



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 30 stp
Fakultetet for Realfag og Teknologi

Driftsbeslutningers innvirkning på kvantitativ datafangst av oksygennivåer i oppdrettsmerder

Impact of operational decisions on quantitative data
capture of oxygen levels in fish farms

Hedda Mejlænder-Larsen
Industriell økonomi

Forord

Da jeg startet studiene ved NMBU satt jeg meg et mål: Jeg skulle utfordre meg selv, prøve nye ting og ta de mulighetene som presenterte seg for meg. Denne målsetningen preger også hvordan jeg velger å avslutte tiden min som student. Før jeg startet med masterarbeidet hadde jeg lite forkunnskaper om tematikken til det som skulle bli min oppgave. Det har vært en veldig bratt læringskurve, mye hardt arbeid og en god del frustrasjon, men det er også utfordringene som har gjort masterarbeidet samt studietiden spennende.

Takk til alle intervjuobjektene som har bidratt til den kvalitative undersøkelsen i oppgaven.

Tusen takk til mine veiledere gjennom masterperioden Tor Kristian Stevik og Veronica Berntsson for å ha hjulpet meg med å finne veien til målstreken.

Takk til alle som har hjulpet meg gjennom masterarbeidet og har bidratt med korrekturlesning.

Takk til Studentsamfunnet i Ås, alle jeg ble kjent med der og ellers på NMBU for en helt fantastisk studietid.

Ås, mai 2023



Hedda Mejlænder-Larsen

Sammendrag

Innenfor fiskeoppdrett har det over en lengre tidsperiode vært økende interesse for fiskevelferd. Det har blant annet blitt rettet søkelys mot oksygennivåer, og hvordan det påvirker fiskevelferd. I forkant av arbeidet med dette studiet har det blitt samlet inn oksygenmålinger fra flere norske oppdrettsanlegg, som utgjør informasjonsgrunnlaget for et kvantitativt datasett. Formålet til denne masteroppgaven er å kartlegge de faktorene som kan ha påvirket datainnsamlingsprosessen og datakvaliteten til det kvantitative datasettet.

Informasjonsgrunnlaget til forskningen har blitt innhentet gjennom en kvalitativ undersøkelse. Det har blitt gjennomført videointervjuer med respondenter fra åtte oppdrettsselskap som har bidratt med måleverdier til det kvantitative datasettet. Fokuset er rettet mot valgene oppdrettsselskapene tar som kan påvirke datainnsamlingsprosessen. Intervjuobjektene ble stilt spørsmål knyttet til beslutningene de tar i forhold til måleutstyr for oksygen og rutiner knyttet til renhold på anlegg og sensorer.

Det blir satt søkelys på de valgene oppdrettsselskaper tar knyttet til sensorer og renholdsrutiner som kan påvirke kvantitativ innsamling av oksygenmålinger. Fokuset rundt oksygensensorer er rettet mot valg av sensortype, antall sensorer per anlegg, hvordan oksygensensor blir plassert ut i anlegg og merd, og om oksygensensorer blir flyttet på i løpet av en produksjonsperiode. Fokuset rundt renholdsrutiner er rettet mot renholdsmetode og hyppigheten av vask for både oppdrettsanlegg og sensor, det blir også sett på når oppdrettsselskapene opplever perioder med økt biobegroing.

Resultatkapittelet presenterer intervjuobjektene tilbakemeldinger angående oksygensensorbruk og renholdsrutiner for sensor og merd. Resultatene viser variasjonen blant intervjuobjektene beslutninger og strategier. Hvilke hensyn som er tatt i forhold til plassering av sensor i anlegg og merd blir også presentert. Resultatene blir sett i sammenheng med hverandre og hvordan de kan ha innvirkning på kvantitativ datainnsamling av oksygenmetningsnivåer.

Abstract

There has been an increasing interest in fish welfare over a longer period of time. Dissolved oxygen levels in fish net cages have been among the focus areas. Before the work with this thesis began, dissolved oxygen levels from commercial aquaculture farms in Norway was measured and collected to construct a quantitative dataset. The purpose of this master's thesis is to map out some of the factors that may affect the data collection process to the quantitative dataset.

The data used in this master thesis has been collected using a qualitative method. There have been conducted eight video interviews with respondents from different fish farming companies, who has contributed to the quantitative dataset. The main focus of this thesis is understanding how the different choices of the farming companies can affect data collection process. The interviewees were asked questions related to their choices concerning oxygen measuring equipment and fouling removal for cages and oxygen sensors.

The focus of the master thesis is directed towards the choices fish farming companies make in relation to oxygen sensors and fouling removal routines that affect collection process for dissolved oxygen. For oxygen sensor the focus is aimed at the selection of sensor type, the choice of total number of sensors per facility, how DO sensors are placed in farms and cages and whether companies change the location of the sensor during a production period. For fouling removal routines, the focus is aimed at the method and the frequency of fouling removal for both net cages and oxygen sensors.

The results show variation among the interviewees in relation to the selection type of oxygen sensors, the number of sensors per facility, whether the fish farming company moves sensors during the production, biofouling removal methods for both sensors and net cages and the periods for which the companies experience increased biofouling. The considerations taken in relation to the placement of sensors in the facilities and cages are also presented. In the discussion the different results are compared to each other in relation to the impact they may have on the collection of oxygen saturation levels at varying fish farms.

Innholdsfortegnelse

| | |
|---|-------------|
| Forord | i |
| Sammendrag | ii |
| Abstract | iii |
| Figurliste | vii |
| Tabelliste | viii |
| 1 Innledning | 9 |
| 1.1 Bakgrunn | 9 |
| 1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål | 11 |
| 1.3 Begrensinger og forutsetninger | 12 |
| 2 Teori | 13 |
| 2.1 Datainnsamling | 13 |
| 2.2 Vannkvalitet og oksygenmetning | 15 |
| 2.2.1 Hypoksi | 15 |
| 2.3 Oppdrettsanleggets utforming | 17 |
| 2.4 Vanngjennomstrømning | 19 |
| 2.5 Begroing | 20 |
| 2.5.1 Preventive tiltak mot begroing | 21 |
| 2.5.2 Fjerning av begroing | 21 |
| 2.6 Luseskjørt | 22 |
| 2.7 Geografisk plassering | 23 |
| 2.7.1 Fjordlokalitet | 24 |
| 2.7.2 Kystlokalitet | 25 |
| 2.8 Sensorer | 25 |
| 2.8.1 Optisk- og membransensor | 26 |
| 2.9 Produksjonsområder | 27 |
| 2.10 Fiskeoppdrett i Norge | 29 |
| 2.11 Samdrift | 30 |
| 3 Metode | 31 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.1 | <i>Forskningsmetode</i> | 31 |
| 3.2 | <i>Utvalgsmetodikk og populasjonskriterier</i> | 32 |
| 3.3 | <i>Intervjuformat</i> | 33 |
| 3.4 | <i>Strukturering av intervjuguiden</i> | 34 |
| 3.5 | <i>Litteraturstudiet</i> | 35 |
| 3.6 | <i>Databehandling og analyse</i> | 36 |
| 3.7 | <i>Personvern</i> | 37 |
| 4 | Case | 39 |
| 4.1 | <i>Stillingstype</i> | 40 |
| 4.2 | <i>Produksjonstype</i> | 41 |
| 4.3 | <i>Produksjonsområder</i> | 41 |
| 4.4 | <i>Geografisk plassering</i> | 44 |
| 4.5 | <i>Størrelse på anlegg</i> | 45 |
| 4.6 | <i>Merddesign</i> | 46 |
| 4.7 | <i>Luseskjørt</i> | 49 |
| 5 | Resultater | 50 |
| 5.1 | <i>Sensorer</i> | 50 |
| 5.1.1 | Sensortype | 50 |
| 5.1.2 | Antall målepunkter per anlegg | 51 |
| 5.1.3 | Dybde målinger | 52 |
| 5.1.4 | Plassering av målepunkter i anlegget | 52 |
| 5.1.5 | Plassering av målepunkt i merd | 54 |
| 5.1.6 | Plassering av referansemåler | 55 |
| 5.1.7 | Flytting av målepunkt | 56 |
| 5.1.8 | Vedlikeholdstid og reserveløsninger | 57 |
| 5.2 | <i>Renhold</i> | 59 |
| 5.2.1 | Merdene | 59 |
| 5.2.2 | Sensorene | 62 |
| 5.2.3 | Vekstsesong | 64 |
| 6 | Diskusjon | 65 |
| 6.1 | <i>Resultatene</i> | 65 |
| 6.1.1 | Sensorer | 65 |
| 6.1.2 | Renhold | 70 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6.2 | <i>Case</i> | 75 |
| 6.2.1 | Stillingstype | 75 |
| 6.2.2 | Produksjonstype | 76 |
| 6.2.3 | Produksjonsområder og geografisk plassering | 76 |
| 6.2.4 | Luseskjørt | 77 |
| 6.3 | <i>Metode</i> | 78 |
| 6.3.1 | Forskningsmetoden | 78 |
| 6.3.2 | Utvalgets validitet og reliabilitet | 79 |
| 6.3.3 | Intervjuformatet | 80 |
| 7 | Konklusjon | 81 |
| 7.1 | <i>Videre arbeid</i> | 82 |
| 8 | Referanser | 83 |
| | Vedlegg A - Intervjuguiden | I |

Figurliste

| | |
|---|----|
| Figur 1 - Illustrasjon av tre forskjellige notdesign (fra venstre): sylinder med konisk bunn, konisk og firkantet..... | 17 |
| Figur 2- Total tillatelseskapasitet (MTB) pr 31.12.2021, datagrunnlaget for denne figuren er hentet fra Rapport: Nøkkeltall fra Norsk havbruksnæring 2021 (Fauske, 2022)..... | 28 |
| Figur 3 - Fordeling av sjøbaserte oppdrettslokaliteter for både laksearter og andre fiskearter fordelt etter fylke ved utgangen av 2022 (Fiskedirektoratet, 2023)..... | 29 |
| Figur 4– Oppdelingen av Grunnleggende kategorier og subkategorier for datanalysen..... | 36 |
| Figur 5 - Type stilling intervjuobjektene har | 40 |
| Figur 6 - Fordeling av eksempelanlegg etter produksjonsområde | 43 |
| Figur 7 – Fordeling av eksempelanlegg etter geografisk plassering..... | 44 |
| Figur 8 - Utformingen til eksempelanleggene..... | 45 |
| Figur 9 - Utforming til merdposer på eksempelanleggene..... | 46 |
| Figur 10 - Stolpediagram over intervjuobjektens bruk av luseskjørt på sine anlegg | 49 |
| Figur 11 - Intervjuobjektene kategorisert etter type oksygensensor de bruker | 50 |
| Figur 12 - Stolpediagram som viser hvor mange målepunkter hvert firma har per anlegg inkludert referansemåler..... | 51 |
| Figur 13 - Stolpediagram som viser fordelingen på hvilke dybder det blir tatt oksygenmålinger | 52 |
| Figur 14 - Stolpediagram som viser hovedhensynet tatt ved plassering av målepunkt i anlegg | 53 |
| Figur 15 - Stolpediagram som viser hovedhensynet tatt ved plassering av målepunkt i merd | 54 |
| Figur 16 - Stolpediagram som viser hvor oppdrettsfirmaene plasserer referansemåler..... | 55 |
| Figur 17 - Stolpediagram som kartlegger om intervjuobjektene flytter på sensorer..... | 56 |
| Figur 18 - Stolpediagram som viser hvor lang vedlikeholdstid intervjuobjektene har på oksygensensorer | 57 |
| Figur 19- Stolpediagram som viser fordelingen av reserveløsninger ved vedlikehold på sensor | 58 |
| Figur 20 - Stolpediagram som viser fordelingen av firmaene etter renholdsmetode for merd | 59 |
| Figur 21 - Stolpediagram som viser oppdelingen til firmaene om de gjennomfører renhold selv eller benytter ekstern aktør | 60 |
| Figur 22 - Stolpediagram som kartlegger hyppighet av vask på notposer i løpet av sommerhalvåret | 61 |

| | |
|--|----|
| Figur 23 - Stolpediagram som viser fordelingen av firmaene etter renholdsmetode på sensor62 | |
| Figur 24 - Stolpediagram som kartlegger hyppighet av vask på oksygensensorer i løpet av sommerhalvåret | 63 |
| Figur 25 - Stolpediagram over perioden intervjuobjektene opplever økt biobegroing på anlegg | 64 |

Tabelliste

| | |
|---|----|
| Tabell 1 - Fiskeridirektoratets råd om maskevidde i sammenheng med minste individvekt... 18 | |
| Tabell 2 - Produksjonsområdeoversikt etter Produksjonsområdeforskriften (2017) | 28 |
| Tabell 3 - Antall intervjuobjekter med lokaliteter på et produksjonsområde | 41 |
| Tabell 4 - Produksjonsområder der intervjuobjektene har registrerte oppdrettslokaliteter..... | 42 |
| Tabell 5 - Dimensjoner for merdutforming..... | 48 |

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Norsk oppdrettsindustri er en relativt ung industri, som har opplevd en eksponentiell vekst siden opprettelsen av oppdrettsnæringen på 1960-tallet. Det største gjennombruddet skjedde i 1970 med den første suksessfulle utsettingen av laks i sjø. Siden den tid har oppdrettsnæringen vært under konstant utvikling og vekst.(Havbruksavdelingen, 2021). Ved utgangen av 2021 var havbruk den nest største eksportnæringen i Norge. Den norske regjeringens havbruksstrategi legger ambisiøse krav og mål, med et ønske om «en lønnsom næring med konkurransedyktige rammevilkår».(Fiskeridepartementet, 2021). Det blir også satt et viktig søkelys på videreutvikling for å sikre kontinuerlig vekst, løse utfordringer i forhold til bærekraft sammen med de andre problemene som næringen står ovenfor.(Fiskeridepartementet, 2021).

Det har vært en økende interesse for fiskevelferd over en lengre tidsperiode, og har blitt rettet søkelys mot viktigheten av dyrevelferd i oppdrettsnæringen av både etiske og økonomiske årsaker. (Johansson et al., 2006; Johansson et al., 2007; Turnbull et al., 2005). Dyrehold i Norge blir regulert gjennom et stort regelverk av lover og forskrifter, som blant annet skal sikre dyrevelferden til landbaserte og havbaserte husdyr. Fiskevelferd blir regulert av bestemmelser i dyrevelferdsloven og egne særforordninger for næringen. For å sikre at fisk i oppdrettsanlegg har «gode levekår», settes det krav til vannkvalitet og overvåkning i §22 av akvakulturdriftsforskriften. Oksygenmetning i vann blir listet opp som en sentral parameter for å opprettholde fiskevelferd og det stilles krav til at oppdrettsselskaper gjennomfører systematisk måling av oksygenmetning i oppdrettsmerder. (Akvakulturdriftsforskriften, 2008).

Oppdrettsmerder har et komplekst miljø, hvor miljøfaktorer som oksygenmetning kan endre seg både over tid og rom. (Vigen, 2008). Merdmiljø er en sentral faktor for fiskevelferd og kvaliteten på forholdene fisken opplever blir reflektert gjennom fysiologi og atferd. Oksygenmetning er en av de mest sentrale verdiene for å sikre god fiskevelferd. (Burt et al., 2012; Johansson et al., 2006; Johansson et al., 2007; Solstorm et al., 2018). Det er mange faktorer som kan påvirke både oksygenmetning og vannkvalitet i oppdrettsmerder, blant annet

biobegroing, utforming på oppdrettsanlegg og anleggets geografiske plassering.(Johansson et al., 2006; Johansson et al., 2007).

Dyr i oppdrettsanlegg har ikke muligheten til å unngå dårlige oksygenforhold om de skulle oppstå. Det er dermed viktig å benytte god sensorteknologi for å overvåke og ha kontroll på oksygenmetning i oppdrettsmerder.(Burke et al., 2021). Oppdrettsselskaper måler og loggfører oksygenverdiene i deres oppdrettsmerder. Et utvalg av norske oppdrettsselskaper har delt loggførte oksygenmålinger fra deres anlegg og den informasjonen utgjør grunnlaget for et kvantitativt datasett som er utgangspunktet for denne masteroppgaven.

Det kvantitative datasettet har inspirert utformingen av en kvalitativ undersøkelse, som er informasjonsgrunnlaget for denne oppgaven. Et kvantitativt datasett kan ha utfordringen at det gir lite dybdeforståelse av virkeligheten og de reelle forholdene på et oppdrettsanlegg. Formålet med forskningen er å kartlegge hvilke faktorer ved driften til oppdrettsselskaper som kan påvirke de registrerte oksygennivåene i det kvantitative datasettet.

Fokuset til den kvalitative undersøkelsen er delt mellom strategier og hensyn tatt i forhold til plassering og renholdsrutiner for oppdrettsanlegg og oksygensensorer. Oksygensensorer er viktig for å kontrollere og holde oversikten over vannkvaliteten i oppdrettsmerder. Sensorene kan plasseres på mange ulike plasser og dybder i et oppdrettsanlegg som kan gi oppdrettere muligheten til å danne et godt oversiktsbilde av vannkvaliteten i en merd.(Burke et al., 2021). Mulighetene oppdrettsselskaper har for utplassering av sensor gjør det også interessant å studere de hensyn og valg oppdrettere tar ved utplassering av sensorer.

Vanngjennomstrømning i merder er en av de mest sentrale tilførselskildene av oksygenholdig vann i oppdrettsmerder. En av faktorene som kan begrense vanngjennomstrømning til merder er biobegroing. (Johansson et al., 2006; Johansson et al., 2007). Oppdrettsselskaper kan kontrollere biobegroing, enten ved preventive tiltak eller ved fjerning.(Blöcher & Floerl, 2021). Det er dermed interessant å utforske de forskjellige renholdsmetodene og rutinene til oppdrettsselskaper.

1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål

Formuleringen av problemstilling til oppgaven har endret seg mye gjennom arbeidsperioden, noe som er relativt vanlig for kvalitative studier.(Jacobsen, 2022). Samtidig så har hovedformålet vært fast gjennom arbeidsperioden, og fokuset har vært å øke forståelsen av et kvantitativt datasett med målte oksygennivåer gjennom en kvalitativ undersøkelse. Dette har resultert i problemstillingen:

Hvilken effekt kan oppdrettsselskapers beslutninger rundt egen drift ha på kvantitativ datainnsamling av oksygenmetning i oppdrettsmerder?

Hovedformålet med oppgaven er å kartlegge de faktorer som påvirker datainnsamling av oksygennivåer i oppdrettsmerder. Det finnes en del forskning på hvordan oksygennivåer blir påvirket av ulike interne og eksterne faktorer, men lite forskningen fokuserer på datakvaliteten av registrert måledata fra kommersielle oppdrettsmerder. (Johansson et al., 2006; Johansson et al., 2007). Fokuset blir rettet mot valgene oppdrettsselskap tar i forhold til egen drift og hvordan det kan påvirke datainnsamlingsprosessen. Det har resultert i formuleringen av to forskningsspørsmål:

- F. I. Hvordan påvirker oppdrettsselskaper sine beslutninger knyttet til oksygensensorer, en kvantitativ datainnsamlingsprosess?*
- F. II. Hvordan påvirker oppdrettsselskaper sine rutiner for renhold av oppdrettsanlegg og måleutstyr, en kvantitativ datainnsamlingsprosess?*

Det første forskningsspørsmålet fokuserer på å kartlegge hvordan oppdrettsselskapene tenker i forhold til sensorbruk, her blir det fokusert på typen sensorer som benyttes, antall målepunkter per anlegg, dybdemålinger og andre hensyn som blir tatt ved utplassering av sensorer. Det andre forskningsspørsmålet baserer seg på hvordan og hvor regelmessig oppdrettsselskaper gjennomfører renhold på anlegg.

1.3 Begrensinger og forutsetninger

Oppgaven blir avgrenset gjennom problemstillingen og forskningsspørsmålene. Dette kapitlet presenterer andre begrensinger og forutsetninger for forskning i denne oppgaven.

Fiskeoppdrettsnæringen kan deles opp i ulike oppdrettskategorier, som akvakultur på stamfisk, settefisk og matfisk. Forskningen er begrenset til akvakultur på matfisk, resultatene fra dette studiet er nødvendigvis ikke relevant for akvakultur på enten stamfisk eller settefisk.

Forskningen i denne oppgaven avgrenser fokuset til å bare omhandle drift på sjøbaserte matfiskanlegg. (Akvakulturdriftsforskriften, 2008; Misund, 2023).

Definisjonene smoltnot, generasjonsnot og storfisknot blir brukt i oppgaven. De har ingen konkret definisjon, men oppdelingen er basert på definisjonen til Fiskeridirektoratet, se Tabell 1 på s.18 hentet fra Fiskeridirektoratets nettsider.(Fiskedirektoratet, 2022c).

Målgruppen til denne oppgaven er personer med kjennskap til og kunnskap om akvakultur og norskfiskeoppdrett.

2 Teori

2.1 Datainnsamling

Datainnsamling eller datafangst er prosessen der informasjon om variabler av interesse blir samlet inn og målt på en etablert og systematisk måte. Metodene for datainnsamling varierer etter format og formål, men det viktigste prinsippet å sikre at dataen blir innhentet på en nøyaktig måte. Formålet med datainnsamling er å hente inn kvalitetsdata som kan transformeres til en dataanalyse. Analysen skal kunne gi gode og pålitelige svar på spørsmål som har blitt stilt i forskningen. (*Data Collection*, 2005).

Datainnsamlingsprosesser er avhengig av å tilfredsstille to krav:

1. Dataen må være gyldig og relevant
2. Dataen må være pålitelig og troverdig

(Jacobsen, 2022).

Det første kravet, spesifiserer at innsamlet data skal kunne svare på forskningsspørsmål for å bli ansett som gyldig. Det andre kravet, spesifiserer at forskningen må være til å stole på.

Datainnsamlingen må bli gjennomført på en troverdig og tillitsvekkende måte.

Innsamlingsprosessen bør ha minst mulig avvik, for å redusere feil i datasettet. (Jacobsen, 2022).

Datakvaliteten avhenger av nøyaktighet i datainnsamlingsprosessen. Innhentet data blir koblet mot virkeligheten, som gjør den mer pålitelig og troverdig. (Omreon, 2022). Valg av måleinstrumenter og spesifisering av tydelige parametere for bruk, er viktig for sikre nøyaktigheten og redusere sannsynligheten for avvik. Unøyaktig datainnsamling kan resultere i flere negative konsekvenser for forskning:

- Det er ikke mulig å gjennomføre forskningen eller besvare forskningsspørsmålene
- Det er ikke mulig å gjenta og validere forskningen
- Det kan villede andre forskere som forfølger resultatløse undersøkelser
- Det kan medføre skader hos testsubjektene

(*Data Collection*, 2005).

Et viktig aspekt ved datainnsamling er å opprettholde integriteten til dataen. Hovedsakelig så er bevaring av data integritet benyttet som et verktøy for å oppdage feil i en

datainnsamlingsprosess. Det er to forskjellige måter å ivareta dataintegritet og validiteten til forskningsresultatene. Den første tilnærmingen er kvalitetssikring, de aktiviteter som foregår før datainnsamlingsprosessen starter, den andre tilnærmingen er kvalitetskontroll, de aktiviteter som foregår under og etter datainnsamlingsprosessen. (*Data Collection*, 2005).

Kvalitetssikring er forebyggende aktiviteter gjort for å redusere risikoen for avvik ved datainnsamling. Hovedformålet med kvalitetssikring av datainnsamlingsprosessen er å sikre at data blir samlet inn på en kostnadseffektiv måte som også beskytter integriteten til dataen. Kvalitetssikring fokuserer på å identifisere problemer og eventuelle feil som kan oppstå i forskningsprosessen, dette blir gjort gjennom å lage rutiner og retningslinjer som kan forhindre at avvik oppstår. (*Data Collection*, 2005; Hayes, 2023).

Lav grad av kvalitetssikring i tidligfase av datainnsamlingsprosessen øker risikoen for at problemer eller avvik ikke blir registrert tidlig nok til å gjennomføre korreksjon på avvik før det påvirker datakvaliteten. Dårlig kvalitetssikring kan resultere i:

- Ufullstendig oversikt over data som skal samles inn
- Uklare beskrivelser av måleinstrumenter og hvordan de skal brukes
- At ansatt ikke får tilstrekkelig opplæring/informasjon om hvordan måleutstyr skal brukes og hvem som er ansvarlig for å kontrollere utstyr og registrere målinger
- Mangel på system for dokumentering av avvik fra eller endring i rutiner

(*Data Collection*, 2005).

Kvalitetskontroll er reaksjonære handlinger som blir gjort under eller etter datainnsamlingsprosessen. Det blir gjennomført kvalitetskontroller enten gjennom direkte observasjon eller regelmessige gjennomganger av rapporter for å identifisere uregelmessigheter, ekstremalverdier eller andre avvik. Formålet med en kvalitetskontroll er å identifisere nødvendige handlinger som må bli gjort for å rette opp feil i datainnsamlingsprosessen og redusere risikoen for fremtidige lignede avvik. (*Data Collection*, 2005).

Noen datainnsamlingsproblemer som kan medføre behov for kvalitetskontroll er:

- Feil på enkelte dataelementer/Feil på sensorer for innsamling
- Systematiske feil

- Protokollbrudd/rutinebrudd
- Lokaleavvik på anlegg

(*Data Collection*, 2005).

2.2 Vannkvalitet og oksygenmetning

Vannkvalitet er en sentral faktor for å sikre høy kvalitet og produksjon innenfor akvakultur. Det er fire kategorier innenfor vannkvalitet som påvirker oppdrett av fisk, disse er; fysiske parametere, organisk forurensning, biokjemiske farer og biologisk forurensing. De mest sentrale fysiske parameterne for vannkvalitet i et oppdrettsanlegg er oksygenmetning, temperatur, pH-nivå og turbiditet.(Su et al., 2020).

Miljøforholdene i en oppdrettsmerd kan variere mye over både tid og rom og variasjonene kan medføre situasjoner som er kritisk for vekstraten til oppdrettsfisken. Temperatur og oksygentilgjengelighet er to av de mest sentrale faktorene for fiskevelferd og er utslagsgivende for fiskens metabolisme. Temperatur styrer fiskens metabolisme og oksygenmetning er den mest begrensende faktoren for aerobe metabolisme. (Solstorm et al., 2018).

2.2.1 Hypoksi

Oksygennivåer i vann blir definert som en av de mest sentrale faktorene som påvirker fiskevelferd og -atferd. (Burt et al., 2012; Johansson et al., 2006; Johansson et al., 2007; Solstorm et al., 2018). Lave oksygenmetningsnivåer i vannmasser vil resultere i at fisk må justere egen atferd for å opprettholde tilstrekkelig oksygenmetning i kroppen, slike tilstander kalles hypoksi. Fra et fysiologisk perspektiv blir miljøhypoksi definert som oksygenmetningsnivåer i vann som reduserer oksygenkonsentrasjonen i blodårene til fisk. Lav oksygenkonsentrasjon i blodårer har potensialet til å redusere oksygenoverføringsfaktoren til blodårene.(Burt et al., 2012).

Oksygenmetning er en av de viktigste faktorene for laksens aerobe metabolisme.(Solstorm et al., 2018). Den aerobe metabolismen produserer energien som er viktig for flere vitale aktiviteter. Aerobmetabolisme er en prosess som er avhengig av god tilgang på oksygen for å yte best mulig. (Oldham et al., 2019). Lav oksygenmetning og syklisk hypoksi i

oppdrettsmerder har negativ effekt på den aerobe metabolismen og kan medføre redusert matkonsum og lavere vekstrate hos fisken. Moderate tilfeller av hypoksi kan redusere fiskens aerobe kapasitet og svømmehastighet.(Jonsdottir et al., 2020).

