



UiT Norges arktiske universitet

Handelshøgskolen ved UiT

## **Analyse av effektivitetsutvikling i den norske fiskeflåten**

En dynamisk effektivitetsanalyse av utvalgte fartøygrupper ved bruk av DEA window-analyse og Tobit regresjon

Ingerid Hansen og Anders Sætermo

Masteroppgave i økonomi og administrasjon, BED-3901, juni 2021



## **Forord**

Denne avhandlingen markerer avslutningen av vår mastergrad innen økonomi og administrasjon ved Handelshøgskolen i Tromsø. Vi ønsker å rette en stor takk til studenter og ansatte ved HHT for et godt sosialt og faglig miljø. En ekstra stor takk rettes til masterkontor 1.105 og 1.106 for gode faglige og ikke-faglige diskusjoner. Videre vil vi takke Knut A. for betydningsfull hjelp gjennom studietiden.

Tusen takk til vår veileder, førsteamanuensis Helen Marita Sørensen Holst, for innspill, tilbakemeldinger og støtte gjennom prosessen. Vi vil også takke Øystein Hermansen ved Nofima for å ha gjort datamaterialet tilgjengelig.

Til slutt vil vi rette en stor takk til familie og venner for god støtte gjennom studiene. Anders ønsker også å rette en ekstra takk til sin kjæreste.

God lesning.

Tromsø, 1.juni 2021



## Sammendrag

Studiens formål er å undersøke hvordan den gjennomsnittlige effektiviteten for trålere, konvensjonelle havfiskefartøy og konvensjonelle kystfiskefartøy mellom 15 og 20,99 meter har utviklet seg i perioden 2008-2018. Det er tidligere gjennomført en lignende analyse av norske trålere i perioden 1986-2000 (Pascoe & Mardle, 2003). Siden 2000 har det vært store omveltninger i norske fiskerier, og en nyere effektivitetsanalyse anses som et supplerende bidrag til diskusjonen om hvordan effektivisere flåten.

Data Envelopment Analysis (DEA) anvendes for å beregne fartøyenes årlige gjennomsnittlige tekniske effektivitet. Forskningsmodellen tar utgangspunkt i innsatsfaktorene årsverk, fartøyets motorstørrelse og bruttotonnasje. Disse sammenlignes med fartøyenes fangst for å estimere effektiviteten. Resultatene fra DEA-analysen danner grunnlaget for en Tobit-regresjon som kan forklare andre variabelers påvirkning på effektiviteten. En Dynamisk Data Envelopment Analysis (DDEA) blir videre benyttet for å undersøke årlige endringer i gjennomsnittseffektivitet. Datagrunnlaget for analysen er gjort tilgjengelig av Nofima.

Studiens DEA-analyse avdekker effektiviseringspotensial for samtlige grupper i årene 2008-2018. De konvensjonelle havfiskefartøyene har imidlertid en høyere gjennomsnittlig effektivitet. For trålere og de konvensjonelle kystfiskefartøyene varierer effektiviteten i større grad, hvor sistnevnte har størst forbedringspotensial. Resultatene fra regresjonsanalysen viser til flere signifikante estimater for andre forklaringsfaktorer. Videre indikerer studiens DDEA-analyse en utvikling i periodens gjennomsnittlige effektivitet for alle fartøygrupper. I lys av Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelser analyseres likheter og forskjeller mellom lønnsomhets- og effektivitetsutviklingen. I tillegg kan enkelte endringstendenser ses i sammenheng med ulike reguleringstiltak som er gjennomført i analysens periode. Modellspesifikasjoner og andre bearbeidelser er lagt til grunn for å sikre et solid og representativt datagrunnlag.

Avhandlingens analyser er gjennomført ved bruk av RStudio, versjon 1.2.5033. Estimer i forbindelse med DEA er gjort med tilleggspakken «Benchmarking», versjon 0.29, utviklet av Bogetoft og Otto (2020). For å avdekke grupper av atypiske observasjoner er tilleggspakken «FEAR: Frontier Efficiency Analysis in R», versjon 3.1 benyttet, utviklet av Wilson (2019).

Nøkkelord: *Benchmarking, effektivitet, Data Envelopment Analysis, window-analyse, fiskeri*



# Innholdsfortegnelse

Forord .....	iii
Sammendrag .....	v
Tabelliste .....	x
Figurliste.....	xi
1 Introduksjon .....	1
1.1 Studiens formål og problemstilling .....	3
1.2 Avgrensninger .....	4
1.3 Studiens struktur .....	4
2 Den norske fiskeflåten.....	6
2.1 Fiskeflåten som næring.....	6
2.1.1 Torskeartet fiske for utvalgte fartøygrupper .....	9
2.2 Regulering .....	11
2.2.1 Mål for regulering .....	11
2.2.2 Kvotesystemet .....	12
2.2.3 Viktige endringer i kvotesystemet.....	14
2.2.4 Økt lønnsomhet .....	15
3 Teoretisk rammeverk.....	17
3.1 Benchmarking.....	17
3.2 Produktivitet og effektivitet.....	18
3.2.1 Teknisk effektivitet .....	19
3.2.2 Skalaegenskaper .....	20
3.3 Tidligere forskning og litteratur .....	21
4 Metode.....	23
4.1 Data Envelopment Analysis .....	23
4.1.1 Produksjonsteknologi .....	24
4.1.2 CCR-modellen.....	25
4.1.3 BCC-modellen.....	26
4.2 Dynamisk DEA.....	27
4.2.1 Window-analyse.....	28

4.3	Totrinns DEA-analyse .....	29
4.3.1	Tobit regresjon .....	30
4.4	Outlieranalyse .....	32
4.4.1	Supereffektivitet .....	33
4.4.2	AP-analyse .....	34
4.5	Hypotesetesting i DEA-modeller.....	35
4.5.1	Test av input-variabler .....	36
4.5.2	Test av skalaforutsentninger.....	37
5	Data .....	38
5.1	Datamaterialet.....	38
5.2	Valg av analysevariabler .....	39
5.2.1	Input .....	39
5.2.2	Outputvariabler.....	44
5.2.3	Modellens analysevariabler.....	45
5.3	Valg av modell.....	45
5.4	Outlieranalyse .....	46
5.4.1	Trål .....	47
5.4.2	Hav .....	50
5.4.3	Kyst .....	53
6	Resultater.....	57
6.1	Effektivitetsanalyser .....	57
6.1.1	Trål .....	57
6.1.2	Hav .....	58
6.1.3	Kyst .....	59
6.2	Totrinns-analyse .....	60
6.2.1	Trål .....	61
6.2.2	Hav .....	62
6.2.3	Kyst .....	63
7	Diskusjon og konklusjon.....	65
7.1	Modellspesifikasjonens betydning .....	65
7.2	Fartøygruppenes effektivitet.....	66
7.3	Underliggende forklaringsfaktorer .....	67



7.4	Effektivitetsutvikling .....	69
7.4.1	Utvikling i lønnsomhet vs. Utvikling i effektivitet .....	70
7.5	Betydningen av regulatoriske endringer .....	71
7.5.1	Trålere .....	71
7.5.2	Konvensjonelle havfiskefartøy .....	72
7.5.3	Konvensjonelle kystfiskefartøy .....	72
7.6	Konklusjon.....	72
7.7	Studiens begrensninger og forslag til videre studier .....	75
	Litteraturliste .....	77
	Vedlegg .....	84

## Tabelliste

Tabell 1: Resultater av hypotesetest av inputs, steg 1.....	40
Tabell 2: Resultater av hypotesetest av inputs, steg 2.....	42
Tabell 3: Resultater av hypotesetest av inputs, steg 3.....	42
Tabell 4: Korrelasjonsmatrise for inputs og output.....	43
Tabell 5: Oversikt over valgte inputs og output.....	45
Tabell 6: Deskriptiv statistikk for trålere .....	45
Tabell 7: Resultater av hypotesetest for valg av skalaforutsetning.....	46
Tabell 8: Oversikt over hvilke DMUer som elimineres, trålere.....	49
Tabell 9: Endelig utvalg, trålere .....	50
Tabell 10: Oversikt over hvilke DMUer som elimineres .....	52
Tabell 11: Endelig utvalg, havfiskefartøy .....	53
Tabell 12: Oversikt over hvilke DMUer som elimineres.....	56
Tabell 13: Endelig utvalg, kystfiskefartøy .....	56
Tabell 14: Trålernes effektivitetsintervall .....	57
Tabell 15: Effektivitetsberegninger for trålernes Window-analyse.....	58
Tabell 16: Havfartøyenes effektivitetsintervall.....	58
Tabell 17: Effektivitetsberegninger for havfartøyenes Window-analyse.....	59
Tabell 18: Kystfartøyenes effektivitetsintervall.....	59
Tabell 19: Effektivitetsberegninger for kystfartøyenes Window-analyse.....	60
Tabell 20: Deskriptiv statistikk av variabler i Tobit.....	61
Tabell 21: Resultat for trålernes Tobit-analyse .....	62
Tabell 22: Resultat for havfartøyenes Tobit-analyse .....	63
Tabell 23: Resultat for kystfartøyenes Tobit-analyse .....	64

## Figurliste

Figur 1: Utvikling av antall fiskefartøy (Iversen et al., 2020).....	7
Figur 2: Fangst i tonn, verdi og inflasjonsjustert verdi (Iversen et al., 2020) .....	8
Figur 3: Fordeling av fartøy i ulike størrelsesgrupper (Iversen et al., 2020). .....	9
Figur 4:Fangst i tonn, verdi og inflasjonsjustert verdi for bunnfiskarter (Iversen et al., 2020)	10
Figur 5: Utvikling i volum og verdi for trålere, konvensjonelle havfiskefartøy og konvensjonelle kystfiskefartøy .....	11
Figur 6: Fordeling av totalkvoten for torsk i 2018 (Riksrevisjonen, 2020) .....	13
Figur 7: Lønnsomhetsutvikling blant konvensjonelle havfiskefartøy (Iversen et al., 2020)....	15
Figur 8: Utvikling i driftsmargin for konvensjonelle kystfiskefartøy (Riksrevisjonen, 2020)	16
Figur 9: Illustrasjon av Farrells effektivitet med to inputs (Bogetoft & Otto, 2011). .....	20
Figur 10: Log-forhold plottet mot antall DMUer (Bogetoft & Otto, 2011). .....	35
Figur 11: Test av variabler, Steg 1 .....	41
Figur 12: Resultat av supereffektivitetsanalysen, trålere .....	47
Figur 13: Total fangst plottet mot hestekrefter, trålere .....	48
Figur 14: Total fangst plottet mot bruttotonnasje, trålere .....	48
Figur 15: Total fangst plottet mot årsverk, trålere .....	48
Figur 16: AP-plot, trålere .....	49
Figur 17: Resultat fra supereffektivitetsanalysen. ....	50
Figur 18: Total fangst plottet mot HK, havfiskefartøy .....	50
Figur 19: Total fangst plottet mot GT, havfiskefartøy .....	51
Figur 20: Total fangst plottet mot årsverk, havfiskefartøy .....	51
Figur 21: AP-plot, havfiskefartøy .....	52
Figur 22: Resultat fra supereffektivitetsanalysen for kystfartøy .....	53
Figur 23: Total fangst plottet mot HK, kystfiskefartøy .....	53
Figur 24: Total fangst plottet mot GT, kystfiskefartøy .....	54
Figur 25: Total fangst plottet mot årsverk, kystfiskefartøy .....	54
Figur 26: AP-plot, kystfiskefartøy .....	55



# 1 Introduksjon

Norge er i dag en av de ledende havnasjonene i verden. Med en økonomisk sone som er fem ganger større enn landarealet står havnæringen for den største delen av landets eksportinntekter og har bidratt til at Norge er en av verdens største eksportører av sjømat (Regjeringen, 2018). Videre er fiskerinæringen en av de lengstlevende ressursbaserte næringene i landet og har vært viktig i utviklingen av norsk kultur og samfunn (Richardsen, Sønvisen, Bull-Berg & Grindvoll, 2017). Den norske fiskeflåten bidrar til å skape langsiktige arbeidsplasser og lønnsomhet i norsk næring, med fokus på bærekraftig utnyttelse av bestandene og optimal utnyttelse av ressursene (Nofima, 2020).

For å sikre en økonomisk bærekraftig flåte som videre gir grunnlag for langsiktig lønnsomhet, har det den norske fiskerinæringen vært utsatt for store omveltninger de siste tiårene. Frem til 1980-tallet var fisket i utgangspunktet fritt i den betydning at den som ville og hadde nok ressurser kunne kjøpe fartøy og drive fiske (NOU 2016: 26). I tillegg til en teknologisk utvikling etter krigen som førte til bedre og flere fartøy, samt mer effektivt utstyr, skapte det frie fisket utfordringer i den forstand at bestander sto i fare for utrydding. Dette gjaldt særlig sildebestanden på slutten av 1960-tallet. Utryddingstruet sild ble et vendepunkt for både myndighetene og fiskere, og det ble ansett som nødvendig å regulere fisket (Nofima, 2020).

Etter at økonomiske soner ble opprettet på slutten av 1970-tallet fikk Norge kontroll over fiskeressurser i eget farvann (Benum, 2020), og de neste 20 årene ble preget av iverksettelse av ulike tiltak for å sikre en ressurssterk fiskeflåte. Deriblant saltvannsfiskeloven av 1983 og dens kvotebegrensninger; en grense for hvor mye som kunne fiskes hvert år av en art (Regjeringen, 2018). Introduksjonen av kvoter førte til kappfiske og reduserte rederienes lønnsomhet. Som et resultat av dårlig lønnsomhet og kappfiske ble det besluttet å tildele årlige kvoter til hvert enkelt fartøy. Denne fordelingen av kvoter førte til nye problemer, som et resultat av at den totale kvoten ble fordelt på svært mange fartøy. Ved å innføre insentiver, i form av å betale for å kondemnere fartøy, ble antall fartøy redusert. Denne løsningen ble dog funnet som lite effektiv i lengden (Nofima, 2020). I 2003 gjorde myndighetene i samråd med fiskerne et nytt grep i form av strukturering av kvoter; strukturkvoteordningen, som fortsatt er gjeldende i dag. Ordningen har ført til en betydelig redusert fiskeflåte i løpet av de siste årene og bidratt til bedre lønnsomhet (NOU 2016: 26).

Likevel har dagens kvotesystem ført til store diskusjoner. Diskusjonene dreier seg i stor grad om vektingen av målene om sysselsetting i distriktene og lønnsomhet, da lønnsomhet og sysselsetting kan beskrives som gjensidig utelukkende (Nærings- og fiskeridepartementet, 2019). Dette kan forklares ut ifra at færre fartøy med store kvoter bedrer lønnsomheten, mens reduksjon i antall fiskefartøy på en annen side vil redusere arbeidsplasser langs hele kysten. Det er også uenighet om hvordan kvotene skal disponeres både når det gjelder geografisk område og fartøygrupper. Enkelte hevder at regioner i nærheten av fiskeressursen bør prioriteres da slike regioner er avhengige av arbeidsplassene. Andre er misfornøyd med hvordan handelen med fartøy har ført til vekst i lokalsamfunn på bekostning av andre. På en annen side hevder flere at en slik prioritering gjør næringslivet konkurransedyktig (Nofima, 2020).

For å avdekke hvordan reguleringstiltak har påvirket målene som blir diskutert, har blant annet Riksrevisjonen (2020) utarbeidet en rapport med utgangspunkt i en grundig undersøkelse av den norske fiskeflåten i perioden 2004-2018. Rapporten tar utgangspunkt i Fiskeridirektoratets årlige lønnsomhetsundersøkelser av fiskefartøy, samt dokumentanalyser og kvalitative undersøkelser. Rapporten beskriver at reguleringstiltakene i perioden 2004-2018 har bidratt til å nå målet om forbedret lønnsomhet, men nettopp på bekostning av målet om sysselsetting i lokalsamfunn. Økte kvotepriser har blant annet gjort det vanskeligere å rekruttere nye fiskere, og endringer i kystflåten har negative konsekvenser for kystsamfunn. Videre presiseres det at flere endringstiltak ikke er tilstrekkelig konsekvensutredet av departementet (Riksrevisjonen, 2020).

Norsk fiskeripolitikk er komplekst, og det har blitt påpekt legitimitetsutfordringer knyttet til de ulike reguleringstiltakene. Imidlertid utarbeider Fiskeridirektoratet årlige forslag til å gjennomføre nye reguleringer for alle vesentlige fiskerier. Nærings- og fiskeridepartementet (2019) beskriver videre at regjeringens mål er å forenkle regelverket som skal bidra til mer fleksibilitet i næringen og et legitimt kvotesystem. De presiserer videre at reguleringssystemet bør moderniseres for å skape en mer effektiv fiskeflåte for å sikre næringens samfunnsbidrag til kystsamfunnene i tillegg til norsk økonomi. Det er derimot ikke tatt stilling til hvordan reguleringstiltakene som er gjennomført de siste 20 årene har påvirket den relative effektiviteten til fartøygruppene. Riksrevisjonen (2020) forklarer at lønnsomheten i fiskeflåten har økt, og at det på samme måte antas en effektivitetsforbedring. Det finnes alternative, mer sofistikerte effektivitetsanalyser for å måle effektivitet, enn

lønnsomhetsanalysene benyttet i riksrevisjonens undersøkelse. Slike metoder er anvendt i analyser av regulerte fiskeflåter i andre land og verdensdeler, der effektivitetsanalysens formål er å belyse effektivitetsvirkning av reguleringstiltak (Pascoe, Andersen & Wilde, 2001; Solís, del Corral, Perruso & Agar, 2014). I Norge har det tidligere blitt gjennomført en slik effektivitetsanalyse av trålere og fartøy som fisker med line i perioden 1986-2000 (Pascoe & Mardle, 2003). Dette er dog over 20 år siden. En effektivitetsanalyse av den norske fiskeflåten i en nyere periode, ses dermed på som et supplerende bidrag i diskusjonen om hvordan effektivisere flåten.

## **1.1 Studiens formål og problemstilling**

Formålet med studien er å analysere effektiviteten for trålere, konvensjonelle havfiskefartøy og konvensjonelle kystfiskefartøy mellom 15 og 20,99 meter i den norske fiskeflåten. På bakgrunn av flåtens regulatoriske bestemmelser, tar oppgaven utgangspunkt i å undersøke hvorvidt fartøygruppens effektivitet har utviklet seg i perioden 2008-2018. Avhandlingens analyse vil beregne ulike effektivitetsestimater, som videre kan være et bidrag til diskusjonen rundt nye reguleringstiltak. På grunnlag av dette formuleres følgende problemstilling:

*Hvordan har den gjennomsnittlige effektiviteten for utvalgte fartøygrupper utviklet seg i perioden 2008-2018?*

For å belyse problemstillingen anses følgende forskningsspørsmål hensiktsmessige:

*FS1: Hvilken betydning har ulike modellspesifikasjoner for beregning av effektivitet?*

*FS2: Hvilken innvirkning har andre forklaringsfaktorer på den beregnede effektiviteten?*

*FS3: I hvilken grad samsvarer effektivitetsmålene med lønnsomhetsutviklingen i perioden?*

*FS4: I hvilken grad kan regulatoriske endringer fanges opp i fartøygruppens beregnede effektivitetsendringer?*

Flere effektivitetsstudier av internasjonale fiskerier har blitt gjennomført ved bruk av benchmarking-teknikken Data Envelopment Analysis (DEA) (González-García et al., 2015; Pascoe, Andersen & Wilde, 2001; Vázquez-Rowe & Tyedmers, 2013). Metoden defineres som en deterministisk og ikke-parametrisk metode som tar utgangspunkt i å måle prestasjonene til enheter opp mot andre sammenlignbare enheter. I denne avhandlingen benyttes DEA for å analysere utvalgte fartøygruppers effektivitet. Effektivitetsestimaterne

legges til grunn for å analysere ulike modellspesifikasjoner, og hvordan modellens forutsetning kan påvirke beregning av effektivitet. Det legges derfor til rette for en metodisk diskusjon, der konkluderte modell benyttes i videre analyser (FS1). Fartøyenes beregnede effektivitetsscorer legges videre til grunn for å avdekke underliggende variabelers innvirkning på effektivitet i en regresjonsanalyse (FS2).

Dynamisk DEA (DDEA) benyttes for å fange opp utvikling i fartøygruppens gjennomsnittlige effektivitet (Tone & Tsutsui, 2010). Effektivitetsestimater legger til rette for diskusjon om potensielle endringstendenser samsvarer med lønnsomhetsutviklingen i næringen (FS3), og om endringstendenser kan ses i sammenheng med regulatoriske endringer (FS4).

## **1.2 Avgrensninger**

Denne studien avgrenses til fartøygrupper som har torskeartet fisk som primær fangst. Videre avgrenses gruppene til henholdsvis trålere, konvensjonelle havfiskefartøy og konvensjonelle kystfiskefartøy mellom 15-20,99 meter. Avgrensningene er et resultat av at inkludering av flere fartøygrupper ville økt studiens omfang betraktelig. Det er viktig å presisere at kystfiskeflåten består av fire ulike størrelsesgrupper, og at formålet med avhandlingen dermed ikke er å undersøke den relative prestasjonen til hele kystfiskeflåten. Beslutningen om å inkludere kystfiskefartøy mellom 15-20,99 meter tar blant annet utgangspunkt i at variasjonen innad i de mindre gruppene er stor. Variasjonen forklares av større ulikheter i produksjonsteknologi og aktivitet, og gjør det dermed vanskeligere å opprettholde kravet om homogenitet som stilles i en DEA-analyse. Utvalget består videre av fartøy benyttet i Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse. Undersøkelsen tar utgangspunkt i fartøy som står mellom 80% og 90% av fangstverdien innad i gruppen. Dette blir følgelig en avgrensning i denne oppgaven også.

For å estimere prestasjonene til fartøygruppene vil det brukes data tilknyttet fartøy og drift av fartøy. Estimer basert på regnskapstall, inntekts- og kostnadsdata eller andre former for økonomiske måltall tas ikke hensyn til i avhandlingen.

## **1.3 Studiens struktur**

Studien er delt inn i sju kapitler. I kapittel 1 blir det redegjort for avhandlingens bakgrunn, formål og problemstilling, samt avhandlingens avgrensninger. I kapittel 2 presenteres den norske fiskeflåten som næring, og flåtens regulering i hovedtrekk. Avslutningsvis beskrives



viktige endringer i reguleringen samt endringens utslag på fiskeflåtens lønnsomhet. Videre vil kapittel 3 ta for seg studiens teoretiske forankring, der nødvendig begrepsapparat for å besvare problemstillingen introduseres. Kapittelet inneholder også en litteraturgjennomgang, hvor lignende studier blir presentert.

Kapittel 4 inneholder beskrivelser av metoder som benyttes for å estimere effektivitetsmål og hvordan endringer i effektivitet kan fanges opp. Videre vil fremgangsmåten for å identifisere andre faktorerers påvirkningsgrad på effektiviteten presenteres. Verktøy for å avdekke potensielle ekstreme observasjoner presenteres avslutningsvis. Datamaterialet som benyttes i studien redegjøres i kapittel 5. Kapittelet beskriver videre hvilke analysevariabler som benyttes, samt justeringer av datasettet som anses nødvendige.

Kapittel 6 deles inn i to hoveddeler. Først presenteres resultatene fra effektivitetsanalysene, før det i andre del presenteres resultater fra regresjonsmodellen. Resultatene som legges frem i kapittel 6 vil videre bli diskutert i kapittel 7, der resultatene drøftes i lys av avhandlingens problemstilling og forskningsspørsmål. Videre vil studiens konklusjon og implikasjoner, samt studiens mulige svakheter og forslag til videre forskning legges frem.

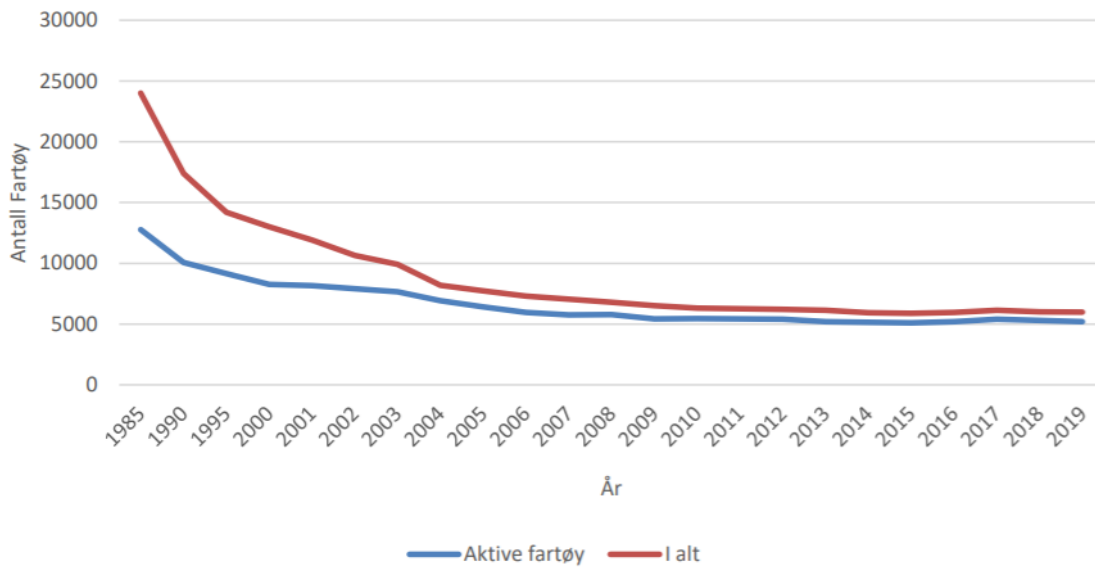
## **2 Den norske fiskeflåten**

I dette kapittelet vil en redegjørelse av den norske fiskeflåten presenteres. For å kunne vurdere prestasjoner med hensyn til effektivitet er det nødvendig med innsikt i flåtens formål, struktur og organisering. Innledningsvis presenteres derfor en beskrivelse av næringen, før formålet med regulering av flåten blir gjort rede for. Deretter gis en kortfattet beskrivelse av kvotesystemet og fordeling av kvoter for torskefiske, før viktige reguleringsendringer blir presentert. Videre blir det gjort rede for hvordan slike endringer har ført til endringer i lønnsomhet for torskefisket i fiskeflåten.

### **2.1 Fiskeflåten som næring**

Fiskeriene i Norge har i århundrer vært en viktig bærebjelke i norsk økonomi, sysselsetting i lokalsamfunn og for fiskeeksport til utland. Videre har fiskeflåten skapt ringvirkninger i store deler av Norges næringsliv, og lagt grunnlag for ytterligere arbeidsplasser og verdiskaping (Iversen, Nyrod, Robertsen, Erraia & Fjose, 2010). Med en kystlinje som strekker seg over 3000 kilometer og god tilgang til rike fiskefelt, har Norge blitt en av verdens største sjømatnasjon (Nielsen, Kolle & Kristiansen, 2014). I de siste tiårene har den totale verdien for norsk sjømateksport hatt en vesentlig økning og var totalt på over 70 milliarder norske kroner i 2020, hvor over 30 milliarder stammer fra fiskeri (Fisk.no, 2021).

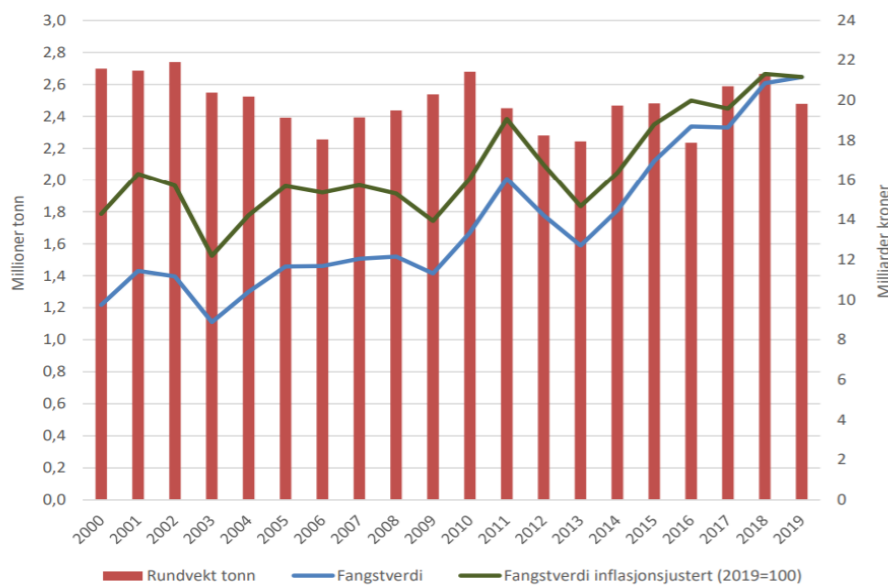
Den norske fiskeflåten er i dag stor og variert, og representerer alt fra små sjarker under 10 meter til større trål- og ringnotfartøy med stort mannskap. Likevel har lovendringer gjennom tidene ført til reduksjon i antall fartøy og videre ført til endringer i strukturell sammensetning av flåten. Ifølge Iversen et al. (2020), var det ved inngangen til 2019 registrert omtrentlig 6000 fiskefartøy illustrert i figur 1. Videre viser figuren en stor reduksjon allerede før den omtalte strukturvoteordningen i kystflåten i 2003 (se kap. 2.2.3). Totalt er antall aktive fartøy redusert fra cirka 12500 i 1985 til rundt 5000 i 2019 (Iversen et al., 2020), tilsvarende for 2020 (Fiskeridirektoratet, 2021).



Figur 1: Utvikling av antall fiskefartøy (Iversen et al., 2020)

Den teknologiske utviklingen i bransjen har i stor grad påvirket produksjonskapasiteten og har vært avgjørende for kapasitetens utvikling i fiskeflåten. Flåten består i dag av en større teknisk fangst- og fordelingskapasitet på grunn av utskiftninger av eldre til nyere fartøy. Dette hevdes å ha ført til at flåtens totale tekniske kapasitet har økt selv om antall fartøy har blitt redusert. I tillegg til utvikling av tekniske ytelser om bord i fiskefartøyene, har det samtidig vært en utvikling i fiskeredskaper og forbedring av elektroniske instrumenter. Det argumenteres for at denne utviklingen har bidratt til en økning i fiskeriets verdiskapning (Standal, Ratvik & Richardsen, 2015).

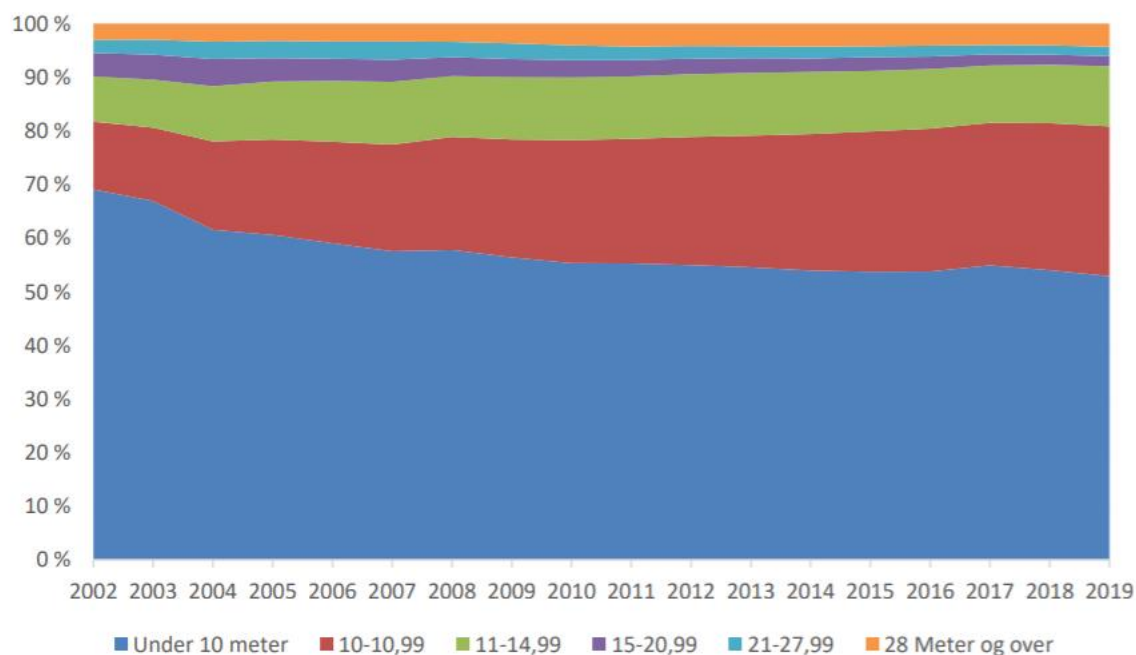
Figur 2 fra Iversen et al. (2020) illustrerer utviklingen i fangstmengden og førstehåndsverdien fra år 2000. Stolpediagrammene viser at fangstvolumet har ligget relativt stabilt mellom 2,2 og 2,7 millioner tonn gjennom hele analyseperioden. Derimot har førstehåndsverdien økt omtrentlig med det dobbelte fra år 2000, fra rundt 10 milliarder kroner til over 20 milliarder i 2019. Sett i sammenheng med inflasjonsjustering er stigningen ikke like stor, men fortsatt på rundt 48% (Iversen et al., 2020). Fra 2019 til 2020 har fangsten og verdien økt med rundt 0,2 millioner tonn og 1 milliard kroner (Fiskeridirektoratet, 2020a).



