2004, der antall konsesjoner i utvalget representerte 54,57 % av totalt antall konsesjoner i bruk. Det høyeste tallet for representativitet finner vi i 2006, der antall konsesjoner i utvalget sto for 68,32 % av totalt antall konsesjoner i bruk for samme år.

5.2.1 Outliers

I datasettet fra Fiskeridirektoratet som er brukt i denne analysen kan noen selskap (DMU-er) være det vi kaller for outliers. Dette er observasjoner som i mer eller mindre betydelig grad skiller seg fra resten av observasjonene, og kan dermed påvirke modellen slik at den gir et urealistisk bilde på bransjen. I analysen ønsker vi å danne et generelt bilde på effektivitet og produktivitetsendringen i laksefiskbransjen over tid, og disse unaturlige observasjonene må dermed fjernes. I følge Bogetoft og Otto (2010) finnes det tre ulike grunner til at en DMU kan være en outlier.

Feil i datasettet

I et datasett så kan input eller output ha forsvunnet eller at disse dataene er feilregistrert ved rapportering. Slike outliers må korrigeres og registreres riktig, eller eventuelt slettes fra datasettet slik at man kan få et mest mulig realistisk bilde på produksjonsprosessen (Bogetoft & Otto, 2010). For denne analysen er det ikke mulighet for korrigering av datasettet fra Fiskeridirektoratet, i tillegg til at det er vanskelig å oppdage feil.

Atypiske observasjoner

Atypiske observasjoner kan være riktige observasjoner, men bør ikke være med da de vil påvirke modellen til å passe disse ekstreme observasjonene. I denne analysen vil disse atypiske observasjonene identifiseres og slettes fra datasettet.

Ekstreme presentasjoner

Den siste formen for outliers som Bogetoft og Otto (2010) presenterer er DMU-er som presterer veldig bra eller veldig dårlig i forhold til resten. Hvis en DMU har en prestasjon som er betydelig bedre enn resten av DMU-ene må denne fjernes da den vil være med å danne referansesettet dersom den ikke blir eliminert. Det er på den andre siden viktig å være oppmerksom på at slike ekstreme observasjoner kan representere et viktig fenomen, som for eksempel å være først ute med ny teknologi og da være læremestere for de andre selskapene i datasettet.

Alle observasjoner med en supereffektivitet større enn 1,8 ved VRS-måling, samt de som har en supereffektivitet større enn 1,8 ved FRH-måling, vil bli fjernet fra datasettet. Ved å fjerne alle disse vil resultatene fra analysen gjelde for et mer generelt utvalg av bransjen.

Nullobservasjoner vil også bli slettet fra datasettet. Tabell 10 viser en oversikt over det opprinnelige datasettet med utvalg, samt datasettet med utvalg uten outliers.

Nullobservasjoner på forsikringskostnad, samt smoltkostnad og utnyttet kapasitet ble fjernet fra de opprinnelige datasettene. De nullobservasjonene vi fant på utnyttet kapasitet hadde også nullobservasjoner på smoltkostnad.

Tabell 10: Utvalg før og etter eliminering av outliers og nullobservasjoner

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Utvalg	134	133	121	110	106	106	101	92	94	91	88
Ingen smoltkostnad	5	6	2	2	0	1	3	6	4	2	3
Effektivitet > 1,8	18	12	18	13	13	14	13	18	14	11	12
Endelig utvalg	111	115	101	95	93	91	85	68	76	78	73

5.3 Korrigerings for prisendring

Analyseperioden i oppgaven strekker seg fra 2004-2014. Med bakgrunn i at analyseperioden er på 11 år må vi ta hensyn til inflasjon. For å kunne sammenligne tall fra 2004 og tall fra 2014 må vi korrigere for prisendring, slik at analysen blir riktig fremstilt.

Ved gjennomførelsen av en DEA-analyse behøver man ikke å korrigere for prisendring da man kun ser på ett år av gangen. Ved beregning av MPI sammenligner man ett år med et annet, og man må dermed korrigere for prisendringen for å få sammenlignbare tall i datasettene. I denne analysen må input oppgitt i kroner, indeksjusteres. Disse er fôrkostnad, smoltkostnad, lønnskostnad, samt annen driftskostnad. Totalindeksen i tabell 11 er hentet fra Statistisk sentralbyrå (2016b), og ut fra dette har vi regnet prosentvis endring fra basisåret 2004 til og med 2014.

Tabell 11: Totalindeks 2004-2014, prosentvis endring fra 2004, samt stigning i poeng

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Totalindeks	113,3	115,1	117,7	118,6	123,1	125,7	128,8	130,4	131,4	134,2	136,9
Prosentvis endring fra 2004		0,02	0,04	0,05	0,09	0,11	0,14	0,15	0,16	0,18	0,21
Stigning i poeng		1,8	4,4	5,3	9,8	12,4	15,5	17,1	18,1	20,9	23,6

Kilde: (Statistisk sentralbyrå, 2016b)

5.4 Test av variabler

Ved å utføre hypotesetesting utviklet av Banker (1993), kan vi sjekke om de utvalgte variablene i analysen er riktige for modellen. Vi har testet for følgende input: smoltkostnad, førkostnad, lønnskostnad, annen driftskostnad og utnyttet kapasitet, og vil dermed kunne bekrefte om disse er nødvendige variabler i videre analyse. Vi benytter kun en output i denne oppgaven, og derfor er den konstant i begge hypotesene. Slik vi ser i tabell 12 er dette utført ved å måle to hypotesegrupper mot hverandre, der den ene gruppen inneholder alle inputvariablene, og den andre gruppen inneholder fire av fem inputvariabler.

Tabell 12: Bankertest av variabler

Test:	Hypotese:	Input:
Test 1: Smoltkostnad	H ₀	smoltkostnad , førkostnad, lønnskostnad, annen driftskostnad og utnyttet kapasitet
	H ₁	førkostnad, lønnskostnad, annen driftskostnad og utnyttet kapasitet
Test 2: førkostnad	H ₀	smoltkostnad, førkostnad , lønnskostnad, annen driftskostnad og utnyttet kapasitet
	H ₁	smoltkostnad, lønnskostnad, annen driftskostnad og utnyttet kapasitet
Test 3: lønnskostnad	H ₀	smoltkostnad, førkostnad, lønnskostnad , annen driftskostnad og utnyttet kapasitet
	H ₁	smoltkostnad, førkostnad, , annen driftskostnad og utnyttet kapasitet
Test 4: annen driftskostnad	H ₀	smoltkostnad, førkostnad, lønnskostnad, annen driftskostnad og utnyttet kapasitet
	H ₁	smoltkostnad, førkostnad, lønnskostnad og utnyttet kapasitet
Test 5: utnyttet kapasitet	H ₀	smoltkostnad, førkostnad, lønnskostnad, annen driftskostnad og utnyttet kapasitet
	H ₁	smoltkostnad, førkostnad, lønnskostnad og annen driftskostnad

Av resultatene kan vi se om den utvalgte variabelen er signifikant i forhold til en DMU sin effektivitet. Vi har utført bankertest for både eksponentialfordeling, TEX, og for en halv-normalfordeling, THN. Utvalgte resultater er presentert i tabell 13 og tabell 14, og resterende resultater er presentert i vedlegg 1.

Tabell 13: Resultat fra bankertest av fôrkostnad

Test 2: Fôrkostnad	TEX		THN	
	År	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	Kalkulert verdi
2014	1,356*	1,314	1,759*	1,473
2013	1,722*	1,302	2,598*	1,455
2012	1,739*	1,307	2,726*	1,462
2011	1,534*	1,327	2,036*	1,494
2010	1,496*	1,288	2,115*	1,432
2009	1,392*	1,277	1,821*	1,414
2008	1,667*	1,274	2,365*	1,409
2007	1,613*	1,270	2,156*	1,404
2006	1,538*	1,261	2,081*	1,389
2005	1,529*	1,243	2,135*	1,361
2004	1,772*	1,248	2,771*	1,368

* = Signifikant 95% nivå

En variabel er signifikant dersom resultatet viser at kalkulert verdi er større enn kritisk verdi. I tabell 14 ser vi at kalkulert verdi for inputvariabelen fôrkostnad er større en kritisk verdi for alle år, som vil si at dersom vi skulle fjerne denne variabelen vil effektiviteten være signifikant forskjellig gjeldene år og dermed bør hypotesen, H_1 , forkastes.

Tabell 14: Resultat fra bankertest av utnyttet kapasitet

Test 5: Utnyttet kapasitet	TEX		THN	
	År	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	Kalkulert verdi
2014	1,170	1,314	1,213	1,473
2013	1,261	1,302	1,280	1,455
2012	1,157	1,307	1,196	1,462
2011	1,155	1,327	1,179	1,494
2010	1,188	1,288	1,228	1,432
2009	1,218	1,277	1,297	1,414
2008	1,074	1,274	1,105	1,409
2007	1,099	1,270	1,138	1,404
2006	1,101	1,261	1,118	1,389
2005	1,208	1,243	1,255	1,361
2004	1,144	1,248	1,150	1,368

* = Signifikant 95% nivå

I tabell 14 for utnyttet kapasitet ser vi at kalkulert verdi er aldri større enn kritisk verdi for perioden 2004-2014, og dermed vil ikke effektiviteten være signifikant forskjellig dersom denne inputen er inkludert eller ikke. Dette resultatet er ikke overraskende ettersom produksjon er begrenset av reguleringer og dermed vil det være naturlig for aktørene å

utnytte til maks-input kapasitet. Til tross for at hypotesetestene viser at denne variabelen ikke er signifikant, ønsker vi å inkludere den videre i vår analyse. I følge Dyson m.fl. (2001) er det hensiktsmessig at de inkluderte variablene er av betydning for hele produksjonsprosessen samt felles for alle DMU-ene. I tillegg ønsker vi å se på variabelens forløp over tid med bakgrunn i reguleringer og teknologisk utvikling, noe bankertester ikke kan fortelle oss.

5.5 Test av størrelsesgruppering

Ved å benytte bankertesting av ulike størrelsesgrupperingene for hvert år, vil vi kunne se om grupperingene er signifikante i forhold til effektivitetsresultatene. Vi vil kunne fastslå om ulikhetene eller likhetene som oppstår er tilfeldige eller om det kan forklares. Den enkleste formen å gjennomføre en slik test er om man har to grupper og setter de opp mot hverandre. I dette tilfellet har vi tre grupper, ”liten”, ”middels” og ”stor”, og må derfor teste den ene gruppen mot en sammenslåing av de to andre. Man kan og teste to størrelsesgrupper mot hverandre, men ettersom vi ønsker å se på gruppene hver for seg med hensyn til posisjonering, er alternativet presentert i tabell 15 mer hensiktsmessig. Resultatet fra testene vil bli presentert i forbindelse med effektivitetsresultatene i kapittel 6.1.

Tabell 15: Bankertester av grupper "Liten", "Middels" og "Stor"

Test:	Gruppering:
Test 1: Gruppe ”Liten”	Gruppe ”liten” testes mot gruppe ”middels” og ”stor” sammenslått.
Test 2: Gruppe ”Middels”	Gruppe ”middels” testes mot gruppe ”liten” og ”stor” sammenslått.
Test 3: Gruppe ”Stor”	Gruppe ”stor” testes mot gruppe ”liten” og ”middels” sammenslått.

6 Resultater og diskusjon

I dette kapittelet vil vi presentere og diskutere resultatene som fremkommer av effektivitets og produktivitetsanalysen for perioden 2004-2014. Først presenteres resultatene fra effektivitetsanalysen, der vi ved hjelp av DEA har benyttet oss av en VRS- og FRH-modell. Deretter har vi benyttet oss av MPI og tilhørende dekomponeringer både for en VRS- og FRH-modell, for å kunne vise til produktivitetsutviklingen i norsk lakseoppdrett. Resultatene

vil bli presentert i tabeller og figurer, i tillegg til salterdiagram som gir en visuell oversikt over størrelsesforskjeller blant aktørene innenfor norsk lakseoppdrett. Avslutningsvis presenterer vi resultatene av en utregning av optimal skala, og diskuterer rundt disse.

6.1 Resultater fra Data Envelopment Analysis

Vi har gjennomført en DEA analyse basert på forutsetning for både VRS-og FRH, som forklart i kapittel 4.4. VRS måler teknisk effektivitet, TE_{VRS} , med antakelse om variabelt skalalutbytte, der DMU-ene sammenligner seg med de av lik størrelse. FRH er en ikke-konveks modell som måler teknisk effektivitet, TE_{FRH} , ved å sammenligne DMU-er ved hypotetiske mulig kombinasjoner av input og output, altså sammenligner med potensielt effektive DMU-er. Vi har i tillegg gruppert resultatene fra DEA-analysen i ”liten”, ”middels” og ”stor” slik beskrevet i kapittel 5. Ved å sette opp verdier for produksjon og effektivitet i et salterdiagram, får vi en visuell fremstilling av produksjonsstørrelse og effektivitet. Et salterdiagram inneholder søyler, hvor hver søyle representerer en DMU. Bredden på søylene viser produksjonsstørrelsen til en DMU og desto bredere søyle desto større produksjon. DMU-ene er rangert i stigende rekkefølge etter hvor effektive de er.

6.1.1 Effektivitet ved VRS

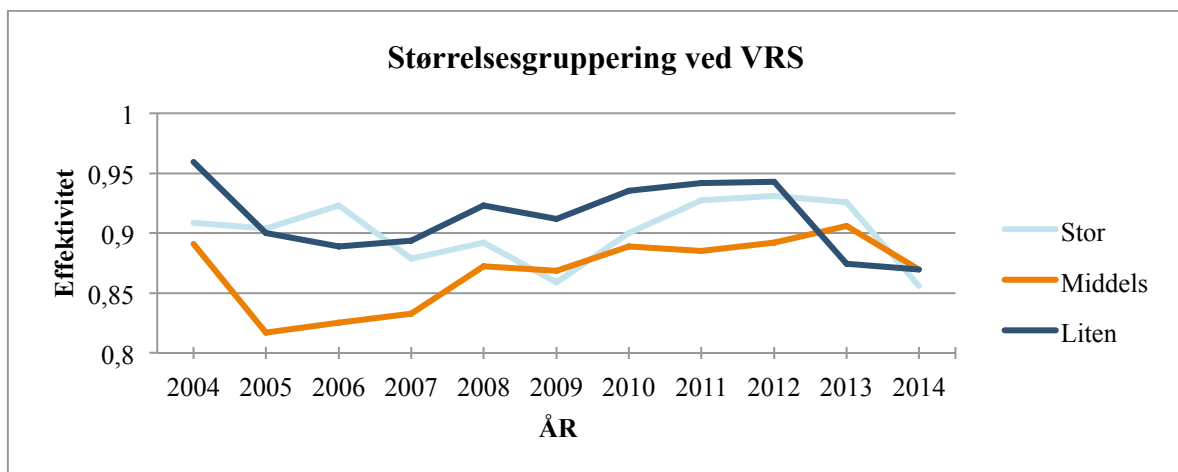
Tabell 16 viser resultatene for teknisk effektivitet ved VRS for perioden 2004-2014, i tillegg til prosentvis effektive DMU-er ved VRS. Resultatene er beregnet etter metoden fremstilt i kapittel 4. Figur 18 viser de gjennomsnittlige resultatene fra VRS-analysen, gruppert etter størrelse på produksjon, og tabell 17 fremstiller gjennomsnittlig resultater av bankertest av størrelsesgrupperingene ved VRS.

Tabell 16: Teknisk effektivitet (TE_{VRS}) for perioden 2004-2014

År	Gjennomsnitt	Minimum	Standardavvik	Antall DMU	Antall effektive	%- effektive
2004	0,9196	0,5894	0,0909	111	38	34,23 %
2005	0,8739	0,5958	0,1143	115	35	30,43 %
2006	0,8797	0,4661	0,133	101	39	38,61 %
2007	0,8684	0,4943	0,1244	95	25	26,32 %
2008	0,8957	0,4966	0,1151	93	33	35,48 %
2009	0,8798	0,6143	0,1173	91	30	32,97 %

2010	0,9079	0,5879	0,1062	85	36	42,35 %
2011	0,9186	0,6682	0,0931	68	27	39,71 %
2012	0,9216	0,7042	0,087	76	33	43,42 %
2013	0,9022	0,5508	0,1052	78	24	30,77 %
2014	0,8652	0,6051	0,1311	73	26	35,62 %

Fra 2004 til 2014 ser vi at gjennomsnittlig TE_{VRS} ligger mellom 0,8652 og 0,9216, som tilsvarer 86,52 % til 92,16 % effektivitet. Laveste gjennomsnittscore ble målt i 2014, mens laveste score for hele perioden finner vi i 2006 på 0,4661. 2006 er også et av de årene som holder til i det nedre sjiktet i gjennomsnittlig effektivitet, men i det øvre sjiktet over prosentvis effektive DMU-er. Høyeste gjennomsnittscore ble målt i 2012 og minimumscorene dette året ligger på 0,7042 som også er den største minimumscoren i perioden 2004-2014. Vi ser også at det er i 2012 flest DMU-er er effektive, der 43,4 % av utvalget er effektive. Minst prosentvis andel effektive DMU-er er i 2007 på 26,32 %.



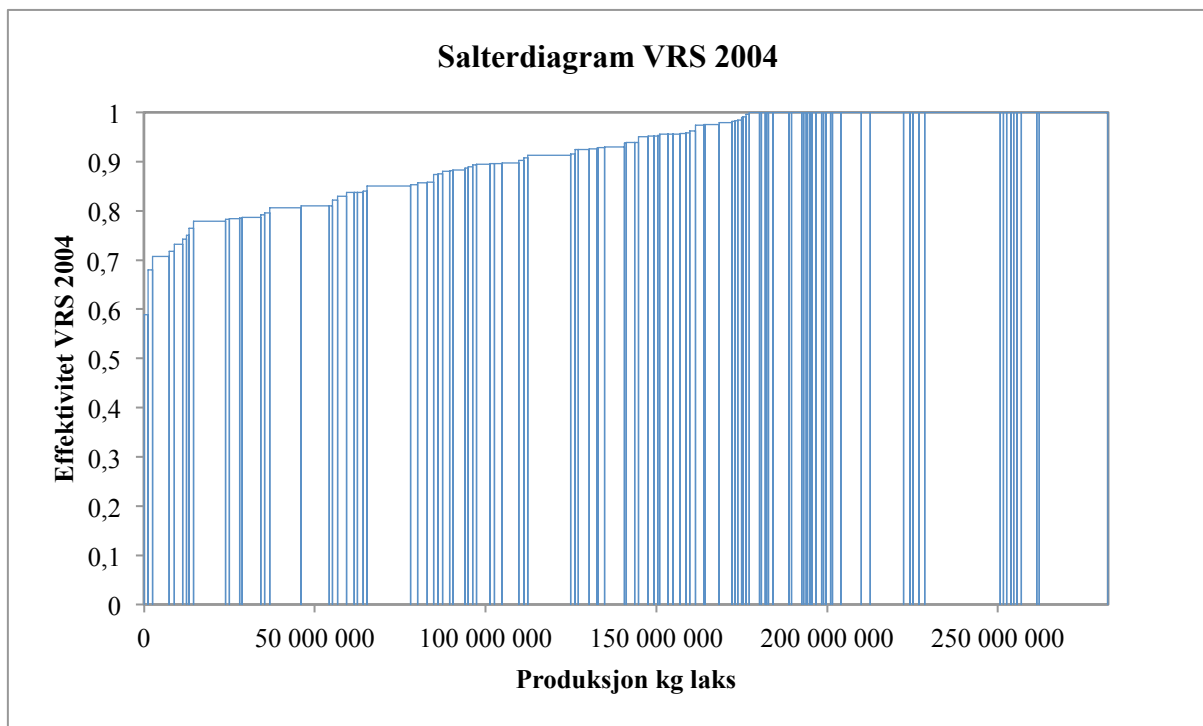
Figur 18: Gjennomsnittlig effektivitet fordelt på størrelsesgruppering av DMU-er ved VRS

Tabell 17: Gjennomsnittlig resultat fra bankertest av grupper "liten", "middels" og "stor" ved VRS