Miljøhypoksi kan bli definert som enhver vannmasse med oksygenmetningsnivåer som kan ha negativ effekt for de fysiologiske funksjonene til fisk. Når oksygenverdiene i en merd synker til et nivå som kan defineres som miljøhypoksisk, vil laks prøve å opprettholde sin normale metabolisme med kompenseringmetoder som å øke gjelle-ventilering og gjennomstrømming helt frem til O₂-nivået blir så lavt at det blir en energitømmende øvelse. (Remen et al., 2013).

Når oksygenivået i en merd synker ned til å være hypoksisk, vil oksygenopptaket til fisken reduseres i takt med synkende oksygenverdier. (Remen et al., 2013). For atlantisk laks vil oksygenivåer under 6 mgL⁻¹ bli ansett som nivået der oksygenopptaket til fisken vil reduseres. Oksygenivåer som er under 6 mgL⁻¹ vil kunne medføre kronisk stress og svekkede forhold for fiskens vekst. Faller oksygenivåer under 1 mgL⁻¹ vil det bli ansett som dødelige forhold.(Burt et al., 2012).

Oksygenbehovet til laks kan variere stort og det er mange ulike faktorer som kan gjøre utslag. For normalt tilfeller så vil den maksimale aerobe raten til laks bli styrt av temperatur.(Oldham et al., 2019). Risikoen for hypoksiske situasjoner øker i takt med temperatur stigning. En temperaturøkning i vann vil forårsake to reaksjoner, fisk vil begynne å konsumere mer oksygen samtidig som oksygenkonsentrasjonen i sjøvannet synker. (Alver et al., 2022; Jonsdottir et al., 2020).

Et tidlig tegn på at oppdrettslaks opplever lave oksygenivåer og hypoksiske tilstander er en reduksjon i appetitt, som blir etterfulgt av lavere vekstrate. Appetitt synker gradvis med oksygenmetningsnivåer, frem til oksygenmetningen når et nivå der respiratorisk stress og dødelighet oppstår.(Remen et al., 2016). For å motvirke dette så har det blitt normalpraksis blant oppdrettere å utsette fôring hvis registrerte oksygenivåer er for lave.(Burke et al., 2021).

2.3 Oppdrettsanleggets utforming

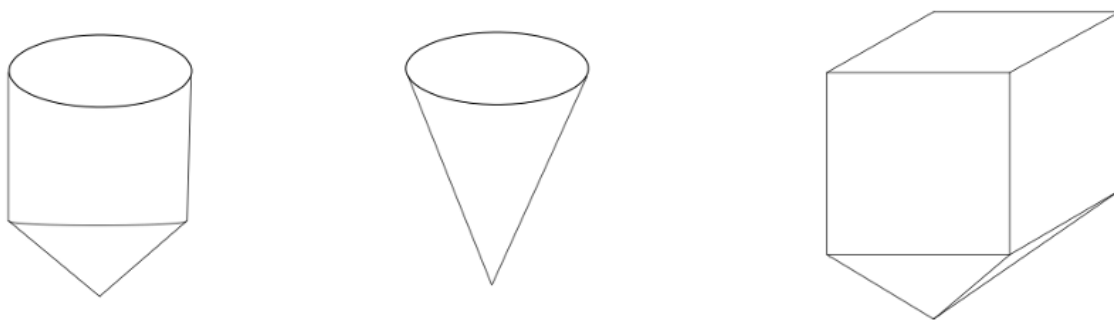
Oppdrettsanlegg kan varierer i størrelse og utforming, men består alltid av fire hovedkomponenter:

- Innhegning
- Flyter
- Forankringssystem
- Flåte

(NYTEK23, 2023)

Innhegning er en notpose eller en annen form for konstruksjon som har til hovedformål å utgjøre en barriere mellom oppdrettsfisken og omgivelsene. En notpose er en type innhegning som er utformet som et poseformet nett. Flyter er en konstruksjon som gir oppdrift og/eller stivhet til en innhegning, det kan eksempelvis være en rammekonstruksjon. Et forankringssystem er et system av liner og bunnfester som har hovedfunksjon å holde akvakulturanlegget eller flåten i riktig posisjon. Flåten er en integrert eller frittliggende konstruksjon som er utstyrt med utstyr for driften av oppdrettsanlegget. (NYTEK23, 2023)

Oppdrettsanlegg har enten en firkantet eller sirkulær utforming. Firkantede merder er enten kvadratiske eller rektangulære med sidekanter på 20-40 meter, de er 20 til 35 m dype. Sirkulære merder har omkrets på 90-157m og er opp mot 48m dype.(Oppedal et al., 2011)



Figur 1 - Illustrasjon av tre forskjellige notdesign (fra venstre): sylindriske med konisk bunn, konisk og firkantet

Nøter kan flere forskjellige typer notdesign tre av de er firkantet, sylindrisk med konisk bunn og konisk (spisspose). (Cardia & Lovatelli, 2015; Mørenot). Konisk-notpose eller spisspose er forankret med et senterlodd slik at noten får utforming lik en kjegle.(Mørenot) Sylindriske

notposer med konisk bunn, har rette vegger parallelt med merdens forankringstau og en kjegleformet bunn forankret med ett lodd i bunnen.(Cardia & Lovatelli, 2015).

Fysisk gjennomstrømning av vann inn i en merd påvirkes av størrelsen på maskeåpningen i notposen.(Løland, 1991). Akvakulturdriftsforskriften § 37 fjerde ledd setter krav til at maskeåpningen i en notpose skal være tilpasset fiskens størrelse slik at fisken ikke kan rømme gjennom åpningene. Forhindring av rømming er en faktor som påvirker maskevidden på notposer, som resulterer i at maskevidden ikke kan være større enn minimum størrelse på individene i merd.(Havforskningsinstituttet, 2022).

Valg av maskestørrelse på merder avhenger av individvekten til fisken. Fiskeridirektoratet har laget en oversikt på hvor stor maskevidden til notposene burde være i forhold til minste individvekt til laksen. Notposene blir delt opp i tre kategorier, smoltnot, generasjonsnot og storfisknot basert på fiskens størrelse. (Fiskedirektoratet, 2022c). Tabell 1 nedenfor viser rådet fra Fiskeridirektoratet for maskevidde basert på minste individvekt. Maskesidene eller maskeviddene oppgitt i tabellen har ifølge Fiskeridirektoratet blitt hentet inn fra flere notleverandører og gjelder for notlin i nylon. (Fiskedirektoratet, 2022c).

| | Smoltnot/småfisknot | | | | | Generasjonsnot | | | | | Storfisknot | | | | | |
|---|---------------------|------|------|----|------|----------------|-----|------|-----|------|-------------|------|------|------|-----|-----|
| Lengde på maskeside (mm) | 15,5 | 16,5 | 17,5 | 18 | 18,5 | 19,5 | 20 | 21,5 | 22 | 22,5 | 24 | 24,5 | 25,5 | 26,5 | 27 | 29 |
| Fiskeridirektoratets reviderte tilråding for minste individvekt (gram) | 40 | 45 | 55 | 60 | 70 | 90 | 100 | 120 | 125 | 130 | 160 | 170 | 195 | 205 | 215 | 250 |

Tabell 1 - Fiskeridirektoratets råd om maskevidde i sammenheng med minste individvekt

Fisketettheten i oppdrettsmerder i Norge blir regulert av Akvakulturdriftsforskriften (2008) og skal ikke overstige 25 kg/m³, jf. §25. Høy fisketetthet kan ha negativ effekt på vekstrate og slaktevekt. Oppdrettsfisk som opplever høy fisketetthet, vil generelt ha det vanskeligere for å legge på seg vekt sammenlignet med de som opplever lav tetthet.(Ellis et al., 2002; Wang et al., 2019)

2.4 Vanngjennomstrømning

I en oppdrettsmerd så er hovedkildene for oksygentilførsel i vann, fotosyntese og fysisk blanding av atmosfærisk oksygen. Oksygentilførsel ved fotosyntese er normalt ikke tilstrekkelig for å dekke behovet til biomassen i en oppdrettsmerd.(Burt et al., 2012). Behovet må dermed bli dekket ved fysisk transport, vannstrømning, dette kan bli oppnådd ved tidevannsbevegelser, vind eller ferskvannsavrenning. (Johansson et al., 2006; Johansson et al., 2007).

For å opprettholde et akseptabelt merdmiljø er det viktig å ha god forståelse av strømmingene som foregår i og rundt oppdrettsmerden. Vannutskiftning er en av de viktigste faktorene for å opprettholde et godt merdmiljø, ved at de tilfører nytt oksygenholdig vann og fjerner avfall. (Rasmussen et al., 2015). Fysisk transport av vann i og rundt oppdrettsmerd kan bli hindret av faktorer som maskevidde på notposen, biobegroing, merd- og anleggsutforming, tilstedeværelsen av en pyknoklin, lokal topografi og merdens geografiske plassering. (Johansson et al., 2007).

Interaksjonseffekter mellom anleggets infrastruktur og vannstrømning gjør at strømningshastigheten i hvilken som helst merd på et oppdrettsanlegg vil være lavere enn strømningshastigheten oppstrøms for anlegget. Normalt vil et oppdrettsanlegg ha en utforming som er orientert etter hovedstrømretning til lokasjonen.(Løland, 1991). Et oppdrettsanlegg består som regel av flere merder plassert i en gitterstruktur, der noen merder vil stå oppstrøms i forhold til andre merder.(Rasmussen et al., 2015). Reduksjon i strømningshastigheten oppstår grunnet tap av moment når vann strømmer gjennom merder og merdvegger. (Løland, 1991).

Størrelsen på væskeinteraksjonseffekten vil avhenge av ulike kvaliteter ved anlegg og merder. Noen faktorer som kan påvirke væskegjennomstrømning i merder er maskevidde, størrelsen på merden, avstanden mellom merder. Biobegroing på nøter vil også kunne bidra til redusert vannutskiftning.(Løland, 1991).

To merder, en oppstrøms og en nedstrøms i ett oppdrettsanlegg vil ha ulik vannkvalitet. Når vann strømmer gjennom en merd vil det ta med seg avfallsstoffer og oksygenfattig vann og bringe det videre inn i merder som ligger nedstrøms i anlegget. Samtidig som

strømningshastigheten synker vil også vannkvaliteten avta gjennom oppdrettsanlegget. (Løland, 1991).

2.5 Begroing

Biobegroing er fremvekst av organismer på nedsunkede strukturer. (Blöcher & Floerl, 2021). Utviklingen av biobegroing kan være suksessiv der organiske og uorganiske molekyler blir absorbert til overflaten av en marin struktur og danner et lag som bakterier kan feste seg og danne en biofilm. Dannelsen av en biofilm tilrettelegger for mikrobegroing av organismer som protozoer og kiselalger som videreutvikler seg til begroingen av makroorganismer som skjell og andre virvelløse dyr. (Blöcher, 2013). Grad av biobegroing vil variere med årstidene der det vil være økt vekst i de varme sommermånedene og mindre om vinteren når det er kaldere og mørkere. (Blöcher et al., 2013).

For akvakulturindustrien så kan fri fremvekst av organismer ha negative følger for oppdrettsfisken. Mangel på intervensjonstiltak ved begroing på anlegg kan medføre fire forskjellige konsekvenser for fisken og merdmiljøet:

1. Det kan oppstå fortetting på nøtene, som hindrer vannstrømning gjennom merd og reduserer oksygenivåer og fjerning av avfallsstoffer.
2. Økning i sykdomsforekomst og risiko for velferden til fisken, ved at begroingen kan gjøre fysisk skade på gjeller og huden til fisken i tillegg til at bioorganismene kan være sykdomsbærere.
3. Endring i oppførselen til rognkjeks og andre leppefiskarter som benyttes for å holde lakselusbestanden nede. Bioorganismer som vokser frem i merder er en naturlig matkilde for slik fisk og store fremvekster kan redusere mengden lakselus som fisken spiser.
4. Det kan være et grunnlag for fremveksten av ikke-lokale arter. Ukontrollert biobegroing på oppdrettsanlegg kan bidra til fremvekst og spredning av ikke-lokale bioorganismer utenfor oppdrettsanlegg som medføre større miljøkonsekvenser.

(Blöcher & Floerl, 2021)

Biobegroing kan også påvirke sensorer plassert i oppdrettsanlegg. Når sensorer blir satt ut i sjøvann kan biobegroing begynne å vokse frem etter kun noen dager. Biobegroing kan

påvirke miljøet som sensoren måler, men også sensorens funksjonalitet ved å blokkere sensoroverflaten, samt hengsler og rør på sensoren. Blokkeringen kan påvirke måle- og driftsevnen til sensorer, eventuelt medføre operasjonssvikt. (Bloecher et al., 2021).

Hovedfokuset ved kontrollering av biobegroing på oppdrettsanlegg i Norge og Skottland er todelt. Enten så iverksettes tiltak for å forhindre biobegroing eller så fokuseres det på fjerning av begroing.(Blöcher & Floerl, 2021).

2.5.1 Preventive tiltak mot begroing

Biobegroing på nøter blir i hovedsak forhindret ved at nøtene blir impregnert med biocider. Kobber er det vanligste impregneringsmiddelet for nøter, men det kan enten bli erstattet eller kombinert med andre biocider som kobberpyriton, sinkpyriton eller tralopyril.

Hvor vellykket impregneringen av nøter er, avhenger av den relative konsentrasjonen og kombinasjonen av biocider sammenlignet med grad av biobegroing i området anlegget er plassert. Beskyttelsen impregneringen gir varierer, men varer sjeldent en hel produksjonsperiode. På det korteste så kan impregneringen begynne å svikte etter så kort som åtte uker etter notposen ble satt ut.(Blöcher & Floerl, 2021).

Et preventivt tiltak mot begroing som alternativ til impregnering er bruk av notposer laget av kobber. Slike nøter har vist godt effekt i forhindring av biobegroing, men blir lite brukt grunnet høye oppstartskostnader og at de er vanskeligere å håndtere enn impregnerte nøter. (Blöcher & Floerl, 2021).

2.5.2 Fjerning av begroing

Fjerning av begroing på merder blir i hovedsak gjort ved vask av nøter. Den vanligste formen for notvask er spyling, enten høytrykks- eller lavtrykksspyling. Denne formen for notrengjøring baserer seg på så sende trykk-satt vann fra roterende skiver montert på en rengjøringsrigg mot merdveggene. Rengjøringsriggen beveger seg på innsiden av merden og vasker vekk biologisk groende organismer fra nøtene. Det systemet som er mest i bruk har dyser som spyler med høytrykk på rundt 350 bar, men lavtrykksspyling på 50-150 bar med større vannmengder begynner å bli mer vanlig. Alternative rengjøringsmetoder til høytrykksspyling er kavitasjons- eller børstevask. (Blöcher & Floerl, 2021).

Kavitasjon er hyppig dannelse og kollaps av bobler i en væske. Vasking ved bruk av kavitasjon skjer ved å lage en vannstrøm som har høyt innhold av små luftbobler. En stråle med høyt luftnivå, selv ved høyt trykk, er “mykere” enn en ren vannstråle. Luftboblene som har blitt skapt i kavitasjonsvaskeenheter imploderer når de treffer notlinet. Implosjonen skaper trykkbølger som øker vaskeeffekten. (Kyst.no, 2022; Moen Marin AS). Sintef fant gjennom et studie at kavitasjonsvask var omtrent like effektivt som og mer skånsomt enn, høytrykksspyling. (Blöcher, 2015).

Notvasking blir som oftest gjennomført ad hoc, vurdert etter grad av tilvekst på anlegg og behovet til oppdrettsfisken i merden eventuelt etter lovregulerte krav. Regelmessigheten varierer veldig, på det sjeldneste kan vasking forekomme på årlig basis mot i de verste begroingsperiodene der behovet kan ligge på vask hver femte dag. (Bannister et al., 2019).

Vask på nøter kan ha ulike konsekvenser som kan påvirke fiskehelsen. Hyppig vask av nøter kan medføre slitasje på impregnering som kan redusere nøtenes varighet og levetid. Det kan også bidra til spredning av biocider i merden og ut i omverdenen. Notvasking kan også bidra til spredning av ikke-lokale arter, ved at den sprer koloniserte arter samtidig som kjønnsceller blir frigjort, som forårsaker rask rekolonisering andre steder. (Bannister et al., 2019). Avfall frigjort ved rengjøringsprosesser kan inneholde fragmenter biologisk groende organismer og partikler fra impregnering som kan påvirke fiskehelsen. Oppdrettere observerer stresset oppførsel og redusert appetitt hos oppdrettslaks under notvask og i etterkant har det blitt skader på gjeller og skinn. (Bannister et al., 2019).

2.6 Luseskjørt

Luseskjørt er et preventivt tiltak innenfor lakseoppdrett for å redusere mengden lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) i oppdrettsmerder. Lakselus foretrekker å svømme opp mot vannoverflaten slik at den høyeste konsentrasjonen av lakselus vil være i de øverste vannlagene. Det er en form for skjermingsteknologi som prøver å holde lakselusen utenfor merden ved å omdirigere den øvre delen av vannsøylen rundt merden. (Jonsdottir et al., 2020).

Effektiviteten til luseskjørt varierer, studier har både resultater som viser at luseskjørt reduserer lakselus-påvirkningen samtidig som andre resultater at på noen lokasjoner så har luseskjørt ingen effekt. (Jonsdottir et al., 2020). Luseskjørt påvirker også merdmiljøet og vannkvalitet, spesielt da oksygenmetningsnivået i merden. Oksygenbehovet i en merd blir truffet gjennom fysisk transport av vann, der det oksygenfattige vannet blir skriftet ut med oksygenrikt vann fra omgivelsene. Tilstedeværelsen av luseskjørt endrer på strømningsmønsteret slik at vannet går rundt, og ikke gjennom merden som forstyrrer den naturlige utskiftningen av vann, som kan for noen lokasjoner medføre reduserte oksygenmetningsnivåer. (Jonsdottir et al., 2020).

Gjennomføring av strømningsanalyser har vist at på oppdrettsmerder som er utstyrt med luseskjørt vil en del av den innkommende strømmen bli presset rundt merden, samtidig som en del av vannmassen vil bli presset ned langs luseskjørtet og opp under skjørtekanten. Det har blitt gjennomført flere studier på dette og det har variert hvor stor vanntilstrømningen har vært. (Jonsdottir et al., 2020). En variabel som kan ha utslagsgivende effekt på slik vanntilstrømning er stratifisering grunnet enten temperatur eller salinitet. For tilfeller der en lokalitet har en pyknoklin så er det kjent at det vil hindre blanding vann på tvers av stratifiseringen og kan påvirke oksygenmetningen i merden. For lokaliteter uten stratifisering så vil det være jevnere oksygenmetningsnivå gjennom hele merden. (Jonsdottir et al., 2020).

2.7 Geografisk plassering

Geografisk plassering kan ha mye å si for oksygenmetningsnivået i en merd. (Johansson et al., 2007) Det er viktig å velge en produksjonslokalitet som kan dekke fiskens fysiologiske og atferdsmessige behov, både med hensyn til produksjonseffektivitet og fiskevelferd. (Johansson et al., 2007)

Innenfor fiskeoppdrett kan det skilles mellom kystlokaliteter og fjordlokaliteter. (Johansson et al., 2007; Oppedal et al., 2011) I sin undersøkelse fant Johansson et al. (2007) at fjordlokasjoner har en tendens til å ha lavere oksygennivåer enn kystlokasjoner. Studiet fant at gjennomsnittlig oksygenmetning på fjordlokasjonen lå på 86% mot 95% på kystlokasjonen.

2.7.1 Fjordlokalitet

En fjord kan beskrives som et undersjøisk dalføre, en forgrenet innskjæring av havet som vanligvis er lang og smal og omgitt av fjellsider. Fjorden er utformet som en langstrakt dyp dal som stikker ned under havnivå og som lengst ute åpner ut mot havet. Typisk for fjorder er at de har blitt gravet ut av brearmen fra en isbre. Karakteristiske kjennetegn for fjorder er at de har bratte, U-formede sider og kan være veldig dype, men at de ofte har en grunnere terskel ved munningen ut mot havet. Terskelen ble dannet under istiden, der brearmen ble sluttet og avsatte en endemorene. En fjord kan ha flere terskler som har blitt dannet ved gradvis ismelting. (Bryhni, 2021; Gade, 2009).

Vannmassene i en fjord vil ofte bære preg av stratifisering, der vannmassene kan dels opp i tre ulike kategorier disse er: overflatevann, mellomvann og basseng-/dypvann.

Overflatevannet er en blanding av ferskvann fra elver som renner ned i fjorden og saltvann fra nærliggende kyst- og havområder, som danner ett brakkvannslag på overflaten. Mellomvannet er et vannlag som ligger mellom overflatelaget og dypvannet, hvor dypvannet blir avgrenset av terskeldybden. Vannsirkulasjonen i mellomlaget blir dominert av horisontale trykkgradienter mellom kyst- og fjordvann. (Christakos et al., 2021).

Oppdrettsanlegg lokalisert i fjorder er spesielt utsatt for pyknoklin-dannelse i merder.(Johansson et al., 2007). Dannelsen av en pyknoklin kan forårsakes av endringer i vannets temperatur eller salinitet. En pyknoklin kan være veldig stabil og fungere som en barriere for overflateprosesser. Det vil dermed være få endringer i saltholdighet eller temperatur under en pyknoklin.(Britannica, 2019).

Fjorder som er utsatt for ferskvannstilrenning har potensialet for pyknoklindannelse grunnet differanse i temperatur og salinitet mellom brakkvann fra elveutløp i øvre lag og salt kystvann i dypet. Pyknokliner dannet av et brakkvannslag er ofte veldig solid og vil begrense blanding mellom vannlagene i stor grad. Dette kan skape store forskjeller i vannkvalitet og miljø over og under pyknoklinen.(Johansson et al., 2007).

2.7.2 Kystlokalitet

Kyst er grensen mellom land og hav, det kan også betegnes som landet som møter hav eller fjord. (Store norske leksikon, 2022). Kystlandskapet blir påvirket av den lokale topografien til et område, i tillegg til erosjon skapt av vann. Dette gjør at det er stor variasjon mellom kystområder, kyst kan blant annet omfatte: skjærgård, sund, streder, vik, laguner og næringskyst. (Johansson et al., 2007; Store norske leksikon, 2022).

Oppdrettsanlegg plassert på kysten har typisk mer homogen vannkvalitet og er utsatt for mer variabel strømming, men kan oppleve pyknoklin-dannelse grunnet temperatur. (Oppedal et al., 2011). Lokal overflateoppvarming fra solen kan enten danne eller modifisere en eksisterende pyknoklin ved at det dannes vannlag med ulike temperaturer. Slike temperaturavhengige pyknokliner er de mest vanlige på kystlokaliteter og er ikke like sterke som de som oppstår ved salinitetsforskjeller. (Johansson et al., 2007).

2.8 Sensorer

Alle organismer har et verdiområde med oksygen og temperatur som de trives best og hvis vannkvaliteten ikke er tilstrekkelig vil organismer med evnen til det, forlate området. Fisk i oppdrettsmerder har ikke muligheten til å unngå dårlig vannkvalitet, som gjør det viktig med overvåking av oksygenmetning. (Burke et al., 2021).

I nyere tid har det skjedd en økning innenfor utvikling av informasjons- og kommunikasjonsteknologi samtidig med utviklingen av lavkostnadssensorer, dette har muliggjort målingen av flere fysiske vannkvalitetsparametere ved bruk av trådløse sensornettverk. (Bell et al., 2022; Su et al., 2020). Et trådløst sensornettverk består av et antall sensorer plassert utover et område, som måler, samler, sender og behandler informasjon i sanntid. Den innhentede informasjonen blir så fremstilt for mottakeren i en form enten på en dataskjerm eller i form av en type melding. (Bell et al., 2022; Su et al., 2020).

Trådløse sensornettverk er en overvåkingsteknologi som muliggjør en strømlinjet informasjonsinnsamlingsprosess. Muligheten for menneskelige feil og forsinkelser blir redusert samtidig som kvalitet og kvantitet på måledata øker ved bruk av sensorer. (Su et al.,

2020). Studier gjort på trådløse sensornettverk viser at teknologien forsterker evnen til å måle fysiske parametere i merder i sanntid. Samtidig som det blir lettere å varsle nødvendig personell på anlegget når det oppstår uønskede avvik som må håndteres, som reduserer responstid og effektiviserer problemløsning. (Bell et al., 2022; Su et al., 2020).

Sensorer med behov for kabler er problematiske i en oppdrettsmerd, hvor det allerede er trangt om plassen. Ved bruk av trådløs sensornettverk og en "Internet of Things"-tilnærming, kan det settes ut sensorer utover oppdrettsanlegget med fjerntilgang til sanntids kvalitetsdata. En forståelse av faktorer som driver oksygenvariasjon i og utenfor oppdrettsanlegg kombinert med overvåkning som muliggjør for regulering av føring, biomasse, uttagelse av fisk, lokasjon og anlegg. Slik kontroll medfører forbedret drift på anlegget og god fiskevelferd. (Burke et al., 2021).

Trådløse sensornettverk gir muligheten for å sette ut sensorer på flere plasser og dybder på et oppdrettsanlegg og synliggjør oksygendynamikken på anlegget. Bruken av flere trådløse sensorer har de siste årene gitt forskere muligheten til å observere oksygenvariasjoner i oppdrettsmerder både over rom og tid. (Burke et al., 2021).

2.8.1 Optisk- og membransensor

Sensorer som måler i sanntid har vært revolusjonerende for akvakulturindustrien, ved å tilrettelegge for kontinuerlig og effektiv overvåkning. Utviklingen innenfor oksygensensorteknologi har gjort et betydelig bidrag til dannelsen av gode sensornettverk. (Burke et al., 2021). I dag brukes det to ulike typer sensorer for oksygenmetning, membransensorer og optiske sensorer. (Burke et al., 2021; O'Donnell, 2018; Volt, 2023).

Membransensorer deles opp i to forskjellige kategorier galvaniske og polarografiske sensorer. Begge typene oksygensensorer er elektrokjemiske sensorer som diffunderer oppløst oksygen i vannmassen gjennom en oksygenpermeabel membran og inn i sensoren. (O'Donnell, 2018). Sensoren bruker to polarisasjonselektroder (anode og katode) i elektrolytten. Elektroden og elektrolytten separeres fra vannmassen med en tynn semipermeabel membran. (Volt, 2023).

Optiske oksygensensorer måler interaksjonen mellom oksygen og et bestemt selvlysende fargestoff. Sensoren inneholder et selvlysende fargestoff som lyser rødt når det blir utsatt for

blått lys. Tilstedeværelsen av oksygen i løsningen vil skape en forstyrrelse i de selvlysende egenskapene til løsningen. En fotodiode sammenligner oksygenprøven mot en referanseprøve og beregner oksygennivået i vannet.(O'Donnell, 2018).

Sammenlignet med hverandre så gir optiske og membransensorer omtrent like gode måleresultater i forhold til hverandre. Galvaniske membransensorer har raskere responstid enn optiske sensorer. Både optiske sensorer og polarografiske sensorer krever strømtilførsel for å kunne foreta målinger.(O'Donnell, 2018). Optiske sensorer krever mindre vedlikehold (Burke et al., 2021). og de er mindre sensitive for prøvebestanddeler som kan forstyrre målekvaliteten sammenlignet med membransensorer.(O'Donnell, 2018).

2.9 Produksjonsområder

Den norske kystlinjen blir forvaltningsrettslig delt opp i 13 produksjonsområder for akvakulturdrift av laks, ørret og regnbueørret.(Produksjonsområdeforskriften, 2017). Et produksjonsområde kan bli ansett som et geografisk område der miljøpåvirkninger kan måles ut fra en miljøindikator.(Fiskeridepartementet, 2015). Den miljøindikatoren som benyttes i fastsettelse av produksjonskapasitet og ble benyttet for oppdeling av produksjonsområder er lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*), jf. produksjonsområdeforskriften § 8 første og andre ledd. (Fiskeridepartementet, 2015; Produksjonsområdeforskriften, 2017).