Figur 2: Fangst i tonn, verdi og inflasjonsjustert verdi (Iversen et al., 2020)

I den norske fiskeflåten deles fartøyene i forskjellige grupper tilpasset reguleringsbestemmelser, der det viktigste hovedskille går mellom havfiskefartøy og kystfiskefartøy. Sist nevnte består i hovedsak av mindre fiskefartøy i kystnære farvann med bruk av redskaper som garn, line, jukse, snurrevad, not og rekestrål, og gjerne i kombinasjon med hverandre. Havfiskefartøy fisker lenger fra land og består av torskestrålere, industristrålere, havgående rekestrålere, ringnotfartøy og andre havfiskefartøy med konvensjonelle fiskeredskaper (Jakobsen & Lindkvist, 2003). Det kan være vanskelig å skille på hva som er kystfiske- og havfiskefartøy, da det i noen tilfeller er glidende overganger mellom både redskap og fangstområder. Det er derfor også vanlig å skille fartøygrupper basert på fangstmuligheter og/eller etter størrelsesgrupper (Jakobsen og Lindkvist, 2003; Fiskeridirektoratet, 2016)

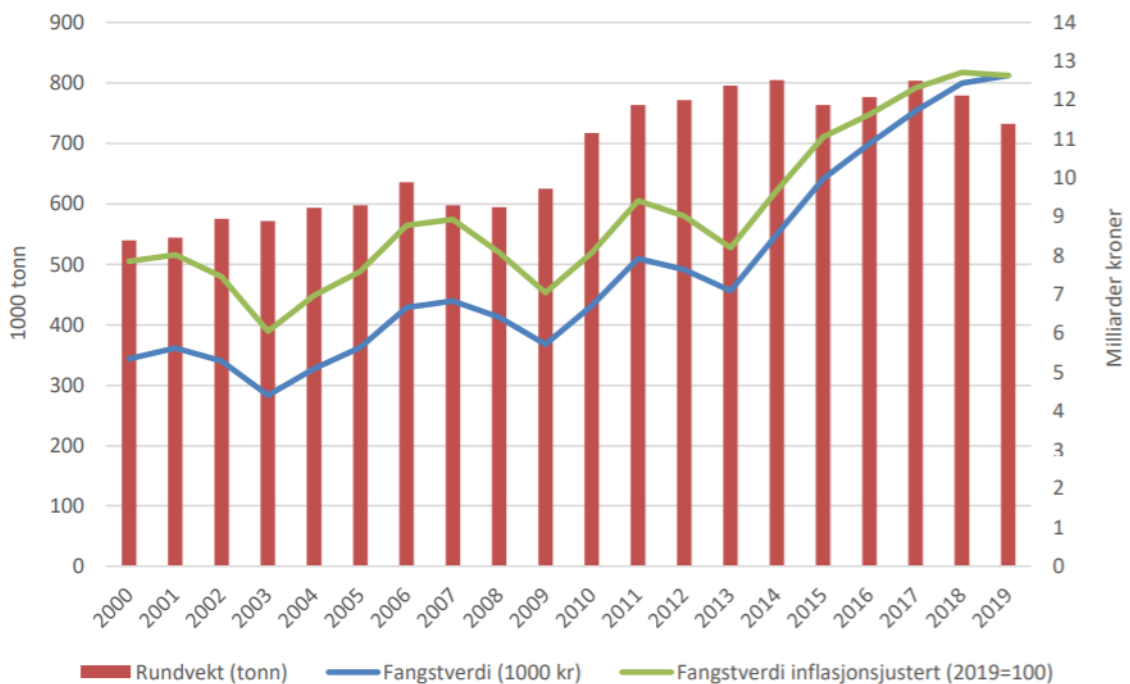
Figur 3, hentet fra Iversen et al. (2020) sin undersøkelse viser hvordan fartøyene fordeler seg på de ulike størrelsesgruppene, og utvikling i antall fartøy fra 2002 til 2019. De markerte områdene illustrerer at gruppen under 10 meter er størst, som sammen med gruppen med fartøy opptil 11 meter utgjør hele 80% av flåten. De fleste gruppene har enten hatt en reduksjon i antall fartøy, eller holdt seg relativt stabil. Derimot viser gruppen 10-10,99 meter en synlig økning i antallet fra 2002.



Figur 3: Fordeling av fartøy i ulike størrelsesgrupper (Iversen et al., 2020).

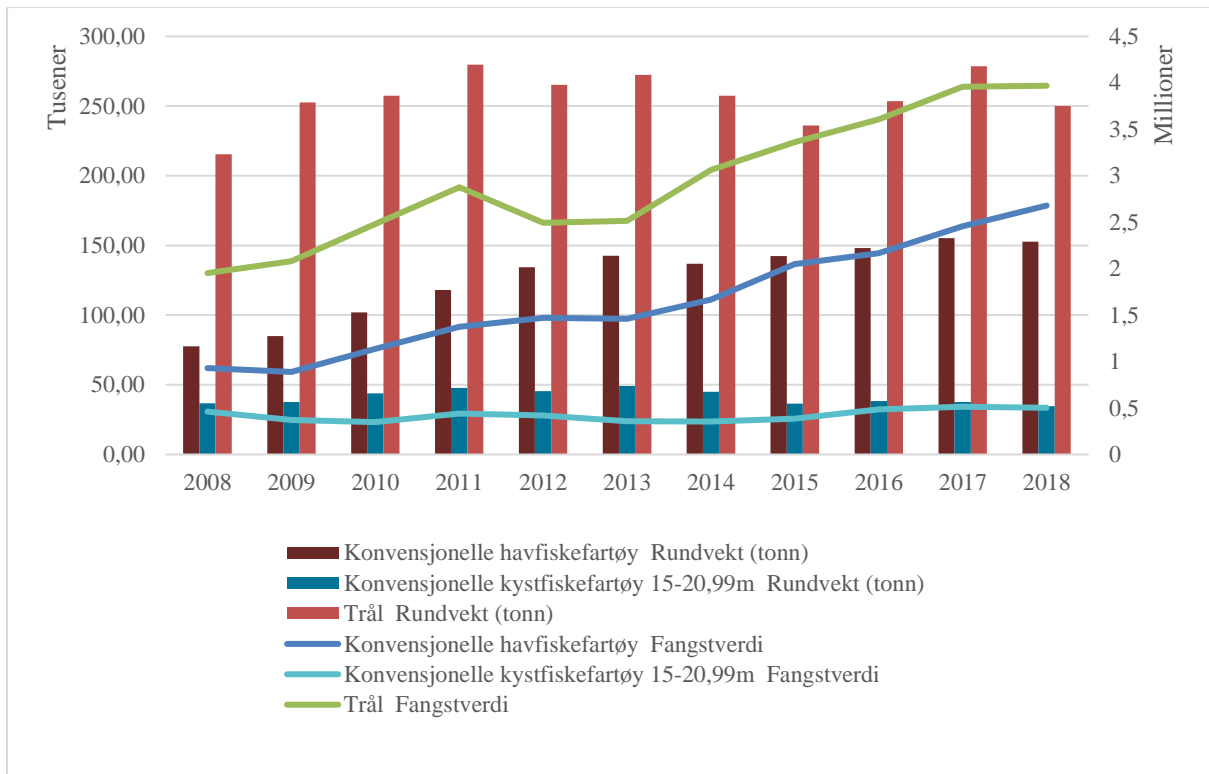
### 2.1.1 Torskeartet fiske for utvalgte fartøygrupper

Torskeartet fiske utgjør i dag Norges største verdi for sjømateksport innenfor fiskeri- og fangstsektoren, med en eksportverdi på over 13 milliarder norske kroner i 2020. Den mest verdifulle arten er torsk, som hadde en fangstverdi på 9,6 milliarder etterfulgt av sei og hyse med respektive 2,4 og 1,6 milliarder (Fisk.no, 2021). Figur 4 hentet fra Iversen et al. (2020) illustrerer utviklingen for fangstvolum og førstehåndsverdi for bunnfiskarter for norske fiskefartøy i perioden 2000-2019. Figuren viser at bunnfiskeriene har i løpet av perioden hatt en verdivekst i landingene, og at oppgangen i stor grad er drevet fram av vekst i fangstvolum. Samtidig viser stolpediagrammet at volumet er redusert med rundt 50 000 tonn fra 2018 til 2019. Førstehåndsverdien er imidlertid mer stabil det siste året. Videre er det en liten nedgang i eksportverdi fra 2019 til 2020, som antas kan skyldes ringvirkninger av covid-19 (Fisk.no, 2021).



Figur 4: Fangst i tonn, verdi og inflasjonsjustert verdi for bunnfiskarter (Iversen et al., 2020)

Videre presenteres utviklingen i volum og verdi for trålere, konvensjonelle havfiskefartøy og konvensjonelle kystfiskefartøy 15-20,99 m fra 2008 til 2018 med tall fra Fiskeridirektoratet (2021) i figur 5. Figuren illustrerer at trålere er gruppen med både størst fangst og verdi i tillegg til størst verdiøkning fra 2008. Samtidig er trålere den fartøygruppen med mest variasjon for begge betegnelse. Konvensjonelle havfiskefartøy har hatt en relativ stabil stigning for både fangst og verdi gjennom hele perioden, mens konvensjonelle kystfiskefartøy 15-20,99 m har hatt en mer konstant utvikling med lavest fangstvolum og verdi.



Figur 5: Utvikling i volum og verdi for trålere, konvensjonelle havfiskefartøy og konvensjonelle kystfiskefartøy

## 2.2 Regulering

Frem til 1980-tallet var fisket i utgangspunktet fritt i den betydning at den som ville og hadde nok ressurser kunne kjøpe fartøy og drive fiske (NOU 2016: 26). I tillegg til en teknologisk utvikling etter krigen som førte til bedre og flere fartøy, samt mer effektivt utstyr, skapte det frie fisket utfordringer i den forstand at bestander sto i fare for utrydding (Nofima, 2020).

Etter at økonomiske soner ble opprettet fikk Norge kontroll over fiskeressurser i eget farvann (Benum, 2020), og årene etter har vært preget av iverksettelse av ulike tiltak for å sikre en ressurssterk fiskeflåte.

### 2.2.1 Mål for regulering

Reguleringen av den norske fiskeflåten er utarbeidet etter overordnede fiskeripolitiske målsettinger. Myndighetene legger til rette for fiske av de nasjonale kvotene og er ansvarlig for å regulere adgangen til å fiske respektive kvoter. Forvaltningen av de villevende marine ressursene tar utgangspunkt i grunnleggende regler basert på prinsipper utarbeidet i havressursloven. På bakgrunn av loven skal myndighetenes vurderinger og beslutninger være innenfor en bærekraftig ramme, baseres på gode kunnskaper om fagfeltet og bygge på en

helhetlig tilnærming. Avgjørelser og bestemmelser skal videre ta hensyn til ulike interesser og langsiktig forvaltning av næringen (Havressurslova, 2009). Utvikling av fiskeripolitisk målsetning tar følgende utgangspunkt i tre overordnede interesser:

- Bærekraftig utnyttelse av marine ressurser
- Samfunnsøkonomisk lønnsomhet
- Distriktpolitiske hensyn

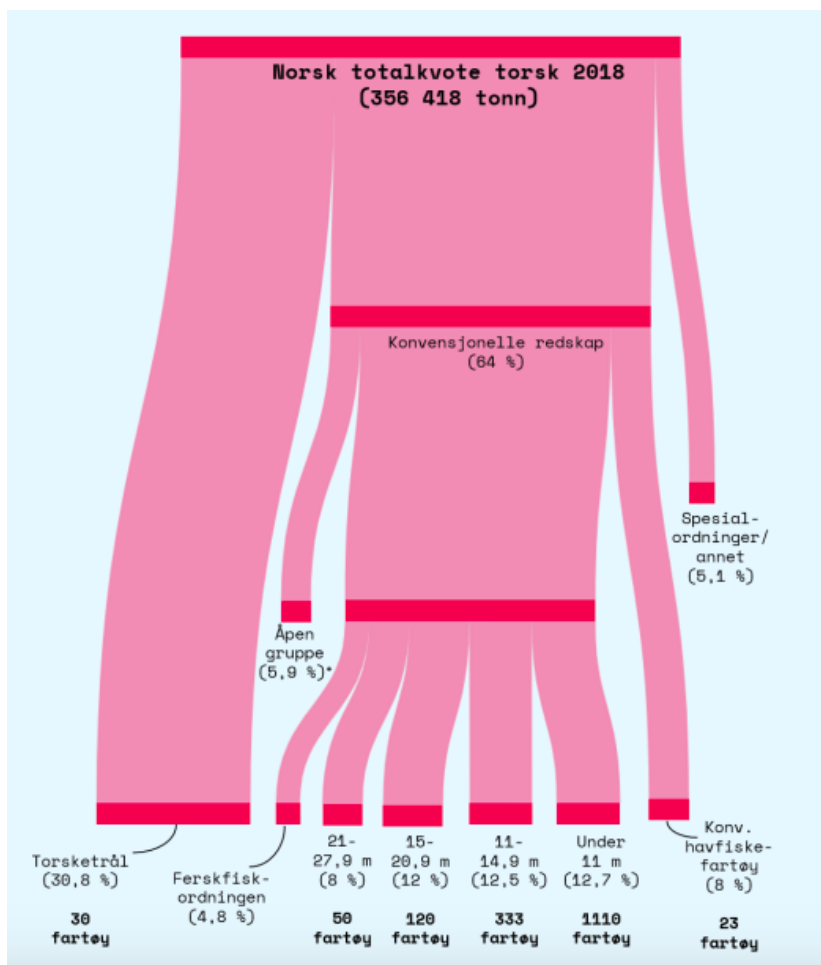
I havressurslovens forarbeid blir det påpekt at det tas hensyn til andre fiskeripolitiske mål enn kun samfunnsøkonomisk lønnsomhet i ressursforvaltningen. I forvaltningen kan det dermed tas fordelings- og distriktshensyn, særlig i tilknytning til fordeling av ressurstilgang mellom ulike områder og grupper. Dette på bakgrunn av gruppenes ulike forutsetninger for kapasitet, effektivitet, mobilitet, sysselsetting og lønnsomhet, i tillegg til forskjellig påvirkning i ulike distrikter (Fiskeri- og kystdepartementet, 2007, 2008). Imidlertid rettes søkelyset i hovedsak mot lønnsomhetsmålet, som videre setter grenser for hvordan andre rammevilkår kan endres. Det vil derfor være konflikter mellom de overordnede målene, spesifikt mellom målet om samfunnsøkonomisk lønnsomhet og målet om bosetting og sysselsetting i kystsamfunnene. Det har videre blitt pekt på legitimitetsutfordringer som følge av denne spenningen. Fiskerimyndighetens oppgave er å vurdere hvordan målsetningene skal veies opp mot hverandre både når det skal fastsettes nasjonale kvoter og ved fordeling av kvoter på gruppenivå (Riksrevisjonen, 2020).

### **2.2.2 Kvotesystemet**

Målet om langsiktig og bærekraftig ressursutnyttelse setter føringer for fangstbegrensninger i viktige fiskerier. Begrensninger fastsettes av den nasjonale kvoten, også kjent som totalkvoten, som beskriver den totale mengden med fisk norske aktører kan høste. Når totalkvoten er satt, fordeles normalt kvoten på de ulike fartøygruppene og videre på gruppenes enkeltfartøy. For torskefiskeriene i hovedsak, avsettes også kvoter til andre bestemte forhold, eksempelvis til undervisning, forskning, bifangst eller fritidsfiske (Riksrevisjonen, 2020). Videre er myndighetens rammebetingelse for forvaltning også nedfelt i deltakerloven, en lov om retten til å delta i fiske og fangst (Deltakerloven, 1999). Loven regulerer hvem som tildeles fisketillatelse og setter begrensninger for antall aktører som kan delta i ervervsmessig fiskeri og fangst.



Den prosentvise fordelingen av totalkvoten for torskefisket ligger hovedsakelig stabilt mellom årene uavhengig av totalkvotens størrelse. Imidlertid har fordelingen for enkelte fiskebestander variert. Variasjonen har utspring i fordelingsnøkkelen, trålstigen, som foreligger mellom trål- og kystflåten. Trålstigen tar utgangspunkt i at en økende totalkvote vil øke trålerflåtens andel, og en synkende kvote vil øke kystflåtens andel av totalkvoten (NOU, 2016: 26). Når det gjelder fordeling til enkeltfartøy i hver gruppe, avsettes kvoten på bakgrunn av fartøyets størrelse i de fleste fiskerier. Figur 6 viser fordelingen av norsk totalkvote for torsk i 2018.



Figur 6: Fordeling av totalkvoten for torsk i 2018 (Riksrevisjonen, 2020)

Figur 6 illustrerer hvordan kvotene er fordelt ut ifra en totalkvote på 356 418 tonn. 5.1% ble i første omgang avsatt til spesialordninger eller annet som fritidsfiske, forskning og undervisning, før resterende kvoter ble fordelt til de ulike fartøygruppene. Figuren illustrerer at 30.8% av totalkvoten i 2018 ble fordelt til torsketrål, mens fartøygrupper som benytter konvensjonelle fiskeredskaper hadde 64% av totalkvoten. Mesteparten er fordelt på

konvensjonelle kystfiskefartøy, hvor kvotene avsettes basert på hjemmelslengde. Videre viser figuren at 8% av totalkvoten ble forvaltet til de konvensjonelle havfiskefartøyene.

### **2.2.3 Viktige endringer i kvotesystemet**

Kvotesystemet er et komplekst system som gradvis har blitt endret over tid.

Fiskeridirektoratet utarbeider årlig nye forslag og gjennomføringer av reguleringer, samtidig som de kan endre bestemmelser i løpet av året hvis det er nødvendig (Nærings- og fiskeridepartementet, 2019). En av de viktigste endringene som er foretatt i løpet av de siste 20 årene er strukturkvoteordningen i 2003. Ordningen ble hovedsakelig foreslått for kystfiskefartøy på bakgrunn av en altfor høy fangstkapasitet i forhold til benyttede ressurser. Innføringen åpnet opp for sammenslåing av kvoter fra flere fartøy mot kondemnasjon av et fartøy og avkortning av strukturkvoten med 20 prosent til fordel alle gruppens fartøy. Formålet med ordningen var å øke fiskerinæringens lønnsomhet og å skape muligheter for flåtefornyelse. I tillegg var målet å bidra til attraktive arbeidsplasser, samt å hensynta distriktpolitikk om geografisk spredning. I 2005 ble strukturkvoteordningen også innført for havfiskeflåten, som tok over for blant annet enhetskvoten som sentral strukturkvoteordning (Forskrift om strukturkvoteordning mv for havfiskeflåten, 2005).

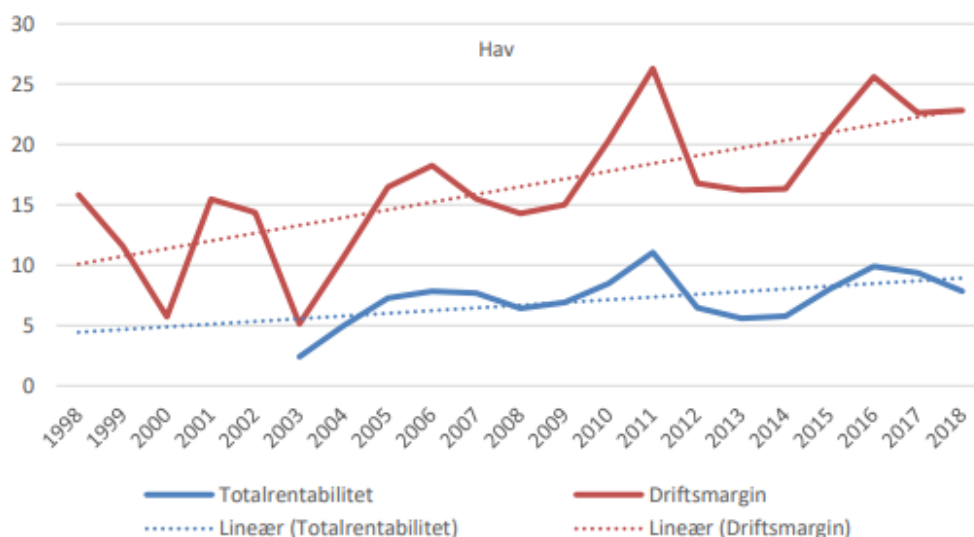
På grunn av for høy kvotekonsentrasjon for enkeltfartøy i forbindelse med utviklingen av strukturkvoteordningen, førte dette til videre endringer i regulering av flåten.

Kvotebegrensninger for det enkelte fiskefartøy ble satt for å hindre at store deler av flåten skulle konsentreres på færre eiere. Imidlertid kunne kvotetakene igjen heves dersom behov for økning i lønnsomhet oppsto. Nevnte begrensninger og hevinger er noe som videre har preget endring i regulering i senere tid. Andre vesentlige endringer i denne avhandlingens analyseperiode for gjeldende fartøygrupper er blant annet kvotefleks. Kvotefleks innebærer muligheten for å under- eller overfiske ett år, så lenge samme kvote året etter tar høyde for tilsvarende tillegg eller fratrekk. Videre handler flere av endringene generelt om unntak fra kvoteutnyttelsesbestemmelsen. I tillegg har endringer båret preg av størrelsesbegrensninger, samt ulike instruksjoner om forholdsmessighet i form av sammenhengen mellom fartøyets kvotegrunnlag og størrelse (Nærings- og fiskeridepartementet, 2015, 2019; Riksrevisjonen, 2020)

## 2.2.4 Økt lønnsomhet

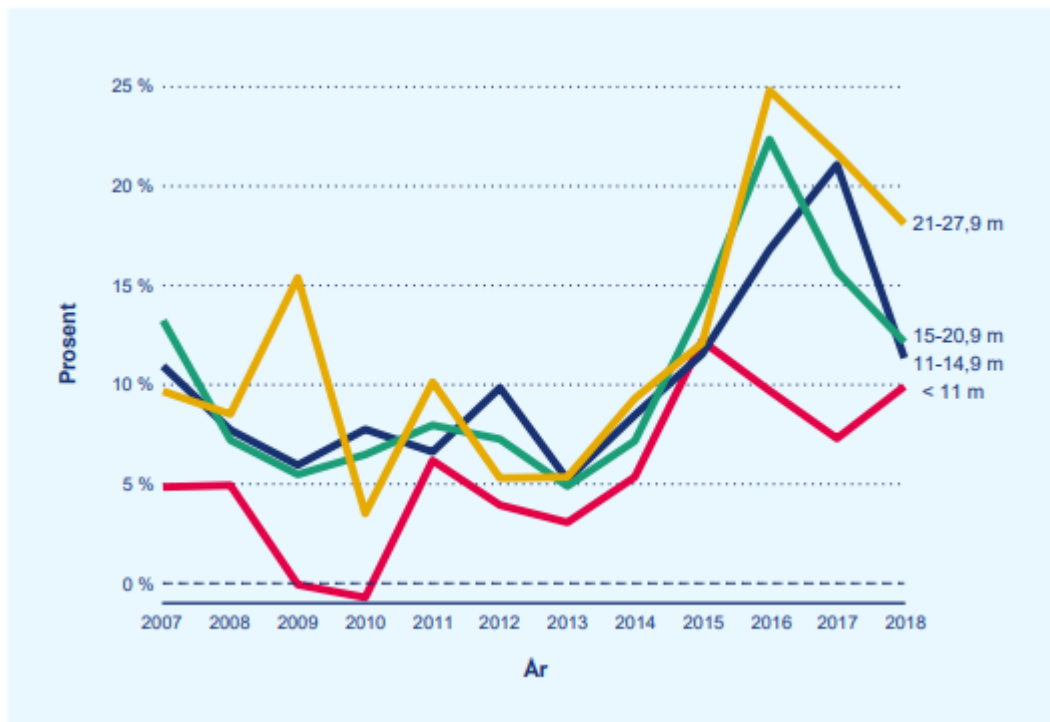
På bakgrunn av regulatoriske endringer og søkelyset mot lønnsomhetsmålet i perioden 2004 til 2018 har fiskeflåtens samlede kapital hatt en økning. På grunn av økt lønnsomhet i tillegg til mulighetene strukturkvoteordningen har skapt, ønsker flere å delta og å investere i fartøy og tillatelser. Samtidig viser effektiv og dyrere arbeidskraft til at fisket blir mer kapitalintensivt (Riksrevisjonen, 2020).

Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse fra 2018 beskriver at alle fartøygrupper har lønnsom drift, samt god lønnsomhet til sammenligning med andre bransjer (Fiskeridirektoratet, 2020b). Riksrevisjonen (2020) viser i sin undersøkelse at bunnfiskeriene har hatt stor forbedring i lønnsomheten gjennom hele analyseperioden. Hovedårsaken ligger i betydelig økning i førstehandsverdien av det viktigste fiskeslaget, torsk. Verdiens økning tar hovedsakelig utgangspunkt i økt etterspørsel av torsk i eksportmarkedet (Riksrevisjonen, 2020). Imidlertid varierer lønnsomheten mellom fartøygruppene og enkeltfartøy innad i gruppene. I løpet av de siste årene, viser undersøkelsen at torsketral har hatt en høy og økende lønnsomhet. Andre havfiskefartøy viser også til økning i driftsmargin og totalkapitalrentabilitet. Figur 7 illustrerer lønnsomhetsutviklingen for havfiskeflåten.



Figur 7: Lønnsomhetsutvikling blant konvensjonelle havfiskefartøy (Iversen et al., 2020)

Kystflåten har også en økende trend i lønnsomheten. Blant de konvensjonelle kystfiskefartøyene er det derimot store variasjoner mellom størrelsesgruppene, der fartøy mellom 15 og 20,9 meter har om lag samme driftsmargin i 2018 som i 2004 (Riksrevisjonen, 2020). Figur 8 viser lønnsomhetsutviklingen for konvensjonelle kystfartøy i perioden 2007-2018.



Figur 8: Utvikling i driftsmargin for konvensjonelle kystfiskefartøy (Riksrevisjonen, 2020)

### **3 Teoretisk rammeverk**

Dette kapittelet vil ta for seg en redegjørelse av oppgavens teoretiske rammeverk, som danner grunnlaget for avhandlingens metodiske valg med hensyn til å belyse problemstillingen. I første omgang vil teori om terminologien, benchmarking, legges frem med utgangspunkt i metodens betydning for studiens analyseformål. Deretter beskrives relevante begreper som produktivitet og effektivitet i lys av hvordan begrepene har blitt definert tilknyttet analysens metodiske tilnærming. Avslutningsvis presenteres tidligere forskning og litteratur om effektivitetsanalyser gjort i relevante og sammenlignbare settinger.

#### **3.1 Benchmarking**

En regulert fiskeflåte medfører begrenset fiske for fartøygruppene, da maksimal fangst er påvirket og satt av myndighetene. Med en generell antagelse om overkapasitet i fiskeriet, er det rimelig å anta at hver båt fisker hele kvoten (Pascoe, Tingley & Mardle, 2003). I den forstand vil en slik regulering føre til en begrenset inntekt (Bogetoft & Otto, 2011). På denne måten kan det være utfordrende å peke på hvilke beslutningsenheter som presterer best ut ifra fortjeneste og tradisjonelle lønnsomhetsmål. Et av verktøyene som er foreslått i økonomisk litteratur og som er blitt benyttet i regulatorisk praksis for å måle “beste-praksis”, er relative ytelseevalueringer, deriblant benchmarking (Bogetoft, 1997). Benchmarking kan defineres som en prosess som foretar en systematisk sammenligning av produksjonsenheters prestasjoner med andre sammenlignbare enheter (Bogetoft & Otto, 2011). Med utgangspunkt i slike prestasjonsmål kan en analysere hvilke enheter som bruker minst mulig ressurser eller utnytter ressursene på best mulig måte ut ifra den gitte outputen som er regulert. Bogetoft og Otto (2011) understreker videre at benchmarking dermed ikke er avgrenset til typiske profittmaksimerende virksomheter, i likhet med Hoff (2004) som også hevder at benchmarking er en relevant metode i fravær av markedskreftenes naturlige påvirkning.

For å kunne gjennomføre en sammenligning av prestasjonsmål stilles det krav til homogenitet blant beslutningsenhetene. Dette betyr at ressursene som inngår i produksjonen av en gode må være relativt like for alle enheter i analysen (Andersen & Pettersen, 1996). Videre hevder Andersen og Pettersen (1996) at målet med benchmarking hovedsakelig dreier seg om å lære og avdekke prestasjonsfremmende tiltak, og legger videre vekt på målet om forbedring fremfor mål av historisk prestasjon. Det argumenteres derfor at analyseformen fremmer læring, koordinering og motivasjon på et overordnet nivå. Samtidig påpekes det også at benchmarking kan være et godt verktøy for målstyring med formål om å heve kvaliteten på

beslutninger som tas i produksjonsenheter (Andersen & Pettersen, 1996; Bogetoft & Otto, 2011).

Litteraturen skiller ofte mellom fire typer benchmarking avhengig av hvilke sammenligningsgrunnlag som foreligger i analysen; Intern, konkurrerende, funksjonell og generisk benchmarking (Andersen & Pettersen, 1996; Hoff, 2004). Først nevnte dreier seg om å sammenligne ulike enheter eller avdelinger internt i egen virksomhet. I motsetning til intern benchmarking handler konkurrerende benchmarking om å sammenligne sin egne virksomhet med andre konkurrenter. Videre handler den funksjonelle formen om å sammenligne gitte funksjoner eller prosesser ved virksomheten med ikke-konkurrerende virksomheter innenfor én og samme bransje. Den sist nevnte typen for benchmarking går ut på å sammenligne interne prosesser i egen virksomhet med tilsvarende prosesser og funksjoner i andre virksomheter uansett hvilken bransje det er snakk om. Andersen og Pettersen (1996) argumenterer videre for at flere analyser i praksis ofte benytter en kombinasjon av de ulike typene. Ut ifra denne avhandlingens grunnlag vil det hovedsakelig benyttes konkurrerende benchmarking i form av analyser av ulike beslutningsenheter. Samtidig avgrenses utvalg innsatsfaktorer (se kap 5.2.1), som dermed kan ses i sammenheng med generisk benchmarking med utgangspunkt i samme bransje.

### **3.2 Produktivitet og effektivitet**

For å systematisk sammenligne produksjonsenheters prestasjon med andre sammenlignbare enheter, kan mål på produktivitet og effektivitet benyttes (Bogetoft & Otto, 2011).

Produktivitet og effektivitet kan ofte fremstå som synonyme, men er i denne sammenheng vesentlig å skille (Coelli et al., 2005). Ifølge Kittelsen og Førstund (2001) defineres produktivitet som “forholdet mellom produksjon og ressursbruk”. Med andre ord sier målet på produktivitet noe om hvor stor andel av innsatsfaktorer som benyttes for å produsere output (Coelli et al., 2005). Med én innsatsfaktor ( $x$ ) og én output ( $y$ ) kan produktivitet formuleres slik:

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

Formuleringen er ifølge Coelli et al. (2005) et “delvis mål på produktivitet”, da den kun tar hensyn til én enkelt input og output. I praksis blir det derimot ofte benyttet flere faktorer og den totale produktiviteten vil dermed påvirkes av alle innsatsfaktorene i

produksjonsprosessen og ikke bare én (Syverson, 2011). Totalfaktorproduktivitet (TFP) hevdes å være et bedre mål når det gjelder bruk av flere ulike ressurser (Coelli et al., 2005). TFP baseres på vektete inputs og outputs, der vektene er satt ut ifra den relative viktigheten variablene i produksjonen har. Formuleringen av TFP bygger videre på den overnevnte formelen, ved å multiplisere pris- eller verdivektene,  $u$  og  $v$  for henholdsvis output og input med variablene (Coelli et al., 2005):

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

$r = (1, \dots, s) \quad i = (1, \dots, m)$

Effektivitet er generelt beskrevet som en grad av måloppnåelse gitt de tilgjengelige ressursene (Kaurel, 2018). Innenfor benchmarking kan effektivitet beskrives ut ifra sammenligning av “forholdet mellom faktisk produktivitet og en norm for best mulig produktivitet gitt de begrensningene en virksomhet driver innenfor” (Kittelsen & Førsum, 2001, s. 23). Litteraturen skiller gjerne mellom indre- og ytre effektivitet, der indre effektivitet handler om produksjonsøkonomisk effektivitet; et mål på hvorvidt produksjonsprosessen tar i bruk minst mulig ressurser for å produsere, eller mest mulig produksjon av gitte innsatsfaktorer. Ytre effektivitet omhandler i hvilken grad en gjør de riktige tingene (Bogetoft & Otto, 2011); i den betydning en vurdering av ressursbruk mot alternativ anvendelse (Kittelsen & Førsum, 2001). Effektivitet i lys av minst mulig ressursbruk for en gitt produksjon kan formuleres slik:

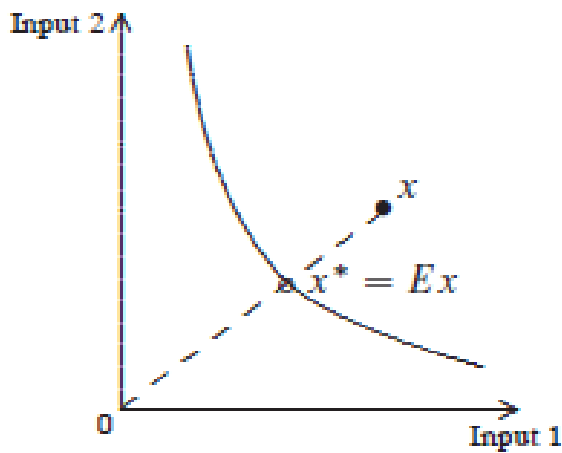
$$\text{Effektivitet}(E_A) = \frac{\text{produktivitet}(B)}{\text{produktivitet}(A)} = \frac{y_B/x_B}{y_A/x_A} \leq 1 \quad (3)$$

Hvor beslutningsenhet  $A$  blir målt mot beslutningsenhet  $B$ , som representerer beste praksis.

### 3.2.1 Teknisk effektivitet

Farrell (1957) introduserte begrepet teknisk effektivitet, som har blitt en kjent standard for beregning av effektivitet. Dersom den minste ressursbruken som er nødvendig i forhold til produksjon av en bestemt mengde output er kjent, eller om det er kjennskap til maksimal produksjon gitt en bestemt inputmengde, kan et mål på teknisk effektivitet håndtere manglende priser. En produksjonsenhet er teknisk effektiv når produksjonen ikke kan forbedres gitt den tilgjengelige teknologien (Farrell, 1957). Teknisk effektivitet beregnes

basert på to ulike perspektiver; inputorientert effektivitet og outputorientert effektivitet. Figur 9 illustrerer inputorientert teknisk effektivitet.