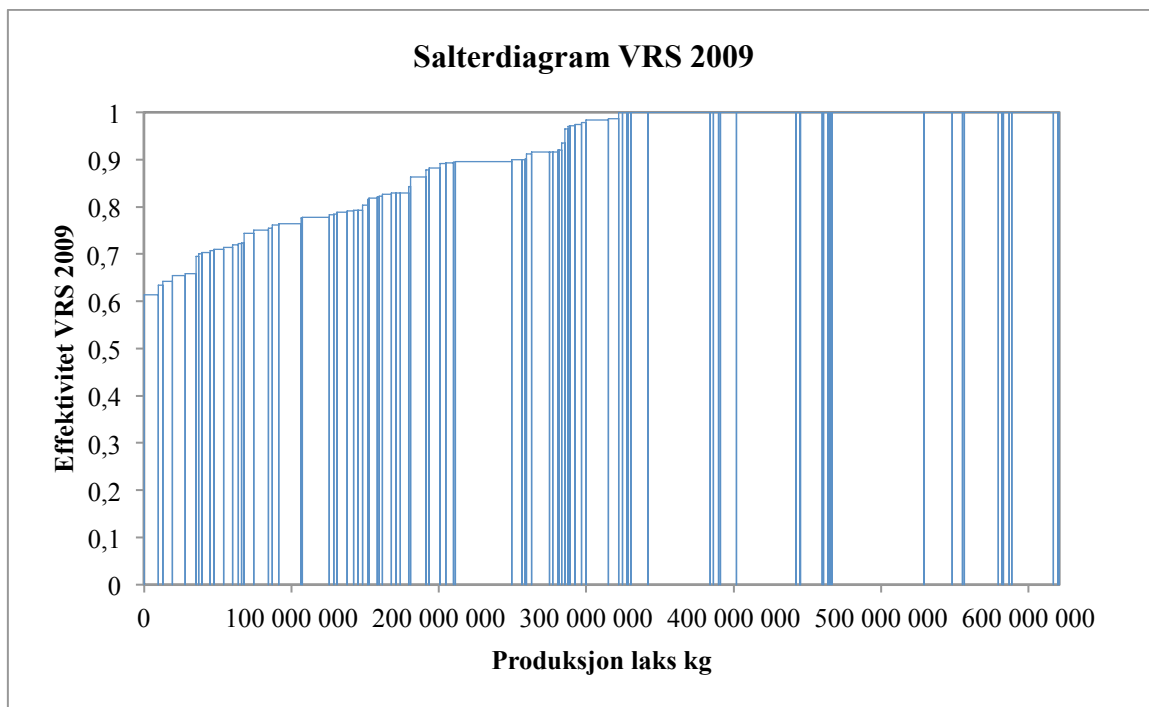
VRS	TEX	0,025	0,975	THN	0,025	0,975
Test 1: "Liten"	1,438	0,651	1,592	1,606	0,548	1,962
Test 2: "Middels"	0,706	0,651	1,590	0,731	0,548	1,958
Test 3: "Stor"	1,186	0,651	1,593	1,311	0,547	1,964

* = Signifikant 95% nivå

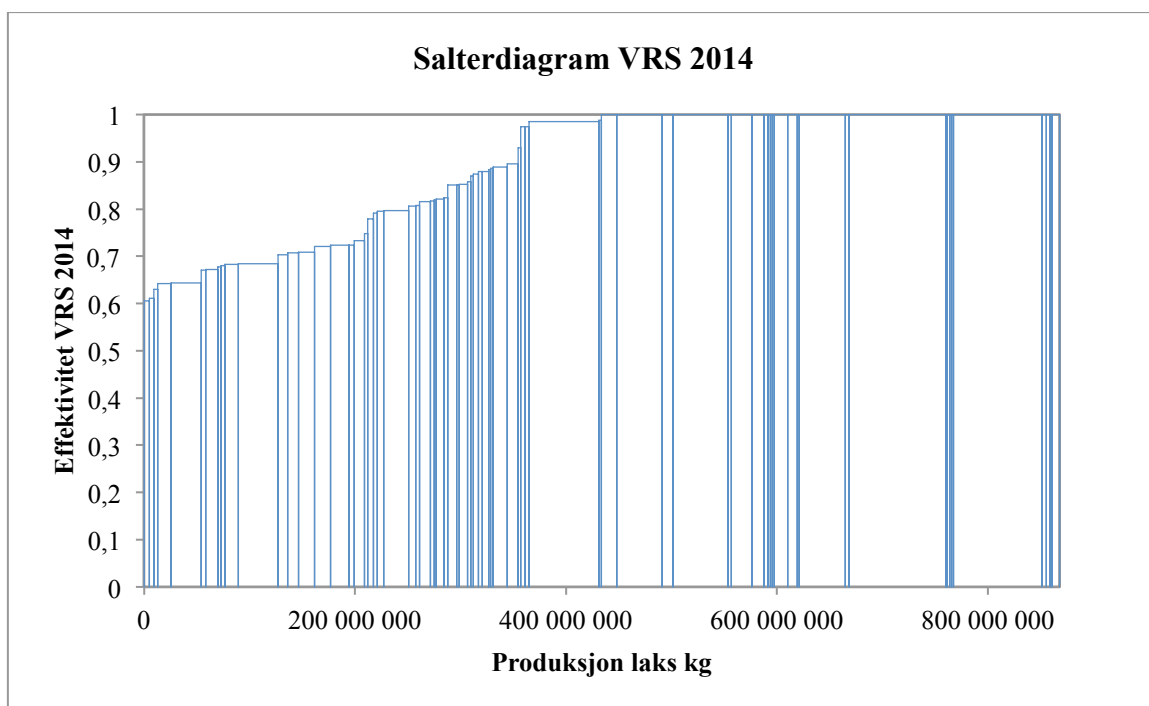
Dersom vi sammenligner med størrelsesgrupperingen ser vi at de små aktørene er gjennomsnittlig mest effektiv i perioden 2007-2012. I 2013 og 2014 ser vi noe lavere gjennomsnittlige effektivitetsresultater for hele utvalget. De store aktørene opplevde sitt laveste år i 2009, og vi kan spekulere i at den gruppen var mest sensitiv i forbindelse med finanskrisen. Laveste gjennomsnittlige effektivitetsscore på 0,8170 tilhører DMU-er i ”middels” gruppen i 2005. Denne gruppen nådde sin topp i 2013, mens de små og store aktørene nådde sin ”topp” i 2012. De tre ulike gruppene følger noen ulike tendenser i perioden 2005-2009, mens 2009-2014 viser nokså like sporinger. Gjennomsnittlig resultater fra bankertest av størrelsesgruppering viser at ingen av resultatene er signifikante og dermed kan forskjellene være på grunn av tilfeldigheter. Bankertestene for alle gruppene per år, er lagt ved som vedlegg, men det viser seg at ved VRS er det liten grad av sammenheng mellom effektivitet og produksjonsstørrelse.



Figur 19: Teknisk effektivitet ved VRS mot produksjon for 2004



Figur 20: Teknisk effektivitet ved VRS mot produksjon for 2009



Figur 21: Teknisk effektivitet ved VRS mot produksjon for 2014

Figur 19-21 er en visuell fremstilling av effektivitet i norsk lakseoppdrett sett mot produksjonsstørrelse for ulike år. Her ser vi at fra 2004, med en næring med mange små aktører, har vi i 2014 en næring med færre og større aktører. I figur 19, ser vi at aktørene er spredt på skalaen og det er ikke noe tydelig mønster på produksjonsstørrelse og effektivitet med unntak av de to største aktørene som er 100 % effektive. Dersom vi ser på figur 20 for 2009, har det blitt færre aktører og mange har fått større produksjon, samt flere er 100 % effektive. I Figur 21, for 2014, ser vi klarere tendenser i sammenhengen mellom effektivitet og produksjon. Det er de største selskapene som er mest effektive, samt at det er færre aktører enn tidligere. Det er imidlertid noen mindre selskap som er effektive, men at flertallet av de minste aktørene innenfor norsk lakseoppdrett har effektivitetsscore under 1.

6.1.2 Effektivitet ved FRH

Tabell 18 viser resultatene for teknisk effektivitet ved FRH for perioden 2004-2014.

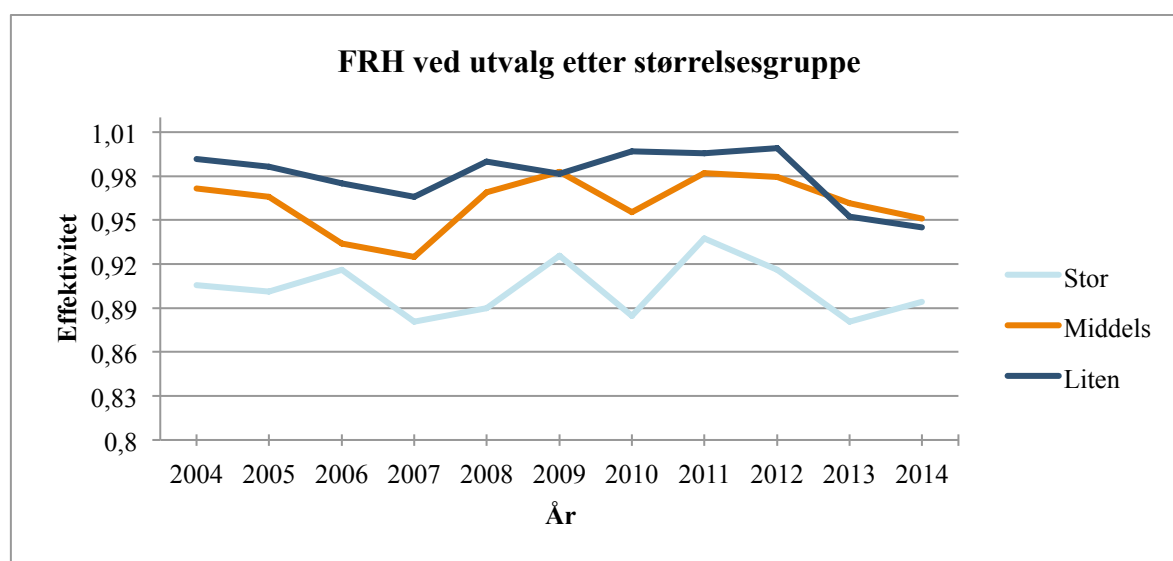
Resultatene er beregnet etter metoden fremstilt i kapittel 4. Figur 22 viser de gjennomsnittlige resultatene fra FRH-analysen gruppert etter størrelse på produksjon.

Tabell 18: Teknisk effektivitet ved FRH (TE_{FRH}) for perioden 2004-2014

År	Gjennomsnitt	Minimum	Standardavvik	Antall DMU	Antall effektive	%- effektive
2004	0,9562	0,6896	0,0812	111	71	63,96 %
2005	0,9513	0,6198	0,0781	115	71	61,74 %
2006	0,9419	0,655	0,0911	101	60	59,41 %
2007	0,9242	0,6184	0,0996	95	49	51,58 %
2008	0,9496	0,5505	0,0834	93	59	63,44 %
2009	0,9635	0,6965	0,0671	91	56	61,54 %
2010	0,9456	0,6765	0,0849	85	51	60,00 %
2011	0,9716	0,8222	0,0541	68	50	73,53 %
2012	0,9651	0,7489	0,0627	76	52	68,42 %
2013	0,9314	0,63	0,0907	78	35	44,87 %
2014	0,9304	0,5557	0,0998	73	35	47,95 %

For TE_{FRH} ser vi at det for hele perioden er høyere gjennomsnittlig effektivitet enn ved TE_{VRS} . 2011 er det mest effektive året med en score på 0,9716 (97,16 %), og minimumscoren i 2011 er på 0,8222 (82,22 %), som også er den høyeste minimumscoren. Det dårligste året er i 2007 med en effektivitetsscore på 0,9242 (92,42 %). Minimumscoren for 2007 er 0,6198

(61,98 %), men er ikke den laveste minimumscoren. Den finner vi i 2008 og er på 0,5505 (55,05 %). Variasjonen i disse resultatene er ikke like tydelige som i VRS, men denne typen modell har et større mulighetsrom for å være effektiv enn VRS. Dette ser vi i tabell 18, der det er fra 2004 til 2012 ingen år med prosentvis effektive DMU-er under 50 %. Fra 2012 til 2013 ser vi et fall fra 68,42 % til 44,87 %. 2011 har den høyeste andelen effektive DMU-er på 73,53 %.



Figur 22: Gjennomsnittlig effektivitet fordelt på størrelsesgrupperinger av DMU-er ved FRH

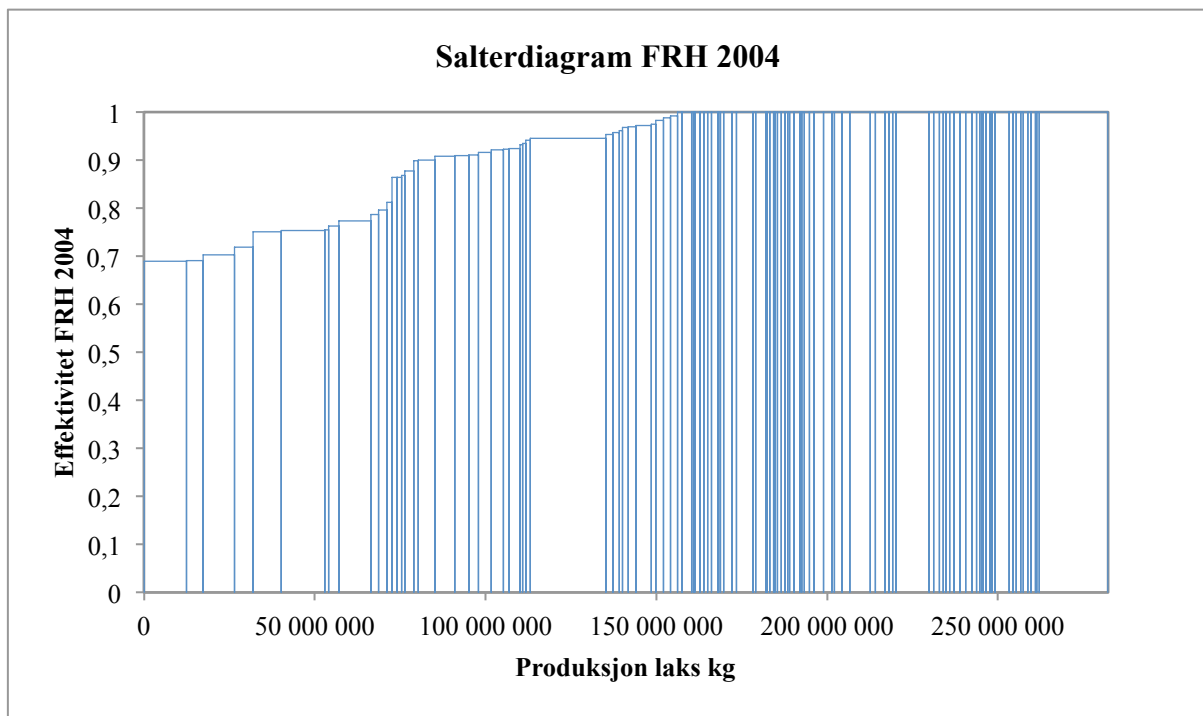
Tabell 19: Resultat fra bankertest av grupper "Liten", "Middels" og "Stor" ved FRH

FRH	TEX	0,025	0,975	THN	0,025	0,975
Test 1: "Liten"	11,961*	0,651	1,592	51,110*	0,548	1,962
Test 2: "Middels"	1,725*	0,651	1,592	2,402*	0,547	1,962
Test 3: "Stor"	0,272*	0,651	1,593	0,212*	0,548	1,964

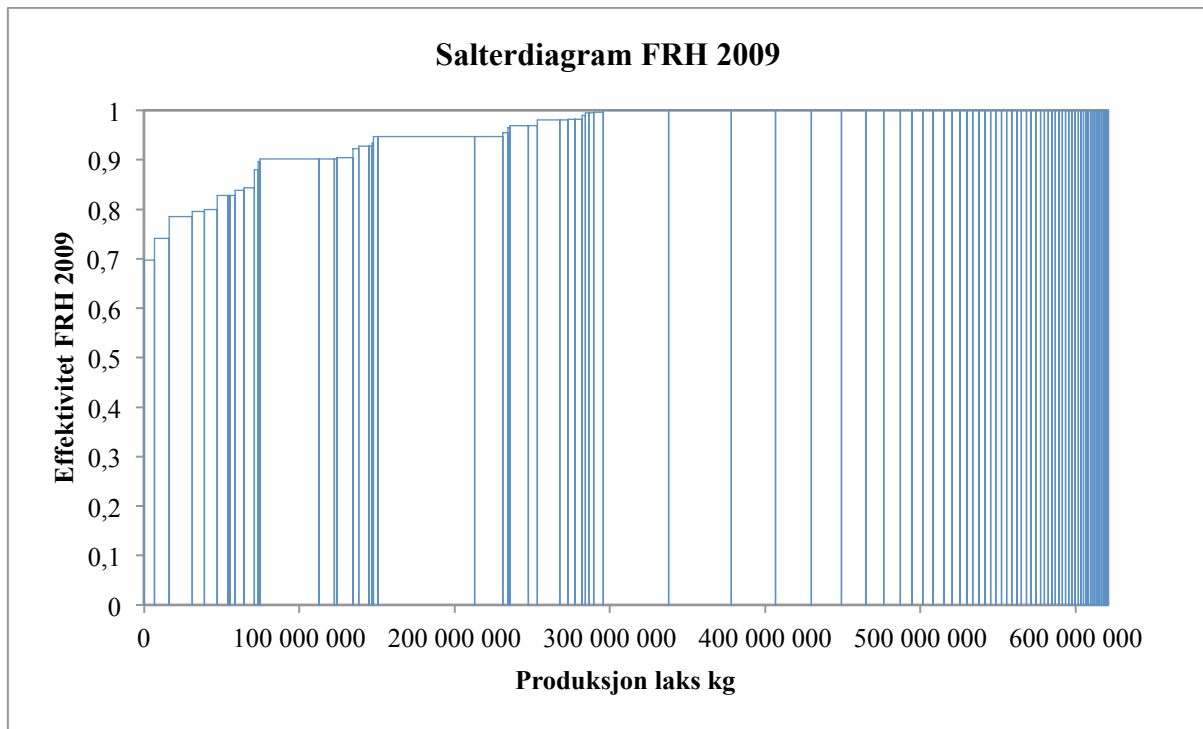
* = Signifikant 95 % nivå

I figur 22 ser vi tydelig at de små aktørene i gruppen "liten" er mest effektive med unntak i 2009, der gruppen "middels" akkurat krysser gruppe "liten", og i 2013, der gruppen "liten" opplevde nedgang forbi gruppen "middels". Det er større svingninger blant de store aktørene, og de har lavere effektivitet enn de andre to gruppene. De store aktørene hadde tre

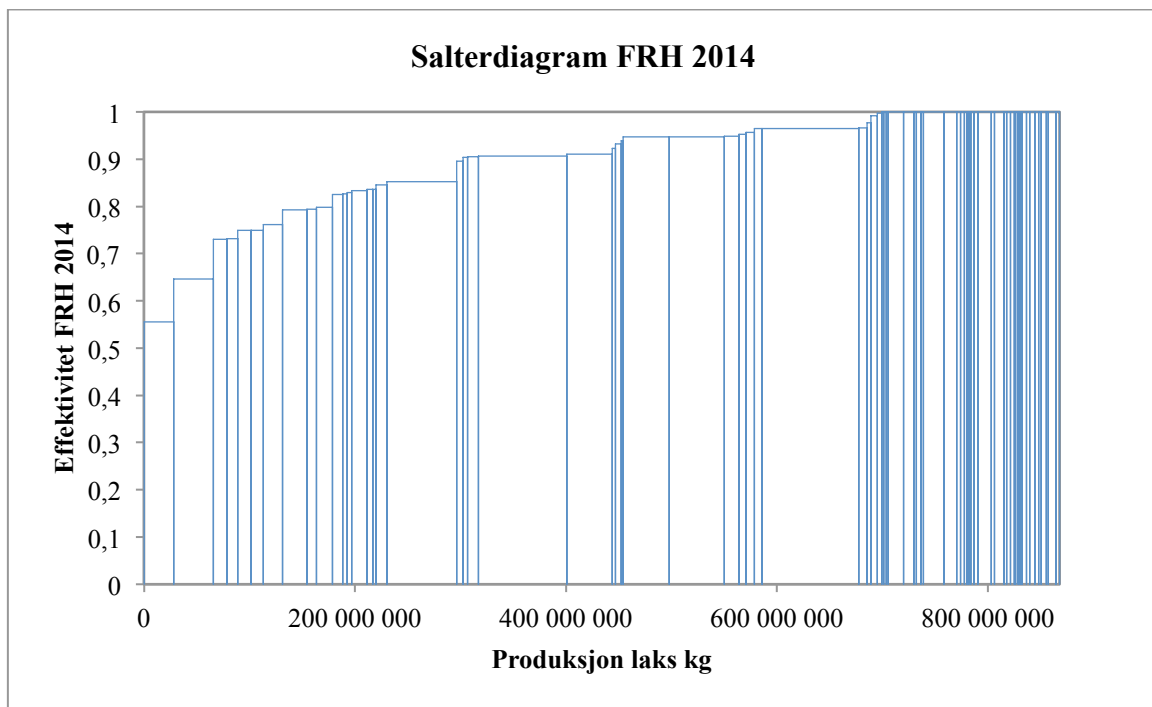
”topper” på effektivitetsscoren. Dette var i 2006, 2009 og toppåret 2011 (93,76 %). 2013 var året med lavest effektivitet for gruppen ”stor”, med en effektivitet på 0,8805. De store aktørene innenfor norsk lakseoppdrett er med andre ord ikke 100% effektiv ved FRH-modellen. 2009 var toppåret for gruppen ”middels” og 2012 var toppåret for gruppen ”liten”. Gjennomsnitt av bankertestene av størrelsesgruppene er presentert i tabell 19. Her ser vi at posisjonering i forhold til produksjonsstørrelse er signifikant i tilknytning til effektivitetsresultatene. Bankertestene per år er vedlagt.