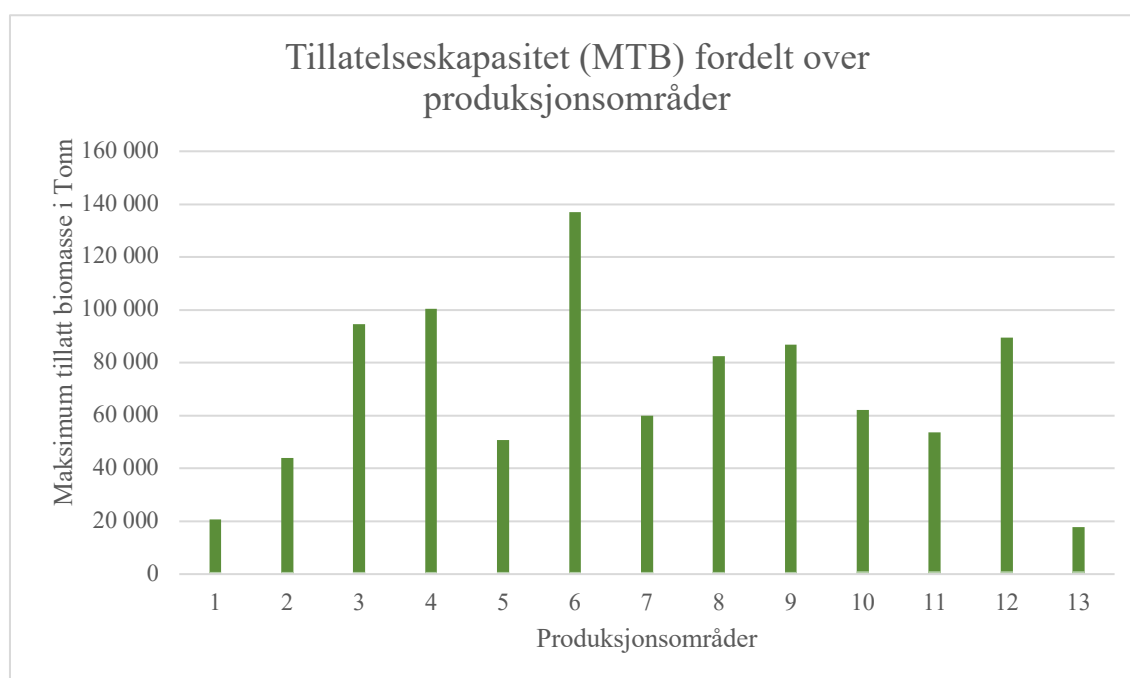
| | Områdets omfang |
|------------------|---------------------------|
| Område 1 | Svenskegrensen til Jæren |
| Område 2 | Ryfylke |
| Område 3 | Karmøy til Sotra |
| Område 4 | Nordhordland til Stadt |
| Område 5 | Stadt til Hustadvika |
| Område 6 | Nordmøre og Sør-Trøndelag |
| Område 7 | Nord-Trøndelag med Bindal |
| Område 8 | Helgeland til Bodø |
| Område 9 | Vestfjorden og Vesterålen |
| Område 10 | Andøya til Senja |
| Område 11 | Kvaløya til Loppa |

| | |
|------------------|---------------|
| Område 12 | Vest-Finnmark |
| Område 13 | Øst-Finnmark |

Tabell 2 - Produksjonsområdeoversikt etter Produksjonsområdeforskriften (2017)

Tabell 2 viser oppdelingen av produksjonsområder slik som det er satt etter produksjonsområdeforskriften § 3. Oppdelingen etter smittehygieniske hensyn som skal sikre naturlige skiller mellom hvert område for å unngå transport av lakselus og larver mellom hvert område. Der sonenes utbredelse blir definert etter opplysninger om strømforhold, kunnskap om spredning av smittestoffer i sjøen og andre liknende forhold. (Fiskeridepartementet, 2015; Ådlandsvik, 2015).

Produksjonskapasiteten innenfor produksjonsområder reguleres etter hva som er miljømessig bærekraftig for hvert område, jf. produksjonsområdeforskriften § 8. Tillatelseskapasiteten på et område kan beskrives maksimum tillatt biomasse (MTB), den måles ved enhver tid som den stående mengde levende fisk på anlegg som omfattes av produksjonsområdeforskriften. (Fauske, 2022).



Figur 2- Total tillatelseskapasitet (MTB) pr 31.12.2021, datagrunnlaget for denne figuren er hentet fra Rapport: Nøkkeltall fra Norsk havbruksnæring 2021 (Fauske, 2022)

2.10 Fiskeoppdrett i Norge

Fiskeoppdrett i Norge drives primært langs kysten fra Agder i sør til Finnmark i nord. (Misund, 2023). Figur 3 nedenfor viser en oversikt over fordelingen av sjøbaserte oppdrettslokaliteter fordelt etter fylke per 26.01.2023, informasjonsgrunnlaget til figuren er hentet fra Akvakulturstatistikken til Fiskeridirektoratet. (Fiskedirektoratet, 2023). Fylkene som har størst drift og profitt innenfor fiskeoppdrett er Troms og Finnmark, Nordland, Trøndelag og Vestland. (Fiskedirektoratet, 2022a; Fiskedirektoratet, 2022b; Fiskedirektoratet, 2023).



Figur 3 - Fordeling av sjøbaserte oppdrettslokaliteter for både laksearter og andre fiskearter fordelt etter fylke ved utgangen av 2022 (Fiskedirektoratet, 2023)

I norsk forvaltning blir det skilt mellom drift av oppdrettsanlegg etter arter, der det skilles mellom laksearter, det vil si laks, ørret og regnbueørret, og andre fiskearter. Forvaltningen setter egne reguleringer til drift og tildeling av akvakulturtillatelser i blant annet laksetildelingsforskriften (2022), forskrift om akvakultur andre fiskearter (2005) og i produksjonsområdeforskriften(2017).

2.11 Samdrift

Samdrift er en driftsform der to eller flere innehavere av akvakulturtillatelse har akvakulturdyrene i sameie på samme lokalitet, jf. akvakulturdriftsforskriften § 4 bokstav v. Dette innebærer at oppdretterne som avtaler samdrift blir enige om en sameiebrøk som fordeler hvor mye av biomassen på anlegget hver oppdretter eier. Det er vanlig i samdrift at oppdretter som eier anlegget der sameiefisken står, forplikter seg til å forvalte biomassen på vegne av de andre oppdretterne i sameiet. Normalt vil dette omfatte bruk av merder og annen infrastruktur, fôring, avlusning, vaksinerings osv. (Hosteland, 2018).

3 Metode

Metode er strategien for å datainnsamling ved forskning. Empirien eller informasjonen som blir innsamlet er datagrunnlaget for forskningen. Det viktigste prinsippet ved datainnsamling er at dataen skal være pålitelig og relevant.(Jacobsen, 2022). Valgene tatt i forbindelse med den kvalitative undersøkelsen har blitt vurdert etter hvordan det vil påvirke påliteligheten og relevansen til resultatene.

Metoden benyttet i dette forskningsarbeidet er basert på prinsipper og metodeteknikker presentert av Dag Ingvar Jacobsen i “*Hvordan gjennomføre undersøkelser?*”. (Jacobsen, 2022). Det har blitt funnet støtte i annen metode- og oppgaveskrivingslitteratur, “*Mixed Methology*”(Tashakkori & Teddlie, 1998), “*Den gode oppgaven*” (Rienecker et al., 2013) og “*Akademisk skriving: for bachelor og masterstudenter*”(Busch, 2021).

3.1 Forskningsmetode

Forskningsmetoden benyttet i masteroppgaven er en metodetriangulering mellom et kvantitativt datasett og en kvalitativ metode. (Jacobsen, 2022). Det kvantitative datasettet er ikke et aktivt element i forskningsarbeidet for denne oppgaven, men utgjør kun et utgangspunkt og fokus for den kvalitative undersøkelsen. Den kvalitative undersøkelsen har til formål spesifisere og utdype på uklare elementer i fra den kvantitative undersøkelsen.

Det kvantitative datasettet kan fremstille situasjonsbilder av oksygennivåer i oppdrettsmerder, slik at det er mulig å få innsikt i levevilkårene til fisken og hvordan de endrer seg. Et av formålene med oppgaven er å beskrive hvordan oksygenmetningsdataen blir samlet inn. Informasjonen om det kvantitative datasettet blir samlet inn gjennom en kvalitativ undersøkelse.

Den kvalitative undersøkelsen skal beskrive hvordan oksygenmetningsnivåer blir samlet inn og hvilke faktorer som kan påvirke måleinstrumentene og medføre avvik i oksygennivåene. Datainnsamlingsprosessen i oppgaven blir gjennomført som en rekke intervjuer med representanter fra forskjellige oppdrettsselskaper.

Det kvalitative datagrunnlaget til oppgaven er samlet inn gjennom intervjuer med representanter fra ulike oppdrettsselskaper. Det ble gjennomført åtte intervjuer i perioden 08. mars 2023 til 23. mars 2023 over Microsoft Teams.

3.2 Utvalgsmetodikk og populasjonskriterier

Den kvalitative undersøkelsen er strukturert som et individuelt åpent intervju. Kvaliteten til de kvalitative resultatene er sterkt knyttet opp mot hvor godt intervjuguiden er utformet og om intervjuobjektene er pålitelige kilder som innehar kompetanse til å svare på spørsmålene i intervjuguiden.

Populasjonen i oppgaven er relativt predefinert. Det er selskapene som har delt oksygenmålinger til den kvantitative undersøkelsen som utgjør populasjonen. Populasjonen i forskningen kan dermed definert som:

Oppdrettsselskaper som har delt oksygenmålinger til det foreliggende kvantitative datasettet.

Utvalget av respondenter kan dermed plukkes fra den definerte populasjonen over. For å sikre at intervjuobjektene er pålitelige kilder og kan gi relevante svar blir det satt noen krav til utvalget:

- Må være personer som er en del av populasjonen
- Må være personer med kompetanse og kan svare på spørsmål angående tekniske detaljer på et oppdrettsanlegg og om oksygensensorer.
- Må være personer som kan svare på spørsmål om renholds- og vedlikeholdsrutinene på oppdrettsanlegg

Utvalget med intervjuobjekter i forskningen er ganske predefinert. Intervjuobjektene som deltok i undersøkelsen, kom fra selskaper som i forkant av studiet hadde sagt seg villige til å delta i forskningen. Utvalget var dermed bestemt før studiet startet. Til sammen var det åtte selskaper som sa seg enige i å delta i den kvalitative undersøkelsen, og det var de som utgjorde forskningens utvalg.

3.3 Intervjuformat

Den kvalitative undersøkelsen har hovedsakelig blitt gjennomført som web-baserte videointervjuer, med ett unntak som var et telefonintervju. Videoformatet ble vurdert til å være det mest hensiktsmessige for datainnsamlingsprosessen og det ene telefonintervjuet ble gjennomført etter ønske fra intervjuobjektet.

For valg av intervjuformat i studiet ble det satt opp noen vurderingskriterier for å sikre best mulig datainnsamling:

1. Tilgang på respondenter, hvilket intervjuformat gir forskningen bredest mulig utvalg
2. Kostnader, hvilket intervjuformat medfører lavest kostnader med tanke på reise, kost og overnatting
3. Tid, hvilket intervjuformat er mest tidseffektivt
4. Flyt og sammenheng i intervjuet, hvilket intervjuformat gjør det lettest å dynamisk kommunikasjon og ha en god informasjonsinnhentningsprosess
5. Etablering av tillit og åpenhet, hvilket intervjuformat gjør intervjuobjektet mest komfortabel og tryggere til å svare på spørsmål

Vurderingskriteriene er basert på metodeteori. (Jacobsen, 2022)

Videointervjuer ble vurdert etter disse kriteriene å være effektive intervjuformatet for datainnsamlingsprosessen. Kriteriene om kostnad, tid og tilgang på respondenter ble vurdert til å være ganske tungtveiende kriterier. Datainnsamlingsperioden for masterprosjektet er ganske kort, og arbeidet er avhengig av effektivitet. Intervjuobjektene har stor geografisk spredning og det vil ta mye tid å reise for å ha fysiske intervjuer. Det vil også koste mye å reise rundt, noe som ville medført at det ikke hadde vært mulig å gjennomføre alle åtteintervjuene. Fysiske intervjuer ble dermed valgt bort som format ettersom det ville tatt for mye tid, kostet for mye og kunne redusert svekket tilgangen på respondenter.

Intervjuformatet som best oppfyller kriteriene for flyt og sammenheng og etablering av tillit og åpenhet er fysiske intervjuer. Det å besøke oppdrettsfirmaene og kunne observere driften deres og snakke med intervjuobjektene vil gi potensialet for en sterk og god datainnsamlingsprosess. Det fysiske formatet ble valgt vekk fordi det ikke var praktisk å gjennomføre etter de andre kriteriene. Web-baserte, videointervjuer er det nest beste formatet

i forhold til kriteriene 4 og 5. Etter en samlet vurdering var videointervjuer det mest hensiktsmessige intervjuformatet for studiet.

3.4 Strukturering av intervjuguiden

Den kvalitative undersøkelsen benytter en intervjuguide med høy grad av strukturering. Formålet med den kvalitative undersøkelsen er å samle inn data som skal gi god dybdeforståelse om hvordan oppdrettsselskaper sanker og registrer data. For å kunne beskrive den kvantitative datainnsamlingsprosessen er det nødvendig å stille konkrete spørsmål til intervjuobjektene som kan øke forståelsen. Poenget med en høy grad av strukturering er å sikre likhet i svarstrukturen slik at det er lettere å se sammenhengen mellom svarene i den kvalitative undersøkelsen og den kvantitative dataen.

Intervjuguiden har en systematisk oppdeling der spørsmålene blir strukturert etter tre forskjellige temaer. De tre temaene er:

1. Om anlegget
2. Sensorer
3. Vedlikehold

Den tematiske oppdelingen skiller mellom spørsmål som er knyttet til tekniske detaljer på oppdrettsanlegg (“Om anlegget”), strategier ved bruk av oksygensensorer (“Sensorer”) og rutiner for vedlikehold på oppdrettsanlegg (“Vedlikehold”).

Den tematiske oppdelingen skiller mellom spørsmål som er knyttet til tekniske detaljer på oppdrettsanlegg (“Om anlegget”), strategier ved bruk av oksygensensorer (“Sensorer”) og rutiner for vedlikehold på oppdrettsanlegg (“Vedlikehold”).

Det første hovedtemaet omhandler de tekniske detaljene knyttet til spesifikke oppdrettsanlegg og merder. Formålet med spørsmålene knyttet til det første hovedtemaet var å øke forståelsen rundt intervjuobjektene og oppdrettsselskapene som utgjør utvalget i forskningen. Spørsmålene prøver å kartlegge hvilke fysiske faktorer som påvirker driften og oksygenmålingene på oppdrettsanleggene til selskapene.

Det andre hovedtemaet omhandler sensorene brukt for registrering av oksygenmetning. Hensikten med spørsmålene knyttet til det andre hovedtemaet er å kartlegge hvordan oppdrettsselskaper plasserer ut sensorer på anlegg og hvilke hensyn de tar ved utplassering.

Det tredje hovedtemaet omhandler hvordan og hvor ofte renhold blir gjennomført på merder og oksygensensorer. Hensikten med spørsmålene knyttet til vedlikehold er å kartlegge hvordan oppdrettsselskaper tenker i forhold til begroing på oppdrettsanlegg og oksygensensorer og hvordan det påvirker drift og oksygenmåling.

Komplett intervjuguide sendt ut til respondentene ligger vedlagt som Vedlegg A - Intervjuguiden. Se intervjuguiden for å se spørsmålene som intervjuobjektene ble stilt.

3.5 Litteraturstudiet

Det har blitt gjort en litteraturstudie i forbindelse med forskningsarbeidet. Litteraturstudiet ble gjennomført som en støttefunksjon for utvikling av problemstilling og intervjuguide og for å gi en teoretisk forankring til resultatene.

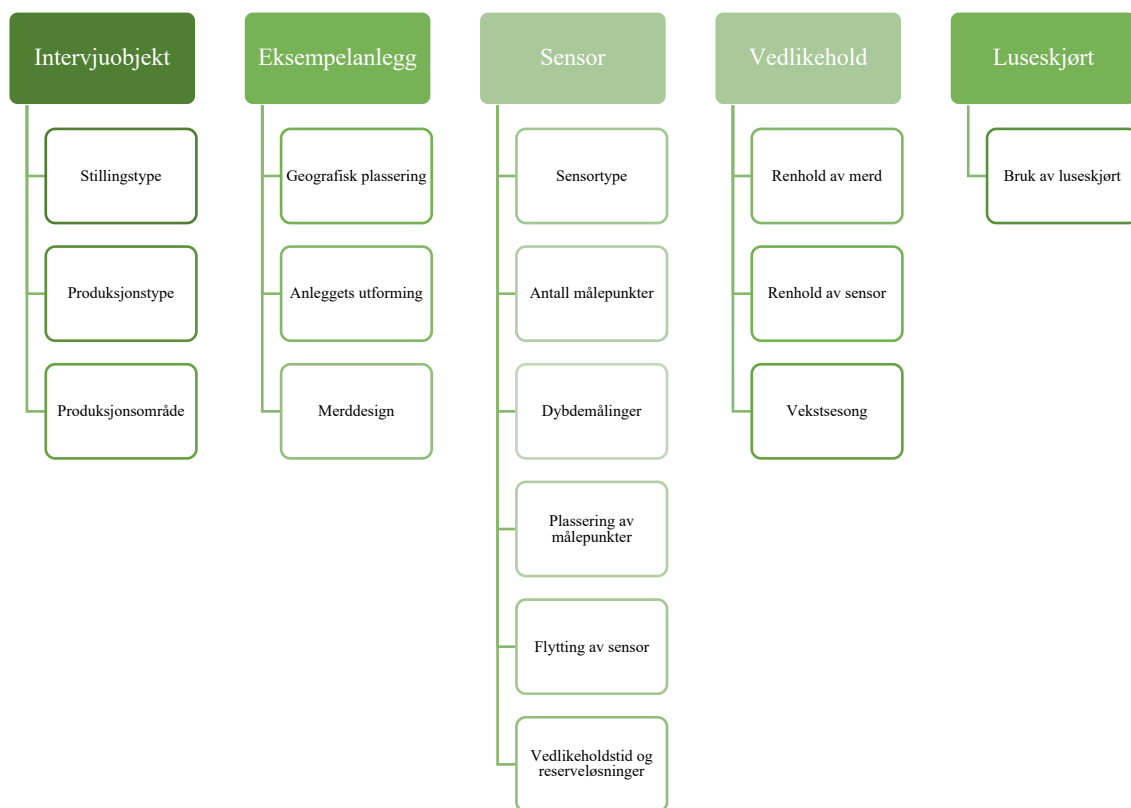
Litteraturstudiet hadde en usystematisk metodikk. Søket hadde ingen eksplisitte søkekriterier for å finne frem til relevant forskning. Litteratursøket startet med et sett av artikler delt av biveileder, derfra ble gjennomført på to forskjellige måter: det ble lokalisert relevante søkeord fra artikkeltekstene og lokalisert nye kilder fra artiklenes referanseliste. De relevante søkeordene ble sent gjennom litteraturløp Web of Science og søkemotoren Google for å finne relevante kilder. Denne prosessen gjentok seg gjennom resten av litteraturstudiet tok slutt.

Litteraturstudiet ble begrenset av tid og tok en naturlig slutt når det ikke var tid til å fortsette. Det var noen andre begrensninger for litteraturstudiet. Det ble kun benyttet artikler som var tilgjengelig gjennom universitetets tjenester og abonnementer, eller som var tilgjengelig for offentligheten. Utilgjengelige artikler bak betalingsmur, som ikke er en del av pakken universitetet tilbyr, ble ikke benyttet. Det kan svekke deler av relevansen til studiet ettersom studiet ikke hadde tilgang på all relevant litteratur.

3.6 Databehandling og analyse

Databehandlingen startet med transkribering av opptak fra intervjuene. Transkriberingen ble gjort direkte inn i Microsoft Excel som også ble benyttet som databehandlingsverktøy i studiet.

Det første som ble gjort etter transkriberingen av intervjuene var ferdigstilt, var å dele dataene opp i kategorier. Databehandlingskategoriene er basert på tematikken i til intervjuguiden bare litt utvidet. Figur 4 nedenfor gir en oversikt over kategoriene dataen ble delt opp i, underkategoriene til hovedkategoriene blir også fremstilt.



Figur 4– Oppdelingen av Grunnleggende kategorier og subkategorier for datanalysen

Dataen ble delt opp i fem hovedkategorier, se Figur 4. Kategoriene “Sensorer” og “Vedlikehold” er omfatter spørsmålene fra intervjuguiden med samme navn som kategoriene. Den eneste forskjellen mellom strukturen på intervjuguiden og resultatene er at svarene angående vedlikeholdstid ble flyttet fra temaet “Vedlikehold” i intervjuguiden til kategorien “Sensorer” i resultatene. Systematisering ble gjort etter en vurdering av hvor det var mest

naturlig å kategorisere spørsmålet basert på svarene. De to kategoriene “Sensorer” og “Vedlikehold” utgjør datagrunnlaget for resultatkapittelet.

Kategoriene “Intervjuobjekt”, “Eksempelanlegg” og “Luseskjørt” er basert på resultatene fra spørsmålene under temaet “Om anlegget” og noen av oppvarmingsspørsmålene stilt til intervjuobjektet angående erfaring og nåværende stillingen deres i selskapet. Oppdelingen i de tre kategoriene ble gjort med hensikten å få bedre system på dataen. “Intervjuobjekt”-kategorien er en beskrivelse av intervjuobjektet og oppdrettsselskapet de jobber for. “Eksempelanlegg” er en beskrivelse av de anleggene intervjuobjektene beskriver under intervjuene. “Luseskjørt”-kategorien er en kartlegging om oppdrettsselskapene med i undersøkelsen benytter luseskjørt. De tre kategoriene “Intervjuobjekt”, “Eksempelanlegg” og “Luseskjørt” utgjør datagrunnlaget for case-kapittelet.

Hovedkategoriene er delt opp i egne kategorier som skal representere ulike undertemaer i resultatene. Underkategoriene er basert på intervjuguiden og svarene til intervjuobjektene. Hver underkategori gjelder for ett eller to spørsmål i intervjuguiden.

Etter at dataen hadde blitt kategorisert ble det videre behandlet ved at den ble kvantifisert. Essensen av svarene til intervjuobjektene ble trukket ut av resultatene og systematisert i egne tabeller som er datagrunnlaget for diagrammene i resultatkapitlet.

3.7 Personvern

Programvaren Microsoft Teams ble benyttet til å gjennomføre intervjuene til studiet. Samtlige av intervjuene ble tatt opp ved bruk av det forhåndsinstallerte opptaksverktøyet som er i Microsoft Teams. Formålet med opptakene var kun å bruke det til transkribering, for å så slette det når masterarbeidet var ferdigstilt. Opptakene ble anonymisert og lagret lokalt på NMBU OneDrive.

Intervjuobjektene ble orientert om intensjonen om å ta opptak i forkant av intervjuene. Det ble orientert om muntlig ved initialkontakt og skriftlig i form av oversendt intervjuguide. Intervjuguiden hadde ett innledende avsnitt der det ble orientert om at det var ønske om å ta opptak med hensyn til transkribering og at opptaket ville bli slettet før utgangen av

kalenderåret 2023, se Vedlegg A - Intervjuguiden. Ved starten av intervjuene ble alle intervjuobjektene spurt om å godkjenne at det ble tatt opptak. Spørsmålet ble både stilt før opptak ble startet og etterpå for å ha en dokumentert godkjenning.

Både intervjuobjekt og firmaet de jobber for har blitt anonymisert i oppgaven. Firmaene blir gjennom oppgaven referert til ved en bokstav, slik at de blir referert til som firma A til og med H.

4 Case

Den kvalitative undersøkelsen utgjør grunnlaget for resultatkapitlet og diskusjonen for å ha bedre forståelse av resultatene er det nødvendig å vite mer om intervjuobjektene. Dette kapitlet gir en presentasjon av intervjuobjektene for å gi en oversikt av deres bakgrunn og de faktorene som kan påvirke svarene deres. Casekapitlet presenterer også eksempelanlegg fra syv av de åtte oppdrettsselskapene som bidro til den kvalitative undersøkelsen.

Intervjuobjektene representerer åtte oppdrettsselskapene som har delt oksygenmetningsnivåer til det kvantitative datasettet. Selskapene blir i oppgaven referert til alfabetisk som selskap A til H. Ett av selskapene hadde to intervjuobjekter som stilte til et fellesintervju som resulterte i totalt ni intervjuobjekter i undersøkelsen.

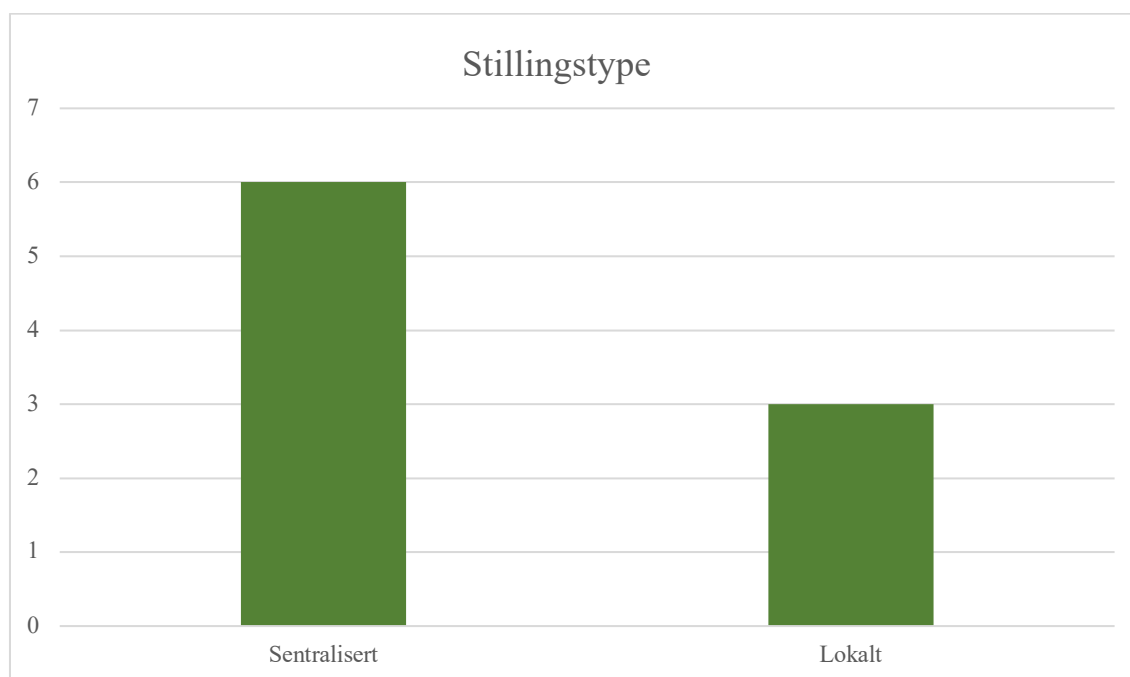
Flesteparten av intervjuobjektene gav teknisk informasjon om en eller to av selskapets oppdrettslokalteter. Beskrivelsen av eksempelanleggene omfattet plasseringen til lokaliteten, størrelsen og utformingen både anlegg og merd. To intervjuobjekter beskrev to av selskapets oppdrettslokalteter, et intervjuobjekt gav ingen spesifikk informasjon om oppdrettslokalteter og de resterende gav informasjon om ett av selskapets oppdrettslokalteter.