Figur 9: Illustrasjon av Farrells effektivitet med to inputs (Bogetoft & Otto, 2011).

Illustrasjonen viser hvordan den tekniske effektiviteten beregnes med utgangspunkt i to inputs, hvor input-isokvanten tilsvarer output-nivået  $y$  som eksempelets enheter produserer. Isokvanten representerer dermed produksjonsfronten, som består av de beslutningsenhetene som utnytter innsatsfaktorene mest effektivt. Fronten definerer videre mulighetsområdet, som utgjør området til høyre for fronten. Ved å minimere inputene proporsjonalt, vil den illustrerte observasjonen  $x$  bevege seg mot optimal posisjon (Farrell, 1957). Den tekniske effektiviteten i inputretning kan dermed finnes ved å foreta en proporsjonal reduksjon frem til man treffer punktet  $x^*$ . Det vil ikke være mulig å redusere forbruk av ressurser uten å redusere produksjonen i dette punktet. Teknisk input-effektivitet kan dermed beregnes som forskjellen på minimalt bruk av innsatsfaktorer,  $x^*$ , og observert input  $x$  (Farrell, 1957). Målet til inputorienterte modeller er derfor å redusere utnyttelsen av innsatsfaktorer, ut ifra et bestemt outputnivå. For inputs over eller på input-isokvanten vil  $E \leq 1$ . Desto mindre verdien for  $E$  er, desto mindre er effektiviteten til enheten (Bogetoft & Otto, 2011).

### 3.2.2 Skalaegenskaper

Banker, Charnes og Cooper (1984) introduserte muligheten til å karakterisere ulike "Decision Making Units" (DMU) sine skalaegenskaper i ulike "deler" av produksjonsmulighetsområdet. Skalaegenskapene skiller mellom konstant (CRS), tiltagende (IRS) og avtakende skalautbytte (DRS) som indikerer sammenhengen mellom DMUens økning i bruk av innsatsfaktorer og økning i produksjon. Dersom en enhet opererer med konstant skalautbytte, indikerer dette at en økning i input vil medføre en proporsjonal økning i produksjon (Banker et al., 1984).



Dette er ikke gjeldene dersom beslutningsenheten driver under forutsetning om variabelt skalautbytte (VRS). VRS kan på den ene siden være tiltagende i den grad at en økning i output er forholdsvis større enn en økning i innsatsfaktorene. På den andre siden kan variabelt skalautbytte være avtagende, som tilsier at en økning i innsatsfaktorene medfører en proporsjonal mindre økning i output (Banker et al., 1984).

### **3.3 Tidligere forskning og litteratur**

Bogetoft (1997) trekker frem DEA som en spesielt velegnet fremgangsmåte for å analysere effektiviteten i regulerte markeder. Dette kommer av at metoden krever lite teknologisk informasjon a priori, samt dens høye grad av fleksibilitet. DEA som metode har blitt anvendt i flere lignende studier, og det hevdes at metoden er et nyttig verktøy for å undersøke fiskefartøys effektivitet og kilder til ineffektivitet (González-García et al., 2015; Ramos et al., 2014; Vázquez-Rowe & Tyedmers, 2013).

Madau, Furesi og Pulina analyserte i 2018 den tekniske effektiviteten til mindre fartøy på Sardinia. Studien tar utgangspunkt i de små fiskerienes rolle i samfunnene langs kysten, og har som formål å gi et bidrag til diskusjonen rundt kvoter og overkapasitet. For å kunne bidra til diskusjonen bruker forfatterne en output-orientert DEA-modell, hvor den tekniske effektiviteten beregnes. Avslutningsvis konkluderes det med at resultatene fra effektivitetsanalysen kan bidra med informasjon for fremtidige endringer i regulering. Det trekkes også frem at andre interessenter kan ha nytte av slike analyser. En annen studie Pinello, Liontakis, Sintori, Tzouramani og Polymeros (2016) anvender en input-orientert DEA-modell for å undersøke skala- og teknisk effektivitet for både trålere og mindre fartøy i Hellas. Videre diskuteres de ulike fartøygruppene i analysen, og det konkluderes med at det, spesielt blant de mindre fartøyene, finnes effektiviseringspotensialer.

Charnes, Clark, Cooper og Golany introduserte i 1984 en supplerende metode kalt Window-analyser. Formålet med denne metoden var å undersøke effektivitetsutviklingen blant analyseenhetene, når forutsetningene for å benytte andre metoder ikke var oppfylt. Forfatterne argumenterer i studiet for at Window-analyser er passende når datagrunnlaget er lite, da det øker antall frihetsgrader sammenlignet med andre metodiske fremgangsmåter.

Senere har Window-analyse blitt brukt i kombinasjon med DEA for å undersøke underliggende effekter blant fiskefartøys effektivitet (Vázquez-Rowe & Tyedmers, 2013). I studien undersøkes effektivitetsendringene på fartøynivå fra uke til uke i løpet av

fiskesesongen. Videre vektlegges det at metoden muliggjør undersøkelser av hvert fartøys ukentlige effektivitetsutvikling gjennom analyseperioden. Viktigheten av å ta høyde for regulatoriske og teknologiske endringer ved lengre analyseperioder påpekes også i studien. Dette gjøres ved å bestemme et hensiktsmessig antall perioder i hvert vindu. DEA-modellen som ble anvendt benytter en input-orientert modellspesifikasjon, noe som tillater å identifisere ineffektiv bruk av ressurser.

En rekke studier hvor DEA brukes som metodisk rammeverk benytter seg også av totrinns regresjonsanalyser. Formålet med totrinnsanalysen er å undersøke i hvilken grad effektiviteten påvirkes av utvalgte faktorer. For å undersøke faktorenes grad av påvirkning benyttes gjerne en OLS- eller en sensurert regresjonsmodell kalt Tobit (Coelli et al., 2005). Logit fraksjonell regresjon blir også trukket frem av Hoff (2007) og McDonald (2009). Disse studiene finner at denne formen for regresjon gir mer presise estimater sammenlignet med OLS og Tobit. På den andre siden konkluderes det med at OLS eller Tobit er fordelaktig grunnet lavere grad av kompleksitet og tilstrekkelig gode estimater. Regresjonen bør ifølge Fatimah og Mahmudah (2017) inkludere variabler som er forskjellige fra de som brukes i DEA-modellen. Färe, Kirkley og Walden gjennomførte i 2006 en studie hvor Tobit brukes sammen med en DEA-analyse. Studien tar utgangspunkt i en output-orientert DEA-modell for å undersøke sammenhengen mellom uønsket bifangst og teknisk effektivitet.

## 4 Metode

I dette kapittelet presenteres og beskrives metoder som benyttes for å belyse avhandlingens problemstilling. Innledningsvis blir det gjort rede for Data Envelopment Analysis (DEA), og dens tilhørende modeller som benyttes i oppgavens analyse. DEA legger videre føringer for metoder anvendt i analyser av effektivitetsutvikling, samt undersøkelser av andre underliggende forklaringsfaktorer. Senere beskrives ulike verktøy som brukes for å sikre kvalitet i analysens anvendte datamateriale. I tillegg redegjøres det for statistiske analyser for hypotesetesting tilknyttet ulike sammensetninger av innsatsfaktorer og modellforutsetninger.

### 4.1 Data Envelopment Analysis

Charnes, Cooper og Rhodes (1978) introduserte Data Envelopment Analysis (DEA), med utgangspunkt i Farrell (1957) sitt teoretiske rammeverk om effektivitetsmål. DEA er en deterministisk og ikke-parametrisk metode som tar utgangspunkt i å måle prestasjonene til enheter opp mot andre sammenlignbare enheter. I litteraturen kalles disse enhetene ofte beslutningsenheter (DMUer) og utgjør analysens referansesett (Bogetoft & Otto, 2011). En DEA-analyse innebærer bruk av en lineær programmeringsmetode (LP) for å estimere en ikke-parametrisk stykkvis overflate som i teorien kalles en referansefront (Coelli et al., 2005). Denne fronten dannes av DMUene som har mest optimal kombinasjon av gitte innsatsfaktorer og output, som videre omhyller produksjonsmulighetsområdet der resten av beslutningsenheter befinner seg (Charnes et al., 1978). Referansefronten fastslår dermed de mest effektive DMUene, som gjerne benevnes som beste-praksis enheter. Slike beste-praksis enheter blir ansett for å være læremestere for øvrige ineffektive DMUer (Bogetoft & Otto 2011).

Beslutningsenheterens effektivitet evalueres i lys av Farells (1957) effektivitetsmål; den maksimale proporsjonale reduksjon av input, eller utvidelse av output, som trengs for å nå referansefronten (Bogetoft & Otto, 2011). Effektivitetsscoren for en outputmaksimerende modell vil være  $F \in [1, \infty]$ , og  $E \in [0,1]$  for en inputminimerende DEA-modell, der scoren 1 representerer 100% effektivitet for begge utgangspunktene. For en inputminimerende orientering vil eksempelvis  $E = 0.7$  indikere et effektiviseringspotensial på 30%. En kan definere en beslutningsenhet 100% effektivt dersom andre enheter ikke indikerer mulighet for bedre utnyttelse av de enkelte ressurser, uten å forverre andre (Cooper, Seiford & Zhu, 2011). Oppsummert kan en si at en DEA-analyse kombinerer fastsettelse av teknologi, med mål på ytelse relatert til den estimerte teknologien. Analyseverktøyet integrerer dermed to

grunnleggende problemstillinger; å avklare en ytelsesstandard, nemlig teknologien, samtidig som metoden måler prestasjoner mot den avklarte standarden.

#### 4.1.1 Produksjonsteknologi

Når en effektivitetsanalyse skal gjennomføres ved bruk av en DEA-modell er antagelser om den underliggende produksjonsteknologien viktig å ta stilling til, da teknologien som forutsettes i modellen er sentral i fastsettelsen av produksjonsmulighetsområdet (Bogetoft, 2012).

En enkel modell med utgangspunkt i  $j = 1, \dots, n$ , DMUer vil føre til en input-outputkombinasjon  $(x_{ij}, y_{rj})$ , hvor  $x_{ij}$  angir hvor mye av innsatsfaktor  $i$  er brukt av DMU  $j$ .  $y_{rj}$  forteller hvor mye output,  $r$ , som produseres av DMU  $j$ . Videre eksisterer det  $m$  innsatsfaktorer og  $s$  output, slik at  $i \in (1, \dots, m)$  og  $r \in (1, \dots, s)$ . Det antas også at  $x_{ij}, y_{rj} \geq 0$ , i tillegg til forutsetninger om at hver beslutningsenhet i en slik modell har minst én positiv input eller output. Videre foreligger en grunnleggende antagelse om homogenitet blant DMUene i analysens datasett. I en produksjonsteknologisk sammenheng betyr det at de ulike DMUene må benytte seg av like innsatsfaktorene for lik produksjon, og ha like forutsetninger med tanke på omgivelser og ressurstilgang. Mengden innsatsfaktorer og produsert output kan dog variere mellom de ulike DMUene,  $j$  (Banker et al., 1984). Banker et al (1984) formulerer teknologisetten,  $T$ , som:

$$T = \{(x, y) | y > 0 \text{ kan produseres av } x > 0\} \quad (4)$$

der  $x_i$  og  $y_r$  for enkelthets skyld defineres som respektive  $x$  og  $y$ .

Det er ifølge Bogetoft og Otto (2011) fire spesielt viktige forutsetninger i tilknytning til teknologisetten,  $T$ :

1. *Free disposability*: En gitt mengde innsatsfaktorer kan fritt disponeres, slik at en kan øke antall innsatsfaktorer for å redusere output. Dette resulterer i at  $(x, y) \in T, x' \geq x, y' \leq y \Rightarrow (x', y') \in T$ .
2. *Konvekksitet*: Dersom  $(x, y) \in T, (x', y') \in T$ , og en vilkårlig vekt,  $0 \leq \lambda \leq 1$ , vil det vektete gjennomsnittet,  $(1 - \lambda)(x, y) + \lambda(x', y')$  også være en del av teknologisetten,  $T$ .

3. *Skalaegenskaper*: Setter begrensninger for  $\lambda$ , som følgelig avgjør hvordan input-output-kombinasjonen skaleres i modellen.

Konstant skalautbytte, CRS:  $(x, y) \in T \Rightarrow \lambda(x, y) \in T$ , dersom  $\sum \lambda \geq 0$

Variabelt skalautbytte, VRS:  $(x, y) \in T \Rightarrow \lambda(x, y) \in T$ , dersom  $\sum \lambda = 1$

Avtakende skalautbytte, DRS:  $(x, y) \in T \Rightarrow \lambda(x, y) \in T$ , dersom  $\sum \lambda \leq 1$

Tiltakende skalautbytte, IRS:  $(x, y) \in T \Rightarrow \lambda(x, y) \in T$ , dersom  $\sum \lambda \geq 1$

4. *Additivitet*: Summen av to ulike teknologiset,  $T$ , kan fusjoneres, dersom  $(x, y) \in T, (x', y') \in T \Rightarrow (x + x', y + y') \in T$ .

Forutsetningene legges til grunn ved valg av DEA-modell vil spille en avgjørende rolle på frontens utforming og produksjonsmulighetsområdet (Bogetoft og Otto, 2011).

LP-problemer har en iboende dualitet, som fører til at en DEA-modell også innehar denne dualiteten. De to mulige løsningene kalles primal- og dualformuleringen, og benevnes gjerne som henholdsvis multiplier- og envelopment-modellene. Resultatene fra de to ulike formuleringene gir i utgangspunktet like effektivitetsmål (Charnes et al., 1978).

#### 4.1.2 CCR-modellen

Charnes et al., (1978) introduserte den første DEA-modellen, som i senere tid er blitt omtalt CCR- modellen etter forfatterne av metoden. Modellen forutsetter CRS, altså konstant skalautbytte, og kan benyttes i tilfeller med både input- og outputorientering. I denne utredningen vil inputorientert versjon av CCR benyttes. Modellen vil dermed ta utgangspunkt i beregning av den maksimale proporsjonale reduksjonen i input for beslutningsenheten, gitt at observert output holdes konstant. Den inputorienterte envelopment-modellen under forutsetning om CRS kan matematisk formuleres slik:

$$\text{Min } E_0 \quad (5.1)$$

$$E, \lambda_j$$

Når:

$$E_0 x_{i0} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \quad (i = 1, \dots, m) \quad (5.2)$$

$$y_{r0} \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \quad (r = 1, \dots, s) \quad (5.3)$$

$$E_0 \lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (5.4)$$

Formuleringen innebærer minimering av  $E_0$  for hver observasjon  $j = (1, \dots, n)$ .  $E_0$  representerer videre effektivitetsmålet for  $DMU_0$ , og befinner seg alltid i intervallet  $[0,1]$ . Den effektive referansefronten beregnes ved bruk av intensitetstallet ( $\lambda_j$ ), og viser en kombinasjon av alle effektive beslutningsenhet(er) som danner fronten. Beregnet effektivitetstall,  $E_0$ , viser hvor mye observert inputkombinasjon kan minimeres for best mulig inputkombinasjon, gitt den faktiske produksjonen.

Videre illustrerer restriksjon 5.2 at evalueringsenhetens utnyttelse av input skal være større eller lik beregnet input, og begrenser dermed effektivitetstallet til maksimalt 1, da enheten ikke kan redusere innsatsfaktorene lenger enn fronten. Restriksjon 5.3 viser at produksjonen av output skal være mindre eller lik beregnet output. Intensitetstallet ( $\lambda_j$ ) beskrives som DMUens kopieringsfaktor overfor dens referansenheter, og avgjør i hvilken grad en gitt enhet skal vekte produksjonen for å nå frontens optimale punkt (Cooper, et al., 2011).

### 4.1.3 BCC-modellen

CCR-modellen har en forutsetning om konstant skalautbytte, i den betydning at modellen tar utgangspunkt i at alle beslutningsenhetene opererer med optimal skala. I senere tid ble det utviklet verktøy for å kunne analysere skala-ineffektivitet, da CCR ikke tar hensyn til hvordan ulik skala påvirker effektiviteten. Banker et al. (1984) utviklet BBC-modellen som forutsetter en generell form for VRS. Tilnærmingen har blitt et av de viktigste bidragene i litteraturen. En kombinasjon av CRS og VRS åpner opp for å dekomponere CRS-effektivitet i både teknisk effektivitet og skalaeffektivitet. En inputminimerende envelopmentmodell med variabelt skalautbytte kan matematisk formuleres slik:

$$\underset{E, \lambda_j}{\text{Min}} E_0 \quad (6.1)$$

Når:

$$E_0 x_{i0} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \quad (i = 1, \dots, m) \quad (6.2)$$

$$y_{r0} \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \quad (r = 1, \dots, s) \quad (6.3)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (6.4)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (6.5)$$

I CCR-modellen forutsettes det implisitt at produksjonsteknologien er homogen av grad en, i den betydning at produksjonsmulighetsområdet er bestående av lineær opp- eller nedskalering av område (Banker et al., 1984). Da BBC tar utgangspunkt i VRS, endres dette produksjonsmulighetsområdet i den forstand at produksjonsstrukturen bare tillater teknisk ineffektivitet (Vassdal, 2009). Den konkrete forskjellen på dualformuleringen av de to ulike modellene er å legge til en ekstra restriksjon;  $\sum_j^n \lambda_j = 1$ . Referansepunktene som DMUene nå sammenlignes med er konvekse kombinasjoner av faktiske observasjoner. Konsekvenser av konveksiteten er at mulighetsområdet blir mindre på grunn av en tettere omhylling. Dette vil gjøre at beslutningsenheter kan oppnå optimal teknisk effektivitet, selv om de er ineffektive sammenlignet med optimal skala. Effektivitetstallet vil dermed ofte være høyere under forutsetning om VRS (Cooper et al., 2011). Forskjellen mellom effektivitetstallet beregnet med CCR og BBC indikerer grunnlaget for skalaeffektivitet (Banker et al., 1984).

## 4.2 Dynamisk DEA

Gjennom flere år med studier har DEA utviklet seg betydelig i et forsøk på å forbedre modelleringen for å inkludere nye analysekriterier og for å representere kompleksiteten i nåværende systemer (Cook & Seiford, 2009; Emrouznejad, Parker & Tavares, 2008; Kao, 2014). Utviklingen har muliggjort et stort antall studier i ulike sektorer og for ulike sammensetning av datamateriale (Liu et al., 2013a, 2013b), deriblant dynamiske DEA-analyser (DDEA). I motsetning til DEA under statiske forhold, har DDEA som intensjon å måle effektivitet over tid (Tone & Tsutsui, 2010). Den dynamiske modellen er dermed med på å løse problematikken rundt utelatelse av dynamiske settinger, eksempelvis benyttede ressurser som er ment for å produsere gunstige resultater i fremtiden (Cooper, Seiford & Tone, 2007). Strukturen til statisk DEA-analyse vil ikke kunne inkludere typiske “overgangselementer” mellom observasjoner av aktiviteter, da dette krever gjensidig avhengighet mellom perioder. Dette gjelder også generelle endringer i den grad om en DMU har forbedret seg over tid. (Tone and Tsutsui, 2010). Dynamiske modeller blir dermed brukt for å kunne fange opp slike tendenser, ved å analysere beslutningsenhets endring i produktivitet og effektivitet fra en periode til en annen.

Det finnes ulike dynamiske modeller for å analysere endring i produktivitet og effektivitet. Innen benchmarking finnes det kjente produktivitetsindekser for å måle slike endringer, deriblant Malmquist-indeksen (MPI) (Bogetoft & Otto, 2011). MPI er en indeks som viser vekst i totalfaktorproduktivitet til en beslutningsenhet ved å gjenspeile fremgang eller tilbakegang i effektivitet, i samspill med fremgang eller tilbakegang til referansefronten mellom to tidsperioder (Cooper, Seiford & Tone, 2007). Videre benyttes også Window-analyser for å måle relative effektivitetsendringer. En DEA Window-analyse tar utgangspunkt i gjennomsnittlige effektivitetsestimater beregnet i ulike vinduer for å oppdage effektivitetsendringer over tid, der hver DMU betraktes som om den var en annen i periodene representert i hvert vindu (Cooper, Seiford & Tone, 2007).

På grunn av de ulike produktivitetsindeksenenes krav om et balansert datasett, i forhold til endringsanalyse på enhetsnivå, vil ikke dette være metoder som er hensiktsmessig å benytte i denne avhandlingens analyser (se kapittel 5.1). Samtidig er formålet med studien å analysere mulige endringstendenser for hele utvalget, og dermed en dynamisk analyse av periodevise effektivitetsmål for fartøygruppen som helhet, og hvordan årlige effektivitetsestimater kan ses i sammenheng med hverandre. Analysen kan på denne måten bidra til å undersøke i hvilken grad regulatoriske endringer kan reflektere periodevise endringer i respektive fartøygrupper. I dette tilfelle kan en Window-analyse være en måte å fange opp potensielle trend- og endrings effekter mellom årene, med utgangspunkt i hvordan de årlige gjennomsnittlige effektivitetsestimater endrer seg i ulike vinduer.

#### 4.2.1 Window-analyse

Det *grunnleggende* konseptet bak Window-analyse stammer fra Klopp (1985), som utviklet teknikkene basert på sin rolle som sjefsstatistiker for den amerikanske hæren. Som tidligere nevnt er en av metodens egenskap at hver DMU betraktes som om den var en annen i periodene representert i hvert vindu. En slik behandling gjør det mulig å sammenligne beslutningsenhetens effektivitet i en bestemt periode, med enhetens ytelse i andre perioder (Cooper, Seiford & Tone, 2007). Basert på Asmild, Paradi, Aggarwall og Schaffnit (2004) kan modellen for en Window-analyse formuleres med antagelsen om  $n$  DMUer ( $j = 1, \dots, n$ ) som er observert i  $T$  perioder ( $t = 1, \dots, T$ ) hvor alle bruker  $i$  inputs til å produsere  $r$  outputs. Utvalget har dermed  $n \times T$  observasjoner, og en observasjon,  $j$ , i perioden  $t$ .  $DMU_t^j$  har videre en  $i$ -dimensjonal input-vektor,  $\mathbf{x}_t^j = (x_{1t}^j, x_{2t}^j, \dots, x_{it}^j)$ , og en  $r$ -dimensjonal output-vektor  $\mathbf{y}_j^t = (y_{1t}^j, y_{2t}^j, \dots, y_{rt}^j)$ .



Vinduet som starter i tid  $k$ ,  $1 \leq k \leq T$  med bredden,  $w$ ,  $1 \leq w \leq T - k$ ) er definert med notasjon  $k_w$ , og har  $n \times w$  observasjoner. Input- og outputmatrisene for window-analysen er gitt av:

$$X_{k_w} = \begin{bmatrix} x_k^1 & x_k^2 & \dots & x_k^n \\ x_{k+1}^1 & x_{k+1}^2 & \dots & x_{k+1}^n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{k+w}^1 & x_{k+w}^2 & \dots & x_{k+w}^n \end{bmatrix}, \quad Y_{k_w} = \begin{bmatrix} y_k^1 & y_k^2 & \dots & y_k^n \\ y_{k+1}^1 & y_{k+1}^2 & \dots & y_{k+1}^n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{k+w}^1 & y_{k+w}^2 & \dots & y_{k+w}^n \end{bmatrix} \quad (7)$$

I forhold til denne avhandlingens datagrunnlag og formål vil den dynamiske analysen ta utgangspunkt i det presenterte konseptuelle rammeverket til en Window-analyse, men med en årlig gjennomsnittlig effektivitetsscore som fundamental observasjon. I stedet for å sammenligne den enkelte DMU i ulike perioder, vil analysen ha som mål å undersøke hvordan den gjennomsnittlige effektivitetsscoren til hvert år endrer seg i forhold til de ulike vinduene representert av ulike sammensetninger av år. Dette vil bli en dynamisk modell med antagelser etter det Tone og Tsutsui (2010) og Nemoto og Goto (2003) hevder måler den overordnede og generelle dynamiske effektiviteten for hele analysegruppen, i form av periodevise effektivitetsmål sett i sammenheng med hverandre.

Avhandlingens modell tar følgelig utgangspunkt i utarbeidet formulering:

En årlig gjennomsnittlig effektivitetsscore,  $\bar{E}$ , observert i  $t = (1, \dots, T)$  perioder, med en antagelse om  $p$  vinduer ( $p = 1, \dots, P$ ):

Antall vinduer,  $P$ , bestemmes av antall perioder,  $T$ , og vinduets bredde,  $w$ :

$$P = T - (w - 1) \quad (8)$$

Videre formuleres og illustreres et vilkårlig vindu i matrisen slik:

$$P_p = \bar{E}_{(p,p+(1-1))}, \bar{E}_{(p,p+(2-1))}, \dots, \bar{E}_{(p,p+(w-1))} \quad (9)$$

Størrelsen på hele matrisen bestemmes av antall perioder,  $T$ , og antall vinduer,  $P$ :  $T \times P$ .

### 4.3 Totrinns DEA-analyse

Etter å ha beregnet effektivitet blant beslutningsenheter i en DEA-analyse er det interessant å forstå hvorfor enkelte DMUer er mer effektive enn andre, samt å avdekke underliggende faktorer som er med på å forklare effektivitet. Det vil være relevant å analysere om

variasjoner i den estimerte effektiviteten virkelig reflekterer variasjoner i enhetenes prestasjoner, eller om eventuelle relevante variabler er utelatt (Bogetoft & Otto, 2011). For å undersøke underliggende forklaringsfaktorer benyttes ofte en totrinns analyse, også kalt post-effektivitetsanalyser, da analysen har som mål å forklare variasjoner og validere modellen (Bogetoft & Otto, 2011; Coelli et al., 2005). Metoden innebærer å gjøre en DEA-analyse for å evaluere den relative effektiviteten til beslutningsenhetene i første steg, og deretter regressere effektivitetsestimater fra analysen mot andre mulige forklaringsvariabler (Coelli et al., 2005; Johnson & Kuosmanen, 2012).

Det finnes ulike statistiske regresjonsanalyser for å avdekke forklaringsfaktorer i andre steg i en totrinns analyse. Den vanligste fremgangsmåten for å undersøke et sett av kontinuerlige variabler og i hvilken grad variasjon i effektivitet kan forklares av slike faktorer, er å gjennomføre en Tobit regresjon (Bogetoft & Otto, 2011; Coelli et al., 2005). Videre hevdes det at ordinary least squares (OLS) regresjon er en enkel og egnet metode (McDonald, 2009). Samtidig pekes det på at effektivitetsmål beregnet under DEA begrenses til intervallet  $[0,1]$ , og at regresjonsmodellen dermed burde begrenses til samme intervall (Hoff, 2007). En lineær OLS regresjon kan derimot predikere verdier over 1, noe som videre kan komplisere sammenhengen mellom regresjons- og effektivitetsestimater. Tobit regresjon tar imidlertid hensyn til at den avhengige variabelen er sensurert eller en “corner solution outcome” (Hoff, 2007). En “corner solution”-variabel er kontinuerlig og kan være begrenset både nedenfra og ovenfra, og tar utgangspunkt i verdien til én eller begge grensene med en positiv sannsynlighet. Sett i sammenheng med effektivitets intervallet  $[0,1]$  beregnet under DEA, argumenteres det for å benytte en Tobit regresjonsmodell for å undersøke underliggende faktorer forklaringsgrad (Bogetoft & Otto, 2011; Coelli et al., 2005; Hoff, 2007; Zhaoqun, Rong & Yugui, 2016).

#### **4.3.1 Tobit regresjon**

For å kunne ta hensyn til sensurerte og “corner solution outcome” introduserte Tobin (1958) Tobit-modellen. Regresjonsmodellen har videre blitt en av de vanligste metodene i forhold til bruk av kontinuerlige variabler som andre trinn i en totrinns DEA-analyse (Bogetoft & Otto, 2011). Metoden tar utgangspunkt i den tekniske effektivitetsscoren,  $E$ , beregnet under trinn 1, hvor hensikten er å måle i hvilken grad  $E$  avhenger av variablene  $z = (z_1, z_2 \dots z_q)$ .

Modellen som estimeres formuleres:

$$E = g(z, a) \tag{10}$$

hvor effektiviteten,  $E$  er forklart av variablene  $z$  og parameteret  $a$  (Bogetoft & Otto, 2011).

Når den avhengige variabelen er sensurert, vil ikke underliggende verdier alltid bli observert. Ved en Tobit regresjon kan de underliggende driverne av effektivitetsestimater,  $E$ , ses på som en stokastisk variabel, og observasjonen av  $E$  som en sensurert versjon av denne (Bogetoft & Otto, 2011). På bakgrunn av dette vil verdier under 0 bli registrert som 0, og verdier over 1 bli registrert som 1. Modellen blir derfor:

$$E = \begin{cases} 0, & \text{hvis } az + \epsilon \leq 0 \\ az + \epsilon & \text{hvis } 0 < az + \epsilon < 1 \\ 1 & \text{hvis } az + \epsilon \geq 1 \end{cases} \quad (11)$$

For å kunne måle en effekt i en slik modell, er en i denne sammenheng interessert i å finne margineffekten av en marginal endring i en av de forklarende variablene  $z$ . La  $EV$  være gjennomsnittet eller en antagelse av en vilkårlig variabel, slik at en kan skille mellom gjennomsnittet,  $EV$ , og effektiviteten,  $E$ . Problemstillingen blir dermed hvordan  $EV(E|z)$  varierer med  $z$ , eksempelvis hvordan en endring i  $z$  påvirker den gjennomsnittlige  $E$  (Bogetoft & Otto, 2011). Formuleringen vil inneholde tre deler som korresponderer med de tre delene av modellen for  $E$ :

$$EV(E|z) = \int E \, dPr(E|z) \quad (12.1)$$

$$= \int 0 \, dPr(E = 0|z) + \int E \, dPr(0 < E < 1|z) + \int 1 \, dPr(E = 1|z) \quad (12.2)$$

$$= \int_{-az}^{1-az} \epsilon \, dPr(\epsilon|z) + 1 - Pr(\epsilon < 1 - az|z) \quad (12.3)$$

Formuleringen kan enkelt tolkes basert på den definerte ligningen. De to siste termene, 12.3, tilsvarer effekten av enhetene der  $E = 1$  multiplisert med sannsynligheten for hendelsen.

Videre er den første termen den lineære effekten  $az$  multiplisert med sannsynligheten for at  $0 < E < 1$ , og den andre termen definerer effekten av error termen,  $\epsilon$ . Gjennomsnittet av  $\epsilon$  er betinget av intervallet hvor  $0 < az + \epsilon < 1$ .

For å videre fastslå hvordan  $EV(E|z)$  varierer med  $z$ , deriveres de tre individuelle termene:

$$EV(E|z) = az \left( \Phi \left( \frac{1-az}{\sigma} \right) - \Phi \left( \frac{-az}{\sigma} \right) \right) + \sigma \left( \phi \left( \frac{-az}{\sigma} \right) - \phi \left( \frac{1-az}{\sigma} \right) \right) + 1 - \Phi \left( \frac{1-az}{\sigma} \right) \quad (13.1)$$

$$\frac{\partial EV(E|z)}{\partial z_h} = a_h \left( \Phi \left( \frac{1 - az}{\sigma} \right) - \Phi \left( \frac{-az}{\sigma} \right) \right) \quad (13.2)$$

$$\frac{\partial EV(E|z)}{\partial z_h} = a_h \left( \Phi \left( \frac{1 - az}{\sigma} \right) - \Phi \left( \frac{-az}{\sigma} \right) \right) \quad (13.3)$$

Konkludert viser funksjonen hvor mye effektiviteten øker dersom  $az$  øker med en enhet, korrigert for sannsynligheten for at  $0 < E < 1$ . Den marginale endringen i  $z$  vil ikke endre  $E$  hvis  $E = 0$  eller  $E = 1$ .

#### 4.4 Outlieranalyse

En outlier er en ekstrem eller atypisk observasjon som er markant avvikende i forhold til andre observasjoner i datasettet (Gunst & Mason, 1980). En beslutningsenhet kan bli definert som en outlier dersom det eksempelvis eksisterer en feil i datamateriale grunnet måle- eller registreringsfeil. Manglende input- og outputverdier kan også være en årsak. Samtidig kan outliers komme av korrekte observasjoner, men likevel være usedvanlige i forhold til de andre (Bogetoft & Otto, 2011).

Som tidligere nevnt er DEA en deterministisk metode, der fronten bestemmes ut ifra observerte input- og outputverdier av de ulike beslutningsenhetene. Metoden vil på så måte være følsom for ekstreme eller atypiske observasjoner, i den grad at en enhets usedvanlige høye effektivitetsscore vil bidra til en front som påvirker andre beslutningsenheters effektivitetsmål uhensiktsmessig. En outlieranalyse kan derfor være nødvendig i dette tilfelle for å sikre et mest mulig representativt analyseresultat. Et mulig utfall av en slik analyse vil være eliminasjon av enkelte observasjoner (Banker & Chang, 2006; Bogetoft & Otto, 2011).

Likevel er det hensiktsmessig å ta hensyn til at svært effektive enheter kan oppnå gode prestasjoner med utgangspunkt i gode egenskaper som fører til bedre ytelse enn andre beslutningsenheter. Slike enheter viser “beste praksis” og bør dermed ikke fjernes fra analyse materialet med mindre de har egenskaper som ikke realistisk kan sammenlignes (Emrouznejad & De Witte, 2010). Slike trekk kan eksempelvis indikere heterogenitet. Generelt foreligger det et ønske om å beholde flest mulig enheter så lenge det lar seg rettfærdiggjøres av realistiske prestasjoner. I utgangspunktet skal det derfor være reelle mistanker om heterogenitet eller feil i datamaterialet. Om enkelte beslutningsenheter vurderes fjernet, vil dette ta utgangspunkt i en helhetlig vurdering da det gjerne eksisterer en restriktiv holdning til eventuelle eliminerings.

