



UiT Norges arktiske universitet

Handelshøgskolen ved UiT

Økt satsing på stor smolt og innvirkningen dette har for effektiviteten i norsk settefiskproduksjon

En effektivitetsstudie av perioden 2015-2022 ved bruk av Data Envelopment Analysis (DEA), Window-analyse og Bankertest

Ann-Elisabeth Haugen

Masteroppgave i økonomi og administrasjon, BED-3901, juni 2024

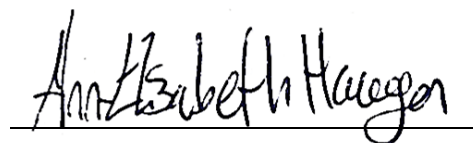
Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på mitt femårige studieløp i økonomi og administrasjon, med en fordypning i økonomisk analyse, ved Handelshøgskolen ved UiT - Norges Arktiske Universitet. Masterskrivingen har vært en lang, men veldig lærerik prosess.

Ved denne anledningen ønsker jeg å rette en stor takk til min veileder ved Handelshøgskolen, førsteamanuensis Helen Marita Sørensen Holst. Takknemlig for alle gode innspill, nyttige tilbakemeldinger og for en solid støtte gjennom hele skriveprosessen. Har satt pris på kunnskapen og engasjementet hun har brakt med for å løfte denne oppgaven

I tillegg vil jeg takke venner og familie for deres støtte og oppløftende ord gjennom hele studieløpet. Jeg vil til slutt også takke mine medstudenter for ei fin studietid, og en spesiell takk rettet til Malene og Jenny. Studiehverdagen hadde ikke vært den samme uten dere to, og takknemlig for at dere alltid har snudd lange og tunge skoledager, til dager fylt med latter og oppmuntring. Setter så stor pris på en uforglemmelig og begivenhetsrik tid, både på og utenfor skolen. Nå forlater vi studietiden vår med starten på et livslangt vennskap og nye opplevelser i vente. Og ikke glem at det alltid kan hjelpe å «ta en dans»!

Tromsø, 3. juni 2024



Ann-Elisabeth Haugen

Sammendrag

Hensikten med denne oppgaven er å gjennomføre en effektivitets- og produktivitetsanalyse for å måle prestasjonene til de ulike settefiskselskapene i lakseoppdrettsnæringen i Norge, for perioden 2015-2022. Prestasjonsmålingen blir også sett i lys av påvirkningen den økte etterspørselen etter stor smolt har hatt på produksjon av settefisk.

Datagrunnlaget for oppgavens analyser er hentet fra de årlige lønnsomhetsundersøkelsene til Fiskeridirektoratet for laks og regnbueørret. Undersøkelsene tar for seg både settefisk- og matfiskproduksjon, men her er dataen begrenset til bare settefiskproduksjon. Datagrunnlaget består av innrapportert regnskapsinformasjon fra landets oppdrettsselskaper med produksjon av settefisk, som inkluderer opplysninger om produksjon, balansetall, inntekter og kostnader.

Årlig estimering av effektivitet er blitt gjennomført ved bruk av analysemetoden Data Envelopment Analysis, og effektivitet/produktivitetsutviklingen for perioden, med estimering av årlige endringer, ble gjennomført ved bruk av Window-analyse. For å teste etter signifikante variabler og best egnet forskningsmodell for oppgavens analyser, ble det gjennomført hypotesetester. Oppgavens endelige forskningsmodell består av lønnskostnad, førkostnad, rogn- og yngelkostnad, øvrige driftskostnader, elektrisitetskostnader og vaksinasjonskostnader som inputvariabler, og produksjon i form av salgsinntekter som eneste outputvariabel. Beregningene og analysene er blitt gjennomført i RStudio (versjon 4.3.0) med tilleggspakken «Benchmarking», og ved bruk av Microsoft Office Excel (versjon 2403).

Resultatene kan presentere en høy årlig effektivitet, med lave svingninger gjennom perioden. Utviklingen i produktivitet hadde små, årlige endringer, men resultatene kunne vise en klar negativ utvikling for settefiskselskapene. For både årlig effektivitet og effektivitetsutviklingen ble det sett en nedgående trend for produksjon av settefisk, med spesielt klare endringer for de tre siste årene i perioden, 2020-2022. 2020 viste seg som et godt og veldig effektivt år i perioden, før det ble en klar reduksjon i effektiviteten for de to neste årene. Dette tydelige fallet i effektiviteten, sett i sammenheng med den klare økning av produksjon og salg av stor smolt, kan være en indikasjon på at økt etterspørsel etter stor smolt er en av innvirkningsfaktorene for settefisknæringens produksjonsprosesser og prestasjoner.

Nøkkelord: *Benchmarking, Data Envelopment Analysis (DEA), Window-analyse, Bankertest, Effektivitet, Produktivitetsutvikling, Norsk settefiskproduksjon*

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.1	Aktualisering og bakgrunn	1
1.2	Problemstilling	3
1.3	Avgrensning	5
1.4	Oppgavens struktur	5
2	Norsk oppdrettsnæring	7
2.1	Utviklingen av lakseoppdrett	7
2.2	Reguleringer	8
2.3	Produksjonsprosessen.....	9
2.3.1	Settefiskproduksjon.....	10
2.3.2	Næringstrusler	10
2.4	Lønnsomhet og kostnader	11
2.5	Prestasjonsmåling av bransjen	14
2.5.1	Tidligere studier av settefisk	14
2.5.2	Tidligere studier av matfisk.....	15
3	Teori	16
3.1	Benchmarking	16
3.2	Produktivitet og effektivitet	18
3.3	Data Envelopment Analysis (DEA)	19
3.3.1	CCR-modellen.....	20
3.3.2	BCC-modellen.....	21
3.3.3	Skalaeffektivitet	22
3.3.4	Supereffektivitet	24
3.4	Window-analyse.....	25
3.5	Statistisk metode: Bankertest	26
4	Metode og datamateriale	28

4.1	Forskningsdesign.....	28
4.2	Datagrunnlag	29
4.2.1	Utvalg og representativitet	30
4.3	Datakvalitet	31
4.4	Forskningsmodell	32
4.4.1	Input	32
4.4.2	Output.....	35
4.5	Outlieranalyse.....	35
4.6	Deskriptiv statistikk.....	37
5	Analyse og diskusjon	39
5.1	Modelltesting.....	39
5.1.1	Test av modell 1, samlet andre driftskostnader	40
5.1.2	Test av modell 2, elektrisitetskostnader og vaksinasjonskostnader	41
5.1.3	Test av modell 3, avskrivning av driftsmidler.....	41
5.2	Resultater fra Data Envelopment Analysis	42
5.2.1	Effektivitet med forutsetning om konstant skalautbytte	42
5.2.2	Effektivitet med forutsetning om variabelt skalautbytte	44
5.2.3	Diskusjon av settefisknæringens produksjonseffektivitet	46
5.2.4	Skalaeffektivitet	48
5.2.5	Skalautvikling.....	50
5.2.6	Diskusjon av endringer i optimal skala	51
5.3	Resultater fra Window-analyse	52
5.3.1	Justering for prisinflasjon.....	52
5.3.2	Effektivitetsutvikling med forutsetning om konstant skalautbytte	53
5.3.3	Effektivitetsutvikling med forutsetning om variabelt skalautbytte	54
5.3.4	Diskusjon av effektivitetsutviklingens betydning	55
6	Konklusjon	56

6.1	Oppsummering og konklusjon	56
6.2	Videre forskning.....	59
	Referanseliste	61
	Vedlegg	71

Tabelliste

Tabell 1: Representativitet i datautvalget.....	30
Tabell 2: Endelig utvalg til analysene	36
Tabell 3: Deskriptiv statistikk for produksjon (output) i 2015-2022	37
Tabell 4: Test av modell 1, samlet andre driftskostnader	40
Tabell 5: Test av modell 2, elektrisitetskostnader og vaksinasjonskostnader.....	41
Tabell 6: Test av modell 3, avskrivning av driftsmidler	42
Tabell 7: Total teknisk effektivitet med CRS for perioden 2015-2022.....	42
Tabell 8: Total teknisk effektivitet med CRS for modell med ADK	44
Tabell 9: Ren teknisk effektivitet med VRS for perioden 2015-2022	44
Tabell 10: Ren teknisk effektivitet med VRS for modell med ADK.....	46
Tabell 11: Skalaeffektivitet for perioden 2015-2022	48
Tabell 12: Skalaeffektivitet for modell med ADK.....	50
Tabell 13: Antall selskaper med IRS, CRS og DRS i analysen	50
Tabell 14: Prisjustering med konsumprisindeks for perioden 2015-2022	52
Tabell 15: Effektivitetsutviklingen for perioden 2015-2022 med Window-analyse for CRS .	53
Tabell 16: Effektivitetsutviklingen for perioden 2015-2022 med Window-analyse for VRS .	54

Figurliste

Figur 1: Gjennomsnittlig solgt mengde fisk pr. selskap 1998-2002, Matfiskproduksjon.....	8
Figur 2: Gjennomsnittlig solgt mengde yngel og smolt pr. selskap 1998-2022, Settefiskproduksjon.....	8
Figur 3: Produksjonsprosessen.....	10
Figur 4: Gjennomsnittlig driftsmargin i prosent	12
Figur 5: Gjennomsnittlige produksjonskostnader pr. stk. solgte fisk (yngel og smolt)	13
Figur 6: Skalaeffektivitet.....	23
Figur 7: Supereffektivitet	24
Figur 8: Forskningsmodell	32
Figur 9 og Figur 10: Supereffektivitetsanalyse med CRS og VRS for 2018	36
Figur 11 og Figur 12: Supereffektivitetsanalyse med CRS og VRS for 2018 etter fjerning av outliers.....	36
Figur 13: Deskriptiv statistikk, gjennomsnittresultatene for inputvariablene i 2015-2022	38
Figur 14: Grafisk fremstilling, total teknisk effektivitet med forutsetning om CRS i 2016	43
Figur 15: Grafisk fremstilling, total teknisk effektivitet med forutsetning om CRS i 2019	43
Figur 16: Grafisk fremstilling, ren teknisk effektivitet med forutsetning om VRS i 2016.....	45
Figur 17: Grafisk fremstilling, ren teknisk effektivitet med forutsetning om VRS i 2019.....	45
Figur 18: Effektivitetsscorer for CRS og VRS for begge modeller mot produktivitet beregnet av Fiskeridirektoratet for årene 2015-2022.....	47
Figur 19: Grafisk fremstilling, skalaeffektivitet i 2016.....	49
Figur 20: Grafisk fremstilling, skalaeffektivitet i 2019.....	49
Figur 21: Andel selskaper med IRS, CRS og DRS	51

1 Innledning

For norsk oppdrett av laks, fungerer settefisknæringen som grunnpilaren til alle de videre produksjonsprosessene og for at man til slutt skal få servert fisk på middagsbordet. Norsk laks, er en kilde fra naturen som er en sentral og viktig ressurs for Norges samfunn, med tanke på både mat og økonomi. Ikke minst er oppdrettsnæringen med på å skape mange arbeidsplasser i store deler av landet. Med flere ulike settefiskselskaper her til lands er det en sentral faktor at disse drives på en måte som frembringer lønnsomhet, samtidig som de drives effektivt. I nyere tid har settefiskselskaper også måtte innrette seg etter den økte etterspørselen etter stor smolt, noe som kan ha påvirkning på både produksjonen og kostnader. Bruk av benchmarking og metoder innenfor dette området, kan gi gode og oversiktlige analyser av lønnsomhetsdataen til den norske settefisknæringen. Man får da estimert om settefiskselskapene har prosesser som utnytter ressursene sine godt nok, om de får resultater som lever opp til sin målsetting, eller hvor det eventuelt er rom for forbedringer.

1.1 Aktualisering og bakgrunn

Tall fra 2022 viste at det samlede ordinære resultatet før skatt for settefiskproduksjonen av laks og regnbueørret, var på 0,8 milliarder kroner. Dette indikerer en stabil økonomi og ingen endring fra året før. Det samlede resultatet for både matfisk- og settefiskproduksjonen økte derimot med 117% fra 2021 til 2022. I 2022 var resultatet på 36,3 milliarder kroner, noe som viser at settefisk utgjør en svært liten del av samlet resultat med bare 2,2% (Fiskeridirektoratet, 2022, 2023b). Oppdrettsnæringen er stor og en viktig bransje i Norge, som krever høye omsetninger, hvor mesteparten genereres av produksjon av matfisk. Tallene over viser at i sammenheng med matfisk, utgjør settefisk en mye lavere omsetning, men er til tross for dette en grunnleggende, viktig del av verdikjeden som innsatsfaktor for matfiskproduksjon. Mange oppdrettsselskaper er også vertikalt integrerte, som vil si at de eier flere av leddene av verdikjedene, noe som videre gjør det viktig for dem at alle leddene i produksjonen drives godt. For å optimalisere oppdrettsnæringens verdikjede stilles det krav om både en effektiv og lønnsom drift, og samtidig som bærekraft har en viktig rolle for både å ta vare på fisken og naturen (Fiskeridirektoratet, 2023b, u.d.-a).

Langs Norges lange kyst finnes det i gjennomsnitt rundt 600 lokaliteter med oppdrettsfisk, helt fra Vest-Agder i sør til Finnmark i nord (Fiskeridirektoratet, 2023a; WWF, u.d.). Siden 1970-tallet har lakseoppdrettsnæringen vært i stor vekst og havbruket har gjort det mulig å

skape mange arbeidsplasser. Ikke bare på sentrale steder i Norge, men også langt ute i distriktene (Regjeringen, 2021b). Den statlige reguleringen av oppdrettselskapene gir en grense på tillatt biomasse, hvor konsesjonsnivået ligger på 780 tonn i hele landet, bortsett fra i Troms og Finnmark hvor det er tillatt med hele 945 tonn (Fiskeridirektoratet, u.d.-e). Dette er store mengder med oppdrettsfisk som krever en effektiv produksjon, for å samtidig være lønnsom. At denne delen av lakseoppdrettsnæringen skal være lønnsom, er man også avhengig av gode produksjonsprosesser av settefisk. Uten produksjon av settefisk, er det ikke mulig å videre kunne produsere matfisk. I 2022 var det i underkant av 100 settefiskselskaper som driver produksjon (Fiskeridirektoratet, 2023b). Man ser ringvirkninger av de økte satsingene på settefiskanlegg og større smolt, i form av at det er blitt et mer omdiskutert tema på både de negative og positive aspektene. En slik produksjon krever reguleringer, og i tillegg til forvaltning av Fiskeridirektoratet blir driften blant annet innordnet av akvakulturloven, samt akvakulturdriftsforskriften og laksetildelingsforskriften (Akvakulturdriftsforskriften, 2008; Akvakulturloven, 2005; Laksetildelingsforskriften, 2022).

Til tross for at settefiskproduksjonen utgjør en liten andel den norske oppdrettsproduksjonen av laks og regnbueørret, er det en viktig faktor i produksjonsprosessene. I de siste årene har diskusjoner rundt settefisknæringen blitt mer og mer aktuelt, på samme tid som man ser et økt initiativ på dette området, spesielt med økt produksjon av stor smolt. Det har blitt bygget flere anlegg for settefisk, og det prøves stadig å finne løsninger på nye måter å drive de på. Parallelt er intensiviteten rundt produksjon trappet opp. Hvert år avholdes det TEKSET-konferanser for settefiskaktører, som hadde sitt første arrangement i 2014. TEKSET er en plattform med fokus på innovasjon for settefisk, hvor det er laget rom for å spesifikt kunne diskutere nyskapende ideer rundt settefiskproduksjon, men også de utfordringene bransjen står ovenfor (Tekset, u.d.). Under disse konferansene er blant annet utvikling til settefiskproduksjonen, og bevaringen av fiskens velferd og helse, et viktig tema som stadig blir tatt opp, og hvor det forsøkes å finne gode løsninger (Sintef, 2022).

Lakseoppdrett er et tema som det tidligere har blitt skrevet flere studier og forskningsartikler om. Derfor har man allerede mye informasjon om utviklingen i effektivitet og produktivitet i denne norske næringen, men ofte har disse tatt utgangspunkt i matfiskproduksjon. Derimot er det mindre tidligere forskning og litteratur omhandlet settefisknæringen, noe som skaper et tomrom av informasjon som ikke er blitt utforsket. Dette gjør det interessant for de som har tilknytning til denne næringen, i å få et bedre innblikk i og undersøke hvilken utvikling

settefiskdelen av oppdrettsnæringen har og hvordan ressurser blir benyttet. Dette vil da forhåpentligvis kunne bidra til en god og opplysende oppgave.

1.2 Problemstilling

I Norge i dag står lakseoppdrettsnæringen veldig sentralt i samfunnet, og kommer ikke til å bli mindre aktuelt i tiden framover heller. Ved oppdrett av laks får man skapt verdier av det den norske naturen har av naturressurser langs den langstrakte kysten i form av klima og dyreliv. Samtidig bidrar havbruksnæringen til en stor mengde med viktige arbeidsplasser rundt om i landet (Regjeringen, 2021b). Det er også relevant med fokus på oppdrettsfisk å skrive om problemstillingen under, fordi det kan være med på å gi et innblikk i hvor effektive og produktive selskapene som driver med settefisk er i sine produksjoner og prosesser. Man får også sett på hvor godt de utnytter ressursene sine og hvor det eventuelt finnes forbedringspotensialer. Spesielt interessant vil det være å se hvordan etterspørselen etter stor smolt har påvirket økte kostnader, og hvordan dette igjen påvirker settefiskselskapenes produksjonsprosesser.

I denne masteroppgaven vil det foretas en prestasjonsmåling av norsk settefiskproduksjon med data innhentet fra Fiskeridirektoratet og deres lønnsomhetsundersøkelser fra den norske akvakulturen. Fokuset i oppgaven blir å analysere de norske anleggene for laksefiskeoppdrett med settefisk i sentrum og se på helheten av disse, med vekt på effektivitet og produktivitet. En nærmere vinkling på oppgaven vil være å se på forskjeller i produksjonen til oppdrettsanlegg gjennom en periode på åtte år, hvordan utviklingen i effektivitet har vært og hvilke faktorer som kan ha mulige innvirkninger på produksjonsprosessene.

Problemstillingen som vil bli forsøkt besvart i denne oppgaven er følgende:

Hvordan har effektiviteten og produktivetsutviklingen vært i den norske settefisknæringen for perioden 2015-2022, og hvilken betydning har økt etterspørsel etter stor smolt hatt?

Videre er det formulert tre forskningsspørsmål som samlet vil støtte besvarelsen i problemstillingen, som kan sees under:

1. *Hvilken forskningsmodell er best egnet for måling av produksjonsprosessen?*
2. *Hva er den årlige effektiviteten i produksjonen?*
3. *Hvordan har produktivetsutviklingen vært for perioden?*

Ved denne problemstillingen vil oppgaven utformes med hovedvekt på å gjøre en analyse av den norske settefisknæringen. I den sammenheng vil det brukes benchmarking som analysemetode. Det vil da bli benyttet Data Envelopment Analysis (DEA) og de analysemodellene som inngår med bruk av denne metoden, samt Window-analyse og Bankertest. For å gjennomføre effektivitetsanalysene vil det bli tatt i bruk Microsoft Office Excel og RStudio.

Ved at det gjennomføres DEA-analyser på settefisknæringens lønnsomhetsdata, vil den ha noen likhetstrekk med fiskerikandidatsoppgaven til Bjørkmo (2005). Denne studien skrev om effektivitet og produktivitetsutvikling i den norske settefisknæringen for perioden 1997-2002. I tillegg gjennom bruk av DEA vil det forhåpentligvis bli enklere å identifisere de eventuelle forbedringspotensialene som ligger til grunn for settefiskselskapene, ved hjelp av denne metoden (Rostamzadeh et al., 2021). I denne oppgaven vil det gjennomføres DEA-analyse med fokus på årlig effektivitet, med en inputsammensetning av produksjonskostnader og av nyere data.

For å kunne se på effektivitetsutviklingen til settefiskselskapene er Window-analyse en nyttig metode innen DEA-analyse å benytte seg av. Avkiran (2004) benyttet seg blant annet av denne analysemetoden for å undersøke effektiviteten til australske trading banker. Tidligere utførte også Hansen og Sætermo (2021) effektivitetsanalyser på norske fiskeflåter for en tiårsperiode fra 2008 til 2018. Vil her benytte Window-analyse for å se hvordan effektiviteten utvikler seg i perioden, ved å se på det glidende gjennomsnittet for settefiskselskapene.

Tidligere studier har ofte benyttet seg av Malmquist produktivitetsindeks for å måle utviklingen i produktivitet. For at det her i stedet benyttes Window-analyse kan argumenteres med at det i løpet av tidsperioden datasettet er hentet fra, har det skjedd endringer i metoden settefiskselskapene identifiseres på av Fiskeridirektoratet i form av selskapskoder (Fiskeridirektoratet, 2024b). For å implementere dette har de gjennomført en gradvis overgang i sine datasett, noe som igjen fører til uregelmessigheter og gjør det ikke mulig å skulle følge alle selskapene over tid som i en Malmquist-analyse. Derfor er det gjennomført Window-analyse for å se på utviklingen over perioden med et glidende gjennomsnitt som kan bli mer representativt.

For å finne den mest optimale forskningsmodellen, vil man ved å benytte hypotesetestingen til Banker (1993), kunne finne de kostnadsvariablene som er mest signifikante ved å teste

modellene mot hverandre. Dette gjøres ved å måle effektiviteten for hver modell, for så å undersøke om modellene vil gi tilnærmet like resultater uten de ekstra variablene, eller om det gir klar forskjell på effektivitetsmålingene av produksjon å ha de inkludert (Bogetoft & Otto, 2011). I dette tilfellet vil oppgaven ha tre modeller som testes hvor man i bunn har de variablene som driften er avhengig av. Deretter vil det sees på signifikansen til de variablene som kan ha en mer interessant betydning kostnadmessig med tanke på den økende produksjonen av settefisk.

Denne sammenstillingen av oppgaven vil gi prestasjonsmålingen i form av effektiviteten til lignende bedrifter i den samme bransje, med like innsatsfaktorer som skal resultere til lik produksjon. Ved denne type analyse og problemstilling, med nyere lønnsomhetsdata for settefisk, ligger det til rette for å forhåpentligvis gi opplysende og interessante resultater.

1.3 Avgrensning

For denne oppgaven vil det bli nødvendig med noen avgrensninger for å kunne sammenfatte en god besvarelse på begrenset tid. En avgrensning som det tas høyde for her, er å bare se på effektene og utviklingene i produksjonene for en periode på åtte år. I tillegg vil datamaterialet bare inneholde Fiskeridirektoratets data fra næringen tilhørende settefiskproduksjonen, det vil si at matfiskproduksjonens data ikke kommer til å tas i betraktning i denne oppgaven. Grunner til disse avgrensningene er avhengig av tid gitt til rådighet, og for å kunne konkretisere oppgaven til å gi gode presentasjoner av resultatene av de aktuelle dataene.

1.4 Oppgavens struktur

Denne masteroppgave er delt inn i seks kapitler som danner grunnlaget for å kunne gjennomgå og analysere forskningstemaet. Kapittel 1 som nå er gått gjennom tok for seg aktualiseringen og bakgrunnen til oppgaven, problemstillingen som skal bli forsøkt besvart og oppgavens avgrensninger.

Kapittel 2 presenterer den aktuelle bransjen, som her er oppdrettsnæringen og produksjon av settefisk. I dette kapitlet gjøres det rede for verdikjeden til norsk lakseoppdrett og deres rolle i samfunnet vårt, oppdrettenes historikk og bransjens lønnsomhet.

Kapittel 3 gir en gjennomgang av de elementene som er med på å danne det teoretiske rammeverket for oppgaven. Det vil starte med en forklaring av begrepet benchmarking, for å deretter gå nærmere inn på hva effektivitet og produktivitet er. Videre vil teorien bak

analysemodellene DEA og Window-analyse presenteres, samt andre relevante, tilhørende analysemålinger. Til slutt tar oppgaven for seg den statistisk testmetode i form av Bankertest.

Kapittel 4 går grundigere inn på forskningsmetoden som vil bli benyttet i analysene. Samt vil det bli en liten fremstilling av det aktuelle datagrunnlaget for oppgaven, kvalitetssikring av datautvalget og dataens deskriptive statistikk.

Kapittel 5 vil presentere resultatene fra DEA-analysen, Window-analyse og Bankertest som er blitt gjennomført for denne oppgaven, og fremstille andre relevante funn som kommer frem i analysene. Her vil kapitlet også inneholde diskusjoner rundt de resultatene og funnene som kan observeres ut ifra analysene.

Kapittel 6 vil til slutt ta for seg det resultatene kunne vise og videre trekke konklusjoner basert på oppgavens problemstilling. I tillegg vil det trekkes frem elementer som kan tas med til videre forskning innenfor dette aktuelle temaet.

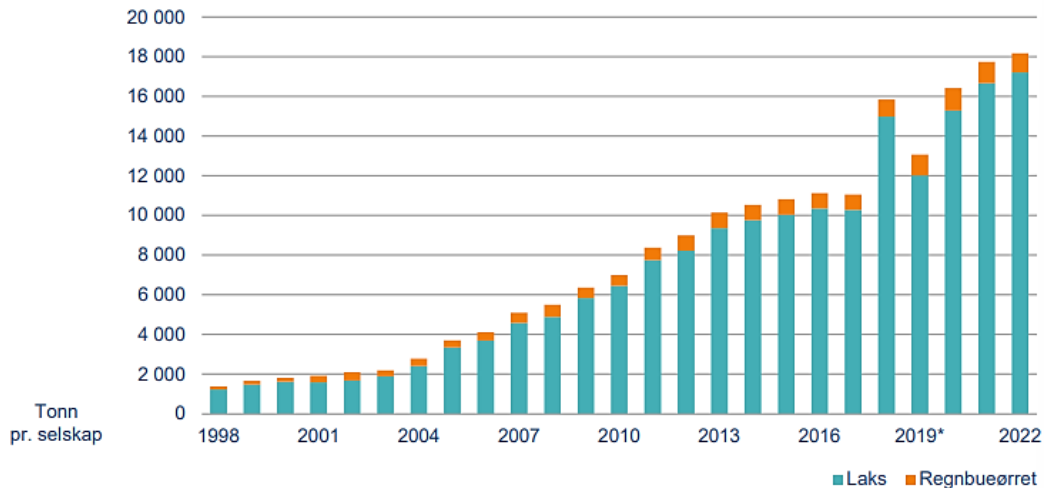
2 Norsk oppdrettsnæring

I Norge har oppdrett av fisk fått en sentral rolle i samfunnet, og utgjør en stor del av nordmenns arbeidsplasser. I 2022 var det totalt 10 157 personer i Norge som arbeidet innenfor næringen. Videre kunne tall fra 2021 vise at både direkte og indirekte ringvirkninger til oppdrettssektoren ga arbeidsplasser til rett under 106 000 personer (Fiskeridirektoratet, 2024a; Lillegård, 2022). Samtidig har det vist seg å være en veldig lønnsom bransje, hvor det blant annet i 2019 ble solgt norsk laks for 68 milliarder kroner (Baklien, 2020). Til tross for dette så man derimot et fall i 2012 og på nytt i 2020 med dårligere lønnsomhetstall. Man kan se antydning til litt svingninger i bransjen, da lønnsomheten igjen de siste årene har styrket seg litt etter 2020 (Berge, 2021). Sammen med lønnsomheten finnes flere elementer som virker inn på bransjens produksjon. Noen av disse er de prosessene som benyttes, markedet for oppdrettslaks, statlige reguleringer og uønskede påvirkningsfaktorer som rømming og lakselus som vil bli presentert i dette kapitlet. Utviklingen til næringens økende satsing på settefisk og stor smolt har også en interessant rolle (Mathisen, 2023; Sintef, 2022).

2.1 Utviklingen av lakseoppdrett

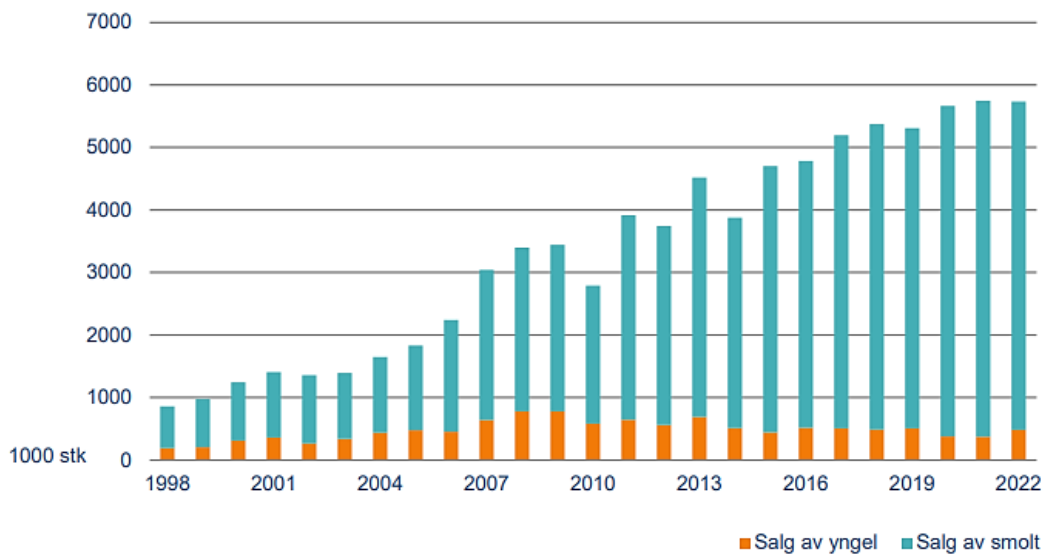
På starten av 1960-tallet i Sykkylven, var det de to brødrene Karstein og Olav Vik som utformet Norges første grunnlag for oppdrett av laks og regnbueørret til havs (Berge, 2014). Etter dette ble denne type produksjon de neste 20 årene brukt til å prøve og teste ut forskjellige systematiseringer for å få et ideelt oppdrett. Det var ikke før i 1981 at Fiskeridepartementet tok offisielt over forvaltningsansvaret for fiskerioppdrettsnæringen. Frem til dette tidspunktet hadde næringen ligget under Landbruksdepartementet sitt ansvarsområde, og det var stort sett bare lokale fiskere og bønder som satset på fiskeoppdrettene som en tilleggsnæring ved siden av landbruket (Steinset, 2017). Siden den gang har laksefiskproduksjon hatt en stor økning. I 2014 stilte Norge som sjette nasjon i verdenstoppen på fiskeoppdrett generelt. På samme tid bemerker norsk lakseoppdrett seg soleklart med å stå for over halvparten av verdens lakseproduksjon (Steinset, 2017). I figur 1 illustreres økningen av solgt matfisk over de to siste tiårene per selskap, med et kraftig hopp i 2018. En av grunnene til dette hoppet i figuren er at det var en større andel av store selskap som ble tatt med i statistikkens utvalg (Fiskeridirektoratet, 2023b). På samme tid har det naturligvis vært en lignende utvikling av solgt yngel og smolt i settefiskproduksjonen, med den grunnen av at man ikke har produksjon av matfisk uten produksjon av settefisk. I figur 2 illustreres økningen av solgt yngel og smolt over de to siste tiårene per selskap, med et par

nedganger innimellom. De siste årene kan man se antydning til en litt flatere utvikling (Fiskeridirektoratet, 2023b). Figurene viser at det er en klar sammenheng mellom utviklingen for begge leddene av verdikjeden.