Eksempelanleggene blir identifisert alfabetisk på samme måte som oppdrettsselskapene. Det er samsvar mellom identifiserende bokstav for eksempelanlegg og for firma. De to selskapene som intervjuobjektene har beskrevet to anlegg har blitt identifisert ved en tilleggsnummerering for å separere mellom anleggene. Det betyr at for firmaene A og G som delte to eksempelanlegg blir disse referert til som Eksempelanlegg A1, A2, G1 og G2. Firma E delte ingen teknisk informasjon om noe spesifikt anlegg og er ikke en del av eksempelanlegg oppdelingen.

4.1 Stillingstype

Stillingstype deler intervjuobjektene opp etter antatt kunnskap om temaene i den kvalitative undersøkelsen. Skillet settes etter intervjuobjektens arbeidsoppgaver, om de er lokalisert “lokalt” på oppdrettsanlegget eller “sentralisert” på hovedkontoret.

Intervjuobjekter med stillinger plassert “lokalt”, er de med en overvekt av arbeidsoppgaver knyttet til driften på et konkret anlegg eller til en spesifikk produksjonsprosess som er spredt over et eller to anlegg. Intervjuobjektene med stillinger som er “sentralisert” er de med mesteparten av arbeidsoppgavene sin tilknyttet et hovedkontor. De har et mer overordnet ansvar, for deler eller hele verdikjeden til selskapet enten et eller flere oppdrettslokaliteter.



Figur 5 - Type stilling intervjuobjektene har

Figur 5 viser en oversikt på typen stilling intervjuobjektene hadde. Flesteparten av intervjuobjektene jobber sentralisert, mens fåtallet jobber lokalt. De to intervjuobjektene fra samme selskap jobber lokalt.

4.2 Produksjonstype

Intervjuobjektene deles opp etter typen matfisk de produserer. De to kategoriene er produksjon av laksefisk (laks, ørret og regnbueørret) og produksjon av annen matfisk. Ett selskap, Firma B, driver med oppdrett av torsk som blir klassifisert som annen matfisk. Resten av oppdrettsselskapene driver med oppdrett av laksefisk.

4.3 Produksjonsområder

Produksjonsområder blir definert i teorikapittelet, se side 27. Fordelingen av intervjuobjektene etter produksjonsområder blir beskrevet i Tabell 3 og Tabell 4. Fordelingen av eksempellokalitetene blir fremstilt i Figur 6.

Tabell 3 gir en oversikt på hvor mange av intervjuobjektene som har oppdrettslokaliteter registrert i et produksjonsområde.

| Produksjonsområde | | Antall intervjuobjekter |
|-------------------|---------------------------|-------------------------|
| Område 1 | Svenskegrensen til Jæren | |
| Område 2 | Ryfylke | |
| Område 3 | Karmøy til Sotra | |
| Område 4 | Nordhordland til Stadt | 1 |
| Område 5 | Stadt til Hustadvika | 1 |
| Område 6 | Nordmøre og Sør-Trøndelag | 1 |
| Område 7 | Nord-Trøndelag med Bindal | |
| Område 8 | Helgeland til Bodø | |
| Område 9 | Vestfjorden og Vesterålen | 2 |
| Område 10 | Andøya til Senja | 6 |
| Område 11 | Kvaløya til Loppa | 1 |
| Område 12 | Vest-Finnmark | |
| Område 13 | Øst-Finnmark | |

Tabell 3 - Antall intervjuobjekter med lokaliteter på et produksjonsområde

Intervjuobjektene er fordelt over seks forskjellige produksjonsområder. Det er en todeling i den geografiske orienteringen til oppdrettsselskapene, der det er en gruppering på Vestlandet

og i Sør-Trøndelag, plassert i produksjonsområde 4, 5 og 6 (sørligorientert) og en annen gruppering er lokalisert lengre nord i produksjonsområde 9, 10 og 11 (nordligorientert).

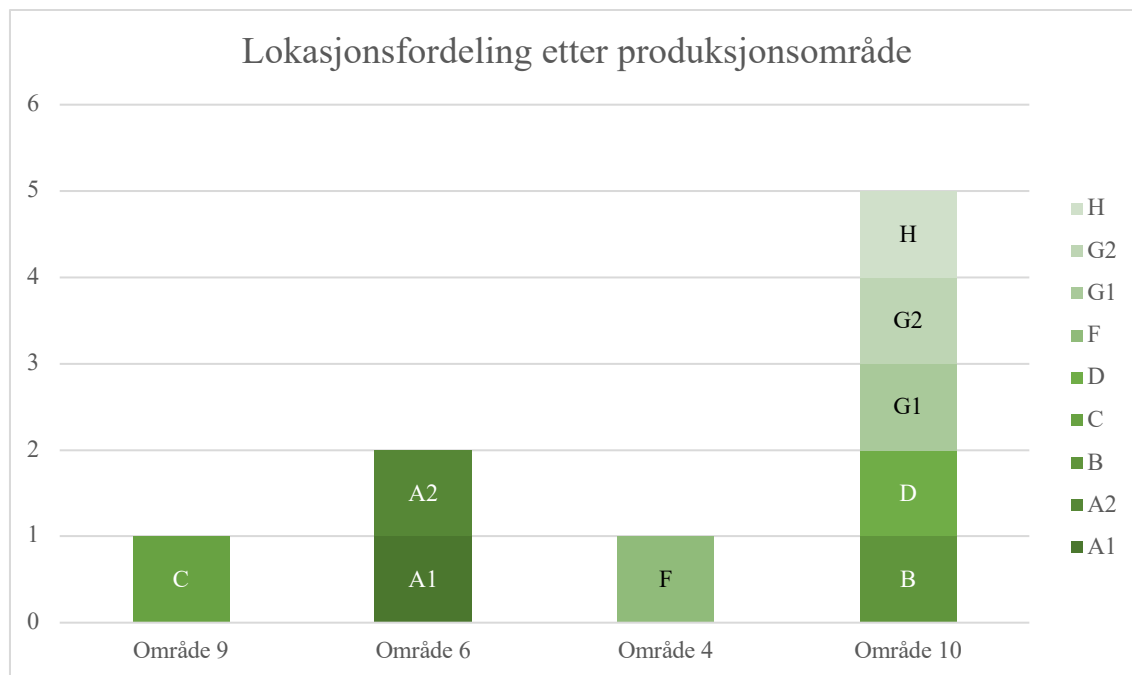
Tabell 4 gir en oversikt over hvilke produksjonsområder firmaene har registrerte oppdrettslokaliteter i akvakulturregisteret.

| Firma | Produksjonsområder | | |
|--------------|---------------------------|-----------|-----------|
| A | Område 6 | Område 5 | |
| B | Område 10 | | |
| C | Område 9 | Område 10 | Område 11 |
| D | Område 10 | | |
| E | Område 9 | Område 10 | |
| F | Område 4 | | |
| G | Område 10 | | |
| H | Område 10 | | |

Tabell 4 - Produksjonsområder der intervjuobjektene har registrerte oppdrettslokaliteter

To av oppdrettsselskapene har en sørlig plassering, mens de resterende seks har nordligplassering, se Tabell 4. De sørligorienterte selskapene hadde ingen overlappende produksjonsområder. De nordligorienterte oppdrettsselskapene hadde et felles produksjonsområde der alle seks selskapene hadde oppdrettslokaliteter, område 10.

Figur 6 viser en fordeling av eksempellokalitetene etter produksjonsområde.

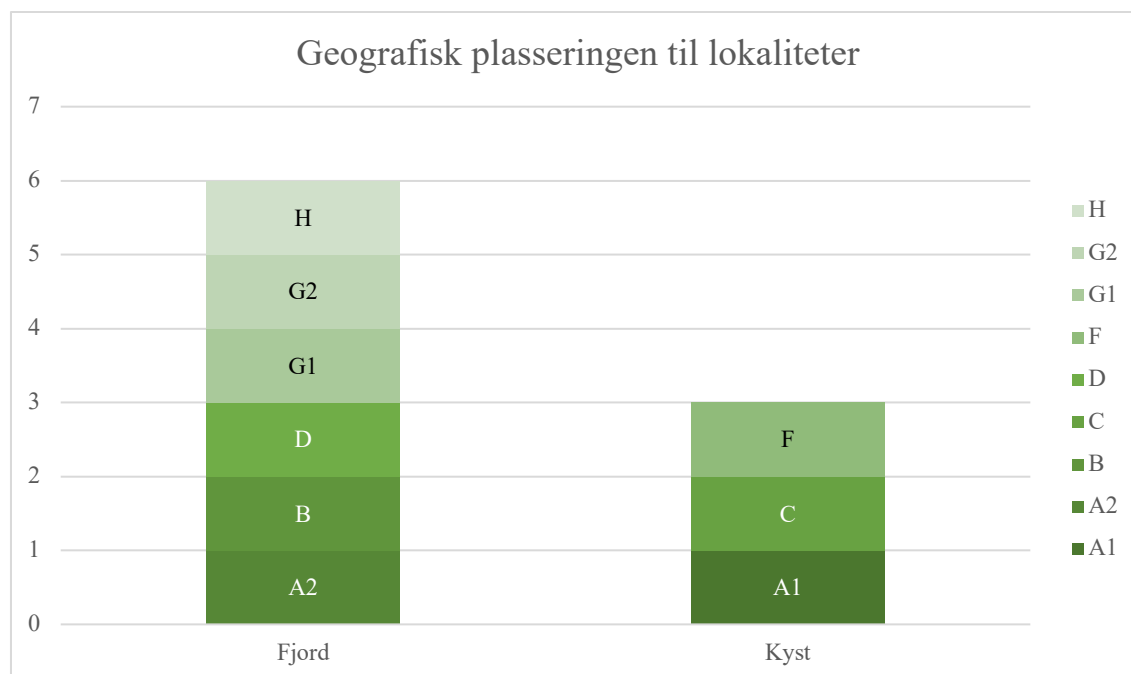


Figur 6 - Fordeling av eksempellegg etter produksjonsområde

De ni eksempellokalitetene er fordelt utover fire produksjonsområder. De sørligorienterte selskapene har eksempellokaliteter plassert i produksjonsområde 4 og 6. Flestparten av de nordligorienterte oppdrettsanleggene er plassert i område 10 og ett er plassert i område 9.

4.4 Geografisk plassering

Den geografiske plasseringen gjelder for eksempellokalitetene. Oppdrettsanleggene definert etter om de er plassert i en fjord eller på kysten.



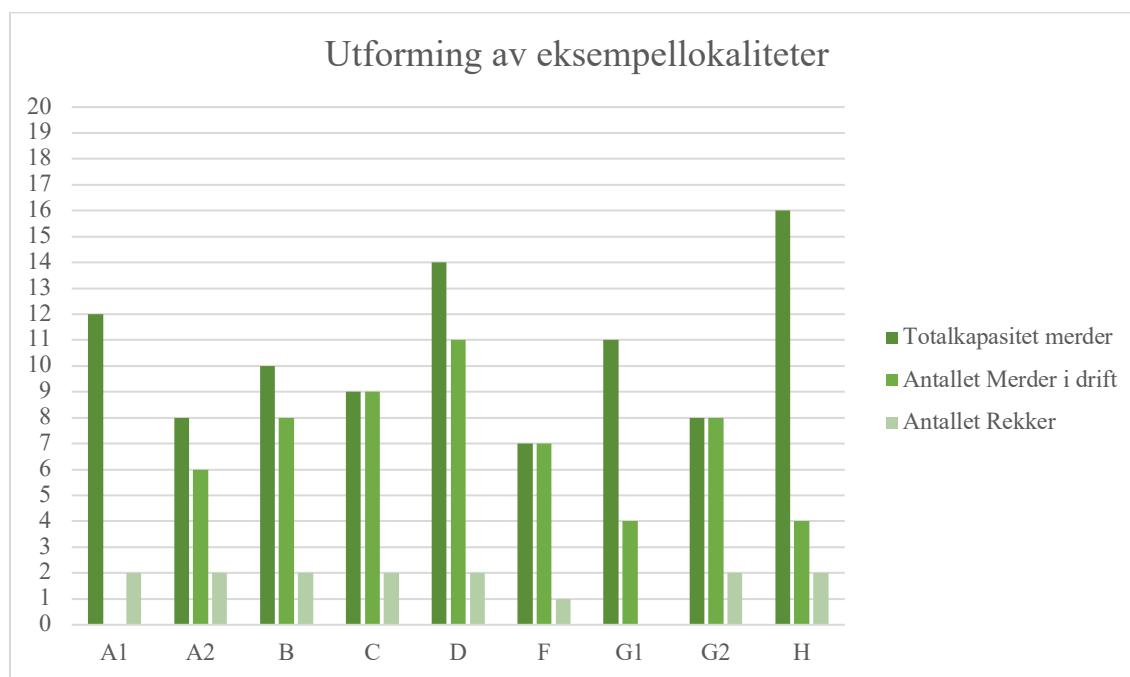
Figur 7 – Fordeling av eksempelanlegg etter geografisk plassering

Figur 7 viser fordelingen av oppdrettslokaliteter etter geografisk plassering i kyst eller fjord. Diagrammet viser fordelingen av lokaliteter etter firma, for de to firmaene som delte informasjon om to av sine oppdrettslokaliteter så er anleggene nummerert 1 og 2. Fordelingen viser at seks av eksempellokalitetene var plassert i en fjord og tre ble definert som kyst.

4.5 Størrelse på anlegg

Størrelse på anlegg omfatter; totalkapasitet av merder på anlegget, antall merder i drift på anlegget ved intervju tidspunkt og antall rekker merdene er fordelt utover.

Figur 8 gir en oversikt på utformingen av eksempelanleggene.



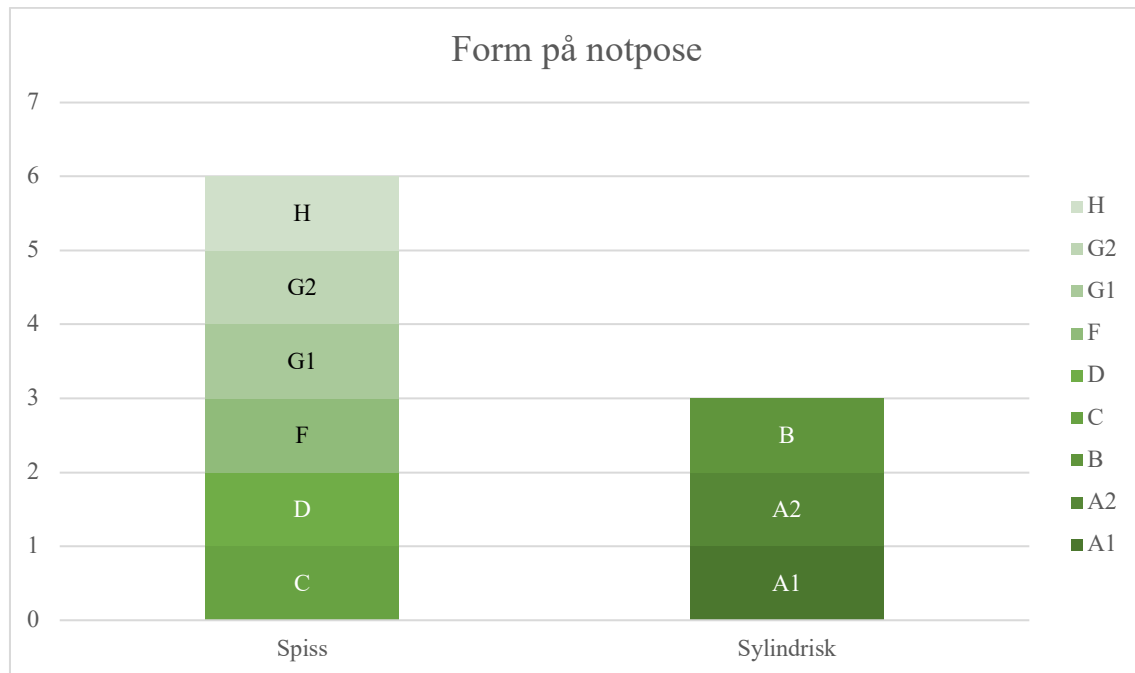
Figur 8 - Utformingen til eksempelanleggene

Totalkapasiteten på eksempelanleggene varierte mellom 7 merder per anlegg til 16 merder per anlegg. Tre av eksempelanleggene opererte ved full kapasitet, like mange merder i drift som totalkapasitet. Et av eksempelanleggene var ikke i drift på intervju tidspunktet slik at det har null merder i drift. De resterende fem anleggene hadde mellom 4 og 11 merder i drift.

Intervjuobjektene fordelte merdene over enten én eller to rekker. Flesteparten av selskapene fordelte merdene over to rekker, mens ett selskap kun benyttet en rekke. For et av anleggene var det usikkerhet med hensyn til hvor mange rekker selskapet fordelte merdene over slik at for G1 er det ikke oppgitt et antall rekker.

4.6 Merddesign

Alle oppdrettsanleggene har merder med sirkulær utforming. Intervjuobjektene bruker enten spissposer eller sylindriskeposer, fordelingen er fremstilt i Figur 9. Tekniske detaljer som omkrets, dybde og maskevidde til notposene er presentert i Tabell 5.



Figur 9 - Utforming til merdposer på eksempelanleggene

Det er to notdesign som benyttet av intervjuobjektene, spissposer og sylindriskeposer. Flesteparten av oppdrettselskapene i undersøkelsen benytter spissposer.

Anlegg A1 og A2 tilhører samme firma og har samme dimensjoner for merdutforming. De har begge en overflateomkrets på 157m og rammestørrelse på 85m. De benytter sylindriskeposer, der rettveggene er 15m dype og kjegledelen er 28-32m dyp. Anleggene benytter generasjonsposer med maskevidde på 35mm.

Anlegg B har en overflateomkrets på 157m og rammestørrelse på 85m. De benytter sylindriskeposer, der rettveggene er mellom 5-15 m og kjegledelen er 10m dyp. Firma B benytter slippeposer som gjør at rettveggene varierer i dybde, i småfiskstadiet er posen mindre og når fisken blir større slipper det ut mer av posen. Anlegget benytter en kombinasjon av småfisk- og storfiskposer med maskevidder på 15,5mm og 28 mm.

Anlegg C bruker spissposer med overflateomkrets på 160m og dybde på 55m. Merdrammene på anlegget er 100m. Anlegget bruker en kombinasjon av småfisk- og storfiskposer, intervjuobjektet var ikke sikker på maskevidde og det ble ikke oppgitt.

Anlegg D bruker spissposer med overflateomkrets på 130m og dybde på 45m. Rammestørrelsen på anlegget er på 150m. Firma C bruker en kombinasjon av småfisk-, generasjons- og storfiskposer, med maskeviddene 15,5mm, 24mm og 29mm.

Anlegg F benytter spissposer med overflateomkrets på 160 m og dybde på 50m. Rammestørrelsen på anlegget er 100m. Firma F benytter kun generasjonsposer med maskevidde 19,5mm.

Anlegg G1 og G2 tilhører samme firma og har samme dimensjoner for merdutforming. Anleggene benytter spissposer med overflateomkrets på 130m og dybde på 35-50m. Dybden varierer avhengig av lokalitet og om type notpose de bruker. Rammestørrelsen på anleggene er 80meter. Firma G bruker en kombinasjon av småfisk-, generasjons- og storfiskposer, med maskeviddene 16,5mm, 24mm og 26mm.

Anlegg H benytter spissposer med overflateomkrets på 130m og dybde på 45m. Rammestørrelsen er på 65m. Firma H bruker en kombinasjon av småfisk- generasjons- og storfiskposer, med maskeviddene 16,5mm, 20mm og 22,5mm. Før utsett gjør de en vurdering på størrelsen på fisken og er de store nok benytter de generasjonsposer, men det vanligste er at de bruker en kombinasjon av småfisk- og storfiskposer.

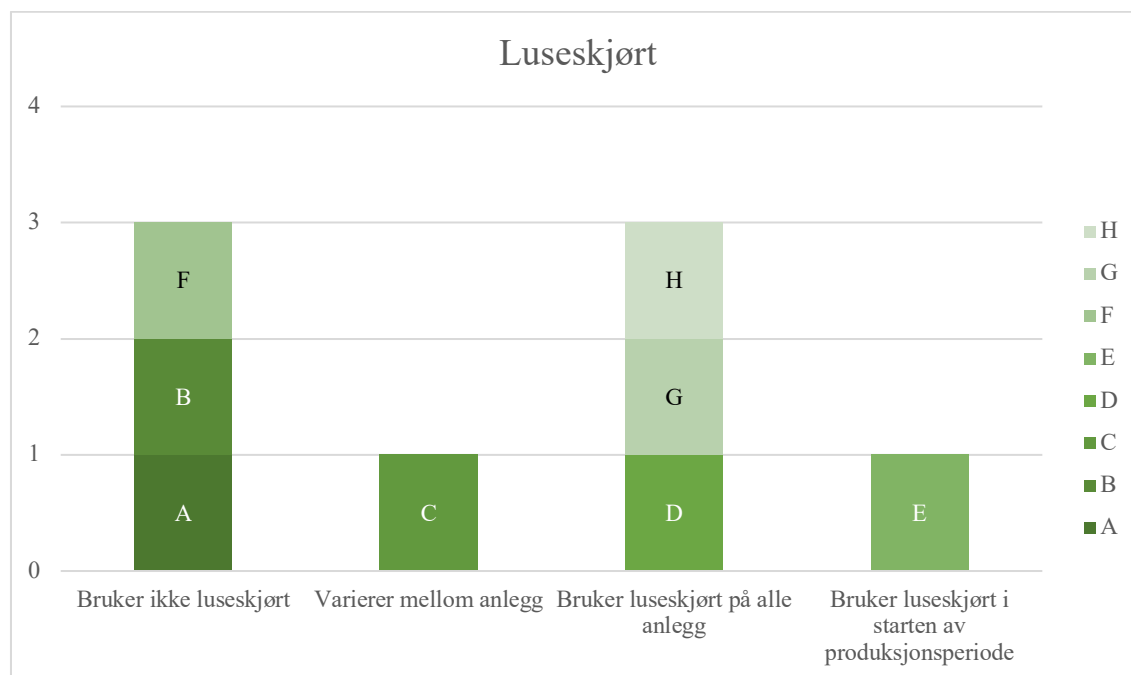
| Anlegg | Omkretsmerd [m] | Diametermerd [m] | Ramme-størrelse [m] | Dybde sylinderpose | | Dybde spisspose [m] | Totaldybde [m] | Maskevidder | | |
|-----------|-----------------|------------------|---------------------|---------------------------|----------------|---------------------|----------------|----------------------|------------------|-------------------|
| | | | | Sylinder/rette vegger [m] | Kjegledele [m] | | | generasjonspose [mm] | småfiskpose [mm] | storfiskpose [mm] |
| A1 | 157 | 50 | 85 | 15 | 28-32 | - | 43-47 | 35 | - | - |
| A2 | 157 | 50 | 85 | 15 | 28-32 | - | 43-47 | 35 | - | - |
| B | 157 | 50 | - | 5-15 | 10 | - | 15-25 | - | 15,5 | 28 |
| C | 160 | 51 | 100 | - | - | 55 | 55 | - | - | - |
| D | 130 | 41 | 150 | - | - | 45 | 45 | 24 | 15,5 | 29 |
| F | 160 | 51 | 100 | - | - | 50 | 50 | 19,5 | - | - |
| G1 | 130 | 41 | 80 | - | - | 35-50 | 35-50 | 24 | 16,5 | 26 |
| G2 | 130 | 41 | 80 | - | - | 35-50 | 35-50 | 24 | 16,5 | 26 |
| H | 130 | 41 | 65 | - | - | 45 | 45 | 20 | 16,5 | 22,5 |

Tabell 5 - Dimensjoner for merdutforming

4.7 Luseskjørt

Temaet luseskjørt handler om oppdrettsselskapene benytter luseskjørt på anleggene sine.

Figur 10 gir en oversikt på intervjuobjektene bruk av luseskjørt på oppdrettsanlegg.



Figur 10 - Stolpediagram over intervjuobjektene bruk av luseskjørt på sine anlegg

Tre selskaper benytter ikke luseskjørt på sine anlegg. Firma B driver med torskeoppdrett og ser ikke et behov for luseskjørt som beskytter mot lakselus. Firma A og F har brukt luseskjørt tidligere, men har gått vekk fra det. Firma F opplevde ingen suksess med bruk av luseskjørt.

Det "varierer mellom anlegg" om Firma C velger å benytte luseskjørt. Stort sett brukes luseskjørt, men på noen lokaliteter så tilsier forholdene at det ikke er mulig. For eksempel lokalitet C benytter selskapet ikke luseskjørt, grunnet for mye strøm.

Tre oppdrettsselskaper benytter luseskjørt på alle sine anlegg. Firma G løfter på luseskjørtet for å få bedre oksygentilførsel hvis de ser behov for det. Firma H har luseskjørt på hele produksjonsperioden og fjerner det kun hvis de ser et absolutt behov, som ved sykdom.

Firma E har luseskjørt på alle anlegg ved utsett av smolt. De har løpende vurderinger gjennom produksjonsperioden om det er hensiktsmessig å beholde luseskjørtet eller ta det av.

Luseskjørtet blir fjernet hvis selskapet observerer at det er en begrensning for merdmiljøet.

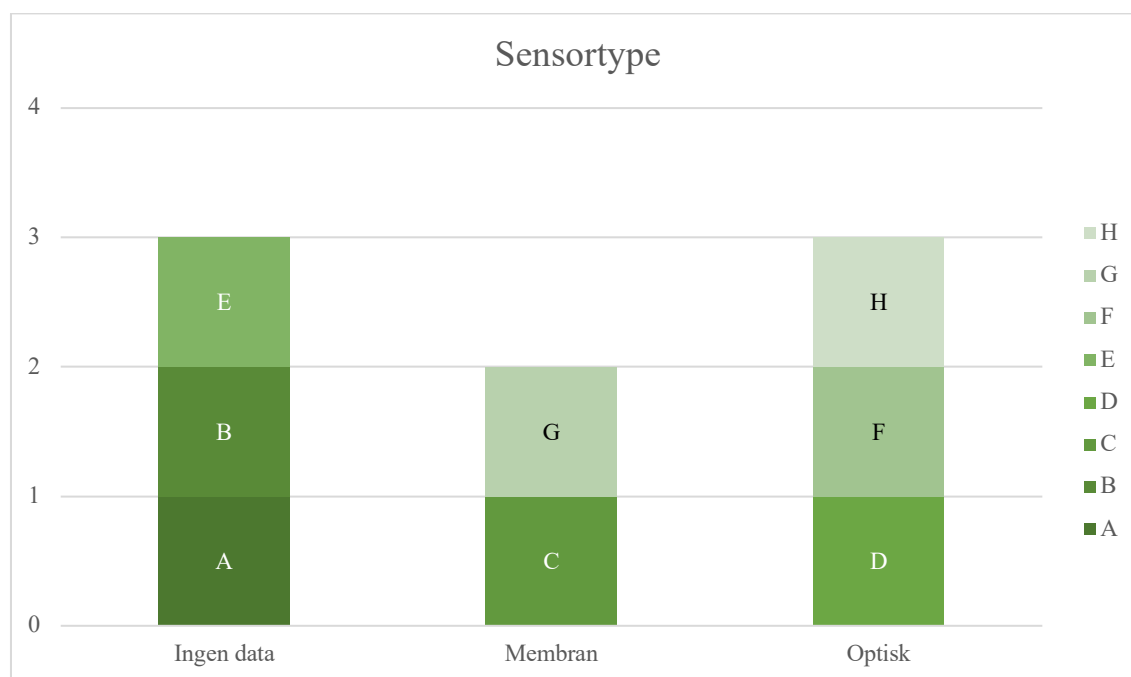
5 Resultater

5.1 Sensorer

Intervjuobjektene bruker samme produsent og leverandør for oksygensensorer. Ett av firma benytter også en ekstra leverandør. Noen av firmaene benytter også kameraer i merder med mulighet til å måle oksygennivå, men de blir ikke benyttet til loggføring av oksygenverdier.