#### 4.4.1 Supereffektivitet

En analyse av supereffektivitet anses i teorien som en egnet metode for å avdekke potensielle outliers (Banker & Chang, 2006). Andersen og Petersen (1993) introduserte metoden i hovedsak for å rangere effektive beslutningsenheter. Det blir imidlertid argumentert for at metoden egner seg bedre til å identifisere ekstreme observasjoner (Banker & Chang, 2006). Supereffektivitetsanalyser gjør det mulig for enheter som er 100% effektive å oppnå bedre effektivitetsestimater, som tilsvarer en effektivitet over 1 ved beregning av input-effektivitet. I evalueringen fjernes enheten fra eget referansesett slik at beslutningsenheten kan sammenlignes med kombinasjonen av andre DMUer. Supereffektivitetsmålet blir dermed den proporsjonale avstanden mellom måleenheten og den “nye” produksjonsfronten, som videre måler i hvor stor grad en effektiv DMU proporsjonalt kan øke innsatsfaktorene før enheten blir ineffektiv (Bogetoft & Otto, 2011). Supereffektivitet under antagelser om CRS og inputorientering kan matematisk formuleres slik:

$$\text{Min } E_0^{Super} \quad (14.1)$$

Når:

$$E_0 x_{i0} \geq \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 0}}^n \lambda_j x_{ij} \quad (i = 1, \dots, m) \quad (14.2)$$

$$y_{r0} \geq \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 0}}^n \lambda_j r_{ij} \quad (r = 1, \dots, s) \quad (14.3)$$

$$E_0, \lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (14.4)$$

$j \neq 0$  beslutter at en effektiv DMU skal trekkes ut fra eget referansesett, og videre sammenlignes med andre beslutningsenheter (Andersen & Petersen, 1993). Ved å tilføre restriksjoner på  $\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 0}}^n \lambda_j$  kan alternative skalaforutsetninger legges til modellen.

Bogetoft og Otto (2011) hevder at dersom en beslutningsenhet er supereffektiv, bør den anses som en outlier og fjernes fra analysen. Imidlertid argumenteres det også for at det ikke finnes en konkret fasit som beskriver hvilke enheter som vurderes som outliers. Hvordan supereffektivitetsscorene impliserer outlier-analysen og hvordan utfallet anses, baseres dermed på en subjektiv tolkning for den enkelte analyse (Banker & Chang, 2006).

#### 4.4.2 AP-analyse

Andrews og Pregibon (1978) utviklet AP-metoden for å kunne avdekke potensielle outliers i LP-baserte modeller. Modellen var derimot begrenset i forhold til antall variabler. På et senere tidspunkt utvidet Wilson (1993) AP-metoden til å kunne undersøke datamateriale med flere variabler. Metoden tar utgangspunkt i å anslå om enkelte beslutningsenheter skiller seg ut fra en “klynge” av observasjoner, og videre hvordan en systematisk kan fjerne slike enheter. (Bogetoft & Otto, 2011). Metoden baseres på matriser med alle kombinasjoner av innsatsfaktorer og outputs for hver DMU:

La  $X = (x_1, \dots, x_k)$  og  $Y = (y_1, \dots, y_k)$  være  $K \times m$  og  $K \times n$  matriser med inputs og outputs for  $K$  enheter. Den kombinerte matrisen  $(X \ Y)$  består dermed av alle observasjoner. De ulike radene i den kombinerte matrisen kan ses på som en klynge av punkter i  $\mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n$ -rommet, hvor hvert punkt representerer en beslutningsenhet. Klyngens volum er proporsjonal med determinanten til den kombinerte matrisen  $(X \ Y)' (X \ Y)$  (Bogetoft & Otto, 2011):

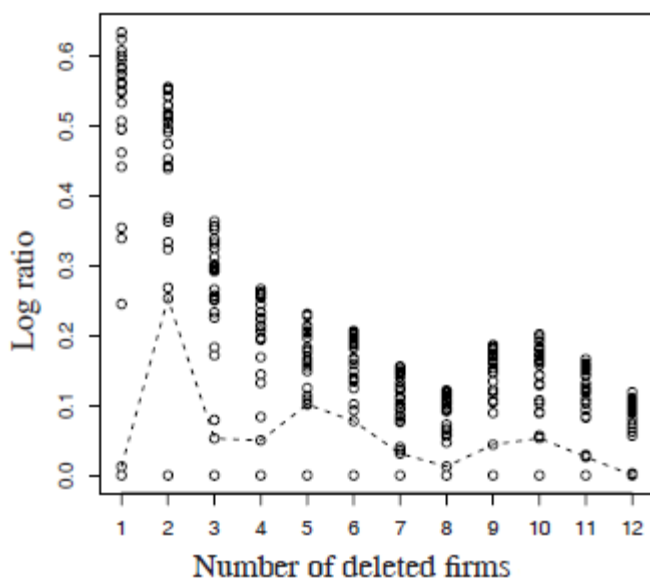
$$\text{Klyngens volum} \simeq D(X, Y) \quad (15)$$

Potensielle outliers kan avdekkes med utgangspunkt i hvordan volumet endrer seg, ved å fjerne enkelte DMUer. Dersom enheten som fjernes befinner seg midt i klyngen, vil ikke volumet endres. Derimot vil eliminering av en DMU som befinner seg utenfor den resterende klyngen redusere volumet, og dermed indikere at enheten er en ekstrem observasjon (Bogetoft & Otto, 2011). For å oppdage én eller flere outliers, kan en derfor analysere hvordan klyngens volum endres når observasjoner fjernes:

La  $D(i)$  være determinanten etter eliminering av enhet  $i$ . Forholdet mellom det nye og det tidligere volumet av klyngen blir dermed:

$$R^i = \frac{D^i}{D} \quad (16)$$

Dersom  $R^i$  er mye mindre enn 1, kan enhet  $i$  defineres som en potensiell outlier. AP-metoden ønsker dermed å avdekke den minste verdien av  $R$ ,  $R_{min}^i$  (Bogetoft & Otto, 2011). Videre definere Wilson (1993)  $R_{min}^i$  som det minste log-forholdet mellom DMUen som fjernes og beslutningsenheten som ligger nærmest denne. Bogetoft og Otto (2011) illustrerer beregnede verdier for  $R_{min}^i$  og hvordan verdiene avhenger av de eliminerte enhetene:



Figur 10: Log-forhold plottet mot antall DMUer (Bogetoft & Otto, 2011).

Figur 10 viser plottet av utregnet log-forhold,  $R_{min}^i$ , på y-aksen i forhold til antall DMUer som fjernes på x-aksen. For å avdekke ekstreme observasjoner analyseres avstanden mellom punkter som ligger på 0 og punkter som ligger over, og i hvilken grad avstanden skiller seg ut fra andre. Respektive plot illustrerer at gapet mellom  $R_{min}^i$  er størst ved 2 beslutningsenheter. Beregningen indikerer dermed at det eksisterer 2 potensielle outliers.

#### 4.5 Hypotesetesting i DEA-modeller

DEA blir ofte betegnet som en ikke-statistisk tilnærming hvor hypotesetesting ikke kan gjennomføres på en tilfredsstillende måte. Til tross for at metoden historisk sett ikke har lagt vekt på bruk av tradisjonelle statistiske tester, har hypotesetesting hatt betydelig fremskritt de siste 20 årene. I denne sammenheng kan estimatene følgelig tillegges statistiske egenskaper (Bogetoft & Otto, 2011). Banker (1993) presenterer ulike tester for modellutvikling, deriblant en vurdering av modellspesifikasjoner. Testene tar blant annet utgangspunkt i om det kan antas VRS, og hvilke input-variabler som er hensiktsmessig å benytte i analysen.

Hypotesetestene av hvilke type modell som foretrekkes og hvilke variabler som skal analyseres, har begge samme antagelse om den underliggende, sanne distribusjonen av effektiviteten,  $\phi$ ; det argumenteres for at den empiriske DEA-estimatoren,  $\theta$ , nærmer seg den reelle uobserverte fordelingen av  $\phi$  i populasjonen når størrelsen på utvalget er  $n > 50$  (Banker, 1993).

#### 4.5.1 Test av input-variabler

Bogetoft og Otto (2011) hevder at det estimerte produksjonsmulighetsområdet,  $T$ , bestående av analysens data bør være minst mulig og samtidig oppfylle visse forutsetninger. Ved å legge til flere restriksjoner under den forutsetning at dataen fortsatt er gyldig, kan produksjonsmulighetsområdet reduseres. For å undersøke om flere restriksjoner signifikant endrer størrelsen på  $T$ , testes to ulike sammensetninger av input-variabler ( $n$ );  $T_1$  definerer et “større” produksjonsmulighetsområdet med færre input-variabler og  $T_2$  definerer et mindre område med flere mulige input-variabler:

$$T_1 = n \quad T_2 = n' > n \quad (17)$$

Oppsummert vil dermed flere input-variabler resultere i flere restriksjoner som igjen vil gi et mindre produksjonsmulighetsområde.

Statistisk representerer  $T_1$  nullhypotesen, og  $T_2$  alternativet. Dersom effektivitet beregnet under  $T_1$  i stor grad fraviker effektivitet beregnet under  $T_2$ , indikerer dette at teknologiene ikke er like og nullhypoteseteknologien,  $T_1$ , bør forkastes. Et slikt resultat tilsier at de ekstra restriksjonene i  $T_2$  er av reell betydning. Dersom de beregnede effektivitetsresultatene mer eller mindre illustrerer det samme beholdes nullhypotesen, da analysen viser at restriksjonene påvirker lite (Bogetoft & Otto, 2011). Matematisk kan fordelingen av effektivitetsmålene for  $j = (1, \dots, n)$  DMUer være  $e_1$  og  $e_2$ , henholdsvis for  $T_1$  og  $T_2$ . For å teste ulikheter mellom teknologisettene, kan hypotesene formuleres slik:

$$H_0 : e_1 = e_2 \quad (18.1)$$

$$H_A : e_1 \neq e_2 \quad (18.2)$$

Antas det at den underliggende, sanne effektiviteten i populasjonen,  $\phi_1$  og  $\phi_2$ , er eksponentialfordelt, benyttes testobservatoren

$$T_{EX} = \frac{\sum_{j=1}^n t(E_j^{T_1})}{\sum_{j=1}^n (E_j^{T_2})} \quad (19)$$

for å undersøke nullhypotesens betydning, hvor  $E_j T_1$  og  $E_j T_2$  illustrerer det inputorienterte effektivitetsmålet for beslutningsenhet  $j$  beregnet i henholdsvis  $T_1$  og  $T_2$ . Videre vurderes



$T_{EX}$ - estimatet mot kritisk F-verdi gitt  $(2n, 2n)$  frihetsgrader og  $\alpha$  signifikansnivå. For å teste antakelsen om halvnormalfordelte  $\phi$ , kan testobservatoren vist under benyttes:

$$T_{HN} = \frac{\sum_{j=1}^n t(E_j^{T_1})^2}{\sum_{j=1}^n t(E_j^{T_2})^2} \quad (20)$$

Estimatet vurderes, på samme måte som  $T_{EX}$ -verdien, mot kritisk F-verdi gitt  $(J_1, J_2)$  frihetsgrader og  $\alpha$  signifikansnivå.

#### 4.5.2 Test av skalaforutsentninger

For å undersøke om ulike modellspesifikasjoner påvirker effektiviteten, kan analyser etter samme prinsipp som for test av input-variabler benyttes. I dette tilfelle gjennomføres testene for å vurdere i hvilken grad skalaforutsetninger signifikant påvirker produksjonsmulighetsområdets størrelse. På samme måte som for tester av variabler antar en to teknologisett,  $T_1$  og  $T_2$ , der  $T_1 \geq T_2$ , og tester om effektivitetsresultatet  $ET_1$  er signifikant forskjellig fra  $ET_2$ . Test av skalaforutsentninger tar derimot utgangspunkt i en analyse av hvordan restriksjoner satt på  $\lambda_j$  i modellspesifikasjonen påvirker effektiviteten (Bogetoft & Otto, 2011). For å teste antagelsen under nullhypotesen benyttes  $T_{EX}$ - og  $T_{HN}$ -verdier, som vurderes mot kritisk F-verdi gitt  $(J_1, J_2)$  frihetsgrader og  $\alpha$  signifikansnivå.

## 5 Data

I dette kapittelet presenteres datagrunnlaget for avhandlingens analyse, hvor det redegjøres for hvor datamaterialet ble innhentet fra, materialets opprinnelige bruksområde og hvordan dataene er strukturert. Videre presenteres analysens innsatsfaktorer og outputs, med tilhørende begrunnelser for hvorfor variablene benyttes. Deretter redegjøres det for nødvendige bearbeidelser og andre beslutninger som tas for å sikre et solid og representativt datagrunnlag.

### 5.1 Datamaterialet

Datamaterialet som benyttes i avhandlingen er, etter forespørsel, gjort tilgjengelig av Nofima, og baseres på sluttseiddedata fra norske fiskefartøy. Dette er det samme datagrunnlaget som fiskeridirektoratet benytter i sin årlige lønnsomhetsundersøkelse av fiskeflåten. Grunnlaget er et paneldatasett fra perioden 2008-2018 bestående av fangstdata, hvor fangsten er fordelt på art og redskap. I tillegg inneholder dataen informasjon om årsverk, driftsdøgn, byggeår og fartøyenes tekniske data. Videre inkluderes beskrivelser av fartøyenes drivstofforbruk med utgangspunkt i drivstoffkostnader, samt en årlig indeks for drivstoffpris.

Som en følge av årlig variasjon i analysens utvalg av fartøy, kan datasettet beskrives som et ubalansert panel. Likevel legges det til grunn at utvalget er representativt for populasjonen og følgelig tilfredsstillende kravene om reliabilitet og validitet, da Fiskeridirektoratet benytter det samme datagrunnlaget for å sammenligne årlig lønnsomhet. Det er videre gjort rede for flere lignende studier av fiskeflåters effektivitet som tar utgangspunkt i tilsvarende variabler og data (se kap 3.7). Ifølge Pascoe og Tingley (2006) er tilgang på informasjon om de nevnte variablene standard for å kunne estimere teknisk effektivitet av fiskefartøy som beslutningsenheter. Videre argumenterer de for at langsiktige data som beskriver drift over flere år, legger grunnlag for bedre effektivitetsestimater. Sett i sammenheng med Pascoe og Tingley (2006) sine argumenter, tilfredsstillende denne avhandlingen kravene for å benytte DEA-analyse for å måle teknisk effektivitet.

For å sikre en reliabel og valid DEA-analyse stilles det også krav om homogenitet blant observasjoner i populasjonen (Dyson et al., 2001). En utfordring i denne avhandlingen er store variasjoner blant analyseenheter, særlig i forhold til størrelse og fiskeredskaper. Det vil dermed være lite hensiktsmessig å analysere flere fartøygrupper i én og samme DEA-modell. Det besluttes derfor å gjøre en egen DEA-analyse for hver av de definerte

fartøygruppene, slik at kravet om homogenitet i større grad sikres. Fartøyene er primært gruppert etter produksjonsteknologi; Trål, konvensjonelle havfiskefartøy og konvensjonelle kystfiskefartøy mellom 15 og 20,9 meter. Datagrunnlaget består av 338, 182, og 401 observasjoner for respektive trål, hav- og kystfartøy fordelt på 11 år.

## **5.2 Valg av analysevariabler**

I DEA-analyser blir input- og outputvariabler ofte valgt “a priori” uten å vurdere alle tilgjengelige variabler (Pascoe & Mardle, 2003). Imidlertid kan inkludering av noen variabler, samt utelukkelse av andre være av betydning for bestemmelsen av analysens effektivitet. Videre er det viktig ta hensyn til antall inputs og/eller outputs i modellen, i den grad at for mange variabler øker sannsynligheten for å finne en unik input/output mix. Dette kan resultere i at hver analyseenhet vektlegger selv-prioriterte kombinasjoner av variabler, som igjen kan føre til at flere enheter blir mer effektive (Pascoe & Mardle, 2003). I tillegg til statiske analyser for å unngå subjektiv selektering (Mar-Molinero & Serrano-Cinca, 2001), er en tommelfingerregel å unngå korrelasjon mellom input-variablene, samt korrelasjon mellom input og output.

I dette delkapittelet presenteres resultatene fra analysens hypotesetester og korrelasjonsmatriser, som vil være med på å definere hvilke input-variabler som er hensiktsmessig å ha med i modellene. Videre vil valg av både input- og output-variabler ta utgangspunkt i tidligere forskning på feltet. Selv om analysens modeller hovedsakelig bør baseres på statiske tester, hevder Pastor, Ruiz og Sirvent (2002) at selektering av variabler kan vurderes ut ifra analytikerens egen dømmekraft i forhold til et endelig utvalg. Selvstendige og kritiske betraktninger vil dermed også legges til grunn, i form av å vurdere de ulike variablenes bidrag i estimering av effektivitet.

### **5.2.1 Input**

Generelt antas produksjonsfunksjonen i fiskeri å være avhengig av innsatsfaktorer som tar utgangspunkt i den fysiske innsatsen som må være til stede for å kunne fiske. Slike innsatsfaktorer er gjerne karakteristikk ved båten, redskap og mannskap. I praksis er denne type innsatsfaktorer representert av få målbare variabler. Fra generell produksjonsteori er det rimelig å anta at slike variabler er en funksjon av fartøyets tekniske egenskaper, antall årsverk og driftsredskap (Pascoe & Mardle, 2003). På bakgrunn av dette vil fartøyenes hestekrefter (HK), bruttotonnasje (GT), lengde og årsverk vurderes som potensielle inputs i avhandlingens analyse.

Førstnevnte sier noe om hvor mye fisk et fartøy kan dra inn og kan dermed være en indikasjon på fartøyets effektivitet. HK kan videre også gi en antydning til hvor raskt fartøyet kan bevege seg frem og tilbake fra fiskefeltene. GT måler volumet av alle benyttede og innelukkende rom i fartøyet, og er ifølge Hsu (2003) et foretrukket mål på båtens størrelse da både lengden og bredden tas hensyn til. Variabelen for lengde tar utgangspunkt i hjemmelslengden til fartøyet, som beskriver lengden fartøyet hadde da adgangsbegrensning i fiskeriet ble innført (Riksrevisjonen, 2020). Videre defineres et årsverk som en person i 100% stilling gjennom et helt år (Statens Personhåndbok, 2019), og er med på å gjenspeile arbeidskraft som benyttes på et fartøy. I tillegg vurderes byggeår som variabel som forklarer når fartøyet ble bygd, med utgangspunkt i å avdekke hvordan alder på fartøy er med på å forklare effektivitet.

### 5.2.1.1 Hypotesetesting av input

For å undersøke hvorvidt ulik sammensetning av presenterte input-variabler resulterer i signifikant forskjellige effektivitetsestimater for de tre fartøygruppene, anvendes Banker-tester. Testene gjøres med en antagelse om den underliggende, sanne distribusjonen av effektiviteten,  $\phi$  på et 5% signifikantnivå. I første omgang er vi interessert i å avdekke om inkludering av byggeår utgjør en signifikant forskjell. Dette gjøres med utgangspunkt i de teoretiske antagelsene om at egenskaper som i større grad er knyttet direkte til drift er trukket frem som avgjørende variabler.

Hypotesen tar dermed utgangspunkt i  $T_1 = \text{årskverk, GT, HK og lengde}$  og  $T_2 = \text{årsverk, GT, HK, lengde og byggeår}$ :

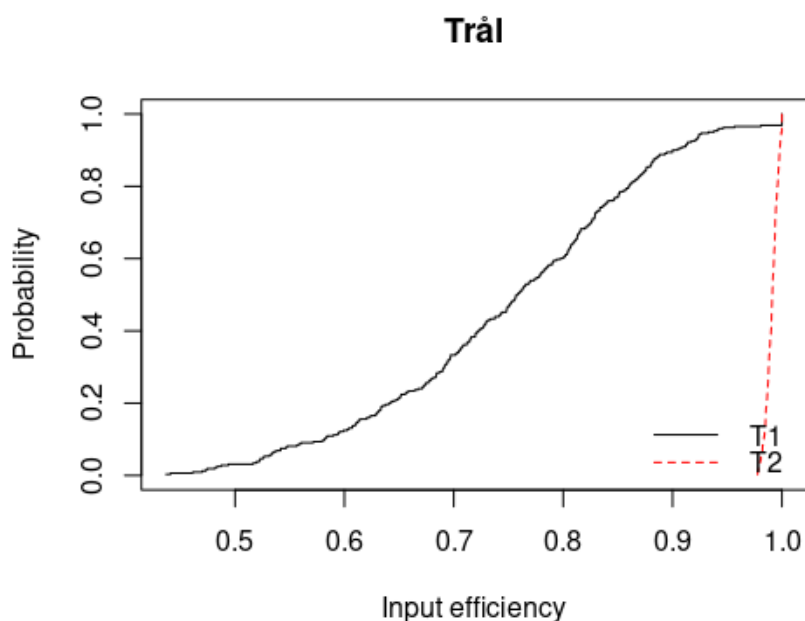
$$H_0 : e_{\text{årsverk, GT, HK, lengde}} = e_{\text{årsverk, GT, HK, lengde, byggeår}} \quad (21.1)$$

$$H_A : e_{\text{årsverk, GT, HK, lengde}} \neq e_{\text{årsverk, GT, HK, lengde, byggeår}} \quad (21.2)$$

Testresultatene for hypotesen vedrørende steg 1 er presentert i tabell 1 for alle fartøygruppene.  $T_{EX}$  er testverdi og kritisk verdi ved forutsetning om eksponentialfordelte effektivitetsestimater, mens  $T_{HN}$  er tilsvarende ved antakelse om halvnormalfordelte effektivitetsscorer.

Tabell 1: Resultater av hypotesetest av inputs, steg 1.

		Trål		Hav		Kyst	
		$T_{EX}$	$T_{HN}$	$T_{EX}$	$T_{HN}$	$T_{EX}$	$T_{HN}$
<b>Steg 1</b>	Kalkulert	27.250	683.386	19.184	373.158	27.645	703.671
	Kritisk	1.139	1.202	1.239	1.355	1.137	1.199



Figur 11: Test av variabler, Steg 1

Tabellen viser at testverdien  $T_{EX}$  og  $T_{HN}$  er høyere enn kritisk verdi for samtlige fartøygrupper. Resultatene indikerer dermed at det er signifikante forskjeller på effektivitetsscorene beregnet med og uten byggeår som variabel. Teoretisk sett forkastes nullhypotesen, da resultat tilsier at de ekstra restriksjonene i  $T_2$  er av reell betydning. Derimot illustrerer figur 11 at effektivitet beregnet med byggeår inkludert kan tyde på en urealistisk modell, da alle beslutningsenhetene har en score  $> 0.97$ . Modellen kan antyde at store deler av vektingen legges på byggeår som forklaringsvariabel. Den grafiske fremstillingen av  $T_1$  i samme plot viser en mer realistisk fordeling, og det besluttes dermed at det er lite hensiktsmessig å inkludere byggeår som input i modellen.

Videre er det interessant å se nærmere på sammensetningen av de tekniske egenskapene ved fartøyene og i hvilken grad variablene kan forklare det samme. Dette gjelder særlig GT og lengde, da begge mål angår størrelse på båten. Tatt i betraktning at GT i praksis kan være et mer overordnet mål på den fysiske størrelsen da den tar høyde for flere aspekter ved båtens utforming, testes det om lengde er et mål som er hensiktsmessig å ha med i modellen eller ikke. Hypotesen tar dermed utgangspunkt i  $T_1 = \text{årsverk, GT og HK}$  og  $T_2 = \text{årsverk, GT, HK og lengde}$  for å avdekke om inkludering av lengde utgjør en signifikant forskjell.

$$H_0 : e_{\text{årsverk, GT, HK}} = e_{\text{årsverk, GT, HK, lengde}} \quad (22.1)$$

$$H_A : e_{\text{årsverk, GT, HK}} \neq e_{\text{årsverk, GT, HK, lengde}} \quad (22.2)$$

Testresultatene for hypotesen vedrørende steg 2 er presentert i tabell 2 for alle fartøygruppene.

Tabell 2: Resultater av hypotesetest av inputs, steg 2.

		<b>Trål</b>		<b>Hav</b>		<b>Kyst</b>	
		$T_{EX}$	$T_{HN}$	$T_{EX}$	$T_{HN}$	$T_{EX}$	$T_{HN}$
<b>Steg 2</b>	Kalkulert	1.070	1.193	1.049	1.072	1.117	1.250
	Kritisk	1.139	1.202	1.239	1.355	1.137	1.199

Tabell 2 viser at testverdiene  $T_{EX}$  og  $T_{HN}$  er lavere enn kritisk verdi for trålere og konvensjonelle havfiskefartøy. Resultatene indikerer dermed at det ikke er signifikante forskjeller på effektivitetsscorene beregnet med og uten lengde som variabel. Å inkludere lengde som variabel vil ikke ha en reell betydning for modellen. Når det gjelder testverdiene for konvensjonelle kystfiskefartøy er kalkulert  $T_{HN}$ - verdi så vidt høyere enn kritisk, og indikerer at det er en signifikant forskjell. Differansen er derimot såpass liten at inkludering av variabelen ikke har stor betydning. I likhet med trålere og konvensjonelle havfiskefartøy er kalkulert  $T_{EX}$ -verdi også lavere enn kritisk verdi. Det besluttes dermed at det ikke vil utgjøre en forskjell å inkludere lengde som input for hverken trålere, havfiskefartøy eller kystfiskefartøy, og  $H_0$  blir dermed beholdt.

I flere tidligere effektivitetsstudier av fiskeflåter har kun faste attributter som GT, motorkraft og utstyr blitt benyttet som innsatsfaktorer (FAO, 2003; Hsu, 2003). På en annen side, som tidligere nevnt, argumenteres det også for at en variabel som måler arbeidskraft er av betydning. I neste steg kan det derfor være hensiktsmessig å teste om inkludering av årsverk som input vil utgjøre en signifikant forskjell for modellen. Hypotesen vil ta utgangspunkt i  $T_1 = GT$  og  $HK$  og  $T_2 = \text{årsverk}, GT$  og  $HK$ :

$$H_0 : e_{GT, HK} = e_{\text{årsverk}, GT, HK} \quad (23.1)$$

$$H_A : e_{GT, HK} \neq e_{\text{årsverk}, GT, HK} \quad (23.2)$$

Testresultatene for hypotesen vedrørende steg 3 er presentert i tabell 3 for alle fartøygruppene.

Tabell 3: Resultater av hypotesetest av inputs, steg 3.

		<b>Trål</b>		<b>Hav</b>		<b>Kyst</b>	
		$T_{EX}$	$T_{HN}$	$T_{EX}$	$T_{HN}$	$T_{EX}$	$T_{HN}$
<b>Steg 3</b>	Kalkulert	1.673	2.545	1.909	3.694	1.257	1.492
	Kritisk	1.139	1.202	1.239	1.355	1.137	1.199

Testverdiene  $T_{EX}$  og  $T_{HN}$  illustrert i tabell 3 er i dette tilfelle høyere en kritisk verdi for samtlige fartøygrupper. Analysen indikerer dermed at effektivitet beregnet med og uten årsverk som input-variabel resulterer i signifikante forskjeller. De ekstra restriksjonene i  $T_2$  er av reell betydning, og det besluttes derfor å inkludere årsverk som innsatsfaktor i avhandlingens modell. Nullhypotesen forkastes.

### 5.2.1.2 Variablenes korrelasjon

Hver innsatsfaktor som inkluderes i modellen skal helst tilføre ny informasjon. Dette indikerer at den interne korrelasjonen ikke bør være for høy, da variabler som er høyt korrelert ofte kan måle det samme. Tabell 4 illustrerer korrelasjonen mellom alle innsatsfaktorer som er vurdert i denne avhandlingen for respektive trål, konvensjonelle havfiskefartøy og konvensjonelle kystfiskefartøy.

Tabell 4: Korrelasjonsmatrise for inputs og output

	<b>Trål</b>					
	Årsverk	GT	HK	Lengde	Byggeår	Fangst
Årsverk	1	0.6767	0.4204	0.6356	0.2121	0.3952
GT	0.6767	1	0.7690	0.9134	0.4932	0.4760
HK	0.4204	0.7690	1	0.7805	0.6583	0.5553
Lengde	0.6356	0.9134	0.7805	1	0.4202	0.5221
Byggeår	0.2121	0.4932	0.6583	0.4202	1	0.4665
Fangst	0.3952	0.4760	0.5553	0.5221	0.4665	1
	<b>Hav</b>					
Årsverk	1	0.7625	0.6490	0.8048	0.6950	0.6689
GT	0.7625	1	0.9325	0.9075	0.7969	0.5057
HK	0.6490	0.9325	1	0.8381	0.6978	0.4125
Lengde	0.8048	0.9075	0.8381	1	0.6555	0.5101
Byggeår	0.6950	0.7969	0.6978	0.6555	1	0.5728
Fangst	0.6689	0.5057	0.4125	0.5101	0.5728	1
	<b>Kyst</b>					
Årsverk	1	0.7979	0.5945	0.7884	0.2982	0.6762
GT	0.7979	1	0.7385	0.9122	0.3873	0.6766
HK	0.5945	0.7385	1	0.7839	0.3837	0.5439
Lengde	0.7884	0.9122	0.7839	1	0.2005	0.6609
Byggeår	0.2982	0.3873	0.3837	0.2005	1	0.4406
Fangst	0.6762	0.6766	0.5439	0.6609	0.4406	1

Tabellen viser høy korrelasjon mellom GT og lengde for alle fartøygruppene med henholdsvis 0.9134, 0.9075 og 0.9122 for trålere, konvensjonelle havfiskefartøy og konvensjonelle kystfiskefartøy. De høye korrelasjonene kan ses i sammenheng med

resultatene fra hypotesetestene gjennomført i kapittel 5.2.1.1, der lengdens betydning for modellen ble testet. I likhet med hypotesetestens konklusjon, indikerer også korrelasjonsmatrisen at variabelen for lengde ikke tilfører ny informasjon til modellen. Argumentasjonen tas i betraktning av at GT er et bedre overordnet mål da variabelen tar høyde for flere aspekter ved båtens utforming.

Det observeres også sterk positiv korrelasjon mellom GT og HK for konvensjonelle havfiskefartøy med korrelasjonsverdi på 0.9325. Til tross for at verdiene indikerer at variablene forklarer mye av det samme og dermed ikke bidrar med ny egen informasjon, anses den likevel som hensiktsmessig å inkludere. Dette begrunnes blant annet av prinsippet om homogenitet. Det er hensiktsmessig at analysene for de tre ulike fartøygruppene skal ta utgangspunkt i samme mål, med tanke på å kunne se enkelte sammenhenger mellom gruppens utviklingstendenser.

### 5.2.2 Outputvariabler

Ved beregning av fiskefartøyenes input-effektivitet har tidligere studier målt produksjonen i enten antall kilogram fangst eller verdien av den totale fangsten (Vázquez-Rowe & Tyedmers, 2013; Pinello et al., 2016). På bakgrunn av tilgjengelig data tar avhandlingens analyse utgangspunkt i antall kg fangst som output-variabel. Datagrunnlaget som benyttes strekker seg over flere år, og er avhengig av årlige markedspriser som vekter dersom fangstverdien skal legges til grunn.

Da studiens formål er å analysere fiskefartøy med hovedfiske innen torskearter, stilles det krav til at fartøyene som inkluderes har registrert mer fangst av torskearter, sammenlignet med andre arter:

$$\text{Fangst av torsk} > \text{Fangst av andre arter} \quad (24.1)$$

$$\text{Fangst av hyse} > \text{Fangst av andre arter} \quad (24.2)$$

$$\text{Fangst av sei} > \text{Fangst av andre arter} \quad (24.3)$$

Avgrensningen er videre med på å oppnå høyest mulig grad av homogenitet blant fiskefartøyene. Fartøyenes produksjon måles ut ifra summen av antall kg fangst av torsk, hyse og sei og defineres som *total fangst*.



### 5.2.3 Modellens analysevariabler

Med bakgrunn i tidligere studier, a priori antagelser og resultatene fra hypotesetestene og korrelasjonsanalyser besluttet det å inkludere følgende inputs og output i analysens modell:

Tabell 5: Oversikt over valgte inputs og output.

Inputs	Output
Årsverk	Total fangst
Hestekrefter (HK)	
Bruttotonnasje (GT)	

I tabell 6 presenteres variablenes deskriptive statistikk.

Tabell 6: Deskriptiv statistikk for trålere

Trål					
Statistic	Min	Median	Mean	Max	St. Dev.
Årsverk	9	17	18.8	36	6.0
HK	1 075	3 990	4 284.92	8 158	1 709.2
GT	300	1 572	1 820.99	4 129	983.5
Fangst	720 800.9	6 856 966	6 545 937	14 357 460	2 118 799
Hav					
Årsverk	9	15	14.7	19	1.7
HK	660	1 520	1 603.3	4 158	760.2
GT	354	946	1 070.6	2 405	466.9
Fangst	982 416.8	2 643 301	2 636 042	5 251 537	882 374
Kyst					
Årsverk	2	4	4.5	15	1.9
HK	154	445	509.4	2 147	266.1
GT	12	69	107.7	752	125.8
Fangst	73 442.4	414 336.1	546 015.9	2 592 786.0	472 828.9

### 5.3 Valg av modell

For å undersøke om ulike skalaforutsetninger gir utslag i form av signifikant forskjellige effektivitetsestimater, vil Banker-test med samme type forutsetninger som i kapittel 5.2.1.1 benyttes. Med samme metodiske utgangspunkt vil hypotesene formuleres som:

$$H_0 : CRS = VRS \quad (25.1)$$

$$H_A : CRS \neq VRS \quad (25.2)$$

Tabell 7: Resultater av hypotesetest for valg av skalaforutsetning.

		<b>Trål</b>		<b>Hav</b>		<b>Kyst</b>	
		$T_{EX}$	$T_{HN}$	$T_{EX}$	$T_{HN}$	$T_{EX}$	$T_{HN}$
<b>CRS vs</b>	Kalkulert	1.562	2.168	2.239	4.244	1.686	2.593
<b>VRS</b>	Kritisk	1.139	1.202	1.239	1.355	1.137	1.199

Resultatene presentert i tabell 7 viser at kalkulert verdi for  $T_{EX}$  og  $T_{HN}$  er høyere enn kritisk verdi for alle fartøygrupper. Testen indikerer dermed at effektivitet beregnet under forutsetning om CRS og VRS resulterer i signifikante forskjeller. De ekstra restriksjonen i  $T_2$  bør legges til grunn, og nullhypotesen om at effektivitet beregnet under CRS og VRS er tilsvarende, forkastes. Resultatene beskriver en antagelse om at ulike skalaforutsetninger har en betydning for beregning av effektivitet blant fartøyene i samtlige fartøygrupper.