Figur 1: Gjennomsnittlig solgt mengde fisk pr. selskap 1998-2022, Matfiskproduksjon

Kilde: Fiskeridirektoratet (2023b), s. 16



Figur 2: Gjennomsnittlig solgt mengde yngel og smolt pr. selskap 1998-2022, Settefiskproduksjon

Kilde: Fiskeridirektoratet (2023b), s. 32

2.2 Reguleringer

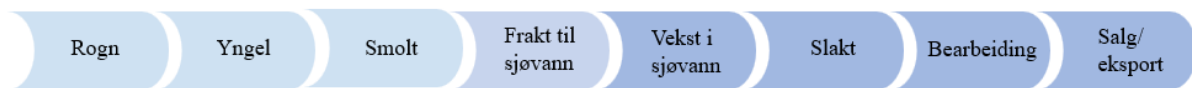
Oppdrettsnæringen i Norge er strengt regulert etter staten og av loven om akvakultur. Formålet til loven er å sikre at akvakulturnæringen drives lønnsomt og miljøvennlig på samme tid (Akvakulturloven, 2005). For å kunne drive med lakseoppdrett er selskapet pliktig

til å ha konsesjonstillatelse tildelt av Nærings- og Fiskeridepartementet. Reguleringen ble innført for å ha kontroll over produksjonen slik at det ikke går på bekostning av markedet og naturen. Disse konsesjonene har en grense på maksimalt tillatt biomasse. Denne reguleringen har vært i drift siden 1. januar i 2005 (Fiskeridirektoratet, u.d.-e).

Et mål for oppdrettsfisk er å skape verdier, og samtidig kunne ha en bærekraftig drift. I tillegg har det å drive en bærekraftig virksomhet fått en voksende aktualitet i den seneste tiden. Disse to elementene er noe som næringen opp igjennom også ønsker å ta vare på, i kombinasjon med at landets oppdrettsselskaper skal produsere gode produkter (Laksefakta, 2023). Selv med en lang kyst, varierer egnede produksjonsarealer for oppdrett som også sikrer verneplaner, og dette kan gi utfordringer i fremtiden. I 2022 hadde Norges akvakultur 188 settefisktillatelser i drift spredt utover landet, med flesteparten i Vestlandsregionen og færrest i Rogaland, Agder og Telemark. Til sammenligning var det 1 250 tillatelser i drift for matfisk, flest på Vestlandet og færrest i Møre og Romsdal. Av de 188 settefisktillatelsene, var det 3 av de som gikk til produksjon av brunørret, samt 16 forskningstillatelser som ikke inngår i produksjon (Fiskeridirektoratet, 2023b). Særlig for kystbygdene lengre ut i distriktene har oppdrettsnæringen hatt stor betydning. Ved å utnytte det fulle potensialet til kystdistriktene, bidrar det til at man kan styrke mange av Norges små lokalsamfunn (Ot.prp. nr. 61, 2004-2005).

2.3 Produksjonsprosessen

Helt fra over 50 år tilbake, på 1970-tallet, kan man spore laksen som blir produsert den dag i dag. Stamfisk ble plukket ut fra 41 norske elver etter velvalgte kvalitetskriterier. En vanlig produksjonsprosess tar omtrent tre år fra laksen er et rognkorn til den kan bli servert på middagsbordet (Laks, u.d.). Hele prosessen starter i ferskvann hvor fiskeroggen blir befruktet og klekket. Etter omtrent 60 dager er rognen klekket, og etter hvert utvikles rognen til det som blir kalt for yngel. Etter hvert som laksen tar til seg fôr, blir den flyttet og går inn i smoltifiseringsfasen. Smolten tilbringer de neste 10-16 månedene i ferskvann for å utvikle seg til å bli stor nok for å bli klar for og settes ut i sjøvann. Når dette skjer, har smolten nådd en tidligere vanlig størrelse på opptil 100 gram. Med riktige miljøforhold, tilbringer laksen ca. ett til to år i oppdrettsmerder og vokser seg større for å gjøres klar til slakt. Før slakt ønsker man at laksen har nådd en vekt på 3-6 kg. I brønnbåter blir den slakteklare fisken hentet til land, hvor de så bli bedøvet og avlivet, sløyet og vasket, før den så er klar til å bli bearbeidet og deretter sendt ut til butikker (Laks, u.d.; Prop. 78 LS, 2022-2023).



Figur 3: Produksjonsprosessen

Kilde: Laks (u.d.) og NOU 2019: 18 (2019), s. 39-40

2.3.1 Settefiskproduksjon

I produksjon av oppdrettsfisk for laks og regnbueørret kan man skille mellom produksjon av matfisk og produksjon av settefisk, selv om det er viktig å nevne at disse henger sammen. Matfiskproduksjon er med sitt store marked den mest utbredte i Norge og som man gjerne hører mest om, men derimot kan de siste årene vise en stadig økende satsing på settefiskproduksjon. Settefisk omhandler rogn og fisk som blir produsert med den hensikten at det på et senere tidspunkt flyttes over til andre produksjoner eller til forskjellige lokaliteter i sjøvann (Fiskeridirektoratet, u.d.-d). Selve produksjonsprosessen fram til overføringen fungerer som nevnt tidligere i kapitlet. Sett i figur 3 ovenfor vil dette omhandle de tre-fire første fasene i prosessen markert lyseblå.

I dagens produksjonsprosesser ser man en utvikling i størrelsen på smolten som fraktes fra ferskvannsanleggene til sjøvannsmerdene. Ønske om større smolt øker hos de ulike oppdretterne med håp om å redusere dødelighet og få fisk med bedre vekst (Jensen, 2023; Mathisen, 2023). Vanligvis har smolten størrelse på 60-80 gram eller 100-150 gram, avhengig om de settes ut på henholdsvis høsten eller våren. Imidlertid med ønsket om større smolt er man oppe i en vekt på rundt 250 gram, og hvor 20% av de norske oppdretterne setter ut smolt som veier enda mer (Fiskeridirektoratet, u.d.-d; Jensen, 2023).

2.3.2 Næringstrusler

Denne produksjonsprosessen av fisk har noen faretrusler, hvor lakselus og rømming har stor negativ påvirkning på næringen i dag. I 2005 viste statistikken at 1,2 millioner oppdrettsfisk hadde klart å rømme fra de norske oppdrettsmerdene (Steinset, 2017). Dette har vist seg å være et stort problem for villaksen i havet, og som man siden rømningstoppen i 2005, har forsøkt å gjøre mye for å hindre. Problemet med rømmingen er at oppdrettslaksen er nøye avlet fram for å leve i merdene, og ikke som villaks. Når en oppdrettslaks formerer seg i det fri, fører den videre egenskaper som ikke er egnet til villaksen fordi den da ikke har de genetiske egenskapene og overlevelsessevnen som behøves. Over tid vil dette føre til villaksbestander som ikke er robuste nok med tanke på blant annet miljøendringer, der igjen kan gi store utfordringer i fremtiden (Havforskningsinstituttet, 2023; Steinset, 2017).

For settefiskanlegg er de fleste tilfellene av rømming knyttet til uhell ved oppdrettsanleggene. Tidligere eksempler på store mengder rømminger har skyldtes feil i et anleggs operasjon og settefiskkar som har fått sprekker (Fiskeridirektoratet, 2021a; Næss, 2019). Problemet med slike hendelser er blant annet at lakseyngel kommer ut i sjøen alt for tidlig og ikke tåler saltvann, som igjen fører til høye dødelighetstall (Næss, 2019). For å unngå at slike anleggsrømminger oppstår er man nødt til å stadig utvikle og gjennomføre gode sikkerhets- og vedlikeholdsrutiner, samt ha sekundærsikringer av avløp og områdesikringer (Fiskeridirektoratet, 2021a; Fjellheim et al., 2010; Næss, 2019).

Lakselus er den største sykdomstrusselen for laksenæringen og blir stadig et økende problem. Det er en parasitt som skader laksen og gjør den mottakelig for andre sykdommer og gir større fare for dødelighet (Havforskningsinstituttet, 2021). I et forsøk på å begrense dette problemet, ble det i 2012 innført en egen forskrift hvor det er satt en maks grense på hvor mye lakselus det er tillatt å ha i en laksemerd. Dette er for å hindre at det sprer seg til villaksen. Samtidig blir det brukt mer rensmiddel mot lakselusen, men som man ser antydning til en resistensutvikling på. Dette er et problem man også ønsker å begrense med denne forskriften (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012; Steinset, 2017).

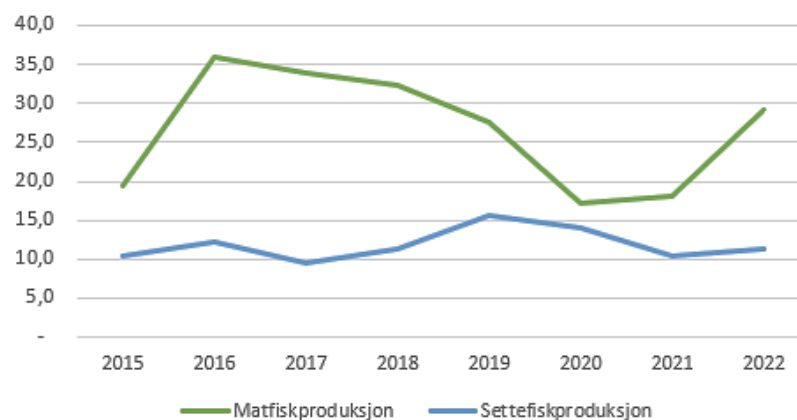
Fordelene og årsaken til at det etterspørres og produseres mer stor smolt, er ønske om at større smolt vil få en bedre levevelferd når de senere settes ut i sjøvann. I tillegg med større smolt ønsker man å ruste settefisken til å bedre unngå trusler som lakselus og annen sykdom, samt rømming, siden tiden i sjøvann blir kortere enn før (Mathisen, 2023). En rapport fra Nofima kunne også melde om funn av at lusebehandlinger hadde gått ned ved utsetting av stor smolt (Ytrestøyl et al., 2023). Samtidig er viktig å nevne at man fortsatt er i en prøvefase hvor man ser tendenser til at fisk fra stor smolt har en bredere variasjon i størrelse, dårligere appetitt og høyere dødelighet. Disse utfordringene ønsker man å finne løsninger på for å optimalisere produksjonsprosessene og levevelferden til oppdrettsfisken (Kraugerud, 2022; Mathisen, 2023).

2.4 Lønnsomhet og kostnader

Den norske lakseoppdrettsnæringen har skapt store verdier, både innenlands og utenlands. For eksempel har lakseproduksjonen i Norge stilt sterk i det globale markedet. I 2021 var det laks, ørret og regnbueørret som sto for 2/3 av hele den samlede verdien til sjømatnæringens eksport til utlandet (Prop. 78 LS, 2022-2023). Samme år ga en eksportverdi på opp til 74

milliarder kroner av den norske laksen, som sendes ut til omtrent 100 land i verden (Fiskeridirektoratet, 2021c).

For alle oppdrettsselskapene i Norge fikk de i 2015 et samlet resultat før skatt på 10,7 milliarder kroner, som videre i 2022 lå på 36,3 milliarder. Dette viser at det har vært en stor utvikling disse ti årene. For bare settefiskproduksjonen har det samme resultatet økt fra 366 milliarder kroner til 794 milliarder (Fiskeridirektoratet, 2016, 2023b). Driftsmarginen i 2022 hadde økt til 11,4%, og viser hvor mye settefiskselskapene samlet har tjent per omsatt krone (Fiskeridirektoratet, 2023b). I figur 4 nedenfor kan man se at settefiskproduksjon har i perioden 2015 til 2022 hatt en mye jevnere utvikling, i forhold til matfiskproduksjonen som har hatt større svingninger. I tillegg vises det at det ikke alltid er samvariasjon mellom lønnsomheten til de to produksjonene. Her er det verdt å nevne at sammenlignet med settefisk har matfisk flere ytre påvirkningsfaktorer som kan spille inn på produksjonen. En mer volatil eksportpris kan også ha innvirkning på lønnsomheten for matfisk. Eksportverdien blir sterkt påvirket av valutakursene, som kan ha en interessant innvirkning med stadig økende valutakurser ute i verden (Regjeringen, 2021a).



Figur 4: Gjennomsnittlig driftsmargin i prosent

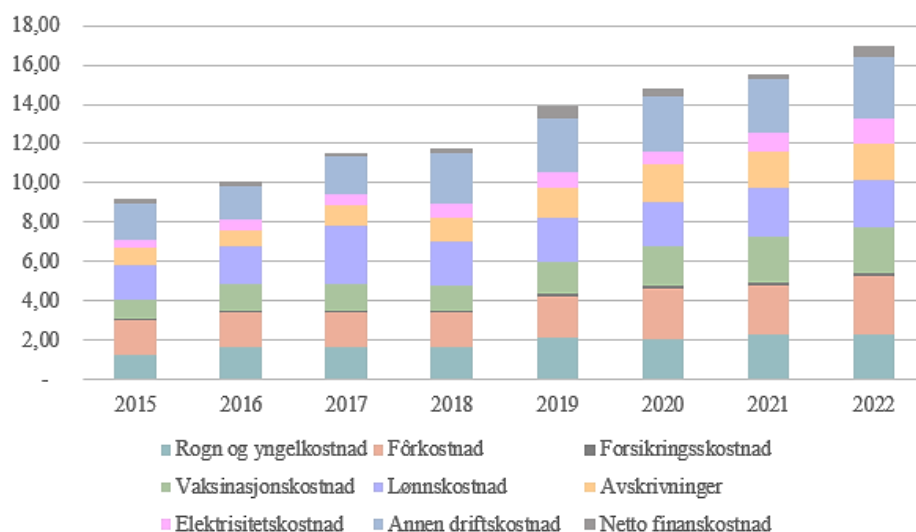
Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2017, 2020, 2023b)

Prisen på fisken (yngel og smolt) har hatt en stadig økning over årene med en gjennomsnittlig salgspris på 17,84 kroner i 2022. Fra 2021 til 2022 har prisen per solgte smolt alene, økt med 10% og lå på 19,09 kroner. Denne økningen har bakgrunn i både den økte etterspørselen av antall stor smolt og økt vekt på smolten (Fiskeridirektoratet, 2023b). Økte priser kommer ofte i sammenheng med økte kostnader. Generelt har innsatsfaktorer de siste årene bare blitt dyrere og dyrere, som igjen fører til høyere kostnader. En klar faktor som har påvirket den stadig økende kostnadsutviklingen, er økningen i størrelsen på smolten som selges (Iversen et

al., 2015). Samtidig kan flere og flere oppdrettsselskap rapportere om overgang til salg av stor smolt. I 2022 var det 35 settefiskselskaper som kunne oppgi i Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelser at hadde solgt smolt rundt 250 gram eller mer. Bare fire år tidligere i 2018, var det bare 8 selskaper som kunne rapportere om det samme (Fiskeridirektoratet, 2019, 2023b).

Elektrisitetskostnadene har i tillegg doblet seg siden 2000 til 2022 (Fiskeridirektoratet, 2023b). At et settefiskanlegg trenger ekstra med strøm for å produsere større smolt, kombinert med økte strømpriser her til lands, er det ikke overraskende at denne kostnadsposten har økt, og mye kan tyde på at den blir å fortsette og ha en økende utviklingstrend (Fiskeridirektoratet, 2023b; Holstad, 2023). Dette henger også sammen med at for å produsere større smolt blir også produksjonstiden på land naturligvis lengre, som da krever enda mer elektrisitet (Fiskeridirektoratet, 2023b) .

I snitt hadde settefiskselskapene solgt i overkant av 5,7 millioner stk. yngel og smolt i 2022. Gjennomsnittstallene fra 2015 viste salg av 4,7 millioner stk. For det totale salget av yngel og smolt utgjør det i gjennomsnitt produksjonskostnader på ca. 43 167 959 kroner i 2015, og som hadde økt til hele ca. 97 315 415 kroner i 2022 (Fiskeridirektoratet, 2016, 2023b). I figur 5 nedenfor kan man se de gjennomsnittlige produksjonskostnadene pr. stk. i kr for settefiskselskapene fra 2015 til 2022.



Figur 5: Gjennomsnittlige produksjonskostnader pr. stk. solgte fisk (yngel og smolt)
Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2017, 2019, 2021b, 2023b)

Produksjonskostnadene totalt har også økt betraktelig siden 2015, med en kostnadsøkning på omtrent 54% (Fiskeridirektoratet, 2016, 2023b). Produksjonskostnadene deler

Fiskeridirektoratet inn i ni ulike kostnader som utgjør den samlede summen, som illustreres i figur 5. Etter annen driftskostnad, er det fôrkostnadene som utgjør størst del av totalen. Kostnader som forsikringskostnad og netto finanskostnad utgjør like stor andel av de totale produksjonskostnadene både i 2015 og 2022. Fôrkostnad samt rogn- og yngelkostnaden sin andel har derimot blitt redusert med 1 prosent. Annen driftskostnad og lønnskostnad har også fått en lavere andel av summen i 2022. Den største økning i andel av produksjonskostnadene har vært på kostnaden til elektrisitet og vaksinasjon. Dette er observasjoner som kan bli interessant å analysere og knytte opp mot økningen av stor smolt.

2.5 Prestasjonsmåling av bransjen

Oppdrettsnæringen er en bransje hvor det stadig gjennomføres prestasjonsmålinger i form av produktivitet og effektivitet. For hvert år har Fiskeridirektoratet presentert den gjennomsnittlige produktiviteten for hvert selskap i sine lønnsomhetsundersøkelser. I undersøkelsene blir produktivitet målt og definert som «salg av fisk (yngel og smolt) pr. årsverk» (Fiskeridirektoratet, 2023b). For settefiskselskapene har trenden i produktiviteten vært svingende, men har de siste årene blitt mer stabilisert. I 2022 viser målingen salg av 353 842 fisk (yngel og smolt) pr. årsverk med økning fra 2021 på 3,1%. Dette viser at settefiskselskapene økte produktiviteten, samtidig som det i gjennomsnitt per selskap var i underkant av 1 000 færre arbeidstimer, og da en reduksjon på 0,5% av antall årsverk fra 2021 (Fiskeridirektoratet, 2023b).

2.5.1 Tidligere studier av settefisk

Opp igjennom har settefiskproduksjonen utviklet seg mye når det kommer til fiskehelse, fôr og den teknologien som brukes i produksjonen. For data fra Fiskeridirektoratet i perioden 1988 til 2010, så Sandvold og Tveterås (2014) på hvordan innovasjon og produktivitetsutvikling for settefisk, videre påvirket lakseoppdrettsnæringens produktivitet og konkurransedyktighet i markedet. Analysene kunne vise at å skalere opp selskapene ga reduserte kostnader, og gode, innovative prosesser har resultert i mer produktivitet. Disse funnene er interessante å se i kombinasjonen med Sandvold (2016) sin undersøkelse av samme data for perioden 1988 til 2012. I artikkelen ble det sett på hvordan teknisk effektive produksjoner hadde bedre mulighet til å forbedre produktivitet og redusere kostnader. Samtidig så man effekten av hvordan erfaringer og læring reduserte teknisk ineffektivitet, i form av at de eldste selskapene så ut til å prestere bedre resultater enn de nyere selskapene. Dette funnet kan også påvirkes av at de eldste selskapene har naturligvis hatt muligheten til å

velge de beste lokasjonene først, som også kan ha hatt innvirkning på produksjonene. Til slutt ble det derimot sett tegn på stagnering i produktivitet utviklingen, som følge av både økte kostnader og økte priser i settefiskproduksjonen, og negativ påvirkningen på ineffektiviteten i form av ulykker, sykdom og rømminger (Sandvold, 2016; Sandvold & Tvetervås, 2014).

For settefiskproduksjon analyserte Bjørkmo (2005) effektiviteten og produktiviteten i tidsrommet 1997-2002. Studien benyttet seg også av Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelser for produksjon av laks og regnbueørret. Gjennom perioden kunne resultatene vise, ved bruk av DEA-analyser, at effektiviteten hadde forbedret seg. Tidligere ineffektive selskaper nærmet seg verdiene til de effektive selskapene, og settefiskselskapene hadde over tiden blitt bedre til å utnytte sine produksjonsressurser (Bjørkmo, 2005).

2.5.2 Tidligere studier av matfisk

Eksempler på tidligere oppgaver med lignende tematikk, men omhandlet matfiskproduksjon, er studiene av Wikeland i 2015 og Kames i 2016. Begge dekket en tidsperiode på i underkant av 10 år, og brukt lønnsomhetsdataen for produksjon av laks og regnbueørret fra Fiskeridirektoratet. De tok i bruk DEA og Malmquists produktivitetsindeks for å svare på sine respektive problemstillinger, hvor de så på effektivitet og produktivitet utvikling for norske lakseoppdrettere. I begge oppgavene kom de frem til omtrentlige like resultater, hvor de kunne se en stabil og høy effektivitet, samtidig som at produktiviteten i analysene viste en tilbakegående utvikling (Kames, 2016; Wikeland, 2015). Vassdal og Holst (2011) kunne også se i sine resultater at fra 2005-2008 i den norske lakseoppdrettsnæringa, stoppet produktivitet utviklingen nesten helt opp eller nærmere tilbakegående. De samme resultatene viste også analysene til Asche et al. (2013). De resonerte rundt denne utviklingen med at over årene så har lakseoppdrettsnæringen nådd en modningsfase, hvor det er ytre faktorer som spiller en større rolle for en potensiell videre økning. Dette er gjerne faktorer som oppdrettsselskapene har vanskeligheter for å kontrollere, som for eksempel etterspørsel i markedet og andre reguleringer (Asche et al., 2013).

3 Teori

Teorier som benyttes i denne studien er med benchmarking som grunnlag. Med dette vil det blant annet måles prestasjoner til settefiskselskapene i form av effektivitet og produktivitet. For å analysere disse vil det bli tatt i bruk DEA og Window-analyse. Disse benyttes fordi de er med på å framstille effektivitetsresultater for hvert år, samtidig som det gir muligheten til å se på utviklingen til settefiskbransjen over en tidsperiode. I tillegg vil det gås igjennom ulike modeller som er aktuelle for dette teoretiske rammeverket som CCR- og BCC-modellen, særlig skalaeffektivitet og supereffektivitet. Til slutt vil Bankertest bli presentert, som blir benyttet for testing av de ulike variablene, og er med på å finne den mest representative forskningsmodellen for oppgavens analyser.

3.1 Benchmarking

Selve definisjonen på benchmarking varierer i litteraturen, men grunnessensen er jevnt over den samme. En definisjon som ofte blir gjengitt er av Camp (1989, referert i Anand & Kodali, 2008): «Benchmarking is the search for the best industry practices which will lead to exceptional performance through the implementation of these best practices». Denne prosessen går da ut på å finne beste praksis, og hvordan man i en produksjon kan oppnå de beste og mest optimale resultatene og prestasjonene (Anand & Kodali, 2008). Altså gjøre de rette tingene på den riktige måten, med benyttelse av gode og passende mengde ressurser.

Starten på bruk av benchmarking som et verktøy var rundt 1980-tallet hvor Xerox Corporation så at de hadde høye produksjonskostnader og stilte svakere i markedet. Produksjoner som derimot lyktes, var japanske selskaper. Xerox ønsket dermed å finne ut hva selskapene i Japan gjorde i form av prosesser, bruk av materialer og metoder som skapte denne gode produktiviteten og effektiviteten. Ved å ta i bruk det de fant i sine undersøkelser, kunne de blant annet få opp produksjonseffektiviteten og samtidig redusere kostnader, som videre da var med på å styrke prestasjonene og skape en sterkere konkurransefordel i markedet (Rostamzadeh et al., 2021; Yasin, 2002). Benyttelsen av benchmarking på denne måten har i ettertid vært med på å skape mange ringvirkninger i form av utviklingen og bruk av ulike metodiske verktøy innen dette rammeverket.

Per dags dato er det hovedsakelig tre former for benchmarking som benyttes når man ser på hvilke komponenter man sammenligner i en bedrift. Disse er prosessbenchmarking,

prestasjonsbenchmarking og strategisk benchmarking. *Prosessbenchmarking* foregår i form av at man ser på hvordan de dagligdagse prosessene blir utført. Dette er gjerne de mindre prosessene i en bedrift, som ved forbedringer gjør at man fort kan se resultater.

Prestasjonsbenchmarking går ut på å skape sterkere konkurransefortrinn, ved å sammenligne hvordan sine produkter og tjenester stiller seg i forhold til konkurrerende selskaper. Dette kan være i form av kvalitet, pris, leveringstid og pålitelighet. *Strategisk benchmarking* går på de valgene som blir tatt av toppsjiktet i en organisasjon, og hvordan man kan bruke strategi for å generere langsiktige og gode resultater (Lankford, 2002).

Videre finnes det også fire typer av benchmarking som klassifiseres ut ifra hvem man sammenligner prosessene sine med. *Konkurrerende benchmarking* går ut på at man ser på prestasjonene og prosessene til en bedrifts respektive konkurrenter, også kalt ekstern benchmarking. Denne metoden tar for seg alle sidene ved strategien til konkurrentene, ikke bare produkter og tjenester, men også måten de gjør det godt i kundemarkedet. Noe som derimot gjør denne typen benchmarking utfordrende, er å skaffe seg all den nødvendige informasjon, siden man ikke nødvendigvis ønsker å levere ut til en opponent i samme marked, opplysninger som kan gi dem gode fordeler (Lankford, 2002; Raa, 2015). *Samarbeidende benchmarking* vil si at bedrifter deler gode råd for produksjonsprosesser seg imellom, og at bidragene går likt alle veier. *Samvirkende benchmarking* på sin side virker på den måten at informasjon bare går en vei for å hjelpe mot et mål. Enkelt forklart er det en ekspertgruppe på vellykkede organisasjonsprosesser som deler videre hva en bedrift kan forbedre for å lykkes (Lankford, 2002). *Intern benchmarking* til sist, ligger i ordet at man ser innover i sin egen organisasjon på hvilke prosesser som faktisk fungerer godt, og som man kan implementere i resten av organisasjonen for å skaffe de gode resultatene (Lankford, 2002; Raa, 2015).

Benchmarking er blant annet en sammenligningsmåte som ofte er benyttet for å måle den best mulige praksis av lakseoppdrettsnæringens produksjonsprosesser. Måling av effektivitet og produktivitet er gjerne sentrale i særlig kvantitativ benchmarking. Tidligere har denne type forskning som regel tatt utgangspunkt i prestasjonsbenchmarking, og mellom konkurrerende virksomheter. En slik type benchmarking er det også denne oppgaven i hovedsak blir å rette seg mot, men med vekt på en benchmarking av settefiskselskapene, siden fokuset ligger på hvilke prosesser som fungerer i produksjonene. Dette i tillegg til at det ikke skal hentes ut resultater for spesifikke selskaper i analysene, men presentere et overordnet bilde på hva det er som fungerer for bransjen i produksjon av settefisk.

3.2 Produktivitet og effektivitet

Produktivitet ser på forholdet mellom ressursene som brukes i produksjonen og de produktene og tjenestene man leverer (Fried et al., 2008). Jo mer man får ut i outputs sammenlignet med mengden inputs, jo bedre måles produktiviteten til å være. Denne måleformelen regnes gjerne som den mest benyttede metoden for å skape et bilde på prestasjoner i en organisasjon (Ray & Chen, 2015). Måleforholdet for produktivitet kan sees i formel (1) under.

$$\text{Produktivitet} = \frac{\text{output}}{\text{input}} = \frac{y}{x} \quad (1)$$

I Fiskeridirektoratets begrep om produktivitet bruker de denne formelen, med bare produksjon, som vil si salg av fisk som eneste output og årsverk som eneste input. Derimot er det i praksis sjeldent at det bare er snakk om én output og én input, og man må som oftest ta høyde for større mengder og flere faktorer som kan ha en innvirkning. For eksempel for produksjon av settefisk hvor prosessene består av flere elementer som virker inn. For å ta i betraktning de momentene som er til stede rundt en produksjon, kan totalfaktorproduktiviteten benyttes. Totalfaktorproduktivitet ser på det vektete forholdet mellom mengden outputs og inputs, og får på denne måten tatt med relative priser og verditall på vektete variablene (Coelli et al., 2005; Ray & Chen, 2015). De vektete variablene tar derfor for seg flere faktorer som kan spille inn på produktivitetmålingene, og for eksempel erstatte priser. Vektene legger relevans på viktigheten og den relative rollen input- og outputvariablene har i produksjonsprosessene (Camanho & D'Inverno, 2023). Her i formel (2) er formulering for totalfaktorproduktiviteten fremstilt med u_r og v_i som vekter for henholdsvis output hvor $r = (1, \dots, s)$ og for input hvor $i = (1, \dots, m)$.

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

Videre går effektivitet ut på å måle hvordan inputs og outputs faktisk blir benyttet i produksjonen, sammenlignet med hva som vil vært den best mulige og gunstige sammensetningen (Fried et al., 2008). Effektiviteten henger sammen med produktivitet, og kan sees på som et mål av produktiviteten som relativ til hva som er beste praksis (Raa, 2015). Nedenfor er det i formel (3) illustrert $\frac{y}{x}$ som faktisk produksjonsproduktivitet, og $\frac{y^*}{x^*}$ som den beste oppnåelige sammensetningen i praksis.

$$\text{Effektivitet} = \frac{\frac{y}{x}}{\frac{y^*}{x^*}} \leq 1 \quad (3)$$

Teknisk effektivitet er en sentral komponent innenfor effektivitetsbegrepet, og ble først definert av Farrell (1957). Teknisk effektivitet ser på å få det optimale ut av produksjonen. Dette med å få mest mulig ut av outputs, med mengden inputs som er gitt og teknologien som ligger til grunn. Her er målet å ikke unødvendig kaste bort midler og ressurser som kan være til god nytte i prosessene (Fried et al., 2008).

For å kunne måle effektiviteten av produksjon og dens respektive prosesser, finnes det metoder innenfor benchmarking som gjør nettopp dette, blant annet DEA og SFA. Disse metodene er også tidligere benyttet i prestasjonsmåling av oppdrettsfiskssektoren, og har vist seg som relevante og nyttige i forskningsanalysene. DEA har blitt brukt til å måle effektivitet med hensyn til flere input/output, og setter vektene for det som skal analyseres (Golany & Roll, 1989). SFA er blitt benyttet ved å måle effektivitet og ineffektivitet opp mot en produksjonsfront som representerer beste praksis, med hensyn til teknologien og inputene som ligger til grunn (Asche & Roll, 2013). For denne oppgaven er det DEA som vil brukes i effektivitetsanalysene på settefiskproduksjonen.

3.3 Data Envelopment Analysis (DEA)

DEA er en deterministisk og ikke-parametrisk metode innenfor benchmarking, som tar utgangspunkt i en optimal standardmodell, som brukes som en referanse for prestasjonene og effektiviteten til de aktuelle enhetene i analysen. De faktiske prestasjonene sammenlignet opp mot det optimale potensialet er da med på å måle effektiviteten (Bogetoft & Otto, 2011). Enhetene som analyseres blir på fagspråket kalt for DMUer, kort for «decision-making units». Bruk av DEA ble først utviklet av Charnes, Cooper og Rhodes, når de i 1978 matematisk utformet denne teknikken basert på arbeidet til Farrell (1957). Ved å benytte en lineær programmeringsteknikk, dannes det en front av antatte fullt effektive DMUer som skal representere «beste-praksis», som resten av de aktuelle DMUene sammenlignes opp mot i analysen (Rostamzadeh et al., 2021).

Ved bruk av DEA blir den relative effektiviteten til DMUene estimert, med en måling av det vektete forholdet mellom outputs og inputs. I tillegg legges det til grunn at enhetene er homogene. Dette er for at en sammenligning mellom dem skal gi mening og at de stiller med nokså like forutsetninger (Golany & Roll, 1989; Rostamzadeh et al., 2021). I artikkelen til

Rostamzadeh et al. (2021) fremstiller de litteraturstudien de har gjort på selve analysemetoden benchmarking ved bruk av DEA. De gjennomførte en systematisk gjennomgang av tidligere litteratur på forskjellige bransjer hvor det er blitt benyttet DEA, mellom år 2003-2020. Det de kunne se helhetlig var at ved bruk av DEA, får man på en nyttig og kostnadseffektiv måte målt hver enhets aktiviteter innenfor den aktuelle bransjen. DEA som et verktøy vil dermed kunne hjelpe en organisasjon til å undersøke optimal prestasjon, og finne hvilke områder som kan forbedres for å nå sine mål. Etter sin introduksjon på 70-tallet har også benyttelsen av DEA økt betraktelig, og det finnes en god mengde forskning med denne analyseteknikken som grunnlag (Bogetoft & Otto, 2011).