Figur 23: Teknisk effektivitet ved FRH mot produksjon for 2004



Figur 24: Teknisk effektivitet ved FRH mot produksjon for 2009

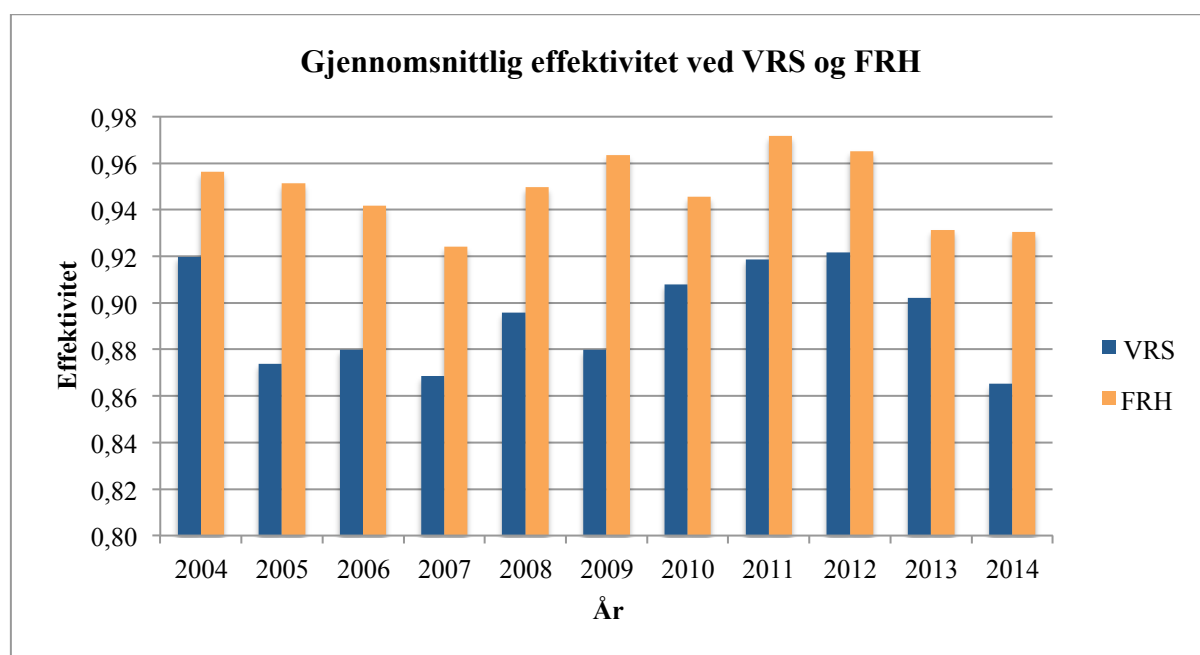


Figur 25: Teknisk effektivitet ved FRH mot produksjon for 2014

Figur 23-25 er visuelle fremstillinger effektivitet ved FRH-modellen sett opp mot produksjonsstørrelse. I figur 23 for 2004, ser vi at det er mange aktører av mindre størrelse i

utvalget, i tillegg til et par med tydelig større produksjon. Det er stor spredning på aktører av ulik størrelse på effektivitetsskalaen og dermed ingen tydelig sammenheng mellom produksjonsstørrelse og effektivitet. Den største aktøren har en effektivitetsscore på 94,5 %, og dermed er den ikke en del av den effektive fronten. De minst effektive DMU-ene i 2004 har noe lik produksjonsstørrelse, og er verken de minste eller de største aktørene, men det er flere mindre aktører som er 100 % effektive. I figur 24 for 2009 ser vi tydeligere tendenser på at de mest effektive DMU-ene består av de mindre aktørene og de større aktørene er noe mindre effektive. En del av de mellomstore aktørene er også effektive. I figur 25 for 2014 er det færre effektive aktører enn det har vært i de tidligere eksemplene. Det er igjen de minste aktørene som er mest effektive, og de større aktørene er verken de mest eller minst effektive.

6.1.3 Diskusjon



Figur 26: Gjennomsnittlig effektivitet ved VRS og FRH for perioden 2004-2014

Resultatene, illustrert i figur 26, viser at gjennomsnittlig effektivitet for bransjen var på sitt høydepunkt i 2011 og i 2012 ved både FRH og VRS. Effektiviteten ved FRH er høyere enn ved VRS. Dette kan grunnes betingelsene for FRH-modellen. Med VRS ser vi at flere av de største aktørene er effektive. Dette grunnes at de største DMU-ene ikke har andre av samme størrelse å sammenligne seg med, og dermed blir de effektive. Ved FRH tillates det hypotetisk additivitet, som dermed gir de større aktørene nye referansepunkter ved enten å

sammenslå mindre DMU-er, eller oppskalere produksjonen. Dette fører til at de største aktørene ikke er i like stor grad effektive ved FRH som ved VRS. Disse referansepunktene kan ligne fusjoner eller tildeling av nye konsesjoner og viser dermed et økt mulighetsområdet. Grunnet reguleringer og kostnader knyttet til søknader og sammenslåing, vil ikke disse effektivitetsresultatene gjenspeile nøyaktighet, men kunne indikere mulighetsrommet til de større aktørene.

Både ved VRS og FRH, ser vi at effektiviteten har falt noe siden 2012, og dette kan sammenfalle med økte produksjonskostnader siden 2012. Den største økningen finner vi i andre driftskostnader, og det er innenfor denne posten bransjen rapporterer om økte kostnader spesielt med hensyn på lusesituasjonen og økning i innleide tjenester (Nofima, 2015). Det er og viktig å bemerke slik Asche m.fl. (2009) påpeker at oppdrettsbransjen er kostnadseffektiv, men ressursutnyttelsen kan bli bedre, spesielt med hensyn på fremtidig miljøbelastning. I følge Nofima (2015) var toppårene for lønnsomhet 2010, 2013 og 2014, men disse årene er ikke de mest effektive, samt at den totale produksjonskostnaden har økt siden 2012. Dermed kan det indikeres at det er lakseprisen som er en bakenforliggende årsak for god lønnsomhet de senere årene.

Slik vi ser i FRH-analysen er de minste aktørene mer effektive enn de største aktørene. Dermed har de største aktørene et forbedringspotensial i forhold til de beste. VRS-analysen viser noe lik gjennomsnittlig utvikling, men ligger på et lavere effektivitetsnivå. Her er de store aktørene ofte mest effektiv, og de mindre har et forbedringspotensial. I figur 18 og figur 22, som viser effektivitetsfordelingen basert på gruppe "liten", "middels" og "stor", er det liten sammenheng mellom posisjonering og effektivitet ved VRS, men ved FRH tyder det på at posisjonering er en faktor som påvirker effektiviteten. Dette viser også bankertestene. Årsaker til dette kan være at de små aktørene er i større grad bevisst over sitt ressursbruk og sine kostnader. Derimot kan det være slik at de større aktørene ikke har like stort fokus på dette området i fremgangstider, slik bransjen har opplevde de siste årene. I tillegg er det verdt å bemerke at størrelsesinndelingen basert på posisjonering for hvert år, og dermed vil det som omtales som et stort selskap i 2004, kan være et mindre selskap i 2014.

6.2 Resultater Malmquist produktivitetsindeks

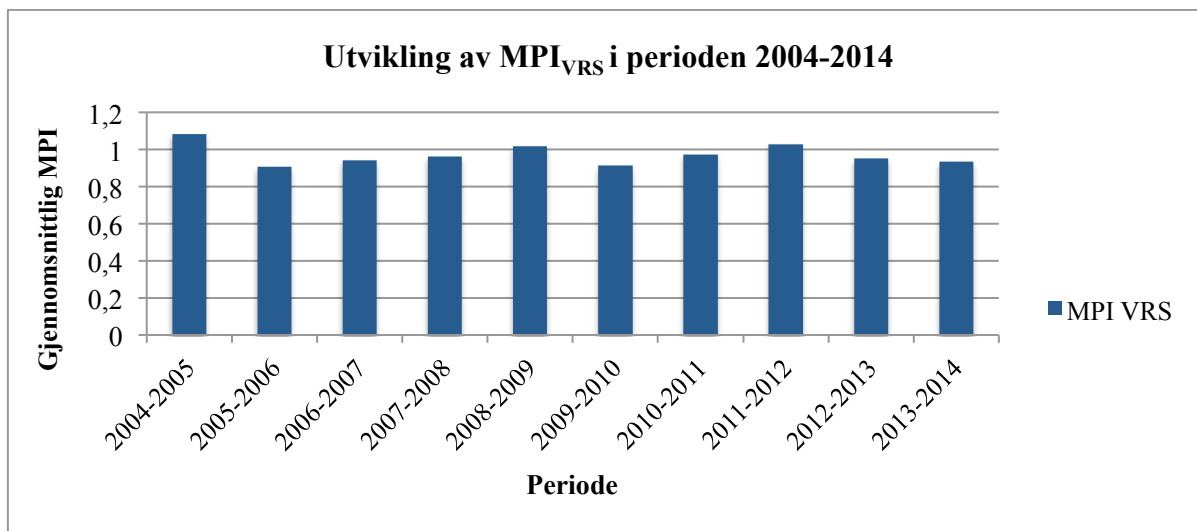
Vi vil under dette kapittelet presentere resultatene for Malmquist produktivitetsindeks på bakgrunn av beskrivelsen under kapittel 4.5, ved antakelse om VRS og FRH. Forskjellen mellom teknisk effektivitet og MPI er at den tekniske effektiviteten sier noe om en aktuell periode, mens MPI sier noe om endringen fra en periode til en annen. Vi vil først presentere tall for hele utvalget, for så å benytte størrelsesinndelingen beskrevet i kapittel 5, og benyttet i effektivitetsanalysen.

6.2.1 Malmquist produktivitetsindeks ved VRS 2004-2014

Resultatene fra Malmquist produktivitetsindeks (MPI) fremkommer i tabell 20. Vi dekomponerer MPI etter metoden beskrevet i kapittel 4.5 til ren teknisk effektivitet (MPI pure eff.) og ren teknisk frontendring (MPI pure tech.) Ren teknisk effektivitet har sitt utløp fra generell teknisk effektivitet, som dekomponeres i to ledd, ren teknisk effektivitet og skalaeffektivitet. Ren teknisk effektivitet forteller oss om forbruk av input i produksjonen og ren teknisk frontendring forteller oss om skift i fronten. MPI har likevekt i 1, som betyr at bransjen verken har hatt fremgang eller tilbakegang. Verdier over 1 indikerer produktivitetsfremgang, mens verdier under 1 indikerer tilbakegang i oppdrettsbransjen.

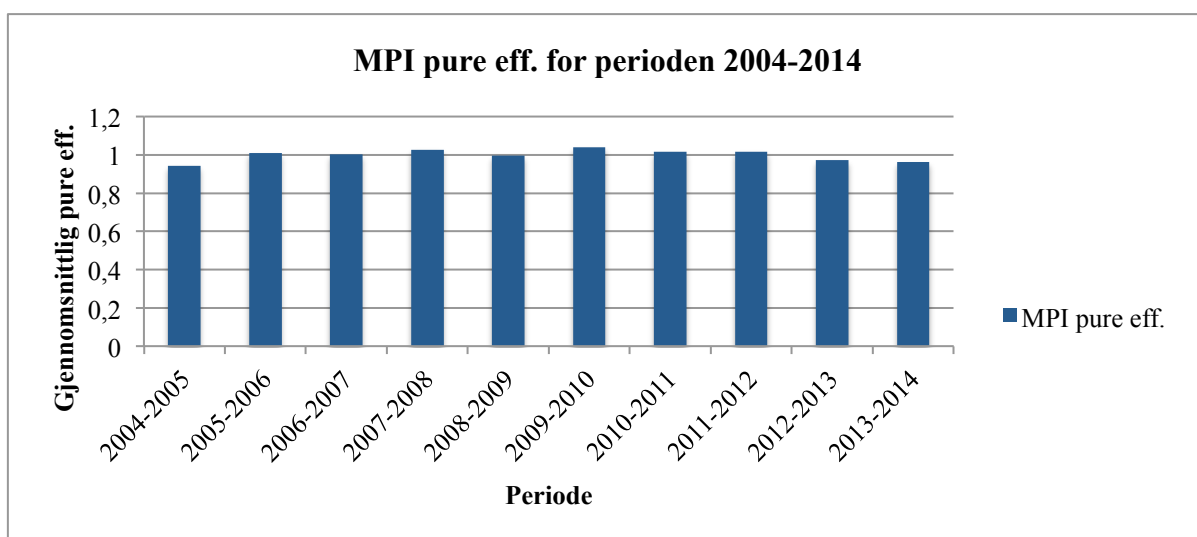
Tabell 20: Gjennomsnittlig Malmquist produktivitetsindeks ved VRS

Periode	MPI _{VRS}	MPI pure eff.	MPI pure tech.	Antall DMU
2004-2005	1,08340*	0,94237	1,14966*	84
2005-2006	0,90629	1,01070*	0,89670	80
2006-2007	0,94099	1,00219	0,93894	74
2007-2008	0,96302	1,02635	0,93830	78
2008-2009	1,01741*	0,99638	1,02111*	73
2009-2010	0,91258	1,03934*	0,87804	67
2010-2011	0,97146	1,01459*	0,95750	55
2011-2012	1,02874*	1,01630	1,01225*	47
2012-2013	0,95229	0,97115	0,98058	57
2013-2014	0,93361	0,96269	0,96980	59
2004-2008	0,88984	0,98276	0,90546	60
2004-2014	0,59341	0,94599	0,62729	38
2008-2014	0,81056	0,96370	0,84110	45



Figur 27: Utvikling av MPI_{VRS} i perioden 2004-2014

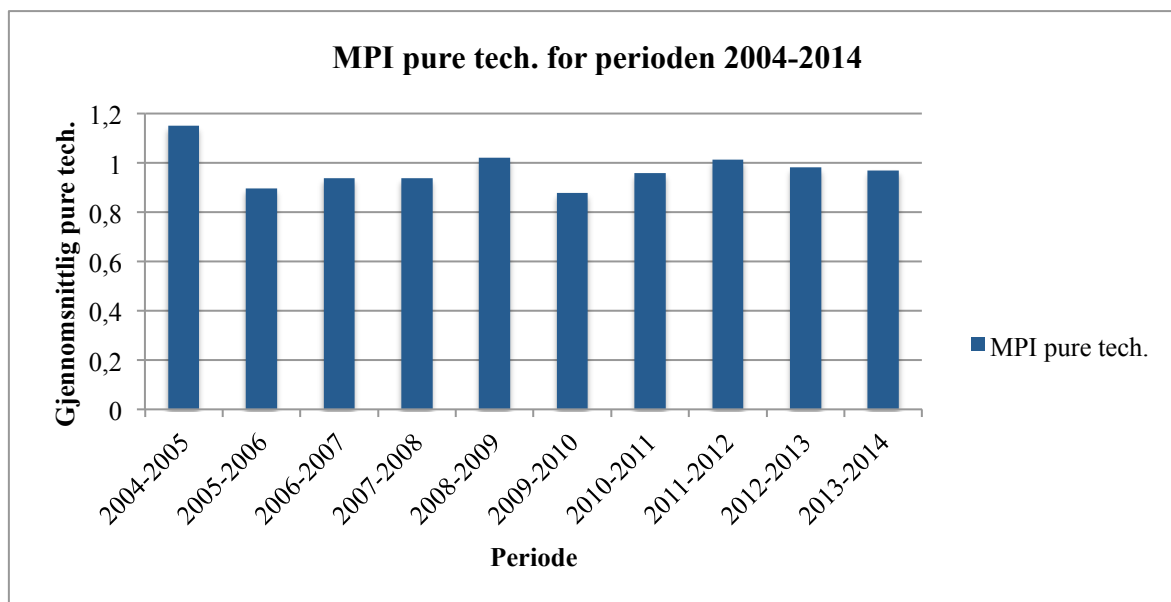
Slik vi ser av figur 27 så har utviklingen av MPI vært varierende for den norske lakseoppdrettsnæringen i perioden 2004-2014. Perioden 2004-2005 hadde næringen en produktivitetsfremgang på 8,3 %. Tendensen på fremgang eller tilbakegang samsvarer med resultatene til Vassdal og Holst (2011), samt Wikeland (2015). Periodene 2005-2006, 2006-2007 og 2007-2008 hadde en tilbakegang i produktivitet på hhv. 10 %, 6 % og 3,7 %. Totalt sett er det kun tre perioder med produktivitetsfremgang ved VRS-teknologi, mot syv perioder med produktivitetstilbakegang.



Figur 28: Utviklingen av ren teknisk effektivitet for perioden 2004-2014

Slik vi ser av figur 28, så har utviklingen i ren teknisk effektivitet også vært stabil i

analyseperioden 2004-2014. Totalt sett har vi fire perioder med tilbakegang, fem perioder med fremgang, og en periode med verdi 1, noe som tilsvarer verken tilbakegang eller fremgang. Det viktig å påpeke at fremgang- og tilbakegangsverdiene er marginal for ren teknisk effektivitet.



Figur 29: Utviklingen av ren teknisk frontendring for perioden 2004-2014

Slik vi ser av figur 29, så har utviklingen i ren teknisk frontendring hatt større svingninger enn ren teknisk effektivitet i analyseperioden 2004-2014. Perioden 2004-2005 hadde en fremgang i ren teknisk frontendring på 14,9 %. Perioden 2009-2010 viser en tilbakegang i ren teknisk frontendring på om lag 12,2 %. Slik vi ser i tabell 20.

6.2.2 Malmquist produktivetsindeks ved VRS for størrelsesgruppering

Slik problemstillingene er presentert ønsker vi å se om det er forskjeller mellom gruppene ”liten”, ”middels” og ”stor innenfor norsk lakseoppdrett i perioden 2004-2014. Resultatene er presentert i tabell 21, hvor gruppene ”liten”, ”middels” og ”stor” er definert som hhv. (L), (M) og (S).