På bakgrunn av testens resultat og tidligere studier av lignende karakter (Pascoe & Mardle, 2003; Vázquez-Rowe & Tyedmers, 2013) besluttet det å anta variabelt skalautbytte.

Vázquez-Rowe og Tyedmers (2013) argumenter også for at VRS bør benyttes dersom enkelte beslutningsenheter ikke opererer på optimal skala.

## 5.4 Outlieranalyse

I dette delkapittelet vil det redegjøres for vurderinger og beslutninger som er tatt i forhold til identifisering og behandling av ekstreme observasjoner. Analysene som anvendes baserer seg på datagrunnlaget fra hele analyseperioden, med modellspesifikasjonene som ble funnet hensiktsmessig i kapittel 5.2. Innledningsvis gjennomføres en supereffektivitetsanalyse.

Ekstreme observasjoner avdekkes med en visuell inspeksjon av supereffektivitetsplottet, samt en subjektiv vurdering av effektivitetstallene til de supereffektive observasjonene. Disse sees i sammenheng med effektiviteten til resten av utvalget for å avgjøre hvilke observasjoner som anses for å være ekstreme. Til tross for at Bogetoft og Otto (2011) argumenterer for at beslutningsenheter bør ha en supereffektivitetsscore over 1.5 for å elimineres, vil de i denne avhandlingen vurderes relativt til andre enheter.

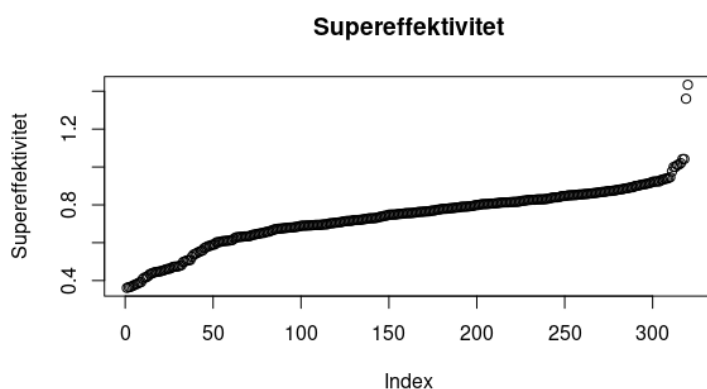
Videre presenteres figurer hvor inputene blir plottet mot den totale fangsten. For å kunne avdekke ytterligere outliers, undersøkes det om det eksisterer avvikende in- og outputs sett i sammenheng med hverandre. Eventuelle avvik som fremkommer av disse analysene, vil undergå en subjektiv vurdering for å avgjøre om dette er observasjoner som er hensiktsmessig å eliminere. Det vil så undersøkes om det finnes beslutningsenheter i

datasettene som er referanse for et uhensiktsmessig stort antall DMUer. Deretter gjennomføres en AP-analyse, hvor hensikten er å identifisere eventuelle grupper av outliers. En slik analyse vil være spesielt viktig ettersom samme fartøy kan observeres i flere år, og vil dermed kunne «kamouflere» seg selv. Avslutningsvis presenteres eventuelle ekstremobservasjoner i de ulike fartøygruppene, samt en oversikt over antall observasjoner som vil danne grunnlaget for videre analyser.

## 5.4.1 Trål

### 5.4.1.1 Supereffektivitet

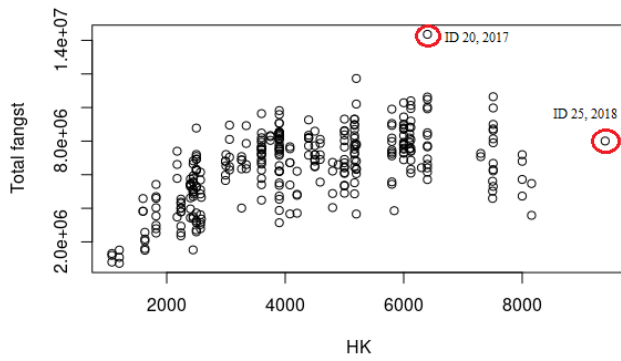
Figur 12 viser to tydelige observasjoner som skiller seg ut. Observasjonene har effektivitetsverdier som er relativt høye sammenlignet med resten, og kan anses som potensielle outliers.



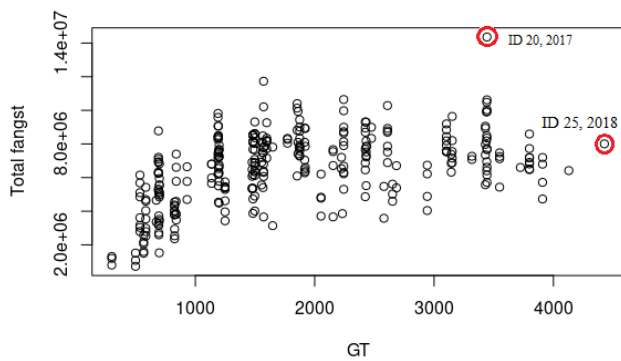
Figur 12: Resultat av supereffektivitetsanalysen, trålere

### 5.4.1.2 Plots

For å avdekke om ulike sammensetninger av innsatsfaktorer og output kan anses som avvikende, plottes innsatsfaktorene HK, GT og Årsverk mot den totale fangsten. I figur 13 er det to observasjoner som skiller seg ut. ID 25 i 2018 kan beskrives som en observasjon med en atypisk høy bruttotonnasje. Videre illustrerer figuren at ID 20 i 2017 kan anses som en observasjon med unormalt høy fangst. Figur 14 viser at GT plottet mot totalfangst avdekker de samme variablene som illustrert i figur 13. ID 25 i år 2018 viser dermed høye verdier både for HK og GT som skiller seg ut fra resterende observasjoner. ID 20 i 2017 indikerer naturligvis høy fangstverdi i begge plots. Samme beslutningsenhet avdekkes i eget boxplot for fangst vist i vedlegg 7. ID 25 i år 2018 illustreres også som en unormal observasjon i eget boxplot for GT vist i vedlegg 7.

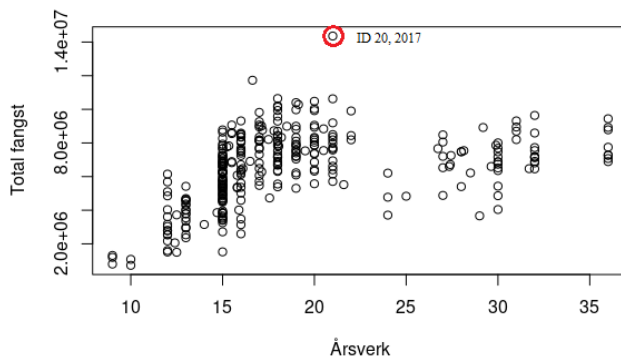


Figur 13: Total fangst plottet mot hestekrefter, trålere



Figur 14: Total fangst plottet mot bruttotonnasje, trålere

I figur 15 plottes antall årsverk mot total fangst. Tatt i betraktning at forholdstallet er relativt lite mellom antallene viser det seg at årsverk ikke varierer i tilstrekkelig grad til å konkludere med at observasjoner kan anses som outliers. Samme implikasjon gjelder for boxplottet av årsverk illustrert i vedlegg 7.



Figur 15: Total fangst plottet mot årsverk, trålere

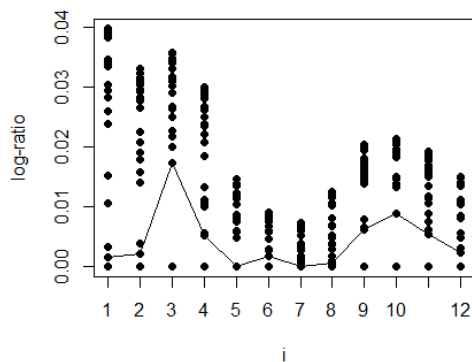
### 5.4.1.3 Peers

Peers viser hvor mange DMUer en gitt observasjon er referanse for (Bogetoft og Otto, 2011). Av peersene kommer det frem at begge enhetene som anses som supereffektive er referanse

for >140 enheter hver. Observasjonen med en unormal høy fangst, ID 20 i 2017 er også med å danne fronten, og er referanse for 8 DMUer. Videre anses ID 28 i 2013 som en potensiell outlier da denne er referanse for 269 enheter.

#### 5.4.1.4 AP-analyse

Resultatet fra AP-analysen viser at det kan være hensiktsmessig å fjerne en gruppe outliers bestående av tre enheter. Disse tre identifiseres som beslutningsenhetene ID 7 for årene 2016, 2017 og 2018. Det logaritmiske forholdstallet er dog så lite at det vurderes som lite hensiktsmessig å redusere utvalget ytterligere. Disse observasjonene blir dermed ikke ansett som ekstreme.



Figur 16: AP-plot, trålere

#### 5.4.1.5 Vurdering av outliers

Med utgangspunkt i analysene som er gjennomført for å identifisere ekstremobservasjoner gjøres det en helhetsvurdering, og det besluttes å eliminere følgende observasjoner fra dataen. Etter DMUene er fjernet vil datagrunnlaget for videre analyser bestå av 316 enheter.

Tabell 8: Oversikt over hvilke DMUer som elimineres, trålere

<b>Outliers</b>		
År	ID	Begrunnelse
2013	6	Supereffektivitet
2013	30	Supereffektivitet
2017	20	Fangst, plots
2018	25	HK og GT, plots
2013	28	Peers

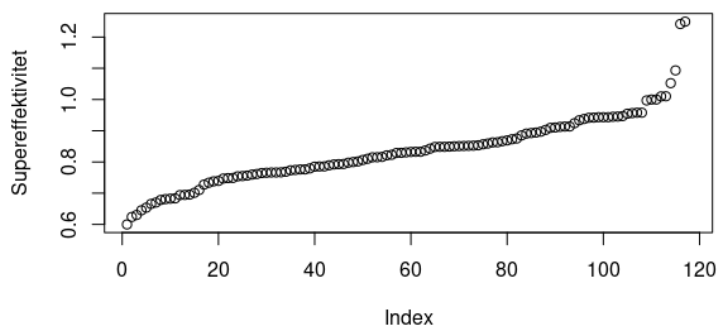
Tabell 9: Endelig utvalg, trålere

År	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Populasjon	49	51	51	43	37	40	40	37	36	35	35
utvalg	30	28	34	30	29	26	33	28	27	25	26

## 5.4.2 Hav

### 5.4.2.1 Supereffektivitet

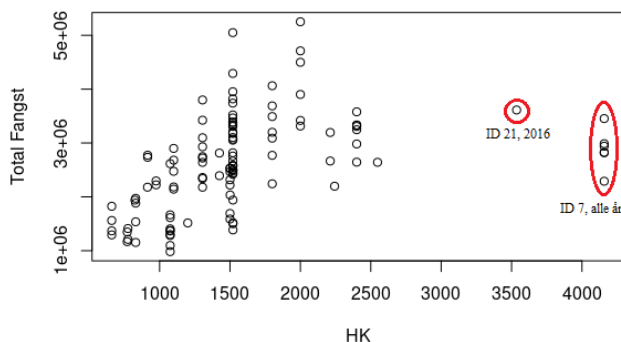
Figur 17 illustrerer to observasjoner som skiller seg ut. Observasjonene har en relativt høy effektivitetsverdi sammenlignet med de andre DMUene, og kan dermed anses som potensielle outliers.



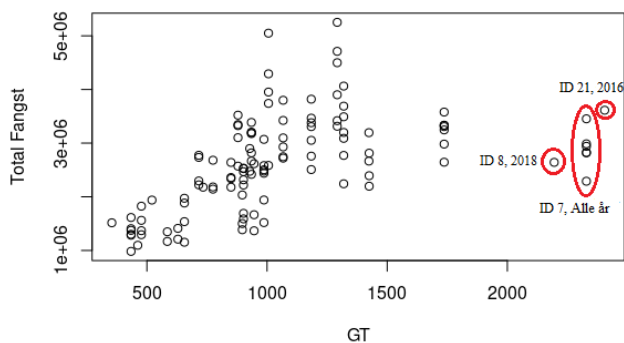
Figur 17: Resultat fra supereffektivitetsanalysen.

### 5.4.2.2 Plots

Figur 18 illustrerer ulike sammensetninger av HK som innsatsfaktor og total fangst som output. Figuren viser to fartøy med potensielle atypiske verdier for HK, ID 7 for alle år og ID 21 for 2016. Videre viser figur 19 sammensetning av GT og total fangst, som illustrerer tre ulike fartøy med en unormal høy bruttotonnasje. Dette er ID7 for alle år, ID 21 i 2016 og ID 8 i 2018. ID 7 og ID 21 indikerer dermed høye verdier både for HK og GT. Resultatene fra boxplottene presentert i vedlegg 8 underbygger det samme.

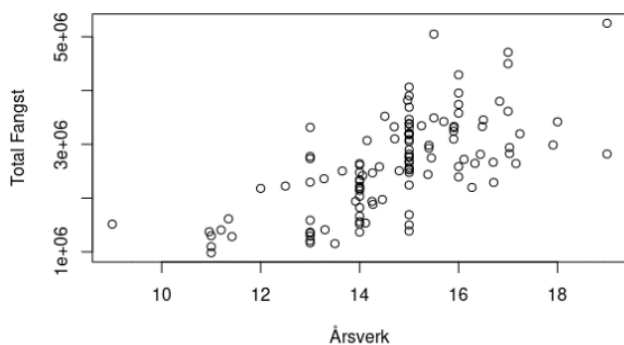


Figur 18: Total fangst plottet mot HK, havfiskefartøy



Figur 19: Total fangst plottet mot GT, havfiskefartøy

I figur 20 plottes antall årsverk mot total fangst. I likhet med trål er forholdstallet relativt lite mellom antallene. Antall årsverk varierer ikke i tilstrekkelig grad til å konkludere med at observasjoner kan anses som outliers.

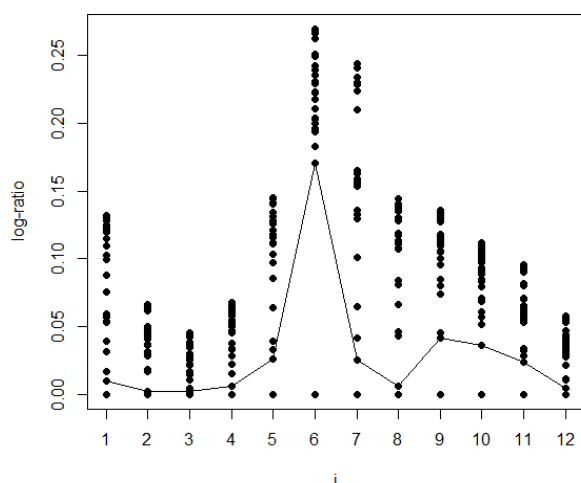


Figur 20: Total fangst plottet mot årsverk, havfiskefartøy

### 5.4.2.3 Peers

Av å analysere antall peers avdekkes hovedsakelig beslutningsenhetene som observeres i supereffektivitetsanalysen. Etter første iterasjon observeres ingen nye DMUer som kan anses som en potensiell outlier.

#### 5.4.2.4 AP-analyse



Figur 21: AP-plot, havfiskefartøy

AP-plottet for havfiskeflåten viser en tydelig topp, med en gruppe på 6 observasjoner. Gruppen består av ID 7 for alle årene fartøyet er inkludert. Samtlige av disse observasjonene vises også i refererte plots. Videre besluttet det derfor å ikke vektlegge resterende grupper, da effekten av å fjerne disse er minimale.

#### 5.4.2.5 Vurdering av outliers

Etter å ha anvendt ulike metoder for å identifisere ekstremobservasjoner blir det besluttet å eliminere 10 outliers. Dataen som videre vil brukes som utgangspunkt for analysen består dermed av 108 observasjoner fordelt på 11 år.

Tabell 10: Oversikt over hvilke DMUer som elimineres

#### Outliers

År	ID	Begrunnelse
2018	7	HK og GT, plots
2017	7	HK og GT, plots
2016	7	HK og GT, plots
2015	7	HK og GT, plots
2013	7	HK og GT, plots
2012	7	HK og GT, plots
2016	21	HK og GT, plots
2018	8	GT, plots
2018	5	Supereffektivitet og peers
2013	14	Supereffektivitet og peers



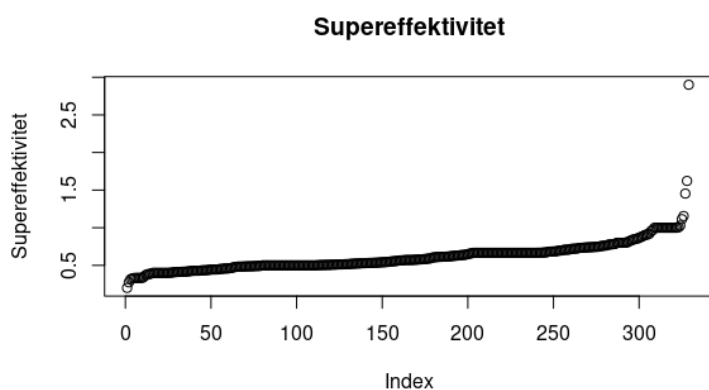
Tabell 11: Endelig utvalg, havfiskefartøy

År	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Populasjon	33	33	34	35	31	24	21	22	19	20	23
utvalg	9	8	6	10	11	12	14	11	10	8	9

### 5.4.3 Kyst

#### 5.4.3.1 Supereffektivitet

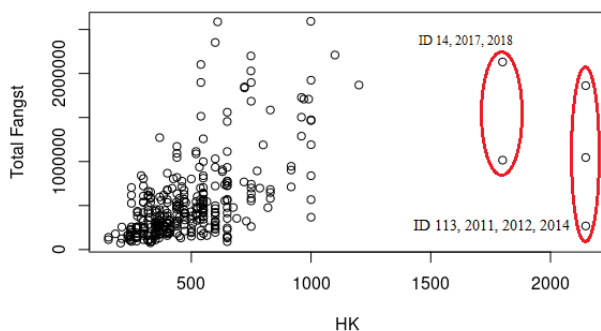
I figur 22 er tre observasjoner som fremstår som supereffektive. Dersom disse elimineres, oppstår det to ytterligere supereffektive beslutningsenheter. Dette kan gjentas i 5 iterasjoner, til det ikke lengre oppstår nye supereffektive DMUer.



Figur 22: Resultat fra supereffektivitetsanalysen for kystfartøy

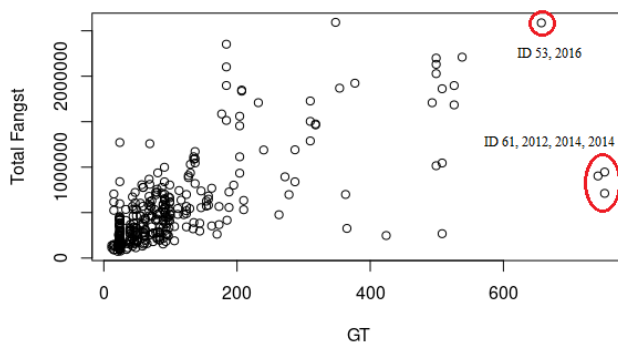
#### 5.4.3.2 Plot

Figur 23 viser to fartøy som tydelig skiller seg ut. Det dreier seg her om ID 113 og ID 14. Disse vil bli vurdert eliminert fra videre analyser. Fra figuren kan man også se stor variasjon i nevnte fartøys fangst i årene de er inkludert.



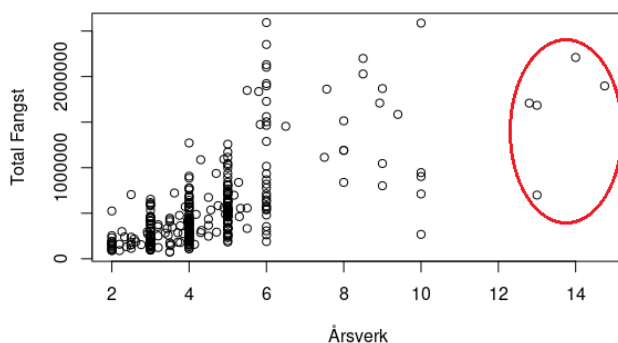
Figur 23: Total fangst plottet mot HK, kystfiskefartøy

Figur 24 viser en gruppe på tre observasjoner med atypisk høy bruttotonnasje. Etter nærmere inspeksjon fremkommer det at det dreier seg om ID 61. Bruttotonnasjen på fartøyet endres i løpet av perioden. Dette tyder enten på feilrapportering eller ombygging av fartøyet. Sett i sammenheng med den lave fangsten kan fartøyet potensielt kategoriseres som en outlier. Videre er også ID 53, observert i 2016 markert som en potensiell outlier. Denne ser ut til å ha en mer proporsjonal fangst, men har en svært høy bruttotonnasje sammenlignet med resten av fartøyene i gruppen.



Figur 24: Total fangst plottet mot GT, kystfiskefartøy

Figur 24 viser en gruppe med potensielle outliers. Det dreier seg her om fem ulike observasjoner fordelt på fire fartøy. Disse observasjonene har alle over 12 årsverk, og skiller seg med det ut fra de resterende beslutningsenhetene i kystfiskeflåten. Boxplotet i vedlegg 9 tydeliggjør disse beslutningsenhetene.



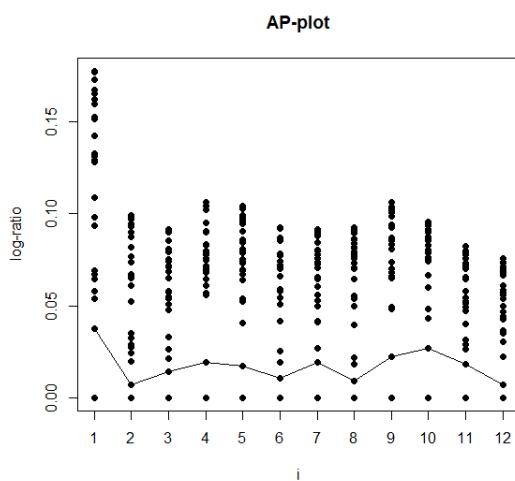
Figur 25: Total fangst plottet mot årsverk, kystfiskefartøy

Når det gjelder den totale fangsten anses ikke forskjellene som store nok til å kunne definere noen observasjoner som ekstreme eller atypiske på bakgrunn av fangsten i seg selv. Dette illustreres i vedlegg 9.

#### 5.4.3.3 Peers

Undersøkelsen av referanseenheter som danner fronten viser én DMU som er referanse til uhensiktsmessig mange andre. Etter første iterasjon dukker det opp nye uhensiktsmessige referanseenheter. Dette gjentas i 5 iterasjoner.

#### 5.4.3.4 AP-analyse



Figur 26: AP-plot, kystfiskefartøy

Her oppnås det størst effekt ved å fjerne én observasjon. Det er her knyttet en svært liten gevinst ved å eliminere denne enheten. AP-analysen blir derfor ikke videre vektlagt.

#### 5.4.3.5 Vurdering av outliers

Etter første iterasjon av analysen av supereffektivitet ble det videre avdekket nye supereffektive enheter. Prosessen blir derfor repetert til det ikke lengre eksisterer ekstremobservasjoner med potensiale til å redusere analysens reliabilitet og validitet.

Etter å ha gjennomført outlier-analysene besluttet det å redusere utvalget med 27 observasjoner fordelt på de 11 årene i analyseperioden. De 27 observasjonene som elimineres fra dataen består av 15 ulike fartøy. Datagrunnlaget for videre analyser vil dermed bestå av 303 observasjoner.

Tabell 12: Oversikt over hvilke DMUer som elimineres.

<b>Outliers 1. iterasjon</b>			<b>Outliers videre iterasjoner</b>		
År	ID	Begrunnelse	År	ID	Begrunnelse
2017	12	Årsverk plots	2011	132	Supereffektivitet, 2.iterasjon
2010	153	Årsverk plots	2017	5	Supereffektivitet, 2.iterasjon
2014	67	Årsverk plots	2012	132	Supereffektivitet, 3.iterasjon
2013	101	Årsverk plots	2017	55	Supereffektivitet, 3.iterasjon
2013	67	Årsverk plots	2018	5	Supereffektivitet, 3.iterasjon
2014	113	HK plots	2010	132	Supereffektivitet, 3.iterasjon
2012	113	HK plots	2013	127	Supereffektivitet, 3.iterasjon
2011	113	HK plots	2011	1	Supereffektivitet, 4.iterasjon
2018	14	HK plots	2011	128	Supereffektivitet, 5.iterasjon
2017	14	HK plots	2009	132	Peers, 5.iterasjon
2017	61	GT plots			
2014	61	GT plots			
2012	61	GT plots			
2016	53	GT plots og supereffektivitet			
2014	1	Supereffektivitet			
2015	103	Supereffektivitet			
2012	128	Peers			

Tabell 13: Endelig utvalg, kystfiskefartøy

År	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	<b>Kyst</b>										
<b>Populasjon</b>	137	153	125	121	127	115	116	106	95	108	98
<b>utvalg</b>	41	24	21	23	23	32	25	32	31	28	23

## 6 Resultater

I dette kapittelet vil resultatene fra de ulike analysene presenteres. Innledningsvis vil gjennomsnittlig effektivitetstall presenteres. Deretter vil resultatene fra Window-analysen legges frem, før resultatene fra totrinns-analysen presenteres avslutningsvis.

### 6.1 Effektivitetsanalyser

I dette delkapitlet presenteres resultatene fra de ulike effektivitetsanalysene for henholdsvis trålere, konvensjonelle havfiskefartøy og konvensjonelle kystfiskefartøy. Innledningsvis beskrives effektivitetsscorene beregnet i DEA-analysen innenfor hver av fartøygruppene, representert av gruppenes totale antall observasjoner. Deretter presenteres resultater fra Window-analysen, der glidende effektivitetsgjennomsnitt kan informere om hvordan årlig gjennomsnittlig effektivitet endres med ulike sammenligningsgrunnlag.

#### 6.1.1 Trål

Resultatene av DEA-analysen viser at 5.4% (n=17) av observasjonene er rent teknisk effektive. Videre viser analysen at den gjennomsnittlige tekniske effektivitetsscoren er 0.7685. I praksis betyr dette at fartøyene i gjennomsnitt må redusere inputene med 23.15% for å bli rent teknisk effektive, forutsatt at total fangst holdes konstant. Tabell 11 illustrerer at størst andel av beslutningsenhetene har en effektivitetsscore mellom 0.7 og 0.8, og at godt over 50% befinner seg i intervallet  $0.7 \leq E < 0.9$ . 22.2% av DMUene er har en effektivitetsscore på over 90%.

Tabell 14: Trålernes effektivitetsintervall

Effektivitetsintervall	Antall trålere	
	2008-2018	
$0.3 \leq E < 0.4$	6	1.9%
$0.4 \leq E < 0.5$	22	7.0%
$0.5 \leq E < 0.6$	16	5.1%
$0.6 \leq E < 0.7$	39	12.3%
$0.7 \leq E < 0.8$	79	25.0%
$0.8 \leq E < 0.9$	84	26.6%
$0.9 \leq E < 1$	53	16.8%
$E = 1$	17	5.4%
Totalt	316	100%

Resultatene fra Window-analysen er vist i tabell 12. Tabellen illustrerer den glidende gjennomsnittlige effektivitetsscoren for hvert år i analyseperioden, bortsett fra for årene 2008 og 2018 som kun er observert i ett vindu. Resultatene indikerer en tydelig topp i 2013 der gjennomsnittseffektiviteten varierer mellom 0.8576-0.8929, avhengig av vindu. Videre observeres en stor endring i beregnet effektivitet fra år 2013 til 2014 i alle vinduer der respektive år er representert. For de ulike vinduene illustrerer tabellen at gjennomsnittseffektiviteten varierer mellom 0.7774-0.8343, der den laveste scoren er beregnet i vindu 8. Matrisens mest effektive vindu er vinduet representert av årene 2011-2014.

Tabell 15: Effektivitetsberegninger for trålernes Window-analyse.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	avg
Vindu	1	0.7318	0.7775	0.8119	0.8533							0.7936
	2		0.7768	0.8110	0.8522	0.8432						0.8208
	3			0.7877	0.8331	0.8297	0.8576					0.8270
	4				0.8445	0.8482	0.8706	0.7740				0.8343
	5					0.8607	0.8879	0.7895	0.7336			0.8179
	6						0.8929	0.7980	0.7508	0.7721		0.8035
	7							0.8006	0.7572	0.7780	0.8505	0.7966
	8								0.7444	0.7744	0.8458	0.7451
avg	0.7318	0.7772	0.8035	0.8458	0.8454	0.8772	0.7905	0.7465	0.7749	0.8482	0.7451	

### 6.1.2 Hav

Resultatet fra DEA-analysen av konvensjonelle havfiskefartøy viser en relativ høy gjennomsnittseffektivitet på 0.8941. Dette indikerer at beslutningsenhetene i gjennomsnitt kun må redusere innsatsfaktorene med 10.59%, gitt at fangsten holdes konstant, for å vurderes som teknisk effektive. Nesten 50% av DMUene har en effektivitetsscore over 90%, der 18 beslutningsenheter defineres som 100% effektive. Den laveste effektivitetsscoren er beregnet til 72.68%.

Tabell 16: Havfartøyenes effektivitetsintervall

Effektivitetsintervall	Antall konvensjonelle havfiskefartøy	
	2008-2018	
$0.7 \leq E < 0.8$	16	15%
$0.8 \leq E < 0.9$	40	37%
$0.9 \leq E < 1$	34	31%
$E = 1$	18	17%
<b>Totalt</b>	<b>108</b>	<b>100%</b>

Resultatene fra Window-analysen er illustrert i tabell 14. Resultatene indikerer relativt høye glidende gjennomsnittlige effektivitetsscorer for alle år som representeres i flere vindu. 2011 har det laveste snittet på 0.8572, som kan beskrives av lave verdier sammenlignet med de andre årene i hvert vindu respektive år er representert i. Den største observerte gjennomsnittlige endringen er observert nettopp fra 2010 til 2011. Fra 2011 øker derimot den årlige glidende gjennomsnittlige effektivitetsscoren helt frem til 2018. Videre er vindu 4 det eneste vinduet med en gjennomsnittseffektivitet under 0.9.

Tabell 17: Effektivitetsberegninger for havfartøyenes Window-analyse

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	avg
Vindu	1	0.9356	0.8997	0.9138	0.8524							0.9004
	2		0.9208	0.9251	0.8636	0.8923						0.9005
	3			0.8245	0.8568	0.8869	0.9332					0.9004
	4				0.8561	0.8871	0.9337	0.9066				0.8959
	5					0.8869	0.9292	0.9063	0.9049			0.9068
	6						0.9301	0.9194	0.9148	0.9191		0.9209
	7							0.9400	0.9335	0.9377	0.9375	0.9372
	8								0.9371	0.9343	0.9372	0.9285
avg	0.9356	0.9103	0.9211	0.8572	0.8883	0.9316	0.9181	0.9226	0.9304	0.9330	0.9285	

### 6.1.3 Kyst

Resultatene fra DEA-analysen for de konvensjonelle kystfiskefartøyene er presentert i tabell 15. Den tekniske effektiviteten til kystfartøyene varierer mellom 0.3962 og 1, med en gjennomsnittseffektivitet på 74.59%. Det gjennomsnittlige fartøy i denne fartøygruppen må altså redusere inputene med 24.51%, gitt at total fangst holdes konstant, for å oppnå ren teknisk effektivitet. Tabellen illustrerer at over 50% av fartøyene har en effektivitetsscore på minst 0.7. Av totalt 303 beslutningsenheter er 33 fartøy 100% effektive.

Tabell 18: Kystfartøyenes effektivitetsintervall

Effektivitetsintervall	Antall konvensjonelle kystfiskefartøy	
	2008-2018	
$0.3 \leq E < 0.4$	1	0.33%
$0.4 \leq E < 0.5$	17	5.61%
$0.5 \leq E < 0.6$	58	19.14%
$0.6 \leq E < 0.7$	64	21.12%
$0.7 \leq E < 0.8$	37	12.21%
$0.8 \leq E < 0.9$	51	16.83%
$0.9 \leq E < 1$	42	13.86%
$E = 1$	33	10.89%
<b>Totalt</b>	<b>303</b>	<b>100%</b>

Tabell 16 illustrerer resultatene fra Window-analysen. Resultatene viser tydelig variasjoner i den årlige glidende gjennomsnittseffektivitet. Estimaten varierer fra 0.6938 i 2009 til 0.8295 i 2014, der variasjonen er størst mellom årene 2014 og 2015. Generelt indikerer analysen en effektivitetstopp i 2014, der de årlige gjennomsnittsscorene er høyest sammenlignet med de andre årene i hvert vindu respektive år er representert i. Blant vinduene holdes gjennomsnittseffektiviteten relativt stabil gjennom analyseperioden, med en maksimal differanse på 0.037.

Tabell 19: Effektivitetsberegninger for kystfartøyenes Window-analyse

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	avg	
Vindu	1	0.7551	0.7066	0.7757	0.8057							0.7608	
	2		0.6810	0.7572	0.7631	0.8008						0.7506	
	3			0.7532	0.7614	0.7999	0.7970						0.7779
	4				0.7488	0.7839	0.7854	0.8252					0.7858
	5					0.7907	0.7907	0.8311	0.7290				0.7854
	6						0.7882	0.8296	0.7185	0.8159			0.7881
	7							0.8319	0.7182	0.8167	0.7279		0.7737
	8								0.7271	0.8249	0.7716	0.7716	0.7645
avg	0.7551	0.6938	0.7621	0.7698	0.7638	0.7903	0.8295	0.7232	0.8192	0.7498	0.7716		

## 6.2 Totrinns-analyse

Forklaringsvariablene er forskjellige fra variablene brukt i DEA-modellen. Ifølge Fatimah og Mahmudah (2017) benyttes andre forklaringsfaktorer enn variabler brukt i DEA-modellen. Slike faktorer er gjerne variabler utenfor fartøyenes kontroll, men som likevel kan ha en påvirkning på effektiviteten. Grunnet begrenset datagrunnlag vil ikke avhandlingens Tobit-analyse undersøke variabler utenfor fartøyenes kontroll. Det vil imidlertid undersøkes i hvilken grad andre tilgjengelige variabler som drivstoff, driftsdøgn, byggeår og lengde påvirker effektiviteten.