DEA-analyser kan gjennomføres med en inputorientert eller en outputorientert modell. Med en outputorientert modell vil man i effektivitetsanalysen forsøke å få mest mulig ut av modellens outputs, samtidig som man holder den gitte mengden av inputs konstant. Motsatt med en inputorientert modell, vil man prøve å minimere bruken av inputs, men fortsatt oppnå og opprettholde en gitt mengde av outputs (Camanho & D'Inverno, 2023). For denne oppgaven blir analysene å gjennomføres med en inputorientert DEA-modell, som også blir å representere formlene som blir illustrert for de ulike analysemodellene i dette kapitlet. Grunnen til at det er aktuelt å benytte en inputorientert modell her, er for å se hvordan inputene påvirker outputen og dermed settefiskselskapenes effektivitet. Samtidig får man sett på utviklingen av utnyttelsene av inputene, og hvor det eventuelt kan spares inn på forbruket.

DEA har fordel i at den som forskningsmetode er god til å enkelt kunne framstille effektivitetsresultatene til en sammensetning av en eller flere input og output, og hvordan effektiviteten er relativ til for eksempel størrelsen på produksjonene. På den andre siden er det viktig å ta i betraktning ulempen med at det ikke blir tatt hensyn til eventuelle elementer rundt det som blir analysert, altså støy, som da kan forstyrre og forkludre resultatene (Bogetoft & Otto, 2011).

3.3.1 CCR-modellen

Charnes, Cooper og Rhodes er navnene bak CCR-modellen, som de første til å introdusere den matematiske formuleringen av DEA i 1978, som tidligere nevnt. Denne modellen var i starten utgangspunktet for målingen av effektiviteten med å beregne input-output forholdet, uten å vekte for andre forhåndsgitte faktorer (Banker et al., 1984; Charnes et al., 1978). CCR-modellen legger til grunn et konstant skalautbytte, som vil si en forutsetning om CRS hvor

CRS er forkortet for *constant returns to scale* (Charnes et al., 1978; Cova-Alonso et al., 2021).

Formulering for CCR-modellen ble utviklet som et lineært programmeringsproblem (LP) når det ble sett på vektete verdier i modeller bestående av flere inputs og outputs. Formlene (4) under viser LP-formuleringen, også kalt multiplikatormodellen (Charnes et al., 1978; Cooper et al., 2007; Cooper et al., 2011).

$$\begin{aligned} \text{Max: } z &= \sum_{r=1}^s \mu_r \gamma_{r0} \\ \text{når: } \sum_{r=1}^s \mu_r \gamma_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0 \quad (j = 1, \dots, N); \quad (4) \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} &= 1 \\ \mu_r, v_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Her i formulering er tredje ledd restriksjonen for modellen som legger til grunn at for vektete inputs er summen lik 1. Ut ifra denne restriksjonen ønsker man å finne den høyeste mulige sumverdien på vektete outputs til DMUer. γ_{rj} er verdien på output r til DMU j , mens x_{ij} er tilsvarende verdi bare for input i . v er vektor til input og z et tegn på den relative effektiviteten til DMU (Golany & Roll, 1989).

Videre kan denne modellen uttrykkes med en dualformulering, som blir oftere brukt i praksis. Den blir også kalt for «envelopment»-modellen, eller omhyllingsmodellen, og kan sees i formlene (5) under (Cooper et al., 2007; Cooper et al., 2011).

$$\begin{aligned} \theta^* &= \min \theta \\ \text{når: } \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j &\leq \theta x_{i0} \quad (i = 1, \dots, m); \quad (5) \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j &\geq \gamma_{r0} \quad (r = 1, \dots, s); \\ \lambda_j &\geq 0 \quad (j = 1, \dots, N). \end{aligned}$$

I denne formuleringen forsøker man å se på effektivitetsskalering og finne den potensielle nedre grensen for hvor mye DMUens inputs kan reduseres, samtidig som output holdes likt. Variabelen λ_j angir her den vektete DMU som opererer som en sammenligningsfaktor til den observerte DMU (Cooper et al., 2011; Golany & Roll, 1989).

3.3.2 BCC-modellen

Seks år senere i 1984 ble BCC-modellen introdusert, da Banker, Charnes og Copper videreførte utformingen av CCR-modellen. Til forskjell fra CCR-modellen, er det for BCC-

modellen en forutsetning for et variert skalautbytte, altså VRS, hvor VRS står for *variable returns to scale* (Banker et al., 1984; Cova-Alonso et al., 2021). I denne videreføringen tok de med i beregningene at man i en DEA-analyse ikke alltid bare stiller med DMUer som oppfyller optimale skala og tekniske effektivitetsmål. Med VRS-modellen vil man få generelt et mer realistisk bilde på den faktiske produksjonsteknologien (Banker et al., 1984; Cooper et al., 2011; Ray & Chen, 2015).

Videreutviklet fra CCR-modellens dualformulering, er det samme formulering for BCC-modellen, men at det legges til en ny begrensning som kan sees under i formel (6).

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (6)$$

Denne ekstra restriksjonen gjør det mulig å se på effektene av de ulike variasjonene i skalautbytte (Cooper et al., 2011). Samtidig vil denne modellen sammenligne DMUer som er av lik størrelse, og danne en konveks produksjonsfront nærmere de eksisterende DMUene (Coelli et al., 2003; Cooper et al., 2007).

3.3.3 Skalaeffektivitet

For å undersøke hvordan en DMU faktisk opererer i forhold til optimal skala, kan man se på forholdet mellom CRS og VRS. Det gjøres ved at man sammenligner den overordnede effektiviteten med den tekniske effektiviteten (Banker et al., 1984; Coelli et al., 2005). Ved måling av skalaeffektivitet kan man se hvor stor eller liten avstanden til en DMU er, for å operere med optimal skala, og om skalautbytte er økende eller synkende (Bogetoft & Otto, 2011). I formel (7) under, er formelen for målingen av om en enhet eller et selskap da er effektiv eller ineffektiv i forhold til optimal skala. TE_{CRS} er betegnelsen for en produksjons totale effektivitet med både teknisk- og skalaeffektivitet, og TE_{VRS} viser for bare den rene tekniske effektiviteten (Coelli et al., 2005).

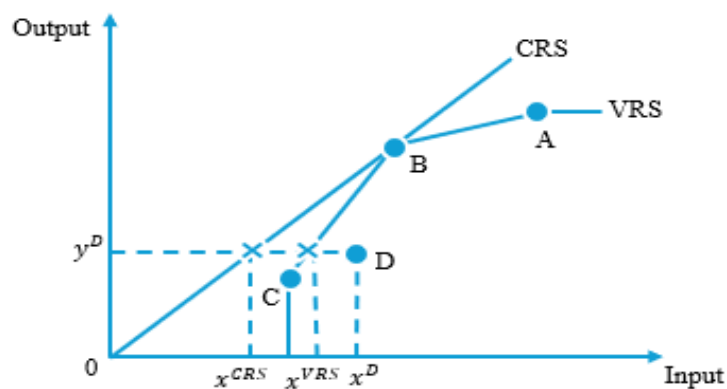
$$\text{Skalaeffektivitet (SE)} = \frac{TE_{CRS}}{TE_{VRS}} = \frac{\text{Total effektivitet}}{\text{Ren teknisk effektivitet}} \quad (7)$$

Coelli et al. (2005) viser til at hvis et selskap har konstant skalautbytte og viser CRS i sin effektivitetsmodell, vil den følgelig da være automatisk skalaeffektiv med optimal skala. Ved bruk av en VRS effektivitetsmodell derimot, kan produksjonsskaleringen havne i to kategorier. Med en produksjon som har en for stor dimensjon i forhold til selskapet, havner inn under *decreasing returns-to-scale* (DRS), altså et avtakende skalautbytte. Motsatt er det

for en produksjon som har et for lite omfang i forhold til selskapet, og får *increasing returns-to-scale* (IRS), altså et økende skalautbytte. I slike tilfeller kan selskapene justere driftens skalering opp eller ned, alt etter hva som er aktuelt for å ha en produksjon nærmere optimal skala (Coelli et al., 2005; Ray & Chen, 2015).

Matematisk skalautbytte til DMUer fremstilles med konvekstrestriksjonen $\sum \lambda_j = 1$ for TE_{VRS} . For CCR-modellen og da TE_{CRS} , er $\sum \lambda_j$ fri, som gjør at man kan finne skalaegenskapene. Ved et konstant skalautbytte, CRS, er $\sum \lambda_j = 1$, altså opereres det med optimal skala. Foreligger det et økende skalautbytte, IRS, er $\sum \lambda_j < 1$, og ved et synkende skalautbytte, DRS, er $\sum \lambda_j > 1$ (Banker et al., 2011).

Siden det må estimeres både CRS og VRS for å måle skalaeffektivitet, er det nedenfor i figur 6 illustrert hvordan forholdet mellom de to skalagrensene kan se ut grafisk. Her er fronten for CRS en illustrasjon på fronten hvor alle de ulike selskapene blir benchmarket mot hverandre, helt uavhengig av størrelsen på selskapet eller deres produksjon. Fronten for VRS illustrerer derimot fronten som tar hensyn til ulike størrelser på selskapene. Her legges det til rette for at små produksjoner måles opp mot andre små produksjoner, og store produksjoner måles mot andre store produksjoner (Coelli et al., 2003).



Figur 6: Skalaeffektivitet

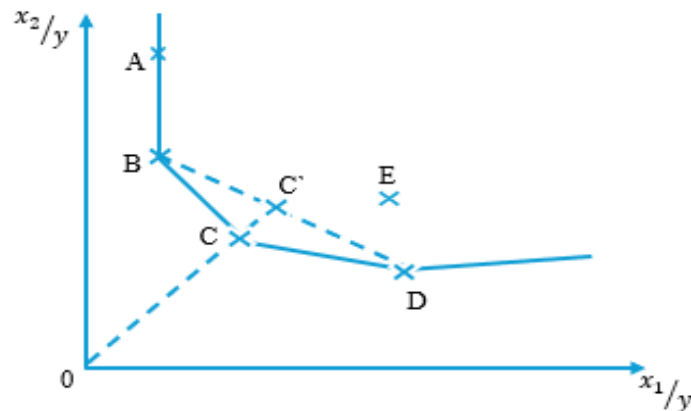
Kilde: Bogetoft og Otto (2011), s. 100 & Coelli et al. (2003), s.16

Punkt A, B, C og D kan sees på som eksempler på ulike bedrifter i denne målingen på skalaeffektivitet. Her vil bedrift B fremstille en produksjon som operer med optimal skalering, da grafene for CRS og VRS viser like verdier for input og output, og dermed høyest produktivitet. Bedrift D ligger utenfor begge frontene som tyder på både skalaineffektivitet og teknisk ineffektivitet. Punkt x^D sin avstand til punkt x^{VRS} viser nødvendig endring for å kunne bli teknisk effektiv, mens avstanden mellom punktene x^D og

x^{CRS} viser den totale ineffektiviteten. Lengden mellom x^{CRS} og x^{VRS} viser området for skalaineffektivitet, som her er med på å vise hvor mye bedrift D kan få sin effektivitet økt skulle den få en nærmere optimal skalering på produksjonen (Bogetoft & Otto, 2011; Coelli et al., 2003).

3.3.4 Supereffektivitet

Etter benyttelse av CRS og VRS for å undersøke skalaeffektiviteten til DMUer, støter man på en utfordring i DEA-modellen. Når man har analysert frem hvilke enheter som er fullt effektive med en effektivitetsscore lik 1, oppstår problemet med å rangere disse da det ofte er flere selskaper som viser seg å ha optimal effektivitet. I 1993 kom Andersen og Petersen med supereffektivitetsmodellen som en løsning på begrensningen (Bogetoft & Otto, 2011; Cook et al., 2009). Ved supereffektivitet får man muligheten til å se på forbedringspotensialene til DMUene, hvor det også gir rom for en effektivitetsscore høyere enn 1. I realiteten vil dette bety hvor mye mer input som kan benyttes før, for eksempel her, punkt C i figur 7, blir ineffektivt. Med dette får man rangert og differensiert de aktuelle, effektive enhetene (Andersen & Petersen, 1993).



Figur 7: Supereffektivitet

Kilde: Andersen og Petersen (1993), s. 1263 & Bogetoft og Otto (2011), s. 116

I figur 7 over er effekten av supereffektivitet illustrert ved bruk av to inputer for å produsere en output. Her er det tatt i betraktning en standard DEA-modell (som formel 5), hvor det er tillagt effekten av supereffektivitetsmodellen ($j \neq 1$). Punktene for B, C og D danner DEA-modellens referansefront, og har alle en målt effektivitet lik 1. Figuren viser et eksempel på hvor man fjerner referansepunkt C, og den nye fronten dannes av punkt B og D i supereffektivitetsmodellen. Dette fører til at man får et nytt punkt C'. Punkt C får nå en effektivitetsscore høyere enn 1. Enhet C må øke en inputvektor, men fortsatt kunne være

effektiv, samtidig som den blir styrt av en kombinasjon av enhet B og D. Den nye effektiviteten til C kan måles ved å se på differanseforholdet mellom avstandene til punkt C' og punkt C (Andersen & Petersen, 1993; Bogetoft & Otto, 2011).

En fordel med å benytte supereffektivitet, er at modellen har vist seg effektiv når det kommer til å identifisere eventuelle outliers i et datasett. Ved å få en oversikt over outliers, får man mulighet til å luke bort ekstrempunktene som ikke egner seg som representative referansepunkt for den aktuelle dataen. På en annen side er det derimot blitt sett at den egentlige tenkte benyttelsen av supereffektivitet, har noen begrensninger. Dette kommer i form av at modellen faktisk ikke alltid er like effektiv når det gjelder riktig rangering av DMUer. Grunner til dette er komplikasjoner når DMUer har ulike input/output verdier, eller at de nye effektivitetsscorene får utrolig høye verdier (Banker et al., 2017).

3.4 Window-analyse

Måling av effektivitet ved bruk av Window-analyse ble fremstilt som en tilnærming innenfor DEA i 1984 av Charnes et al., hvor de ville studere effektiviteten av vedlikeholdsarbeidet i USAs luftstyrker (Charnes & Cooper, 1984; Webb, 2003). Denne analysemetoden har bakgrunn i effektivitetsmålinger på samme tid av den amerikanske hærens ledelse og rekrutteringsmyndigheter (Charnes et al., 1984).

Window-analyse er en teknikk for å måle den gjennomsnittlige effektiviteten til DMUer i ulike tidsperioder, som her blir kalt for vinduer. Denne analysen baserer seg på konseptet om måling av et glidende gjennomsnitt for å kunne se på prestasjonstrenden over tid (Cooper et al., 2007). Gjennomføring av denne effektivitetsestimeringen gir dermed mulighet til å betrakte og sammenligne en enhets prestasjoner i ulike tidsrom med hverandre. På denne måten skilles og sammenlignes ytelsesmålingene til en DMU som om de skulle vært helt separate enheter (Asmild et al., 2004; Cooper et al., 2011).

I tilnærmingen for Window-analyse tar man utgangspunkt i N DMUer ($j = 1, \dots, N$) som blir observert i P perioder ($t = 1, \dots, P$), og hvor alle enhetene benytter r inputs for å få produsert s outputs. Dette gir at utvalget for analysen har $N \times P$ observasjoner, og følgende en observasjon j i periode t . For DMU_t^N , vil den da ha en r -dimensjonal inputvektor $x_t^j = (x_{1t}^j, x_{2t}^j, \dots, x_{rt}^j)'$, samt en s -dimensjonal outputvektor $y_t^j = (y_{1t}^j, y_{2t}^j, \dots, y_{st}^j)'$. Tidsvinduet for

den valgte perioden starter på tidspunkt k , $1 \leq k \leq P$ og med en bredde w , $1 \leq w \leq P - k$, er betegnet med k_w og har $N \times w$ observasjoner (Asmild et al., 2004; Shahraki et al., 2018).

For Window-analysen følger følgende matriser for henholdsvis inputs X_{kw} og outputs Y_{kw} , sett i formlene (8) under (Asmild et al., 2004; Peykani et al., 2021):

$$X_{kw} = \begin{bmatrix} x_k^1 & x_k^2 & \cdots & x_k^N \\ x_{k+1}^1 & x_{k+1}^2 & \cdots & x_{k+1}^N \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{k+w}^1 & x_{k+w}^2 & \cdots & x_{k+w}^N \end{bmatrix} \quad Y_{kw} = \begin{bmatrix} y_k^1 & y_k^2 & \cdots & y_k^N \\ y_{k+1}^1 & y_{k+1}^2 & \cdots & y_{k+1}^N \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{k+w}^1 & y_{k+w}^2 & \cdots & y_{k+w}^N \end{bmatrix} \quad (8)$$

Tidsvindue kan man justere etter behov for de periodene man ønsker å dekke om gangen (Cooper et al., 2011). For analysene i denne oppgaven vil det bli tatt i bruk vinduer som strekker seg over tre år, og ender dermed opp med seks ulike tidsvinduer.

I tidligere studier har bruken av Window-analyse kunne bidratt med at man får flere enheter å måle i analysene, på grunn av tidsvindue som blir målt som fører med seg at samme enheter blir målt flere ganger. Dette gir en større bredde i det respektive datasettet (Avkiran, 2004; Kutlar et al., 2015). Samtidig er det viktig å ta i betraktning at operer man med for store vinduer, kan eventuelle elementære endringer fra et år til et annet bli overskygget av vinduene (Paradi et al., 2011).

3.5 Statistisk metode: Bankertest

I 1993 introduserte Banker hypotesetesting med målet om å undersøke om valgte forskningsmodeller var gunstige for analyser ved bruk av DEA. Det ble raskt en utvikling av denne statistiske testmetoden på 90-tallet, som har gitt et godt spekter for å teste produksjonsfrontens karakteristikker. Målet med å utføre disse Bankertestene er å teste etter eventuelle signifikante variabler eller forskjeller mellom ulike modeller. Dette gjøres ved å sammenligne effektiviteten til to ulike modellsammensetninger av aktuelle variabler for gitt datasett (Banker, 1993, 1996; Banker & Natarajan, 2011).

I Bogetoft og Otto (2011) fremstilles fremgangsmåten ved hypotesetestingen at man først antar et utgangspunkt i to ulike datasett, T_1 med N_1 input og T_2 med N_2 input, hvor $N_2 > N_1$. Det vil si at T_2 representerer et datasett med både flere input og restriksjoner enn T_1 . I et slikt tilfelle vil høyere antall restriksjoner gi T_2 et mindre teknologiset, som videre resulterer i at effektivitetsscore E_2 er lik eller høyere sammenlignet med effektivitetsscoren E_1 til T_1 . Dette

gir $E_1 \leq E_2 \leq 1$. For å teste om det er signifikante forskjeller mellom de to modellenes fordeling av effektivitetsscore i Bankertesten, er estimatene definert som g_1 og g_2 , for henholdsvis T_1 og T_2 for N antall DMUer i de to datasettene. Med dette får man følgende hypotese som skal testes, vist under (Bogetoft & Otto, 2011):

$$H_0: g_1 = g_2 \quad \text{mot} \quad H_1: g_1 \neq g_2$$

I hypotesetesten vil nullhypotesen H_0 representere når T_1 er lik T_2 , og alternativet H_1 representerer når T_1 og T_2 er ulike. Ved tilfeller hvor det er lite signifikante forskjeller mellom effektivitetsfordelingen, har ikke restriksjonene noen spesiell betydning og hypotese H_0 beholdes og bør velge modell T_1 . Er det derimot betydelig forskjell mellom datasettene, burde man velge modell T_2 og forkaste nullhypotesen (Bogetoft & Otto, 2011). Ved eksponential fordeling av effektiviteten, vil teststatistikken bergens som vist under i formel (9):

$$T_{\text{EXP}} = \frac{\sum_{j=1}^N (E_1^j - 1)}{\sum_{j=1}^N (E_2^j - 1)} \quad (9)$$

Her er henholdsvis E_1^k og E_2^k inputeffektiviteten for DMU_j for settene T_1 og T_2 . Nullhypotesen blir forkastet skulle T_{EXP} vise seg å være større enn kritisk verdi på 95% signifikansnivå. Er det i stedet en halvnormal fordeling av effektivitetsscorene, vil teststatistikken uttrykkes som i formel (10) under (Bogetoft & Otto, 2011):

$$T_{\text{HN}} = \frac{\sum_{j=1}^N (E_1^j - 1)^2}{\sum_{j=1}^N (E_2^j - 1)^2} \quad (10)$$

I denne formelen vil høye verdier av $E(N_1, N_2)$ være kritiske verdier for nullhypotesen, og blir forkastet når T_{HN} er større. I siste formel (11) her under, fremstilles den ikke-parametriske Komlogorov-Smirnov teststatistikken (Bogetoft & Otto, 2011):

$$T_{\text{KS}} = \max_{j=1, \dots, N} \{|G_1(E^j) - G_2(E^j)|\} \quad (11)$$

For de to modellene er G_1 og G_2 de empiriske kumulative fordelingene, hvor T_{KS} dermed utgjør den største vertikale lengden mellom fordelingene. Ved denne testformelen vil nullhypotesen forkastes hvis T_{KS} uttrykker en høy verdi, da dette tyder på signifikante ulikheter mellom G_1 og G_2 (Bogetoft & Otto, 2011).

4 Metode og datamateriale

For denne oppgaven vil det benyttes en kvantitativ forskningsmetode, med bakgrunn i at det benyttes sekundær lønnsomhetsdata innhentet fra Fiskeridirektoratet. Forskningsdesign og kvaliteten på analysen i form av blant annet reliabilitet og validitet er relevante i slike oppgaver, og vil bli nærmere forklart i dette kapitlet. I tillegg vil innsamlingen og beskrivelse av det aktuelle datamaterialet bli fremstilt her. Dette vil også inkludere en gjennomgang av forskningsmodellen brukt i analysene og operasjonalisering av de ulike forskningsvariablene. Til slutt vil kvalitetssikringen av datasettet i form av en outlieranalyse fremstilles og en kort presentasjon av datamaterialets deskriptive statistikk.

4.1 Forskningsdesign

I mange tilfeller ved bruk av kvantitativ data og denne type undersøkelse på effektivitetsutvikling av settefiskselskap, har man i bunnen en positivistisk synsmåte på det man skal undersøke som det vitenskapsteoretiske utgangspunktet. Det vil si at man forsøker å finne ut av en objektiv virkelighet, at det man forsker på og får som resultater stemmer overens med hvordan det faktisk fungerer og er i realiteten (Busch, 2022). Med tanke på at man her i denne situasjonen undersøker innhentede talldata fra oppdrettsselskaper, er det relevant å tro at funnene reflekterer produksjonseffektivitetene i praksis. Samtidig vil oppgaven ha et ekstensivt design på grunn av innhenting av data fra et flertall av enheter, og man får et bredere utvalg som så skal generaliseres mot en mer avgrenset problemstilling (Busch, 2022).

Relevant for denne oppgavens utforming, problemstilling og det aktuelle datagrunnlaget bestående av talldata for flere år, vil det benyttes en kvantitativ analysemetode som nevnt kort tidligere. Videre på grunn av at det er innsamlet data for flere enheter på et tidspunkt for hvert år, benyttes det paneldata som en kombinasjon av tverrsnittundersøkelse med tidsseriedata (Busch, 2022; Hayes, 2021).

Sentralt ved bruk av kvantitativ analyse er det viktig å ha definerte analysemodeller som DEA blant annet i dette tilfellet (Busch, 2022). I tillegg er det nyttig å undersøke datasettet for eventuelle målefeil eller ekstreme verdier før man foretar den representative dataestimeringen (Saunders et al., 2009). For å luke ut disse verdiene og gjøre en outlieranalyse, vil det tas i bruk en supereffektivitetsanalyse, da denne metoden har vist seg effektiv ved identifisering av

slike ekstremverdier. Ved å fjerne outliers, vil man få et bedre representativt og overordnet resultat for de gjennomsnittlige observerte variablene, og kunne vise til de eventuelle avvikene (Banker et al., 2017).

4.2 Datagrunnlag

For gjennomførelsen av denne oppgavens analyser, vil det bli benyttet anonymisert sekundærdata innhentet fra Fiskeridirektoratet for tidsperioden 2015-2022 (Fiskeridirektoratet, 2024b). Datamaterialet er data som Fiskeridirektoratet benytter i deres årlige lønnsomhetsundersøkelser for produksjon av laks og regnbueørret. Dette er et datagrunnlag som er dekkende og oversiktlig nok for å kunne gjennomføre analysen som passer med oppgavens forskningstema og problemstilling. Hvert år blir det gjort lønnsomhetsundersøkelser for både matfisk- og settefiskproduksjon (Fiskeridirektoratet, u.d.-b), men her vil bare tallene for produksjonen av settefisk bli inkludert i analysene. Lønnsomhetsundersøkelsene er innhentet fra oppdrettsselskapene i den norske akvakulturen, hvor det er rapportert inn informasjon om inntekter, kostnader, produksjon og regnskapsbalansen (Fiskeridirektoratet, 2023b). Denne innrapporteringen er lovpålagt for alle med akvakulturtillatelse for å drive produksjon av oppdrettsfisk (Akvakulturloven, 2005, §24; Fiskeridirektoratet, u.d.-c).

For å få tilgang til dette datamaterialet, ble det sammen med veileder sendt inn til Fiskeridirektoratet et utfylt søknadsskjema, som de har for den som ønsker å søke om data til ulike forskningsmål. Inkludert i skjemaet ble det etterspurt grunnlagsdata som blir benyttet i lønnsomhetsundersøkelsen, samt den ønskede tidsserien. I tillegg ble en kort prosjektbeskrivelse av denne masteroppgaven presentert, og hva formålet med dataen var. Når søknaden ble godkjent etter et par uker, ble dataen tilsendt i form av en kryptert Excel-fil. Et viktig element som ble tatt med i søknaden var betingelsen om anonymisert data for bransjen, og at selskapene ikke skal bli identifisert. Dette henger sammen med at oppgavens analyser kommer til å ha fokus på å vise utviklingen på bransjenivå, dette for å beholde dataen anonymisert så det ikke vil være mulig å identifisere de ulike oppdrettsselskapene. For eksempel vil utførelsen av Window-analysene i henhold til det aktuelle datagrunnlaget for denne oppgaven, bare se på utviklingen til den samlede gjennomsnittlige effektiviteten for alle selskapene og ikke enkelte enheter. Før selve hovedanalysen vil dataen også gås igjennom, samt kvalitetssikre dataen slik at det er ferdigstilt og klar til å bli analysert.

4.2.1 Utvalg og representativitet

I datautvalget var det i 2022 høyest representasjon med 81 settefiskselskaper inkludert i lønnsomhetsundersøkelsene. Derimot var det lavest antall representerte i 2017 med bare 68 selskaper. De resterende årene i tidsperioden har det vært små svingninger i antall selskaper som er tatt med i datasettet. I 2022 kunne utvalget representere hele 89,3% av alle settefisktillatelsene i drift, også kalt konsesjoner. Lavest representasjon av tillatelsene i utvalget for perioden var også i 2017 med bare 71,7%. Neste lavest representativitet var på ca. 81% i 2015. Den økte representativiteten de seneste årene kan sees i betraktning av at antallet totale tillatelser samtidig har sunket (Fiskeridirektoratet, 2013, 2018, 2023b).

I tabell 1 nedenfor kan man se hvor stor andel av de selskapene som driver med settefisk er representert i det opprinnelige datasettet for oppgaven. Samtidig kan man se antallet tillatelser/konsesjoner for å drive med settefisk som også inngår i undersøkelsen (Fiskeridirektoratet, 2023b). Det er en nokså jevn representativitet over denne perioden på åtte år, som legger til grunn et robust datasett for analysene.

Tabell 1: Representativitet i datautvalget

Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021b, 2022, 2023b)

År	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Totale antall konsesjoner i drift	189	187	194	169	170	173	165	169
Antall konsesjoner i undersøkelsen	153	156	139	145	144	146	141	151
Representativitet i %	80,95	83,42	71,65	85,80	84,71	84,39	85,45	89,35
Antall selskap i undersøkelsen	78	77	68	72	73	71	73	81
Gj.sn. konsesjoner per selskap	1,96	2,03	2,04	2,01	1,97	2,06	1,93	1,86

De utregnende gjennomsnitt på konsesjoner per selskap tar utgangspunkt i de antall konsesjonene og selskapene som faktisk er inkludert i lønnsomhetsundersøkelsene. I denne tabellen kan man se at det er viktig å ta i betraktning de begrensningene som foreligger i datasettet som er brukt til analysene i denne oppgaven. Representativiteten i dataen viser for eksempel at i 2017 var året med flest antall konsesjoner i drift, likevel har dette året lavest antall konsesjoner inkludert i undersøkelsen. Dette viser at det ikke er alltid at utvalget helt nøyaktig vil representere hvordan det faktisk er i virkeligheten.

4.3 Datakvalitet

Ved fremstilling av resultatene av analysen, vil det være viktig å trekke frem begrepene reliabilitet og validitet. Reliabilitet går på pålitelighetene til resultatene. Det vil si om det er funn som er konsekvente, og som vil kunne gi like observasjoner og resultater om man forsøker lik analyse på nytt ved et senere tidspunkt (Saunders et al., 2009). Ved bruk av DEA-analyse og Window-analyse er dette analysemetoder som er godt egnet for å måle effektivitet og utviklingen opp gjennom flere år. I tillegg er det gjennomført flere lignende studier på Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelser tidligere. Denne kombinasjonen gjør det mulig å gjøre tilsvarende analyser flere ganger og med nyere tidsserier, for å undersøke om denne oppgavens observasjoner og resultater stemmer.

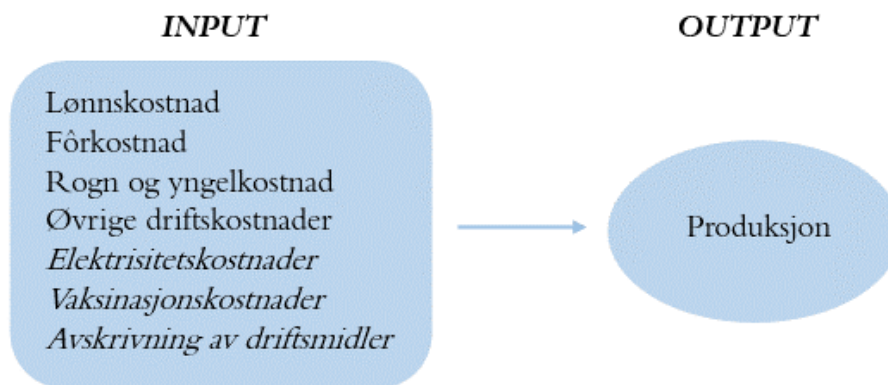
Samtidig er det derimot viktig å ta høyde for elementer som kan forstyrre resultatenes pålitelighet. Ved datainnsamling kan det ofte forekomme tilfeller med eventuelle feilrapportering eller feil ved innplotting av data, som kan virke forstyrrende på analysefunnene. For å sikre reliabiliteten ved bruk av DEA som er en deterministisk metode og ikke hensyntar disse tilfeldige feilene og manglene i dataen, er det å gjennomføre blant annet outlieranalyse et nyttig verktøy for å luke ut de avvikende verdiene (Bogetoft & Otto, 2011; Dyson et al., 2001).

Validitet innebærer å gjøre undersøkelser på det man faktisk ønsker å analysere, at det ikke er andre faktorer som virker inn som gir feilaktige observasjoner (Saunders et al., 2009). Datasettene fra Fiskeridirektoratet inneholder informasjon som i utgangspunktet godt vil reflektere ressursbruken og produksjonen til de ulike oppdrettsselskapene. I tillegg blir lønnsomhetsundersøkelsene oppdatert hvert år med ferske tall fra landets oppdrettsselskaper. Her er det samtidig verdt å være obs på at manglende bokførte verdier i datasettet, og endringer av identifiseringskodene til settefiskselskapene kan virke svekkende på validiteten.