5.1.1 Sensortype

Sensortype skiller mellom oksygensensorer etter hvordan sensorer måler oksygenmetning i vann. Oppdelingen blir gjort etter om det er en optisk eller membransensor. Figur 11 gir en oversikt på hvilken type sensor intervjuobjektene firmaer benytter i sin drift.



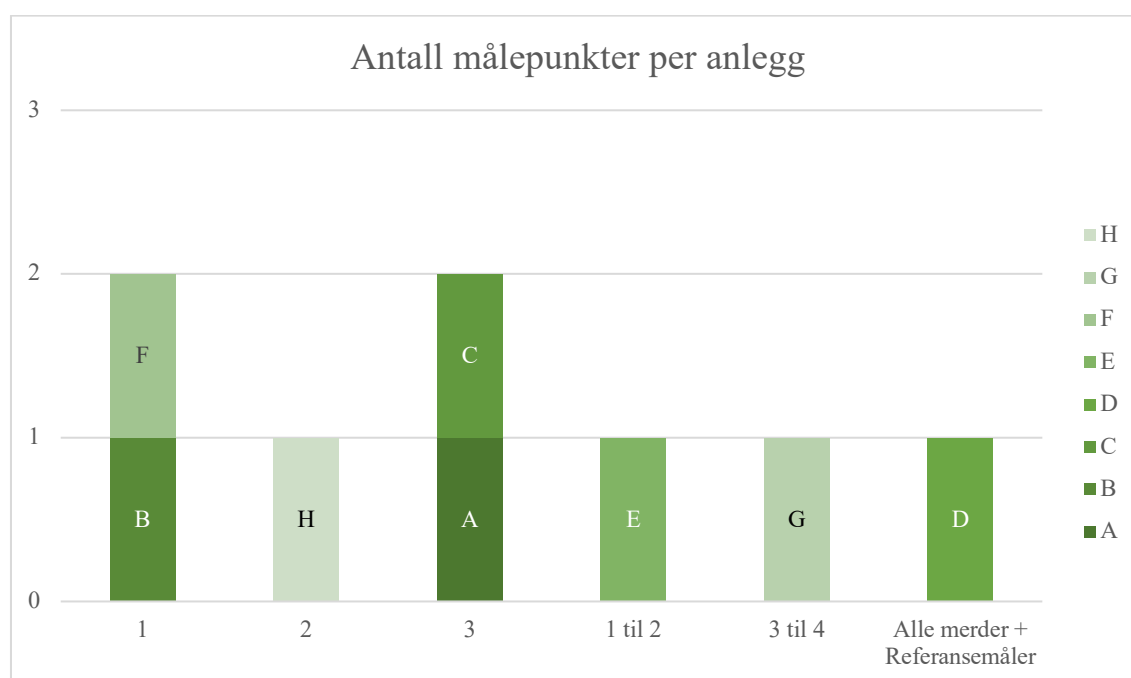
Figur 11 - Intervjuobjektene kategorisert etter type oksygensensor de bruker

Tre av oppdrettsselskapene benytter optisksensorer for oksygenmåling. To av selskapene benytter membransensorer. Tre av intervjuobjektene er det ingen data på hvilken type sensor de benytter, der en av hovedårsaken var at de ikke kunne svare på spørsmålet.

5.1.2 Antall målepunkter per anlegg

Antall målepunkter per anlegg referer til antallet plasser det er lagt ut oksygensensorer på et anlegg inkludert referansemåler, for de anleggene som har det.

Plasser det blir tatt oksygenmålinger over flere dybder blir ansett som ett målepunkt med flere dybdemålinger. Figur 12 nedenfor gir en oversikt på totalantall målepunkter hvert av intervjuobjekt har på deres oppdrettsanlegg inkludert referansemålepunkt.



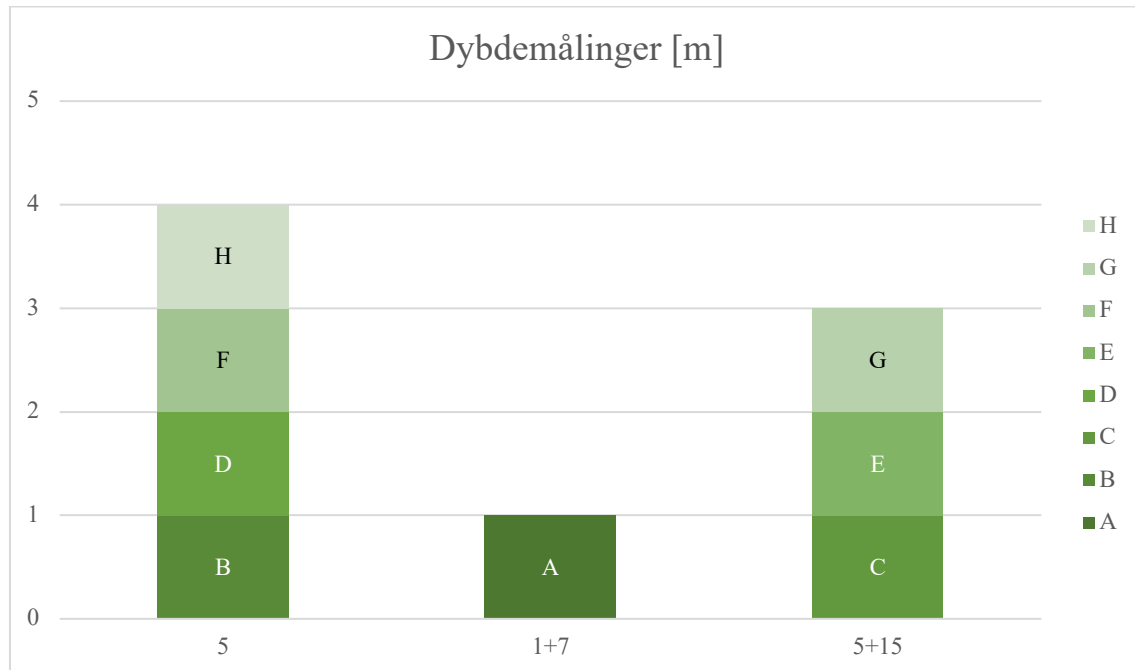
Figur 12 - Stolpediagram som viser hvor mange målepunkter hvert firma har per anlegg inkludert referansemåler

Flesteparten av oppdrettsselskapene opererer med mellom 1 og 4 målepunkter per anlegg, inkludert referansemåler. De som har tre målepunkter per anlegg, har to målepunkter i merd og et målepunkt som er for referansemåler. Selskapene som kun har ett målepunkt per anlegg, har oksygensensor plassert i merd. De to selskapene som varierer i antallet målepunkter per anlegg (E og G) tar en vurdering på antall målepunkter basert på anleggets størrelse.

Firma H har i utgangspunktet 2 målepunkter per anlegg, med et målepunkt i merd og et referansepunkt, men at det kan variere litt. Eksempellokaliteten hadde kun et målepunkt på intervjutidspunktet, men at det har variert hvor mange sensorer de har hatt på anlegget. Selskapet har også drevet med ulike prøveprosjekter i forhold til oksygenmålinger som har gjort at de har hatt varierende antall målepunkter. Et selskap avviker fra resten ved å ha målepunkter i alle merder og referansepunkt utenfor anlegget.

5.1.3 Dybdemålinger

Dybdemålinger betyr den, eller de dybdene det er plassert oksygenmåler for hvert målepunkt. Figur 13 gir en oversikt over de dybder som oppdrettsselskapene tar oksygenmålinger.

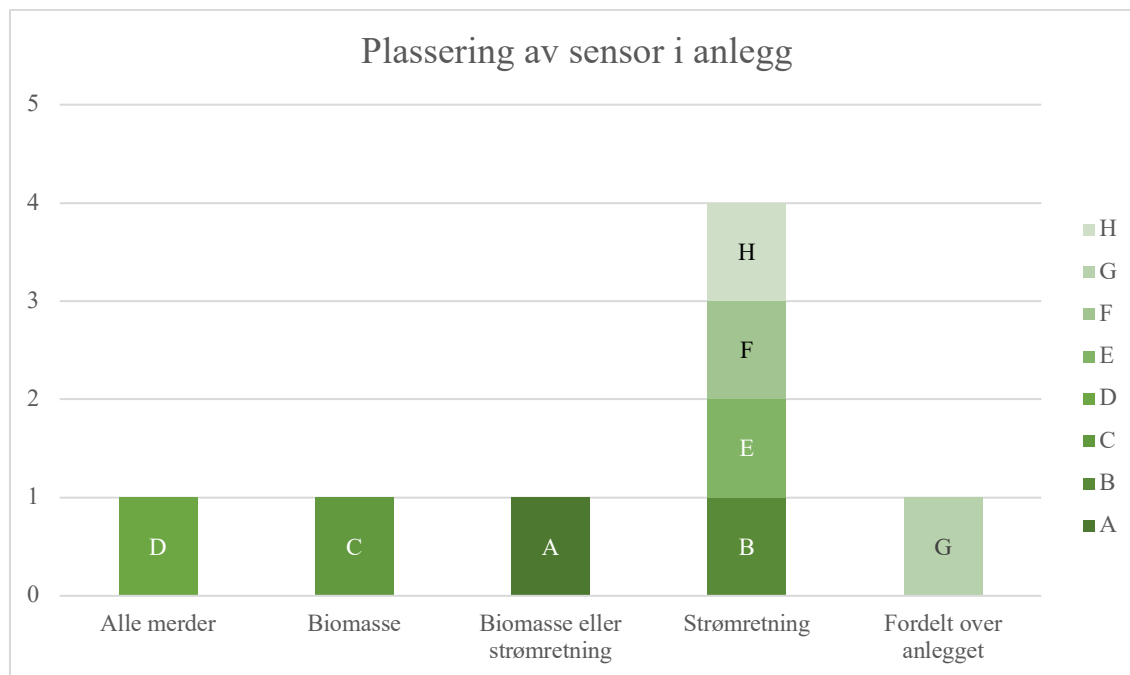


Figur 13 - Stolpediagram som viser fordelingen på hvilke dybder det blir tatt oksygenmålinger

Selskapene er delt mellom om de tar en eller to målinger per målepunkt. Halvparten av selskapene tar kun en dybdemåling, alle fire måler oksygenivået på samme dybde, 5 meter. Den andre halvparten har oksygensensorer plassert på to forskjellige dybder. Et selskap måler på 1 og 7 meter. De resterende tre selskapene måler oksygenmetning på 5 og 15 meters dybde.

5.1.4 Plassering av målepunkter i anlegget

Intervjuobjektene uavhengig av hvor sensor er plassert i merd, sier at de plasserer oksygensensor der de tror det vil være dårligst merdmiljø under produksjonsperioden. Plassering av målepunkter i anlegget omhandler de hensyn intervjuobjektene tar ved plassering av målepunkter. Figur 14 gir en oversikt over hovedhensynene som bedriftene tar ved plassering av sensor i anlegget.



Figur 14 - Stolpediagram som viser hovedhensynet tatt ved plassering av målepunkt i anlegg

Halvparten av selskapene har strømretning som hovedhensyn til ved plassering av oksygensensor i anlegg. Selskapene som vurderer strømretning som viktigste hensyn ved plassering av målepunkter, mener at merdmiljøet vil være dårligst ett stykke inn i anlegget i forhold til strømretningen. En av dem plasserer oksygensensor i den sensor som er bakerst i anlegget i forhold til strømretning fordi det er her de antar at vannkvaliteten vil være dårligst på anlegget.

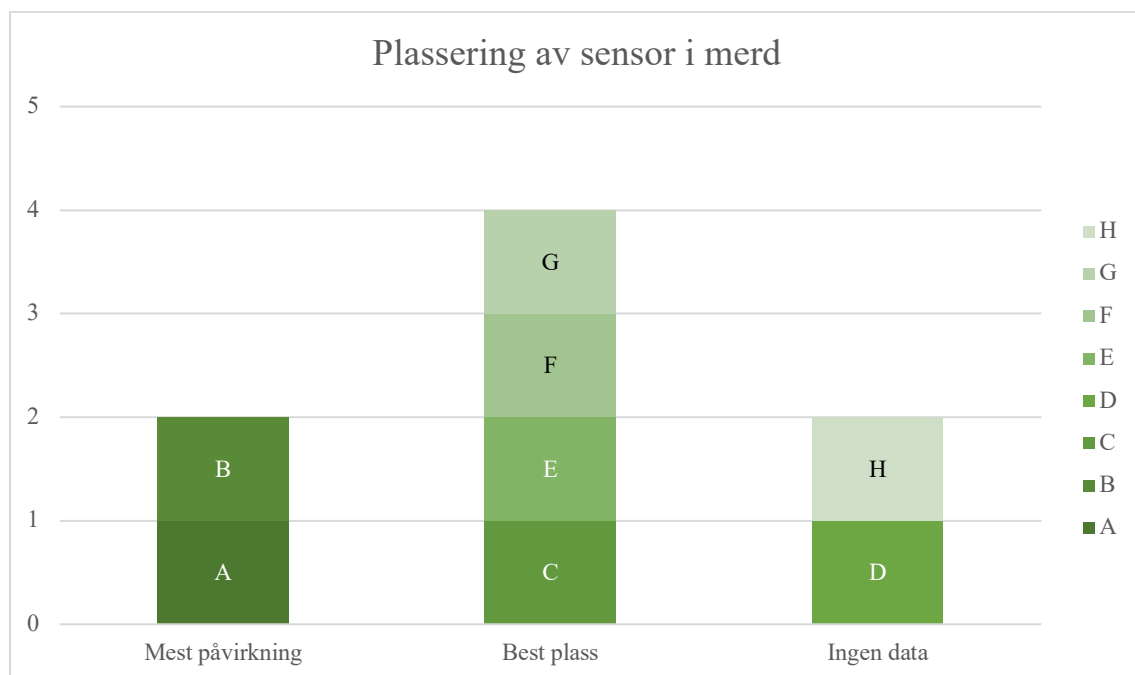
Et av selskapene varierer mellom biomasse eller strømretning. Hovedfokuset deres er hvor det vil være størst miljøpåvirkning og de tar en løpende vurdering ved utsett om hvor de tror det kommer til å være dårligst vannkvalitet og plassere målepunkt deretter.

Et selskap har målepunkter i alle merdene på anleggene sine, de har ikke behov for å vurdere hvilke hensyn som er viktigst ved plassering av sensor.

Et selskap plasserer målepunktet slik at de er fordelt over oppdrettsanlegget. Hovedhensynet de tar er at målepunktene skal være plassert slik at de får målinger fra ulike plasser i anlegget.

5.1.5 Plassering av målepunkt i merd

Intervjuobjektene plasserer målepunktet i merd ett sted mellom sentrum og merdvegg. Nøyaktig plassering varierer litt, men det er i hovedsak et sted mellom merdvegg og sentrum uten at noen er plassert i sentrum eller inntil merdveggen. Plassering av målepunkt handler om hensynene oppdrettsselskapene tar ved plassering målepunkter i merd. Figur 15 viser en oversikt for de hensyn intervjuobjektene vektlegger ved plassering av sensor.



Figur 15 - Stolpediagram som viser hovedhensynet tatt ved plassering av målepunkt i merd

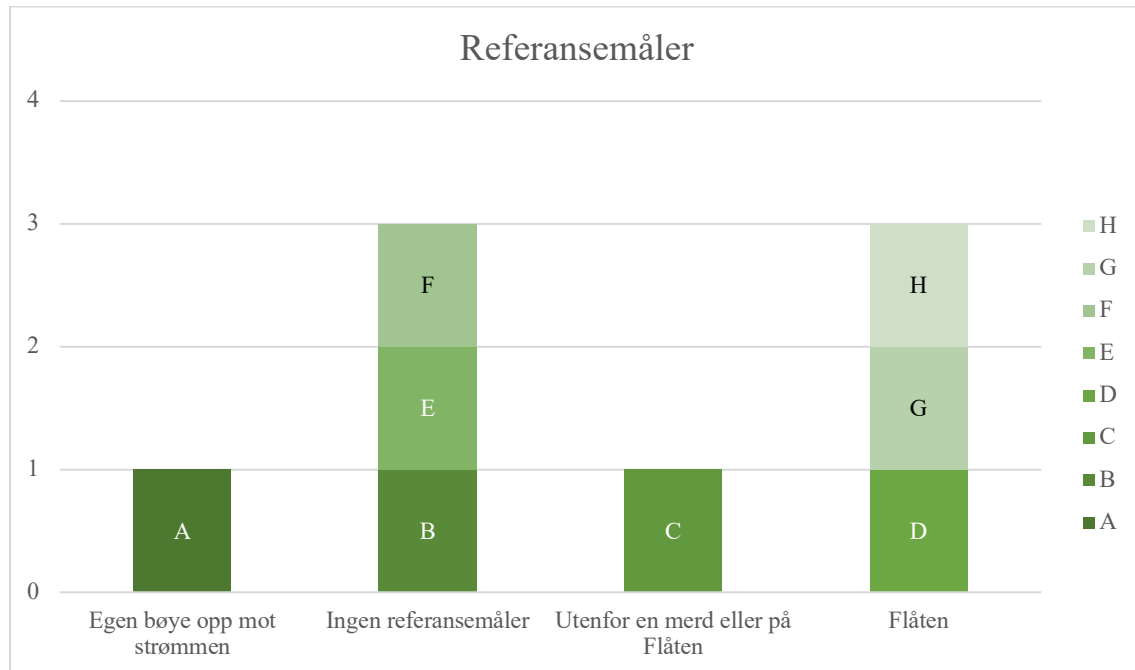
To av selskapene plasserer målepunkt slik at det står der den vil oppleve mest påvirkning. Intervjuobjektet fra firma B utdyper dette som der de antar det er mest fisk.

Halvparten av selskapene plasserer målepunktet i merd med hensyn til plass. Selskapene fokuserer på at oksygensensoren ikke skal komme i konflikt med annet utstyr i merden. Noe av det selskapene ønsker at oksygensensorene ikke skal komme i konflikt med er annet teknisk utstyr, dødfiskhåv, kameratau eller føringsutstyr.

Det ble ikke samlet inn noen data på hvilke hensyn Firma H og D tar når de bestemmer målepunkt for oksygen i merd.

5.1.6 Plassering av referansemåler

Referansemålere er målepunkter plassert på utsiden av et oppdrettsanlegg for å gi et innblikk i hvordan vannforholdene er utenfor anlegget. Figur 16 gir en oversikt av hvor oppdrettsselskapene plasserer referansemåler på anlegg.



Figur 16 - Stolpediagram som viser hvor oppdrettsfirmaene plasserer referansemåler

Ett selskap plasserer referansemåler med tanke på strømmålinger, i egen bøye plassert oppstrøms for oppdrettsanlegget. Bøyen blir som regel plassert nær anlegget slik at den ikke blir påkjørt av lokal båttrafikk.

Tre av selskapene plasserer referansemåleren på Flåten. Firma D begrunner plassering av referansemåler på Flåten at det er der de har plass og det reduserer risiko for påkjørsel av båter. Det varierer om Firma H har referansemåler utplassert, de har det ikke på eksempellokaliteten per intervju tidspunkt, men har hatt det tidligere i forbindelse med et prøveprosjekt.

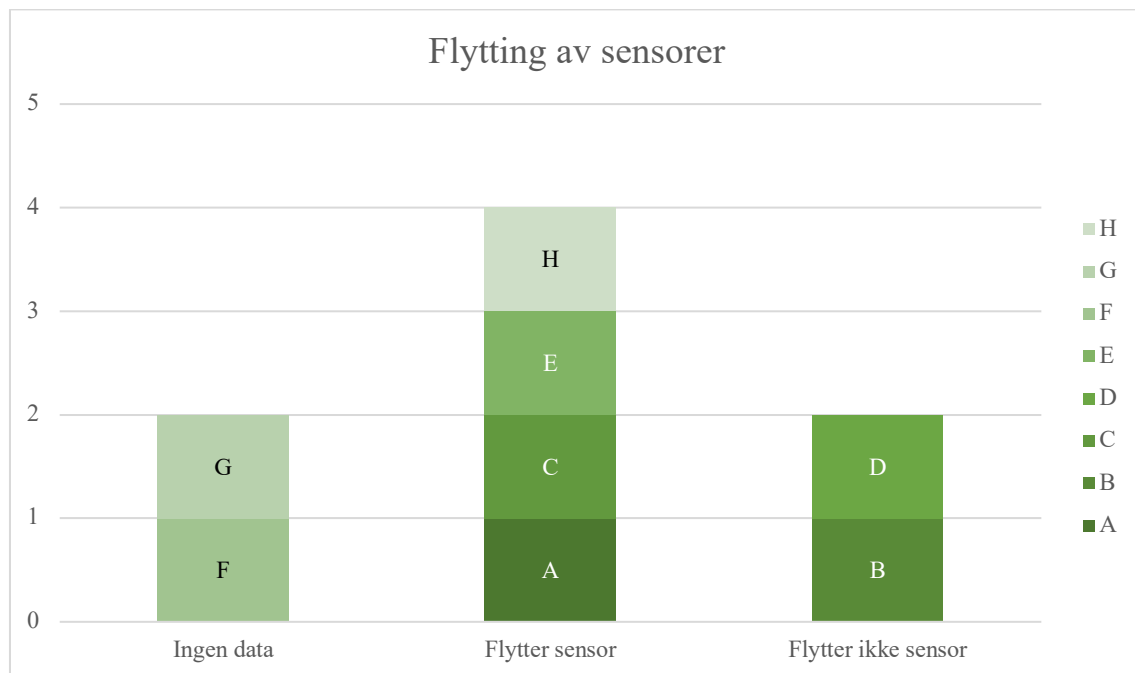
Ett selskap varierer på hvor de plasserer referansemåler, enten utenfor en merd eller på Flåten. Intervjuobjektet presiserer at de anser det som det samme vannet.

Tre av selskapene har ikke fast målepunkt for referansemåling. Firma B og F har håndholdte målere som de benytter hvis observerer avvikende verdier og ser behov for å ta en referansemåling i sjø. Firma E har ett loggføringssystem som oppdaterer seg hvert 10. minutt,

så hvis de observerer dårlige verdier så flytter de en av sensorene de har i merd ut i råsjø for å ta en referansemåling.

5.1.7 Flytting av målepunkt

Flytting av sensorer betyr her at et firma endrer på plasseringen til en oksygensensor i løpet av en produksjonsperiode. Figur 17 viser om intervjuobjektene flytter på sensorer i løpet av en produksjonsperiode.



Figur 17 - Stolpediagram som kartlegger om intervjuobjektene flytter på sensorer

To av firmaene flytter ikke på oksygensensorer i løpet av en produksjonsperiode. Firma B har oksygensensor fast i en merd i løpet av en produksjonsperiode og de flytter ikke på den om de ikke ser behov for det. Firma D har oksygensensorer i alle merder på anlegget og ser ikke behov for å flytte på dem. Om en skulle slutte å fungere i en periode så mener de at de har god nok oversikt fra alle de andre merdene at det ikke er behov å flytte rundt på sensorer.

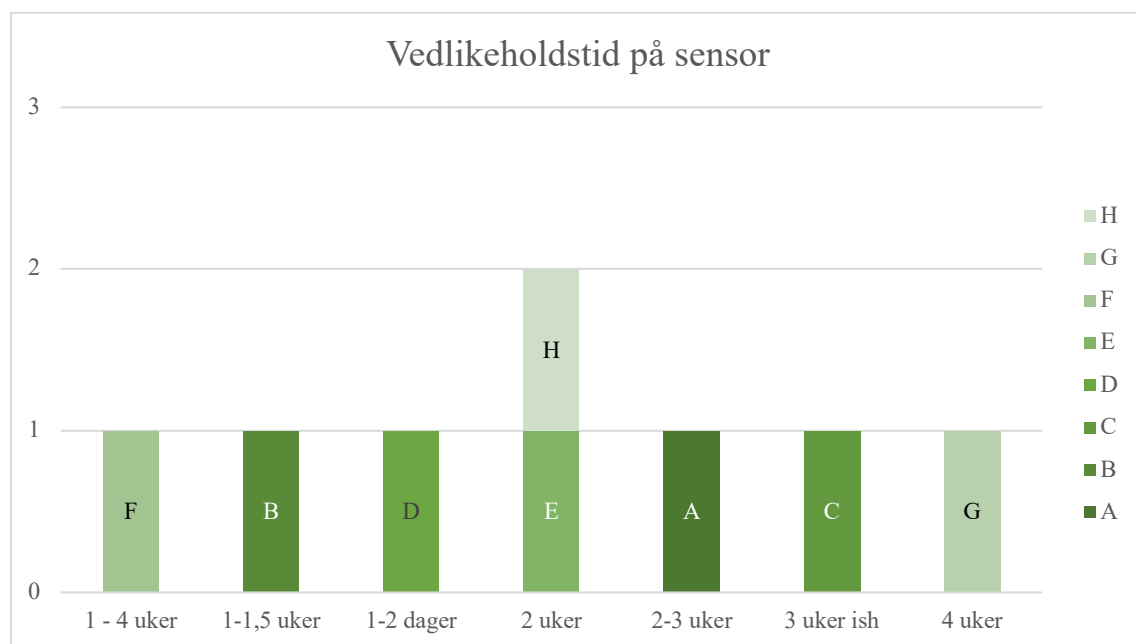
Halvparten av oppdrettsselskapene sier at de flytter på oksygensensor i løpet av en produksjonsperiode. Selskapene oppgir ulike grunner for hvorfor de flytter oksygensensor. Oksygensensor kan bli flyttet etter hvor det er størst biomasse på anlegget. Dersom det observeres et dropp i appetitten, kan sensor blir flyttet til merden der det er endring i atferd. Endring i registrerte verdier kan være grunn for flytting, sensor blir flyttet til andre merder for å kontrollere om avviket er lokalt for en merd eller om det påvirker hele anlegget. Sensor kan

også bli flyttet for å ta referansemåling utenfor anlegg om selskapet ikke har fast referansemåler ute. Et selskap flytter også sensor til dit det vurderes som mest hensiktsmessig.

Resultatene har ingen informasjon om Firma F og G flytter på oksygensensorer i løpet av en produksjonsperiode.

5.1.8 Vedlikeholdstid og reserveløsninger

Vedlikeholdstid er den tiden det tar for intervjuobjektene å få fikset eller erstattet en oksygensensor når det oppstår en feil. Figur 18 viser en fordeling av intervjuobjektene etter hvor lang tid de opplever det tar å erstatte en sensor hos leverandør. Figur 19 gir en oversikt på hvilke reserveløsninger intervjuobjektene har når det er avvik på oksygensensor og den må sendes på vedlikehold.



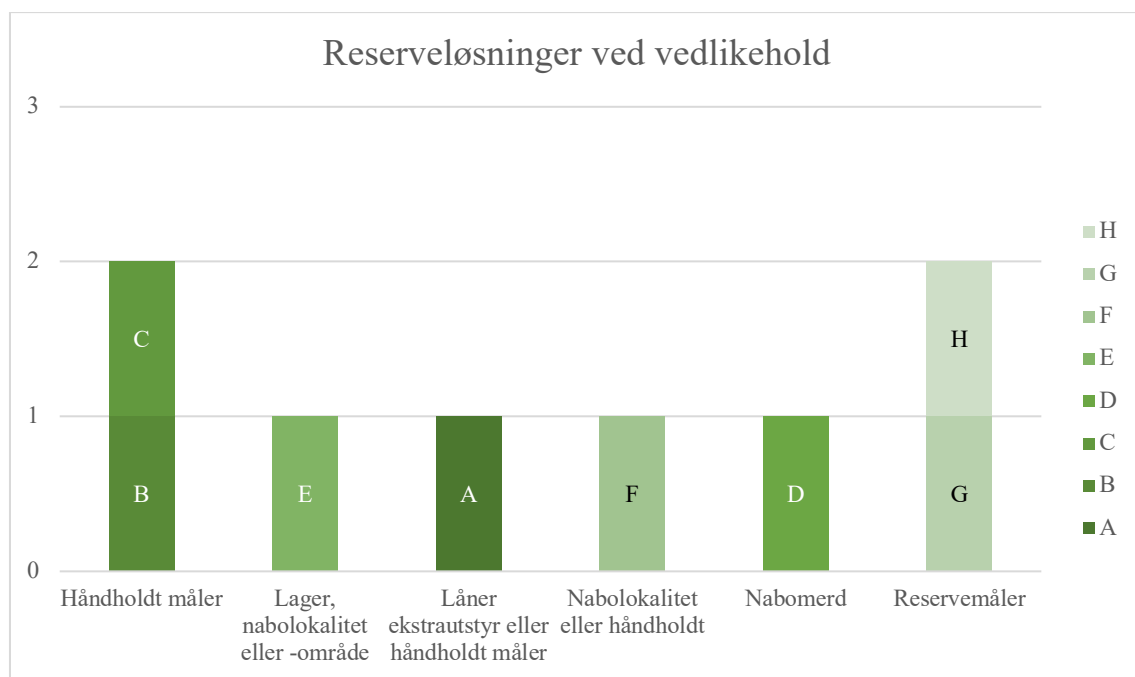
Figur 18 - Stolpediagram som viser hvor lang vedlikeholdstid intervjuobjektene har på oksygensensorer

Oppdrettselskapene opplever vedlikeholdstid som varierer fra 1-2 dager til 4 uker.