*Drivstoff* betegner fartøyenes årlige drivstofforbruk og målt i antall liter. Variabelen er beregnet ved å dividere drivstoffkostnaden med en årlig gjennomsnittspris. Dette gir et beste estimat for hvor mye drivstoff som brukes i løpet av et år. Videre justeres dette målet for å se påvirkningen per million liter. Justeringen gjøres for å kunne tolke resultatene enklere.

*Driftsdøgn* forteller hvor mange driftsdøgn fartøyene har i løpet av et år. *Byggeår* betegner når fartøyene er bygd, og muliggjør undersøkelser av fartøyets alders påvirkning av effektiviteten. *Lengde* betegner fartøyets lengde, oppgitt i antall meter. Til tross for at lengde



og byggeår ikke ble funnet hensiktsmessig å inkludere i DEA-modellen, er det likevel interessant å avdekke i hvilken grad variablene har en innvirkning på effektiviteten.

Videre vil det undersøkes hvordan effektiviteten kan forklares av årlige endringer. De årlige endringene representeres ved en dummyvariabel, med 2008 som basisår. Dette betyr at de resterende årene vil sammenlignes med 2008.

Tabell 20: Deskriptiv statistikk av variabler i Tobit

<b>Trål</b>					
Statistic	Min	Median	Mean	Max	St. Dev.
Drivstoff	144 851.8	3 172 509.0	3 074 928.0	5 731 636.0	1 196 504.0
Driftsdøgn	68	323.5	310.8	365	49.3
Lengde	27.1	56.0	55.9	80.4	11.0
Byggeår	1965	1998	1 996.6	2018	11.1
<b>Hav</b>					
Drivstoff	387 850.2	965 793.4	985 782.8	1 677 746.0	306 327.7
Driftsdøgn	213	345	333.7	361	33.1
Lengde	38.2	44.8	44.7	52.0	4.3
Byggeår	1969	1998	1994.8	2010	10.2
<b>Kyst</b>					
Drivstoff	3 849.3	48 096.4	77 154.3	1 028 887.0	105 046.0
Driftsdøgn	41	180	182.9	351	60.6
Lengde	11.0	19.4	19.5	34.1	3.8
Byggeår	1949	1980	1980.9	2016	13.0

### 6.2.1 Trål

Resultatene fra Tobit-modellen illustrert i tabell 18 viser at drivstoff har en positiv påvirkning på effektivitetsscoren til trålerne, og er signifikant på et 5%-nivå. Modellen viser at effektiviteten i gjennomsnitt bedres med 0.02 per million liter i økt drivstofforbruk.

Regresjonen viser i tillegg at driftsdøgn har en signifikant påvirkning på effektiviteten. Denne er signifikant på et 5%-nivå, og bedrer effektivitetsscoren i gjennomsnitt med 0.0005 dersom fartøyene benytter seg av ett ekstra driftsdøgn. Videre har fartøyets lengde også en signifikant påvirkning på effektiviteten til trålerne. Denne sammenhengen er negativ, og forteller at en økt lengde tilsvarende én meter, reduserer effektiviteten til fartøyet med 0.01. I likhet med lengde har fartøyets byggeår en negativ innvirkning på den beregnede effektivitetsscoren. Resultatet kan indikere at et nyere fartøy vil være mindre effektive enn et fartøy som er et år eldre. Denne er dog ikke signifikant på hverken et 1%-, 5%- eller 10% nivå.

Videre kan det leses av modellen at 2011, 2012, 2013 og 2017 var signifikant mer effektiv enn basisåret på et 1%-nivå. 2010 er signifikant på et 5%-nivå, mens 2014 og 2016 er signifikante på 10%-nivå. I likhet med Window-analysen skiller 2013 seg ut som et særlig effektivt år.

Tabell 21: Resultat for trålernes Tobit-analyse

<i>Dependent variable:</i>	
	ew
intercept	2.90* (1.66)
drivstoff	0.02** (0.01)
driftsdøgn	0.0005** (0.0002)
lengde	-0.01*** (0.001)
byggeår	-0.001 (0.001)
2009	0.05 (0.03)
2010	0.09*** (0.03)
2011	0.14*** (0.03)
2012	0.12*** (0.03)
2013	0.17*** (0.03)
2014	0.10*** (0.03)
2015	0.03 (0.03)
2016	0.08** (0.03)
2017	0.14*** (0.03)
2018	0.07** (0.03)

Observations 316  
*Note:* \* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

### 6.2.2 Hav

Resultatene fra Tobit-modellen illustrert i tabell 19 indikerer at en økning av drivstofforbruk tilsvarende 1 million liter, vil redusere effektivitetsscoren med 0.03. Dette funnet er dog ikke signifikant for noen nivå under 10%. Antall driftsdøgn har en signifikant, positiv påvirkning på effektiviteten. Dersom et gjennomsnittlig fartøy drifter et døgn ekstra, vil det i gjennomsnitt forbedre effektivitetsscoren med 0.001. Fartøyets lengde har en positiv sammenheng med effektiviteten. Denne sammenhengen er dog ikke signifikant. I havfiskeflåten har fartøyets byggeår en signifikant negativ betydning for effektiviteten. I praksis betyr dette at en ett år nyere båt reduserer effektiviteten med 0.01, sammenlignet med et gjennomsnittlig fartøy bygd året før. Videre viser resultatene at effektiviteten i 2011 er signifikant dårligere enn i 2008 på et 10%-nivå. Til tross for at de resterende årene ikke er

signifikant forskjellig fra basisåret (2008), kan en observere et skille i år 2012. Årene før indikerer en negativ effekt, mens årene etter viser det motsatte.

Tabell 22: Resultat for havfartøyenes Tobit-analyse

<i>Dependent variable:</i>	
	ew
intercept	17.46*** (2.12)
drivstoff	-0.03 (0.03)
driftsdøgn	0.001*** (0.0002)
lengde	0.001 (0.002)
byggeår	-0.01*** (0.001)
2009	-0.05 (0.03)
2010	-0.02 (0.03)
2011	-0.05* (0.03)
2012	-0.03 (0.03)
2013	0.04 (0.03)
2014	0.001 (0.03)
2015	0.03 (0.03)
2016	0.02 (0.03)
2017	0.05 (0.03)
2018	0.01 (0.03)
Observations	108

Note: \* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

### 6.2.3 Kyst

Tabell 20 illustrere at fartøyene i kystfiskeflåten forbedrer effektiviteten med 0.61 i gjennomsnitt dersom drivstofforbruket øker med 1 million liter. Dette funnet er signifikant på et 1%-nivå. Også i denne fartøygruppen har antall driftsdøgn en signifikant innvirkning på effektiviteten. Ved å drifte i et døgn ekstra, vil effektiviteten i gjennomsnitt øke med 0.0005. I likhet med trålerne har fartøyets lengde en negativ effekt på effektiviteten. Økt fartøylengde tilsvarende én meter vil medføre en effektivitetsreduksjon tilsvarende 0.03, og er signifikant på et 1%-nivå. Byggeår er signifikant på et 10%-nivå, og har en negativ påvirkning på effektiviteten. Et eldre fartøy vil altså føre til økt i effektivitet, i gjennomsnitt.

Resultatene i tabellen indikerer at effektiviteten i 2012 er signifikant bedre enn i 2008, med et signifikantnivå på 10%. Videre viser analysen at 2013, 2014, 2016 og 2018 er signifikant mer effektive enn basisåret, på et 1%-nivå. Graden av signifikant forbedring varierer blant disse årene mellom 10%-13%.

Tabell 23: Resultat for kystfartøyenes Tobit-analyse

<b>Tobit</b>	
<i>Dependent variable:</i>	
ew	
intercept	3.99** (1.59)
drivstoff	0.61*** (0.13)
driftsdøgn	0.0005*** (0.0002)
lengde	-0.03*** (0.003)
byggeår	-0.001* (0.001)
2009	-0.03 (0.04)
2010	0.05 (0.04)
2011	0.04 (0.04)
2012	0.07* (0.04)
2013	0.10*** (0.04)
2014	0.13*** (0.04)
2015	0.04 (0.04)
2016	0.13*** (0.04)
2017	0.05 (0.04)
2018	0.11*** (0.04)
Observations	303

*Note:* \* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

## **7 Diskusjon og konklusjon**

For å sikre en økonomisk bærekraftig flåte som videre gir grunnlag for langsiktig lønnsomhet, har den norske fiskerinæringen vært utsatt for store omveltninger de siste tiårene. På bakgrunn av loven skal myndighetenes vurderinger og beslutninger være innenfor en bærekraftig ramme, baseres på gode kunnskaper om fagfeltet og bygge på en helhetlig tilnærming. Avgjørelser og bestemmelser skal videre ta hensyn til ulike interesser og langsiktig forvaltning av næringen.

Norsk fiskeripolitikk er kompleks, og det har blitt påpekt legitimitetsutfordringer knyttet til de ulike reguleringstiltakene. Imidlertid utarbeider Fiskeridirektoratet årlige forslag til å gjennomføre nye reguleringer for alle vesentlige fiskerier. Regjeringens mål er å forenkle regelverket som skal bidra til mer fleksibilitet i næringen og et legitimt kvotesystem. De presiserer videre at reguleringssystemet bør moderniseres for å skape en mer effektiv fiskeflåte for å sikre næringens samfunnsbidrag til kystsamfunnene i tillegg til norsk økonomi. Det er derimot ikke tatt stilling til hvordan reguleringstiltakene som er gjennomført de siste årene har påvirket den relative effektiviteten til fartøygruppene. En effektivitetsanalyse av utviklingen i den norske fiskeflåten i perioden 2008-2018, ses dermed på som et supplerende bidrag i diskusjonen om hvordan effektivisere flåten. I dette kapittelet vil resultatene fra effektivitetsanalysene diskuteres i lys av oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål.

### **7.1 Modellspesifikasjonens betydning**

For at effektivitetsmålet skal kunne vurderes som et gyldig mål for utvalgets prestasjoner, er det vesentlig å inkludere variabler som er av hensiktsmessig betydning for beregning av fartøyenes tekniske effektivitet. Hypotesetester av ulik sammensetning av innsatsfaktorer er dermed tatt i betraktning. Testene har blitt gjort for å undersøke om ulike sammensetninger resulterer i signifikant forskjellige effektivitetsestimater, som videre kan legges til grunn for å avdekke hvorvidt enkelte variabler er hensiktsmessig å inkludere.

Betydningen av ulike input-sammensetninger illustreres på en god måte ved å teste inkludering av blant annet byggeår som innsatsfaktor. Den gjennomsnittlige forskjellen i effektivitet med og uten byggeår i modellen er 24%, 15% og 34% for respektive trål, hav og kyst. Den prosentvise endringen viser relativt store forskjeller. Ved å inkludere byggeår har alle beslutningsenhetene for samtlige grupper en effektivitetscore på  $>0.97$ . Hvorvidt en slik

modell tilstrekkelig diskriminerer mellom fartøyenes prestasjoner kan det dermed stilles spørsmålsteget ved. En modell som inkluderer byggeår som innsatsfaktor kan anses som en mindre realistisk modell med tanke på at alle DMUer nærmer seg 100% effektivt. En antagelse kan være at modellen vektet variabelen på "urealistisk måte". Analysen indikerer at valg av variabler er vesentlig i forhold til grunnlaget som dannes for effektivitetsanalysen, og underbygger viktigheten av å analysere ulike modellspesifikasjoners betydning.

Videre belyser testene av de ulike input-sammensetningene at hver innsatsfaktor skal tilføre ny informasjon i modellen. I tillegg til korrelasjonsanalysen illustrerer hypotesetestingen at enkelte inputs har tendenser til å måle det samme. Testene indikerer at lengde ikke utgjør en signifikant forskjell, og avdekker dermed at variabelen ikke har en reel betydning for beregning av effektivitet. Tatt i betraktning at eliminering av variabler med utgangspunkt i kun en korrelasjonsanalyse bør unngås (Dyson et al., 2001), er hypotesetesting av modellspesifikasjoner med på å forsterke antagelsen om lengdens manglende forklaringskraft, og videre hvorfor den ikke skal inkluderes. I tillegg til å avdekke hvilke variabler som bør ekskluderes, viser hypotesetesting av ulike modellspesifikasjoner også betydningen av å inkludere vesentlige innsatsfaktorer. I lys av tidligere studiers ulikheter rundt å supplere tekniske egenskaper som inputs, eksempelvis med arbeidskraft, anses det som hensiktsmessig å teste betydningen av å inkludere antall årsverk i modellen. De ekstra restriksjonene utgjør en signifikant forskjell, og illustrerer videre betydningen av ulike modellspesifikasjoners påvirkning på effektivitetsmål.

Tilsvarende tester er også gjort for å undersøke om ulike skalaforutsetninger gir utslag i form av signifikant forskjellige effektivitetsestimater. Ulike skalaegenskaper indikerer sammenhengen mellom DMUens økning i bruk av innsatsfaktorer og økning i produksjon, som følgelig avgjør hvordan input-output-kombinasjonen skaleres i modellen. Slike forutsetninger vil spille en avgjørende rolle på frontens utforming og produksjonsmulighetsområdet, og er vesentlig å ta hensyn til. Resultatene beskriver en antagelse om at ulike skalaforutsetninger har en betydning for beregning av effektivitet blant fartøyene i samtlige fartøygrupper. Implikasjonene er dermed at modellen beregnes under forutsetning om VRS, for å ta hensyn til fartøyenes tilsynelatende variable skalaegenskaper.

## **7.2 Fartøygruppenes effektivitet**

Studiens DEA-analyse avdekker effektiviseringspotensial for samtlige grupper i årene 2008-2018, men i ulik grad. De konvensjonelle kystfiskefartøyene (15-20,99m) har størst

forbedringspotensial, og må i gjennomsnitt redusere inputene med 24.51% for å bli rent teknisk effektive. Andel effektive fartøy i denne gruppen er 10.89%. Andelen er dog høyere enn for trål, som består av 5.4% effektive fartøy. Effektiviseringspotensialet er i gjennomsnitt 23.15% for denne gruppen. Resultatene indikerer større variasjoner blant kystfiskefartøy. Videre viser resultatene at den konvensjonelle havfiskefartøygruppen har en relativt høy gjennomsnittlige effektivitetsscore på 0.8941, der 17% av fartøyene er 100% effektive. Effektiviseringspotensialet for denne gruppen er kun 10.59%, som skiller seg ut sammenlignet med potensialet for trålere og de konvensjonelle kystfiskefartøyene. Det er dog viktig å presisere at en ikke direkte kan sammenligne gruppene med hverandre, da fartøyenes prestasjoner har blitt systematisk sammenlignet opp mot andre sammenlignbare enheter innad i gruppen.

### **7.3 Underliggende forklaringsfaktorer**

For å undersøke hvilken innvirkning andre forklaringsfaktorer har på den beregnede effektiviteten for fartøygruppene, har en Tobit-analyse blitt utført som utgangspunkt for andre trinn i en totrinns DEA analyse. Resultatene viser til flere signifikante estimater for analyserte variabler.

For både trålere og konvensjonelle kystfiskefartøy har drivstoff en positiv påvirkning på den beregnede effektivitetsscoren, og er henholdsvis signifikante på et 5%-nivå og 1%-nivå. For trålere forbedres effektiviteten i gjennomsnitt med 0.02 per million liter i økt drivstofforbruk. Fartøyene i kystfiskeflåten forbedrer effektiviteten med 0.61 i gjennomsnitt dersom drivstofforbruket øker med 1 million liter. Resultatene gir dermed en indikasjon på at fartøy som benytter mer drivstoff er mer effektive. Samtidig er estimatene relativt lave sammenlignet med hvor mye drivstoff som benyttes av både trålere og kystfartøy, og vil dermed forklare lite av variasjonen i effektivitet. Likevel kan sammenhengen bemerkes i forhold til næringens mål om en bærekraftig fiskeflåte, da resultatet peker i motsatt retning. For de konvensjonelle havfiskefartøyene har drivstoff derimot en negativ påvirkning på den beregnede effektiviteten. Resultatet viser at en økning av drivstofforbruk tilsvarende 1 million liter, vil redusere den gjennomsnittlige effektivitetsscoren med 0.03. Resultatet er dog ikke signifikant, og en kan ikke konkludere med en årsakssammenheng. På en annen side kan estimatet gi en indikasjon på hvordan variabelen samsvarer med effektiviteten.

Videre illustrerer Tobit-modellen at antall driftsdøgn har en positiv innvirkning på effektivitet for samtlige fartøygrupper. For trålere og konvensjonelle kystfiskefartøy forbedres

effektiviteten i gjennomsnitt med 0.0005 ved å drifte ett døgn ekstra, på henholdsvis et 5%- og 1%-signifikansnivå. For konvensjonelle havfiskefartøy vil ett ekstra driftsdøgn føre til en gjennomsnittlig effektivitetsforbedring med 0.001, og er signifikant på et 1%-nivå.

Estimatene er relativt lave sammenlignet med antall døgn det driftes, og vil dermed forklare lite av variasjonen i effektivitet. Samtidig kan resultatet gi en indikasjon. Intuitivt kan det tenkes at flere dager på havet kan knyttes til at det fiskes mer. På en annen side antar denne avhandlingen at alle fisker kvoten sin, da det anses overkapasitet i bransjen. Informasjon utover dette ligger utenfor avhandlingens rekkevidde, og gjør det vanskeligere å diskutere nevnte intuisjon. Likevel kan avhandlingens antagelse avvike fra realiteten. I så fall kan muligheten for at flere fartøy ikke har fisket hele kvoten være til stede. På denne måten kan driftsdøgns påvirkning antas å ha en sammenheng med at flere dager på havet fører til mer fangst. Dette kan videre påvirke forholdet mellom input og output, som følgelig fører til høyere effektivitet.

Lengde vises å ha en gjennomsnittlig negativ effekt på den beregnede effektiviteten på et 1%-signifikansnivå for både trålere og konvensjonelle kystfartøy. Økt fartøylengde tilsvarende én meter vil medføre en effektivitetsreduksjon tilsvarende 0.01 og 0.03 for henholdsvis trålere og kystfartøy. Dette kan indikere at jo større båten er, jo mindre effektiv er den. Ut ifra indikasjonen kan det antas en større båt krever mer arbeidskraft. På bakgrunn av at den avhengige variabelen er beregnet ut ifra antall årsverk som innsatsfaktor i en input-minimerende modell, har estimatet i dette tilfelle en logisk sammenheng. Samme antagelser gjelder forholdsvis for både HK og GT. Da DEA-modellen beregner effektivitet basert på minimering av HK og GT er det realistisk at et lenger fartøy vil påvirke effektivitetsestimatet negativt. For konvensjonelle fiskefartøy viser derimot regresjonen en positiv sammenheng mellom lengde og effektivitet. Resultatet er dog ikke signifikant, og en kan ikke konkludere med en årsakssammenheng. På en annen side kan estimatet gi en indikasjon på at én meter økt fartøylengde gjennomsnittlig fører til 0.001 økt effektivitet.

Videre har byggeår også en negativ innvirkning på den beregnede effektiviteten for alle fartøygruppene, med størst effekt for de konvensjonelle havfiskefartøyene. I denne gruppen vil en ett år nyere båt redusere effektiviteten i gjennomsnitt med 0.01. Estimaten er videre signifikant på et 1%-nivå. For konvensjonelle kystfiskefartøy vil ett år nyere fartøy føre til en gjennomsnittlig effektivitetsreduksjon med 0.001, og er signifikant på et 10%-nivå. Resultatene fra regresjonsanalysen kan gi en indikasjon på at eldre fiskefartøy er mer



effektive. I forhold til Regjeringens ønske om en fornyelse av fiskeflåten (Regjeringen, 2020), er dette en interessant observasjon. Av resultatene kan en anta at en fornyelse av flåten vil stride imot målet om økt effektivitet.

#### **7.4 Effektivitetsutvikling**

Studiens Window-analyse reflekterer effektivitetsutviklingen for utvalgte fartøygrupper. Analysen undersøker hvordan den gjennomsnittlige effektivitetsscoren til hvert år endrer seg i forhold til de ulike vinduene, representert av ulike sammensetninger av år gjennom hele perioden. Resultatene indikerer en utvikling for samtlige grupper, men i ulik grad.

Window-analysen for trålere viser en tydelig utvikling gjennom hele analyseperioden. Frem til et toppunkt i 2013 med et glidende effektivitetsgjennomsnitt på 0.8772, viser analysen årlige positive endringstendenser. Fra 2013 til 2014 indikerer resultatene derimot en negativ effektivitetsutvikling som holder seg relativt stabilt frem til en liten økning i 2017. For de ulike vinduene viser resultatene at vinduenes gjennomsnittseffektivitet varierer mellom 0.7774-0.8343, der den laveste scoren er beregnet i siste vindu representert av årene 2015-2018. Dette indikerer at effektiviteten har vært lavest den siste delen av analyseperioden. Analysens mest effektive vindu er vinduet representert av årene 2011-2014, der de gjennomsnittlige effektivitetsverdiene for 2013 er avgjørende. Av resultatene fra Window-analysen kan en anta at 2013 er det mest effektive året for trålere.

For de konvensjonelle havfiskefartøyene viser resultatene fra Window-analysen en mer stabil effektivitetsutvikling. Som diskutert tidligere i kapitlet, har fartøygruppen en høy gjennomsnittseffektivitet for hele analyseperioden med stor andel av 100% effektive fartøy. Dette belyses også i Window-analysen, der det laveste glidende gjennomsnittet er på 0.8572 i 2011. Selv om effektiviteten er høy gjennom hele perioden, indikerer analysen tendenser til endringer. Fra 2010 til 2011 reduseres det glidende gjennomsnittet med rundt 0.065, før effektiviteten utvikler seg i en positiv retning frem til 2018. Analysens mest effektive vindu er vinduet representert av årene 2014-2017 med et toppunkt i 2017, og indikerer at effektiviteten har vært høyest den siste delen av perioden. Effektivitetsendringene illustrerer at trålere og de konvensjonelle havfiskefartøyene har utviklet seg i ulik retning. Samtidig ser man en likhet i året 2013, som også peker seg ut som et effektivt år for de konvensjonelle havfiskefartøyene.

For de konvensjonelle kystfiskefartøyene viser Window-analysen variasjoner i det årlige glidende gjennomsnittet, og indikerer tydelig effektivitetsutvikling. Estimaten varierer fra 0.6938 til 0.8295, der variasjonen er størst mellom årene 2014 og 2015. Generelt viser resultatene en effektivitetstopp i 2014, der de årlige gjennomsnittsscorene er høyest sammenlignet med de andre årene i hvert vindu respektive år er representert i. Dette gir en indikasjon på at 2014 er det mest effektive året for fartøygruppen. Videre reduseres effektiviteten i 2015, for deretter å øke igjen i 2016. I tillegg indikerer analysen tendenser til endring fra 2009 til 2010.

#### **7.4.1 Utvikling i lønnsomhet vs. Utvikling i effektivitet**

På bakgrunn av regulatoriske endringer og søkelyset mot lønnsomhetsmålet i perioden 2004 til 2018 har fiskeflåten samlete kapital hatt en økning. Riksrevisjonens undersøkelse (2020) presiserer at bunnfiskeriene har hatt en veldig stor forbedring i lønnsomheten gjennom hele analyseperioden. Figur 7 i kapittel 2.2.4 illustrer den betydelige lønnsomhetsendringen i havfiskeflåten. I likhet med denne avhandlingens analyseperiode viser figuren en variert utvikling fra 2008 til 2018. Derimot viser lønnsomhetsutviklingen og den analyserte effektivitetsutviklingen motsetninger, hva gjelder lønnsomhets- og effektivitetstopper. Effektivitetsanalysen indikerer at 2013 er det mest effektive året for trålere. I likhet med trålere peker 2013 seg ut positivt for den konvensjonelle havfiskeflåten også. Lønnsomhetsutviklingen viser derimot et bunnpunkt i denne perioden. Videre viser effektivitetsanalysen at 2011 er året med lavest glidende gjennomsnitt for de konvensjonelle havfiskefartøyene. I lønnsomhetsutviklingen indikerer 2011 det mest lønnsomme året.

Lønnsomheten for kystflåten har i likhet med havfiskeflåten hatt en gjennomsnittlig økning i analyseperioden. Utviklingen varierer derimot i stor grad mellom de ulike størrelsesgruppene. Figur 8 i kapittel 2.2.4 viser at lønnsomheten for de konvensjonelle kystfiskefartøyene mellom 15 og 20,99m ikke har økt. Likevel viser undersøkelsen variasjoner mellom årene som kan ses i sammenheng med avhandlingens analyserte effektivitetsutvikling. I motsetning til havfiskeflåten finnes det mer likheter mellom lønnsomhets- og effektivitetsutviklingen for de konvensjonelle kystfiskefartøyene. Begge analysene viser en positiv endring fra 2009 til 2010 og fra 2013 til 2014. Videre viser lønnsomhetsutviklingen et toppunkt i 2016, som også peker seg ut i positiv retning i effektivitetsanalysen. Derimot indikerer lønnsomhetsundersøkelsen en økning i lønnsomhet i 2015, som kan beskrives som et av

bunnpunktene i effektivitetsanalysen. I tillegg illustrerer figur 7 økt lønnsomhet i 2011. Avhandlingens analyse indikerer en relativ stabil effektivitet fra 2010 til 2012.

## **7.5 Betydningen av regulatoriske endringer**

I dette delkapittelet vil det redegjøres for i hvilken grad regulatoriske endringer kan fanges opp i fartøygruppens effektivitetsendringer. Gjennom analyseperioden har fiskerimyndighetene gjort ulike reguleringsendringer gjennom lover, forskrifter og forvaltningspraksis. Diskusjonen vil ta utgangspunkt i det som anses som de viktigste endringene som er foretatt i perioden. Kapittelet deles opp etter de ulike fartøygruppene.

### **7.5.1 Trålere**

Av den gjennomførte Window-analysen kan en i første omgang antyde en positiv endringstendens i 2010 fra de foregående årene. I tillegg viser regresjonsanalysen at 2010 har en positiv påvirkning på den beregnede effektiviteten på et 1%-nivå. I samme år bestemte myndighetene at det var mulig å få unntak fra kvoteutnyttelsesbestemmelsen. Unntaket ble vedtatt som intensiv for utskiftning og salg av fartøy. Kvoteutnyttelsesbestemmelsen tar utgangspunkt i at ett fartøy kun kan fiske og lande én kvote i løpet av kvote (Riksrevisjonen, 2020). En kan anta at en effektivitetsøkning i 2010 kan forklares ut ifra at analysens fiskefartøy kunne fiske mer enn én kvote dette året. Samme type unntak ble vedtatt i 2011 for å bidra til flåtefornyelse og økt lønnsomhet (Riksrevisjonen, 2020). Dette kan være med på å forklare en videre effektivitetsøkning i 2011. I likhet med 2010 viser regresjonsanalysen at 2011 har en signifikant positiv påvirkning på den beregnede effektiviteten.

Videre viser window-analysen et toppunkt i 2013. Regresjonsanalysen illustrerer det samme med en sterk positiv signifikant påvirkning på 17%. I 2013 ble lasteromsbegrensningen hevet for å skape friere fartøyutforming og bedre arbeidsplasser (Riksrevisjonen, 2020). Det kan tyde på at hevingen har bidratt til forbedring. I samme år ble det også mulig å benytte leiefartøy ved kontrahering av nybygg, for å fornye flåten og øke lønnsomhet (Riksrevisjonen, 2020). Årene etter 2013 viser en negativ utvikling. En flåtefornyelse kan dermed anses å ha hatt lite effekt på forbedring i effektivitet. Dette kan også ses i sammenheng med diskusjonen rundt fartøyets alder tidligere i kapittelet. Videre skiller 2015 seg ut fra året før og etter med en lavere gjennomsnittlig glidende effektivitet. Kvoteleks på fartøygruppenivå kan ha hatt en innvirkning i form av færre kvoter dette året (Riksrevisjonen, 2020).

### **7.5.2 Konvensjonelle havfiskefartøy**

Effektivitetsutviklingen for konvensjonelle havfiskefartøy har vært mer stabil enn for trålere. Likevel kan en se tendenser til endringer i enkelte perioder, deriblant et effektivitetsfall i 2011. En negativ effektivitetsendring i 2011 kan også illustreres av en negativ betakoeffisient på et 10% signifikans nivå i regresjonsanalysen. Fra 2011 til 2012 viser derimot analysen en positiv effektivitetsutvikling. I 2012 ble det besluttet å heve kvotetaket for den konvensjonelle havfiskeflåten på bakgrunn av lavere driftsmargin i forhold til de andre fartøygruppene i havfiskeflåten (Riksrevisjonen, 2020). Fra 2012 har fartøygruppen hatt en stabil positiv effektivitetsutvikling. Heving av kvotetak kan dermed ha hatt en positiv effekt på effektiviteten. Regresjonsanalysen viser også at 2012 har hatt en positiv innvirkning på den beregnede effektiviteten. Denne er dog ikke signifikant, men kan likevel gi en indikasjon. Tidligere nevnte vedtak i 2011 om kontrahering av nybygg for å skape flåtefornyelse og økt lønnsomhet, kan også antas å ha en sammenheng med den positive stabile økningen.

### **7.5.3 Konvensjonelle kystfiskefartøy**

Effektivitetsutviklingen for de konvensjonelle kystfiskefartøyene varierer i større grad. I første omgang antyder analysene en positiv effektivitetsutvikling fra 2009 til 2010. I likhet med trålere kan unntak fra kvotebestemmelsen i 2010 antas å ha en sammenheng med endringstendensen. Regresjonen gir videre indikasjoner på at 2010 har en positiv påvirkning på effektiviteten. I 2013 viser Window-analysen tendenser til effektivitetsendringer. Effektivitetsutviklingen er videre om lag 3 prosentpoeng høyere i perioden 2013-2018 enn i perioden frem til 2013. Totrinnsanalysen gir også informasjon om at effektiviteten i 2013 er signifikant høyere enn i basisåret. Regresjonsanalysen tyder også på at de påfølgende årene har vært mer effektive enn årene før. 2014 viser eksempelvis en sterk positiv påvirkning på effektiviteten med 14% på et 1% signifikansnivå. Det høye glidende gjennomsnittet for 2014 støtter opp under regresjonens resultater. I 2013 ble det vedtatt å heve kvotetaket for kystfartøy over 11 meter for å øke lønnsomheten i kystfiskeflåten (Riksrevisjonen, 2011). Effektivitetsutviklingen fra 2013 kan tyde på en antagelse om at økte kvoter innenfor fiskeriet har bidratt til positive effektivitetsendringer.

## **7.6 Konklusjon**

Studiens formål er å undersøke hvordan den gjennomsnittlige effektiviteten til utvalgte fartøygrupper har utviklet seg i perioden 2008-2018. Data Envelopment Analysis har blitt benyttet for å beregne fartøyenes årlige gjennomsnittlige tekniske effektivitet. Analysen har

videre lagt grunnlaget for en Tobit-regresjon som forklarer andre variabelers påvirkning på effektiviteten. I tillegg har en Window-analyse blitt anvendt for å undersøke årlige endringer i gjennomsnittseffektivitet. Modellspekifikasjoner og andre bearbeidelser er lagt til grunn for å sikre et solid og representativt datagrunnlag.

Studiens DEA-analyse avdekker effektiviseringspotensial for samtlige grupper i årene 2008-2018. Den konvensjonelle havfiskefartøygruppen har en relativ høy gjennomsnittlige effektivitetsscore på 0.8941, der 17% av fartøyene er 100% effektive. Resultatene indikerer midlertid større variasjoner blant kystfiskefartøy. De konvensjonelle kystfiskefartøyene 15-20,99m må i gjennomsnitt redusere inputene med 24.51% for å bli rent teknisk effektive. Videre har trålere et gjennomsnittlig effektiviseringspotensial på 23.15%. Med en tottrinns DEA-analyse benyttes de gjennomsnittlige effektivitetsscorene videre i Tobit-modellen. Resultatene fra regresjonsanalysen viser til flere signifikante estimater for andre forklaringsfaktorer. For både trålere og konvensjonelle kystfiskefartøy har drivstoff en positiv påvirkning på den beregnede effektivitetsscoren. Samtidig er estimatene relativt lave sammenlignet med hvor mye drivstoff som benyttes, og forklarer lite av variasjonen i effektivitet. Likevel bemerkes sammenhengen i forhold til næringens mål om en bærekraftig fiskeflåte.

Driftsdøgn har en positiv innvirkning på effektivitet for samtlige fartøygrupper. Informasjon om fartøygruppene fisker hele kvoten eller ikke, ligger utenfor avhandlingens rekkevidde. Likevel kan avhandlingens antagelse om utnyttelse av hele kvoten avvike fra realiteten. Driftsdøgns påvirkning kan antas å ha en sammenheng med at flere dager på havet fører til mer fangst som følgelig fører til mer effektivitet. Lengde vises å ha en gjennomsnittlig negativ effekt på den beregnede effektiviteten for både trålere og konvensjonelle kystfartøy. Med utgangspunkt i avhandlingens modellspekifikasjoner, har estimatet i dette tilfelle en logisk sammenheng. Videre har Byggeår også en negativ innvirkning på den beregnede effektiviteten for alle fartøygruppene. Regjeringens ønske om en fornyelse av fiskeflåten strider dermed imot målet om økt effektivitet. Det er midlertid vesentlig å presisere at det kan foreligge andre grunner til fartøyalderens påvirkning, som ikke er tatt hensyn til i denne avhandlingen. Et eldre fartøy kan eksempelvis styres av en skipper med erfaring om hvor og når fisket er best.