Sammensetning av input og output i forskningsmodellen er viktig at er relevant for det man ønsker å undersøke for sikre validiteten til analysene. For denne oppgaven benyttes det variabler som har gått igjen i lignende forskning rundt samme tema tidligere, og som er naturlige at inngår i produksjon av settefisk. Ved bruk av Bankertest vil variabler i den aktuelle forskningsmodellen i tillegg bli testet for om de er signifikante, og aktuelle for analyse av produksjonens effektivitet (Bogetoft & Otto, 2011). Samtidig brukes det lik måleenhet for alle variablene i form av kroner, for å få en jevn måling (Dyson et al., 2001).

4.4 Forskningsmodell

For å gjennomføre en effektivitetsanalyse behøves det en relevant input- og outputsammensetning for å beregne enhetenes effektivitet, og for på en best mulig måte få beskrevet produksjonsprosessen av settefisk. Med disse variablene får man da målt prestasjonene på en effektiv måte, og kunne se på ulike faktorer sin påvirkning på settefiskselskapenes effektivitet og produktivitet i produksjonen (Dyson et al., 2001; Fiskeridirektoratet, 2023b). I denne oppgaven brukes det som utgangspunkt en forskningsmodell som er bestående av én output og syv inputs. Disse kan sees i figur 8 under. De tre inputvariablene skrevet i kursiv er de tre inputene som vil bli testet for signifikans i modelltestingene ved bruk av Bankertest, hvor det da avgjøres hvilke variabler som vil bli inkludert i den endelige forskningsmodellen som vil bli benyttet i analysene.



Figur 8: Forskningsmodell

Nedenfor står det nærmere om operasjonaliseringen og en kort beskrivelse av disse forskningsvariablene, samt vises det til eventuelle beregninger.

4.4.1 Input

4.4.1.1 Lønnskostnad

Denne variabelen inkluderer kostnadene som inngår for å betale for arbeidsinnsatsen som er gått til produksjon av settefisk. I flere lignende oppgaver som er skrevet tidligere blir lønnskostnad ofte benyttet, forklart med at lønnskostnadsvariabelen antas å fremstille nokså nøyaktig tall. Denne type input er blant annet blitt benyttet i matfiskstudiene av (Wikeland, 2015), Mercer og Odden (2016), og Kristiansen og Pettersson (2019). Gjennom perioden har lønnskostnaden pr. stk. for settefiskproduksjonen utgjort en omtrentlig dobbel så stor andel av totale produksjonskostnader, sammenlignet med lønnskostnadene i matfiskproduksjonen. I

2017 var lønnskostnaden for settefiskproduksjonen 19,5% av produksjonskostnadene, hvor for matfiskproduksjonen var lønnskostnaden 8,9% av de totale kostnadene. I 2022 var samme kostnad henholdsvis redusert til 14,4% og 7,2% (Fiskeridirektoratet, 2018, 2023b). Denne forskjellen i lønnskostnaden viser til at settefiskproduksjonen er mer intensiv og krever mer arbeid i anleggene. Dette fører også til at endringene i lønnskostnadene har større innvirkning på settefiskproduksjonen, sammenlignet med matfiskproduksjon (Fiskeridirektoratet, 2023b).

4.4.1.2 Fôrkostnad

Fôrkostnaden viser forbruket av fôr i kroner. Dette er en kostnad som har vært i stadig økning opp igjennom årene, og i 2022 lå den i gjennomsnitt på 2,99 kr pr. stk. solgte fisk. Den utgjør også den nest største kostnaden av den totale produksjonskostnaden pr. stk. (Fiskeridirektoratet, 2023). Lignende tekster skrevet av Bjørkmo (2005), som skrev om settefisk og Mercer og Odden (2016), har også brukt denne kostnaden i sine forskningsmodeller. Ofte har variabelen fôrforbruk blitt brukt i lignende analyser, men kan ikke benyttes her på grunn av at datasettet for denne oppgaven ikke inneholder opplysninger om beholdningsverdiene for fôrlagrene.

4.4.1.3 Rogn og yngelkostnad

Kostnaden står for forbruket av rogn og yngel i kroner. Denne kostnaden vil benyttes i oppgavens forskningsmodell, da dette vil utgjøre den totale smoltkostnaden. Endringer i gjennomsnittlig pris på og antall solgte av yngel og smolt, er knyttet til utviklingen av rogn- og yngelkostnaden. Det har vært en lav, gradvis økning og fra 2015 til 2022 har kostnaden bare økt med litt over 1 kr pr. stk. og lå i gjennomsnitt på 2,29 kr i 2022 (Fiskeridirektoratet, 2016, 2023b).

4.4.1.4 Øvrige driftskostnader

Øvrige driftskostnader vil i denne oppgaven bestå av forsikringskostnad og annen driftskostnad. Forsikringskostnaden utgjør den laveste andelen av den samlede produksjonskostnaden, og har en lavere innvirkning på resultatet. Inn under annen driftskostnad tilhører alle andre resterende kostnader viktige for selskapenes drift, men som ikke er mulig å knytte direkte til produksjonsprosessen (Fiskeridirektoratet, 2023b). Denne kostnadsposten har økt fra 1,86 kr i 2015 til 3,09 kr i 2022, med størst prosentendring fra 2017 til 2018 på 33,5%. Derimot er endringsårsaken vanskelig å peke ut da det ikke er en

spesifikk kostnadspost, som i tillegg veier forskjellig inn på de respektive produksjonskostnadene til de ulike oppdrettselskapene (Fiskeridirektoratet, 2016, 2019, 2023b).

4.4.1.5 Elektrisitetskostnader

Ved fokus på settefiskproduksjon vil det være interessant å trekke inn elektrisitetskostnadene, da disse pga. innendørs produksjon naturligvis fører med seg et høyere forbruk av strøm. Et ønske om større smolt betyr også at produksjonen tar lengre tid eller krever mer kunstig varme og lys for å oppnå ønsket størrelse og produksjon. Litt over 80% av settefiskselskapene benytter seg av kunstig varme til sin smoltproduksjon (Fiskeridirektoratet, 2023). Fra 2015 til 2022 har elektrisitetskostnaden økt fra 0,40 kr til 1,28 kr pr. stk. solgte fisk, med størst økning på 37,3% fra 2021 til 2022, hvor prisen lå på 0,93 kr pr. stk. i 2021 til sammenligning. Dette prishoppet er ikke overraskende med tanke på de økte strømprisene de siste årene (Fiskeridirektoratet, 2016, 2023).

4.4.1.6 Vaksinasjonskostnader

Med bakgrunn i oppdrettsnæringens sykdomstrusler i form av lakselus og andre smittsomme sykdommer, er vaksinerings essensielt for å opprettholde en helsemessig og forsvarlig drift (Mattilsynet, 2023). Siden 2015 og fram til 2022 har vaksinasjonskostnaden økt med omtrent 43%, samtidig viste tallene i 2022 en nedgang på 1,4% fra 2021 (Fiskeridirektoratet, 2016, 2023b).

4.4.1.7 Avskrivning av driftsmidler

Avskrivning av driftsmidler i kroner vil for denne oppgaven erstatte variabelen kapitalbinding og kapitalkostnad som ofte er blitt benyttet i lignende oppgaver. Dette er med bakgrunn i at for flere av selskapene mangler datasettet de bokførte verdiene for blant annet kapital, utstyr, bygninger og driftsløsøre. Dermed for å unngå misvisende resultater i analysene blir avskrivningene en mer representativ variabel. Avskrivningene pr. stk. solgte fisk har økt med 1 krone siden 2015 til 2022 hvor den i 2022 lå i gjennomsnitt på 1,84 kr. Samtidig har varige driftsmidler økt fra 43 398 926 kr i 2015 til 178 705 243 kr i 2022 (Fiskeridirektoratet, 2016, 2023). En viktig faktor som det ikke er tatt høyde for ved bruk av denne variabelen, er med tanke på selskapene som har eventuelle leasing av driftsmidler og lignende, da disse får nullverdier i dataen og ikke blir tatt med i avskrivningen.

4.4.2 Output

4.4.2.1 Produksjon

For den valgte forskningsmodellen benyttet i denne oppgaven er det én outputvariabel, som gjenspeiler produktet som skal produseres. Denne vil representere produksjonen av settefisk, men basert på tilgjengelig data vil den beregnes ut fra salgsinntekter. Beregningen av output vises i formelen under, hvor det i beregningen inngår salg av rogn, yngel og smolt samlet:

$$\text{Produksjon} = \text{salgsinntekt smolt} + \text{salgsinntekt yngel} + \text{salgsinntekt rogn}$$

Ved bruk av en slik formel med salgsinntekter ville det også vært naturlig og tatt høyde for beholdningsendringen i tillegg. For denne oppgaven er dette derimot ikke blitt inkludert på grunn av at variabelen for beholdningsendringen i datasettet ikke er fordelt på fisk alene, men dekker også endringene av varebeholdningen til selskapene. Dette vil ikke være mulig å skille ut, og dermed er det mer representativt å bare benytte salgsinntektene for smolt, yngel og rogn for outputen. I datainnsamlingen til Fiskeridirektoratet har det ikke vært mulig å gjøre noen utskilling av settefiskselskapene med produksjon av stor smolt, som er noe å ta høyde for med tanke på at større smolt gjerne fører med seg høyere kostnader og høyere salgsinntekter (Fiskeridirektoratet, 2023b).

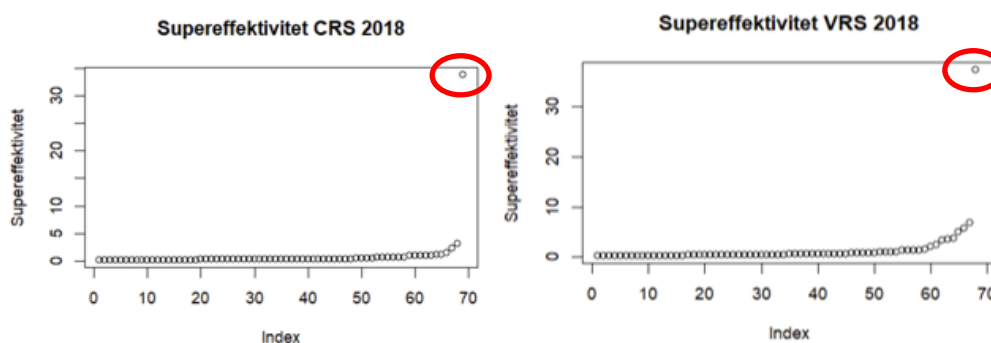
4.5 Outlieranalyse

For å sikre at man får fram resultater i analysene som på best mulig vis representerer det datasettet inneholder, lønner det seg å gjennomføre en analyse for å luke ut potensielle outliers. I dette tilfellet er det blitt gjennomført en supereffektivitetsanalyse for å se hvilke enheter i dataen som viser ekstremverdier som skiller seg ut fra resten. Enhetenes supereffektivitetsscore blir i outlieranalysene vurdert i forhold til scorene til de andre enhetene, og fjerner de med veldig høye effektivitetsverdier sammenlignet med de andre. Etter første gjennomføring av supereffektivitetsanalysene og fjerning av outliers, blir det for hvert år oppdaget nye ekstremverdier. Repeterer dermed samme prosess til et tilfredsstillende datasett. Med tanke på antallet selskaper som er med i utvalget er samtidig ikke ønskelig å fjerne for mange enheter fra datasettet, da det endelige utvalget til slutt ikke blir representativt nok med for få settefiskselskaper representert. Nedenfor i tabell 2 kan man se en oversikt over hvor mange enheter som først har blitt fjernet på grunn av nullverdier i datasettet, og deretter outliers som kom fram i analysene ved bruk av supereffektivitet.

Tabell 2: Endelig utvalg til analysene

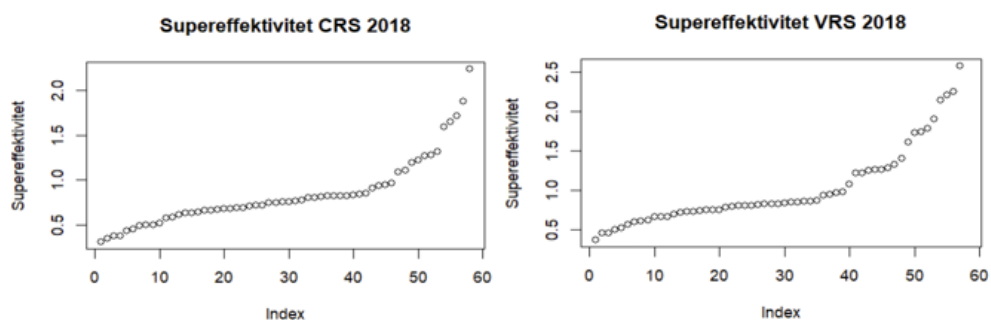
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Originalt utvalg	78	77	68	72	73	71	73	81
Nullverdier fjernet	4	4	4	3	3	2	4	3
Outliers fjernet	5	8	8	11	5	10	7	8
Endelig utvalg (N)	69	65	56	58	65	59	62	70

Supereffektivitetsanalysene er gjennomført for både CRS- og VRS-modell, i to-fem omganger. Setter effektivitetsgrense på om lag 2 som en veiledende grense, men tar de andre effektivitetsobservasjonene i betraktning for analysen, og for noen år er observasjoner opp til 2,5 beholdt i utvalget. Nedenfor i figur 9 og 10, kan man som et eksempel se effektivitetsverdiene av settefiskselskapene for 2018. Her ser man at supereffektivitet for VRS får ekstremobservasjoner med litt høyere verdi enn samme analyse for CRS, men samtidig viser begge figurene i første runde en observasjon, markert rødt, som kan anees som outliers.



Figur 9 og Figur 10: Supereffektivitetsanalyse med CRS og VRS for 2018

Det ble fjernet flest outliers i 2018, og supereffektivitetsanalysen ble for dette året gjennomført to ganger med forutsetning om CRS og to ganger med forutsetning om VRS. Nedenfor i figur 11 og 12 viser effektivitetsobservasjonene av de enhetene som ble beholdt i utvalget for resten av analysene. For de resterende årene i perioden er outlieranalyse med supereffektivitet illustrert i vedlegg 2-8.



Figur 11 og Figur 12: Supereffektivitetsanalyse med CRS og VRS for 2018 etter fjerning av outliers

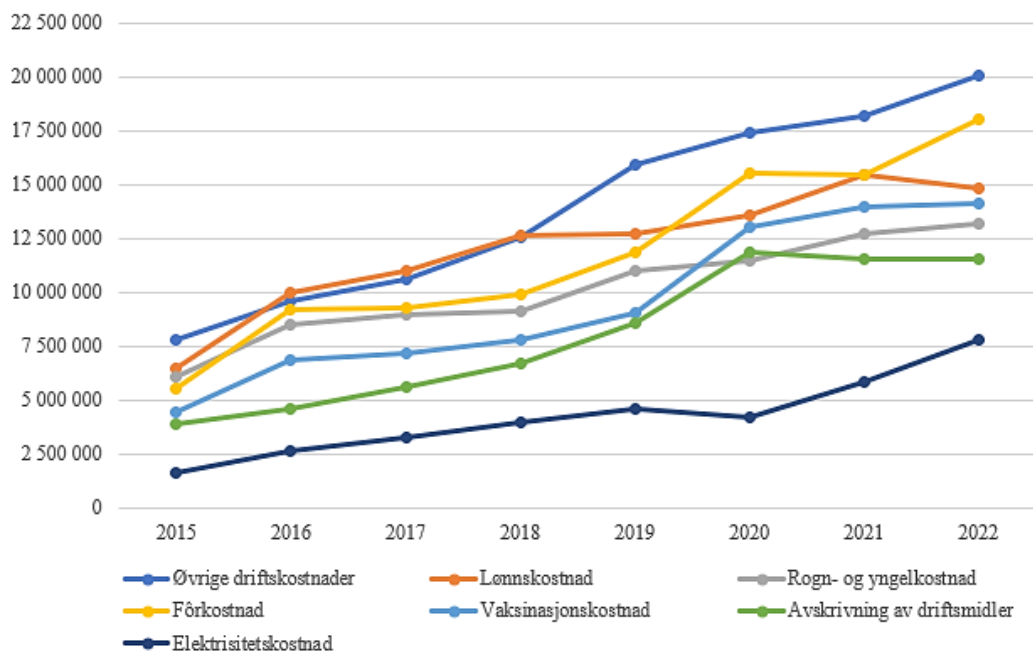
4.6 Deskriptiv statistikk

Nedenfor i tabell 3 kan man se deskriptive statistikk for outputvariabelen produksjon i kroner. Oversikt over alle analysevariablenes deskriptive statistikk for alle årene kan sees i vedlegg 1. I gjennomsnitt var det 2022 som hadde størst produksjon av settefisk, som viser en stor økning fra 2015 som hadde minst produksjon i snitt. Fra 2016 til 2021 har produksjonen en nokså jevn økning. Med standardavviket kan man se at spredningen i datasettet har vært varierende, men med også størst spredning i 2022. Den høyeste minimumsverdien var i 2017, men hadde samtidig den nest laveste maksimumsverdien. Høyest maksimumsverdi på produksjon kunne også bli sett i 2022. Her er det også verdt å nevne at utvalget er størst for settefiskselskaper for analysene i 2022.

Tabell 3: Deskriptiv statistikk for produksjon (output) i 2015-2022

	N	Gjennomsnitt	Minimum	Maksimum	Standardavvik
2015	69	3 871 532	381 552	20 649 000	4 018 486
2016	65	5 371 080	617 000	64 460 000	8 709 284
2017	56	5 238 300	865 000	63 326 000	8 717 767
2018	58	5 552 600	624 000	72 144 000	10 320 777
2019	65	5 619 542	632 000	78 406 000	10 531 332
2020	59	6 088 622	725 000	76 303 000	11 049 130
2021	62	6 125 855	725 000	79 702 000	11 092 374
2022	70	6 214 333	845 000	88 585 000	11 299 952

I figur 13 er gjennomsnittresultatene for alle inputvariablene fremstilt grafisk i et linjediagram. Elektrisitetskostnaden er den laveste kostnadsinputen, men øker for hvert år bortsett fra en liten reduksjon i 2020, før den så tar seg kraftig opp igjen i 2021 og 2022. For 2015, og 2019-2022 er det øvrige driftskostnader som utgjør den høyeste kostnadsinputen, og har økt mye for hvert år. I 2016-2018 er det derimot lønnskostnaden som er størst. Denne kostnaden økte helt fram til 2021 for så å bli redusert i 2022. Rogn- og yngelkostnaden har en jevn økning i hele tidsperioden, og er den kostnaden som har økt minst fra starten til slutten av perioden. Fôrkostnadene har også økt jevnt, bortsett fra en liten nedgang i 2021 før den så økte igjen året etter. Vaksinasjonskostnadene har også økt betraktelig gjennom perioden. Avskrivningskostnadene av driftsmidler økte helt fram til 2020, deretter har de blitt reduserte i 2021 og videre i 2022.



Figur 13: Deskriptiv statistikk, gjennomsnittresultatene for inputvariablene i 2015-2022

5 Analyse og diskusjon

I dette kapitlet vil analysenes resultater bli fremstilt og forklart. Først vil hypotesetestingen av best egnet modell for analysene presenteres. Deretter vises resultatene fra DEA-analysene for årene 2015 til 2022, som er gjennomført med forutsetning om både CRS og VRS, samt for skalaeffektiviteten og skalautviklingen. Til slutt vil settefiskselskapenes effektivitets- og produktivitetsutvikling ved bruk av Window-analyse fremstilles. Gjennom kapitlet vil også diskusjonene rundt det resultatene viser bli foretatt. Analysene er blitt gjennomført i RStudio med programpakken «Benchmarking» av Bogetoft og Otto (2022), og ved bruk av Microsoft Office Excel. I vedlegg 18 finnes fremgangsmåten i R.

5.1 Modelltesting

Før analysene er det nyttig å undersøke om den utvalgte forskningsmodellens og dens variabler er signifikante og gunstige å bruke i DEA-analysene. Ved denne testingen blir Bankertest i form av hypotesetesting benyttet, og det er tre modeller med sine respektive hypoteser som vil bli testet.

Testmodell 1:

g_1 : lønnskostnad, fôrkostnad, rogn- og yngelkostnad, og andre driftskostnader (ADK)
(hvor $ADK = \text{øvrig driftskostnader} + \text{elektrisitetskostnader} + \text{vaksinasjonskostnader}$)

g_2 : lønnskostnad, fôrkostnad, rogn- og yngelkostnad, **øvrig driftskostnader, elektrisitetskostnader og vaksinasjonskostnader**

Testmodell 2:

g_1 : lønnskostnad, fôrkostnad, rogn- og yngelkostnad, og øvrige driftskostnader

g_2 : lønnskostnad, fôrkostnad, rogn- og yngelkostnad, øvrige driftskostnader, **elektrisitetskostnader og vaksinasjonskostnader**

Testmodell 3:

g_1 : lønnskostnad, fôrkostnad, rogn- og yngelkostnad, øvrige driftskostnader, elektrisitetskostnader og vaksinasjonskostnader

g_2 : lønnskostnad, fôrkostnad, rogn- og yngelkostnad, øvrige driftskostnader, elektrisitetskostnader, vaksinasjonskostnader og **avskrivning av driftsmidler**

Starter med modell 1 og vil da teste for om det har noen signifikans at elektrisitetskostnadene og vaksinasjonskostnadene inngår i de samlede andre driftskostnadene. Modell 2 tester for elektrisitetskostnadene og vaksinasjonskostnadene signifikans som egne variabler i forskningsmodellen. Modell 3 vil til slutt teste om variabelen avskrivning av driftsmidler er signifikant å ha med for variabelsammensetningen. Resultatene fra Bankertestene for de tre modellene kan sees i delkapitlene under, og er gjort med en forutsetning om VRS og med en signifikant 95% verdi. Grafisk fremstilling av testene for de tre modellene finnes i vedlegg 9, 10 og 11.

5.1.1 Test av modell 1, samlet andre driftskostnader

Testing er blitt gjennomført ved å teste modell 1 med samlet andre driftskostnader med elektrisitetskostnadene og vaksinasjonskostnadene inkludert, mot øvrige driftskostnader, elektrisitetskostnader og vaksinasjonskostnader som egne variabler. Testresultatene kan sees i tabell 4 under.

Tabell 4: Test av modell 1, samlet andre driftskostnader

År	TEXP		THN		KS-TEST	
	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	D	p-verdi
2015	1,338*	1,325	1,475	1,490	0,174	0,113
2016	1,340*	1,336	1,566*	1,508	0,185	0,107
2017	1,526*	1,366	1,769*	1,558	0,250	0,030
2018	1,380*	1,359	1,525*	1,546	0,259	0,020
2019	1,359*	1,336	1,323	1,508	0,247	0,018
2020	1,453*	1,355	1,559*	1,540	0,254	0,021
2021	1,457*	1,345	1,550*	1,524	0,226	0,039
2022	1,227	1,322	1,275	1,486	0,143	0,225

* = signifikant på 95% nivå

Bankertest viser at variabler har signifikant betydning for en forskningsmodells effektivitet når T_{EXP} og T_{HN} kalkulert verdi er høyere enn kritisk verdi. For KS-testen er D fordelingsavstanden mellom de to modellene som testes (Bogetoft & Otto, 2011), og p-verdi viser sannsynligheten for og hvor troverdig det er at nullhypotesen stemmer (Bobbitt, 2019).

For alle årene i perioden utenom i 2022 er T_{EXP} kalkulert verdi høyere enn kritisk verdi. For T_{HN} er kalkulert verdi høyere enn kritisk verdi i fem av de åtte årene, altså 2016 til 2018 og 2020 til 2011. KS-testen viser høy verdi av D for alle årene, samtidig er p-verdien for 2017-2021 lavere enn 5% signifikansnivå, og dette indikerer det er en signifikant forskjell å ikke

gjøre analysene med den samlede variabel for andre driftskostnader for de fleste årene i tidsperioden. Det betyr at nullhypotesen forkastes. I stedet vil forskningsmodellen for oppgaven ha øvrige driftskostnader, elektrisitetskostnader og vaksinasjonskostnader som egne inputvariabler. For å utforske hvordan effektiviteten for settefiskselskapene hadde sett ut med bruk av tradisjonell samlet ADK i modellen, vil det også bli testet for denne i noen av analysene i delkapittel 5.2. Når denne modellen er brukt for analysene, vil dette stå spesifisert at det er benyttet modell med ADK.

5.1.2 Test av modell 2, elektrisitetskostnader og vaksinasjonskostnader

Testing av modell 2 blir gjennomført ved å teste modell 2 uten elektrisitetskostnadene og vaksinasjonskostnadene, mot samme modell hvor disse da er inkludert for å sjekke om de er signifikante å ha med. Resultatene kan sees i tabell 5 under.

Tabell 5: Test av modell 2, elektrisitetskostnader og vaksinasjonskostnader

År	TEXP		THN		KS-TEST	
	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	D	p-verdi
2015	1,230	1,325	1,325	1,490	0,116	0,344
2016	1,293	1,336	1,467	1,508	0,169	0,151
2017	1,333	1,366	1,490	1,558	0,161	0,225
2018	1,248	1,359	1,300	1,546	0,190	0,119
2019	1,382*	1,336	1,330	1,508	0,246	0,018
2020	1,553*	1,355	1,667*	1,540	0,271	0,013
2021	1,380*	1,345	1,450	1,524	0,177	0,128
2022	1,209	1,322	1,264	1,486	0,114	0,367

* = signifikant på 95% nivå

I 2019 til 2021 for T_{EXP} og 2020 for T_{HN} er kalkulert verdi høyere enn kritisk verdi. De resterende årene er kalkulert verdi lavere. D og p-verdien er også høyere enn 5%, bortsett fra for i 2019 og 2020 hvor p-verdien er lavere. Dette antyder til at de to variablene ikke har noen spesiell betydning for modellens effektivitet, og kan ikke forkaste nullhypotesen. Derimot viser testresultatene at dette ikke er konsekvent for alle årene, og er derfor fortsatt relevant å beholde elektrisitetskostnadene og vaksinasjonskostnadene i den endelige forskningsmodellen.

5.1.3 Test av modell 3, avskrivning av driftsmidler

Testingen av modell 3 for å undersøke signifikans av avskrivning av driftsmidler, blir da testet mot samme modell uten denne variabelen. Resultatene kan sees i tabell 6.

Tabell 6: Test av modell 3, avskrivning av driftsmidler

År	TEXP		THN		KS-TEST	
	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	Kalkulert verdi	Kritisk verdi	D	p-verdi
2015	1,092	1,325	1,110	1,490	0,073	0,587
2016	1,098	1,336	1,176	1,508	0,046	0,804
2017	1,119	1,366	1,121	1,558	0,089	0,559
2018	1,046	1,359	1,047	1,546	0,052	0,777
2019	1,070	1,336	1,057	1,508	0,077	0,553
2020	1,119	1,355	1,135	1,540	0,085	0,554
2021	1,081	1,345	1,077	1,524	0,097	0,461
2022	1,010	1,322	1,009	1,486	0,043	0,803

* = signifikant på 95% nivå

Her er alle de kalkulerte verdiene for både T_{EXP} og T_{HN} lavere enn de kritiske verdiene. For hele perioden er D svært lav, og samtidig er det en høy p-verdi for alle årene. Avskrivningene av driftsmidler har dermed svært lite signifikant betydning i forskningsmodellen, og nullhypotesen kan ikke forkastes. Denne variabelen tas derfor ikke med i input-output-sammensetningen for analysene. Med henhold til at denne inputvariabelen ble tatt med i fravær av andre egnede verdier for kapitalbinding/kapitalkostnad i datasettet, vil det heller ikke ha stor betydning på resultatene ved å ikke inkludere denne. Den endelige forskningsmodellen vil bestå av lønnskostnad, fôrkostnad, rogn- og yngelkostnad, øvrige driftskostnader, elektrisitetskostnader og vaksinasjonskostnader. Det er denne modellen som vil inngå i resten av oppgavens analyser, med mindre noe annet er spesifisert.

5.2 Resultater fra Data Envelopment Analysis

5.2.1 Effektivitet med forutsetning om konstant skalautbytte

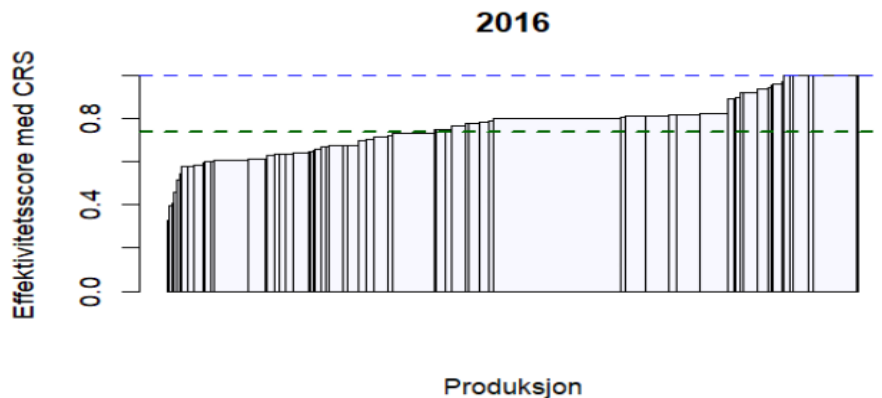
Den totale tekniske effektiviteten med forutsetning om CRS er fremstilt i tabell 7 under.

Tabell 7: Total teknisk effektivitet med CRS for perioden 2015-2022

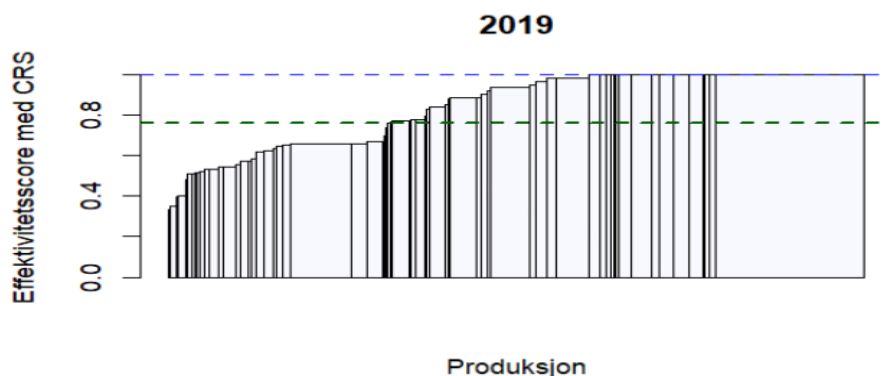
År	Gj. snittlig TEcrs	Standardavvik	Minimum	Andel effektive
2015	0,743	0,186	0,352	15%
2016	0,736	0,162	0,326	9%
2017	0,716	0,192	0,314	14%
2018	0,720	0,195	0,303	17%
2019	0,762	0,205	0,334	25%
2020	0,810	0,175	0,334	22%
2021	0,773	0,192	0,267	18%
2022	0,709	0,190	0,362	17%

Tabellen viser gjennomsnittseffektiviteten for hvert år, samt standardavvik, minimumsverdi og andel fullt effektive settefiskselskap det respektive året. Her kan man se at det var høyest gjennomsnittseffektivitet i 2020. TE_{CRS} spredte seg fra 0,709 til 0,810, det vil si effektivitetsscorer mellom 71% i 2022 til 81% 2020 i perioden. Det var størst andel effektive selskap i året i 2019, med 25% effektive selskap av de totalt antall selskap for dette året. Lavest andel effektive selskap var derimot i 2016 med bare 9%. Størst spredning mellom effektivitetsscorene i 2022 og minst spredning i 2021.

For årene 2016 og 2019 er det under i figur 14 og 15 grafisk fremstilt diagrammer for effektivitetsscorene mot produksjon. Her kan man se forskjellene på antall fullt effektive settefiskselskaper og størrelse på produksjonene. Den øverste blå linjen viser når effektiviteten er lik 1, altså fullt effektiv. Den grønne nedre linjen illustrerer gjennomsnittet av alle produksjonenes effektivitet for det aktuelle året. Bredden på søylene i diagrammene er størrelsen på produksjonen til hvert selskap. For 2016 er det litt varierende størrelse på selskapenes produksjon etter hvilke som er mest effektive, men selskapet med størst produksjon ligger rett over gjennomsnittet. For 2019 er det også variasjoner, men få større produksjoner som ligger under snittet. Andelen fullt effektive består av både den største produksjonen, men også flere av de små.