Tabell 21: Malmquist produktivetsindeks ved VRS for størrelsesgruppering

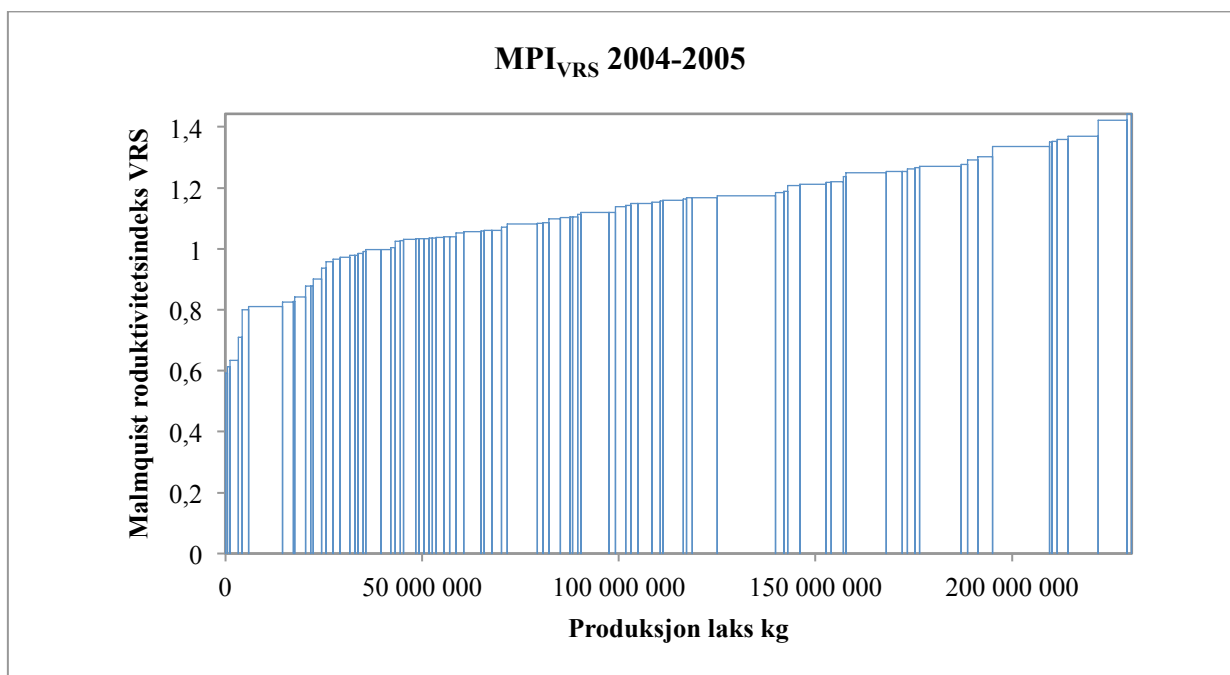
Periode	MPI _{VRS}			Ren teknisk effektivitetsendring			Ren teknologisk frontendring		
	L	M	S	L	M	S	L	M	S
2004-2005	1,006*	1,056*	1,189*	0,941	0,916	0,969	1,069*	1,153*	1,227*
2005-2006	0,848	0,886	0,983	0,975	0,963	1,093*	0,870	0,920	0,899
2006-2007	0,904	0,950	0,961	1,029*	1,031*	0,947	0,879	0,921	1,015*
2007-2008	0,924	0,981	0,985	1,004*	1,050*	1,025*	0,920	0,934	0,961
2008-2009	0,915	1,065*	1,081*	0,953	1,031*	1,007*	0,960	1,033*	1,073*
2009-2010	0,922	0,914	0,900	1,040*	1,018*	1,060*	0,887	0,898	0,849
2010-2011	0,872	0,938	1,117*	0,988	0,975	1,082*	0,883	0,962	1,032*
2011-2012	0,994	1,087*	1,003*	0,994	1,026*	1,027*	1,000*	1,059*	0,977
2012-2013	0,988	0,914	0,947	0,919	0,981	1,013*	1,075*	0,932	0,935
2013-2014	0,861	0,946	0,981	1,010*	0,962	0,919	0,852	0,983	1,068*
2004-2008	0,804	0,913	0,950	0,996	0,990	0,962	0,807	0,922	0,987
2004-2014	0,431	0,637	0,719	0,967	0,960	0,913	0,446	0,663	0,788
2008-2014	0,619	0,825	0,990	0,965	0,945	0,982	0,642	0,873	1,008*

L = Liten, M = Middels, S = Stor, * = Produktivetsfremgang ved VRS

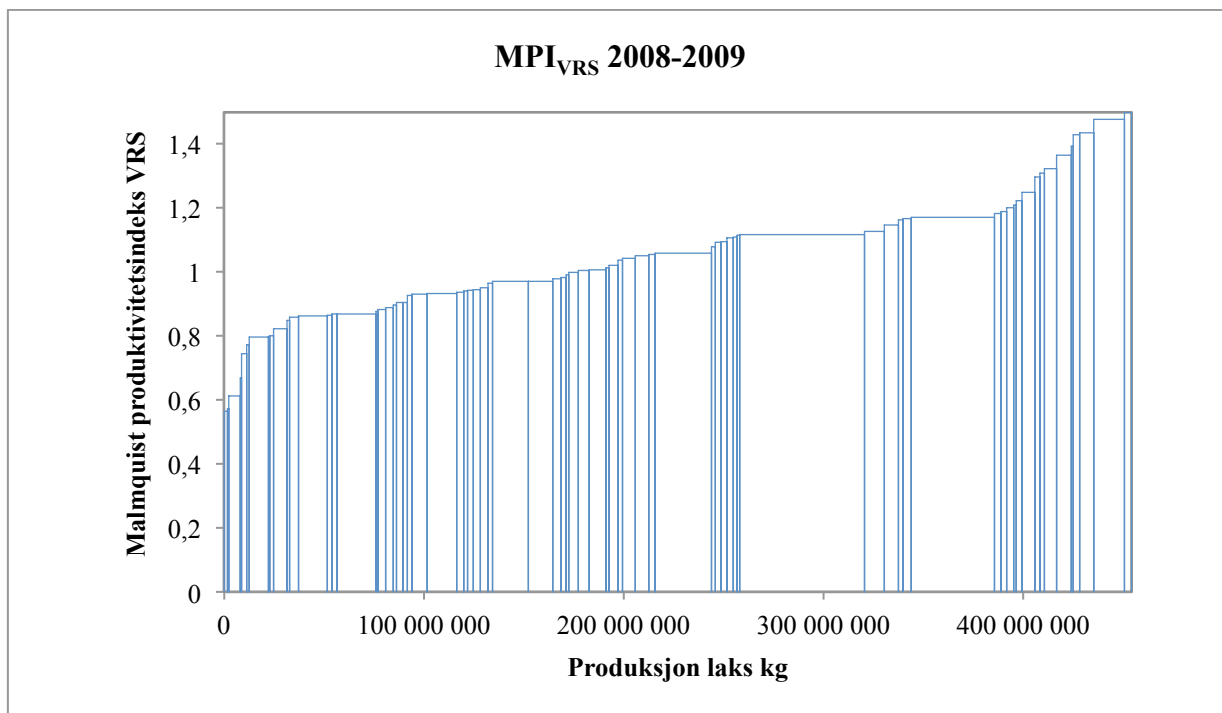
Ved VRS-teknologi har de minste aktørene én periode med fremgang, 2004-2005. De mellomste har tre perioder med fremgang, 2004-2005, 2008-2009 og 2011-2012, og de største aktørene har fire perioder med fremgang, 2004-2005, 2008-2009, 2010-2011 og 2011-2012. Ut fra MPI-beregningene som er gjort kan det se ut for at det er de største aktørene som gjør det litt bedre enn de to andre grupperingene. Dette kan skyldes at de største er mer effektiv, slik vi så i effektivitetsanalysen.

Av tabell 21 fremkommer utviklingen i ren teknisk effektivitet fordelt på alle tidsperiodene fra 2004 til 2014. Innenfor de ulike tidsperiodene ser vi det er forskjeller mellom størrelsesrangeringene stor, middels og liten. Perioden 2004-2005 ser vi at utviklingen i ren teknisk effektivitet for den store gruppen har en tilbakegang på 4 %, mens den mellomste grupperingen har en tilbakegang på 9,5 %, og de minste aktørene har hatt en tilbakegang på 6 %. De største forskjellene i endringen i ren teknisk effektivitet ligger imidlertid for tidsperioden 2005-2006, hvor de store aktørene innenfor norsk laksefiskoppdrett har hatt en framgang på 9 %, mot tilbakegang middels og liten på hhv. 4 % og 3 %. De største aktørene i vårt utvalg har hatt sju perioder med fremgang i ren teknisk effektivitet, mens de mellomste aktørene har hatt fem perioder med fremgang. De minste aktørene har hatt fremgang i ren teknisk effektivitet i fire perioder.

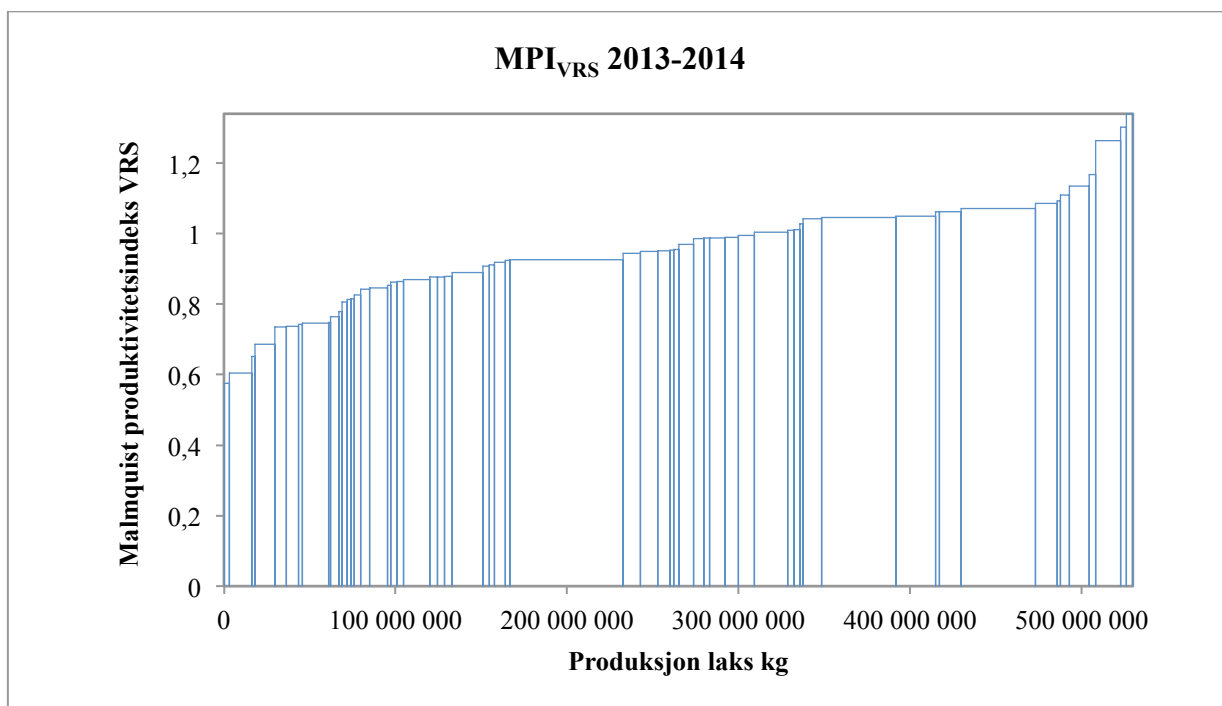
Det andre leddet innenfor dekomponeringen av MPI er utvikling av selve produksjonsfronten, ren teknologisk frontendring. Slik vi leser av tabell 21, er det variasjon i resultatene for de ulike størrelsesgrupperingene. Resultatene som er presentert i tabell 21 viser seks perioder med utviklinger i ulik retning hos ”liten”, ”middels” og ”stor”. I perioden 2006-2007 har de største aktørene hatt en fremgang på om lag 1,5 %, mens det har vært tilbakegang hos de mellomste og minste på hhv. 8 % og 13%. I perioden 2008-2009 hadde de små aktørene tilbakegang, mens de store og mellomste hadde fremgang. De største aktørene hadde i perioden 2010-2011 fremgang i ren teknologisk frontendring, mens de to andre størrelsesrangeringene hadde tilbakegang, mens for perioden 2011-2012 så er det de minste aktørene som har hatt fremgang på om lag 7,5 % og de største og mellomste aktørene har begge hatt tilbakegang på rundt 7 %.



Figur 30: Malmquist produktivitetsindeks VRS mot produksjon for 2004-2005



Figur 31: Malmquist produktivitetsindeks VRS mot produksjon for 2008-2009



Figur 32: Malmquist produktivitetsindeks VRS mot produksjon 2013-2014

Figur 30-32 er en visuell fremstilling av MPI_{VRS} sett mot produksjon av laks. I perioden 2004-2005 ser vi at det er stor variasjon mellom MPI og størrelsesgrupperingene. Både små

og store selskap har høy MPI. Det er imidlertid viktig å bemerke at flere av de store selskapene er samlet på høyere produktivetsnivå enn de minste selskapene i utvalget. For perioden 2008-2009 er det noe lavere produktivitet. De aller største aktørene er ikke de med aller størst produktivetsvekst, men befinner seg rett i overkant av 1. De små selskapene er noe mer spredt over MPI-skalaen. Salterdiagram for perioden 2013-2014 viser at det er lite sammenheng mellom størrelse på produksjon og MPI.

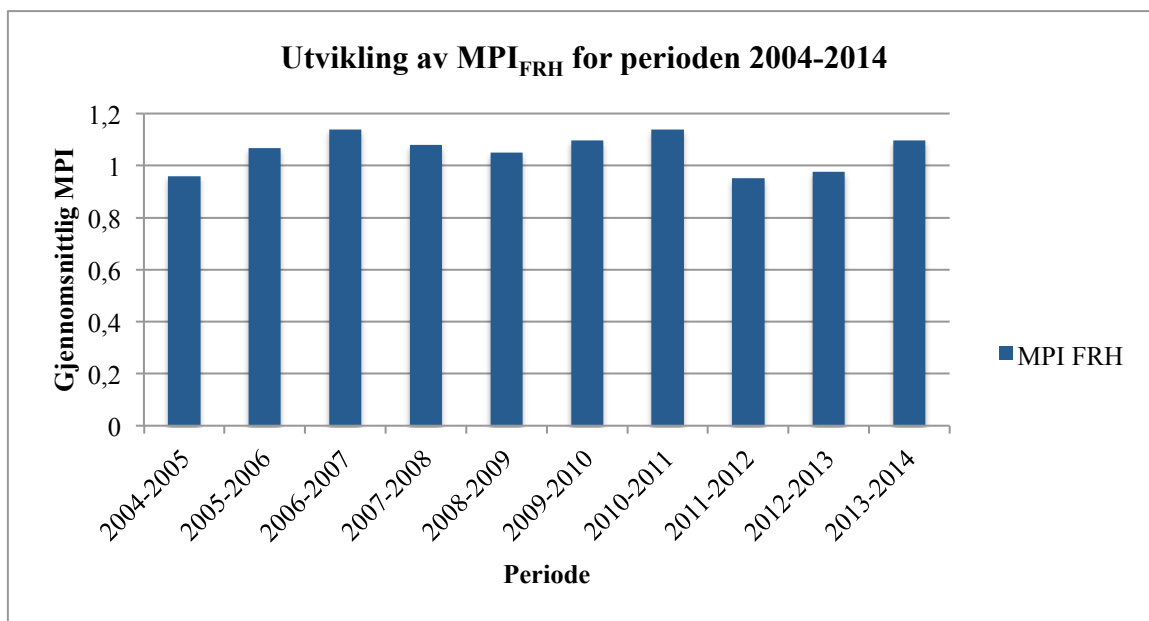
6.2.3 Malmquist produktivetsindeks ved FRH

Resultatene fra FRH-modellen er presentert i tabell 22. Ved å benytte FRH-teknologi for å beregne MPI ser vi at syv av totalt ti perioder har hatt produktivetsfremgang, og tre perioder har hatt tilbakegang. Den største fremgangen for bransjen totalt var i perioden 2006-2007, med 13,87 % fremgang. Tilbakegangen i produktivitet var størst i perioden 2011-2012, hvor tilbakegangen var på 4,3 % for hele utvalget. MPI_{FRH} er også illustrert i figur 33, og her ser man at det relativt lite svingninger i resultatene.

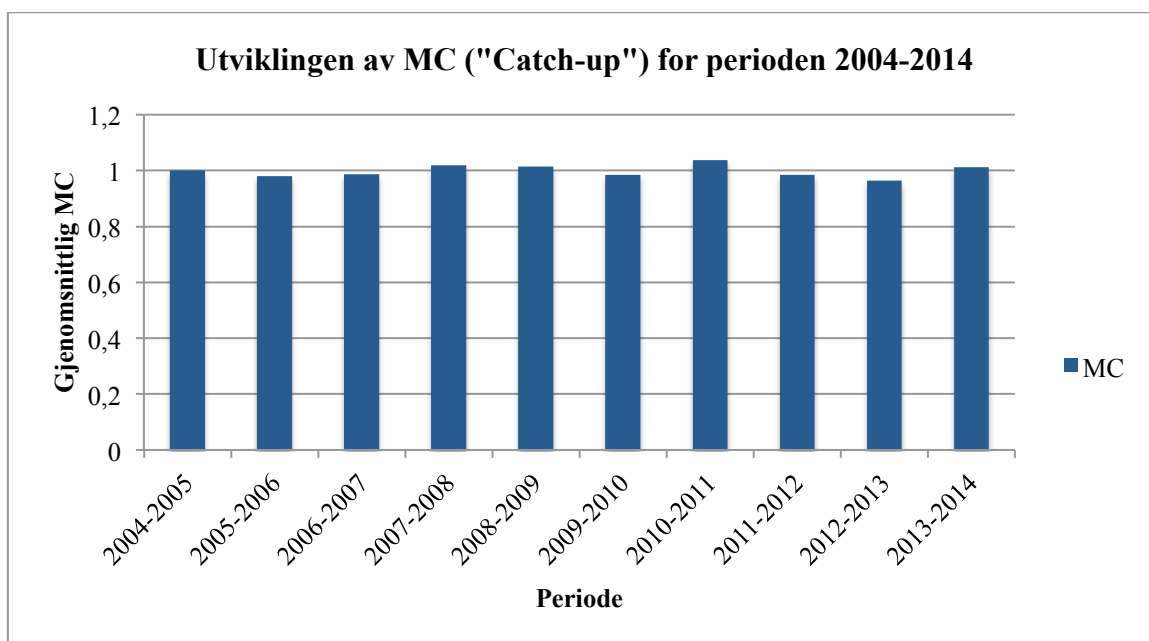
Tabell 22: Malmquist produktivetsindeks ved FRH for 2004-2014

Periode	MPI_{FRH}	MC	MF
2004-2005	0,9596	0,9999	0,9596
2005-2006	1,0671*	0,9806	1,0882*
2006-2007	1,1387*	0,9863	1,1545*
2007-2008	1,0785*	1,0184*	1,0590*
2008-2009	1,0487*	1,0146*	1,0336*
2009-2010	1,0966*	0,9843	1,1141*
2010-2011	1,1378*	1,0375*	1,0967*
2011-2012	0,9518	0,9848	0,9665
2012-2013	0,9761	0,9629	1,0137*
2013-2014	1,0963*	1,0117*	1,0836*
2004-2008	1,2151*	1,4887*	0,8162
2004-2014	1,9172*	0,9749	1,9666*
2008-2014	1,3906*	0,9812	1,4173*

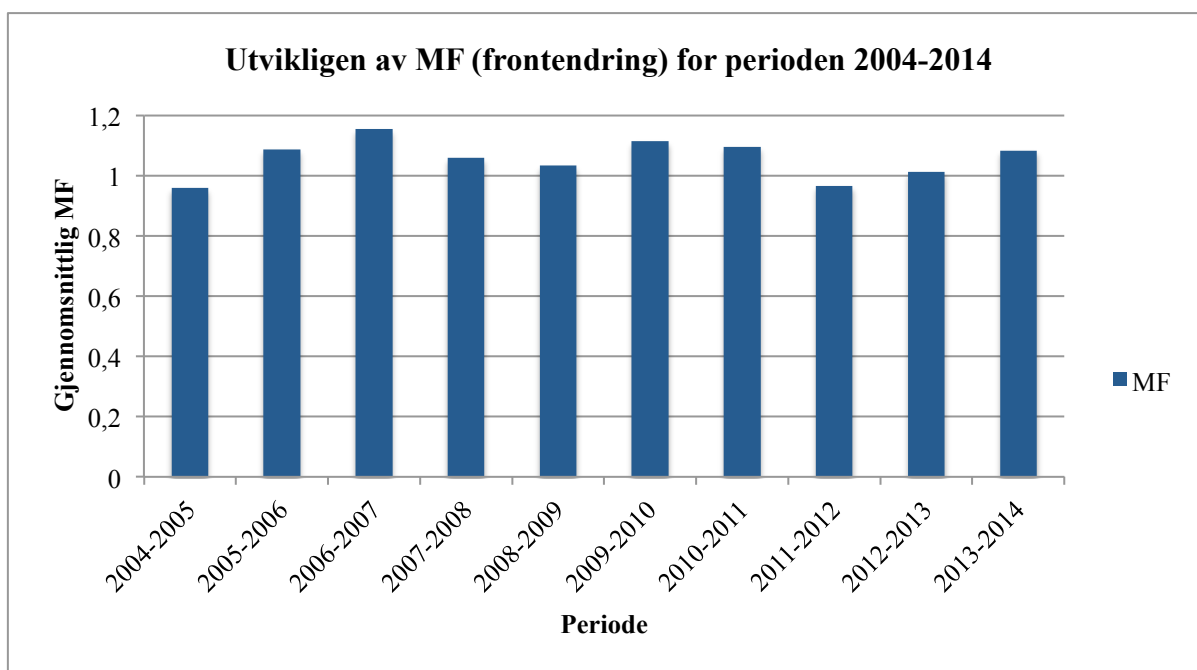
* = Produktivetsfremgang



Figur 33: Utvikling av MPI ved FRH for perioden 2004-2014



Figur 34: Utviklingen av MC "Catch-up " effekten for perioden 2004-2014



Figur 35: Utviklingen av MF, frontendring, for perioden 2004-2014

Resultatene som er presentert i tabell 22 og figur 34, viser at det er liten variasjon i MC, ”catch-up”-effekten, fra periode til periode for hele bransjen. Fire av ti perioder viser fremgang i MC, som vil bety at de ineffektive har beveget seg nærmere fronten, men med marginale bevegelser. Vi ser ut fra tabell 22 og figur 35, at det er noe større variasjon i frontendringen, MF, der hele åtte av ti perioder viser en fremgang i MF, som vil si at den effektive fronten i seg selv har endret seg, og de effektive har blitt mer effektive.