Studiens Window-analyse reflekterer effektivitetsutviklingen i analyseperioden. Analysen undersøker hvordan den gjennomsnittlige effektivitetsscoren til hvert år endrer seg i forhold

til de ulike vinduene, representert av ulike sammensetninger av år gjennom hele perioden. Resultatene indikerer en utvikling for samtlige grupper, men i ulik grad. For trålere har vinduenes gjennomsnittseffektivitet variert mellom 0.7774-0.8343, der den laveste scoren er beregnet i siste vindu representert av årene 2015-2018. Dette indikerer at effektiviteten har vært lavest den siste delen av analyseperioden. Analysens mest effektive vindu er vinduet representert av årene 2011-2014, der de gjennomsnittlige effektivitetsverdiene for 2013 er avgjørende. Av resultatene fra Window-analysen kan en anta at 2013 er det mest effektive året for trålere. For de konvensjonelle havfiskefartøyene viser resultatene en mer stabil effektivitetsutvikling. Fra 2010 til 2011 reduseres det glidende gjennomsnittet med rundt 0.065, før effektiviteten utvikler seg i en positiv retning frem til 2018. Analysens mest effektive vindu er vinduet representert av årene 2014-2017 med et toppunkt i 2017, og indikerer at effektiviteten har vært høyest den siste delen av perioden. Window-analysen for de konvensjonelle kystfiskefartøyene viser større variasjoner i det årlige glidende gjennomsnittet, og indikerer tydelig effektivitetsutvikling. Estimaten varierer fra 0.6938 til 0.8295, der variasjonen er størst mellom årene 2014 og 2015. Generelt viser resultatene en effektivitetstopp i 2014, der de årlige gjennomsnittsscorene er høyest sammenlignet med de andre årene i hvert vindu respektive år er representert i.

I lys av Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelser analyseres likheter og forskjeller mellom lønnsomhets- og effektivitetsutviklingen. Resultatet indikerer motsetninger, hva gjelder lønnsomhets- og effektivitetstopper. Riksrevisjonen (2020) antar en effektivitetsforbedring ut ifra den utarbeidede lønnsomhetsundersøkelsen. Motstridende resultater indikere at mer sofistikerte effektivitetsanalyser bør legges til grunn for å anta en slik sammenheng. Det kan likevel presiseres at de presenterte lønnsomhetstillene for havfiske tar utgangspunkt i hele havfiskeflåten som består av flere fartøygrupper enn trål og konvensjonelle havfiskefartøy. På denne måten kan tallene avvike i noen grad. Samtidig står torskefiske for store deler av inntjeningen i flåten, og blir lagt fram som vesentlige i forhold til flåtens lønnsomhetsutvikling.

Videre kan enkelte endringer ses i sammenheng med ulike reguleringstiltak som er gjennomført i analysens periode. Et reguleringstiltak som antas å påvirke effektivitetsutvikling for flere av fartøygruppene, er unntaket i kvotebestemmelsen i 2010. Både trålere og kystfiskefartøy har hatt en økning i respektive år. Samme type unntak ble vedtatt i 2011 om kontrahering av nybygg, for å skape flåtefornyelse og økt lønnsomhet.

Tiltaket kan ses i lys av effektivitetsutviklingen for trålere og havfiskefartøyene. I 2012 ble det besluttet å heve kvotetaket for den konvensjonelle havfiskeflåten på bakgrunn av lavere driftsmargin i forhold til de andre fartøygruppene. Fra 2012 har de konvensjonelle havfiskefartøyene hatt en stabil positiv effektivitetsutvikling.

I 2013 ble lasteromsbegrensningen hevet for å skape friere fartøyutforming og bedre arbeidsplasser (Riksrevisjonen, 2020) Det kan tyde på at hevingen har bidratt til forbedring for trålere. I samme år ble det også mulig å benytte leiefartøy ved kontrahering av nybygg, for å videre fornye flåten og øke lønnsomhet. Årene etter 2013 viser derimot en negativ utvikling for trålere. En flåtefornyelse kan dermed anses å ha hatt lite effekt på forbedring i effektivitet. Derimot kan tiltaket ses i sammenheng med en positiv utvikling for kystfiskefartøyene. I 2013 ble det videre vedtatt å heve kvotetaket for kystfartøy over 11 meter for å øke lønnsomheten i kystfiskeflåten. Effektivitetsutviklingen fra 2013 kan tyde på en antagelse om at økte kvoter innenfor fiskeriet har bidratt til positive effektivitetsendringer. Om effektivitetsutvikling i utvalgte fartøygrupper har en direkte sammenheng med regulatoriske endringer eller andre faktorer er vanskelig å si med sikkerhet. Effektivitetsanalysen kan dog gi en indikasjon på om ulike kvotebestemmelser har ført til endring i gruppenes effektivitet.

Fiskeripolitikkens kompleksitet er omdiskutert. Det presiseres derfor at reguleringssystemet bør moderniseres for å skape en mer effektiv fiskeflåte. Avhandlingens beregnede effektivitetsanalyser kan ses på som et supplerende bidrag i denne diskusjonen.

## **7.7 Studiens begrensninger og forslag til videre studier**

Innledningsvis er det gjort en rekke avgrensninger. Studien er avgrenset til tre ulike fartøygrupper. Analysen av kystfiskeflåten er igjen begrenset til konvensjonelle kystfiskefartøy mellom 15-20,99 meter. Videre tar studien utgangspunkt i fartøy med torskeartet fiske som primær fangst. Det er dog ikke hensyntatt om enkelte fartøy bruker deler av ressursene på målrettet fiske etter andre arter. Ved kjennskap om hvordan innsatsfaktorene fordeles i tilknytning til fiske av ulike arter vil man kunne justere for dette.

Eksogene faktorer som kan påvirke fartøyenes effektivitet er ikke inkludert i studien. Inkludering eller justering for eksogene faktorer kan føre til endringer i effektivitetsestimater. Ettersom det ikke foreligger informasjon om slike faktorer, vil studien i stor grad basere seg på antagelser i forbindelse med disse faktorene.

Studien tar i stor grad utgangspunkt i variabler knyttet til fartøyenes tekniske egenskaper, henholdsvis antall hestekrefter (HK) og bruttotonnasje (GT). Alternative økonomiske termer som kostnads- og inntektsdata er dermed ikke hensyntatt. Det kan være interessant å undersøke hvordan estimatene påvirkes av å inkludere variabler av økonomisk karakter. Studien finner en motstridende sammenheng mellom nedgang i effektivitet og økt lønnsomhet. En studie som i større grad undersøker denne sammenhengen kan tenkes å være et bidrag til diskusjonen rundt fiskeflåten og dens regulering.

Det bemerkes i studien at drivstoff har en positiv påvirkning på effektiviteten til fartøyene. Sett i lys av regjeringens mål om en nyere og mer miljøvennlig fiskeflåte, samt byggeårs negative påvirkning på effektiviteten, vil dette være et interessant tema å undersøke nærmere.

Effektivitetsutviklingen er gjennomført med en Window-analyse. Gitt et datamateriale som tillater det, ville det vært interessant å undersøke hvordan resultatene fra Window-analysen samsvarer med andre mål på effektivitetsutvikling. Eksempler på alternative metoder kan være *Färe-Primont index* eller *Malmquist index*.



## Litteraturliste

- Andersen, B. & Pettersen, P.-G. (1996). *The benchmarking handbook : step-by-step instructions*. London: Chapman & Hall.
- Andersen, P. & Petersen, N. C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39(10), 1261-1264. Hentet fra <http://www.jstor.org/stable/2632964>
- Andrews, D. F. & Pregibon, D. (1978). Finding the Outliers that Matter. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 40(1), 85-93. Hentet fra <http://www.jstor.org/stable/2984869>
- 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(1), 67-89.  
Doi:10.1023/B:PROD.0000012453.91326.ec
- Banker, R., Charnes, A. & Cooper, W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Banker, R. D. (1993). Maximum Likelihood, Consistency and Data Envelopment Analysis: A Statistical Foundation. *Management Science*, 39(10), 1265-1273. Hentet fra <http://www.jstor.org/stable/2632965>
- Banker, R. D. & Chang, H. (2006). The super-efficiency procedure for outlier identification, not for ranking efficient units. *European Journal of Operational Research*, 175(2), 1311-1320. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.06.028>
- Benum, E. (2020). Da havretten femdoblet Norge. Hentet fra <https://www.norghistorie.no/oljealder-og-overflod/1938-da-havretten-femdoblet-norge.html>
- Bogetoft, P. (1997). DEA-based yardstick competition: The optimality of best practice regulation. *Annals of Operations Research*, 73(0), 277-298.  
Doi:10.1023/A:1018985313272
- Bogetoft, P. (2012). *Performance benchmarking: Measuring and managing performance* (1 utg.). Springer, Boston, MA: Springer Science & Business Media.
- Bogetoft, P. & Otto, L. (2011). *Benchmarking with DEA, SFA, and R* (bd. 157). New York, NY: Springer.

- Bogetoft, P. & Otto, L. (2020). Benchmark and Frontier Analysis Using DEA and SFA (Versjon 0.29) [Package]: Springer. Hentet fra <https://cran.r-project.org/web/packages/Benchmarking/index.html>
- Charnes, A., Clark, C., Cooper, W. & Golany, B. (1984). A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the U.S. air forces. *Annals of Operations Research*, 2, 95-112. Doi:10.1007/BF01874734
- 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/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J. & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*: springer science & business media.
- Cook, W. & Seiford, L. (2009). Data envelopment analysis (DEA)-Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, 192, 1-17. Doi:10.1016/j.ejor.2008.01.032
- Cooper, W., Seiford, L. & Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Zhu, J. (2011). *Handbook on data envelopment analysis* (2. utg. International Series in Operations Research & Management Science). New York, NY: Springer US.
- Deltakerloven. (1999). *Lov om retten til å delta i fiske og fangst* (LOV-1999-03-26-15). Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1999-03-26-15>
- 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/10.1016/S0377-2217\(00\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1)
- Emrouznejad, A. & De Witte, K. (2010). COOPER-framework: A unified process for non-parametric projects. *European Journal of Operational Research*, 207, 1573-1586. Doi:10.1016/j.ejor.2010.07.025
- Emrouznejad, A., Parker, B. R. & Tavares, G. (2008). Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*, 42(3), 151-157. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2007.07.002>
- FAO. (2003). *Measuring and assessing capacity in fisheries - 2. Issues and methods* (bd. 433). Roma.
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290. Doi:10.2307/2343100

- Fatimah, S. & Mahmudah, U. (2017). Two-stage data envelopment analysis (DEA) for measuring the efficiency of elementary schools in Indonesia. *International Journal of Environmental and Science Education*, 12(8), 1971-1987.
- Fisk.no. (2021). Stabil sjømateksport i 2020 til tross for koronapandemien. Hentet fra <https://fisk.no/fiskeri/7301-stabil-sjomateksport-i-2020-til-tross-for-koronapandemien>
- Fiskeri- og kystdepartementet. (2007). *Om lov om forvaltning av villlevande marine ressurser (havressurslova)* (Ot.prp. nr. 20 (2007-2008)). Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/d2a3eb5f21194517af0329a512f2615d/nn-no/pdfs/otp200720080020000dddpdfs.pdf>
- Fiskeri- og kystdepartementet. (2008). *Innstilling fra næringskomiteen om lov om forvaltning av villlevande marine ressurser (havressurslova)* (Innst. O. nr. 45 (2007-2008)). Næringskomiteen. Hentet fra <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Innstillinger/Odelstinget/2007-2008/inno-200708-045/?lvl=0>
- Fiskeridirektoratet. (2016). *Lønnsomhetsundersøkelse for fiskeflåten 2014/Profitability survey on the Norwegian fishing fleet 2014*. Hentet fra <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/Loenmsomhetsundersoekelse-for-fiskeflaaten>
- Fiskeridirektoratet. (2020a). *Lønnsomhetsundersøkelse for fiskeflåten 2018/Profitability survey of the Norwegian fishing fleet 2018*. Hentet fra <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/Loenmsomhetsundersoekelse-for-fiskeflaaten>
- Fiskeridirektoratet. (2020b). Utvikling i fiskeriene Hentet fra <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Fangst-og-kvoter/Fangst/Fangst-fordelt-paa-art>
- Fiskeridirektoratet. (2021). Fiskeflåten. Hentet fra <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Fiskere-fartoy-og-tillatelser/Fartoy-i-merkeregisteret>
- Forskrift om strukturkvoteordning mv for havfiskeflåten. (2005). *Forskrift om strukturkvoteordning mv for havfiskeflåten* (J-59-2005). Hentet fra <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Regelverk-og-reguleringer/J-meldinger/Utgaatte-J-meldinger/J-59-2005>
- Färe, R., Kirkley, J. E. & Walden, J. B. (2006). Adjusting technical efficiency to reflect discarding: The case of the U.S. Georges Bank multi-species otter trawl fishery. *Fisheries Research*, 78(2), 257-265. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2005.12.014>

- González-García, S., Villanueva-Rey, P., Belo, S., Vázquez-Rowe, I., Moreira, M. T., Feijoo, G. & Arroja, L. (2015). Cross-vessel eco-efficiency analysis. A case study for purse seining fishing from North Portugal targeting European pilchard. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(7), 1019-1032. Doi:10.1007/s11367-015-0887-6
- Gunst, R. F. & Mason, R. L. (1980). *Regression analysis and its application: a data-oriented approach*: CRC Press.
- Havressurslova. (2009). *Lov om forvaltning av viltlevande marine ressursar* (LOV-2008-06-06-37). Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-06-37>
- Hoff, A. (2007). Second stage DEA: Comparison of approaches for modelling the DEA score. *European Journal of Operational Research*, 181(1), 425-435. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.05.019>
- Hoff, K. G. (2004). *Budsjettering - taktisk økonomistyring* (3. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Hsu, C. T. T. (2003). Simple capacity indicators for peak-tp-peak and data envelopment analyses of fishing capacity - A preliminary Assesment. I S. Pascoe & D. Gréboval (Red.), *Measuring capacity in fisheries* (s. 233-260): Food & Agriculture Org. Hentet fra <http://www.fao.org/3/y4849e/y4849e.pdf>
- Iversen, A., Nyrud, T., Robertsen, R., Erraia, J. & Fjose, S. (2020). *Verdiskaping og ringvirkninger fra fiskeflåten i 2019* (41/2020): Nofima AS. Hentet fra <https://nofima.no/publikasjon/1863438/>
- Jakobsen, S.-E. & Lindkvist, K. B. (2003). *Offentlig politikk og regional næringsutvikling i fiskerinæringen*. Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/165592>
- Johnson, A. & Kuosmanen, T. (2012). One-Stage and Two-stage DEA Estimation of the Effects of Contextual Variables. *European Journal of Operational Research*, 220, 559–570. Doi:10.1016/j.ejor.2012.01.023
- Kao, C. (2014). Network data envelopment analysis: A review. *European Journal of Operational Research*, 239(1), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.02.039>
- Kaurel, F.-E. (2018, 8. mai 2018). Effektivitet. Hentet 20. april fra <https://snl.no/effektivitet>
- Kittelsen, S. A. & Førstund, F. R. (2001). Empiriske forskningsresultater om effektivitet i offentlig tjenesteproduksjon. *Økonomisk forum*, 6, 22-29. Hentet fra <https://www.frisch.uio.no/publikasjoner/?pubid=173>
- Klopp, G. A. (1985). *The analysis of the efficiency of productive systems with multiple inputs and outputs*. University of Illinois at Chicago.

- Liu, J. S., Lu, L. Y. Y., Lu, W.-M. & Lin, B. J. Y. (2013a). Data envelopment analysis 1978–2010: A citation-based literature survey. *Omega*, 41(1), 3-15.  
<https://doi.org/10.1016/j.omega.2010.12.006>
- Liu, J. S., Lu, L. Y. Y., Lu, W.-M. & Lin, B. J. Y. (2013b). A survey of DEA applications. *Omega*, 41(5), 893-902. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.11.004>
- Madau, F. A., Furesi, R. & Pulina, P. (2018). The technical efficiency in Sardinian fisheries cooperatives. *Marine Policy*, 95, 111-116.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.07.008>
- Mar-Molinero, C. & Serrano-Cinca, C. (2001). Bank failure: a multidimensional scaling approach. *The European Journal of Finance*, 7(2), 165-183.  
 Doi:10.1080/135184701222202
- McDonald, J. (2009). Using least squares and tobit in second stage DEA efficiency analyses. *European Journal of Operational Research*, 197(2), 792-798.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.07.039>
- Nemoto, J. & Goto, M. (2003). Measurement of Dynamic Efficiency in Production: An Application of Data Envelopment Analysis to Japanese Electric Utilities. *Journal of Productivity Analysis*, 19(2), 191-210. 10.1023/A:1022805500570
- Nielssen, A. R., Kolle, N. & Kristiansen, A. (2014). *Bind I Fangstmenn, fiskebønder og værfolk : fram til 1720* (1 utg.Norges fiskeri- og kysthistorie). Bergen: Fagbokforlaget.
- Nofima. (2020, 5. oktober 2020). Verdt å vite om fiskekvoter. Hentet fra <https://nofima.no/verdt-a-vite/verdt-a-vite-om-fiskekvoter/>
- NOU 2016: 26. (2016). *Et fremtidsrettet kvotesystem*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2016-26/id2523539/>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2015). *En konkurransekraftig sjømatindustri* (Meld. St. 10 (2015–2016)). Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-10-20152016/id2461010/>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2019). *Et kvotesystem for økt verdiskaping - En fremtidsrettet fiskerinæring* (Meld. St. 32 (2018-2019)). Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-32-20182019/id2661031/?ch=3&fbclid=IwAR11rZ7v8BYAZxtmZLvLN2TcQafOc1PzGlbpy-o3sJKqIh143cv-9XNcWZQ>

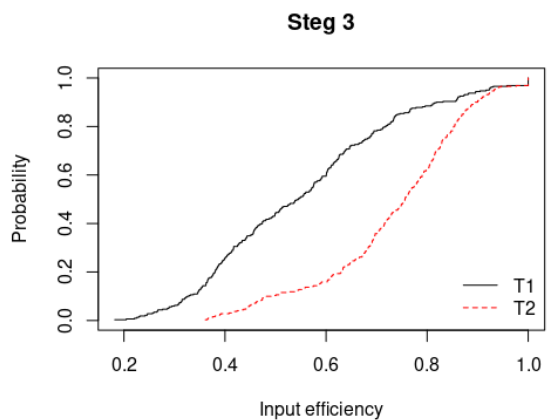
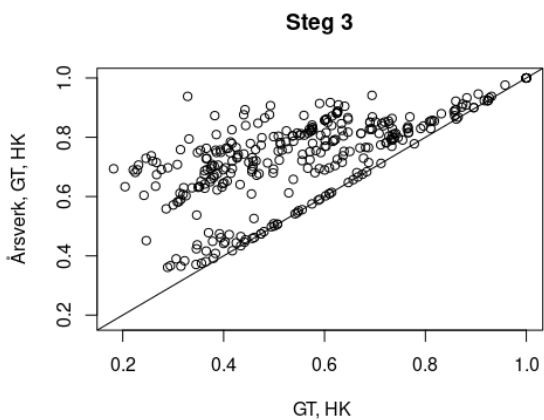
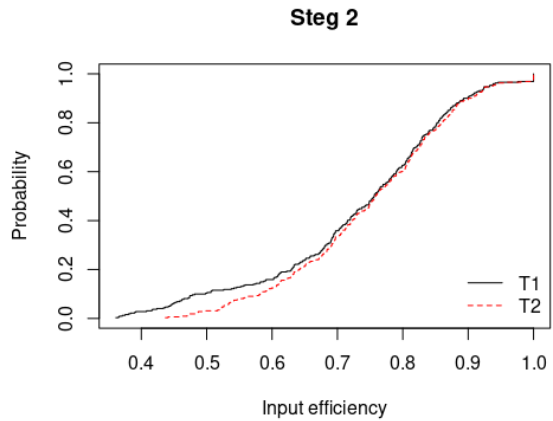
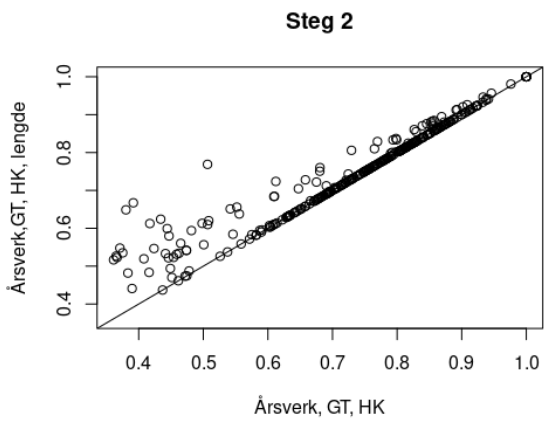
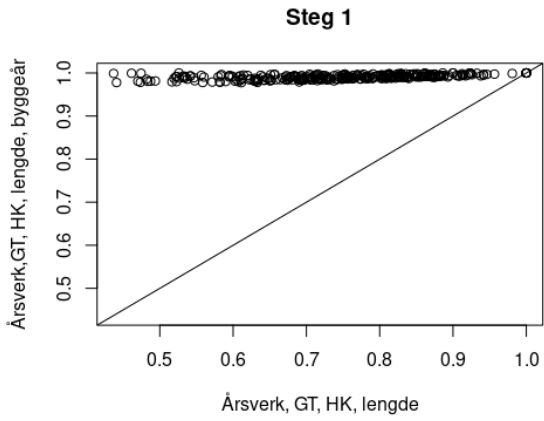
- Pascoe, S., Andersen, J. & Wilde, J. W. (2001). The impact of management regulation on the technical efficiency of vessels in the Dutch beam trawl fishery. *European Review of Agricultural Economics*, 28, 187-206.
- Pascoe, S. & Mardle, S. (2003). *Single output measures of technical efficiency in EU fisheries* (CEMARE Report 61). University of Portsmouth, UK.
- Pascoe, S. & Tingley, D. (2006). Economic capacity estimation in fisheries: A non-parametric ray approach. *Resource and Energy Economics*, 28, 124-138.  
Doi:10.1016/j.reseneeco.2005.06.003
- Pascoe, S., Tingley, D. & Mardle, S. (2003). *Multi-output measures of technical efficiency in EU fisheries* (CEMARE Report 62): University of Portsmouth, UK.
- Pastor, J. T., Ruiz, J. L. & Sirvent, I. (2002). A Statistical Test for Nested Radial Dea Models. *Operations Research*, 50, 728-735. Doi:10.1287/opre.50.4.728.2866
- Pinello, D., Lontakis, A., Sintori, A., Tzouramani, I. & Polymeros, K. (2016). Assessing the Efficiency of Small-Scale and Bottom Trawler Vessels in Greece. *Sustainability*, 8(7).  
Doi:10.3390/su8070681
- Ramos, S., Vázquez-Rowe, I., Artetxe, I., Moreira, M., Feijoo, G. & Zuffa, J. (2014). Operational Efficiency and Environmental Impact Fluctuations of the Basque Trawling Fleet Using LCA plus DEA Methodology. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14, 77-90. Doi:10.4194/1303-2712-v14\_1\_10
- Regjeringen. (2018). Havnasjonen Norge. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/hav/innsiktsartikler/havnasjonen-norge/id2605291/>
- Regjeringen. (2020). Regjeringen vil ha grønnere skipsfart. Hentet 25. mai fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringen-vil-ha-gronnere-skipsfart/id2736443/?fbclid=IwAR3p6-BZL8fnJHHKDN7G8tgJxP2nxwKLDtWetevyW1zcLGwdfU4F6-fNVoU>
- Richardsen, R., Sønvisen, S. A., Bull-Berg, H. & Grindvoll, I. L. T. (2017). *Betydningen av fiskeflåten - Fiskeflåtens bidrag til samfunnsøkonomisk verdiskaping, tall fra 2014-2016* (OC2017A-120). Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/2448485>
- Riksrevisjonen. (2020). *Undersøkelse av kvotesystemet i kyst- og havfisket* (3:6). Hentet fra <https://www.riksrevisjonen.no/undersokelse-av-kvotesystemet-i-kyst--og-havfisket/>
- Solís, D., del Corral, J., Perruso, L. & Agar, J. J. (2014). Evaluating the impact of individual fishing quotas (IFQs) on the technical efficiency and composition of the US Gulf of

- Mexico red snapper commercial fishing fleet. *Food Policy*, 46, 74-83.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.02.005>
- Standal, D., Ratvik, I. & Richardsen, R. (2015). *Effekter av strukturering i norsk fiskerinæring* (A27323). Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/2454966>
- Statens Personalhåndbok – Personalmeldinger. (2019). *PM-2019-13: Definisjon av utførte årsverk*. Hentet fra <https://lovdata.no/litteratur/pm-2019-13>
- Syverson, C. (2011). What Determines Productivity? *Journal of Economic Literature*, 49(2), 326-365. Doi:10.1257/jel.49.2.326
- Tobin, J. (1958). Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables. *Econometrica*, 26(1), 24-36. Doi:10.2307/1907382
- Tone, K. & Tsutsui, M. (2010). Dynamic DEA: A slacks-based measure approach. *Omega*, 38, 145-156. doi:10.1016/j.omega.2009.07.003
- Vassdal, T. (2009). *En oversikt over en del DEA modeller - et forelesningsnotat*. Universitetet i Tromsø.
- Vázquez-Rowe, I. & Tyedmers, P. (2013). Identifying the importance of the “skipper effect” within sources of measured inefficiency in fisheries through data envelopment analysis (DEA). *Marine Policy*, 38, 387-396.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.06.018>
- Wilson, P. W. (1993). Detecting Outliers in Deterministic Nonparametric Frontier Models with Multiple Outputs. *Journal of Business & Economic Statistics*, 11(3), 319-323. Doi:10.2307/1391956
- Wilson, P. W. (2019). FEAR: Frontier Efficient Analysis in R (Versjon 3.1) [Package]. Hentet fra <https://pww.people.clemson.edu/Software/FEAR/fear.html>
- Zhaoqun, S., Rong, W. & Yugui, Z. (2016). *Analysis on technical efficiency and influencing factors of fishing vessels: a case study of Haizhou Bay, China*. Hentet 2018-07-29t14:44:51z. Hentet fra <http://hdl.handle.net/1834/13374>



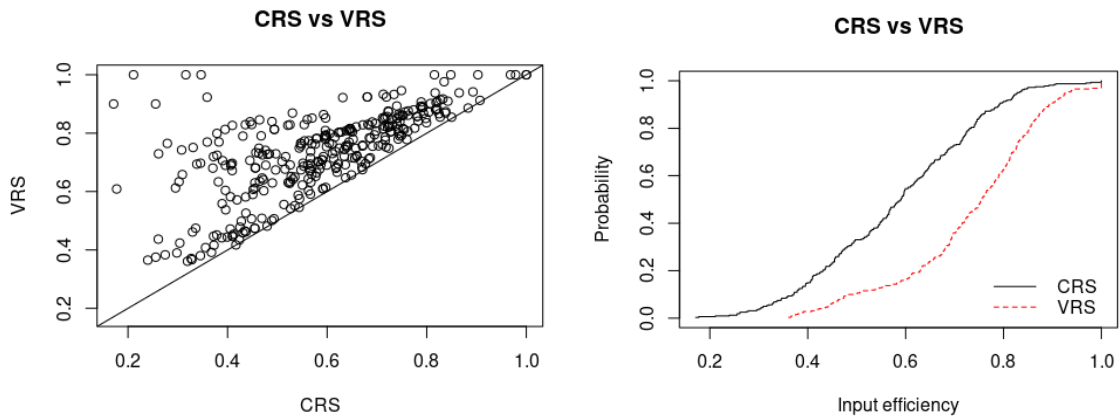
# Vedlegg

## Vedlegg 1: Grafiske fremstillinger av Banker-tester, Steg 1-3 for trålere

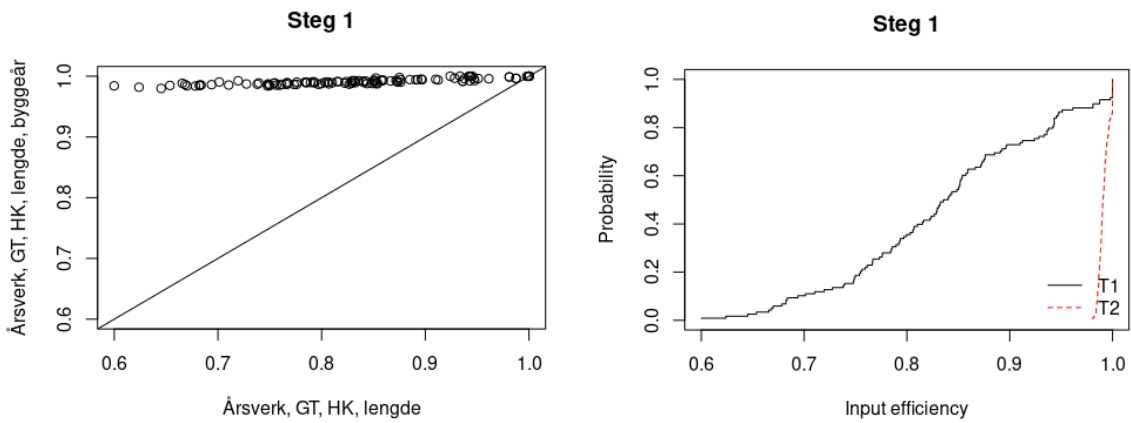


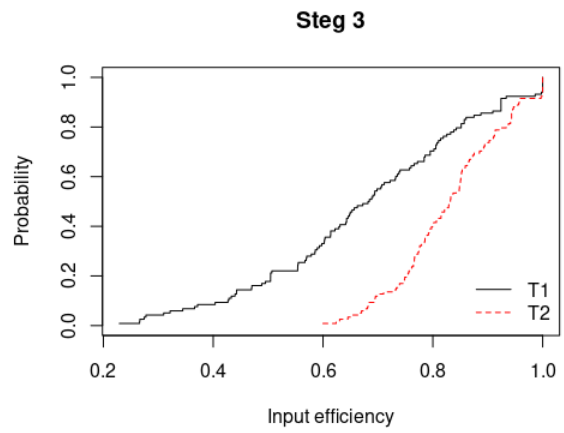
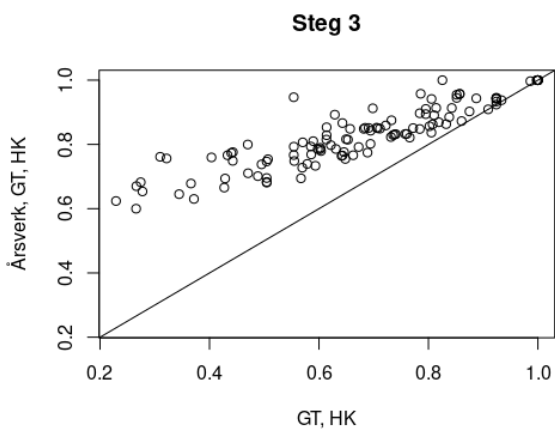
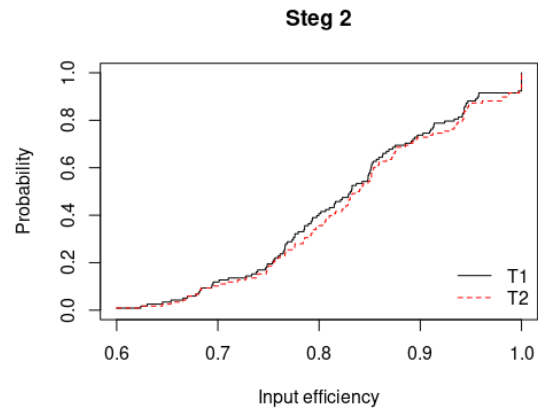
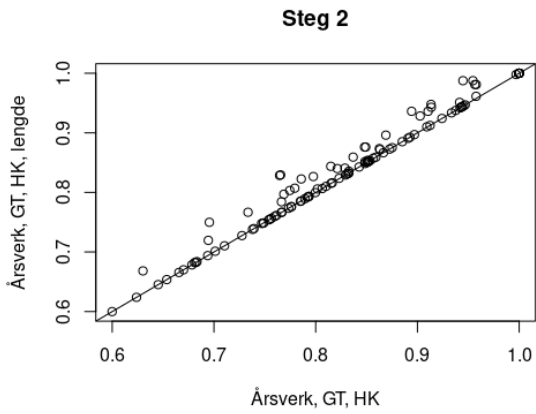


## Vedlegg 2: Grafiske fremstillinger av Banker-tester, CRS vs VRS, for trålere

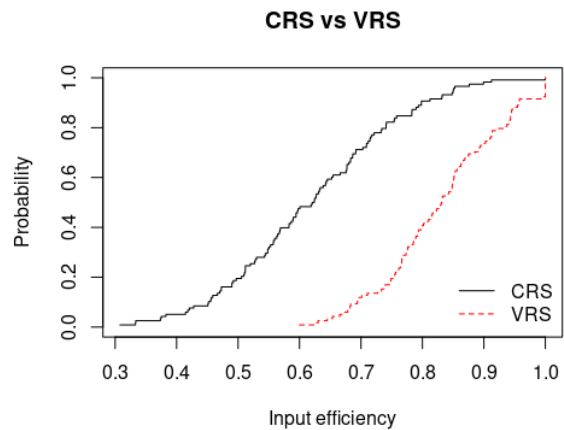
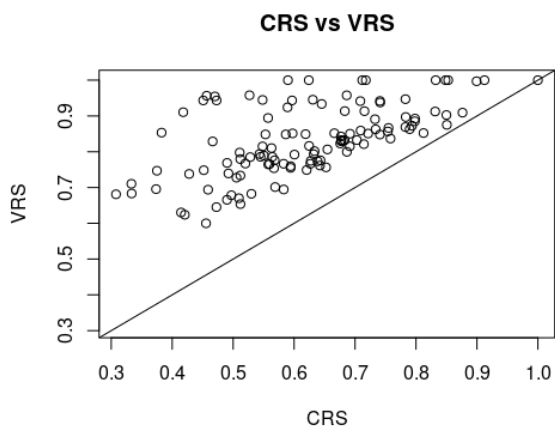