Figur 14: Grafisk fremstilling, total teknisk effektivitet med forutsetning om CRS i 2016



Figur 15: Grafisk fremstilling, total teknisk effektivitet med forutsetning om CRS i 2019

Siden det i første test av forskningsmodellens sammensetning viste signifikant forskjell å ha alle andre driftskostnader i en samlet variabel, er det interessant å undersøke hvordan effektivitetsscorene hadde blitt i perioden ved bruk av denne variabelen i stedet. Det vil si at elektrisitetskostnadene og vaksinasjonskostnadene ikke står som egne variabler.

Analyseresultatene for den alternative modellen kan sees i tabell 8 under.

Tabell 8: Total teknisk effektivitet med CRS for modell med ADK

År	Gj. snittlig TEcrs	Standardavvik	Minimum	Andel effektive
2015	0,661	0,174	0,352	6%
2016	0,681	0,161	0,280	5%
2017	0,632	0,180	0,272	7%
2018	0,654	0,180	0,301	9%
2019	0,701	0,198	0,303	12%
2020	0,715	0,169	0,258	7%
2021	0,704	0,189	0,267	13%
2022	0,653	0,179	0,346	11%

Sammenlignet med oppgavens opprinnelige forskningsmodell, viser effektivitetsscorene i tabell 8 at modellen med ADK gir lavere gjennomsnittseffektivitet for alle årene i perioden, sammenlignet med resultatene i tabell 7. Her ligger gjennomsnittlig TE_{CRS} mellom 63% og 72%, med lavest i 2017 og høyest i 2020. Samtidig har andel fullt effektive selskap sunket betraktelig, med lavest prosentandel på bare 5% i 2016 og størst andel på 13% i 2021.

5.2.2 Effektivitet med forutsetning om variabelt skalautbytte

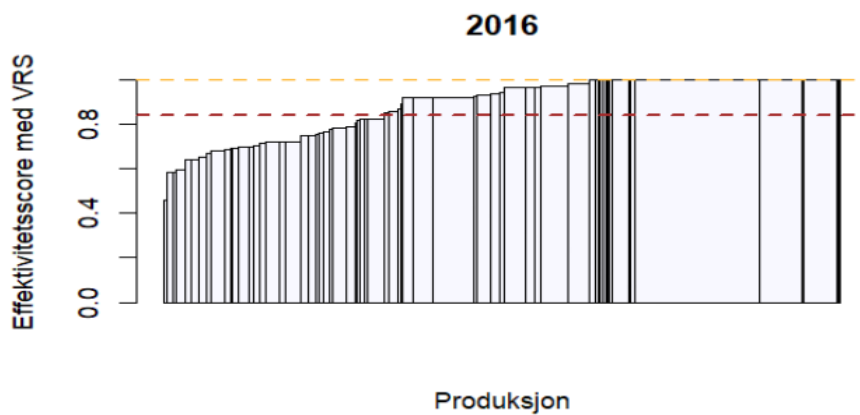
Ren teknisk effektivitet er fremstilt med forutsetning om VRS. I tabell 9 under kan man se lik fremstilling av DEA-resultatene som ved CRS, men med tydelig høyere scorer og en mye større andel fullt effektive selskap.

Tabell 9: Ren teknisk effektivitet med VRS for perioden 2015-2022

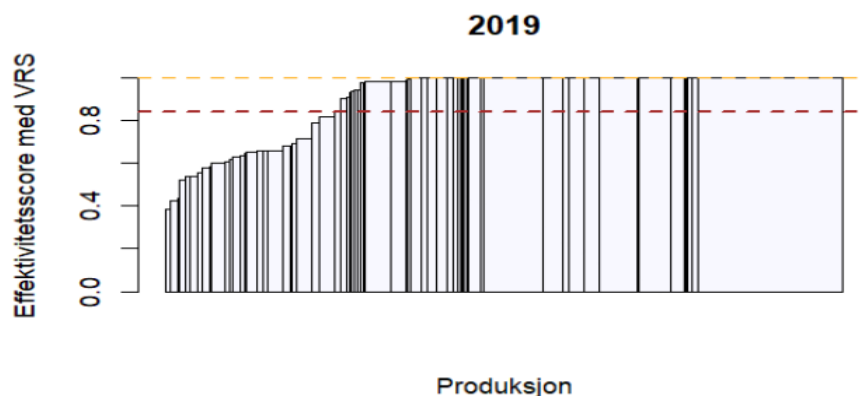
År	Gj. snittlig TEvrs	Standardavvik	Minimum	Andel effektive
2015	0,853	0,158	0,453	39%
2016	0,840	0,143	0,460	26%
2017	0,830	0,164	0,443	30%
2018	0,814	0,173	0,366	29%
2019	0,840	0,194	0,384	40%
2020	0,848	0,168	0,394	37%
2021	0,855	0,173	0,370	39%
2022	0,811	0,183	0,373	31%

For VRS ligger de gjennomsnittlige scorene for TE_{VRS} mellom 0,811 i 2022 til 0,855 i 2021 og 2021, som vil si scorer mellom omtrent 81% og 86%. Likt som ved CRS, er det 2021 som har lavest spredning mellom scorene, mens 2016 har høyest spredning. For VRS er det også 2019 som har høyest andel fullt effektive selskap med hele 40%, tett etterfulgt av 39% effektive i 2015 og 2021. Lavest andel effektive er også å finne i 2016 ved VRS.

Til sammenligning med CRS, er det i figur 16 og 17 grafisk fremstilling for effektivitetsscorene for VRS i 2016 og 2019 mot størrelse på produksjon. Her viser gul linje når effektivitet er lik 1, og rødbrun linje viser gjennomsnittseffektiviteten. Diagrammene her for både 2016 og 2019 viser at i motsetning til diagrammene for CRS i figur 14 og 15, befinner alle de største produksjonene seg over gjennomsnittet. Samtidig for økt effektivitet med VRS, viser at de aller største produksjonene i tillegg er en del av andelen selskaper som er fullt effektive, sammen med flere små innimellom.



Figur 16: Grafisk fremstilling, ren teknisk effektivitet med forutsetning om VRS i 2016



Figur 17: Grafisk fremstilling, ren teknisk effektivitet med forutsetning om VRS i 2019

Resterende diagrammer som viser grafisk fremstilling for de andre årene, for både CRS og VRS, kan sees i vedlegg 12-17.

I likhet med effektivitetsanalysen med CRS, vil det også her sammenligne effektiviteten dersom den alternative modellen med samlet andre driftskostnader hadde blitt benyttet. Gjennomsnittsverdiene for modellen med ADK for VRS kan sees under i tabell 10.

Tabell 10: Ren teknisk effektivitet med VRS for modell med ADK

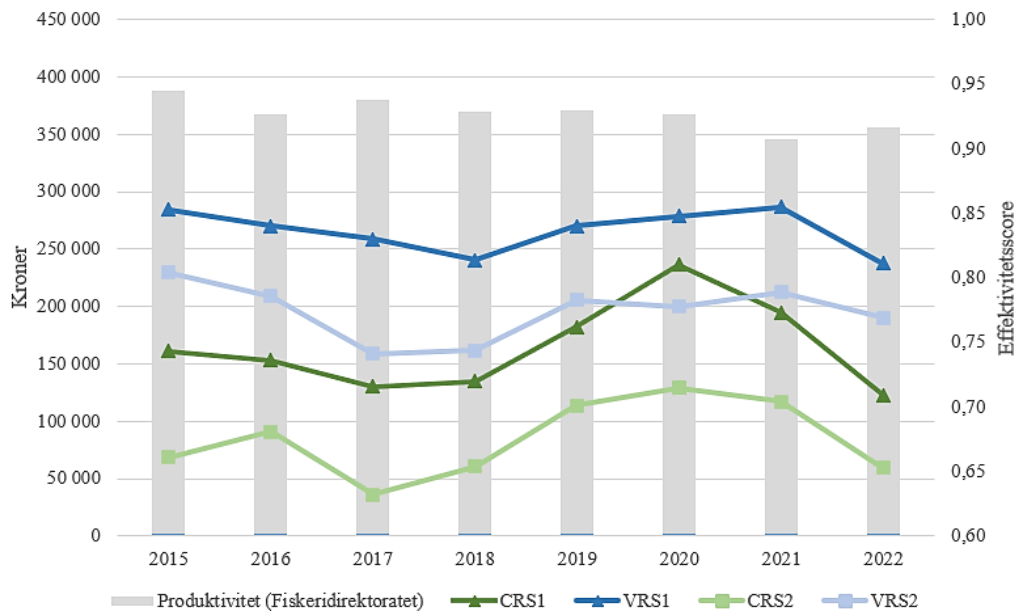
År	Gj. snittlig TEvrs	Standardavvik	Minimum	Andel effektive
2015	0,804	0,174	0,396	25%
2016	0,786	0,161	0,373	20%
2017	0,741	0,176	0,396	16%
2018	0,744	0,180	0,351	17%
2019	0,783	0,191	0,349	25%
2020	0,778	0,176	0,375	20%
2021	0,789	0,185	0,334	24%
2022	0,769	0,185	0,360	23%

Her er også tydelig lavere gjennomsnittseffektivitet for hele perioden med den andre modellen, sammenlignet med resultatene i tabell 9. Gjennomsnittlig TE_{VRS} befinner seg mellom minst score på 74% i 2017 og høyest score på 80% i 2015. Det har blitt færre andel fullt effektive selskap, og ligger mellom 16% og 25% med lavest i 2017 og høyest i 2015 og 2019. For både effektivitetsanalysene med forutsetning om CRS og VRS, underbygger resultatene for modellen med ADK, Bankertesten av testmodell 1. Scorene viser at det er en betydelig forskjell på effektiviteten etter hvilken variabelsammensetning som benyttes.

5.2.3 Diskusjon av settefisknæringens produksjonseffektivitet

For å bedre illustrere hvordan effektivitetsscorene for hvert år har vært for CRS sammenlignet med for VRS, er de gjennomsnittlige TE_{CRS} og TE_{VRS} fremstilt i figur 18 for hovedmodellen, som henholdsvis mørkegrønn og mørkeblå linje. I diagrammet står disse som CRS1 og VRS1. Her kan man se at de årlige scorene beveger seg stort sett i takt med hverandre gjennom tidsperioden. Eneste lille unntaket er i 2018 hvor effektiviteten med VRS går noe ned, mens effektiviteten med CRS har steget litt. De gjennomsnittlige effektivitetsscorene for modellen med ADK, er her representert med lysgrønn linje for CRS, og lyseblå linje for VRS. I diagrammet er disse benevnt som CRS2 og VRS2. Figuren illustrerer at det er lavere scorer for denne modellen som nevnt tidligere, men også ulike svingninger gjennom perioden. For et

konstant skalautbytte går for eksempel effektiviteten i 2016 ned for CRS1, men opp for CRS2. Resten av perioden har den nokså lik utvikling, men med litt slakere topp for CRS2 i 2021. Med variabelt skalautbytte har VRS2 et mye større fall i effektivitet sammenlignet med VRS1, og i 2021 øker effektiviteten fra året før for VRS1, mens VRS2 har en liten reduksjon. Bortsett fra disse differansene, er trenden nokså lik gjennom perioden.



Figur 18: Effektivitetsscorer for CRS og VRS for begge modeller mot produktivitet beregnet av Fiskeridirektoratet for årene 2015-2022

De grå søylene i diagrammet fremstiller Fiskeridirektoratets sin beregning av produktivitet for perioden, hentet fra de årlige lønnsomhetsundersøkelsene (Fiskeridirektoratet, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021b, 2022, 2023b). Det er verdt å merke seg her at effektivitet med forutsetning for CRS har en nedgående trend etter en topp i 2020 for både CRS1 og CRS2. Spesielt for CRS1, kan man se den største reduksjonen i effektivitet, etter å ha hatt en stor økning fra 2018 og fram til 2020. For effektivitet med forutsetning for VRS skjer det også en reduksjon etter en topp i 2021 for både VRS1 og VRS2. Denne trenden viser en motsetning til det Fiskeridirektoratet opplyser om i sine lønnsomhetsundersøkelser. Undersøkelsen for 2022 kunne opplyse om at for settefiskproduksjonen har produktiviteten hatt en økning fra 2021 til 2022, som også kan sees her i figuren (Fiskeridirektoratet, 2023b). Produktiviteten ser ut til å ha små variasjoner og holder en nokså stabil trend, selv om produktiviteten har blitt lavere i 2022, kontra i 2015. Den mer stabile trenden i produktivitet viser seg som en motsetning til det effektivitetsscorene illustrerer. Effektivitetsscorene med forutsetning for både konstant og variabelt skalautbytte, ser ikke ut til å ha noen spesiell samvariasjon med periodens

produktivitet beregnet av Fiskeridirektoratet. Denne observasjonen kan også sees på som et resultat av at Fiskeridirektoratets produktivetsberegningen bare bruker en input og en output, mens effektivetsberegningen tar for seg flere innsatsfaktorer.

Det fallet i effektivitetsscorene i figur 18 kan være et tegn på, er at settefiskselskapene ikke har klart å justere effektiviteten i produksjonsprosessen i henhold til økt produksjon av stor smolt. Figur 13 i kapittel 4 illustrerer utviklingen av produksjonskostnadenes utvikling fra 2015-2022. I linjediagrammet vises det for eksempel en kraftig økning av elektrisitetskostnader fra 2020 til 2021, med en økning i kostnader på 4,2 millioner til 7,8 millioner. Siden større smolt krever lengre produksjonstid, fører dette med seg et høyere energiforbruk. Dette kan da være en faktor til at elektrisitetskostnadene har økt såpass mye for å kompensere for dette økte forbruket. For de to siste årene i perioden ser settefiskselskapene ut til å ha blitt mye mindre kostnadseffektive, at de ikke klarer å utnytte kostnadene godt nok i sammensetning med den økte produksjonen av større smolt. Dette viser muligheten for at endringene i produksjonen har gått på bekostning av effektiviteten. Dette viser at her ligger det forbedringspotensialer for settefiskbransjen i årene framover, og en læringsprosess for å bedre utnytte ressursene sine, samtidig som de kan opprettholde produksjonen av stor smolt.

5.2.4 Skalaeffektivitet

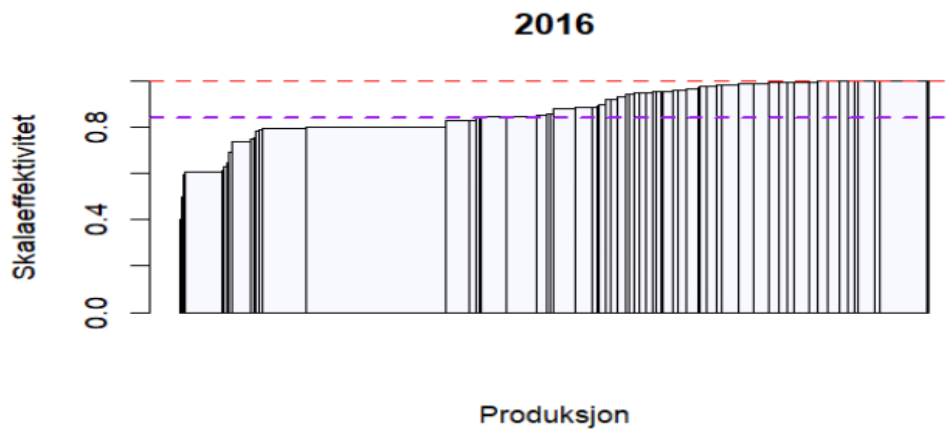
Skalaeffektiviteten er beregnet på bakgrunn av konstant- og variabelt skalautbytte, og fremstiller hvilke enheter som driver produksjonen i optimal skala. Resultatene fra analysen av skalaeffektivitet kan sees her i tabell 11.

Tabell 11: Skalaeffektivitet for perioden 2015-2022

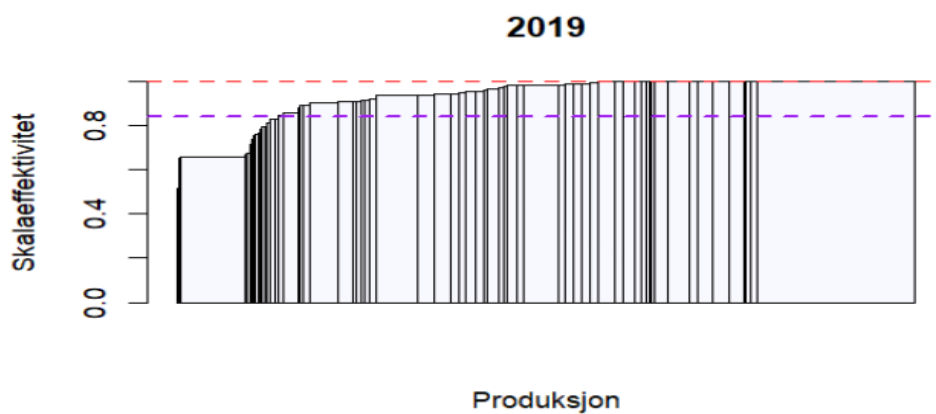
År	Gj. snittlig SE	Standardavvik	Minimum	Andel effektive
2015	0,871	0,141	0,388	15%
2016	0,880	0,136	0,403	9%
2017	0,863	0,151	0,383	14%
2018	0,882	0,137	0,544	17%
2019	0,906	0,113	0,518	25%
2020	0,954	0,064	0,738	22%
2021	0,902	0,121	0,456	18%
2022	0,879	0,138	0,441	17%

Gjennomsnittlig SE ligger lavest på 0,863, altså 86% i 2017, til høyest på 0,954, altså 95% i 2020. Dette viser en stabil skalaeffektivitet i perioden, men det viser også at det ligger fremdeles et forbedringspotensial til stede. Standardavvikene for hvert år er stabilt svært lave.

Produksjoner som opererer i optimal skala sprer seg fra 9% i 2016 til 25% i 2019. Figur 19 og 20 nedenfor viser grafisk fremstilling av skalaeffektivitet mot produksjonsstørrelse. Rød linje er lik 1 og illustrerer optimal skala. Lilla linje viser gjennomsnittet av skalaeffektiviteten.



Figur 19: Grafisk fremstilling, skalaeffektivitet i 2016



Figur 20: Grafisk fremstilling, skalaeffektivitet i 2019

I figur 19 for 2016 kan man se at settefiskselskapene med størst produksjon befinner seg stort sett under gjennomsnittet. Det er flest små produksjoner som ligger over snittet eller har en skalaeffektivitet opp mot optimal skala. Figur 20 som illustrerer skalaeffektiviteten i 2019 viser derimot at selskapet med størst produksjon driver produksjonen i optimal skala. Deretter er det varierende størrelse på produksjonene som har optimalisert skalaeffektiviteten. Figuren viser også at selskapet med nest størst produksjon er en av de minst skalaeffektive produksjonene og ligger under gjennomsnittet. Figur 19 og figur 20 viser da et interessant skifte i størrelsene på produksjonene som driver fullt skalaeffektive.

Resterende diagrammer som viser grafisk fremstilling av skalaeffektiviteten for årene i resten av perioden, kan sees i vedlegg 12-17.

Skalaeffektiviteten for den alternative modellen med samlet andre driftskostnader, er fremstilt i tabell 12 under. Sammenlignet med verdiene i tabell 11, er det ikke alt for store differanser på gjennomsnittseffektiviteten. I snitt var det høyest skalaeffektivitet i 2020 med 92%, men derimot lavest skalaeffektivitet i 2015 på 83%. Standardavvikene har økt litt, men er fortsatt stabilt lave gjennom perioden. Andel settefiskselskaper som driver i optimal skala har blitt reduserte ved bruk av den alternative modellen. Her er det minst andel fullt effektive i 2016 med bare 5%, og størst andel i 2021 med 13%.

Tabell 12: Skalaeffektivitet for modell med ADK

År	Gj. Snittlig SE	Standardavvik	Minimum	Andel effektive
2015	0,831	0,154	0,388	8%
2016	0,872	0,133	0,522	5%
2017	0,859	0,153	0,376	7%
2018	0,884	0,136	0,459	9%
2019	0,896	0,121	0,527	12%
2020	0,920	0,091	0,665	7%
2021	0,891	0,116	0,570	13%
2022	0,859	0,148	0,441	11%

5.2.5 Skalautvikling

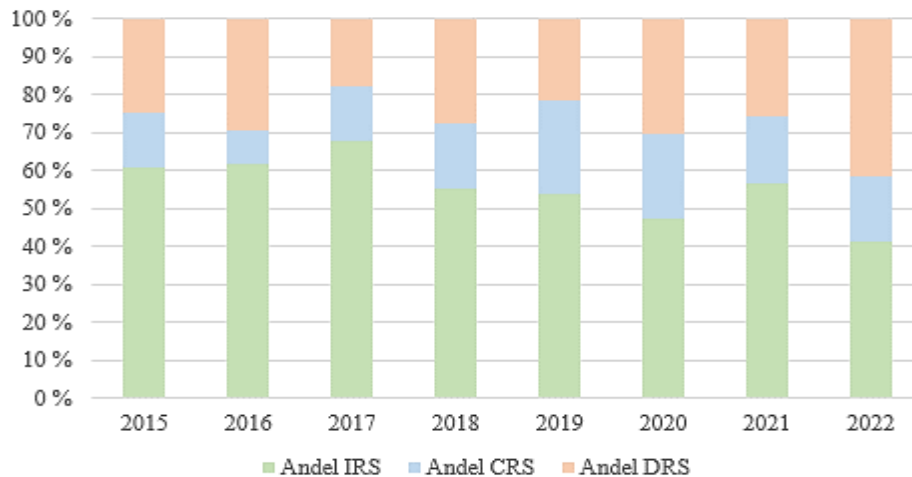
For å nærmere illustrere settefiskselskapenes produksjons skalautbytte, er det i tabell 13 fremstilt antall selskaper som har en økende (IRS), konstant (CRS) eller avtakende (DRS) skalautbytte av de totale selskapene i utvalget.

Tabell 13: Antall selskaper med IRS, CRS og DRS i analysen

År	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Antall med IRS	42	40	38	32	35	28	35	29
Antall med CRS	10	6	8	10	16	13	11	12
Antall med DRS	17	19	10	16	14	18	16	29
Totalt	69	65	56	58	65	59	62	70

Det er jevnt over størst antall selskaper med IRS, deretter med DRS og lavest antall med CRS av totalen. Det er høyst antall med IRS i 2015 og lavest antall i 2020 med henholdsvis 42 og 28 selskaper. For DRS er det flest i 2022 med 29 selskaper og færrest i 2017 med 10 selskaper. Selskapene med CRS har spredt seg mellom 6 selskaper i 2016 og 16 selskaper i 2019, men har hatt mye svingninger gjennom tidsperioden.

Figur 21 fremstiller disse resultatene grafisk og viser andel i prosent av totalen på 100%. Her har det tydelig vært svingninger i andel selskaper for alle variantene av skalautbytte, men man kan se mest ustabil utvikling for de med konstant skalautbytte. Andel med økende skalautbytte har i slutten av perioden gått ned, mens andelen av selskapene med avtakende skalautbytte har endt med å ha økt. I 2022 er det like stor andel av selskaper som har økende skalautbytte med selskaper som har avtakende skalautbytte.



Figur 21: Andel selskaper med IRS, CRS og DRS

5.2.6 Diskusjon av endringer i optimal skala

Skalaeffektiviteten viser ikke mye ny informasjon for den årlige effektiviteten, som ved effektiviteten med forutsetning for konstant og variabelt skalautbytte. Dette er naturlig siden skalaeffektiviteten beregnes ut fra CRS og VRS. Samsvarende resultater for alle effektivitetsanalysene, er også med på å styrke analysenes validitet og at de er blitt utført riktig. Tabell 11 kunne vise en topp av andel fullt skalaeffektive i 2019, og høyest gjennomsnittseffektivitet i 2020. Samme som effektivitet ved CRS og VRS, gikk også den årlige skalaeffektiviteten ned mot periodens slutt i 2021 og 2022. Det er en liten andel settefiskselskaper med konstant skalautbytte i 2022 som vist i figur 21. Dette betyr at det er igjen store andeler selskaper som enten må skalere produksjonen sin større eller mindre for å bli optimale (Raa, 2015).

At effektiviteten har økt mot 2019/2020, for å så ha en nedadgående trend, kan bygge opp mot det Asche et al. (2013) resonerer i sin studie om at oppdrettsnæringen har nådd en modningsfase. I studien gjennomførtes det analyser på matfiskproduksjon, og resultatene her kan vise antydning til at settefiskproduksjonene også har kommet i denne fasen. Dette er også

naturlig siden mange oppdrettsselskaper har integrert både settefisk- og matfiskproduksjon i sin daglige drift. I en slik modningsfase er det ytre faktorer som påvirker produktiviteten. For eksempel den økte etterspørselen etter større smolt, samtidig som strømprisene har økt mye, igjen gir økte elektrisitetskostnader blant annet. Ytre faktorer som påvirker produktivitet, er også elementer som settefiskselskapen innad i produksjonsprosessen har vanskelig for å styre. I stedet må man prøve å finne løsninger som kan kompensere for disse, og få bedre utnyttelse av de produksjonskostnadene settefiskselskapene allerede har.

Effektivitetsresultatene viser også fordelene for denne oppgaven å dekomponere forskningsmodellens andre driftskostnader. Sammenlignet med oppgavens forskningsmodell, har modellen med ADK gitt jevnt over en lavere effektivitet for både effektivitet med konstant og variabelt skalautbytte, men også store forskjeller på skalaeffektiviteten. I tidligere studier er det gjerne mer tradisjonelt å inkludere elektrisitetskostnadene og vaksinasjonskostnadene i andre driftskostnader. Her har det derimot vist seg interessant å ha disse hver for seg, selv om færre variabler ofte naturlig gir lavere effektivitet. Spesielt med at settefiskproduksjonen har et annet type forbruk av disse kostnadene, sammenlignet med matfiskproduksjon. Med henhold til totalfaktorproduktiviteten som tar for seg hele input- og output-sammensetningen, får man også kunne tatt høyde for alle produksjonskostnadene (Meireles, 2023).

5.3 Resultater fra Window-analyse

5.3.1 Justering for prisinflasjon

Siden analysene benytter en tidsperiode på åtte år hvor prisene opp igjennom har steget en del, spesielt de siste årene, vil det for Window-analysen være aktuelt å justere prisene etter konsumprisindeksen. Dette er fordi analysen skal få ut effektivitetsutviklingen med tre år som samlet referansepunkt, og dermed kan inflasjon i prisene gi et uriktig bilde av selskapenes effektivitet. Nedenfor i tabell 14 er det fremstilt hvordan prisene er endret i prosent til 2022-priser, som er benyttet for å få et bedre grunnlag for effektivitetsutviklingen.

Tabell 14: Prisjustering med konsumprisindeks for perioden 2015-2022

Kilde: Statistisk sentralbyrå (u.d.)

	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015
KPI Totalindeks	100,0	94,54	91,37	90,23	88,27	85,91	84,36	81,43
Endring i prosent		5,8%	9,4%	10,8%	13,3%	16,4%	18,5%	22,8%

5.3.2 Effektivitetsutvikling med forutsetning om konstant skalautbytte

Effektivitetsutviklingen fra Window-analysen til settefiskbransjen er fremstilt her og i neste delkapittel. I tabell 15 er resultatene fra Window-analysen med forutsetning om konstant skalautbytte presentert. I tabellen kan man se det glidende gjennomsnittet for effektiviteten for hvert år i treårsvinduene, unntatt 2015 og 2022 som bare er representert med en effektivitetsscore i et vindu. Tre år for hvert vindu gir for denne tidsperioden seks vinduer i analysen. Tabellen viser at her er vindu 5 det mest effektive som representerer tidsrommet 2019-2021, med en gjennomsnittseffektivitet på 0,685. Vindu 1 for 2015-2017 kommer som andre mest effektive vindu med en effektivitet på 0,677 i snitt. Vindu 3 og 4 for henholdsvis 2017-2019 og 2018-2021, viste seg å være minst effektive med et snitt på 0,642. I denne tabellen vises det også størst differanse på effektiviteten mellom vinduene i 2019. Gjennomsnittseffektiviteten ligger på 0,5854 i vindu 3 og øker til 0,7225 i vindu 5. En interessant utvikling er at fram til 2019 øker gjennomsnittseffektiviteten, før effektiviteten i 2020 øker, for og så bli redusert. 2021 har også en nedgående effektivitet for de to vinduene dette året er inkludert i.

Tabell 15: Effektivitetsutviklingen for perioden 2015-2022 med Window-analyse for CRS

År	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Gj. snitt
Vindu	1	0,6990	0,6934	0,6393					0,677
	2		0,7048	0,6555	0,6211				0,660
	3			0,6879	0,6516	0,5854			0,642
	4				0,6895	0,6181	0,6181		0,642
	5					0,7225	0,6929	0,6393	0,685
	6						0,6855	0,6235	0,6274
Gj. snitt		0,699	0,699	0,661	0,654	0,642	0,665	0,631	0,627
Stor smolt		-	-	-	8	22	26	32	35

Raden for stor smolt i tabellen, representerer antall selskaper som har i Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelser, oppgitt at de driver med produksjon og salg av smolt som veier over 250 gram (Fiskeridirektoratet, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021b, 2022, 2023b). Her er det viktig å nevne at disse selskapene er sett på bakgrunn av det totale antallet settefiskselskaper som inngikk i det helt originale datagrunnlaget. På grunn av kvalitetssikring av datagrunnlaget for denne studiens analyser, er det for alle årene fjernet flere selskaper, og kan derfor ikke sies med sikkerhet om at alle selskapene med produksjon av stor smolt, fortsatt er inkludert i denne analysen. Sett bort ifra dette, kan man her se tydelig at produksjon av stor smolt har hatt en kraftig økning fra 2018 og fram til 2022, med drastisk utvikling bare

fra 2018 til 2019. De tre første årene, 2015-2017, er det derimot ikke innrapportert til lønnsomhetsundersøkelsene noen informasjon på selskaper som produserer stor smolt. I lys av utviklingen er det mulig å anta at antall selskaper som eventuelt drev med produksjon og salg av stor smolt før 2018, var færre enn åtte. Eventuelt var det ingen settefiskselskaper som hadde begynt med dette på den tiden.

5.3.3 Effektivitetsutvikling med forutsetning om variabelt skalautbytte

Window-analysen er her gjort med forutsetning om variabelt skalautbytte, fremstilt i tabell 16. I motsetning til Window-analysen for CRS, viser det seg at det mest effektive vinduet her er vindu 1 for 2015-2017 med et gjennomsnitt på 0,780, deretter etterfulgt av vindu 5 for 2019-2021. Det minst effektive vinduet var vindu 6 for 2020-2022. Høyest differanse i gjennomsnitteffektivitet finner man for 2019 som i vindu 3 hadde effektivitetsscore på 0,6904 i snitt, og opp til en score på 0,8143 i vindu 5. Utvikling i perioden viser at fra 2016 til 2019 øker gjennomsnittseffektiviteten for hvert vindu, før denne trenden snur. For 2020 øker effektiviteten fra vindu 4 til vindu 5, før den så synker til vindu 6. For 2021 synker også gjennomsnittseffektiviteten. Å gjennomføre Window-analysen med VRS gir høyere gjennomsnittseffektivitet for alle årene og vinduene, og der analysen for CRS har lik sum effektivitet i snitt for både 2015 og 2016, har VRS i stedet en synkende differanse. Sett bort fra små ulikheter, viser fortsatt tabell 16 en lik utviklingstrend som for effektivitetsutviklingen for perioden ved CRS i tabell 15.