6.2.4 Malmquist produktivetsindeks ved FRH for størrelsesgruppering

I tabell 23 er resultatene for FRH-modellen presentert etter størrelsesinndelingen.

Tabell 23: Malmquist produktivetsindeks ved FRH for størrelsesgruppering

Periode	MPI _{FRH}			MC			MF			Antall DMU
	L	M	S	L	M	S	L	M	S	
2004-2005	0,983	0,984	0,907	0,989	1,006*	1,006*	0,994	0,978	0,902	89
2005-2006	1,155*	1,069*	0,968	0,987	0,951	1,007*	1,170*	1,125*	0,961	83
2006-2007	1,110*	1,137*	1,199*	1,009*	1,128*	0,966	1,100*	1,008*	1,241*	75
2007-2008	1,076*	1,099*	1,058*	1,006*	1,048*	1,000*	1,070*	1,048*	1,057*	81

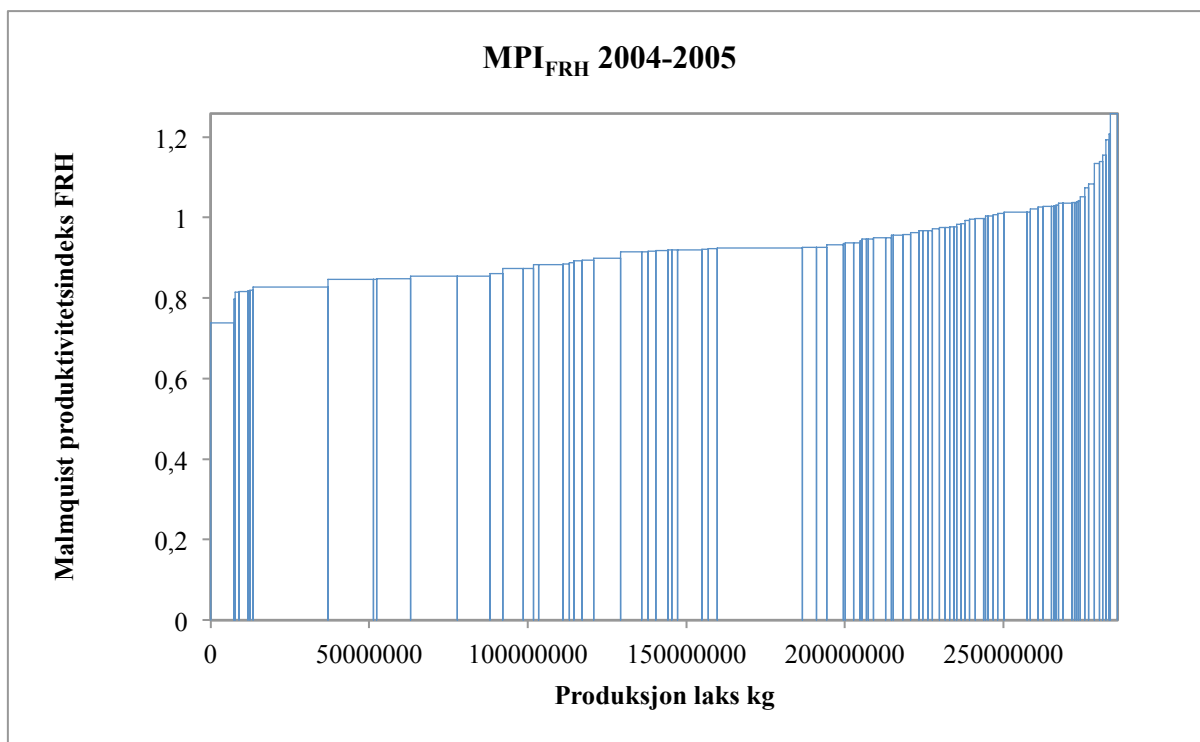
2008-2009	1,081*	1,019*	1,035*	0,989	1,001*	1,059*	1,093*	1,019*	0,977	74
2009-2010	1,142*	1,058*	1,088*	1,018*	0,966	0,968	1,122*	1,096*	1,124*	69
2010-2011	1,192*	1,152*	1,052*	1,001*	1,026*	1,092*	1,192*	1,123*	0,963	57
2011-2012	0,982	0,901	0,981	0,995	0,987	0,971	0,987	0,912	1,010*	49
2012-2013	0,939	1,004*	0,995	0,959	0,964	0,967	0,979	1,042*	1,029*	59
2013-2014	1,141*	1,106*	1,033*	1,023*	1,014*	0,997	1,116*	1,091*	1,036*	62
2004-2008	1,284*	1,213*	1,136*	1,657*	1,452*	1,335*	0,775	0,836	0,851	63
2004-2014	2,354*	1,818*	1,523*	1,016*	0,978	0,929	2,318*	1,859*	1,640*	43
2008-2014	1,599*	1,282*	1,238*	0,986	0,996	0,961	1,622*	1,286*	1,288*	49

L = Liten, M = Middels, S = Stor, * = Produktivitetsfremgang ved FRH

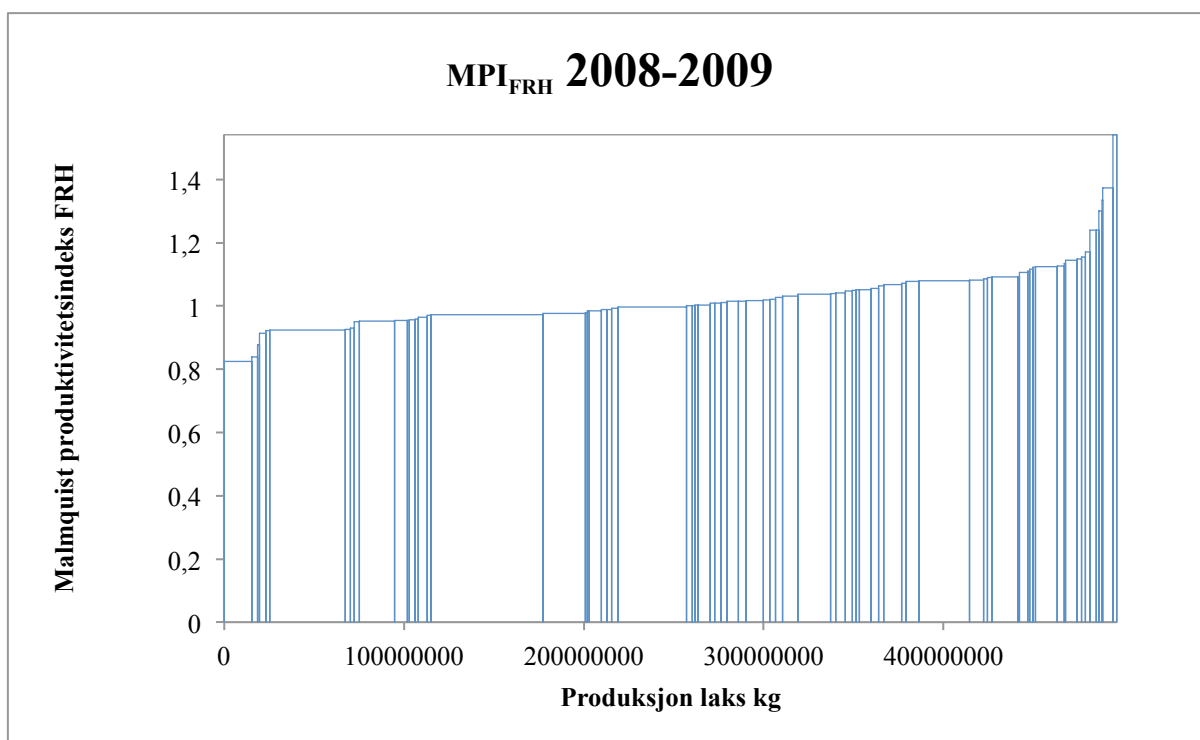
Resultatene som er presentert i tabell 23, viser at de store, mellomste og små aktørene følger hverandre i utvikling. Alle perioder viser fremgang, unntatt 2004-2005, 2005-2006, 2011-2012 og 2012-2013. Periodene 2004-2005 og 2011-2012 viser tilbakegang hos alle størrelsesgrupperingene. Periodene 2005-2006 og 2012-2013 viser ulik utvikling mellom størrelsesgrupperingene. For 2005-2006 har de små og mellomste aktørene hatt fremgang, mens de store aktørene har hatt tilbakegang på hhv. 3,2 %. Perioden 2012-2013 viser at de små og store aktørene har hatt tilbakegang i produktivitet på hhv. 6,1 % og 0,5 %, mens de mellomste aktørene har hatt fremgang på 0,4 %. Fremgangen til de mellomste aktørene er med andre ord marginal.

Tabell 23 viser at utviklingen av MC for de små aktørene er positiv for fem perioder, de mellomste har seks perioder med fremgang i MC og de største aktørene fem perioder med fremgang i MC. Forskjellene i utviklingen i MC i størrelsesgruppene er marginal.

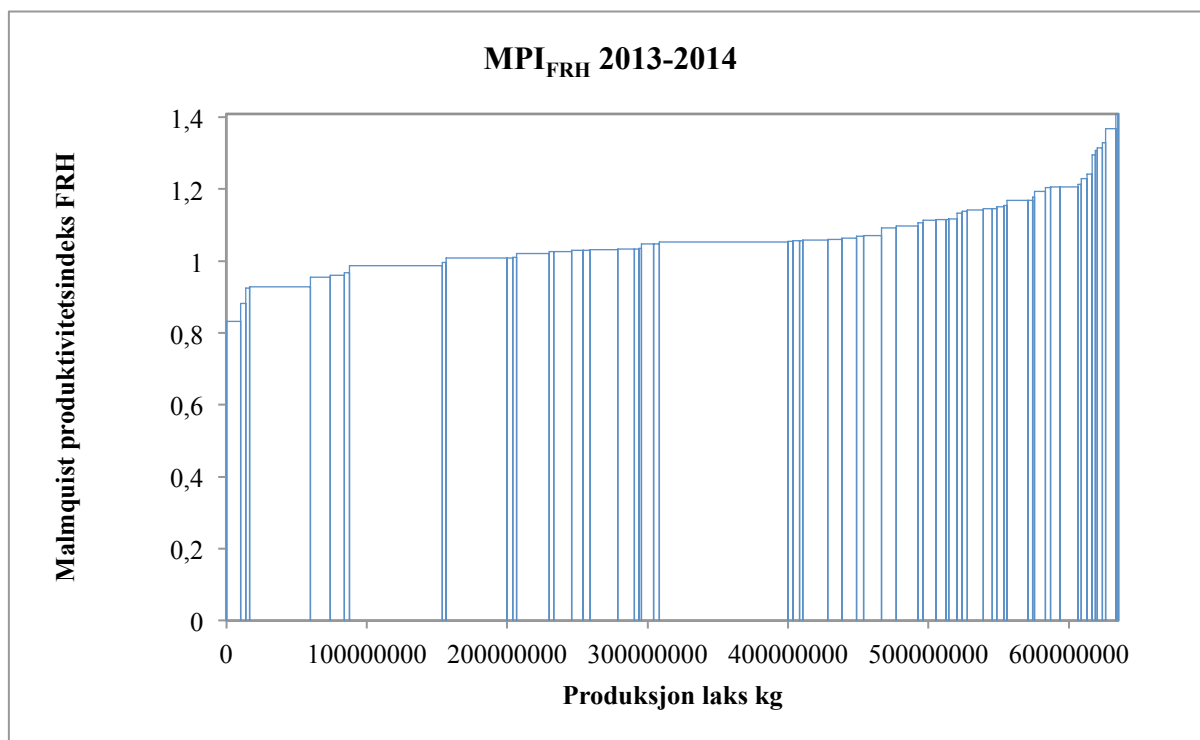
I tabell 23 er utviklingen av selve produksjonsfronten, MF, etter størrelse presentert. Vi ser at fem perioder har lik utvikling for ”liten”, ”middels” og ”stor”. De resterende fem periodene har både verdier over en og under en, noe som indikerer ulik utvikling mellom ”liten”, ”middels” og ”stor”. Selv om resultatene viser at det er forskjell mellom aktørene, kan noen av disse betegnes som marginal. Totalt sett så har de største aktørene hatt seks perioder med fremgang i MF, de mellomste har hatt åtte perioder, og de minste aktørene har hatt syv perioder med fremgang i MF.



Figur 36: Salterdiagram MPI_{FRH} mot produksjon for 2004-2005



Figur 37: Salterdiagram MPI_{FRH} mot produksjon for 2004-2005



Figur 38: Salterdiagram MPI_{FRH} mot produksjon for 2013-2014

Figur 36-38 er en visuell fremstilling av MPI_{FRH} sett mot produksjon av laks. I perioden 2004-2005 ser vi at det er variasjon mellom MPI og ulike selskapsstørrelser, men at flertallet av små selskaper befinner seg til høyre i salterdiagrammet. Dette indikerer at flertallet av små selskaper i utvalget har høy produktivitet sammenlignet med resten av utvalget. For perioden 2008-2009 har de største selskapene i utvalget MPI-verdien lavere enn 1, noe som indikerer produktivitetstilbakegang for den aktuelle perioden for de største selskapene. De små selskapene er spredt over MPI-skalaen, noe som indikerer at det ikke er sammenheng mellom størrelse på selskap målt i produksjon og MPI. Salterdiagram for perioden 2013-2014 viser at det er liten sammenheng mellom størrelse på produksjon og MPI, men at det kan se ut for at små og mellomstore selskaper har hatt litt bedre produktivitet enn de aller største selskapene i det aktuelle utvalget.

6.2.5 Diskusjon

Denne analysen har målt produktivitetutviklingen i norsk lakseoppdrett for perioden 2004-2014 ved å benytte to ulike modeller, VRS og FRH, og resultatene viser at produktivitetutviklingen ved bruk av nevnte modeller er ulik. Tabell 24 oppsummerer gjennomsnittlig MPI ved VRS og ved FRH.

Tabell 24: Sammenligning av MPI_{VRS} og MPI_{FRH}

Periode	MPI_{VRS}	MPI_{FRH}
2004-2005	1,08340*	0,9596
2005-2006	0,90629	1,0671*
2006-2007	0,94099	1,1387*
2007-2008	0,96302	1,0785*
2008-2009	1,01741*	1,0487*
2009-2010	0,91258	1,0966*
2010-2011	0,97146	1,1378*
2011-2012	1,02874*	0,9518
2012-2013	0,95229	0,9761
2013-2014	0,93361	1,0963*
2004-2008	0,88984	1,2151*
2004-2014	0,59341	1,9172*
2008-2014	0,81056	1,3906*

* = Produktivitetfremgang

MPI_{VRS} viser at produktivitetutviklingen har stagnert etter 2005 frem til 2008, i likhet med studien til Vassdal og Holst (2011). Den største nedgangen merket de mindre aktørene, som og ikke har noen fremgang i analyseperioden med unntak av perioden 2004-2005. De største aktørene opplevde igjen vekst i perioden 2008-2009, 2010-2011 og 2011-2012, men deretter har det vært produktivetsnedgang. Dette kan sammenfalle med funnene til Asche, Roll, m.fl. (2013) der de påpeker at det kan være skalafordeler ved å være en større produsent, men det vil ikke bety at de mindre aktørene har noe dårligere ressursutnyttelse. Det kan være slik at de mindre aktørene har høyere kostnader dersom de ikke kan oppnå like avtaler som de større aktørene, samt at det kan være større utfordringer for de mindre aktørene å foreta seg nyinvesteringer knyttet til ny teknologi som øker produktiviteten ved produksjonen. Den totale produksjonskostnaden har økt og spesielt med hensyn på andre driftskostnader. Dersom vi for eksempel skulle sett på søknadsprosessen for nye konsesjoner, som er svært ressurskrevende, vil prosessen være lik for både store og mindre aktører, men vil påvirke de

mindre aktørene i større grad økonomisk, og dermed gjøre det mer utfordrende å øke produksjonen. Her har de største aktørene et større økonomisk spillerom og dermed lettere kunne bli ennå større, slik vi utviklingen av bransjen har vist oss.

Vi ser at MPI_{VRS} gir tre av ti perioder produktivitetsfremgang, mens MPI_{FRH} gir syv av ti perioder produktivitetsfremgang. For perioden 2004-2005 viser MPI_{VRS} en fremgang på 8,3 %, mens MPI_{FRH} viser en tilbakegang i bransjen på 4 %. For 2005-2006 viser MPI_{VRS} en tilbakegang på 10 %, mens MPI_{FRH} viser en fremgang på 6,7 %. De to ulike modellene viser dermed ulikt resultat for MPI. I motsetning til flere perioder med negativ produktivitetutvikling i MPI_{VRS} , viser MPI_{FRH} at norsk lakseoppdrett har opplevd en god produktivitetutvikling, der de minste aktørene har størst produktivitetutvikling. Effektivitetsanalysen viste oss at ved FRH er det de minste aktørene som er mest effektive, og dermed løfter de produktivitetutviklingen i bransjen. De største aktørene har også hatt en fremgang, men ikke i like stor grad som de mindre. Årsaker til dette kan være at de mindre aktørene er mer bevisst på sitt ressursforbruk og daglig drift. Det kan tenkes at de mindre aktørene har en administrasjon som er i større grad involvert i daglig drift enn de større aktørene som har spredte lokaliteter med et distansert hovedkontor. I tillegg har norsk lakseoppdrett opplevd gode laksepriser over en lengere periode, og dermed kan det være slik at de større aktørene har et mer avslappet forhold med hensyn på kostnadsfokus og innsparinger. Dette aspektet blir også vektlagt i analysen av Vassdal og Holst (2011)

I de lengre tidsperiodene 2004-2014, 2008-2014 og 2004-2008, bør resultater sees på med forsiktighet. Dersom vi eksempelvis ser på perioden 2004-2014, er det kun selskap som er med i både 2004 og 2014 som er grunnlaget for beregningen av MPI. Dermed er resultatene basert på få aktører ettersom næringen har opplevd fusjonerings samt avskaffelser. Vi får heller ikke en utvikling fra år til år, men en direkte utvikling fra 2004 til 2014. Dette kan gi et unøyaktig bilde på hvordan den reelle utviklingen har vært i analyseperioden, og dermed fremheve ulikheten ved å benytte ulike teknologiske forutsetninger i produktivitetsanalyse slik vi har sett på ved å benytte både VRS og FRH.

6.3 Optimal skala (MPSS)

Tabell 25 viser optimal skala (MPSS) for perioden 2004-2014, for alle input og output i denne analysen. Disse resultatene fremkommer etter metoden fremstilt i kapittel 4.4.6, og viser gjennomsnittlig optimal skala for analysens utvalg av aktører i norsk lakseoppdrett for perioden 2004-2014. I tillegg kan vi på bakgrunn av produksjonsmengde, anslå antall optimale konsesjoner ved å beregne ca. 1000 tonn laks per konsesjon.