Firma A har 2-3 ukers Vedlikeholdstid på oksygensensorer. De opplever sjelden behov for vedlikehold på sensorer, og om de trenger det så kan de enten låne ekstrautstyr eller gjennomføre målinger med håndholdte måleapparater.

Firma B opplever at vedlikeholdstid på sensor som kort, og mener den er på rund en til en og en halv uke. I perioder der de mangler oksygensensor grunnet vedlikehold så benytter de seg av en håndholdt sensor som de bruker minimum to ganger om dagen.

For Firma C er vedlikeholdstiden på rundt 3 uker. Under vedlikeholdstiden benytter firmaet håndholdte målere for å kontrollere verdier i merd, ellers støtter de seg på målte verdier fra referansemåleren. Holdningen deres er at hvis det er god vannkvalitet utenfor merd så skal det mye til for at det er mye dårligere inne i merden. Firma C har også begynt å bruke en ny leverandør som har kortere vedlikeholdstid, på noen dager.



Figur 19- Stolpediagram som viser fordelingen av reserveløsninger ved vedlikehold på sensor

Firma D opplever at vedlikeholdstiden kan være litt forskjellig fra anlegg til anlegg, men at det som regel tar 1-2 dager. Firma D setter ikke ut noen reservesensorer ved feil på en sensor med mindre de ser et behov for det.

Firma E og H opplever en vedlikeholdstid på et par uker. Om de skulle trenge det så har Firma E reservesensorer på lager, eventuelt henter de måleutstyr fra en annen lokalitet.. Firma H opplever vedlikeholdstiden som “ganske kjapt” og benytter en reservesensor i mellomtiden.

Firma F opplever at vedlikeholdstiden varierer mellom 1 til 4 uker. Firma F prøver å hente en annen måler fra en annen lokalitet før de begynner å benytte håndholdt.

Firma G opplever at vedlikeholdstiden er på en måned. Avhengig av hvor mange lokaliteter som er i drift har firmaet en reservesensor liggende som de benytter mens de venter på å få tilsendt ny sensor.

5.2 Renhold

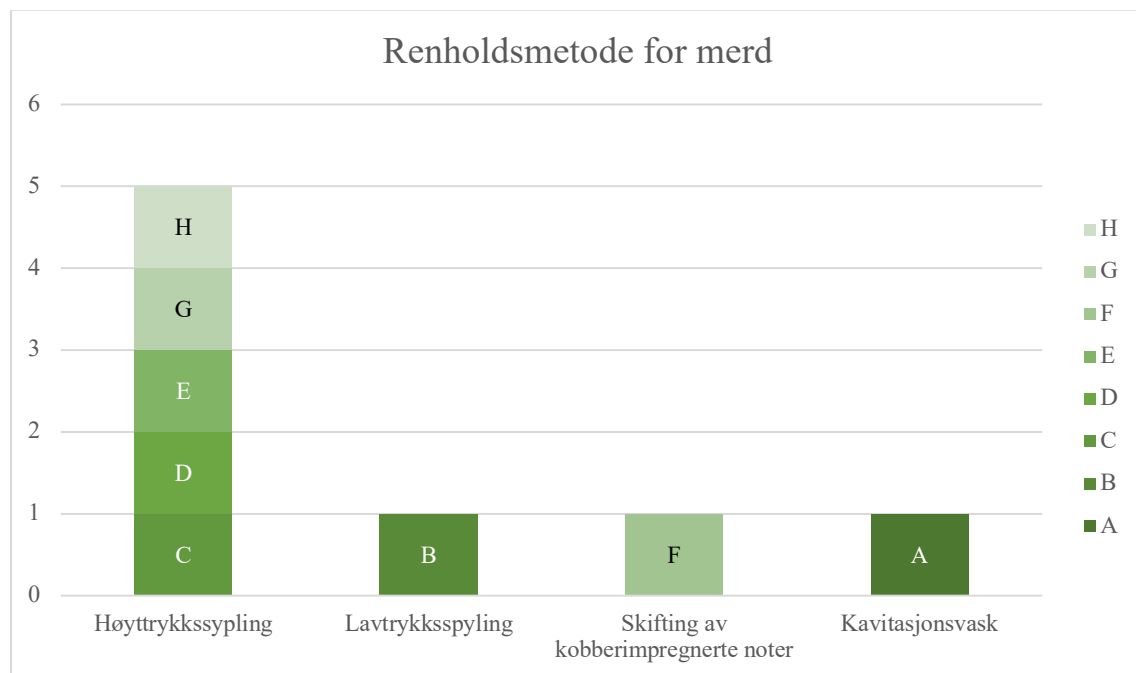
5.2.1 Merdene

Renhold på merd omfatter hvor hyppig det blir gjennomført renhold på merd, hvilken type renhold som blir gjort og hvem som har ansvar for gjennomføring av renhold.

5.2.1.1 Gjennomføring av renhold på merd

Gjennomføring av renhold på merd handler om intervjuobjektene valgte renholdsmetode for merder og om de gjennomfører renhold selv eller om de engasjerer en ekstern aktør.

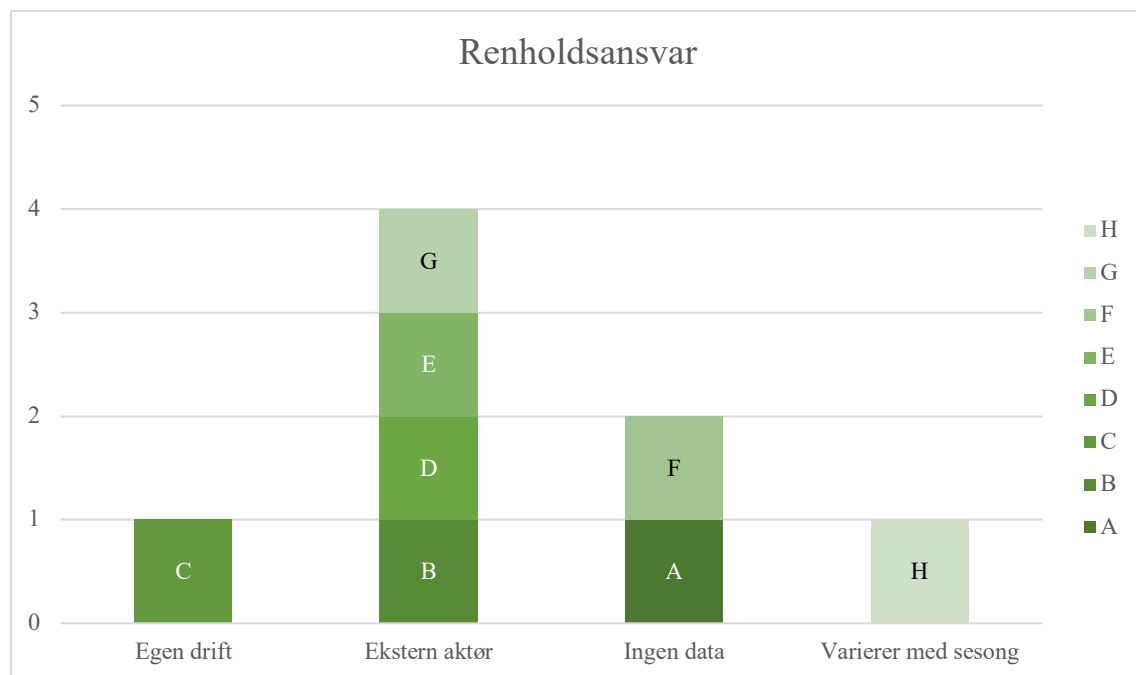
Figur 20 viser en oppdeling av oppdrettsselskapene etter hvordan de gjennomfører renhold på notposer. Figur 21 viser fordelingen av intervjuobjektene etter hvordan de har bestemt renholdsansvar.



Figur 20 - Stolpediagram som viser fordelingen av firmaene etter renholdsmetode for merd

Syv av firmaene benytter en form for spyling som renholdsmetode. Firma F driver ikke med spyling kun med skiftning av nøter. De kan spyle hvis de opplever mye begroing i perioder, men de har kobbernøter så de foretrekker å skifte notposene fremfor å spyle dem. Firma F har også noen lokaliteter med nøter uten kobberimpregnering og de nøtene blir rengjort ved spyling.

Et selskap har kavitasjonsvask som renholdsmetode. Et selskap har lavtrykksspyling som renholdsmetode. Fem selskaper gjennomfører renhold ved høytrykksspyling.



Figur 21 - Stolpediagram som viser oppdelingen til firmaene om de gjennomfører renhold selv eller benytter ekstern aktør

Fire av selskapene benytter seg av andre selskaper til å gjennomføre vask av merder for dem. Firma G benytter et søsterselskap for vask, slik at de benytter selskap innenfor samme konsern, men har ikke egen vaskebåt.

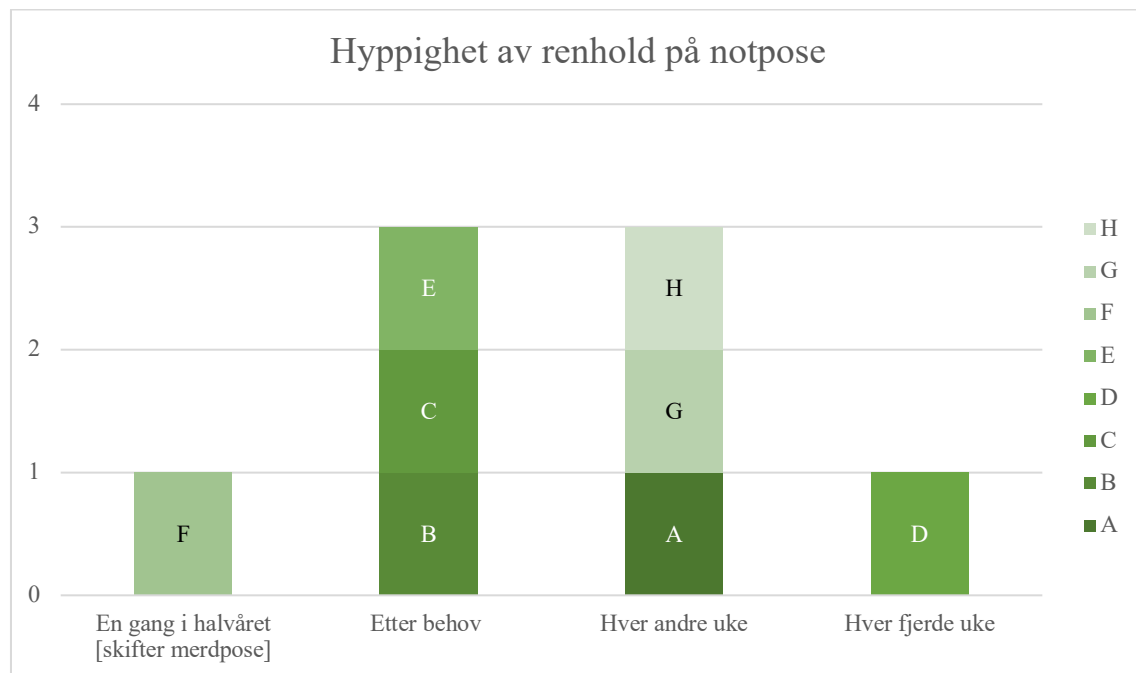
Et selskap eier egen vaskebåt og kontrollerer vasken av anleggene selv. Firma H har en egen båt som benyttes som vaskebåt på sommerhalvåret. Båten de benytter er en kombibåt som benyttes til fiske om vinteren, slik at da leier de inn tjenester fra en ekstern aktør.

Firma F gjennomfører ikke vask på merdene sine, de driver kun med bytte av notposer og registrer som at det ikke er noe data på dem innenfor dette temaet. Det foreligger ingen data på om Firma A gjennomfører renhold selv eller engasjerer en ekstern aktør.

5.2.1.2 Hyppigheten av renhold på merd

Intervjuobjektene opplever at behov for renhold på merd ender seg gjennom året og at intervall mellom vask endrer seg i takt med sesongen. Intervjuobjektene opplever generelt lite biobegroing på merder gjennom vinteren og sommeren så øker grad av biobegroing og behovet for vask. Hyppighet av renhold på merd omhandler hvor ofte oppdrettsselskapene gjennomfører renhold på merd i periodene det er mest biobegroing.

Figur 22 gir en oversikt over hvor ofte oppdrettsselskapene gjennomfører renhold på merder under vekstsesong.



Figur 22 - Stolpediagram som kartlegger hyppighet av vask på notposer i løpet av sommerhalvåret

Tre av selskapene gjennomfører renhold på merd “Etter behov”. Selskapene gjennomfører renhold på merd når de observerer behov for det. For firma C blir vask gjennomført på et risikobasert system der observasjon og tilbakemeldinger står sentralt. Firma E kjører ukentlig kontroller med kameraer. Firma B benytter kobberimpregnerte nøter og opplever generelt lavt behov for vask av merd, de gjennomfører kontroll en gang i måneden.

Halvparten av selskapene gjennomfører regelmessig renhold på merder. Tre av selskapene gjennomfører vask hver andre uke. Firma A har en rent observasjonsbasert drift og ønsker så lite spyling som mulig fordi de ser at det påvirker fisk og gjeldehelse. Firma G har en fast servicebåt som kjører kontinuerlig mellom deres lokaliteter og de prøver å ha vask innen to uker. Avvik i vaskerutiner kan oppstå hvis det er feil på båten. Firma H opplever store

variasjoner på vaskebehov mellom lokaliteter og år, de var litt usikre på regelmessigheten av vask. Ett selskap gjennomfører vask hver fjerde uke. De gjennomfører også hyppigere renhold om de observerer et behov for det.

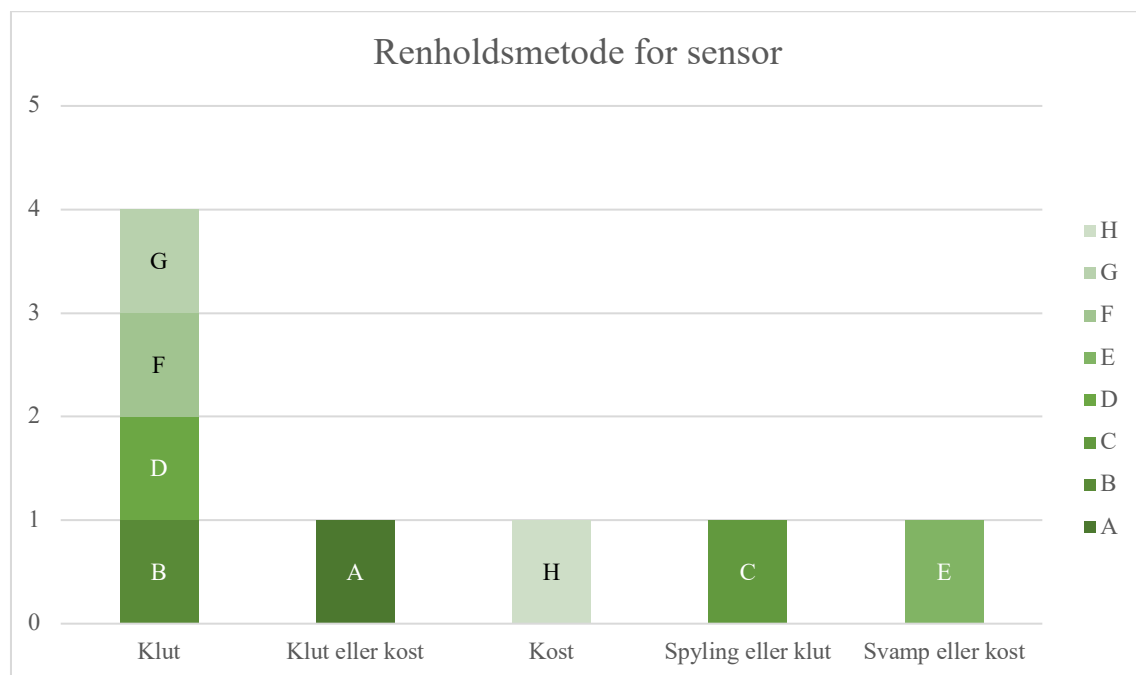
Firma F gjennomfører renhold på merdene kun en gang i halvåret, når de skifter kobberimpregnerte notposer. Hyppigheten av skiftningen varierer litt etter behov, men det typiske for dem er at de skifter halvårlig, en gang på våren og en gang på høsten.

5.2.2 Sensorene

Renhold på sensor omfatter regelmessigheten av renhold på sensor og hvilken type renhold som blir gjort.

5.2.2.1 Gjennomføringen av renhold på sensor

Gjennomføringen av renhold på sensor omhandler metodene intervjuobjektene benytter for renhold på oksygensensorer. Figur 23 viser en oversikt på hvilke renholdsmetoder intervjuobjektene bruker på oksygensensorer.



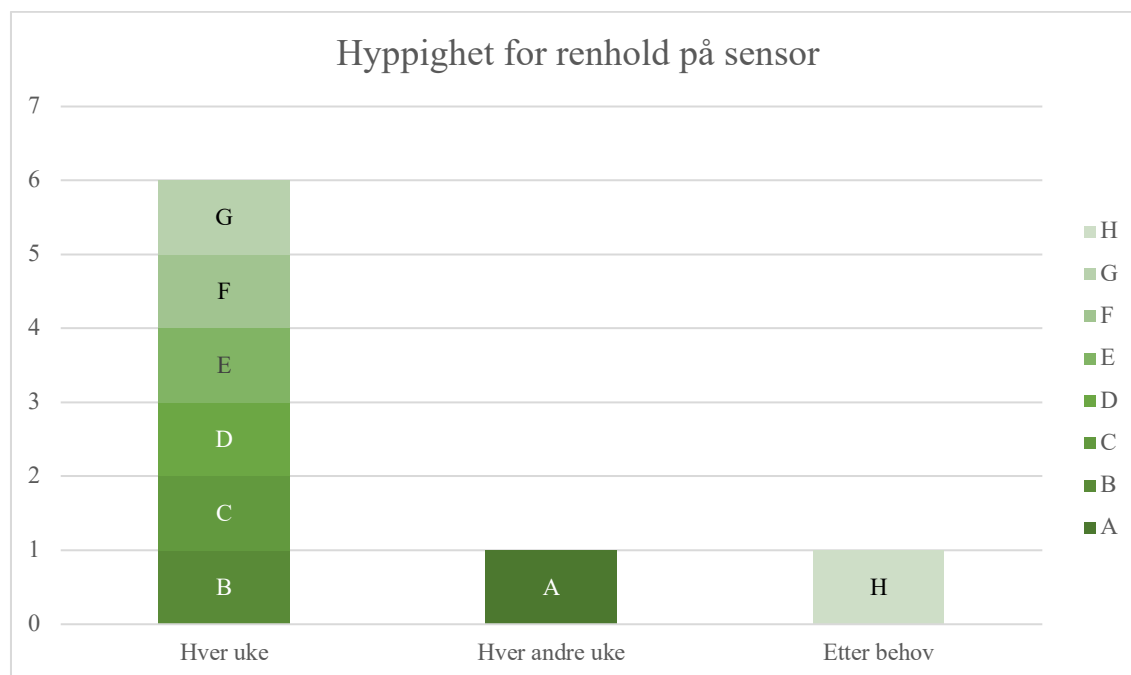
Figur 23 - Stolpediagram som viser fordelingen av firmaene etter renholdsmetode på sensor

Halvparten av selskapene sier at de kun benytter klut ved renhold på sensor. I tillegg er det to selskap som bruker klut eller en annen renholdsmetode. Et selskap sier at de kun benytter kost til renhold på sensorer, i tillegg er det to selskaper som bruker kost eller en annen renholdsmetode. Et selskap sier at de spyler sensorene eller bruker en annen renholdsmetode.

Alle intervjuobjektene sier at oksygensensorene krever varsom behandling, slik at grove vaskeutstyr slik som stålborster ikke kan benyttes, men heller myke børste eller svamper til å gjennomføre renhold.

5.2.2.2 Hyppigheten av renhold på sensor

Hyppighet av renhold på sensor omhandler hvor ofte intervjuobjektene gjennomfører renhold på sensorer i perioder det er mye biobegroing. Figur 24 fremstiller en oversikt på hvor ofte intervjuobjektene gjennomfører renhold på sensorer i løpet av groesesong.

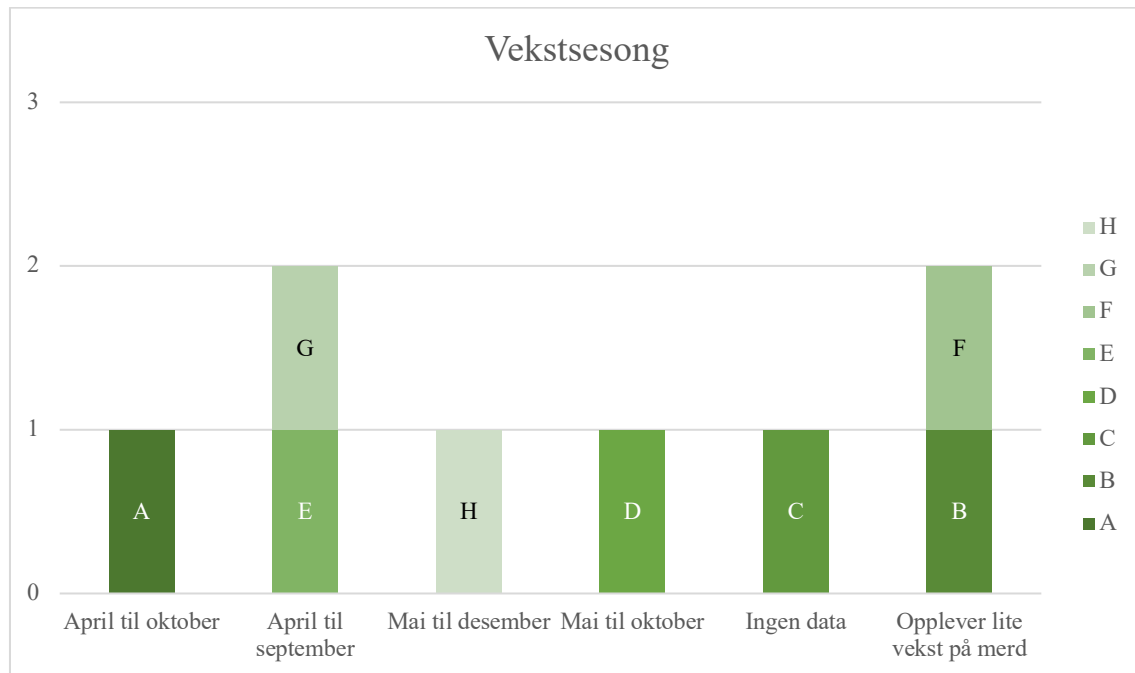


Figur 24 - Stolpediagram som kartlegger hyppighet av vask på oksygensensorer i løpet av sommerhalvåret

Nesten alle selskapene gjennomfører regelmessig renhold på oksygensensorer. Seks av selskapene gjennomfører renhold hver uke. Et selskap gjennomfører renhold hver andre uke, selskapet gjennomfører vask utover det hvis de observerer behov for det. Et selskap gjennomfører renhold på sensor etter behov. En behovsvurdering blir gjort på observasjonsbasis og hvis avvik i oksygenverdier blir registret så blir sensor tatt opp vasket.

5.2.3 Vekstsesong

Vekstsesong blir definert til den perioden av året der oppdrettsanleggene opplever økt biobegroing på merder og utstyr. Figur 25 viser en oversikt for når intervjuobjektene opplever økt biobegroing på anleggene deres.



Figur 25 - Stolpediagram over perioden intervjuobjektene opplever økt biobegroing på anlegg

Firmaene A, E og G opplever starten av vekstsesongen til å være i løpet av april måned. Firma A opplever at vekstsesongen varer til oktober. For firmaene E og G varer vekstsesongen til september.

Firma D og H opplever at vekstsesongen starter i maimåned. Vekstsesongen avsluttes i oktober måned for Firma D og i desember for firma H.

Firmaene B og F opplever lite vekst på sine anlegg og har ikke identifisert en periode av året de opplever mer biobegroing på notposene. Det foreligger ingen data for hva som er opplevd vekstsesong for Firma C.

6 Diskusjon

6.1 Resultatene

6.1.1 Sensorer

6.1.1.1 Sensortype

Formålet med oksygenmetningssensorer er å måle grad av oksygenmetning i oppdrettsmerder. Datainnsamlingsprosessen er avhengig av godt utstyr som kan ta nøyaktige målinger som gir kvalitetsinformasjon. (Data Collection, 2005; Jacobsen, 2022). Det er to forskjellige kategorier med oksygenmetningssensorer, optisk eller membransensorer. Det er liten differanse i kvaliteten på målingene de ulike oksygensensorene tar, forskjellen ligger i hvordan de måler. (O'Donnell, 2018). Kun fem av intervjuobjektene svarte om de benyttet optisk eller membransensor, se Figur 11.

Det er liten forskjell mellom kvaliteten på målinger tatt av optiske og membransensorer. (O'Donnell, 2018). Det vil tilsi at valg av utstyr vil ha liten effekt på kvaliteten til måledataen. Noen forskjeller som er mellom de ulike typene sensorer, kan ha innvirkning på selskapets drift og medfører forskjellige rutiner i forhold til oksygensensorer. Forskjeller mellom sensorer er blant annet; optiske sensorer har dårligere responstid og krever strømtilførsel i forhold til noen typer membransensorer, optiske sensorer krever mindre vedlikehold og mindre sensitive ved vask enn membransensorer. (Burke et al., 2021; O'Donnell, 2018). Samlet sett så er det ikke stor forskjell mellom sensortypene selskapene benytter.

6.1.1.2 Antall målepunkter

Formålet med en datainnsamlingsprosess er å samle inn kvalitetsdata som kan transformeres til en omfattende dataanalyse. (Data Collection, 2005; Jacobsen, 2022; Omreon, 2022). Formålet med måling av oksygenmetning i oppdrettsmerder er å kontrollere forholdene oppdrettsfisken lever i og ta handling hvis forholdene fisken opplever er hypoksiske. (Burke et al., 2021; Remen et al., 2016). Bruken av oksygensensorer gir muligheten for en mer strømlinjeformet informasjonsinnhentingsprosess. Det kan redusere responstid og effektivisere problemløsning og gjør det lettere for oppdrettsselskaper å regulere operasjoner i merder. (Bell et al., 2022; Burke et al., 2021; Su et al., 2020). For å ha en god

informasjonsinnhentingsprosess er det viktig å ha et tilstrekkelig antall sensorer som er strategisk plassert utover anlegget.