Tabell 16: Effektivitetsutviklingen for perioden 2015-2022 med Window-analyse for VRS

År		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Gj. snitt
Vindu	1	0,8210	0,7895	0,7304						0,780
	2		0,7962	0,7438	0,7113					0,750
	3			0,7866	0,7574	0,6904				0,745
	4				0,7884	0,7273	0,7142			0,743
	5					0,8143	0,7761	0,7165		0,769
	6						0,7690	0,7070	0,6919	0,723
Gj. snitt		0,821	0,793	0,754	0,752	0,744	0,753	0,712	0,692	
Stor smolt		-	-	-	8	22	26	32	35	

Samme som i tabell 15 for Window-analysen med CRS, er det her nederst i tabell 16 samme informasjon om antall selskaper som har oppgitt at de har produsert og solgt stor smolt gjennom perioden.

5.3.4 Diskusjon av effektivitetsutviklingens betydning

Resultatene fra Window-analysen viser at for bruk av både CRS og VRS, i tabell 15 og 16, er det for alle seks vinduene, det første året som viser den høyeste gjennomsnittseffektiviteten før de to neste blir reduserte. Det viser seg å være en tendens gjennom hele perioden at det er en nedgående, negativ trend i effektiviteten. Året som skiller seg ut i denne utviklingen er 2020, hvor effektiviteten for både CRS og VRS øker for dette året, før den så blir redusert for de to neste årene. Dette er også det eneste året hvor effektiviteten øker i det andre vinduet den er inkludert i, for så og bli redusert igjen i det tredje. Dette viser tydelig at det skjer en endring i den generelle tendensen for dette året. En grunn til dette kan være at flere av kostnadene hadde et fall i 2020, sett i figur 13, som gjør at selskapene i dette året følgelig ble mer kostnadseffektive. Selskapene hadde også fått noen år på å ta høyde for den økte etterspørselen, tar man utgangspunkt i oppgitte selskaper med stor smolt, og at det derfor ble en forbedring i effektiviteten. Et annet element som kan trekkes inn, er koronapandemien som inntraff i 2020 og satte hele verden i en spesiell unntakstilstand. Det er mulig at dette kan ha hatt en innvirkning på at for eksempel kostnadene gikk noe ned, og derfor viser resultatene en høyere effektivitet.

Her er det interessant å se resultatene i sammenheng med settefiskproduksjonens gjennomsnittlige driftsmargin for perioden, presentert i figur 4. Driftsmarginen viser en reduksjon fra 2019 og til 2021, men man kan også se en slak økning fra 2021 til 2022. Dette vil si at selv med en negativ effektivitetsendring fra 2021-2022, har produksjonen av settefisk, samlet hatt en liten økning i inntjening per omsatt krone. Grunnen til dette kan være at selv om effektiviteten ikke er blitt like godt opprettholdt, har samtidig prisen på smolt og settefisk hatt en økning, som har gjort at de fortsatt har klart å tjene på produksjonen.

Siden det i 2021 og 2022 vises de laveste gjennomsnittseffektivitetene for hele perioden, kan det indikere at det oppsto en effektivitetstopp i 2020. Dette illustrerer at settefiskselskapene er nødt til å gjøre endringer i sine produksjonsprosesser for å bedre utnytte kostnadene. Spesielt ved det økte antallet av settefiskselskaper som produserte og solgte stor smolt for de to siste årene, kan det være et tegn på at nye prosesser å drifte på må til for å holde oppe produktivitet. Samtidig gir økte priser utfordringer om inflasjonen fortsetter i den utviklingen den har hatt de siste årene, noe som i skrivende stund ikke ser ut til å stoppe opp med det første (Statistisk sentralbyrå, 2024). Slike ytre faktorer er ikke noe som settefiskselskapene har kontroll over, og som kan ha en stor innvirkning på kostnadseffektiviteten.

6 Konklusjon

I dette avsluttende kapitlet for oppgaven, vil resultatene og diskusjonene fra kapittel 5 brukes som bakgrunn for å oppsummere og konkludere de funnene som har kommet fram i analysene. Her vil helheten av denne studien sammenfattes for å vise hvordan settefiskproduksjonen faktisk driftes med vekt på effektivitet, kostnader og betydningen av større smolt. Helt til slutt vil det presenteres noen forslag som kan være relevant å undersøke og inkludere i eventuell videre forskning rundt lignende tematikk, som for denne oppgaven.

6.1 Oppsummering og konklusjon

Selv om settefiskproduksjon utgjør essensielle ledd i verdikjedene i oppdrettsnæringen, står den for bare en liten del når man ser på blant annet det helhetlige lønnsomhetsbildet, og den tilknytningen folk flest har til oppdrettsfisk. Dette kan være en faktor til at den ofte kommer litt i skyggen av matfiskproduksjon når det skal gjennomføres studier og forskning på oppdrett av laks. Med den økte etterspørselen av stor smolt, virker det derimot som at driften til settefisksselskapene har fått litt større fokus enn tidligere.

Oppgavens formål var å prøve og besvare følgende problemstilling:

Hvordan har effektiviteten og produktivitet utviklingen vært i den norske settefisknæringen for perioden 2015-2022, og hvilken betydning har økt etterspørsel etter stor smolt hatt?

Gjennom oppgaven er det derfor blitt undersøkt hvordan settefisknæringen har prestert og utviklet seg i form av effektivitet og produktivitet i perioden, og samtidig sett på hvordan stor smolt har påvirket produksjonsprosessene. Kvalitetssikring av dataene og testing av passende forskningsmodell er blitt gjennomført for å gi analysene et godt og presentabelt datagrunnlag. For å undersøke settefiskselskapenes årlige gjennomsnittseffektiviteter har DEA-analyser blitt benyttet. Window-analyser ble tatt i bruk for å beregne endringsutviklingene av gjennomsnittseffektiviteten for perioden.

Effektivitetsanalysene viste for perioden en årlig gjennomsnittseffektivitet som lå mellom 71%-81% for CRS og mellom 81%-86% for VRS. Dette viser at det ikke er store svingninger mellom årene og perioden har hatt en høy, stabil trend i effektiviteten. Andel settefiskselskaper som viste seg fullt effektive på 100%, strakte seg mellom 9%-25% for CRS og 26%-40% for VRS. Størrelsen på produksjonene for hvert år viste seg å variere om hvilke

som var mest effektive, og så ikke ut til å ha et fast mønster gjennom perioden. Selskapene hadde i snitt en skalaeffektivitet mellom 86%-95%, og andel selskaper som opererte med optimal skala var mellom 9%-25%. Dette viser at settefiskselskapene har hatt god skalaeffektivitet i produksjonene sine, og det er ikke mye ned- eller oppskalering av produksjonens størrelse som gjenstår for å oppnå full skalaeffektivitet. For den årlige effektiviteten i slutten av perioden, spesielt for den totale tekniske effektiviteten med CRS, kunne man se etter en kraftig økning fra 2018-2020, oppsto det fra 2020-2022 et stort fall i effektiviteten. Denne nedgangen i effektivitet, har også vist seg videre i resten av oppgavens analyser. Effektivitetsscorene viste også betydningen av å ta høyde for flere påvirkningsfaktorer i prestasjonsberegningene. Dette ble veldig synlig når denne studiens beregnet effektivitet, ble sammenlignet med Fiskeridirektoratets egen utregning av produktivitet, og man kunne se en såpass ulik trend gjennom perioden.

Window-analysene har gitt et oversiktlig bilde på effektivitetsutviklingen gjennom perioden, men ulik kombinasjon av referanseår for hvert vindu. For CRS viste den årlige endringen i gjennomsnittseffektiviteten mellom 63%-70%, og gjennomsnittet for de seks vinduene var mellom 64%-69%. For VRS var årlig endring i gjennomsnittseffektivitet mellom 69%-82%, vinduenes gjennomsnitt var mellom 72%-78%. Resultatene viser lite endringer for årene, og enda mindre endring mellom vinduene, men man kunne se en nedgående trend i perioden. 2020 skilte seg ut i analysen og viste en positiv endring, før det så ble en negativ endring i effektiviteten for de to neste årene. Denne toppen i produktivitetsutvikling, kunne tyde på at det gikk godt for produksjonene i dette året. Endringen etter dette året tyder på at den økte etterspørselen etter større smolt, og høyere priser og kostnader, kan være grunner til at settefiskselskapenes produksjon ikke holdt tritt i 2021 og 2022. Disse funnene kan gi antydning til at selskapene må innrette seg etter nye påvirkningsfaktorer og gjøre noen justeringer i produksjonsprosesser, skal det være holdbart å besvare den økte etterspørselen etter stor smolt.

Ved hypotesetestingen for å undersøke og avgjøre den best egnede forskningsmodellen for denne oppgaven, fikk man se at å inkludere lønnskostnad, førkostnad, rogn- og yngelkostnad, øvrige driftskostnader, elektrisitetskostnader og vaksinasjonskostnader som inputer, mot produksjon som output ga interessante målinger. Elektrisitetskostnadene ga blant annet et godt bilde på at økt strømforbruk ved produksjon av større smolt gir høyere produksjonskostnader, og kan ha hatt påvirkning på den synkende effektiviteten i perioden. For DEA-analysene ble effektivitetsestimeringen av modell med ADK, med tradisjonell

samling av andre driftskostnader inkludert, for å kunne se om oppdelingen av disse variablene hadde innvirkning på resultatene. Dette viste seg å ha en forskjell for effektiviteten for både CRS, VRS og skalaeffektivitet. I alle de tre analysene viste den alternative modellen å ha en ulik trend i effektiviteten, og jevnt over lavere effektivitetsscorer og en mindre andel fullt effektive settefiskselskaper. Et færre antall variabler vil ofte gi en lavere effektivitet, men disse observasjonene kan indikere at den utvalgte forskningsmodellen ga analysene et klarere bilde på settefiskselskaperens effektivitet og produktivitet utvikling, spesielt med undersøkelsen av stor smolt sin innvirkning.

Forskningsmodellen viser seg å gi et interessant og opplysende innblikk i det som inngår og påvirker produksjon av settefisk og stor smolt. For at det skal bli enklere å gjennomføre analysene, er samtidig variablersammensetningen som blir benyttet, en forenklet representasjon av det som faktisk inngår i settefiskproduksjonen i realiteten. På bakgrunn av dette er det viktig å ta i betraktning at det finnes flere påvirkende elementer og prosesser for settefisknæringen.

For å besvare problemstillingen har effektiviteten hatt en god og stabil årlig gjennomsnittseffektivitet gjennom perioden, hvor 2020 og 2021 viste seg som årene med høyest effektivitet, og 2022 som året med lavest effektivitet. Den årlige endringen viste en negativ utvikling ut gjennom perioden for produktiviteten, men med en topp for 2020. Trenden for produksjonskostnadene fra 2015-2022, har antydning til at stor smolt har hatt innvirkning på spesielt siste del av periodens kostnader, som igjen påvirker effektiviteten og produktiviteten. Stor smolt ser dermed ut til å ha hatt betydning og ført til økte kostnader, men denne økningen må også sees i lys av økt prisinflasjon de siste årene. Funnene fra analysene viser en interessant utvikling for settefiskbransjen, og at den nye, økte etterspørselen av stor smolt, gir settefiskselskapene nye elementer å tilpasse seg etter.

Uten svakhetene i datagrunnlaget, i form av manglende balansetall og at det ikke kunne tas høyde for beholdningsendring, er det muligheter for at resultatene hadde fått andre utfall. Eventuelt med tilgang på data og gjort analyser for tiden etter 2022, hadde det vært interessant å observere om effektiviteten og produktiviteten hadde blitt bedre. Oppsummert viser resultatene fra analysene i denne oppgaven at det er tegn på at produksjonsprosessene har gitt god produksjon tidligere, men at det ligger et potensiale til stede for forbedring i settefiskbransjen. Studien konkluderer med at settefiskselskapene vil naturlig ha svingninger i sin effektivitet og produktivitet, men større smolt gjør at ekstra mengde ressurser må tas i

bruk, og kan gjøre det utfordrende for settefiskproduksjonen å holde oppe effektiviteten. Her viste de tre siste årene interessante utviklingstrekk, og man ser gode antydninger til at økt produksjon av stor smolt har en viss innvirkning på produksjonsprosessene.

Oppdrettsnæringen er i stadig endring, og her er det rom for nye måter å utnytte produksjonskostnadene på, og innovative løsninger for å sikre en effektiv og produktiv framtid for settefiskselskapene, parallelt med den økende produksjon av stor smolt.

6.2 Videre forskning

Med avgrensningene gjort for analysene i denne oppgaven, vil et forslag til videre forskning være å ta analyser av hele oppdrettsnæringen med tanke på både sette- og matfisknæringen. På denne måten får man et større bilde på hele produksjonsprosessene, og man får tatt høyde for oppdrettselskapene som driver med produksjon av både matfisk og settefisk. I tillegg vil man kunne få et enda bedre, helhetlig bilde på utviklingen ved å utvide datasettet med å analyse for flere år og man får en bredere tidsserie. Dette hadde vært interessant spesielt med tanke på at settefisknæringen er sjeldnere forsket på sammenlignet med matfisknæringen. For bare settefiskproduksjonen, hadde man også kunne undersøkt for de senere årene etter 2022. Da kan man forsøke å se om den negative effektiviteten for 2021 og 2022 er et tilfeldig fall i utviklingen eller om det er en tydelig nedgående utvikling. Da kan man også få undersøkt om det har blitt bedre effektivitetsresultater når produksjon av stor smolt er blitt vanligere, eller om det fortsatt er en nedgående trend for settefisknæringen.

Datasettet i oppgaven inneholder bare anonymisert data, uten tillatelser til å identifisere de ulike settefiskselskapene som er tatt med i dataundersøkelsen. Det som derimot kunne vært interessant er å skille ut hvilken produksjon de ulike oppdrettselskapene har. Som i likhet med avsnittet over, kunne man gjennomført en prestasjonsmåling av de selskapene med eierskap over både sette- og matfiskproduksjon, kontra de selskapene med bare settefiskproduksjon og de med bare matfiskproduksjon.

Et annet forslag til videre forskning er å ta for seg flere analysemetoder i analysene. På denne måten er det rom til å gjøre enda flere undersøkelser på hvilke faktorer som har innvirkning på produksjonen av settefisk, og hvilken utvikling disse har hatt. Et forslag er å benytte Malmquist produktivitetsindeks, som man ofte kan se gå igjen i analyseoppgaver skrevet om matfiskoppdrett, som for eksempel i Vassdal og Holst (2011). På grunn av endringene i selskapsidentifiseringen, hadde det vært en idé å benytte denne analysemetoden litt fram i tid

når man kan hente ut en tidsperiode hvor den nye identifisering er lik for alle årene som blir aktuelt å undersøke. Et annet forslag til forskningsmetode er å bruke SFA for settefiskproduksjonen, som blant annet Asche og Roll (2013) har benyttet for å forske på matfiskproduksjonens prestasjoner i form av produktivitet og effektivitet/ineffektivitet. Sandvold (2016) benyttet også SFA da på settefisk, og her ville det vært mulig i videre forskning å gjøre nye analyser og sammenligne en ny, ferskere tidsserie mot den studien. Eventuelt kan man også utføre flere modelltester for å få enda mer spesifisert om man har en nok dekkende og opplysende forskningsmodell for oppgaven. (Hansen & Sætermo, 2021)

Referanseliste

- Akvakulturdriftsforskriften. (2008). *Forskrift om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften)* (FOR-2008-06-17-822). Lovdata.
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822>
- Akvakulturloven. (2005). *Lov om akvakultur (akvakulturloven)* (LOV-2005-06-17-79).
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-79>
- Anand, G. & Kodali, R. (2008). Benchmarking the benchmarking models. *Benchmarking: An international journal*, 15(3), 257-291.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1108/14635770810876593>
- Andersen, P. & Petersen, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management science*, 39(10), 1261-1264.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261>
- 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.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.02.015>
- Asche, F. & Roll, K. H. (2013). Determinants of inefficiency in Norwegian salmon aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 17(3), 300-321.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/13657305.2013.812154>
- Asmild, M., Paradi, J. C., Aggarwall, V. & Schaffnit, C. (2004). Combining DEA window analysis with the Malmquist index approach in a study of the Canadian banking industry. *Journal of productivity analysis*, 21, 67-89.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1023/B:PROD.0000012453.91326.ec>
- Avkiran, N. K. (2004). Decomposing technical efficiency and window analysis. *Studies in Economics and Finance*, 22(1), 61-91.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1108/eb043383>
- Baklien, A. T. (2020, 29. oktober). *Nok et rekordår i oppdrettsnæringen*.
<https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/nok-et-rekordar-i-oppdrettsnaeringen>
- Banker, R. D. (1993). Maximum likelihood, consistency and data envelopment analysis: a statistical foundation. *Management science*, 39(10), 1265-1273.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1265>

- Banker, R. D. (1996). Hypothesis tests using data envelopment analysis. *Journal of productivity analysis*, 7, 139-159. <https://doi.org/10.1007/BF00157038>
- Banker, R. D., Chang, H. & Zheng, Z. (2017). On the use of super-efficiency procedures for ranking efficient units and identifying outliers. *Annals of Operations Research*, 250, 21-35. <https://doi.org/10.1007/s10479-015-1980-8>
- 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. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Banker, R. D., Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Zhu, J. (2011). Chapter 2: Returns to scale in DEA. I W. W. Cooper, L. M. Seiford & J. Zhu (Red.), *Handbook on data envelopment analysis* (s. 41-70). https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_2
- Banker, R. D. & Natarajan, R. (2011). Chapter 11: Statistical tests based on DEA efficiency scores. I W. W. Cooper, L. M. Seiford & J. Zhu (Red.), *Handbook on data envelopment analysis* (2. utg., s. 273-295). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_11
- Berge, A. (2014, 7. oktober). *Pionérene: Brødrene Vik*. <https://ilaks.no/pionerene-brodrene-vik/>
- Berge, A. (2021, 6. oktober). *Fjoråret ga den svakeste lønnsomhet i norsk oppdrett siden 2012*. <https://ilaks.no/fjoraret-ga-den-svakeste-lonnsomhet-i-norsk-oppdrett-siden-2012/>
- Bjørkmo, K. S. (2005). *Effektivitet og produktivitetsutvikling i norsk settefisknæring 1997-2002; En ikke-parametrisk analyse* [Masteroppgave, UiT Norges arktiske universitet - Norges fiskerihøgskole].
- Bobbitt, Z. (2019, 9. april). *An Explanation of P-values and Statistical Significance*. Statology. <https://www.statology.org/p-values-statistical-significance/>
- Bogetoft, P. & Otto, L. (2011). *Benchmarking with DEA, SFA, and R*. Springer.
- Bogetoft, P. & Otto, L. (2022). *Benchmarking with DEA and SFA*, R package version 0.31. I.
- Busch, T. (2022). *Akademisk skriving: For bachelor- og masterstudenter* (2. utg.). Fagbokforlaget.
- Camanho, A. S. & D'Inverno, G. (2023). Data Envelopment Analysis: A Review and Synthesis. I P. Macedo, V. Moutinho & M. Madaleno (Red.), *Advanced Mathematical Methods for Economic Efficiency Analysis: Theory and Empirical Applications* (s. 33-54). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-29583-6_3

- Charnes, A., Clark, C. T., Cooper, W. W. & Golany, B. (1984). A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the US air forces. *Annals of Operations Research*, 2(1), 95-112.
<https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA141392.pdf>
- Charnes, A. & Cooper, W. W. (1984). Preface to topics in data envelopment analysis. *Annals of Operations Research*, 2(1), 59-94.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF01874733>
- Charnes, A., Cooper, W. W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Coelli, T., Estache, A., Perelman, S. & Trujillo, L. (2003). *A primer on efficiency measurement for utilities and transport regulators* (Bd. 953). World Bank Publications.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J. & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis* (2. utg.). Springer.
- Cook, W. D., Liang, L., Zha, Y. & Zhu, J. (2009). A modified super-efficiency DEA model for infeasibility. *Journal of the Operational Research Society*, 60(2), 276-281.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602544>
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software* (2. utg., Bd. 2). Springer. <https://doi.org/https://doi-org.mime.uit.no/10.1007/978-0-387-45283-8>
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Zhu, J. (2011). Chapter 1: Data envelopment analysis: History, models, and interpretations. I W. W. Cooper, L. M. Seiford & J. Zhu (Red.), *Handbook on data envelopment analysis* (2. utg., s. 1-39).
https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_1
- Cova-Alonso, D. J., Díaz-Hernández, J. J. & Martínez-Budría, E. (2021). A strong efficiency measure for CCR/BCC models. *European journal of operational research*, 291(1), 284-295. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.09.006>
- 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. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00149-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1)

- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the royal statistical society: series A (General)*, 120(3), 253-281.
<https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2343100>
- Fiskeridirektoratet. (2013). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2012* (1894-2881).
<https://www.fiskeridir.no/media/Files/akvakultur/statistikk/statistiske-publikasjoner/loenksomhetsundersoekelser/rap-lonnsomhet-akvakultur-2012.pdf>
- Fiskeridirektoratet. (2016). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2015* (2464-4285). https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/_attachment/download/d9b51a68-231c-46fd-9d3e-8d797852d2ac:79a717baf24200fb12cd8ce092c728565f3ddd5b/rap-lonnsomhet-akvakultur-2016.pdf
- Fiskeridirektoratet. (2017). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2016* (2464-4285). https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/_attachment/download/d9b51a68-231c-46fd-9d3e-8d797852d2ac:79a717baf24200fb12cd8ce092c728565f3ddd5b/rap-lonnsomhet-akvakultur-2016.pdf
- Fiskeridirektoratet. (2018). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2017* (2462-4285). https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/_attachment/download/45c46af2-d04f-4842-8589-b9fba353e72a:d7ee54a66d43e12585ef4cf9f84231499ad6543a/rap-lonnsomhet-akvakultur-2017.pdf
- Fiskeridirektoratet. (2019). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2018* (2464-4285). https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/_attachment/download/9fa22b6e-4dda-47aa-ac25-5a3fcb173fd:3c6a7fd3f6c964790f529e473951949973e413d8/rap-lonnsomhet-akvakultur-2018.pdf
- Fiskeridirektoratet. (2020). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2019* (2464-4285). https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/_attachment/download/5f6d282c-4198-44af-a895-49fd4da3212c:a01b795855f4a5e2908ed16a0053a18ac0c4c0df/rap-lonnsomhet-akvakultur-2019.pdf

- Fiskeridirektoratet. (2021a, 6. januar). *Kar sprak ved settefiskanlegg*.
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/erfaringsbase-romming/erfaringshendelser/Kar-sprakk-ved-settefiskanlegg>
- Fiskeridirektoratet. (2021b). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2020* (2464-4285). https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/_/attachment/download/c758105e-3b1d-424b-8f64-5207d3ce5a98:61ff2d4cf1d4b5cddd202278cea8bd455afe6aee/rap-lonnsomhet-akvakultur-2020.pdf
- Fiskeridirektoratet. (2021c, 11. oktober). *Norsk havbruksnæring*.
<https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/fiskeri-og-havbruk/1/oppdrettslaksen/Norsk-havbruksnaring/id754210/>
- Fiskeridirektoratet. (2022). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2021* (2464-4285). Fiskeridirektoratet.
<https://www.fiskeridir.no/media/Files/akvakultur/statistikk/statistiske-publikasjoner/loennsomhetsundersokelser/rap-lonnsomhet-akvakultur-2021.pdf>
- Fiskeridirektoratet. (2023a). *Antall merder og lokaliteter i bruk 2005-2023 (Fylke)* [Statistikk]. Fiskeridirektoratet, Biomasseregistret.
<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fregister.fiskeridir.no%2Fbiomassestatistikk%2FBIOSTAT-LAKS-FLK%2Fbiostat-drift01-flk.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>
- Fiskeridirektoratet. (2023b). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2022* (2464-4285). Fiskeridirektoratet.
<https://www.fiskeridir.no/media/Files/akvakultur/statistikk/statistiske-publikasjoner/loennsomhetsundersokelser/rap-lonnsomhet-akvakultur-2022.pdf>
- Fiskeridirektoratet. (2024a). *Arbeidsinnsats i akvakulturnæringen* [Statistikk]. Fiskeridirektoratet. https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Totalt-hele-naeringen/_/attachment/download/a57d66e5-7021-4829-8eb7-182acecdde8a:e24aace13057d553f7b16777759143de95606441/sta-totalt-4-syssetting.xlsx
- Fiskeridirektoratet. (2024b). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret: Settefiskproduksjon 2015-2022 (Versjon V1)* [Datasett]. Fiskeridirektoratet.

- Fiskeridirektoratet. (u.d.-a). *Fiskeridirektoratet og FNs bærekraftsmål*.
<https://www.fiskeridir.no/Areal-og-miljo/fiskeridirektoratet-og-fns-berekraftsmal>
- Fiskeridirektoratet. (u.d.-b). *Lønnsomhetsundersøkelser for laks og regnbueørret*.
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Loennsomhetsundersokelse-for-laks-og-regnbueoerret>
- Fiskeridirektoratet. (u.d.-c). *Om statistikken - Lønnsomhetsundersøkelse for laks og regnbueørret*. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Loennsomhetsundersokelse-for-laks-og-regnbueoerret/om-statistikken-loennsomhetsundersokelse-for-laks-og-regnbueoerret>
- Fiskeridirektoratet. (u.d.-d). *Settefisk*. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Kommersielle-tillatelser/Laks-oerret-og-regnbueoerret/Settefisk>
- Fiskeridirektoratet. (u.d.-e). *Tildelingsprosessen*.
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Tildelingsprosessen>
- Fjellheim, A. J., Alfredsen, J. A., Rosten, T., Urke, H. A. & Åtland, Å. (2010).
Rømmingssikring av settefiskanlegg for laksefisk: En studie av dagens teknologi og nye alternativer for å hindre rømming (5857-2009). Norsk institutt for vannforskning.
https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/bitstream/handle/11250/214676/5857-2009_72dpi.pdf
- Forskrift om lakselusbekjempelse. (2012). *Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg* (FOR-2012-12-05-1140).
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-05-1140>
- Fried, H. O., Lowell, C. A. K. & Schmidt, S. S. (2008). *The Measurment of Productive Efficiency and Productivity Growth*. Oxford University Press.
- Golany, B. & Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. *Omega*, 17(3), 237-250.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0305-0483\(89\)90029-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0305-0483(89)90029-7)
- Hansen, I. & Sætermo, A. (2021). *Analyse av effektivitetsutviklingen i den norske fiskeflåten* [Masteroppgave, UiT Norges arktiske universitet - Handelshøgskolen]. Munin.
<https://hdl.handle.net/10037/22489>
- Havforskningsinstituttet. (2021, 5. juli). *Tema: Lakselus*.
<https://www.hi.no/hi/temasider/arter/lakselus>
- Havforskningsinstituttet. (2023, 24. mars). *Tema: Rømt laks og genetisk påvirkning*.
<https://www.hi.no/hi/temasider/akvakultur/romt-fisk-og-genetisk-pavirkning>
- Hayes, A. (2021, 31. oktober). *Longitudinal Data: Definition and Uses in Finance and Economics*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/l/longitudinaldata.asp>

- Holstad, M. (2023, 14. februar). *Rekordhøy strømpris i 2022 - dempet av strømstøtte*. SSB.
<https://www.ssb.no/energi-og-industri/energi/statistikk/elektrisitetspriser/artikler/rekordhoy-strompris-i-2022--dempet-av-stromstotte>
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandvik, R. K., Marthinussen, A. & Nystøyl, R. (2015). *Kostnadsdrivere i lakseoppdrett* (41/2015). Nofima.
<https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/bitstream/handle/11250/2357896/Rapport412015.pdf?sequence=3>
- Jensen, P. M. (2023, 15. februar). *Settefiskproduksjon i et tiårsperspektiv: -Vi trenger flere og større smolt*. LandbasedAQ. <https://www.landbasedaq.no/settefiskproduksjon-i-et-tiarsperspektiv-vi-trenger-flere-og-storre-smolt/1489055>
- Kames, C. (2016). *Effektivitet og produktivitetsanalyse av norsk lakseoppdrettsnæring i perioden 2009-2014* [Masteroppgave, UiT Norges arktiske universitet - Handelshøgskolen]. Munin. <https://hdl.handle.net/10037/9805>
- Kraugerud, R. L. (2022, 12. april). *Produksjon av stor laksesmolt - hva er beste praksis?* Nofima. <https://nofima.no/pressemelding/produksjon-av-stor-laksesmolt-hva-er-beste-praksis/>
- Kristiansen, M. & Pettersson, N. C. (2019). *Potensielle synergieffekter av å fusjonere norske lakseoppdrettsselskap: En effektivitetsstudie av næringen i 1996, 2006 og 2016* [Masteroppgave, UiT Norges arktiske universitet - Handelshøgskolen]. Munin. <https://hdl.handle.net/10037/16170>
- Kutlar, A., Kabasakal, A. & Torun, P. (2015). Dynamic efficiency analysis of world railway firms: A DEA-Window analysis with Malmquist Index. *Anadolu University Journal of Social Sciences*.
https://www.researchgate.net/publication/274088058_Dynamic_Efficiency_Analysis_of_World_Railway_Firms_A_DEA-Window_Analysis_with_Malmquist_Index
- Laks. (u.d.). *Norsk laks fra fjord til bord*. <https://laks.no/lakseproduksjon/>
- Laksefakta. (2023, 13. mars). *Hva er bærekraft?* <https://laksefakta.no/laks-og-miljo/hva-er-barekraft/>
- Laksetildelingsforskriften. (2022). *Forskrift om tillatelse til akvakultur for laks, ørret og regnbueørret (laksetildelingsforskriften)* (FOR-2022-11-07-1929).
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2022-11-07-1929>
- Lankford, W. M. (2002). Benchmarking: Understanding the basics. *The Coastal Business Journal*, 1(1), 8. <https://digitalcommons.coastal.edu/cbj/vol1/iss1/8/>

- Lillegård, M. (2022, 25. oktober). *Sterk vekst i sjømatnæringen*. Nofima.
<https://nofima.no/resultater/sterk-vekst-i-sjomatnaeringen/>
- Mathisen, G. (2023, 15. juni). *Smolten er større nå enn før, men er den sterkere?* Nofima.
<https://nofima.no/resultater/smolten-er-storre-na-enn-for-men-er-den-sterkere/>
- Mattilsynet. (2023, 3. juli). *Vaksiner til oppdrettsfisk*. <https://www.mattilsynet.no/fisk-og-akvakultur/fiskesykdommer/vaksiner-til-oppdrettsfisk>
- Meireles, M. (2023). Production Economics and Economic Efficiency. I P. Macedo, V. Moutinho & M. Madaleno (Red.), *Advanced Mathematical Methods for Economic Efficiency Analysis: Theory and Empirical Applications* (s. 17-32). Springer.
https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-29583-6_2
- Mercer, S. E. & Odden, I. (2016). *Effektivitetsanalyse og produktivitetsutvikling i norsk lakseoppdrett. En analyse av norsk lakseoppdrett for perioden 2004-2014 ved bruk av Data Envelopment Analysis og Malmquist produktivitetsindeks*. [Masteroppgave, UiT Norges Arktiske Universitet - Handelshøgskolen]. Munin.
<https://hdl.handle.net/10037/9809>
- NOU 2019: 18. (2019). *Skattlegging av havbruksvirksomhet*. Finansdepartementet.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/207ae51e0f6a44b6b65a2cec192105ed/no/pdfs/nou201920190018000dddpdfs.pdf>
- Næss, O. H. B. (2019, 07. august). Nærmere en kvart million "lakseunger" rømte - her forsøker de å fange dem. *NRK Nyheter, Troms og Finnmark*.
<https://www.nrk.no/tromsogfinnmark/naermere-en-kvart-million-lakseunger-romte-her-forsoker-de-a-fange-dem-1.14650802>
- Ot.prp. nr. 61. (2004-2005). *Om lov om akvakultur (akvakulturloven)*. Nærings- og fiskeridepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/otprp-nr-61-2004-2005-/id398345/?ch=1>
- Paradi, J. C., Yang, Z. & Zhu, H. (2011). Chapter 13: Assessing Bank and Bank Performance. I W. W. Cooper, L. M. Seiford & J. Zhu (Red.), *Handbook on data envelopment analysis* (2. utg., s. 315-361). https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_13
- Peykani, P., Saen, R. F., Esmaili, F. S. S. & Gheidar - Kheljani, J. (2021). Window data envelopment analysis approach: A review and bibliometric analysis. *Expert systems*, 38(7), 1-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/exsy.12721>
- Prop. 78 LS. (2022-2023). *Grunnrenteskatt på havbruk*. Finansdepartementet.
<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop.-78-ls-20222023/id2968438/?ch=2>

- Ray, S. C. & Chen, L. (2015). Chapter 2: Data Envelopment Analysis for Performance Evaluation: A Child's Guide. I S. C. Ray, S. C. Kumbhakar & P. Dua (Red.), *Benchmarking for performance evaluation* (s. 75-116). Springer.
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-81-322-2253-8.pdf>
- Regjeringen. (2021a, 6. juli). *Havbruksstrategien - Et hav av muligheter*.
<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/havbruksstrategien-et-hav-av-muligheter/id2864482/?ch=3>
- Regjeringen. (2021b, 11. oktober). *Norsk havbruksnæring*.
<https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/fiskeri-og-havbruk/1/oppdrettslaksen/Norsk-havbruksnaring/id754210/>
- Rostamzadeh, R., Akbarian, O., Banaitis, A. & Soltani, Z. (2021). Application of DEA in benchmarking: a systematic literature review from 2003–2020. *Technological and Economic Development of Economy*, 27(1), 175-222.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3846/tede.2021.13406>
- Raa, T. t. (2015). Chapter 5: Efficiency Measures for Industrial Organization. I S. C. Ray, S. C. Kumbhakar & P. Dua (Red.), *Benchmarking for performance evaluation* (s. 221-250). Springer. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-81-322-2253-8.pdf>
- Sandvold, H. N. (2016). Technical inefficiency, cost frontiers and learning-by-doing in Norwegian farming of juvenile salmonids. *Aquaculture Economics & Management*, 20(4), 382-398. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/13657305.2016.1224659>
- Sandvold, H. N. & Tveterås, R. (2014). Innovation and productivity growth in Norwegian production of juvenile salmonids. *Aquaculture Economics & Management*, 18(2), 149-168. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/13657305.2014.903313>
- Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. Pearson education.
- Shahraki, A. S., Ahmadi, N. A. & Safdari, M. (2018). A new approach to evaluate the economic efficiency and productivity of agriculture sector: the application of window data envelopment analysis (WDEA). *Environmental Energy and Economic Research*, 2(3), 145-160. <https://doi.org/https://doi.org/10.22097/eeer.2019.159201.1051>
- Sintef. (2022, 6. mai). *Er settefiskproduksjonen på rett vei?* <https://www.sintef.no/siste-nytt/2022/er-settefiskproduksjonen-pa-rett-vei/>
- Statistisk sentralbyrå. (2024, 10. mai). *Konsumprisindeksen*. SSB. <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/konsumpriser/statistikk/konsumprisindeksen>

Statistisk sentralbyrå. (u.d.). *Priskalkulator*. SSB.