Tabell 25: Optimal skala for input og output

År	Produksjon i kg (Y)	Fôrkostnad (X1)	Smoltkostnad (X2)	Lønnskostnad (X3)	Utnyttet kapasitet (X4)	Annen driftskostnad (X5)
2004	5 658 917	50 453 320	12 985 601	8 310 972	280 373	17 663 770
2005	13 799 000	99 030 294	23 841 290	23 768 004	590 646	42 147 427
2006	7 348 727	61 284 079	12 438 151	12 351 013	489 482	26 845 247
2007	11 875 252	105 862 357	26 873 783	16 502 593	928 927	51 599 406
2008	18 462 575	162 558 485	35 267 458	22 257 311	1 254 158	61 211 689
2009	15 813 603	129 805 138	27 566 069	16 958 133	985 495	45 944 501
2010	16 098 269	159 457 609	35 716 354	24 566 993	1 245 328	59 052 504
2011	22 488 534	224 865 729	47 495 954	33 178 060	1 665 026	120 391 408
2012	22 111 272	208 571 596	40 704 967	28 709 432	1 322 618	95 523 281
2013	26 292 148	250 240 242	48 970 015	44 247 060	1 657 857	140 034 722
2014	37 882 599	359 215 949	68 834 295	60 495 889	2 288 414	215 643 660

For 2004 ser vi en antydning til at optimal skala for produksjon ligger på 5-6 konsesjoner. For 2005 ligger optimal skala for produksjon på 13-14 konsesjoner, og for 2006 ligger det på ca. 7 konsesjoner. Vi ser at optimal skala varierer fra år til år, og i 2014 er optimal skala for produksjon på hele 37-38 konsesjoner. Flere store aktører er med å påvirke utviklingen av den optimale skalaen for produksjon. Anslagsvis vil en optimal produksjon på 37 882 599 kg tilsvare 37-38 konsesjoner. Det påpekes at denne optimale produksjonen kun er en antydning ut fra beregningene som er gjort. 37-38 konsesjoner tilsvarer et stort selskap innenfor norsk lakseoppdrett. Vi ser av tabell 26 at kostnadene per kg produsert laksefisk varierer fra år til år. Optimal skala fôrkostnad delt på optimal skala kg produksjon strekker seg fra kr 7,17 i år 2005, til toppverdi i 2011 på kr 9,99.

Tabell 26: Optimal skala for input per kg optimal skala output

År	Førkostnad X1/Y	Smoltkostnad X2/Y	Lønnskostnad X3/Y	Utnyttet kapasitet X4/Y	Annen driftskostnad X5/Y
2004	8,92	2,29	1,47	0,05	3,12
2005	7,18	1,73	1,72	0,04	3,05
2006	8,34	1,69	1,68	0,07	3,65
2007	8,91	2,26	1,39	0,08	4,35
2008	8,80	1,91	1,21	0,07	3,32
2009	8,21	1,74	1,07	0,06	2,91
2010	9,91	2,22	1,53	0,08	3,67
2011	10,00	2,11	1,48	0,07	5,35
2012	9,43	1,84	1,30	0,06	4,32
2013	9,52	1,86	1,68	0,06	5,33
2014	9,48	1,82	1,60	0,06	5,69

6.3.1 Diskusjon

Med bakgrunn i at store selskap er referansepunkt til flere små, blir gjennomsnittet for optimal skala trukket opp til et høyt nivå. Dette trenger nødvendigvis ikke å bety at å være stor alltid er best, men utviklingen i norsk lakseoppdrett viser et mer konsentrert marked med flere større aktører og færre mindre aktører. Asche m.fl. (2009) forklarer at den viktigste miljøbelastningen oppstår av teknisk ineffektivitet, og dermed kan optimal skala benyttes for å hindre uhensiktsmessig ressursutnyttelse, tatt produksjonsstørrelse i betraktning. Det er ikke mulig i en regulert bransje, slik som norsk lakseoppdrett, for alle aktører å oppnå en produksjon på 37 000 000 kg, men dersom optimal input sees på i sammenheng med optimal output, kan man i noe større grad forsøke å oppnå en mer optimal produksjonskostnad per kg.

7 Konklusjon

I dette kapitlet vil vi oppsummere og konkludere med bakgrunn i funnene og diskusjon i kapittel 6. Denne analysen har som formål å måle effektiviteten og produktivitetsutvikling, samt optimal skala i norsk lakseoppdrett for perioden 2004-2014. Ved å benytte Benchmarking i en DEA-analyse under to ulike teknologiske betingelser, VRS og FRH, har vi målt effektiviteten. For de samme betingelsene har vi målt produktivitetsutviklingen ved hjelp av en Malmquist produktivitetsindeks, og for å måle optimal skala, har vi benyttet lambda fra CRS-teknologi som forklaringsfaktor for å kunne måle mot en VRS-front. DEA er

en ikke-parametrisk metode, og for å teste signifikansen av våre resultater har vi anvendt bankertester på både de ulike inputvariablene samt på posisjoneringsinndelingen av gruppene ”liten”, ”middels” og ”stor”.

7.1 Oppsummering og konklusjon

Norsk lakseoppdrett har på kort tid blitt verden største produsent av laks. Bransjen har siden 1970 opplevd en teknologisk transformasjon, som har påvirket hele verdikjeden fra rogn til sluttprodukt. Verdens proteinbehov er økende, og utnyttelsen av protein fra sjømat er fortsatt på et relativt lavt nivå sammenlignet med andre proteinkilder. Dermed er en fremtidsrettet og bærekraftig havbruksnæring et viktig mål, og en elementær faktor i å nå dette målet er god ressursutnyttelse.

Formålet med denne oppgaven var å analysere ressursutnyttelsen for perioden 2004-2014 ved å først sammenligne de ulike selskapene med hverandre for å måle effektiviteten, deretter se på produktivitet utviklingen, for så å kartlegge optimal utnyttelse av inputfaktorene og optimal produksjon. Vi har sett på utviklingen over en lengere tidsperiode, og dermed vurdere om det fortsatt eksisterer et mulighetsrom eller ikke i produksjon av laks.

Effektiviteten i norsk lakseoppdrett har holdt et høyt nivå, for både VRS og FRH, i perioden 2004-2014. Våre funn viser at effektiviteten under VRS har vært relativt stabilt i perioden 2004-2014 med effektivitet i spennet 86,52-92,16 %. 2014 viste lavest gjennomsnittlig effektivitet for hele analyseperioden. I analysen av de ulike størrelsesgruppene under VRS var det noe utfordrende å se sammenhenger, men salterdiagrammer viste at over tid har de store produsentene blitt mest effektive. Resultatene viste blant annet at nedgangen etter 2012 kom året senere for de store aktørene enn de små. Dette kan indikere at de større aktørene er i noe grad mindre sensitive enn de mindre aktørene. Bankertester for størrelsesgruppene under VRS viser at resultatene ikke er signifikante, og kan derfor skyldes tilfeldige forhold.

Effektiviteten ved FRH var ganske så ulik fra VRS. Grunnet betingelsene for FRH var det naturlig at flere aktører ville være effektive enn ved VRS, men i tillegg viste bankertestene at resultatene basert på størrelsesgruppene var signifikante, og dermed har mengde produsert laks noe å si for effektiviteten. Effektivitetsutviklingen for utvalget i sin helhet for perioden

2004-2014 ligger mellom 92,42-97,16 %. Størrelsesgrupperingene viste at de små aktørene er mest effektive og de store aktørene er minst effektive. Dette korrelerer og med salterdiagrammene som viser at mange små aktører er effektive. Dette kan grunnes en større bevissthet rundt ressursutnyttelse blant de mindre aktørene, mens de større aktørene har mindre fokus på kostnadsbesparende tiltak og ressursutnyttelse i gode tider.

Produktivitetsutviklingen i norsk lakseoppdrett for perioden 2004-2014, under VRS viste tre av totalt ti perioder med produktivitetsfremgang, mot syv perioder med produktivitetstilbakegang. Dette skyldes hovedsakelig endring i ren teknisk frontendring. Ren teknisk effektivitet har holdt seg relativt stabil. Resultatene viste få ulikheter eller sammenhenger med hensyn på størrelsesgruppering. Produktivitetsutviklingen i norsk lakseoppdrett for perioden 2004-2014, ved FRH viste at syv av totalt ti perioder har hatt produktivitetsfremgang, og tre perioder har hatt tilbakegang. Den største fremgangen var på 13 % for 2010-2011, og den største tilbakegangen var 4,3 % for 2011-2012. De ulike størrelsesgruppene følger samme mønster, og der det eksisterte forskjeller er disse marginale.

En interessant observasjon er forskjellen på utviklingen over større tidsintervall, for eksempel 2008-2014. Under VRS var det en tilbakegang på 13,6 %, mens under FRH var det en fremgang på 36,2 %. Dette forteller oss noe om sammenligningsgrunnlaget ved slike analyser basert på ulike teknologiske forutsetninger. Ved FRH sammenlignes aktører med hypotetiske fusjonerte aktører, noe som i dette tilfellet ligner reelle muligheter i bransjen, med hensyn til fusjonerings ettersom det er vanskelig å øke produksjon gitt konsesjonsbegrensninger. Ved VRS vil de aller største aktørene ikke ha andre av lik størrelse å dermed automatisk bli effektive, noe de ikke nødvendigvis hadde vært dersom det hadde vært flere aktører av tilsvarende størrelse å sammenligne seg med.

Utviklingen av optimal skala følger produksjonsveksten. Fra 2004, hvor vi hadde en bransjen med mange små aktører ligger optimal produksjon på ca. 5 600 tonn, og for bransjen i 2014 som består av færre, men større aktører, ligger optimal produksjon på nesten 38 000 tonn. Dette gjelder og for de ulike inputvariablene. Det som er interessant å påpeke er at fôrkostnaden per kg laks har økt og utnyttet kapasitet per kubikkmeter har også økt. Dette tilsvarer dyrere fôr og større plass for fisken. Fôrkostnaden kan være grunnet høyere kvalitet på råvarene, og økt kubikkmeter per kg fisk kan være et resultat av strengere reguleringer. I

tillegg har andre driftskostnader økt, noe som og kan være et resultat av strengere reguleringer knyttet til miljøhensyn og overvåking av sykdom og lakselus. Optimal skala vil dermed følge kostnadsutviklingen i bransjen, men vil på bakgrunn av bransjens ressursutnyttelse finne det optimale forbruket og produksjon. Med det sagt er det verken bærekraftig eller realistisk at aktører sikter mot en produksjon på 37 000 000 kg, men økt fokus på optimal ressursforbruk kan hindre sløsing samt ønsket om input av høyere kvalitet som dermed gir en bedre produksjon med mindre sykdom og avfall.

Formålet med reguleringene i norsk lakseoppdrett er å sikre en langsiktig og bærekraftig næring, men slik utviklingen viser, kan det oppstå fremtidige utfordringer for de mindre aktørene. Kostnadene reguleringene fører med seg, kan være knyttet til økningen i andre driftskostnader, og de mindre aktørene kan være i større grad sensitiv enn de største aktørene. Ettersom analysen viste noe motstridene utviklingstrekk ved VRS og FRH, kan det både være slik at de mindre aktørene i grunn er effektive, slik ved FRH, grunnet større bevissthet angående ressursutnyttelse og kostnader, men det kan og være at de større aktørene er mest effektive, slik ved VRS, grunnet skalafordeler og økonomisk mulighetsrom.

7.2 Videre forskning

I denne oppgaven har vi valgt å benytte en FRH-modell, noe som ikke har vært applikert på denne type bransje i veldig stor grad. Dermed hadde det vært interessant innenfor bruk av DEA som verktøy å teste ut denne modellen i større grad, samt utvikle flere statistiske metoder som vil kunne brukes på FRH. Innenfor oppdrettsnæringen ville det og vært interessant å se på effektivitet og produktivitetsutvikling på tidligere og videre ledd i verdikjeden. I tillegg er fokuset på optimal ressursutnyttelse relevant for å sikre en bærekraftig bransje. Dermed kan også dette aspektet inkluderes i andre ledd i verdikjeden. I tillegg kan det være interessant å foreta kostnadsanalyser, basert på volatilitet i forhold til bærekraftig drift, der man og ser på hvordan små og store selskap vil reagere på ulike scenarioer i fremtiden. Dette har i noe grad blitt utført tidligere, men slike studier kan oppdateres for å øke relevans for langsiktig planlegging i norsk lakseoppdrett.

Referanser

Agrell, P. J., & Tind, J. (2001). A Dual Approach to Nonconvex Frontier Models. *Journal of Productivity Analysis*, 16(2), 129-147. doi: 10.1023/a:1011679226885

Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37.

Akvakulturdriftsforskriften. (2008). *Forskrift om drift av akvakulturanlegg*. Hentet 18. april 2016 fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822?q=akvakulturdriftsforskriften>

Akvakulturloven. (2005). *Lov om akvakultur (Akvakulturloven)*. Hentet 06. mai 2016 fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-79>

Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management science*, 39(10), 1261-1264.

Asche, F., Guttormsen, A. G., & Nielsen, R. (2013). Future challenges for the maturing Norwegian salmon aquaculture industry: An analysis of total factor productivity change from 1996 to 2008. *Aquaculture*, 396, 43-50.

Asche, F., Roll, K. H., Sandvold, H. N., Sørvig, A., & Zhang, D. (2013). Salmon aquaculture: Larger companies and increased production. *Aquaculture Economics & Management*, 17(3), 322-339.

Asche, F., Roll, K. H., & Tveteras, R. (2009). Economic inefficiency and environmental impact: An application to aquaculture production. *Journal of Environmental Economics and Management*, 58(1), 93-105.

Asche, F., Roll, K. H., & Tveterås, S. (2008). Future trends in aquaculture: productivity growth and increased production. I *Aquaculture in the Ecosystem* (s. 271-292): Springer.

Banker, R. D. (1984). Estimating most productive scale size using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 17(1), 35-44.

Banker, R. D. (1993). Maximum likelihood, consistency and data envelopment analysis: a statistical foundation. *Management science*, 39(10), 1265-1273.

Banker, R. D., & Chang, H. (2006). The super-efficiency procedure for outlier identification, not for ranking efficient units. *European Journal of Operational Research*, 175(2), 1311-1320.

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.

Berge, A. (2014, 02. juli). Eksporten øker i styrke, *iLaks*. Hentet fra <http://ilaks.no/eksporten-oket-i-styrke/>

BioMar. (2015), *Bærekraftsrapporten 2014*. Trondheim: BioMar. Hentet fra http://www.biomar.com/Countries/Norway/BioSustain/B%C3%A6rekraftsrapport2014_web_oppslag.pdf

Bogetoft, P., & Otto, L. (2010). *Benchmarking with DEA, SFA, and R* (157): Springer Science & Business Media.

Bøhm, T. F. (2013). *Effektivitetsanalyse av offentlige og private barnehager i Stavanger kommune. En ikke-parametrisk studie med Data Envelopment Analysis*. (Masteroppgave i økonomi og administrasjon), Univeristetet i Tromsø, Tromsø. Hentet fra <http://munin.uit.no/handle/10037/5526>

Caves, D. W., Christensen, L. R., & Diewert, W. E. (1982). The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econometrica*, 50(6), 1393-1414. doi: 10.2307/1913388

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.

Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*: Springer Science & Business Media.

Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2000). *Data Envelopment analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-solver software*, Kluwer Academic Publishers: Norwell.

Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., & Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of operational research*, 132(2), 245-259.

Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society Series a-General*, 120(3), 253-290. doi: Doi 10.2307/2343100

Fiskeridirektoratet. (2005), *Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon Laks og Ørret 2004*. Bergen: Fiskeridirektoratet. Hentet fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Statistiske-publikasjoner/Loenksomhetsundersoekelser-for-laks-og-regnbueoerret/Matfiskproduksjon-laks-og-regnbueoerret-1982-2011>

Fiskeridirektoratet. (2006), *Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon Laks og Ørret 2005*. Bergen: Fiskeridirektoratet. Hentet fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Statistiske-publikasjoner/Loenksomhetsundersoekelser-for-laks-og-regnbueoerret/Matfiskproduksjon-laks-og-regnbueoerret-1982-2011>

Fiskeridirektoratet. (2007), *Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon Laks og Ørret 2006*. Bergen: Fiskeridirektoratet. Hentet fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Statistiske-publikasjoner/Loenksomhetsundersoekelser-for-laks-og-regnbueoerret/Matfiskproduksjon-laks-og-regnbueoerret-1982-2011>

Fiskeridirektoratet. (2008), *Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon Laks og Ørret 2007*. Bergen: Fiskeridirektoratet. Hentet fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Statistiske-publikasjoner/Loennsomhetsundersoekelser-for-laks-og-regnbueoerret/Matfiskproduksjon-laks-og-regnbueoerret-1982-2011>

Fiskeridirektoratet. (2009), *Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon Laks og Regnbueørret 2008*. Bergen: Fiskeridirektoratet. Hentet fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Statistiske-publikasjoner/Loennsomhetsundersoekelser-for-laks-og-regnbueoerret/Matfiskproduksjon-laks-og-regnbueoerret-1982-2011>

Fiskeridirektoratet. (2010), *Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon Laks og Regnbueørret 2009*. Bergen: Fiskeridirektoratet. Hentet fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Statistiske-publikasjoner/Loennsomhetsundersoekelser-for-laks-og-regnbueoerret/Matfiskproduksjon-laks-og-regnbueoerret-1982-2011>

Fiskeridirektoratet. (2011), *Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon Laks og Regnbueørret 2010*. Bergen: Fiskeridirektoratet. Hentet fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Statistiske-publikasjoner/Loennsomhetsundersoekelser-for-laks-og-regnbueoerret/Matfiskproduksjon-laks-og-regnbueoerret-1982-2011>

Fiskeridirektoratet. (2012), *Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon, laks og regnbueørret 2011*. Bergen: Fiskeridirektoratet. Hentet fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Statistiske-publikasjoner/Loennsomhetsundersoekelser-for-laks-og-regnbueoerret/Matfiskproduksjon-laks-og-regnbueoerret-1982-2011>

Fiskeridirektoratet. (2013), *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2012*. Bergen: Fiskeridirektoratet. Hentet fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Statistiske-publikasjoner/Loennsomhetsundersoekelser-for-laks-og-regnbueoerret>

Fiskeridirektoratet. (2014), *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2013*. Bergen: Fiskeridirektoratet. Hentet fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Statistiske-publikasjoner/Loennsomhetsundersoekelser-for-laks-og-regnbueoerret>

Fiskeridirektoratet. (2015a), *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2014*. Bergen: Fiskeridirektoratet. Hentet fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Statistiske-publikasjoner/Loennsomhetsundersoekelser-for-laks-og-regnbueoerret>

Fiskeridirektoratet. (2015b). *Settefisk*. Hentet 21. april 2016 fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Kommersielle-tillatelser/Laks-oerret-og-regnbueoerret/Settefisk>

- Fiskeridirektoratet. (2016a). *Biomasse*. Hentet 21. april 2016 fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Biomasse>
- Fiskeridirektoratet. (2016b). *Grønne tillatelser*. Hentet 21. april 2016 fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Kommerielle-tillatelser/Laks-oerret-og-regnbueoerret/Groenne-tillatelser>
- Fried, H. O., Lovell, C. K., & Schmidt, S. S. (2008). *The measurement of productive efficiency and productivity growth*: Oxford University Press.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American economic review*, 66-83.
- Hansen, T. L., & Hansen, T.-A. (2008). *Effektivitetsanalyse av norsk matfisknæring for 2006, med benchmarking av Lerøy Aurora AS*. (Masteroppgave i økonomi og administrasjon), Universitetet i Tromsø, Tromsø. Hentet fra <http://munin.uit.no/handle/10037/1551>
- Havforskningsinstituttet. (2009). *Lakseoppdrett*. Hentet 21. april 2016 fra <http://www.imr.no/temasider/akvakultur/lakseoppdrett/nb-no>
- Holmbukt, S.-B. (2011). *Effektivitetsanalyse av norske fengsler : en ikke-parametrisk studie av fengslene i 2009 og 2010 ved hjelp av Data Envelopment Analysis (DEA)*. (Masteroppgave i økonomi og administrasjon), Universitetet i Tromsø, Tromsø. Hentet fra <http://munin.uit.no/handle/10037/3596>
- Holst, H. M. S. (2016). *Benchmarking Performance in Norwegian Salmon Aquaculture*. Working paper. School of Business and Economics, Faculty of Biosciences, Fisheries and Economics. UIT The Arctic University of Norway, Tromsø, Norway.
- Lagesen, M. P., & Sørensen, H. M. (2006). *Effektivitet og produktivitet i norsk matfisknæring for perioden 1996-2003 målt ved bruk av DEA og MPI*. (Masteroppgave i økonomi og administrasjon), Universitetet i Tromsø, Tromsø. Hentet fra <http://munin.uit.no/handle/10037/4374>
- Laks.no. (2016). *Lakseeventyret*. Hentet 08. mai 2016 fra <http://laks.no/lakseeventyret/>
- Laksefakta. (2016a). *Laks dominerer i havbruk*. Hentet 18. april 2016 fra <http://www.laksefakta.no/Norsk-havbruk/Laks-i-havbruk/Les-mer-om/Laks-dominerer-i-havbruk>
- Laksefakta. (2016b). *Norsk havbrukshistorie*. fra <http://www.laksefakta.no>
- Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de Estadística*, 4(2), 209-242. doi: 10.1007/BF03006863
- Meeusen, W., & Van den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International economic review*, 435-444.