Antall målepunkter per oppdrettsanlegg inkludert referansemåler ligger mellom én til fire, blant undersøkelsens utvalg, se Figur 12. Det er ett unntak blant respondentene, ett oppdrettsselskap har målepunkter plassert i alle merder og et referansepunkt utenfor. Intervjuobjektene svar indikerer at det er to sentrale drivere for beslutninger knyttet til sensorbruk. Det er enten økonomiske hensyn, eller selskapets erfaringer gjennom eget bruk. De økonomiske hensynene er basert på kostnader knyttet til oksygensensorer, hvor mye hver enkelt sensor koster, både innkjøpspris og alle påfølgende kostnader for drift og vedlikehold som er knyttet til hver enkelt sensor. Mange av respondentene svarte at valg av sensorer er sterkt knyttet til selskapets egne erfaringer med sensorbruk og hva de anser som hensiktsmessig antall i forhold til egen drift.

Det er ikke mulig å se noen sammenheng mellom antall målepunkter og størrelsen på eksempelanlegg, se Figur 12 og Figur 8. To av selskapene svarte at de varierte antallet målepunkter etter størrelse på anlegget og at de hadde færre sensorer på anlegg med få merder. Utover det hadde de fleste samme antall målepunkter uavhengig av anlegg. For noen av eksempelanlegg med høy totalkapasitet, der de har opp mot 11, 12 og 16 merder på anlegget, har selskapet mellom én og tre målepunkter. Forholdstallet mellom antall målepunkter og anleggskapasitet blir veldig lavt og risikoen for at hypoksiske forhold oppstår og går uoppdaget over lengre tidsperioder blir større. Oppdrettere blir veldig avhengig av god utplassering av sensorer, slik at de får sensorene de har klarer å gi et godt overordnet bilde av oksygensituasjonen på anlegget. Få sensorer vil øke kravene til plasseringen for at det skal være god kvalitet på dataen som samles inn.

6.1.1.3 Dybdemålinger

Oppdrettsfisk kan dermed oppleve vidt forskjellige oksygenforhold i en merd på samme tidspunkt der noen av områdene i merden kan ha negativ effekt på for velferd og vekstrate. (Solstorm et al., 2018). Grad av kontroll et oppdrettsselskap har på oksygenverdier i merder avhenger ikke kun av antall målepunkter, men også på de dybder de måler oksygenmetning. Merdmiljøet kan variere både over tid og rom. Fordelen med dagens sensorteknologi er at oppdrettere kan observere oksygenverdier i merder både over tid og

rom. Sensornettverk gir oppdrettsselskaper muligheten til å plassere oksygensensorer på flere dybder og observere oksygenvariasjon over flere dybder.(Bell et al., 2022; Burke et al., 2021; Su et al., 2020). Utvalget av respondenter er todelt i forhold til dybdemålinger, halvparten måler kun på en dybde, 5 meter, og den andre halvparten måler på to dybder, enten 1 og 7 meter eller 5 og 15 meter.

Dybdemålinger er et kvalitetssikringstiltak som oppdretter bruke til å forbedre kontrollen på oksygenvariasjonen i oppdrettsmerder. Måling på flere dybder gir oppdretteren bedre helhetlig forståelse av merdmiljøet og kan redusere risikoen for at hypoksiske forhold skal gå uoppdaget. Det kan tenkes at selskapene med få målepunkter per merd ville velge å ta dybdemålinger for å få bedre kvalitet på innsamlet data og øke grad av kontroll på oksygenmetningen i anlegget. Resultatene viser derimot det motsatte; i en sammenligning av antall målepunkter og antall dybdemålinger, så er det firmaene med flest målepunkter per anlegg som også tar dybdemålinger og de med færrest antall målepunkter som måler på en dybde. Det er to unntak blant utvalget; Firma D har målepunkter i alle merder og måler kun på en dybde og Firma E har ett til to målepunkter per anlegg og måler på to dybder.

6.1.1.4 Plassering av målepunkter i anlegg

Vannkvalitet og oksygenmetning kan variere stort gjennom et oppdrettsanlegg og oppdrettsfisk kan oppleve vidt forskjellige merdmiljø avhengig av hvor de er lokalisert i et anlegg.(Løland, 1991). Plassering av oksygensensor vil ha stor betydning for hvordan oksygenmetning blir observert på et oppdrettsanlegg. Svarene til intervjuobjektene angående antall målepunkter per anlegg indikerer at de fleste oppdrettsselskaper har relativt få målepunkter per anlegg, noe som gjør plassering av målepunkt mer kritisk for å sikre god datakvalitet.

Oppdrettsselskaper bør sette ut sensorer i de merdene der de antar at vannkvaliteten og oksygenmetningen kommer til å være dårligst. Respondentene i undersøkelsen svarer hovedsakelig at de enten vurderer plassering av sensor etter strømretning eller biomasse. Vannkvalitet og strømningshastighet vil avta gjennom et oppdrettsanlegg og utforming av merd og anlegg vil utgjøre en stor betydning for reduksjonen gjennom anlegget.(Løland, 1991). Merder med mye biomasse og høy fisketetthet vil kunne oppleve vanskeligere vekstforhold som kan påvirke vekstrate og endelig slaktevekt.(Wang et al., 2019).

Resultatene viser en tydelig tendens for at det viktigste hensynet ved utplassering av målepunkter er strømretning. Halvparten av intervjuobjektene svarer at de kun vurderer strømretningen når de bestemmer målepunktene i anlegg. Det var også et intervjuobjekt som vurderte strømningsretning sammen med biomasse, valg av vurderingshensyn ble basert på hvor det ble antatt at det kom til å være mest miljøpåvirkning på det enkelte anlegget. Kun ett intervjuobjekt hadde fisketetthet som eneste vurderingshensyn.

Et intervjuobjekt gav ikke noe spesifikt vurderingshensyn, men mente at de fordelte sensorene utover anlegget slik at de skulle gi et helhetlig bilde. Firma D operer med sensorer i alle merd og har avvikende svar i forhold til de andre selskapene. Ved å ha sensorer i alle merder trenger de ikke å ta hensyn til hvordan sensorer skal plasseres i anlegg.

6.1.1.5 Plassering av målepunkt i merd

Et oppdrettsselskap må i tillegg til plassering i anlegg, foreta vurdering av hvordan målepunkt skal plasseres ut i merd. Forholdene i en oppdrettsmerd kan variere stort over tid og rom, og oksygensensorer burde bli plassert slik at det gir et reelt bilde av miljøforhold i merden.(Solstorm et al., 2018). Det er generelt trangt om plassen i en oppdrettsmerd og dette er også noe oppdrettsselskaper må ta hensyn til.(Burke et al., 2021).

Resultatene fra den kvalitative undersøkelsen viser at intervjuobjektene kan deles opp i to forskjellige grupper når det gjelder plassering av målepunkt. Oppdrettsselskapene vurderer plassering etter “Best plass” eller “Mest påvirkning”, se Figur 15. De som tar mest hensyn til plass ønsker at oksygensensor ikke skal komme i konflikt med eller bli forstyrret av blant annet teknisk utstyr, dødfiskhåver eller fôringsutstyret. De som tar mest hensyn til påvirkning legger i stor grad vekt på at de ønsker å plassere sensor der fisken er og hvor det er størst mengde biomasse.

Halvparten av intervjuobjektene plasserer målepunkt i merd etter hvor det er “Best plass”. To av respondentene plasser etter hvor det er “Mest påvirkning” og to er det ingen data på plassering av målepunkt i merd. Selv om det kun var data på seks respondenter så er det en tydelig tendens blant de som svarte at plasshensyn er det mest fremtredende beslutningsgrunnlaget for plassering av målepunkt i merd.

6.1.1.6 Plassering av referansemåler

Hensikten med en referansemåler for oksygenmetning er at den skal måle oksygenverdiene på utsiden av merd, hovedsakelig i upåvirket sjø. Fem av åtte intervjuobjekter svarer at de benytter referansemåler i sin drift. Hovedhensynene som blir tatt ved plassering av referansemåler er at sensoren skal kunne ta upåvirkede målinger som relevante for anlegget og at sensoren er plassert slik at den ikke risikerer å bli påkjørt av lokal båttrafikk.

6.1.1.7 Flytting av målepunkter

For at et datasett skal bli ansett som pålitelig, må datainnsamlingsprosessen være nøyaktig og unngå at avvik oppstår. (Data Collection, 2005; Jacobsen, 2022; Omreon, 2022). Flytting av målepunkter dreier seg om oppdrettsselskaper flytter på oksygensensorer i løpet av en produksjonsperiode. Halvparten av respondentene i undersøkelsen svarer at de kan flytte på oksygensensor i løpet av en produksjonsperiode, se Figur 17. Intervjuobjektene begrunner flytting av målepunkt ved at det er viktig for driften til selskapet. Avvik er en av hovedgrunnene for flytting, det kan enten være avvik i form av endring i oksygenivåer eller i form av endring i fiskens atferd, slik som redusert appetitt. Et firma flytter også målepunkt etter hvor det er mest biomasse på anlegget.

Flytting av oksygensensor kan redusere troverdigheten til registrerte oksygenverdier. Når sensoren blir flyttet, blir kontinuiteten i målingene brutt ved at målepunktet endrer seg. Har datasettet ikke mulighet til å vise at sensor har blitt flyttet og når det ble gjort kan det medføre unøyaktighet i datasettet. Det kan gjøre det umulig å replisere forskningen og det kan villedde andre forskere ved senere undersøkelser. (Data Collection, 2005; Jacobsen, 2022).

Gjennom en datainnsamlingsprosess kan det bli gjennomført kvalitetskontroller for å identifisere og rette opp i eventuelle feil i innhentingsprosessen. (Data Collection, 2005; Hayes, 2023). Flytting av oksygensensor kan anses som et tiltak for kvalitetskontroll på oppdrettsanlegget. Observeres det lokaleavvik på anlegget så kan det medføre flytting av sensor. Halvparten av selskapene har behov for å flytte på sensor i løpet av en produksjonsperiode, det kan være en indikasjon på at de kunne vært tjent med å ha flere målepunkter på anleggene sine. Dette blir forsterket av at ett av de selskapene som ikke ser noe behov for å flytte på sensorer er Firma D som har målepunkt i alle merder. Firma D begrunner at de ikke har behov for å flytte på sensor, selv om det skulle oppstå feil på sensor,

fordi de har så god kontroll med målepunkt i alle merder. Behovet for å flytte sensorer under en oppdrettsperiode indikerer mangel på kontroll på anlegget og kan redusere troverdigheten til innsamlet måledata.

6.1.1.8 Vedlikeholdstid

Vedlikeholdstid er definert som tiden det tar fra oppdrettsselskapene sender inn og får returnert oksygensensor til leverandør. Alle intervjuobjektene har samme leverandør dermed er det interessant å se at det er stort sprik i svarene, fra 1-2 dager opp til 4 uker, se Figur 18. Studiet kunne ikke avgjøre om dataen hadde noen relasjon mellom produksjonsområde og vedlikeholdstid. Grunnet den store spredningen i svarene er det vanskelig å se noe relasjon mellom vedlikeholdstid og den andre tematikken i oppgaven.

Det som er mest interessant med svarene angående vedlikeholdstid er egentlig hvor stor spredning det er i svarene. Intervjuobjektene har samme leverandør, så det skal i teorien ikke være noen forskjell på behandlingstiden fra den enden. Årsaken for variasjon i vedlikeholdstid kan oppstå på lokalt nivå som ikke er omfattet av forskningen, det foreligger lite datagrunnlag for å vurdere oppdrettsselskapenes plassering og hvordan den er i forhold til postsystemet.

6.1.2 Renhold

6.1.2.1 Renhold på merd

Oksygentilførsel i oppdrettsmerder skjer gjennom fysisk transport av vann. For å opprettholde gode oksygenmetningsnivåer i merder er det dermed viktig med god vanngjennomstrømning.(Johansson et al., 2006; Johansson et al., 2007; Løland, 1991). Oppdrettsselskaper kan oppleve biobegroing på merder som en faktor som hindrer vanngjennomstrømning. Kontrollering av biobegroing på oppdrettsanlegg kan enten bli gjort ved å iverksette preventive tiltak eller ved fjerning av biobegroing, eventuelt en kombinasjon av begge.(Blöcher & Floerl, 2021).

Flesteparten av respondentene i undersøkelsen gjennomfører tiltak for fjerning av biobegroing. De vanligste metodene for fjerning av biobegroing på notposer er høytrykksspyling og lavtrykksspyling.(Blöcher & Floerl, 2021). Dette samsvarer med svarene til respondentene, fem av åtte fjerner biobegroing ved høytrykksspyling og ett gjør det ved

lavtrykksspyling. Et intervjuobjekt fjerner biobegroing ved kavitasjonsvask, en renholdsmetode som er like effektiv som høytrykksspyling, men som er mer skånsom.(Blöcher, 2015).

Ett av oppdrettsselskapene i undersøkelsen skiller seg fra de andre ved at det retter fokuset mot kontroll av biobegroing mot preventive tiltak, fremfor fjerning av biobegroing. Impregnering av nøter er et de vanligste preventive tiltakene ved forhindringen av biobegroing og kobber er et av de vanligste impregneringsmidlene. Impregneringen reduserer behovet for fjerning av biobegroing slik at nøtene kan stå lengre uten at de må bli spylt. (Blöcher & Floerl, 2021). Firma F gjennomfører preventive tiltak ved å ha kobberimpregnerte nøter og istedenfor spyling, så skifter selskapet nøtene en gang i halvåret eventuelt oftere ved behov. Beskyttelsen fra impregneringen varer sjeldent ut en hel produksjonsperiode og kan på det korteste svikte rundt åtte uker etter utsett. (Blöcher & Floerl, 2021).

Fjerning av biobegroing er en veldig observasjonsbasert virksomhet, der intervallet mellom hver vask kan variere mellom alt fra et år til fem dager.(Bannister et al., 2019). Dette blir også reflektert i svarene til respondentene. De fleste av intervjuobjektene opplever stor variasjon i biobegroing mellom sesongene, om sommeren er øker behovet for fjerning, mens om vinteren er det nesten ikke behov. Grunnet store sesongvariasjoner er det ikke mulig å si at oppdrettsselskapene driver med regelmessig fjerning av biobegroing året rundt.

Sommersesongen opplever høyere grad av biobegroing, det medfører et økt behov for vasking av notposer. Gjennom vekstsesongen driver halvparten av intervjuobjektene med regelmessig renhold på merd. De resterende gjennomfører renhold etter behov eller driver ikke med fjerning av biobegroing, se Figur 20. To av intervjuobjektene sier at de har regelmessig renhold på notposer men gjennomfører renhold oftere hvis de ser behov for det.

Respondentene oppgir tre ulike faktorer vurderingen av når det er behov for vask på notposer. Observerer oppdrettsselskapet at grad av groe på notposen overstiger de nivåer som selskapet anser som akseptabelt så gjennomfører de renhold. Blir det observert avvik i oksygenverdier i oppdrettsmerder over tid gjennomfører selskapet kontroll og renhold på notposer. Registrerer selskapet at appetitten til fisken synker blir det gjennomført kontroll og renhold på notposer. Redusert appetitt er kartlagt som et tidlig tegn på hypoksi hos laks.(Remen et al., 2016).

Faktorene som indikerer behov for renhold, kan enten bli registrert individuelt eller i kombinasjon med hverandre.

Faktorene intervjuobjektene observerer i vurdering av behov for renhold av merd er også faktorer som kan indikere at oppdrettsfisken opplever suboptimale forhold. Det kan indikere at de som gjennomfører renhold etter behov kan legge opp til at oppdrettsfisken opplever forhold som er negative for velferd og vekstrate. Det kan også indikere at registrert måledata for de selskapene som vasker etter behov vil kunne ha større variasjon i måleverdier enn de som vasker regelmessig.

Kontroll av biobegroing kan bli ansett som et tiltak for kvalitetskontroll på oppdrettsmerder. Oppgavens forskning har ikke fokusert på hvordan eller hvor ofte oppdrettsselskaper gjennomfører kontroll av biobegroing. To av tre respondenter som gjennomfører renhold etter behov, gjennomfører regelmessig kontroll på anlegget enten ukentlig eller månedlig. Kontrollrutiner for fjerning av biobegroing er noe som det burde forskes videre på. Et slikt forskningsarbeid kan bidra til bedre forståelsen av oppdrettsselskapers renholdsrutiner og hvilke faktorer som påvirker kvantitativ innsamling av oksygendata.

En av de største konsekvensene av hyppig notvask er at det kan ha negativ effekt for miljøet både i og rundt oppdrettsmerden. Spyling av impregnerte nøter kan medføre slitasje på impregnering og bidra til frigjøringen av biocider i lokalmiljøet. Notvasking kan medføre spredning av ikke-lokale arter som har kolonisert seg på notposen gjennom biobegroing. Frigjøring av biocider og ikke-lokale arter kan ha negative konsekvenser for gjeldehelse og fiskevelferd.(Bannister et al., 2019).

Forholdet mellom biobegroing, renhold på merd og oksygennivåer byr på mye kompleksitet. Oppdrettsselskapene er avhengige av en balansegang i hvor ofte de fjerner biobegroing på merder, der de tar hensyn til at biobegroingen ikke begrenser oksygentilførselen i merd og at vask ikke skaper negative forhold for fisken. Flere av intervjuobjektene spesifiserer at de ikke ønsker hyppig spyling av notposer fordi de observerer at spyling har negativ effekt på fisken. Intervjuobjektet fra firma E påpekte at mengden partikler i vannet etter spyling var med på å irritere gjellende til fisken. Firma A ønsket også minst mulig spyling av merder fordi de observerte at det hadde negativ effekt hos fisken. Firma F benytter kobberimpregnerte nøter og oppgav det som en av grunnene til at de ikke drev med spyling.

Renholdsmetoden for fjerning av biobegroing på merd har trolig ingen direkte innvirkning på datainnsamling av oksygennivåer i oppdrettsmerder. Alene så har renholdsmetoden liten påvirkning på datainnsamlingsprosessen, men metoden kan påvirke andre beslutninger som kan ha en innvirkning på oksygennivåer og datainnsamling. Dette kan være intervall mellom vask, behov for bytting av merdposer og vurdering av hva som er akseptabel mengde biobegroing før renhold må gjennomføres.

6.1.2.2 Renhold på sensor

Biobegroing kan ha stor utslagseffekt på oksygensensorer og kan både påvirke miljøet sensoren måler, og sensorens funksjonalitet ved å blokkere sensoroverflaten. (Bloecher et al., 2021). Tidligere i oppgaven ble det sett på hvilken type sensorer intervjuobjektene velger å bruke. Det er liten forskjell i renholdbehovet til de ulike sensortypene, optiske sensorer har lavere vedlikeholdsbehov og er litt mindre sensitive ved vask enn membransensorer. (Burke et al., 2021; O'Donnell, 2018). Det er interessant å se på om det er en sammenheng mellom sensortype og renholdsmetode eller sensortype og hyppighet for renhold.

Intervjuobjektene gjennomfører renhold på sensor enten ved å tørke eller børste av dem med klut, svamp eller kost. Ett av intervjuobjektene sa selskapet også drev med spyling av enkelte sensorer, se Figur 23. Uavhengig av sensortype spesifiserte flere av intervjuobjektene at renhold ble gjennomført på en skånsom og forsiktig måte. De to respondentene som benytter membransensorer gjennomfører renhold hovedsakelig med klut, men den ene spyler enkelte sensorer. De tre intervjuobjektene som benytter optisk sensor, gjennomfører renhold enten med klut eller kost. Det er ikke mulig å se en konkret sammenheng mellom sensortype og renholdsmetode. Det generelle inntrykket fra intervjuobjektene var at de hadde relativt likt forhold til renholdsmetode, eneste forskjellen var utstyret de brukte.

Det er stor grad av likhet blant oppdrettsselskapene når det gjelder regelmessighet for renhold av sensor. Syv av åtte respondenter gjennomfører regelmessig vask, enten hver eller annenhver uke, kun ett intervjuobjekt gjennomfører renhold på sensor etter behov, se Figur 24. Likheten i regelmessighet fremhever faktum at det er liten forskjell mellom sensortypene og at type vil ha liten innvirkning på registrerte oksygenverdier.

Resultatene viser at det er en forskjell i regelmessigheten av renhold på sensor sammenlignet med merd. Flesteparten av oppdrettsselskapene gjennomfører hyppigere og mer regelmessig renhold på sensor enn på merd. Forskjellen i regelmessighet mellom merd og sensor kan være en konsekvens av at oksygensensorer er mer sensitive for biobegroing og det kan oppstå avvik fortere enn ved biobegroing på merd.(Bloecher et al., 2021).

Svarene til respondentene indikerer at oppdrettsselskapene driver både med kvalitetssikring og kvalitetskontroll for vedlikehold på oksygensensorer. Flesteparten av oppdrettsselskapene har etablerte rutiner for kontroll og renhold på oksygensensorer. Dette indikerer at selskapene har gjennomført kvalitetssikringsarbeid på forhånd av produksjon og har gitt sine ansatte opplæring i rutiner for anlegget. Flere av respondentene gjennomfører kontroll og renhold på sensor utover rutiner hvis det observeres avvik i oksygenmålinger. Aktiv oppfølging av resultater og respons ved avvik er indikasjon på at selskapene også driver med kvalitetskontroll på innsamlet data.

6.1.2.3 Vekstsesong

Grad av biobegroing på oppdrettsanlegg kan variere mye med sesongene, det er generelt mer biobegroing i de varme sommermånedene og mindre om vinteren.(Blöcher et al., 2013). Dette reflekteres i svarene til intervjuobjektene, der opplevd behov for renhold på merd og sensor er mye større på sommerhalvåret enn om vinteren. Respondentene opplever generelt at vekstsesongen starter i april eller mai og varer til september eller oktober, se Figur 25. To av intervjuobjektene benytter kobberimpregnerte merder og gav ikke inntrykk for når de opplever økt biobegroing i løpet av året.

Det er ikke mulig å se noen direkte korrelasjon mellom produksjonsområdene selskapene tilhører og opplevd vekstsesong. Populasjonen er litt for snever og spredningen av intervjuobjektene litt for svak til å kunne se noen klare tendenser. Spredningen blant svarene er også for bred til å se noen konkrete sammenhenger. Kun fem av intervjuobjektene svarte på når de opplevde vekstsesong, blant dem var fire mer nordligorientert. Det var relativt stor likhet i når de opplevde start på vekstperiode enten april eller mai, det var større forskjell opplevd avslutning av vekstperiode, svarene varierte mellom september, oktober og desember.

Det kan være flere årsaker til den store forskjellen i opplevd avslutning av vekstsesong. En feilkilde kan ha oppstått ved at intervjuobjektene har misforstått intervjuer sitt spørsmål og det har resultert i den store variasjonen. Det kan hende at oppdrettsselskapene setter forskjellige krav til akseptabelt biobegroingsnivå på merder og sensorer. Selskapene kan dermed oppleve omtrent samme grad av biobegroing gjennom et år, men noen vil ha lengre vekstsesong fordi de har strengere krav til nivå på biobegroing. Resultatene rundt biobegroing gir ikke grunnlag til å trekke noen slik konklusjoner, men det kan ha avdekket noe som er interessant å utforske videre: Hvilke krav selskaper setter til grad av biobegroing på oppdrettsmerder og hvordan det påvirker rutiner på anlegget.

6.2 Case

6.2.1 Stillingstype

Intervjuobjektene ble definert etter stillingstype, oppdeling ble gjort etter en skjønnsmessig vurdering av arbeidsoppgavene deres. Formålet med oppdelingen er for å kartlegge utgangspunkter og perspektiver hos intervjuobjektene, slik at det er mulig å vurdere hvordan det vil påvirke svarene deres.

Forutsetningen for oppdelingen er at de som jobber sentralisert vil ha et overordnet perspektiv på driften til selskapet og mindre kunnskap om spesifikke rutiner og tekniske detaljer på enkeltanlegg. De som jobber lokalt, vil ha bedre kontroll på spesifikke rutiner og tekniske detaljer på enkeltanlegg og ha et mindre overordnet perspektiv på driften til selskapet som helhet.

Evnen til å svare på alle spørsmålene i intervjuguiden varierte mellom respondentene. Variansen i evnen til å svare var relativt uavhengig av stillingstype og tematikk, de i sentraliserte stillinger var litt mer usikre på noen av svarene sine enn de i lokale stillinger. Det var generelt størst usikkerhet knyttet til tekniske detaljer for oksygensensorer, spesifikt sensortype og plassering i merd.

Forutsetningskriteriet for oppdeling etter stillingstype stemte ganske godt for intervjuobjektene. Respondentene som jobber i sentraliserte stillinger hadde bedre kompetanse på tekniske detaljer enn forventet, noe som var positivt. Intervjuobjektene svarte generelt godt på spørsmål og fremviste mye kompetanse om tematikken knyttet til tematikken

i intervjuguiden. Dette gjorde intervjuobjektene til gode og pålitelige respondenter uavhengig av stillingstype.

6.2.2 Produksjonstype

Produksjonstype deler opp intervjuobjektene etter typen matfisk de produserer. De fleste av intervjuobjektene driver med produksjon av laksefisk, men et intervjuobjekt driver med oppdrett av torsk (Firma B).

Forskjellen i type oppdrett kan medføre at intervjuobjekt B har litt forskjellig svar fra resten av intervjuobjektene og noen av spørsmålene i intervjuguiden ikke var like relevante. Stor sett var det mye likhet mellom svarene til alle intervjuobjektene og der det var størst avvik kunne det støttes opp av teorien. Den største forskjellen i svarene gjaldt bruk av luseskjørt.

Luseskjørt er et preventivt tiltak for å hindre spredningen av lakselus i oppdrettsmerder.(Jonsdottir et al., 2020). Torskeoppdrettsmerder vil i utgangspunktet ikke ha behov for luseskjørt på samme måte som merder med oppdrettslaks, for denne statistikken vil Firma B være en feilkilde og ikke representativ for bransjen. Utenom luseskjørt så kan de fleste andre temaene i den kvalitative undersøkelsen være relevante uavhengig av produksjonstype slik at svarene til firma B blir inkludert i resultatene.

6.2.3 Produksjonsområder og geografisk plassering

Selskapene som har bidratt til undersøkelsen er fordelt over seks produksjonsområder. To selskapene er mer sørligorientert enn resten og de har oppdrettslokaliteter i produksjonsområdene med høyest og nest høyest tillatelseskapasitet (MTB). Samtlige av de nordligorienterte oppdrettsselskapene har oppdrettslokaliteter i produksjonsområde 10 som er i det midtre sjiktet når det gjelder MTB.(Fiskedirektoratet, 2023) Oppdrettsselskapene med i studiet har oppdrettslokaliteter plassert i fylkene med størst konsentrasjon av drift i Norge. Dette øker relevansen til resultatene ettersom oppdretterne opplever forhold som ligner de store deler av næringen opplever.

Eksempelanleggene ble kategorisert etter om de var plassert i fjord- eller kystområde. Majoriteten av anleggene ble kategorisert til å ha en fjordlokalitet. Fjordlokaliteter har generelt lavere oksygenmetningsnivåer enn kystlokasjoner og er mer utsatt for dannelse av pyknokliner som kan utgjøre en større velferdsrisiko for oppdrettsfisken på disse

lokalitetene.(Johansson et al., 2007). Dette studiet legger ikke vekt på oksygenmetningsnivåene på eksempellokalitetene eller de reelle forholdene på hvert enkeltanlegg. De geografiske plasseringene funnet i dette studiet kan være mer aktuelt for videre arbeid med det kvantitative datasettet, informasjonen kan være aktuell og anvendelig for forståelsen av variasjoner i oksygenverdier.

6.2.4 Luseskjørt

Samtlige av lakseoppdrettsselskapene med i undersøkelsen svarer at de enten har brukt eller bruker luseskjørt på noen eller alle sine oppdrettsanlegg. Ut fra svarene til intervjuobjektene er det trygt å konkludere med at luseskjørt er et relativt vanlig preventivt tiltak mot lakselus. Oppdrettsselskapenes holdninger til hvordan luseskjørt skal benyttes sett i sammenheng med merdmiljø og oksygenmetning er mer varierende.