<https://www.ssb.no/kalkulatorer/priskalkulator>

Steinset, T. A. (2017). Frå attåtnering til milliardindustri. *Samfunnsspeilet*, 1/2017.

<https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/fra-attatnaering-til-milliardindustri>

Tekset. (u.d.). *Om TEKSET*. <https://tekset.no/om-tekset-2>

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.

<https://doi.org/https://doi.org/10.5950/0738-1360-26.4.329>

Webb, R. (2003). Levels of efficiency in UK retail banks: a DEA window analysis. *Int. J. of the Economics of Business*, 10(3), 305-322.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/1357151032000126256>

Wikeland, M. (2015). *Produktivitetsutvikling i norsk lakseoppdrett: En analyse av perioden 2006-2013 ved bruk av DEA, Malmquist og Bootstrapping* [Masteroppgave, UiT Norges arktiske universitet - Handelshøgskolen]. Munin.

<https://hdl.handle.net/10037/7853>

WWF. (u.d.). *Laks (oppdrett)*. <https://www.wwf.no/sj%C3%B8matguiden/laks-oppdrett>

Yasin, M. M. (2002). The theory and practice of benchmarking: then and now. *Benchmarking: An international journal*, 9(3), 217-243.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1108/14635770210428992>

Ytrestøyl, T., Jenssen, I., Wetterwald, V. E., Striberny, A., Alvestad, R., Rùni Dam, Heidi Mortensen, Ellie Johansen, Åsa Espmark, Lill-Heidi Johansen, Jelena Kolarevic, Jørund Larsen, Merete Gisvold Sandberg & Nilsen, T. O. (2023).

Kunnskapskartlegging - produksjon av stor laksesmolt (12/2023). Nofima.

<https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901701/?fileurl=https://fhfno.sharepoint.com/sites/pdb/Publisertedokumenter/362126%C3%85pen%20rapport%2012%202023%20-%20Kunnskapskartlegging%20produksjon%20av%20stor%20laksesmolt.PDF&filenamme=sluttrapport%20kunnskapskartlegging%20%20produksjon%20av%20stor%20laksesmolt>

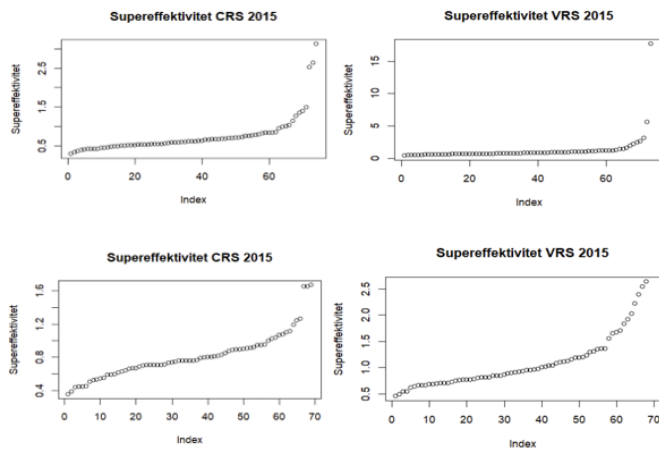
Vedlegg

Vedlegg 1: Deskriptiv statistikk for variablene 2015-2022

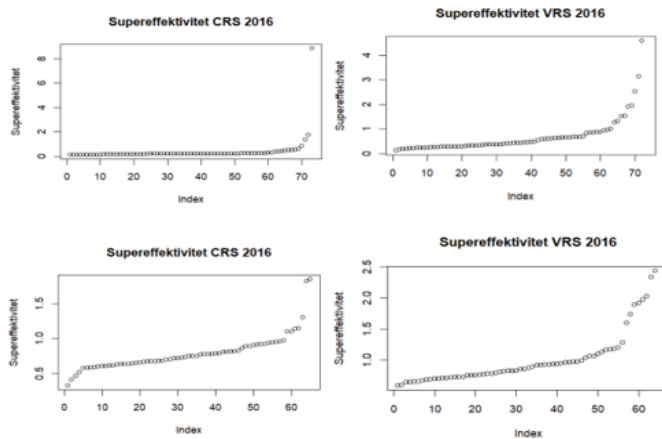
	Gjennomsnitt	Minimum	Maksimum	Standardavvik
2015				
Produksjon	3 871 532	381 552	20 649 000	4 018 486
Lønnskostnad	6 464 045	688 311	40 788 090	6 557 830
Rogn- og yngelkostnad	6 064 051	710 250	32 280 143	6 133 306
Fôrkostnad	5 542 790	572 017	32 456 863	5 744 158
Andre driftskostnader	7 808 381	1 107 567	44 024 388	8 052 319
Elektrisitetskostnad	1 601 047	118 444	8 993 196	1 672 465
Vaksinasjonskostnad	4 440 903	301 000	17 047 430	4 219 970
Avskrivning av driftsmidler	3 902 158	156 586	28 284 260	5 144 868
2016				
Produksjon	5 371 080	617 000	64 460 000	8 709 284
Lønnskostnad	10 018 018	746 397	152 577 207	19 427 181
Rogn- og yngelkostnad	8 536 516	751 750	69 406 000	11 121 311
Fôrkostnad	9 188 648	546 809	144 916 000	18 271 346
Andre driftskostnader	9 635 328	833 602	82 415 443	11 932 994
Elektrisitetskostnad	2 611 368	189 022	45 088 000	5 730 965
Vaksinasjonskostnad	6 870 249	496 680	106 528 000	13 421 901
Avskrivning av driftsmidler	4 583 619	207 000	29 308 482	6 160 847
2017				
Produksjon	5 238 300	865 000	63 326 000	8 717 767
Lønnskostnad	11 001 222	1 166 090	193 964 694	25 707 343
Rogn- og yngelkostnad	8 963 673	1 200 000	63 277 000	10 470 425
Fôrkostnad	9 277 280	1 017 966	131 710 000	17 993 525
Andre driftskostnader	10 588 076	1 861 445	108 988 400	14 717 217
Elektrisitetskostnad	3 240 940	367 499	55 544 000	7 556 886
Vaksinasjonskostnad	7 186 602	431 863	122 911 000	16 418 136
Avskrivning av driftsmidler	5 613 209	291 219	32 295 060	7 270 0227
2018				
Produksjon	5 552 600	624 000	72 144 000	10 320 777
Lønnskostnad	12 620 293	1 019 317	226 845 489	29 955 968
Rogn- og yngelkostnad	9 150 431	853 560	64 546 180	11 302 675
Fôrkostnad	9 894 544	619 223	140 578 000	19 219 210
Andre driftskostnader	12 539 646	1 358 402	99 927 723	18 344 674
Elektrisitetskostnad	3 984 482	99 587	65 801 000	9 053 969

Vaksinasjonskostnad	7 824 824	324 046	126 593 000	16 975 873
Avskrivning av driftsmidler	6 717 253	119 584	72 051 948	11 310 397
2019				
Produksjon	5 619 542	632 000	78 406 000	10 531 332
Lønnskostnad	12 695 372	1 369 699	182 322 900	23 651 145
Rogn- og yngelkostnad	11 022 209	702 000	69 485 000	13 508 753
Førkostnad	11 893 231	628 695	178 245 000	24 023 208
Andre driftskostnader	15 913 780	1 815 997	169 962 062	25 530 241
Elektrisitetskostnad	4 588 729	254 981	78 015 000	10 285 146
Vaksinasjonskostnad	9 042 224	554 646	135 510 000	17 835 666
Avskrivning av driftsmidler	8 570 603	377 287	77 166 364	13 310 189
2020				
Produksjon	6 088 622	725 000	76 303 000	11 049 130
Lønnskostnad	13 600 817	1 032 797	189 300 224	25 463 405
Rogn- og yngelkostnad	11 447 766	722 610	79 380 000	13 974 115
Førkostnad	15 563 437	1 163 338	201 478 000	29 397 899
Andre driftskostnader	17 403 660	2 092 937	224 235 987	31 500 880
Elektrisitetskostnad	4 236 080	2015 191	66 887 000	9 221 466
Vaksinasjonskostnad	13 014 326	534 299	146 024 000	23 247 108
Avskrivning av driftsmidler	11 833 992	429 094	92 996 903	17 793 284
2021				
Produksjon	6 125 855	725 000	79 702 000	11 092 374
Lønnskostnad	15 472 515	1 259 216	247 540 825	31 906 063
Rogn- og yngelkostnad	12 733 594	1 360 551	82 195 000	14 500 656
Førkostnad	15 470 872	1 243 138	178 531 000	26 289 597
Andre driftskostnader	18 196 423	933 959	191 109 911	26 710 291
Elektrisitetskostnad	5 843 224	622 538	75 682 000	10 719 934
Vaksinasjonskostnad	13 988 062	776 447	154 714 000	23 928 760
Avskrivning av driftsmidler	11 570 860	308 849	89 424 149	16 383 736
2022				
Produksjon	6 214 333	845 000	88 585 000	11 299 952
Lønnskostnad	14 859 768	1 944 124	202 784 356	24 438 725
Rogn- og yngelkostnad	13 199 801	2 448 000	92 783 000	15 949 295
Førkostnad	18 049 100	2 416 607	249 092 186	32 860 133
Andre driftskostnader	20 053 245	2 033 260	205 699 007	31 976 007
Elektrisitetskostnad	7 784 112	470 177	113 474 000	15 803 042
Vaksinasjonskostnad	14 124 550	225 772	181 361 000	25 095 762
Avskrivning av driftsmidler	11 517 036	316 199	91 985 411	16 376 062

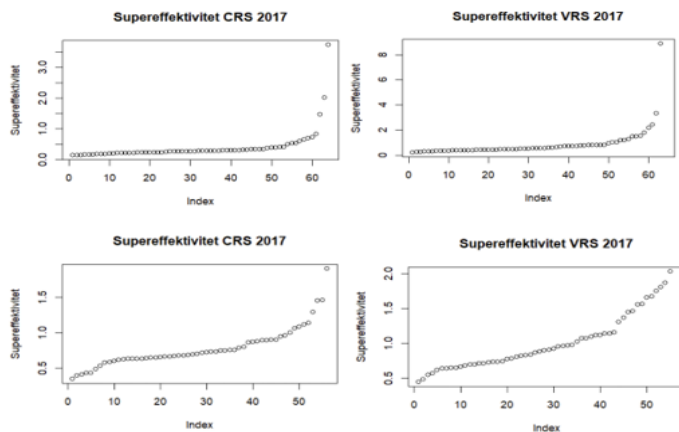
Vedlegg 2: Grafisk fremstilling av outlieranalyse for 2015, før og etter fjerning av outliers



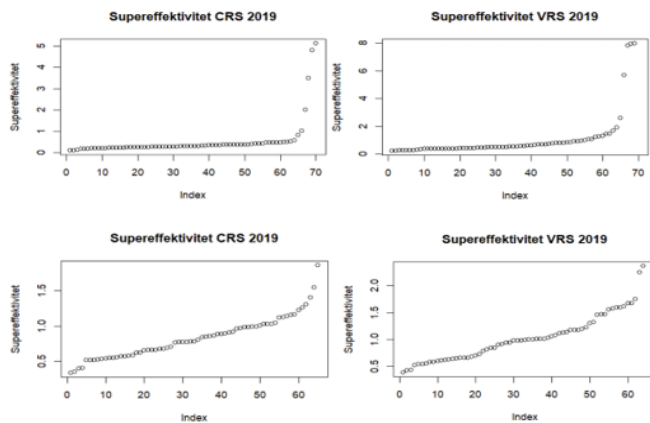
Vedlegg 3: Grafisk fremstilling av outlieranalyse for 2016, før og etter fjerning av outliers



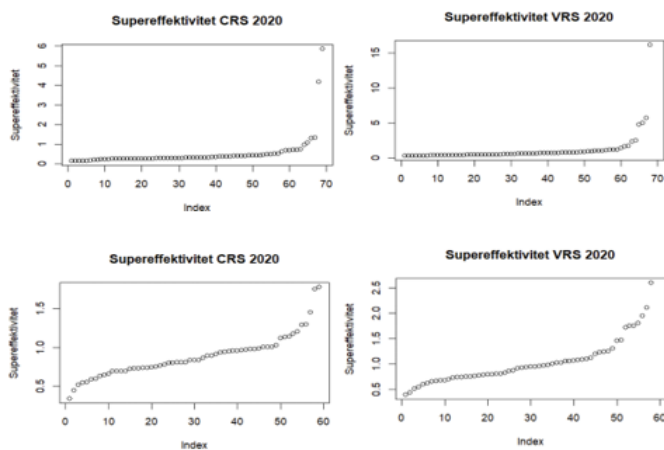
Vedlegg 4: Grafisk fremstilling av outlieranalyse for 2017, før og etter fjerning av outliers



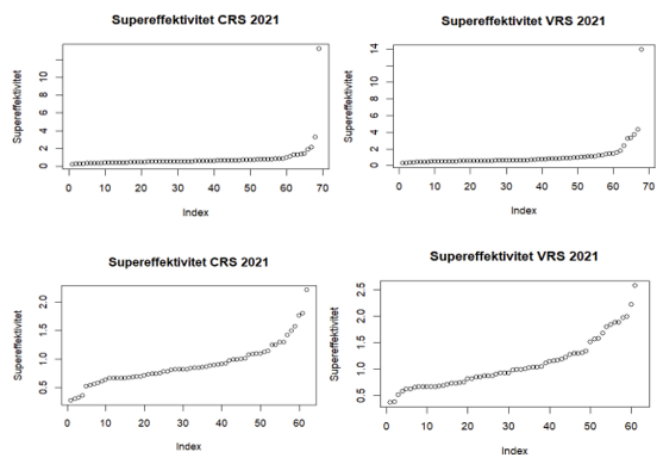
Vedlegg 5: Grafisk fremstilling av outlieranalyse for 2019, før og etter fjerning av outliers



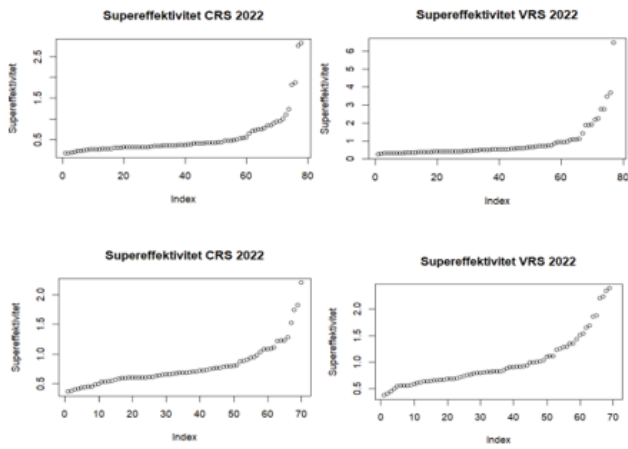
Vedlegg 6: Grafisk fremstilling av outlieranalyse for 2020, før og etter fjerning av outliers



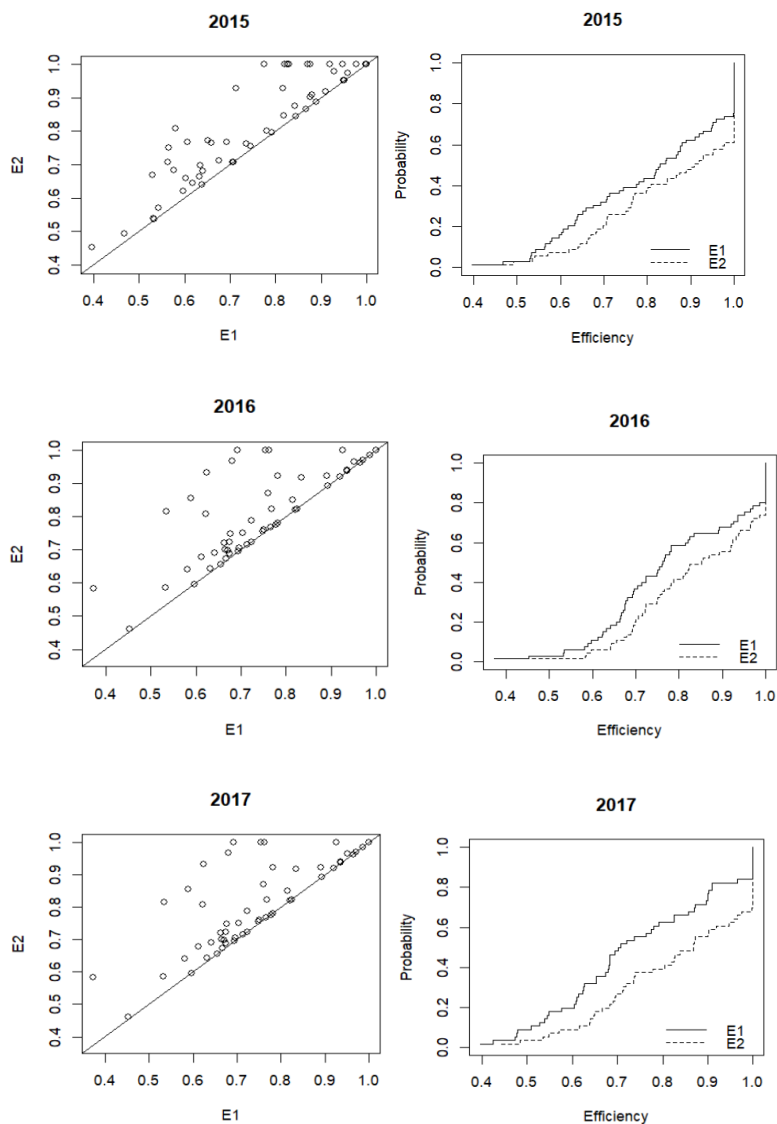
Vedlegg 7: Grafisk fremstilling av outlieranalyse for 2021, før og etter fjerning av outliers

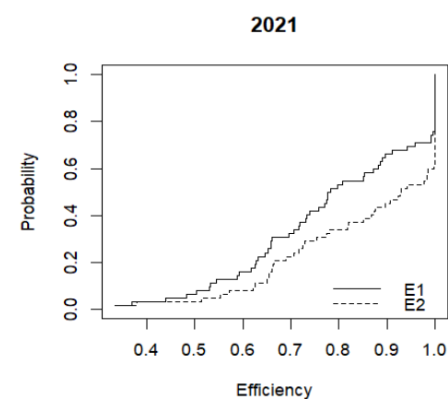
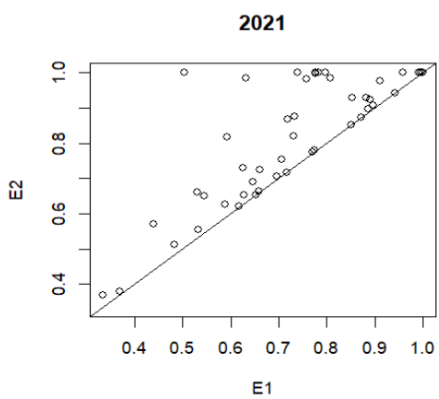
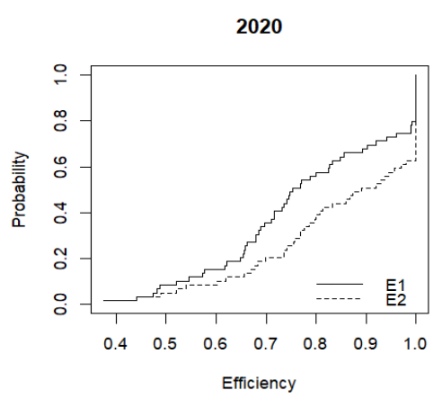
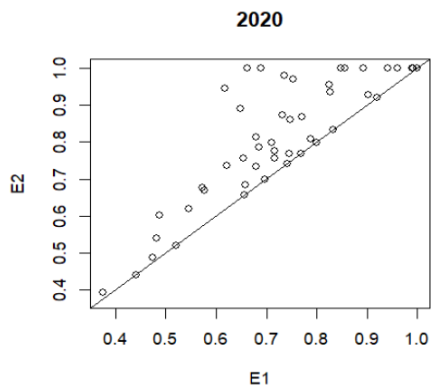
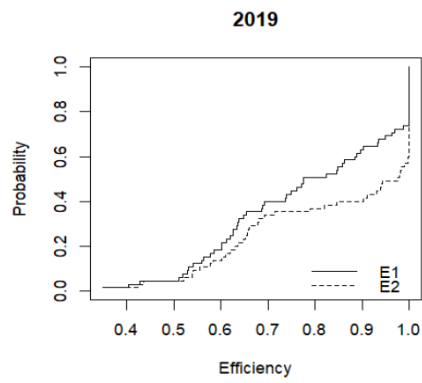
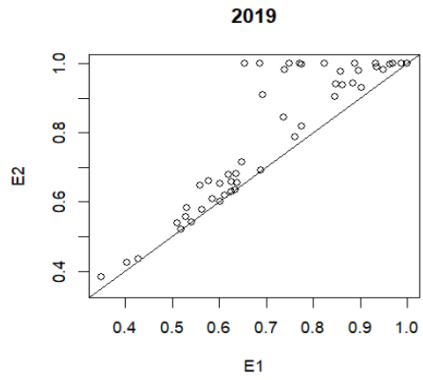
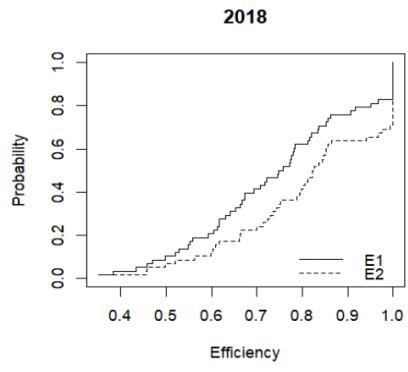
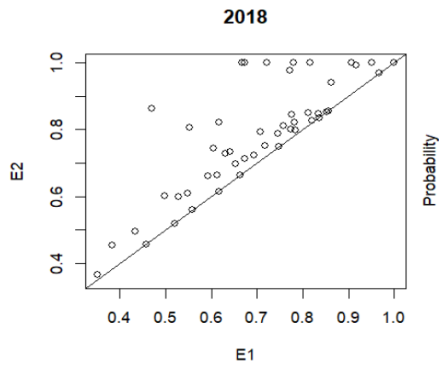


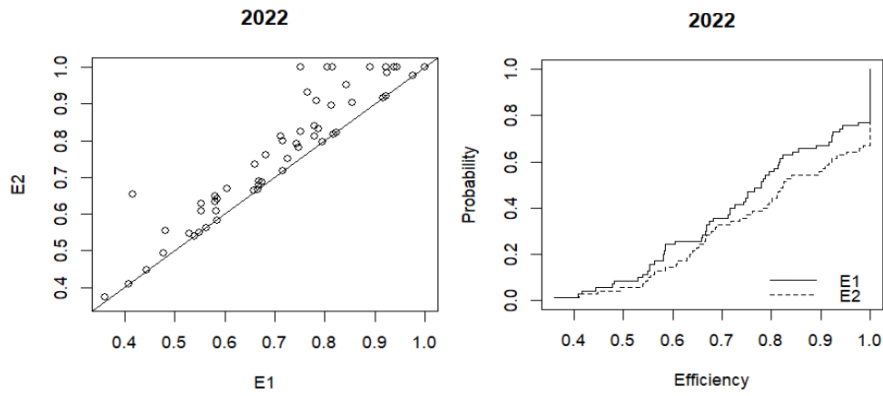
Vedlegg 8: Grafisk fremstilling av outlieranalyse for 2022, før og etter fjerning av outliers



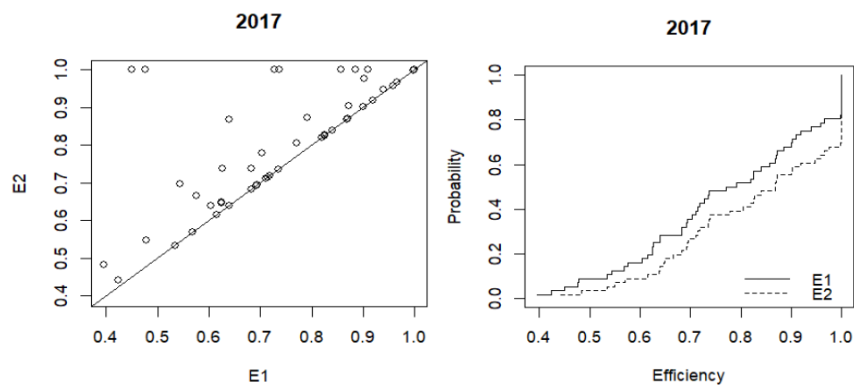
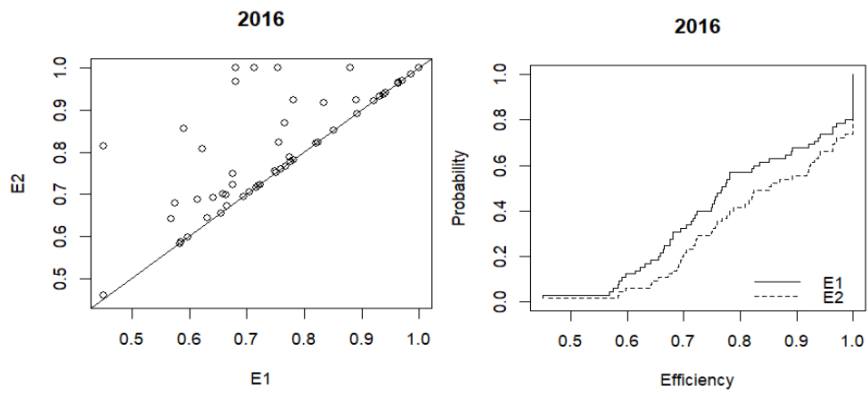
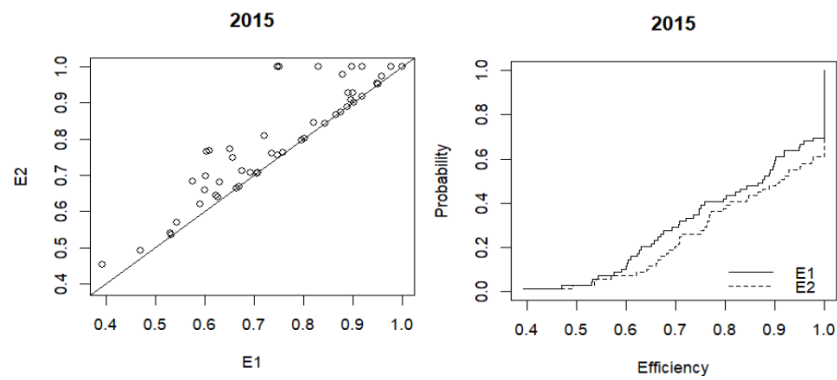
Vedlegg 9: Grafisk fremstilling av Banker-test, modell 1 for 2015-2022

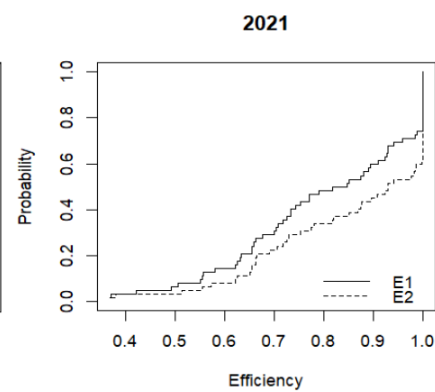
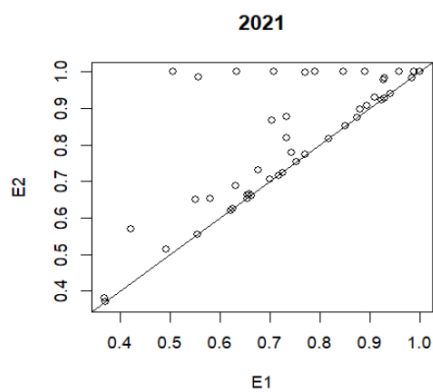
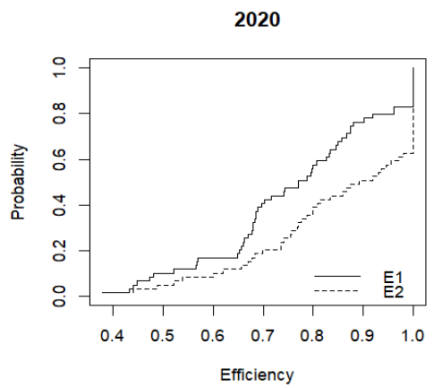
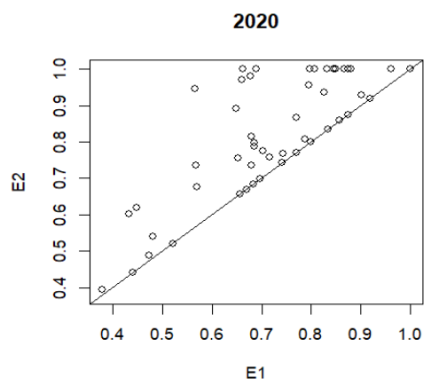
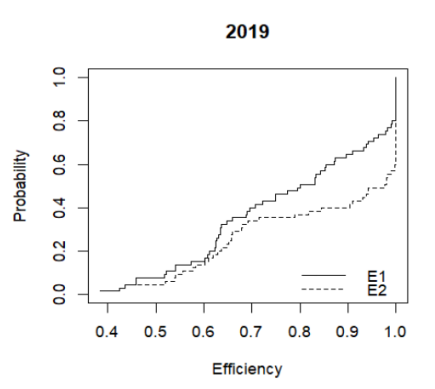
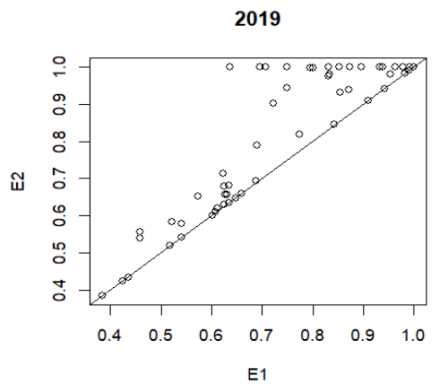
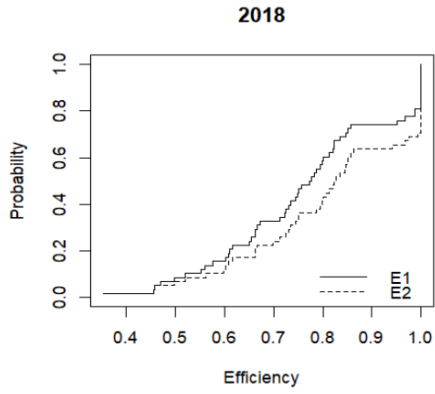
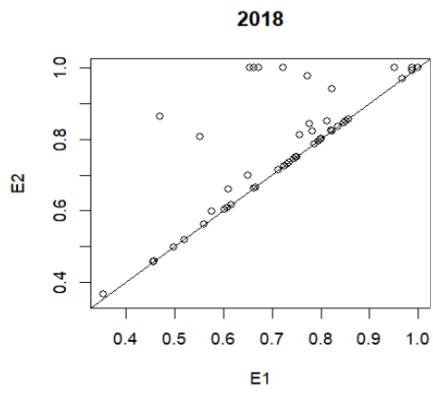