## Vedlegg 3: Grafiske fremstillinger av Banker-tester, Steg 1-3 for havfiskefartøy

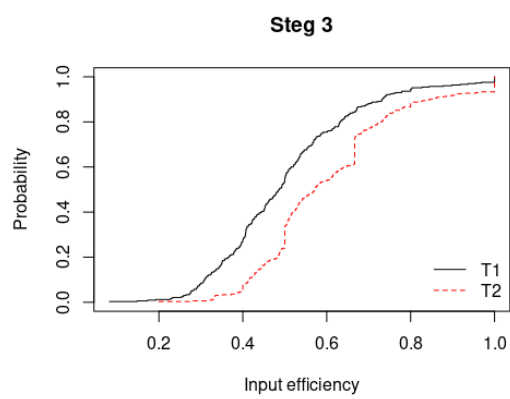
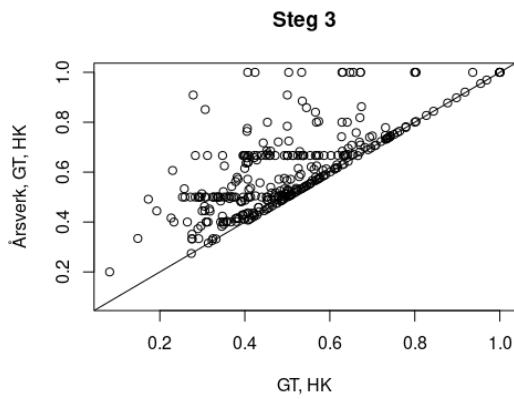
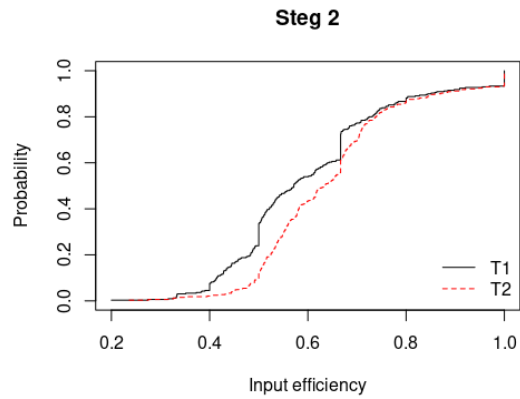
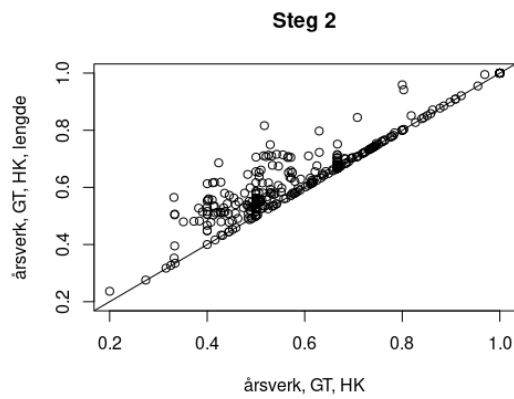
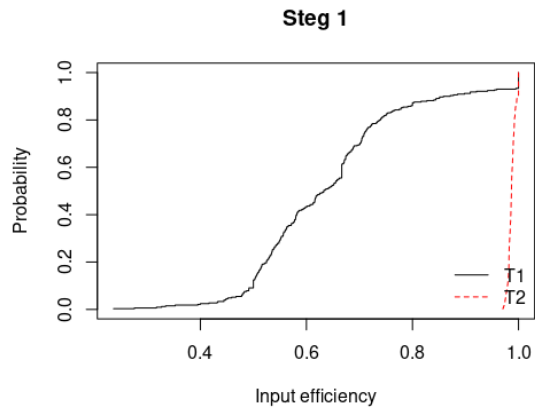
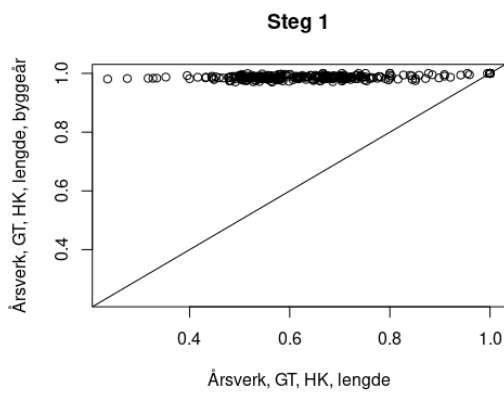




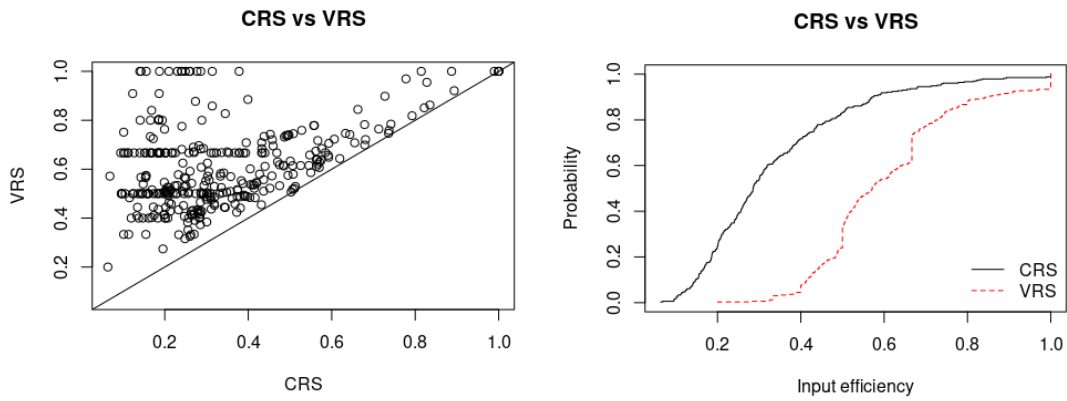
**Vedlegg 4: Grafiske fremstillinger av Banker-tester, CRS vs VRS, for havfiskefartøy**



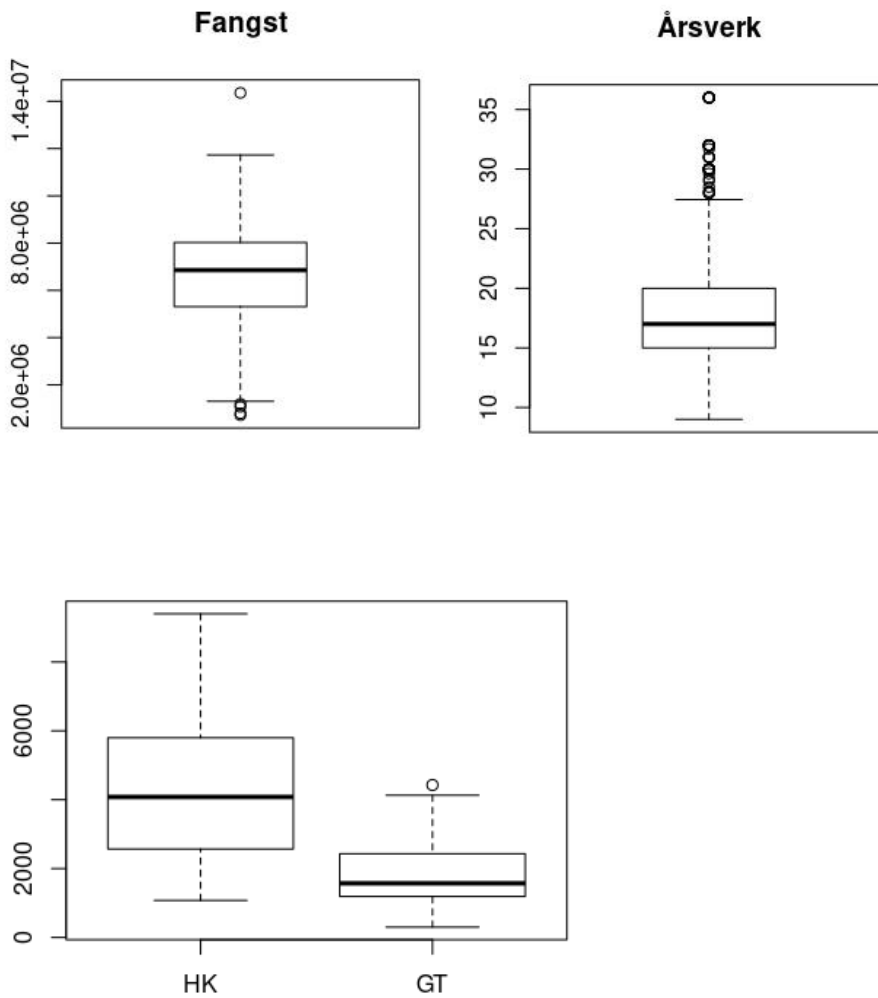
## Vedlegg 5: Grafiske fremstillinger av Banker-tester, Steg 1-3 for kystfiskefartøy



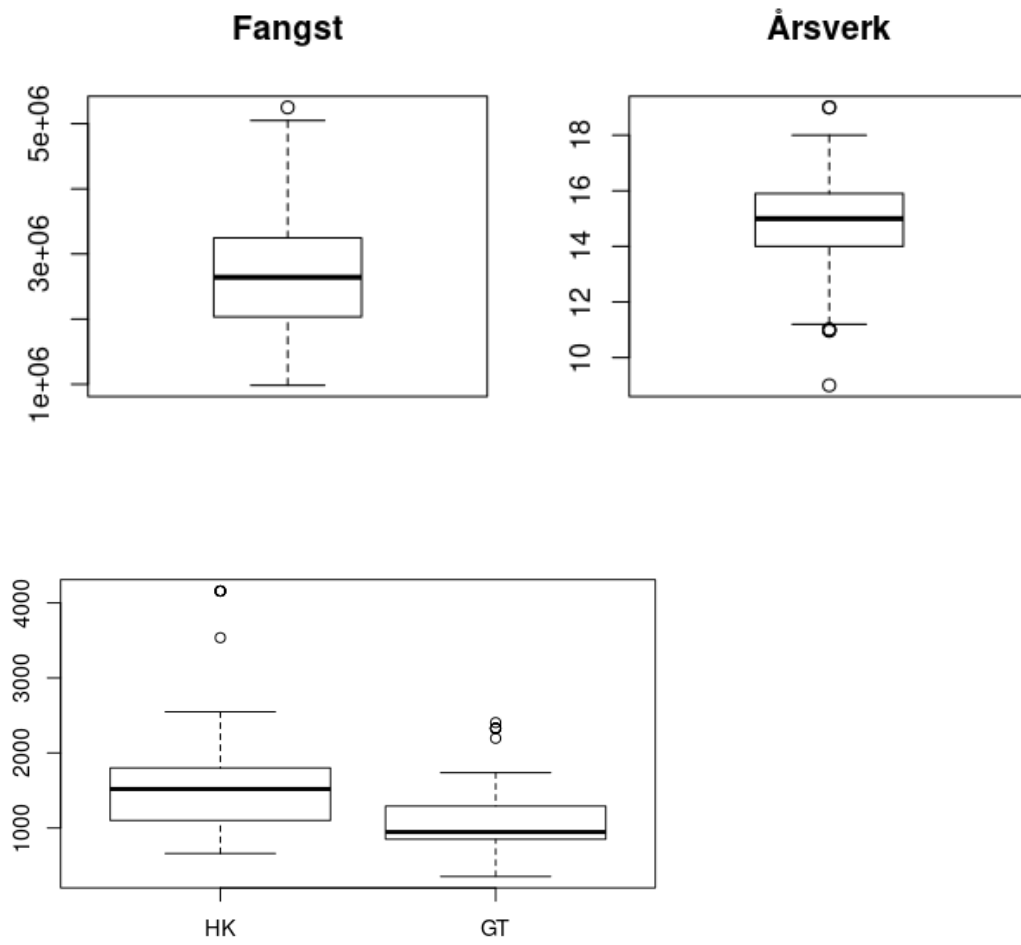
**Vedlegg 6: Grafiske fremstillinger av Banker-tester, CRS vs VRS, for kystfiskefartøy**



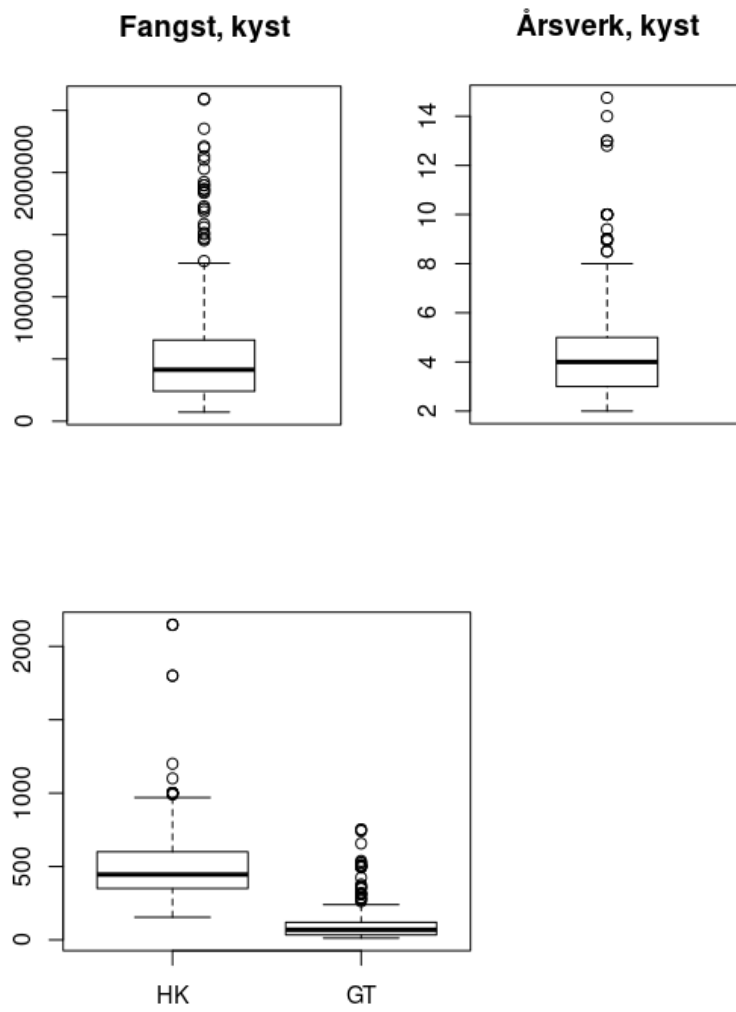
**Vedlegg 7: Boxplot av fangst, årsverk, HK og GT for trålere:**



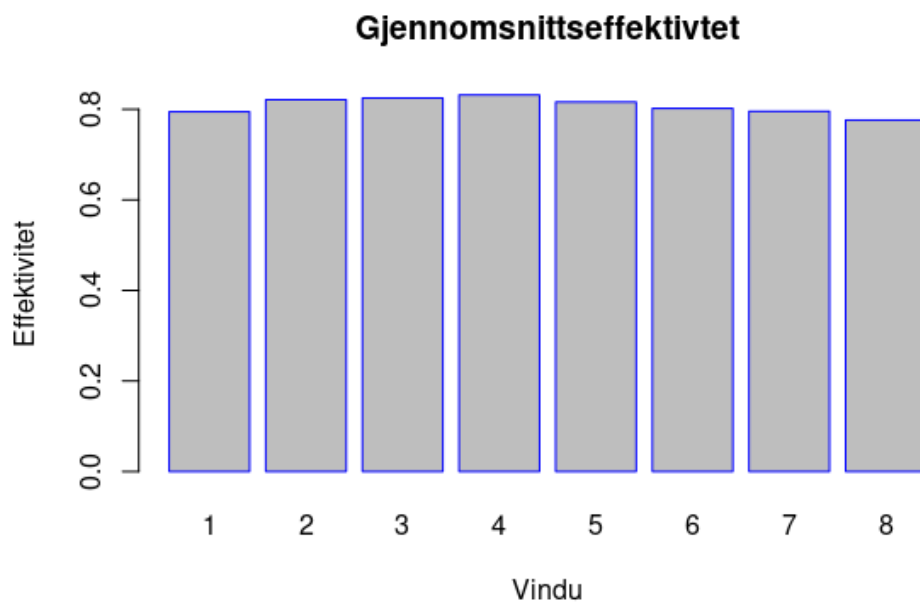
**Vedlegg 8: Boxplot av fangst, årsverk, HK og GT for konvensjonelle havfiskefartøy**



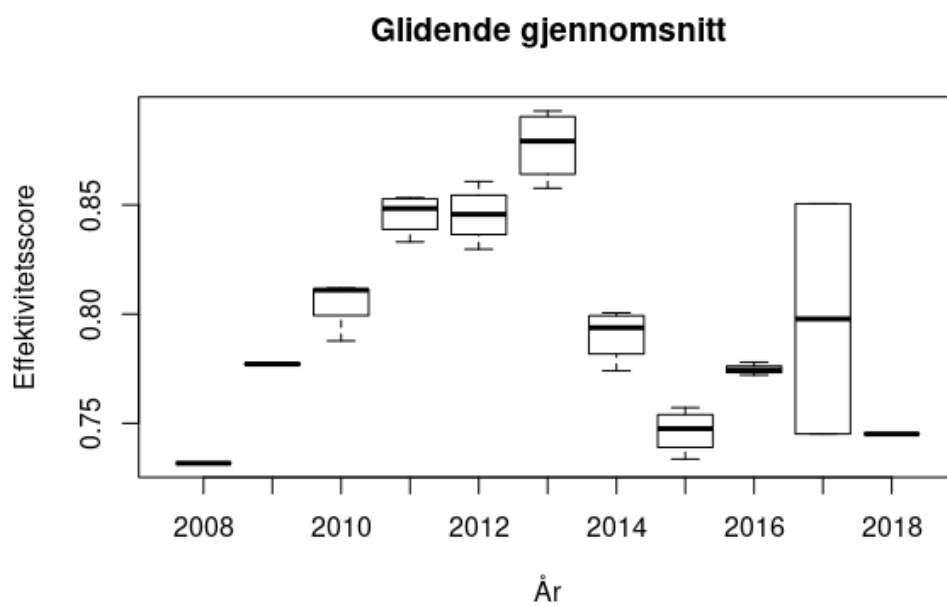
### Vedlegg 9: Boxplot av fangst, årsverk, HK og GT for konvensjonelle kystfiskefartøy



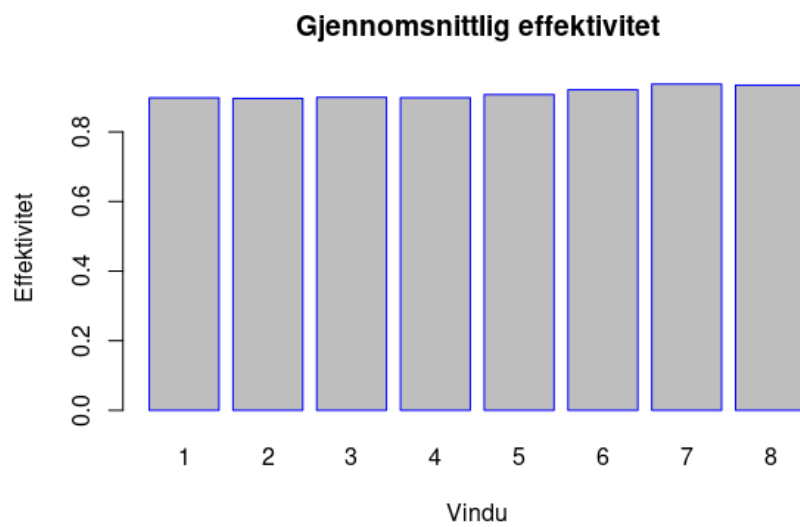
**Vedlegg 10: Grafisk fremstilling av gjennomsnittseffektivitet i hvert vindu for trålere:**



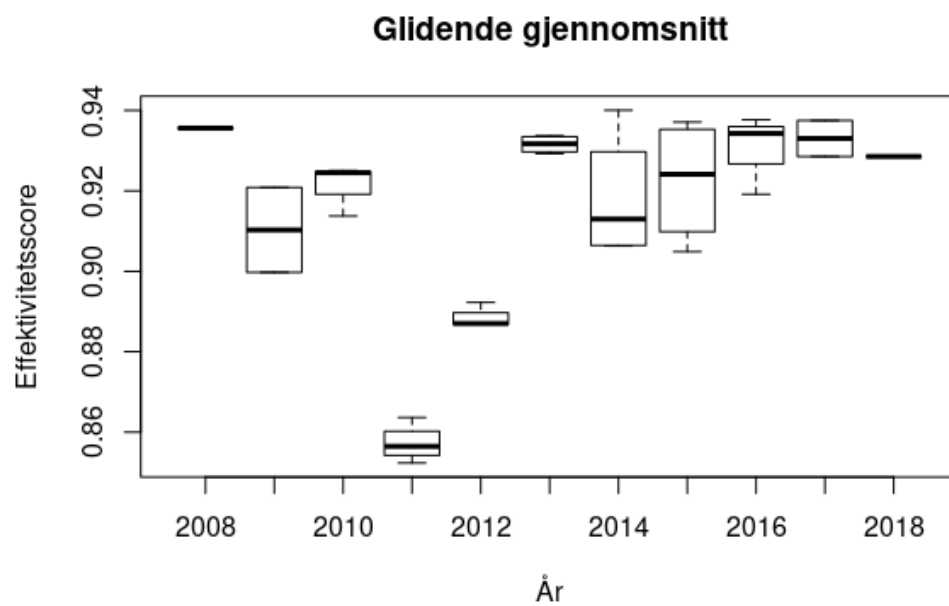
**Vedlegg 11: Glidende, årlig, gjennomsnittseffektivitet for trålere:**



**Vedlegg 12: Grafisk fremstilling av gjennomsnittseffektivitet i hvert vindu for konvensjonelle havfiskefartøy:**

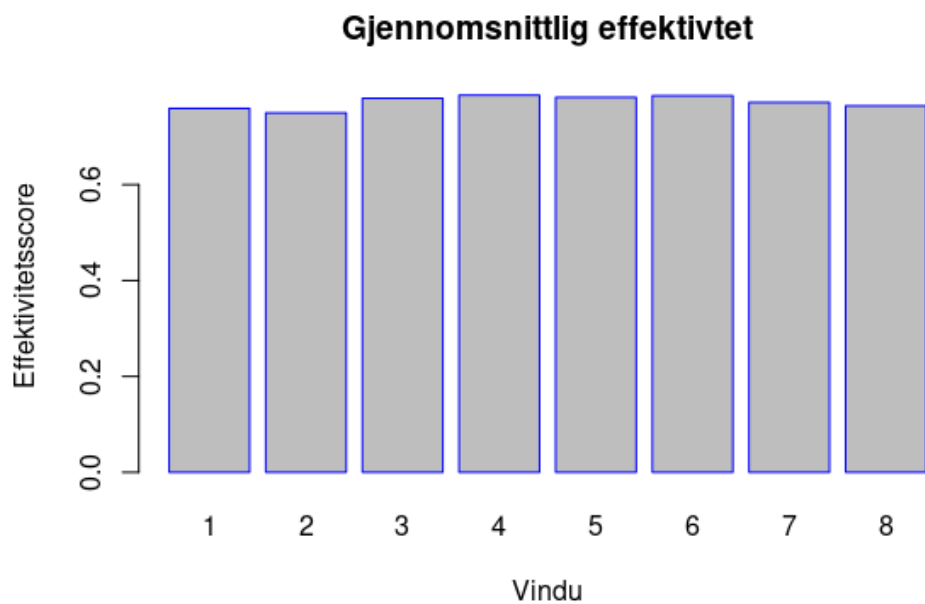


**Vedlegg 13: Glidende, årlig, gjennomsnittseffektivitet for konvensjonelle havfiskefartøy:**

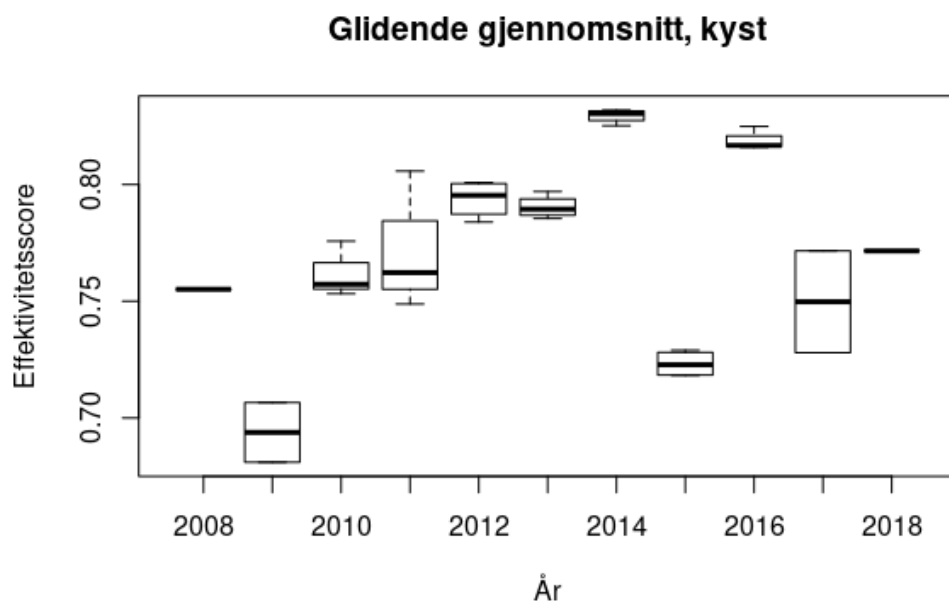




**Vedlegg 14: Grafisk fremstilling av gjennomsnittseffektivitet i hvert vindu for konvensjonelle kystfiskefartøy**



**Vedlegg 15: Glidende, årlig, gjennomsnittseffektivitet for konvensjonelle kystfiskefartøy:**



## Vedlegg 16: R-koder for trålere. Samme prosedyre er fulgt for øvrige datasett:

```
rm(list=ls())
#### required packages ####
require(AER)
require(Benchmarking)
require(broom)
require(car)
require(dplyr)
require(FEAR)
require(ggplot2)
require(graphics)
require(haven)
require(knitr)
require(lattice)
require(matrix)
require(mosaic)
require(readr)
require(stargazer)
require(stats)
require(stringr)
require(systemfit)
require(tidyr)
require(tidyverse)

#### Operasjonaliserer datasettet og eliminerer variabler ####

traal <- traal %>% mutate(drivstoff_mengde=drivstoff_kostn/drivstoff_pris) # Beregner ut drivstofforbruk
traal <- traal %>% mutate(fangst = fangst_torsk + fangst_hyse + fangst_sei) # Beregner total fangst
traal <- traal %>% filter(fangst_annen_art<fangst_torsk | fangst_annen_art<fangst_hyse |
fangst_annen_art<fangst_sei) # Avgrensning mtp hvilken art som fiskes
traal <- traal %>% filter(fangst_reke<fangst_torsk | fangst_reke<fangst_hyse | fangst_reke<fangst_sei) #
Avgrensning mtp hvilken art som fiskes
traal <- traal %>% mutate(GT = bruttotonnasje.1969 + bruttotonnasje.annen)

#### Deskriptiv statistikk ####
cor(traal[,c(3,9,13,12)])
summary(traal[c(3,9,13,12)])
```

```

##### Test for valg variabler - Steg 1#####
# Banker-test:
x1 <- with(traal, cbind(årsverk, GT, HK, lengde))
x2 <- with(traal, cbind(årsverk, GT, HK, lengde, byggeår))

y <- matrix(traal$fangst)
E1_tral <- eff(dea(x1,y,ORIENTATION="in"))
E2_tral <- eff(dea(x2,y,ORIENTATION="in"))

plot(E1_tral,E2_tral, xlim=range(E1_tral,E2_tral), ylim=range(E1_tral,E2_tral), xlab="årsverk, GT, HK,
lengde",
      ylab="årsverk,GT, HK, lengde, byggeår")
abline(0,1)

K <- length(E1_tral)
plot(sort(E1_tral), (1:K)/K, type="s", ylim=c(0,1),
      ylab="Probability", xlab="Input efficiency", main="Trål")
lines(sort(E2_tral), (1:K)/K, type="s", lty="dashed", col="red")
legend("bottomright",c("E1","E2"),
      lty=c("solid","dashed"),bty="n", col=c("black", "red"))

TEX1_tral <- sum(E1_tral-1)/length(E1_tral) / (sum(E2_tral-1)/length(E2_tral))
TEX1_tral
qf_tex1_tral <- qf(.95, 2*length(E1_tral), 2*length(E2_tral))
pf(TEX1_tral, 2*length(E1_tral), 2*length(E2_tral))

THN1_tral <- sum((E1_tral-1)^2)/length(E1_tral) / (sum((E2_tral-1)^2)/length(E2_tral))
THN1_tral
qf_thn1_tral <- qf(.95, length(E1_tral), length(E2_tral))
pf(THN1_tral, length(E1_tral), length(E2_tral))

# Kolmogorov-Smirnov test
ks.test(E1_tral, E2_tral, alternative = "greater")

# Kruskal--Wallis test
kruskal.test(list(E1_tral, E2_tral))

### Dette steget repeteres to ganger, samt én for å test av CRS mot VRS ###

```

```

#### Outlieranalyse ####
x = as.matrix(traal[,c(3,9,13)])
y = as.matrix(traal[,c(12)])

evrs <- dea(x, y, RTS="vrs", ORIENTATION = "in")
summary(evrs)
plot(sort(evrs$eff))

### PEERS ###
get.number.peers(evrs, NAMES = TRUE)

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

### PLOTS ###
boxplot(traal[,c(3)], main="Årsverk")
boxplot(traal[,c(9)], main="HK")
boxplot(traal[,c(13)], main="GT")
boxplot(traal[,c(12)], main="Fangst")
boxplot(traal[,c(9,13)], main="HK & GT")

plot(traal$GT,traal$fangst, xlab="GT", ylab="Total fangst", main="")
plot(traal$HK,traal$fangst, xlab="HK", ylab="Total fangst", main="")
plot(traal$Årsverk,traal$fangst, xlab="Årsverk", ylab="Total fangst", main="")

#Totale potensiell outliers:
# r144, r142, r48, r24, r151

### Eliminerer outliers ###
traal_v <- traal[-c(144, 142, 48, 24, 151),]

x_v = as.matrix(traal_v[,c(3,9,13)])
y_v = as.matrix(traal_v[,c(12)])
evrs_v <- dea(x_v, y_v, RTS="vrs", ORIENTATION = "in")
summary(evrs_v)

### Peers ###

```

```

#### AP-Analyse ####
#The following commands reproduce the outlier analysis in Wilson (1993):
tmp_2 <- FEAR::ap(t(x_v),t(y_v), NDEL=12)
FEAR::ap.plot(tmp_2$ratio, NLEN=25, main="AP-plot")
print(cbind(tmp_2$imat, tmp_2$r0),na.print="", digit=2)
ap.plot(tmp_2$ratio, NLEN=25)

#### Window-analyse ####
w1 <- traal_v %>% filter((ÃŸr>="2008" & ÃŸr<="2011"))
.
.
.
w8 <- traal_v %>% filter((ÃŸr>="2015" & ÃŸr<="2018"))

x1 = as.matrix(w1[,c(3,9,13)])
y1 = as.matrix(w1[,c(12)])
.
.
.
x8 = as.matrix(w8[,c(3,9,13)])
y8 = as.matrix(w8[,c(12)])

summary(dea(x1,y1,RTS="vrs", ORIENTATION = "in"))
.
.
.
summary(dea(x8,y8,RTS="vrs", ORIENTATION = "in"))

# Beregner gjennomsnittseffektivitet til hvert vindu:
mean_w1 <- mean(ef((dea(x1,y1,RTS="vrs", ORIENTATION = "in"))))
.
.
.
mean_w8 <- mean(ef((dea(x8,y8,RTS="vrs", ORIENTATION = "in"))))

## Lager en dataframe som inneholder hver DMUs effektivitet i vinduene
x = as.matrix(traal_v[,c(3,9,13)])
y = as.matrix(traal_v[,c(12)])
ew <- eff(dea(x,y,RTS="vrs", ORIENTATION = "in"))
ew1 <- eff(dea(x1,y1,RTS="vrs", ORIENTATION = "in"))

```

```

## Beregner årlig effektivitet i hvert vindu
w1_m08 <- mean(w1$ew1[w1$år == "2008"])
w1_m09 <- mean(w1$ew1[w1$år == "2009"])
w1_m10 <- mean(w1$ew1[w1$år == "2010"])
w1_m11 <- mean(w1$ew1[w1$år == "2011"])
round((w1_m08+w1_m09+w1_m10+w1_m11)/4, 4)
.
.
.
w8_m15 <- mean(w8$ew8[w8$år == "2015"])
w8_m16 <- mean(w8$ew8[w8$år == "2016"])
w8_m17 <- mean(w8$ew8[w8$år == "2017"])
w8_m18 <- mean(w8$ew8[w8$år == "2018"])
round((w8_m15+w8_m16+w8_m17+w8_m18)/4, 4)

#### Tobit-regresjonsanalyse ####
x = as.matrix(traal_v[,c(3,9,13)])
y = as.matrix(traal_v[,c(12)])

# Korrelasjonsmatrise av variabler i Tobit
cor(with(traal_v, cbind(drivstoff, driftsdÅ_gn, lengde, byggeÅr)))

# Justerer drivstofforbruk til pr. million liter
drivstoff_tobit_tral <- traal_v$drivstoff/1e6

# Tobit-modellen:
etob_tral <- tobit(ew~drivstoff_tobit_tral+driftsdÅ_gn+lengde+byggeÅr+factor(År), left=-Inf, right=1,
data=traal_v)
names(etob_tral$coefficients) <- c("intercept", "drivstoff", "driftsdÅ_gn", "lengde", "byggeår", "2009",
"2010", "2011", "2012", "2013", "2014", "2015", "2016", "2017", "2018")
summary(etob_tral)

```