- Nilsen, O. B. (2010). Learning-by-doing or technological leapfrogging: Production frontiers and efficiency measurement in Norwegian salmon aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 14(2), 97-119.
- Nofima. (2015), *Kostnadsdrivere i lakseoppdrett* (8282963364).
- Norges sjømatråd. (2015). *Rekordhøy lakseeksport i 2014*. Hentet 05. mai 2016 fra <http://www.seafood.no/Nyheter-og-media/Nyhetsarkiv/Pressemeldinger/%E2%80%8BRekordh%C3%B8y-lakseeksport-i-2014>
- Norges sjømatråd. (2016a). *Laks og Ørret for 50 milliarder i 2015*. Hentet 25. mai 2016 fra <http://www.seafood.no/Nyheter-og-media/Nyhetsarkiv/Pressemeldinger/Laks-og-%C3%B8rret-for-50-milliarder-i-2015>
- Norges sjømatråd. (2016b). *Norsk eksport av sjømat - oversikt*. Hentet 21. april 2016 fra [https://va.seafood.no/SASVisualAnalyticsViewer/VisualAnalyticsViewer_guest.jsp?reportName=%C3%85rsrapport%202015&reportPath=/SI Handel Apen/10 VA Reports/&appSwitcherDisabled=true](https://va.seafood.no/SASVisualAnalyticsViewer/VisualAnalyticsViewer_guest.jsp?reportName=%C3%85rsrapport%202015&reportPath=/SI%20Handel%20Apen/10%20VA%20Reports/&appSwitcherDisabled=true)
- Norges sjømatråd. (2016c). *Norsk sjømateksport mer enn doblet på 10 år*. Hentet 21. april 2016 fra <http://www.seafood.no/Nyheter-og-media/Nyhetsarkiv/Pressemeldinger/Norsk-sj%C3%B8mateksport-mer-enn-doblet-p%C3%A5-10-%C3%A5r2>
- Petterson, B. I. (2007). *Effektivitetsmåling over tid. En analyse av Troms Kraft Nett AS og norske kraftnettselskaper ved bruk av Malmquist-indeksen*. (Masteroppgave i økonomi og administrasjon), Universitetet i Tromsø, Tromsø. Hentet fra handle/10037/1152
- Ray, S. C., & Desli, E. (1997). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries: comment. *The American Economic Review*, 87(5), 1033-1039.
- Regjeringen. (2011). *Lav antibiotikabruk i norsk havbruk*. Hentet 21. april 2016 fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/lav-anitbiotikabruk-i-norsk-havbruk/id663662/>
- Roll, K. H. (2012). Measuring performance, development and growth when restricting flexibility. *Journal of Productivity Analysis*, 39(1), 15-25.
- Simar, L., & Wilson, P. W. (1998). Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models. *Management science*, 44(1), 49-61.
- Simar, L., & Wilson, P. W. (2000). A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models. *Journal of applied statistics*, 27(6), 779-802.
- Statistisk sentralbyrå. (2015a). *Akvakultur, 2014, endelige tall*. Hentet 21. april 2016 fra <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett/aar/2015-10-29>

Statistisk sentralbyrå. (2015b). *Tabell: 08967: Akvakultur. Antall tillatelser i drift (F)*. Hentet 21. april 2016. Hentet fra <https://www.ssb.no/statistikbanken/selectvarval/saveelections.asp>

Statistisk sentralbyrå. (2016a). *Eksport av fersk og oppalen laks*. Hentet 21. april 2016 fra <https://www.ssb.no/statistikbanken/selectvarval/saveelections.asp>

Statistisk sentralbyrå. (2016b). *Konsumprisindeksen, historisk serie (1998=100)*. Hentet 22. mai 2016 fra <http://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/statistikker/kpi/maaned/2016-05-10?fane=tabell&sort=nummer&tabell=265291>

Statistisk Sentralbyrå. (2016c). *Tabell: 07326: Akvakultur. Salg av slaktet matfisk, etter fiskeslag (F)*. Hentet 06. mai 2016. Hentet fra <https://www.ssb.no/statistikbanken/selectvarval/saveelections.asp>

Sverrison Rasch, J. (2012). *Verdivurdering av SalMar ASA*. (Masteroppgave i økonomi og administrasjon), Universitetet i Tromsø, Tromsø. Hentet fra <http://munin.uit.no/handle/10037/4460>

Tollefsen, L. M. (2009). *En effektivitetsanalyse av laksefisknæringen i perioden 2001-2006 ved bruk av DEA og Malmquistindeks*. (Master i økonomi og administrasjon), Universitetet i Tromsø, Tromsø. Hentet fra <http://munin.uit.no/handle/10037/2119>

Tulkens, H. (1993). On FDH efficiency analysis: Some methodological issues and applications to retail banking, courts, and urban transit. *Journal of Productivity Analysis*, 4(1), 183-210. doi: 10.1007/bf01073473

United Nations. (2015), *World Population Prospects The 2015 Revision*. New York.

Vassdal, T., & Holst, H. M. S. (2011). Technical progress and regress in Norwegian salmon farming: a Malmquist index approach. *Marine Resource Economics*, 26(4), 329-341.

Wikeland, M. (2015). *Produktivitetsutvikling i norsk lakseoppdrett: En analyse av perioden 2006-2013 ved bruk av DEA, Malmquist og Bootstrapping*. (Masteroppgave i økonomi og administrasjon), Univeristetet i Tromsø, Tromsø. Hentet fra <http://munin.uit.no/handle/10037/7853>

Wilson, P. W. (2008). FEAR: A software package for frontier efficiency analysis with R. *Socio-economic planning sciences*, 42(4), 247-254.

Vedlegg

Vedlegg (1): Bankertest av inputvariabler

Test 1: Smoltkostnad		TEX		THN	
År	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	
2014	1,214	1,314	1,292	1,473	
2013	1,174	1,302	1,198	1,455	
2012	1,101	1,307	1,149	1,462	
2011	1,225	1,327	1,378	1,494	
2010	1,154	1,288	1,198	1,432	
2009	1,167	1,277	1,229	1,414	
2008	1,106	1,274	1,117	1,409	
2007	1,107	1,270	1,158	1,404	
2006	1,145	1,361	1,226	1,389	
2005	1,165	1,243	1,219	1,361	
2004	1,279	1,248	1,425	1,368	

* = Signifikant

Test 3: Lønnskostnad		TEX		THN	
År	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	
2014	1,072	1,314	1,085	1,473	
2013	1,167	1,302	1,185	1,455	
2012	1,243	1,307	1,289	1,462	
2011	1,391	1,327	1,515*	1,494	
2010	1,181	1,288	1,251	1,433	
2009	1,204	1,277	1,292	1,414	
2008	1,292*	1,274	1,349	1,409	
2007	1,143	1,270	1,202	1,404	
2006	1,279*	1,261	1,396*	1,389	
2005	1,157	1,243	1,225	1,361	
2004	1,207	1,248	1,226	1,368	

* = Signifikant

Test 4: Annen driftskostnad		TEX		THN	
År	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	
2014	1,269	1,314	1,503*	1,473	
2013	1,285	1,302	1,418	1,455	
2012	1,666*	1,307	2,066*	1,462	
2011	1,380*	1,327	1,599*	1,494	
2010	1,417*	1,288	1,526*	1,432	
2009	1,315*	1,277	1,404	1,414	
2008	1,329*	1,274	1,470*	1,409	
2007	1,210	1,270	1,235	1,404	
2006	1,274*	1,261	1,331	1,389	
2005	1,220	1,243	1,396*	1,361	
2004	1,521*	1,248	1,817*	1,368	

* = Signifikant

Vedlegg (2): Bankertest av størrelsesgrupper for VRS

"Liten"	TEX	0,025	0,975	THN	0,025	0,975
2004	2,479*	0,680	1,513	3,088*	0,582	1,818
2005	1,393	0,687	1,493	1,401	0,590	1,781
2006	1,125	0,669	1,537	1,106	0,570	1,860
2007	1,361	0,661	1,558	1,107	0,560	1,899
2008	1,533	0,658	1,569	1,489	0,556	1,918
2009	1,545	0,655	1,580	1,917	0,552	1,938
2010	1,637*	0,645	1,606	2,295*	0,541	1,987
2011	1,601	0,615	1,696	1,773	0,505	2,155
2012	1,560	0,630	1,654	2,188*	0,523	2,076
2013	0,669	0,634	1,639	0,432*	0,528	2,047
2014	0,917	0,624	1,672	0,875	0,516	2,110
Gj. snitt.	1,438	0,651	1,592	1,606	0,548	1,962

* = Signifikant

"Middels"	TEX	0,025	0,975	THN	0,025	0,975
2004	0,613*	0,682	1,502	0,496*	0,585	1,797
2005	0,536*	0,685	1,498	0,487*	0,589	1,791
2006	0,539*	0,668	1,544	0,428*	0,568	1,873
2007	0,679	0,661	1,558	0,685	0,560	1,899
2008	0,724	0,658	1,569	0,780	0,556	1,918
2009	0,872	0,656	1,572	0,956	0,554	1,922
2010	0,741	0,647	1,597	0,739	0,543	1,969
2011	0,571*	0,613	1,711	0,503*	0,504	2,185
2012	0,585*	0,631	1,643	0,548	0,524	2,053
2013	1,063	0,634	1,639	1,638	0,528	2,047
2014	0,849	0,626	1,660	0,786	0,518	2,085
Gj. snitt.	0,706	0,651	1,590	0,731	0,548	1,958

* = Signifikant

"Stor"	TEX	0,025	0,975	THN	0,025	0,975
2004	0,821	0,681	1,507	0,915	0,584	1,808
2005	1,469	0,685	1,498	1,666	0,589	1,791
2006	1,850*	0,669	1,537	2,785*	0,570	1,860
2007	1,128	0,660	1,566	1,381	0,559	1,913
2008	0,947	0,658	1,569	0,897	0,556	1,918
2009	0,781	0,655	1,580	0,613	0,552	1,938
2010	0,882	0,645	1,606	0,702	0,541	1,987
2011	1,180	0,615	1,696	1,257	0,505	2,155
2012	1,200	0,630	1,654	0,996	0,523	2,076
2013	1,481	0,634	1,639	1,679	0,528	2,047

2014	1,313	0,624	1,672	1,528	0,516	2,110
Gj. snitt.	1,186	0,651	1,593	1,311	0,547	1,964

* = Signifikant

Vedlegg (3): Bankertest av størrelsesgrupper for FRH

"Liten"	TEX	0,025	0,975	THN	0,025	0,975
2004	7,483*	0,681	1,507	16,404*	0,584	1,808
2005	4,836*	0,687	1,493	4,785*	0,590	1,781
2006	3,012*	0,669	1,537	4,180*	0,570	1,860
2007	2,828*	0,661	1,558	2,464*	0,560	1,899
2008	6,986*	0,658	1,569	9,063*	0,556	1,918
2009	2,442*	0,655	1,580	3,766*	0,552	1,938
2010	23,676*	0,645	1,606	47,156*	0,541	1,987
2011	9,563*	0,615	1,696	21,670*	0,505	2,155
2012	61,922*	0,630	1,654	437,615*	0,523	2,076
2013	1,660*	0,634	1,639	1,425*	0,528	2,047
2014	7,166*	0,624	1,672	13,685*	0,516	2,110
Gj. snitt.	11,961*	0,651	1,592	51,110*	0,548	1,962

* = Signifikant

"Middels"	TEX	0,025	0,975	THN	0,025	0,975
2004	1,802*	0,681	1,507	2,500*	0,584	1,808
2005	1,629*	0,685	1,498	2,332*	0,589	1,791
2006	0,823	0,668	1,544	0,873	0,568	1,873
2007	1,013	0,661	1,558	1,191	0,560	1,899
2008	2,240*	0,656	1,578	2,966*	0,553	1,935
2009	2,609*	0,654	1,581	4,197*	0,551	1,940
2010	1,329	0,647	1,597	1,543	0,543	1,969
2011	1,846*	0,613	1,711	1,772	0,504	2,185
2012	2,050*	0,631	1,643	3,383*	0,524	2,053
2013	2,161*	0,634	1,639	3,259*	0,528	2,047
2014	1,471	0,626	1,660	2,405*	0,518	2,085
Gj. snitt.	1,725*	0,651	1,592	2,402*	0,547	1,962

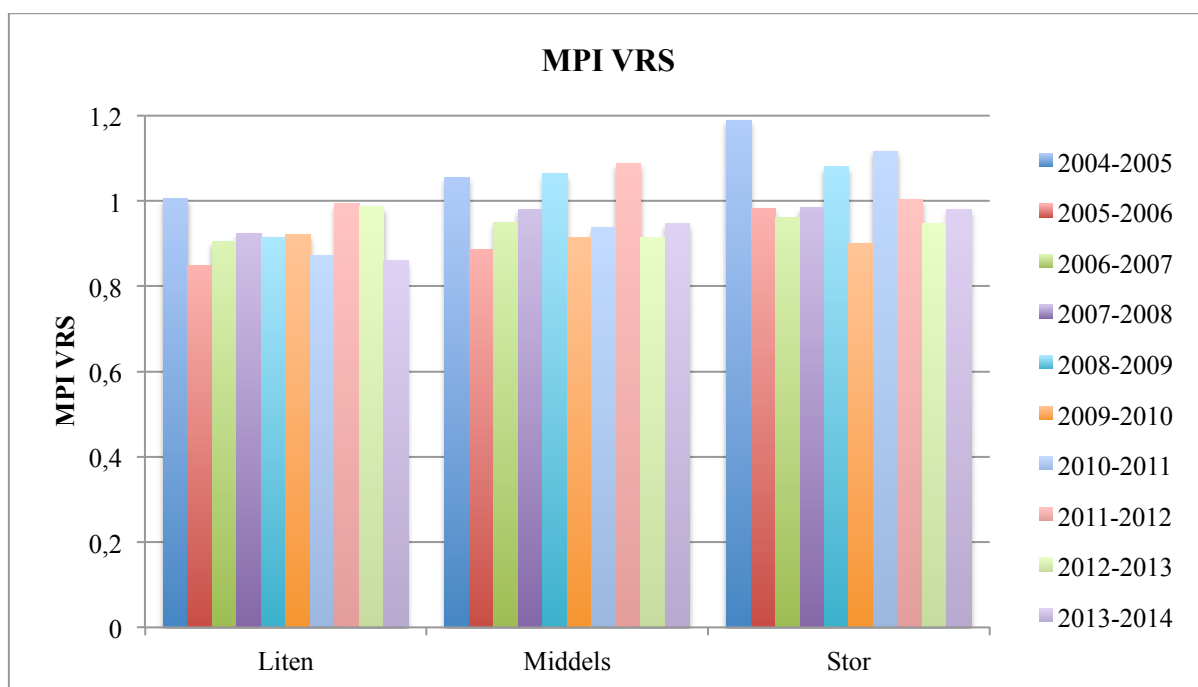
* = Signifikant

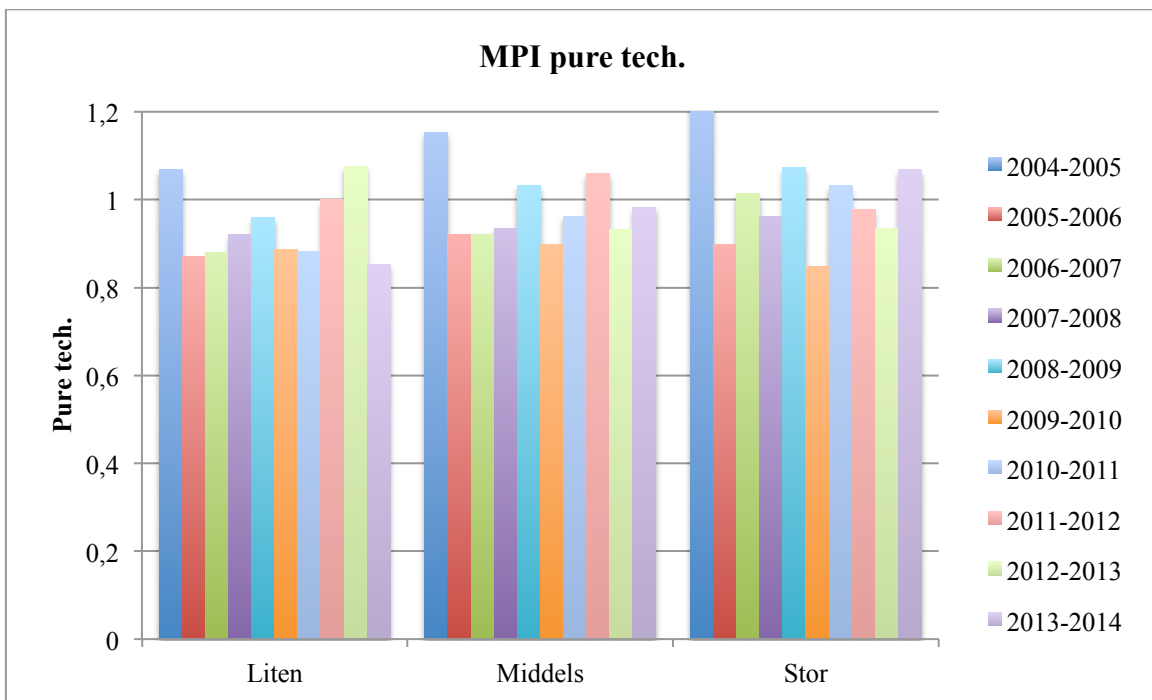
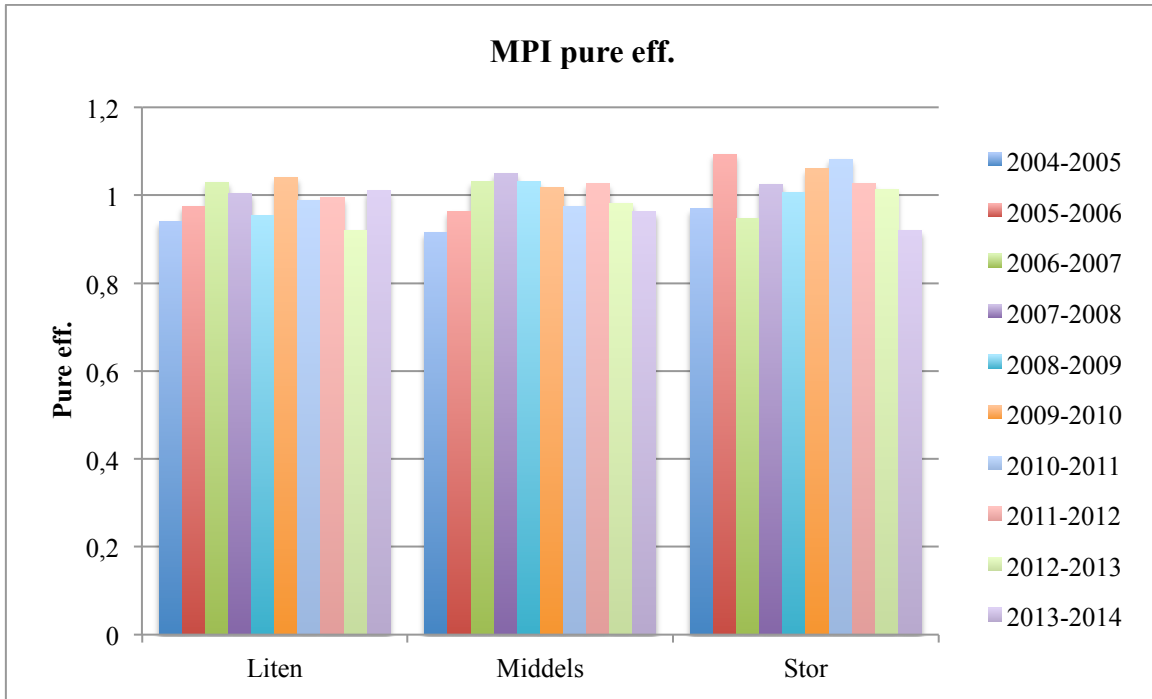
"Stor"	TEX	0,025	0,975	THN	0,025	0,975
2004	0,194*	0,681	1,507	0,122*	0,584	1,808
2005	0,241*	0,685	1,498	0,184*	0,589	1,791
2006	0,539*	0,669	1,537	0,442*	0,570	1,860
2007	0,458*	0,660	1,566	0,430*	0,559	1,919
2008	0,187*	0,658	1,569	0,138*	0,556	1,918
2009	0,241*	0,655	1,580	0,140*	0,552	1,938

2010	0,231*	0,646	1,605	0,190*	0,543	1,984
2011	0,176*	0,615	1,696	0,158*	0,505	2,155
2012	0,130*	0,630	1,654	0,076*	0,523	2,076
2013	0,361*	0,634	1,639	0,323*	0,528	2,047
2014	0,236*	0,624	1,672	0,132*	0,516	2,110
Gj. snitt.	0,272*	0,651	1,593	0,212*	0,548	1,964

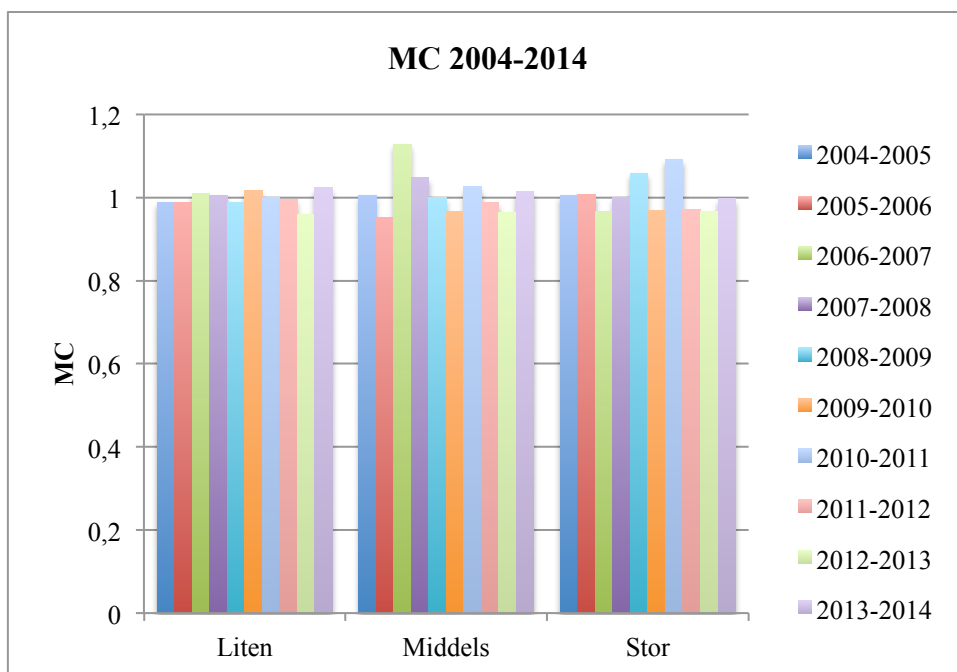
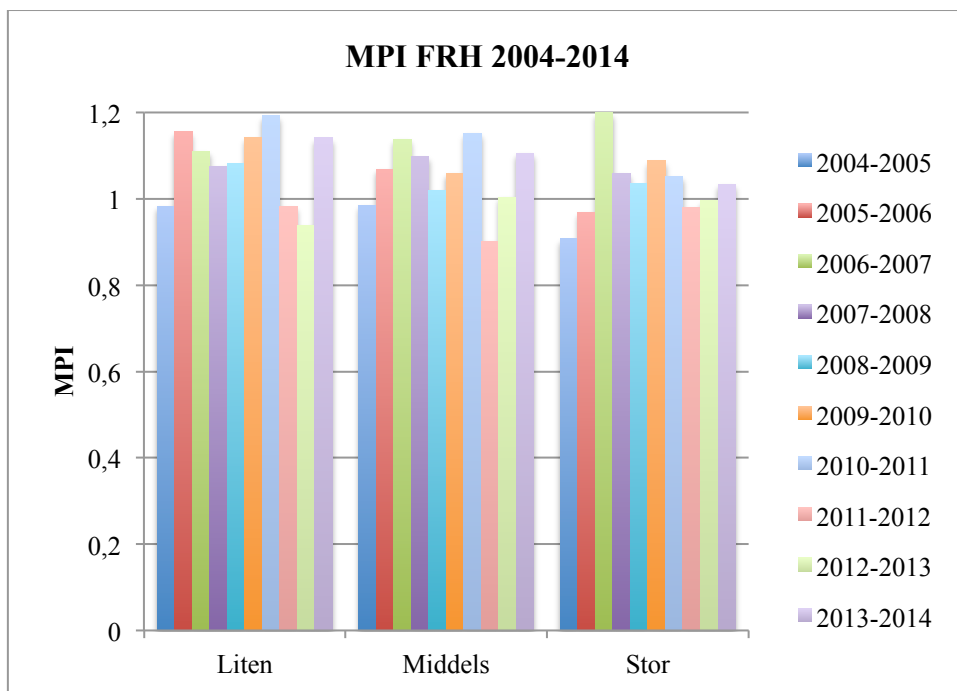
* = Signifikant

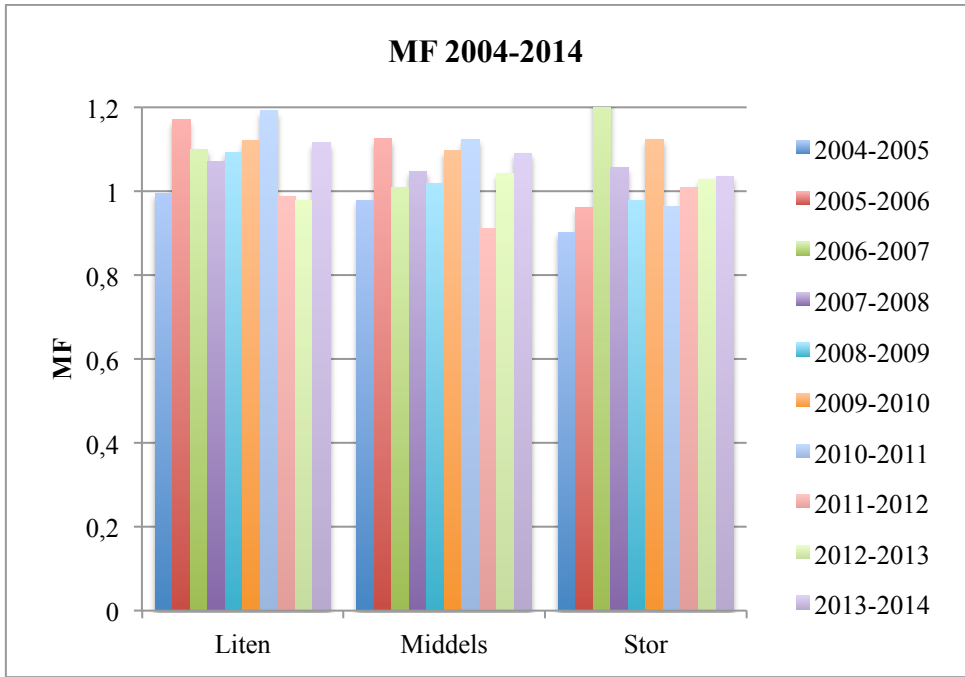
Vedlegg (4): Utvikling av gjennomsnittlig MPI_{VRS} , pure eff., og pure tech.



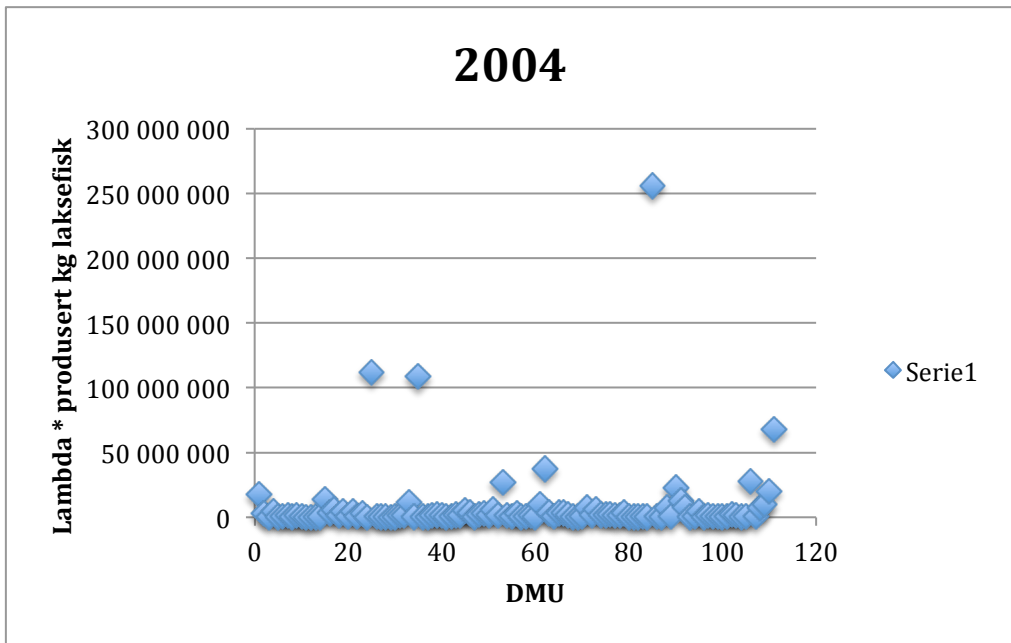


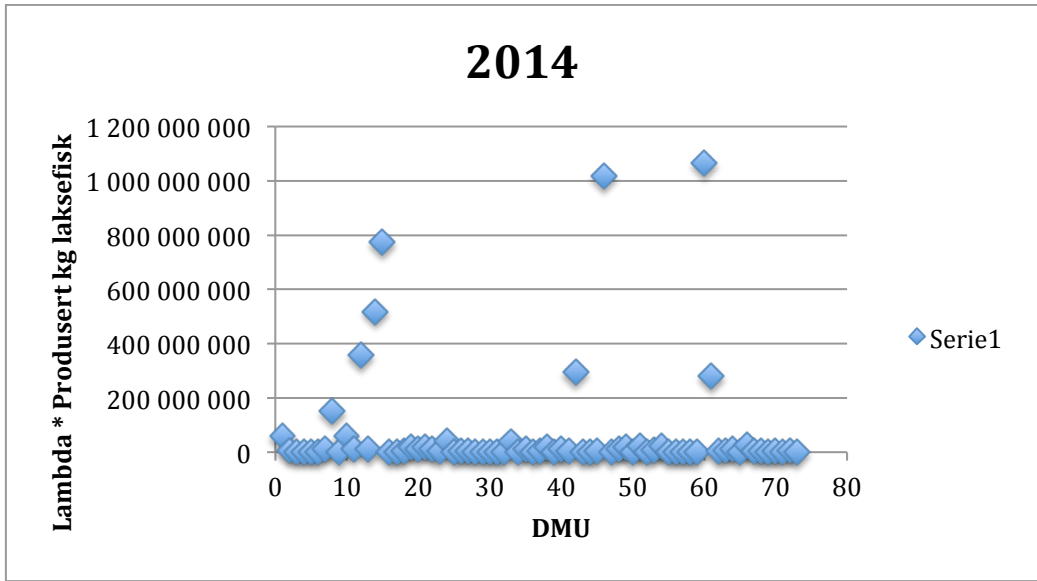
Vedlegg (5): Utvikling av gjennomsnittlig MPI_{FRH} , MC, og MF





Vedlegg (6): Ekstreme observasjoner i lambda * produsert kg laksefisk





Vedlegg (7): Script salmon aquaculture

```
# script salmon aquaculture

#DEA
#nÅr data importert
data<-Data.2014

# dette definerer x og y variablene:
# Modell
xvar <- c(2,3,4,7,8)
x1 <- data[,xvar]
yvar <- c(9)
y1 <- data[,yvar]
x=as.matrix(x1)
y=as.matrix(y1)
xvar <- c(2,3,4,7,8)
x1 <- data[-c(),xvar]
yvar <- c(9)
y1 <- data[-c(),yvar]
x=as.matrix(x1)
y=as.matrix(y1)

M1crs<-dea(x,y,RTS="crs",ORIENTATION="in")
M1scrs<-sdea(x,y,RTS="crs",ORIENTATION="in")
Ecrs<-eff(M1crs)
Escrs<-eff(M1scrs)
M1vrs<-dea(x,y,RTS="vrs",ORIENTATION="in")
M1svrs<-sdea(x,y,RTS="vrs",ORIENTATION="in")
Evrs<-eff(M1vrs)
Esvrs<-eff(M1svrs)
M1drs<-dea(x,y,RTS="drs",ORIENTATION="in")
M1sdrs<-sdea(x,y,RTS="drs",ORIENTATION="in")
Edrs<-eff(M1drs)
Esdrs<-eff(M1sdrs)
M1add<-dea(x,y,RTS="add",ORIENTATION="in")
M1sadd<-sdea(x,y,RTS="add",ORIENTATION="in")
Eadd<-eff(M1add)
Esadd<-eff(M1sadd)
M1fdh<-dea(x,y,RTS="fdh",ORIENTATION="in")
M1sfdh<-sdea(x,y,RTS="fdh",ORIENTATION="in")
Efdh<-eff(M1fdh)
Esfdh<-eff(M1sfdh)

out<-
(cbind(Ecrs,Escrs,Evrs,Esvrs,Edrs,Esdrs,Eadd,Esadd,Efdh,Esfdh))
print(out)
write.csv2(out,file="resultat2005")

lamb<-lambda(M1add)
write.csv2(lamb,file="lamb2005")
```

```

#Banker-tester:

#test for variables
xvar <- c(3,4,7,8)
xa <- data[-c(),xvar]
yvar <- c(9)
ya <- data[-c(),yvar]
x1=as.matrix(xa)
y1=as.matrix(ya)

E1<-eff(dea(x1,y1,RTS="vrs",ORIENTATION="in"))

xvar <- c(2,3,4,7,8)
xa <- data[-c(),xvar]
yvar <- c(9)
ya <- data[-c(),yvar]
x2=as.matrix(xa)
y2=as.matrix(ya)

E2<-eff(dea(x2,y2,RTS="vrs",ORIENTATION="in"))

TEX <- sum(E1-1) / sum(E2-1)
TEX
qf(.95, 2*length(E1), 2*length(E2))

pf(TEX, 2*length(E1),2*length(E2))

THN <- (sum((E1-1)*(E1-1)))/(sum((E2-1)*(E2-1)))
THN
qf(.95, length(E1), length(E2))

pf(THN, length(E1), length(E2))

ks.test(E1, E2, alternative="greater")

plot(E1,E2,xlim=range(E1,E2),ylim=range(E1,E2))
abline(0,1)

K<-length(E1)
plot(sort(E1),(1:K)/K,type="s",ylim=c(0,1),ylab="prob",xlab="eff")
lines(sort(E2),(1:K)/K,type="s",lty="dashed")
legend("bottomright",c("E1","E2"),lty=c("solid","dashed"),bty="n")

```

```

#Bankertest for forskjell på grupper
#ny fil med resultater fra DEA analyse - rangert etter størrelse
data2<-Resultater.rangert.2014

xvar1 <- c(2)
E1 <- data2[-c(50:73),xvar1]
E2 <- data2[-c(1:49),xvar1]

TEX <- (sum(E1-1)/length(E1)) / (sum(E2-1)/length(E2))
TEX

qf(.025, 2*length(E1), 2*length(E2))
qf(.975, 2*length(E1), 2*length(E2))

pf(TEX, 2*length(E1),2*length(E2))

THN <- sum((E1-1)*(E1-1))/length(E1) / (sum((E2-1)*(E2-1))/length(E2))
THN

qf(.025, length(E1), length(E2))
qf(.975, length(E1), length(E2))

pf(THN, length(E1), length(E2))

ks.test(E1, E2)

```

```

# MALMQUISTANALYSE FRH:
# må definere variablene for begge periodene

data1 <- Data.indeks.out.2004
data2 <- Data.indeks.out.2005

xvar <- c(2,3,4,7,8)
x1 <- data1[,xvar]
yvar <- c(9)
y1 <- data1[,yvar]
idvar <- c(1)
id1 <- data1[,idvar]

xvar <- c(2,3,4,7,8)
x2 <- data2[,xvar]
yvar <- c(9)
y2 <- data2[,yvar]
idvar <- c(1)
id2 <- data2[,idvar]

FRH11<-dea(x1,y1,RTS="add",ORIENTATION="in")
FRH22<-dea(x2,y2,RTS="add",ORIENTATION="in")
FRH12<-dea(x1,y1,RTS="add",ORIENTATION="in", XREF=x2, YREF=y2)
FRH21<-dea(x2,y2,RTS="add",ORIENTATION="in", XREF=x1, YREF=y1)
frh11<-eff(FRH11)
frh22<-eff(FRH22)
frh12<-eff(FRH12)
frh21<-eff(FRH21)

```

```

# MALMQUISTANALYSE:
# mÅ definere variablene for begge periodene

data1 <- Data.indeks.2008
data2 <- Data.indeks.2014

xvar <- c(2,3,4,7,8)
x1 <- data1[-c(),xvar]
yvar <- c(9)
y1 <- data1[-c(),yvar]
idvar <- c(1)
id1 <- data1[-c(),idvar]

xvar <- c(2,3,4,7,8)
x2 <- data2[-c(),xvar]
yvar <- c(9)
y2 <- data2[-c(),yvar]
idvar <- c(1)
id2 <- data2[-c(),idvar]

m <-
malmquist.components(t(x1),t(y1),t(id1),t(x2),t(y2),t(id2),ORIENTATION=1,N
REP=2000)
mpi <- malmquist(LIST=m,alpha=c(0.1,0.05,0.01),CI.TYPE=2)

mid <- mpi$id
malm <- 1/mpi$malm
eff <- 1/mpi$eff
tech <- 1/mpi$tech
pure.eff <- 1/mpi$pure.eff
scale <- 1/mpi$scale
pure.tech <- 1/mpi$pure.tech
scale.tech <- 1/mpi$scale.tech
sch <- 1/mpi$sch
res <- (cbind(mid,malm,eff,tech,pure.eff,scale,pure.tech,scale.tech,sch))

mid <- mpi$id
ci.malm <- 1/mpi$ci.malm
ci.eff <- 1/mpi$ci.eff
ci.tech <- 1/mpi$ci.tech
ci.pure.eff <- 1/mpi$ci.pure.eff
ci.scale <- 1/mpi$ci.scale
ci.pure.tech <- 1/mpi$ci.pure.tech
ci.scale.tech <- 1/mpi$ci.scale.tech
ci.sch <- 1/mpi$ci.sch
ci.res <-
(cbind(mid,ci.malm,ci.eff,ci.tech,ci.pure.eff,ci.scale,ci.pure.tech,ci.sca
le.tech,ci.sch))

out<-(cbind(mid,res,ci.res))
write.csv2(out,file="outindeks.2008.2014")
write.csv2(mid,file="midindeks.2008.2014")

```

```

# for Å skrive til filer som kan leses i Excel (Malmquist):

id <- m$id
c11 <- 1/m$c11
c22 <- 1/m$c22
c12 <- 1/m$c12
c21 <- 1/m$c21
distc <- (cbind(id,c11,c22,c12,c21))

id <- m$id
v11 <- 1/m$v11
v22 <- 1/m$v22
v12 <- 1/m$v12
v21 <- 1/m$v21
distv <- (cbind(id,v11,v22,v12,v21))

mid <- mpi$id
malm <- 1/mpi$malm
eff <- 1/mpi$eff
tech <- 1/mpi$tech
pure.eff <- 1/mpi$pure.eff
scale <- 1/mpi$scale
pure.tech <- 1/mpi$pure.tech
scale.tech <- 1/mpi$scale.tech
sch <- 1/mpi$sch
res <-
(cbind(mid,malm,eff,tech,pure.eff,scale,pure.tech,scale.tech,sch))

out<-(cbind(mid,res,distc,distv))
write.csv2(out,file="out")
write.csv2(mid,file="mid")

```