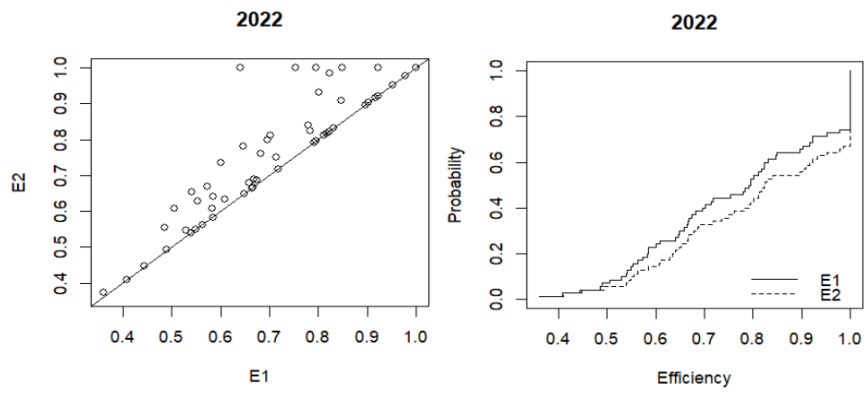




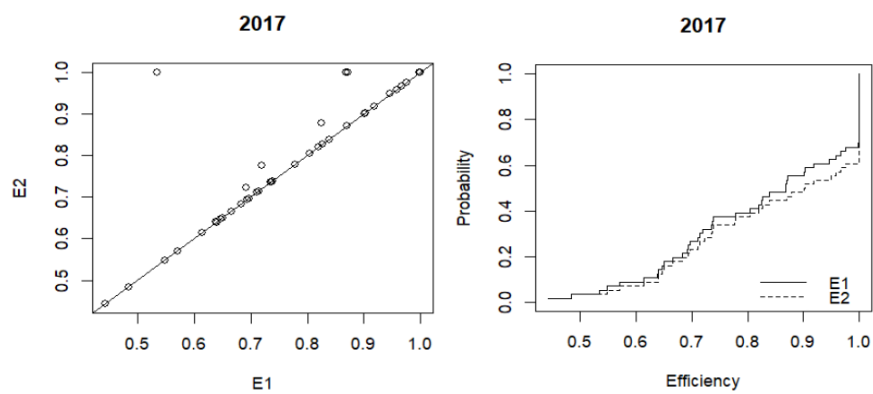
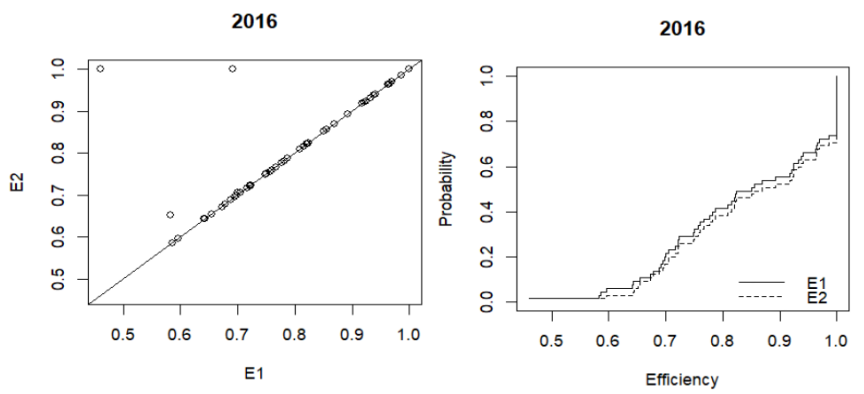
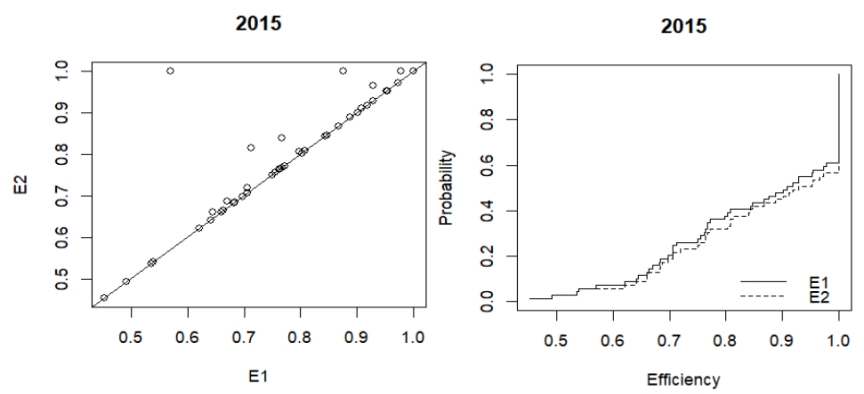
Vedlegg 10: Grafisk fremstilling av Banker-test, modell 2 for 2015-2022

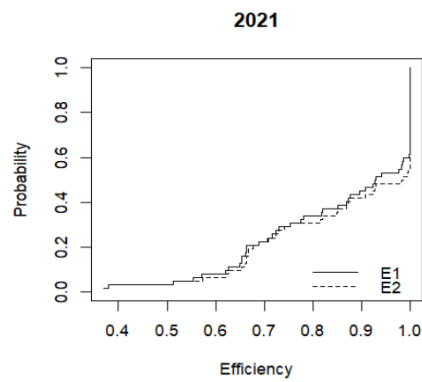
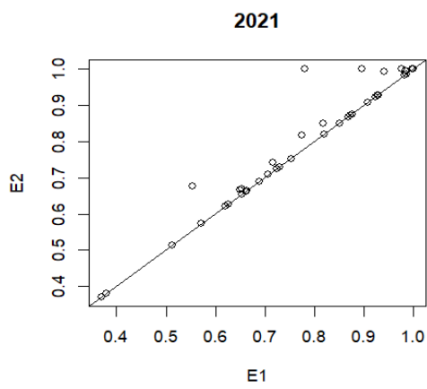
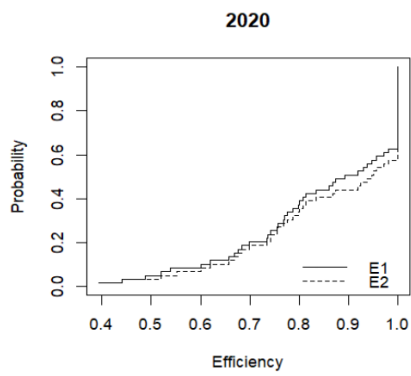
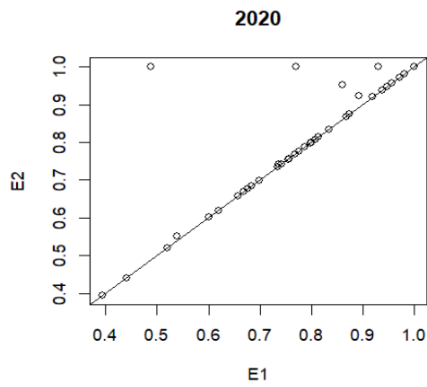
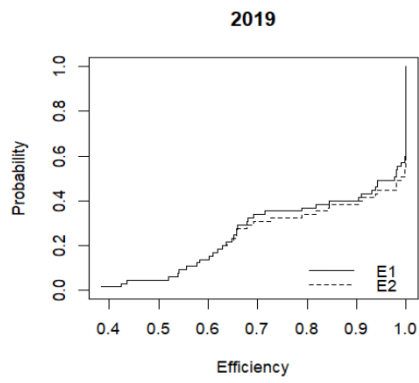
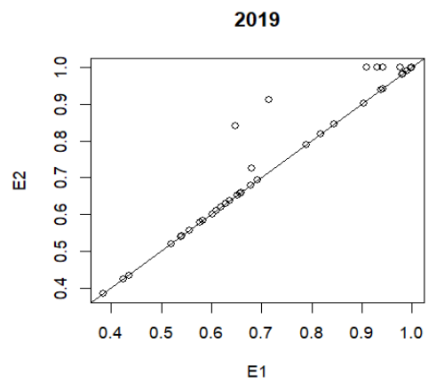
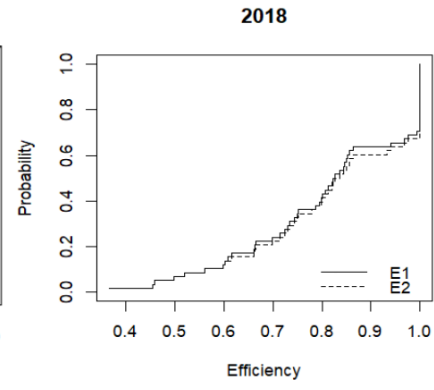
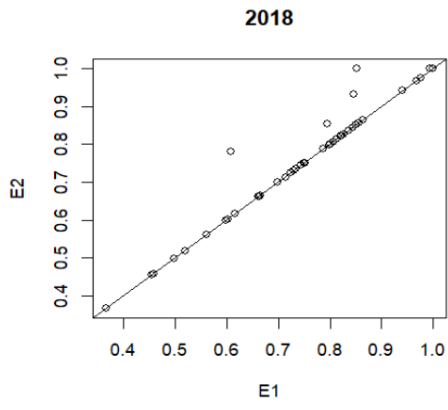


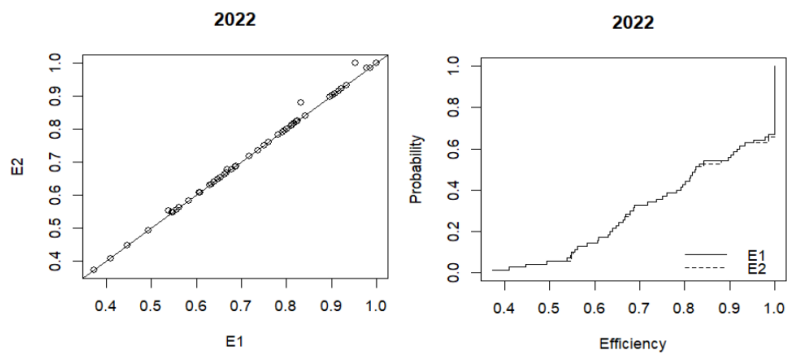




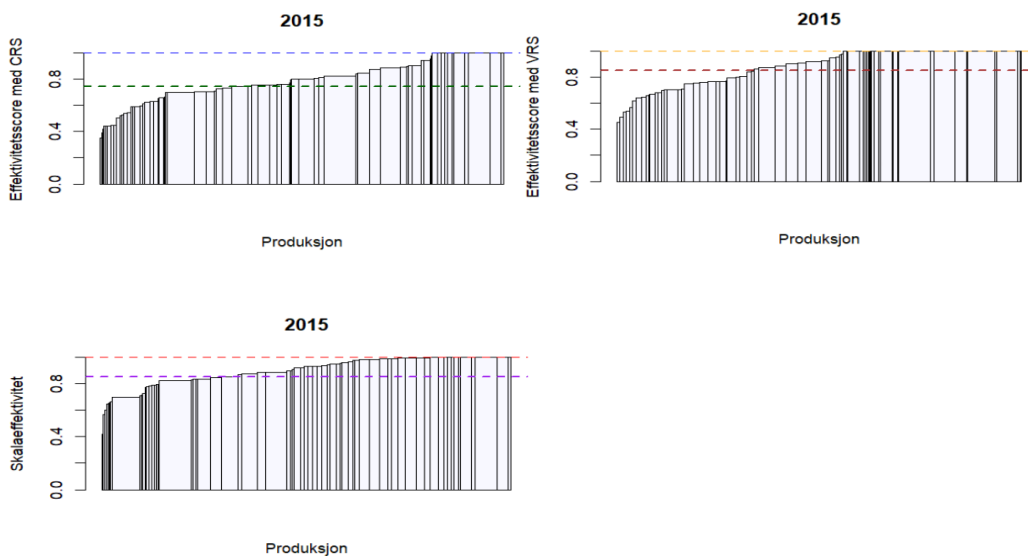
Vedlegg 11: Grafisk fremstilling av Banker-test, modell 3 for 2015-2022



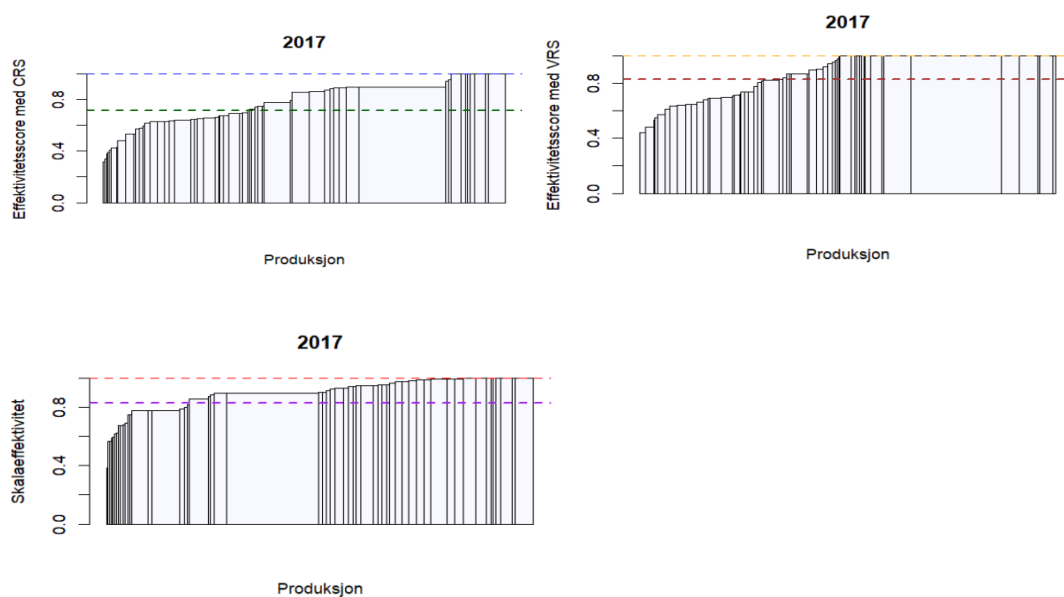




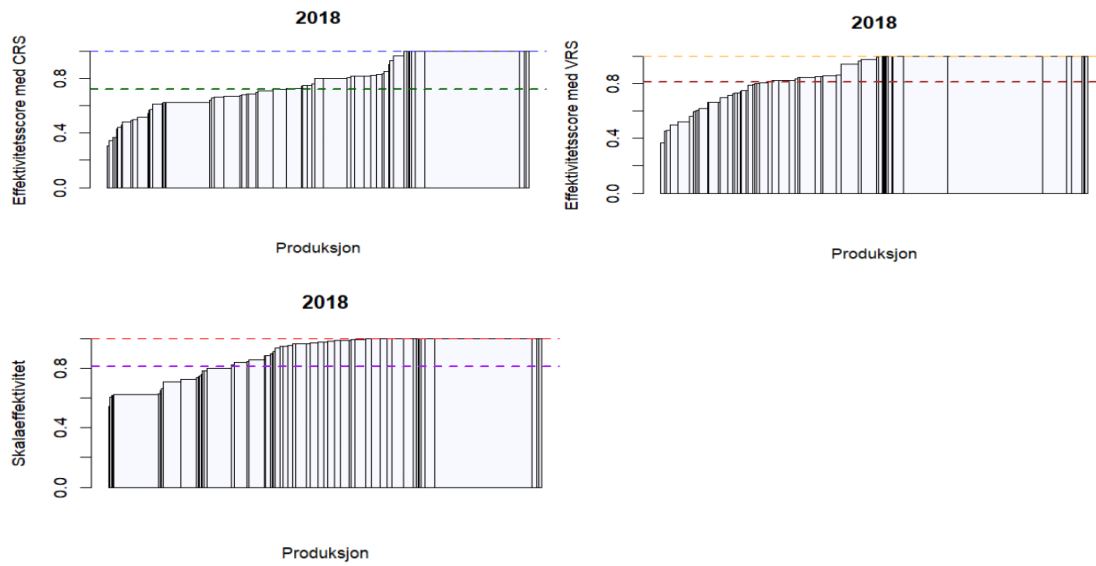
Vedlegg 12: Grafisk fremstilling av DEA-analyse for 2015



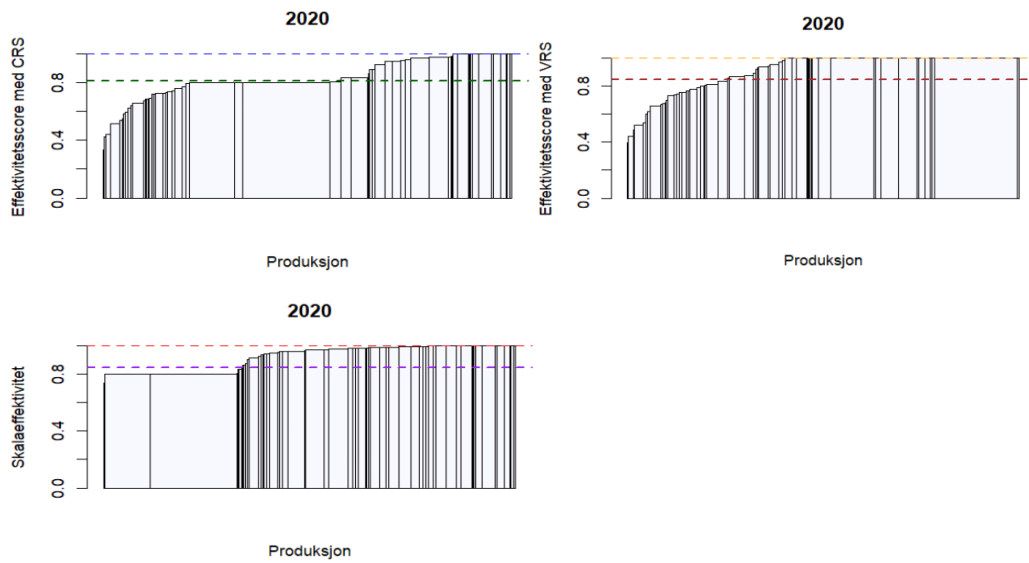
Vedlegg 13: Grafisk fremstilling av DEA-analyse for 2017



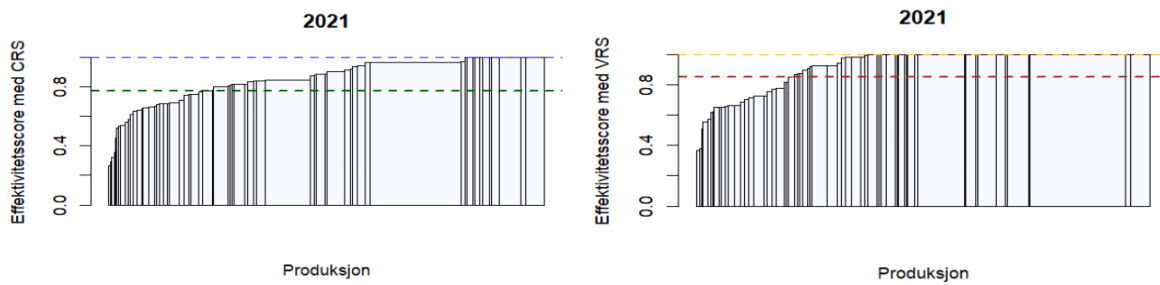
Vedlegg 14: Grafisk fremstilling av DEA-analyse for 2018

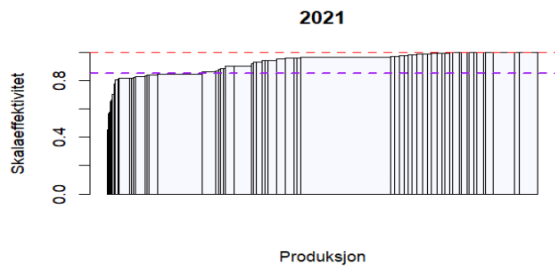


Vedlegg 15: Grafisk fremstilling av DEA-analyse for 2020

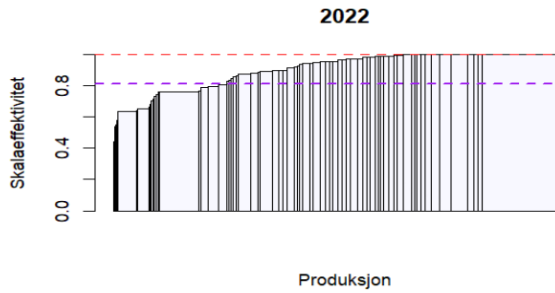
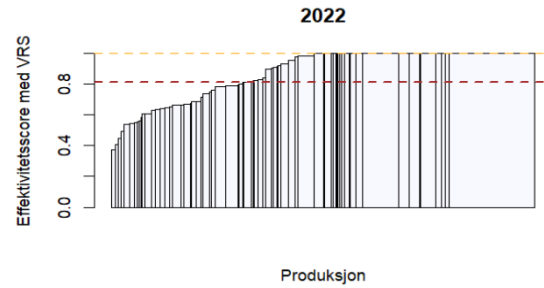
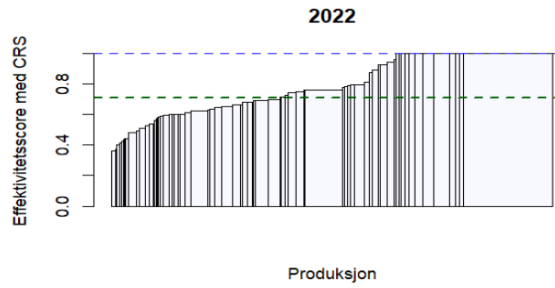


Vedlegg 16: Grafisk fremstilling av DEA-analyse for 2021





Vedlegg 17: Grafisk fremstilling av DEA-analyse for 2022



Vedlegg 18: R-script til analysene

```
rm(list=ls())
library(Benchmarking)
library(mosaic)
library(dplyr)
library(readxl)

datasf <- Settefiskdata_2015-2022_1

OUTLIERANALYSE, SUPEREFFEKTIVITET

datasf15 <- filter(datasf, AAR == 2015)

x = as.matrix(datasf15[,c(7,8,9,10,12,13,14)])
y = as.matrix(datasf15[,c(6)])

supereff <- sdea(x, y, RTS="CRS", ORIENTATION = "in")
summary(supereff)
plot(sort(supereff$eff),ylab="Supereffektivitet", main="Supereffektivitet CRS 2015", )
sort(supereff$eff)
supereff$eff

datasf15 <- datasf15[-c(29,57,60),]

supereff <- sdea(x, y, RTS="VRS", ORIENTATION = "in")
summary(supereff)
plot(sort(supereff$eff),ylab="Supereffektivitet", main="Supereffektivitet VRS 2015", )
sort(supereff$eff)
supereff$eff

datasf15 <- datasf15[-c(53,58),]
```

BANKERTTEST, TESTING AV VARIABLELER

```
### Teste for modell 1 og 2
data <- filter(sfdata, AAR==2015)

#Modell 1
xvar <- c(7,8,9,11)
x <- data[,xvar]
x1 <- as.matrix(x)
yvar <- c(6)
y <- data[,yvar]
y1 <- as.matrix(y)
E1<-eff(dea(x1,y1,RTS="vrs",ORIENTATION="in"))

#Modell 2 med flere variabler
x2var <- c(7,8,9,10,12,13)
xx <- data[,x2var]
x2=as.matrix(xx)
y2var <- c(6)
yy <- data[,y2var]
y2 <- as.matrix(yy)
E2<-eff(dea(x2,y2,RTS="vrs",ORIENTATION="in"))

#Test
TEX <- sum(E1-1) / sum(E2-1)
TEX
texqf <- qf(.95, 2*length(E1), 2*length(E2))
pf1 <- pf(TEX, 2*length(E1),2*length(E2))

THN <- (sum((E1-1)*(E1-1)))/(sum((E2-1)*(E2-1)))
THN
thnqf <- qf(.95, length(E1), length(E2))
pf2 <- pf(THN, length(E1), length(E2))

cbind(TEX, texqf, pf1, THN, thnqf, pf2)

ks.test(E1, E2, alternative="greater")
plot(E1,E2,xlim=range(E1,E2),ylim=range(E1,E2), main=2015)
abline(0,1)
K<-length(E1)
plot(sort(E1),(1:K)/K,type="s",ylim=c(0,1),ylab="prob",xlab="eff", main=2015)
lines(sort(E2),(1:K)/K,type="s",lty="dashed")
legend("bottomright",c("E1","E2"),lty=c("solid","dashed"),bty="n")
```

DEA-EFFEKTIVITET, CRS, VRS, SKALAEFFEKTIVITET

```
sfdata15
x = as.matrix(sfdata15[,c(7,8,9,10,12,13)])
y = as.matrix(sfdata15[,c(6)])

## DEA-effektivitet
e_crs <- dea(x,y, RTS='crs')
tecrs <- eff(e_crs)
e_vrs <- dea(x,y, RTS='vrs')
tevrs <- eff(e_vrs)
se <- eff(e_crs)/eff(e_vrs)
se <- tecrs/tevrs
effres <- (cbind(tecrs, tevrs, se))

##
cbind(tecrs,tevrs,se)
reseff<-cbind(tecrs,tevrs,se)
reseff<-cbind("tecrs"=e_crs$eff, "tevrs"=e_vrs$eff,se)
reseff

mean(tecrs)
max(tecrs)
min(tecrs)
sd(tecrs)
summary(tecrs)
sort(tecrs)

mean(tevrs)
max(tevrs)
min(tevrs)
sd(tevrs)
summary(tevrs)
sort(tevrs)

mean(se)
max(se)
min(se)
sd(se)
summary(se)
sort(se)

...
```

DEA-EFFEKTIVITET, CRS, VRS, SKALAEFFEKTIVITET

...

Diagram av effektivitetsscore mot produksjonsstørrelse

```
barplot(height = tecrs[order(tecrs)], width = y[order(tecrs)], space = 0, main = 2015, ylab = 'Effektivitetsscore med CRS',
```

```
      xlab = 'Produksjon', col = 'ghostwhite')
```

```
abline(a=1, b=0, lty="dashed",col="blue",lwd=2)
```

```
abline(h=mean(tecrs), lty="dashed",col="darkgreen",lwd=2)
```

```
barplot(height = tevrs[order(tevrs)], width = y[order(tevrs)], space = 0, main = 2015, ylab = 'Effektivitetsscore med VRS',
```

```
      xlab = 'Produksjon', col = 'ghostwhite')
```

```
abline(a=1, b=0, lty="dashed",col="orange",lwd=2)
```

```
abline(h=mean(tevrs), lty="dashed",col="brown",lwd=2)
```

```
barplot(height = se[order(se)], width = y[order(se)], space = 0, main = 2015, ylab = 'Skalaeffektivitet', xlab =
```

```
      'Produksjon', col = 'ghostwhite')
```

```
abline(a=1, b=0, lty="dashed",col="red",lwd=2)
```

```
abline(h=mean(tevrs), lty="dashed",col="purple",lwd=2)
```

##

```
lam<-lambda(e_crs)
```

```
sumlam <- rowSums (lam, na.rm = FALSE, dims = 1)
```

```
sumlam
```

```
sort(sumlam)
```


WINDOW-ANALYSE, EFFEKTIVITETSUTVIKLING

```
datasf <- Settefiskdata_2015-2022_2

##
w1 <- datasf %>% filter((AAR>="2015" & AAR<="2017"))
w2 <- datasf %>% filter((AAR>="2016" & AAR<="2018"))
w3 <- datasf %>% filter((AAR>="2017" & AAR<="2019"))
w4 <- datasf %>% filter((AAR>="2018" & AAR<="2020"))
w5 <- datasf %>% filter((AAR>="2019" & AAR<="2021"))
w6 <- datasf %>% filter((AAR>="2020" & AAR<="2022"))

## Definerer variablene
x1 = as.matrix(w1[,c(7,8,9,10,12,13)])
y1 = as.matrix(w1[,c(6)])
.
x6 = as.matrix(w6[,c(7,8,9,10,12,13)])
y6 = as.matrix(w6[,c(6)])

##
summary(dea(x1,y1,RTS="crs", ORIENTATION = "in"))
.
summary(dea(x6,y6,RTS="crs", ORIENTATION = "in"))

## Gjennomsnittseffektivitet til hvert vindu
mean_w1 <- mean(eff((dea(x1,y1,RTS="crs", ORIENTATION = "in"))))
.
mean_w6 <- mean(eff((dea(x6,y6,RTS="crs", ORIENTATION = "in"))))

## Dataframe med hver DMUs effektivitet i vinduene
x = as.matrix(datasf[,c(7,8,9,10,12,13)])
y = as.matrix(datasf[,c(6)])
ew <- eff(dea(x,y,RTS="crs", ORIENTATION = "in"))
ew1 <- eff(dea(x1,y1,RTS="crs", ORIENTATION = "in"))
.
ew6 <- eff(dea(x6,y6,RTS="crs", ORIENTATION = "in"))

##
w1 <- cbind(w1,ew1)
.
w6 <- cbind(w6,ew6)

...
```

(Hansen & Sætermo, 2021)

WINDOW-ANALYSE, EFFEKTIVITETSUTVIKLING

```
...
## Årlig effektivitet for hvert vindu
w1_m15 <- mean(w1$ew1[w1$AAR == "2015"])
w1_m16 <- mean(w1$ew1[w1$AAR == "2016"])
w1_m17 <- mean(w1$ew1[w1$AAR == "2017"])
cbind(w1_m15,w1_m16,w1_m17)
mean1 <- round((w1_m15+w1_m16+w1_m17)/3, 3)
mean1

.
w6_m20 <- mean(w6$ew6[w6$AAR == "2020"])
w6_m21 <- mean(w6$ew6[w6$AAR == "2021"])
w6_m22 <- mean(w6$ew6[w6$AAR == "2022"])
cbind(w6_m20,w6_m21,w6_m22)
mean6 <- round((w6_m20+w6_m21+w6_m22)/3, 3)
mean6

## Gjennomsnitt for hvert år
mean2015 <- round((w1_m15)/1, 3)
mean2015
mean2016 <- round((w1_m16+w2_m16)/2, 3)
mean2016
mean2017 <- round((w1_m17+w2_m17+w3_m17)/3, 3)
mean2017

.
mean2022 <- round((w6_m22)/1, 3)
mean2022
```

(Hansen & Sætermo, 2021)