Luseskjørt er ment som et preventivt tiltak for å forhindre spredningen av lakselus i oppdrettsmerder. Samtidig er luseskjørt en innretning på oppdrettsanlegg som kan redusere vanngjennomstrømningen og oksygenmetningsnivåer. (Jonsdottir et al., 2020). Flertallet av selskapene bruker luseskjørt i driften sin i dag. Hovedsakelig benytter de luseskjørt på alle sine anlegg gjennom hele produksjonsperioden, med noen unntak.

Bruk av luseskjørt kan ha en innvirkning på datainnsamling av oksygenverdier. Benytter et oppdrettsselskap luseskjørt kan beslutninger spesielt knyttet til dybdemålinger få stor innvirkning på datakvalitet. Luseskjørt kan bidra til reduserte oksygenmetningsnivåer i merd ved å begrense vanngjennomstrømning og øke sannsynligheten for pyknokliner. (Jonsdottir et al., 2020). Pyknokliner kan medføre redusert blanding av vann, spesielt gjennom vannlag, og kan ha negativ effekt på oksygenverdiene i merder.(Britannica, 2019; Johansson et al., 2007; Jonsdottir et al., 2020).

Velger et selskap å måle på kun en dybde så kan det svekke tillitten til at måledataen representerer hele merdmiljøet sammenlignet om selskapet velger å måle på flere dybder, både over og under skjørtekanten. Dette studiet fokuserer ikke på luseskjørt og har ikke datagrunnlag til å si mer om temaet. Tematikken rundt luseskjørt hvordan det kan påvirke datainnsamlingsprosesser for oksygenverdier kan være interessant for videre forskning.

En bemerkning i forhold til bruk av luseskjørt er at Firma B driver med torskeoppdrett og har ikke behov for luseskjørt. Primærfunksjonen til luseskjørt er å hindre spredningen av lakselus i laksemerder, (Jonsdottir et al., 2020). det er dermed ikke like relevant for torskeoppdrettere å benytte luseskjørt. Firma B kan dermed bli sett bort i fra når det gjelder bruk av luseskjørt ettersom det ikke er relevant for deres drift. Det gjør at det blir større differanse mellom laskeoppdrettsselskapene når det gjelder bruk av luseskjørt. Dette gir mer tyngde til svarene intervjuobjektene som bruker luseskjørt ettersom de vil representere antatt flertall i lakseoppdrettsnæringen.

6.3 Metode

6.3.1 Forskningsmetoden

Masteroppgaven benytter en forskningsmetode som gjør en metodetriangulering mellom et kvantitativt datasett og en kvalitativ undersøkelse. Det er en skjevfordeling innad i metodetrianguleringen, den kvalitative undersøkelsen er det primære informasjonsgrunnlaget for analysen og diskusjonen og utgjør den største delen av forskningsarbeidet. Det kvantitative datasettet utgjør en støttefunksjon for oppgaven og blir ikke brukt som en aktiv del av oppgaven.

Det kvantitative datasettet var ikke ferdigbehandlet før starten av masterperioden og var ikke tilgjengelig for gjennomsyn mens arbeidet med oppgaven pågikk. Arbeidet med å koble sammen den kvalitative undersøkelsen og det kvantitative datasettet ble ganske utfordrende når kunnskapen om den kvantitative dataen er lav. Det er dermed vanskelig å drøfte om resultatene fra den kvalitative undersøkelsen er relevant for det kvantitative datasettet.

Avstanden mellom det kvantitative datasettet og forskningsarbeidet gjør det vanskelig å vurdere relevansen til de kvalitative resultatene i forhold til datasettet. Populasjonen ble definert til å være selskaper som har delt oksygenmålinger til det kvantitative datasettet, dette øker relevansen til den kvalitative undersøkelsen.

Det kan være stor forskjell mellom forholdene på to oppdrettslokalteter, som kan medføre stor forskjell i drift på anleggene. Den kvalitative undersøkelsen brukte mest tid på å samle inn informasjon om den generelle driften til selskapene og konkret informasjon kun ett eller to

av selskapenes oppdrettsanlegg. Det er ikke mulig å si at svarene fra undersøkelsen gjelder for driften på samtlige av selskapenes oppdrettsanlegg. Dette svekker resultatenes pålitelighet i forhold til det kvantitative datasettet. Hadde undersøkelsen tatt for seg alle oppdrettsanleggene ville det gitt svarene større pålitelighet. Dette ble ikke gjort grunnet tidsmessige hensyn.

De kvalitative resultatene fra forskningen kan gi et øyeblikksbilde av hvordan driften på oppdrettsanlegg. Det er vanskelig å trekke en konkret konklusjon på hvor godt den kvalitative informasjonen vil utfylle den kvantitative dataen, men resultatene fra undersøkelsen kan bli ansett som et øyeblikksbilde av dagens driftssituasjon på norske oppdrettsanlegg. Løftes blikket opp fra den kvantitative undersøkelsen og rettes det mot næringen generelt kan resultatene fra undersøkelsen presentere et relevant og pålitelig øyeblikksbilde av dagens situasjon.

6.3.2 Utvalgets validitet og reliabilitet

Undersøkelsens utvalg har relativt høy grad av reliabilitet og lav grad av validitet. Den kvalitative undersøkelsen har en ganske snever populasjon og et enda snevrere utvalg. Populasjonen er begrenset til å kun omfatte personer som jobber i oppdrettsselskaper som har bidratt til det kvantitative datasettet. Utvalget er begrenset til selskapene som har sagt seg villig til å delta i den kvalitative undersøkelsen. Både populasjonen og utvalget er veldig smalt. Dette kan svekke relevansen til resultatene ettersom det er usikkert om respondentene kan representere hele oppdrettsnæringen.

Intervjuobjektene representerer en gruppe som benytter samme type oksygenleverandør. Et sentralt tema i forskningen er oksygensensorer og hvordan oppdrettsselskaper benytter sensorer. Når alle intervjuobjektene benytter samme type sensor vil de ikke kunne representere hele næringen ettersom det ikke er mulig å vite med sikkerhet at svarene til intervjuobjektene vil samsvare med et selskap som benytter en annen sensorleverandør. Resultatene ville hatt større validitet hvis respondentene representerte forskjellige selskaper som benyttet ulike sensorleverandører.

Utvalget av respondenter består av personer fra oppdrettsnæringen og som har arbeidsoppgaver som kan nært opp mot oppgavens tematikk. Det gjør at intervjuobjektene

stiller med høy kompetanse om emnene i undersøkelsen, som gjør at de kan bli ansett som troverdige og pålitelige kilder.

6.3.3 Intervjuformatet

Den kvalitative undersøkelsen ble primært gjennomført som web-baserte videointervjuer. Tids- og kostnadshensyn var tungtveiende hensyn for valg av intervjuformat, det var stor geografisk spredning på intervjuobjektene slik at det hadde ikke vært mulig å gjennomføre like mange intervjuer om de skulle vært fysiske.

Fysiske intervjuer blir ansett som det beste intervjuformatet, intervjuer får bedre kontakt med intervjuobjektet og det er intervjuformatet som generelt vi gir best kvalitet på svarene.(Jacobsen, 2022). Videointervjuer fungerte generelt bra. Rent praktisk gav formatet god tilgang på respondenter til lave kostnader, samt fleksibilitet med tanke på å sette intervjuetidspunkt som gjorde det mulig å gjennomføre flere intervjuer på kort tid.

Web-baserte intervjuer stiller ofte svakere enn fysiske intervjuer når det gjelder etablering av tillitt og åpenhet og intervjuer kan også finne det vanskeligere å holde kontroll på intervjusituasjonen.(Jacobsen, 2022). Selv om videointervjuformatet kan gjøre det vanskeligere å etablere tillitt og åpenhet, ble intervjuene opplevd til å ha en god dialog. Intervjuobjektene var stort sett åpne og villige til å svare på spørsmål slik at intervjuformatet ikke ble opplevd som en hindring for datainnsamlingsprosessen.

Intervjuformatene benyttet i den kvalitative undersøkelsen kan ikke anses til å gi dårligere kvalitet på resultatene. Valg av videointervjuer gir resultatene høyere grad av relevans enn om intervjuformatet hadde vært fysisk. Om intervjuformatet hadde vært fysisk ville det ikke vært tid til å gjennomføre like mange intervjuer som med digitalt format. Utvalget ville ha vært mindre ved fysiske intervjuer, det ville gitt lavere grad av relevans i forhold til det kvantitative datasettet og næringen generelt.

7 Konklusjon

Gjennom resultat- og diskusjonskapittelet har oppgaven forsøkt å besvare forskningsspørsmålene og problemstillingen. Dette blir presentert nedenfor:

F. I. Hvordan påvirker oppdrettsselskaper sine beslutninger knyttet til oksygensensorer, en kvantitativ datainnsamlingsprosess?

Datakvalitet og troverdigheten til resultatene kan bli påvirket av hvor mange målepunkter og dybder oppdrettsselskaper velger å ha per anlegg. Få målepunkter har potensialet til å øke risikoen for at målte verdier ikke presenterer et helhetlig og sannferdig bilde av miljøforholdene. Troverdigheten til dataen blir mer avhengig av strategisk god plassering ved bruk av få sensorer enn ved bruk av mange.

Flytting av oksygensensorer i løpet av en produksjonsperiode kan redusere troverdigheten til et datasett med oksygenverdier. Behovet for å flytte sensor i løpet av en oppdrettsperiode gir en indikasjon på at oppdrettsselskapet ikke har kontroll på anlegget, som reduserer påliteligheten til de kvantitative måleresultatene ettersom det oppstår et kontinuitetsbrudd.

F. II. Hvordan påvirker oppdrettsselskaper sine rutiner for renhold av oppdrettsanlegg og måleutstyr, en kvantitativ datainnsamlingsprosess?

Renholdsmetode for fjerning av biobegroing på merd har trolig ingen direkte innvirkning på kvantitativ innsamling av oksygennivåer, men kan være en katalysator for andre beslutninger som påvirker datainnsamling. Behovsbasert vasking av merd, kan potensielt resultere i større variasjon i målte dataverdier enn på anlegg som gjennomfører regelmessig renhold.

En større likhet mellom intervjuobjektene angående metode og regelmessighet på renhold kan indikere at rutinene for renhold på sensor er etablert i bransjen.

Renholdsrutiner på sensor kan bli ansett som neglisjerbar faktor inn på kvantitativ måledata.

Forskningen i masteroppgaven viser at oppdrettsselskapers valg i forhold til sensorer og renholdsrutiner kan ha en effekt på kvantitativ datainnsamling av oksygenivåer. Dette studiet kan ikke si noe konkret om omfang og konsekvenser knyttet til oppdrettsselskapenes valg.

7.1 Videre arbeid

Det er fremdeles mye som gjenstår å bli utforsket, nedenfor er en liste med noen momenter som kan være interessant studere videre:

- Hva som er et tilstrekkelig antall sensorer på et anlegg for å sikre pålitelig og troverdig måledata
- Loggføringsrutiner for renhold på oppdrettsanlegg, hvordan det blir gjort i dag og om det kan ha noen effekt på et helhetlig oksygenbilde.
- Sammenhenger mellom kontrollrutiner for biobegroing på merd og oksygenivåer
- Om det er større svingninger i måleverdiene hos oppdrettsselskaper som gjennomfører regelmessig fjerning av biobegroing på anlegg i forhold de som gjør det etter behov
- Studere hvilke hensyn oppdrettsselskaper tar i forhold til dybdemåling
- Hvilke krav oppdrettsselskaper setter til grad av biobegroing på oppdrettsmerder og hvordan det påvirker renholdsrutiner gjennom en produksjonsperiode

8 Referanser

- Akvakulturdriftsforskriften. (2008). *Forskrift om drift av akvakulturanlegg*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/pro/#document/SF/forskrift/2008-06-17-822?searchResultContext=1295&rowNumber=2&totalHits=5239> (lest 30.03.2023).
- Alver, M. O., Fore, M. & Alfredsen, J. A. (2022). Predicting oxygen levels in Atlantic salmon (*Salmo salar*) sea cages. *Aquaculture*, 548. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.737720.
- Bannister, J., Sievers, M., Bush, F. & Bloecher, N. (2019). Biofouling in marine aquaculture: a review of recent research and developments. *Biofouling*, 35 (6): 631-648. doi: 10.1080/08927014.2019.1640214.
- Bell, J. L., Mandel, R., Brainard, A. S., Altschuld, J. & Wenning, R. J. (2022). Environmental monitoring tools and strategies in salmon net-pen aquaculture. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 18 (4): 950-963. doi: 10.1002/ieam.4622.
- Bloecher, N., Solvang, T. & Floerl, O. (2021). Efficacy testing of novel antifouling systems for marine sensors. *Ocean Engineering*, 240. doi: 10.1016/j.oceaneng.2021.109983.
- Blöcher, N. (2013). *Biofouling in the Norwegian Salmon Farming Industry*: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for naturvitenskap og teknologi, Institutt for biologi.
- Blöcher, N., Olsen, Y. & Guenther, J. (2013). Variability of biofouling communities on fish cage nets: A 1-year field study at a Norwegian salmon farm. *Aquaculture*, 416: 302-309. doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.09.025.
- Blöcher, N. (2015). *NOTVASK - Integrating technology and services for sustainable cleaning of fish cage nets*. I: SINTEF (red.). Sintef.no: Sintef. Tilgjengelig fra: https://www.sintef.no/en/projects/2015/notvask-integrating-technology-and-services-for-su/? t_id=EacJnCub3NytuzsslR3KtA%3d%3d& t_uid=yyYNFz3eQgSGZD3eDAtdXg& t_q=cavitation+cleaning& t_tags=siteid%3a123817f4-cc43-4c44-b203-e3e61dddcb74%2clanguage%3ano%2candquerymatch& t_hit.id=Sintef_Presentation_SintefNo_Models_Content_Pages_ProjectPage/ 259c6a54-7afb-4f33-8ca1-77905e59e470_no& t_hit.pos=1 (lest 22. april).
- Blöcher, N. & Floerl, O. (2021). Towards cost-effective biofouling management in salmon aquaculture: a strategic outlook. *Reviews in Aquaculture*, 13 (2): 783-795. doi: 10.1111/raq.12498.
- Britannica, T. E. o. E. (2019). *pycnocline*. " Encyclopedia Britannica: Encyclopedia Britannica. Tilgjengelig fra: <https://www.britannica.com/science/pycnocline>. (lest 26.04.2023).
- Bryhni, I. (2021). *ffjord*. snl.no: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/fjord> (lest 06.04.2023).
- Burke, M., Grant, J., Filgueira, R. & Stone, T. (2021). Oceanographic processes control dissolved oxygen variability at a commercial Atlantic salmon farm: Application of a real-time sensor network. *Aquaculture*, 533. doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.736143.
- Burt, K., Hamoutene, D., Mabrouk, G., Lang, C., Puestow, T., Drover, D., Losier, R. & Page, F. (2012). Environmental conditions and occurrence of hypoxia within production cages of Atlantic salmon on the south coast of Newfoundland. *Aquaculture Research*, 43 (4): 607-620. doi: 10.1111/j.1365-2109.2011.02867.x.
- Busch, T. (2021). *Akademisk skriving : for bachelor- og masterstudenter*. 2. utgave. utg. Bergen: Fagbokforlaget.

- Cardia, F. & Lovatelli, A. (2015). *Aquaculture Operations in Floating HDPE Cages: a field handbook*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper b. No. 593. Rome, FAO. 152 pp.: FAO Fisheries and Aquaculture Department.
- Christakos, K., Bjorkqvist, J. V., Breivik, O., Tuomi, L., Furevik, B. R. & Albretsen, J. (2021). The impact of surface currents on the wave climate in narrow fjords. *Ocean Modelling*, 168. doi: 10.1016/j.ocemod.2021.101894.
- Data Collection. (2005). I: University, F. D. a. I. D. C. N. I. (red.). ori.hhs.gov: Northern Illinois Universit. Tilgjengelig fra: https://ori.hhs.gov/education/products/n_illinois_u/contactus.html.
- Ellis, T., North, B., Scott, A. P., Bromage, N. R., Porter, M. & Gadd, D. (2002). The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 61 (3): 493-531. doi: 10.1006/jfbi.2002.2057.
- Fauske, M. (2022). *Nøkkeltall fra norsk havbruksnæring 2021*. I: Fiskeridirektoratet (red.). Nøkkeltall fra norsk havbruksnæring: Fiskeridirektoratet.
- Fiskedirektoratet. (2022a). *Akvakulturstatistikk: andre fiskearter - Salg 2007-2021*. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Andre-fiskearter> (lest 26.04.2023).
- Fiskedirektoratet. (2022b). *Akvakulturstatistikk: matfiskproduksjon av laks, regnbueørret og ørret*. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Laks-regnbueoerret-og-oerret/Matfiskproduksjon> (lest 26.04.2023).
- Fiskedirektoratet. (2022c). *Smoltvekt og notmasker: Revidert tilråding*: Fiskeridirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/erfaringsbase-romming/fagstoff1/smoltvekt-og-notmasker-revidert-tilrading> (lest 17.04.2023).
- Fiskedirektoratet. (2023). *Akvakulturstatistikk: totalt for hele næringen - Antall lokaliteter 2006-2022*. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Totalt-hele-naeringen> (lest 26.04.2023).
- Fiskeridepartementet, N.-o. (2015). *Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett*. Fiskeridepartement, D. k. N.-o.
- Fiskeridepartementet, N.-o. (2021). *Havbruksstrategien - Et hav av muligheter*. Fiskeridepartementet, N.-o. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/havbruksstrategien-et-hav-av-muligheter/id2864482/?ch=1>.
- Forskrift om akvakultur andre fiskearter. (2005). *Forskrift om tillatelse til akvakultur av andre arter enn laks, ørret og regnbueørret*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/pro/#document/SF/forskrift/2004-12-22-1799?from=NL/lov/2005-06-17-79/> (lest 26.04.2023).
- Gade, H. (2009). *Fjorder*. UiB.no: Universitetet i Bergen. Tilgjengelig fra: <https://www.uib.no/gfi/57926/fjorder> (lest 14.03.2023).
- Havbruksavdelingen. (2021). Norsk havbruksnæring. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/fiskeri-og-havbruk/1/oppdrettslaksen/Norsk-havbruksnaring/id754210/>.
- Havforskningsinstituttet. (2022). *Litteraturoversikt revidert - Maskeåpning ved oppdrett av laks*. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/media/Files/akvakultur/drift-og-tilsyn/roemming/erfaringsbase/Litteraturoversikt%20revidert%20-%20Maskeåpning%20ved%20oppdrett%20av%20laks.pdf> (lest 17.04.2013).
- Hayes, A. (2023). *Quality Control: What It Is, How It Works, and QC Careers*. Investopedia: investopedia.com. Tilgjengelig fra: <https://www.investopedia.com/terms/q/quality-control.asp> (lest 10.05.2023).

- Hosteland, L. T. S. (2018). *Bør oppdrettere drive samdrift eller samlokalisering?* Kyst.no: Kyst.no. Tilgjengelig fra: <https://www.kyst.no/arkiv/br-oppdrettere-drive-samdrift-eller-samlokalisering/145447> (lest 22.04.2023).
- Jacobsen, D. I. (2022). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? : innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. 4. utgave. utg. Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Johansson, D., Ruohonen, K., Kiessling, A., Oppedal, F., Stiansen, J. E., Kelly, M. & Juell, J. E. (2006). Effect of environmental factors on swimming depth preferences of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and temporal and spatial variations in oxygen levels in sea cages at a fjord site. *Aquaculture*, 254 (1-4): 594-605. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.10.029.
- Johansson, D., Juell, J. E., Oppedal, F., Stiansen, J. E. & Ruohonen, K. (2007). The influence of the pycnocline and cage resistance on current flow, oxygen flux and swimming behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in production cages. *Aquaculture*, 265 (1-4): 271-287. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.12.047.
- Jonsdottir, K. E., Volent, Z. & Alfredsen, J. A. (2020). Dynamics of dissolved oxygen inside salmon sea-cages with lice shielding skirts at two hydrographically different sites. *Aquaculture Environment Interactions*, 12: 559-570. doi: 10.3354/aei00384.
- Kyst.no. (2022). *Velger ny teknologi i sin notvaskeløsning*. Kyst.no: Kyst.no. Tilgjengelig fra: <https://www.kyst.no/notvask-scaleaq/velger-ny-teknologi-i-sin-notvaskeløsning/721205> (lest 22.04.2023).
- Laksetildelingsforskriften. (2022). *Forskrift om tillatelse til akvakultur for laks, ørret og regnbueørret* Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/pro/#document/SF/forskrift/2022-11-07-1929?from=NL/lov/2005-06-17-79/> (lest 26.04.2023).
- Løland, G. (1991). *Current forces on and flow through fish farms*: Institutt for Marin Hydrodynamikk.
- Misund, B. (2023). *fiskeoppdrett*. Havbruk. snl.no: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/fiskeoppdrett> (lest 22.04.2023).
- Moen Marin AS. *Vaskesystem for not og skrog*. Moen Marin: Moen Marin. Tilgjengelig fra: <https://www.moenmarin.no/produkt/utstyr/notvaskere/> (lest 22.04.2023).
- Mørenot. *Notdesign*: Mørenot.com. Tilgjengelig fra: <https://www.morenot.com/aquaculture/aquaculture-nets1/netdesign/> (lest 04.04.2023).
- NYTEK23. (2023). *Forskrift om krav til teknisk standard for akvakulturanlegg for fisk i sjø, innsjø og vassdrag (NYTEK23)*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/pro/#document/SF/forskrift/2022-08-22-1484> (lest 17.04.2023).
- O'Donnell, D. (2018). *Selecting Among Dissolved Oxygen Measurement Methods (Optical, Galvanic, Polarographic)*. sensorex.com: Sensorex. Tilgjengelig fra: <https://sensorex.com/2018/06/18/dissolved-oxygen-measurement-methods/> (lest 18. april).
- Oldham, T., Nowak, B., Hvas, M. & Oppedal, F. (2019). Metabolic and functional impacts of hypoxia vary with size in Atlantic salmon. *Comparative Biochemistry and Physiology a-Molecular & Integrative Physiology*, 231: 30-38. doi: 10.1016/j.cbpa.2019.01.012.
- Omreon. (2022). *Why Is Data Accuracy Important?* omreon.com: Omreon. Tilgjengelig fra: <https://omreon.com/why-is-data-accuracy-important/#:~:text=Data%20accuracy%2C%20as%20the%20essential,and%20consistent%20source%20of%20information>. (lest 10.05.2023).
- Oppedal, F., Dempster, T. & Stien, L. H. (2011). Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review. *Aquaculture*, 311 (1-4): 1-18. doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.11.020.

- Produksjonsområdeforskriften. (2017). *Forskrift om produksjonsområder for akvakultur av matfisk i sjø av laks, ørret og regnbueørret*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/pro/#document/SF/forskrift/2017-01-16-61> (lest 24.03.2023).
- Rasmussen, H. W., Patursson, O. & Simonsen, K. (2015). Visualisation of the wake behind fish farming sea cages. *Aquacultural Engineering*, 64: 25-31. doi: 10.1016/j.aquaeng.2014.12.001.
- Remen, M., Oppedal, F., Imsland, A. K., Olsen, R. E. & Torgersen, T. (2013). Hypoxia tolerance thresholds for post-smolt Atlantic salmon: Dependency of temperature and hypoxia acclimation. *Aquaculture*, 416: 41-47. doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.08.024.
- Remen, M., Sievers, M., Torgersen, T. & Oppedal, F. (2016). The oxygen threshold for maximal feed intake of Atlantic salmon post-smolts is highly temperature-dependent. *Aquaculture*, 464: 582-592. doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.07.037.
- Rienecker, L., Stray Jørgensen, P., Skov, S. & Landaas, W. (2013). *Den gode oppgaven : håndbok i oppgaveskriving på universitet og høyskole*. 2. utg. utg. Den gode oppgave. Bergen: Fagbokforl.
- Solstorm, D., Oldham, T., Solstorm, F., Klebert, P., Stien, L. H., Vagseth, T. & Oppedal, F. (2018). Dissolved oxygen variability in a commercial sea-cage exposes farmed Atlantic salmon to growth limiting conditions. *Aquaculture*, 486: 122-129. doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.12.008.
- Store norske leksikon. (2022). *kyst*. I: leksikon, S. n. (red.). snl.no: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kyst>.
- Su, X. D., Sutarlie, L. & Loh, X. J. (2020). Sensors, Biosensors, and Analytical Technologies for Aquaculture Water Quality. *Research*, 2020. doi: 10.34133/2020/8272705.
- Tashakkori, A. & Teddlie, C. (1998). *Mixed methodology : combining qualitative and quantitative approaches*. Applied social research methods series, b. v. 46. Thousand Oaks, Calif: Sage.
- Turnbull, J., Bell, A., Adams, C., Bron, J. & Huntingford, F. (2005). Stocking density and welfare of cage farmed Atlantic salmon: application of a multivariate analysis. *Aquaculture*, 243 (1-4): 121-132. doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.09.022.
- Vigen, J. (2008). *Oxygen variation within a seacage*: Universitetet i Bergen.
- Volt, E. (2023). *Dissolved Oxygen Analyzer Working Principle*. electricalvolt.com: Electrical Volt. Tilgjengelig fra: <https://www.electricalvolt.com/2022/06/dissolved-oxygen-analyzer-working-principle/> (lest 19.04.2023).
- Wang, Y. F., Chi, L., Liu, Q. H., Xiao, Y. S., Ma, D. Y., Xiao, Z. Z., Xu, S. H. & Li, J. (2019). Effects of stocking density on the growth and immunity of Atlantic salmon *salmo salar* reared in recirculating aquaculture system (RAS). *Journal of Oceanology and Limnology*, 37 (1): 350-360. doi: 10.1007/s00343-019-7350-7.
- Ådlandsvik, B. (2015). *Forslag til produksjonsområder*: Havforskningsinstituttet.

Vedlegg A - Intervjuguiden

En kort oppsummering av masteroppgaven og hva som er formålet med intervjuet.

Overordnet så handler masteroppgaven om å se på sammenhengen mellom drift og oksygennivåer på oppdrettsmerder. Den er en del av et større forskningsprosjekt som har fått analyseparametere delt fra flere oppdrettsanlegg inkludert deres. Intervjuet kommer til å handle om tekniske detaljer rundt oppdrettsanlegget og oppdrettsmerdene, om sensorene som benyttes til oksygenmåling og hvordan de er plassert og om renhold og vedlikehold på anlegget og på sensorene.

Det er tre hovedtemaer som kommer til å bli gjennomgått i intervjuet, disse er tekniske detaljer om anlegget, sensorer og vedlikehold. Det er utformet noen konkrete spørsmål til hvert tema, men tanken er at vi kan ha en naturlig samtale der vi går igjennom temaene og kan diskutere mer utfyllende rundt det om du skulle ønske det.

Jeg ønsker å ta opptak av intervjuet og kommer til å spørre om samtykke for å ta opptak før intervjuet starter. Opptaket vil kun bli benyttet i transkriberingsarbeidet og vil bli slettet innen utgangen av 2023. Svarene fra intervjuet og det transkriberte arbeidet kommer til å bli brukt videre i masterarbeidet og vil være en del av forskningsgrunnlaget for oppgaven.

Om anlegget

Det første samtaleemnet jeg ønsker å besøke under intervjuet er selve anlegget. Her har jeg noen spørsmål om utformingen til og de tekniske detaljer rundt anlegget og merdene. Mer spesifikt ønsker jeg å vite detaljer om størrelse og utforming på anlegget og på merdene.

Anlegget:

Hva er anleggets geografiske posisjon? (Geoposisjon)

Hvor mange merder er det på anlegget?

Hvordan er de plassert i forhold til hverandre?

Hvor stor avstand er det mellom hver merd?



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway