

Steffensen, Ole
Ødegård, Sindre Schjønning
Hansen, Jørgen Sandvold

Metodikk for overvåkning av pelagisk villfisk rundt laksemerder

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon
Veileder: Tuene, Stig Atle; Gansel, Lars Christian
Mai 2020

Sammendrag

Det er gjennomført relativt lite forskning på pelagisk villfisk rundt oppdrettsanlegg for laks i Norge. Oppgaven tar for seg utvikling av metodikk for videoovervåkning av pelagiske villfiskforekomster rundt lakseoppdrettsmerder og analyse av dataen med manuelle tellere og kunstig intelligens(AI).

Metoden frembrakte oversiktlige øyeblikksbilder rundt merdene undersøkt, av høy kvalitet ned til og med 30 meters dyp. Resultatene fra videoene gjorde det mulig å kartlegge villfiskens plassering rundt merdene som ble undersøkt. Observasjonene antyder at tilgangen til fôr er en viktig faktor til villfiskens plassering.

Det ble også gjennomført artsspesifikk telling av sei fra videoene, med manuell tellemetode og ved bruk av kunstig intelligens. Hensikten med dette var å undersøke AI's potensiale til å erstatte eller supplere manuell analyse av denne formen for data. Sammenligningen viste at det var større variasjon mellom de manuelle tellernes resultater enn mellom AI og gjennomsnittet for manuell telling. Resultatene tyder på at AI vil kunne være et effektivt verktøy ved videre analyser.

Forord

Høsten 2019 startet planleggingen av bacheloroppgaven og tema skulle bestemmes. Overvåkning av villfisk ble spesielt aktuelt da våre veiledere informerte om et internasjonalt EU-prosjekt som omhandlet utvikling av en AUV, blant annet for å brukes i akvakultur-operasjoner.

Alle tre har ønske om å arbeide innenfor en bærekraftig næring og innovasjon, derfor ble metodeutvikling og overvåkning av pelagisk villfisk vårt tema.

I utgangspunktet var det ønskelig å samle mer data for å gjennomføre grundigere antallsestimering og kartlegging av pelagisk villfisk rundt flere oppdrettsanlegg, men Covid-19 viruset gjorde den ønskede mengden feltarbeid vanskelig å gjennomføre.

Uten hjelp av andre hadde ikke oppgaven vært mulig å gjennomføre. Vi vil rette en stor takk til NTNU Ålesund som stilte opp med utstyr for metodeutviklingen.

Takk til oppdrettsselskapet Prophylaxia AS, for tillatelse til å filme og at de bisto med båt.

Spesielt takk til Alberto Maximiliano Crescitelli for at vi i det hele tatt har resultater å jobbe med.

Til sist vil vi gjerne rette en stor takk til våre veiledere Stig Tuene og Lars C. Gansel for gode tilbakemeldinger, praktisk veiledning og hjelp.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	0
Forord.....	1
1 Innledning	3
2 Materiale og metode.....	7
2.1 Lokalitet.....	7
2.2 Oppfattet og reell størrelse på objekt i videoopptak.....	9
2.3 Kamerarigg	11
2.4 Metode for innhenting av undervannsvideo.....	13
2.5 Databehandling	16
2.6 Telleprosess.....	16
2.6.1 Fordeling av pelagisk villfisk	16
2.6.2 Artsspesifikk manuell telling.....	18
2.6.3 Artsspesifikk telling med AI	18
3.1 Lokalitet.....	22
3.2 Oppfattet og reell størrelse på objekt i videoopptak.....	22
3.3 Fordeling av pelagisk villfisk	24
3.3.1 Resultater fra de individuelle merdene.....	25
3.3.2 Variasjon mellom de ulike tellerne.....	30
3.4 Artsspesifikk telling	31
3.4.1 Artsspesifikk manuell telling	31
3.4.2 Artsspesifikk telling med AI	32
3.4.3 Sammenligning mellom manuelle tellere og AI.....	32
4 Diskusjon	35
4.1 Material og Metode	35
4.2 Resultater	39
4.3 Implikasjoner til videre arbeid.....	41
5 Litteraturliste	42

1 Innledning

De siste ti årene har produksjonen av laks i den norske oppdrettsnæringen doblet seg fra 600 tusen tonn til nesten 1,3 millioner tonn (1, 2). Ifølge Fiskeridirektoratets statistikk ble det i 2018 slaktet 269,5 millioner laks(1 281 872 tonn) og 18 millioner regnbueørret (67 88 tonn) fordelt på 1160 tillatelser langs norskekysten (3). Til sammenligning var den totale tilbakevandringen av laks i 2017 estimert til 530 000 individer (4). Antallet laksefisk i et oppdrettsanlegg i en fjord kan dermed være mange ganger høyere enn antall villaks i den nærliggende lakseelva. Veksten i næringen fører med seg stor økonomisk gevinst, men også utslipp i form av blant annet smittestoffer, organisk materiale og fôrspill. Etter akvakulturloven kom i 2005 er alle oppdrettere pliktige til å undersøke hvordan utslippene påvirker omgivelsene rundt anleggene.

Undersøkelsene utføres i henhold til Norsk Standard NS 9410:2016 “Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg” (2). Miljøovervåkingen utføres hovedsakelig ved bløtbunnundersøkelsene B-undersøkelse og C-undersøkelse. B-undersøkelsen er en enkel trendovervåking av bunnforholdene under og i umiddelbar nærhet til anleggene, mens C-undersøkelsen er en mer omfattende undersøkelse av bunnforholdene fra og med anlegget og helt ut til overgangssonen (5, 6). Utslippene av organisk materiale vil variere mellom hver lokalitet. Det anslås å ligge på mellom 1300-3250 kilogram (kg) per døgn når produksjonen er på sitt høyeste (7). Ifølge International Research Institute of Stavanger sin modell for utslipp fra norske matfiskanlegg til sjø fra 2007, er fôrspill i merdanlegg umulig å kvantifisere nøyaktig. De påstår allikevel at det er vanlig å ha 5 – 10 % spillfôr av total tilført fôrmengde. Uspist fôr blir i hovedsak spist av villfisk omkring merdene, noe som fører til graden av fôrspill normalt har relativt liten innvirkning på utslippet av de ulike næringsstofffraksjonene, oppløst og partikkelbundet, på lokaliteten.(8).

Det er diskusjon mellom fiskere og forskere som omhandler hvor stor påvirkningen beiting på fôrspill og utslipp av organisk materiale har for villfisken. Flere fiskere rapporterer at sei fisket rundt oppdrettsanleggene er av dårlig kvalitet (9, 10). I rapporten «Does a diet including pellets from salmon cage farms affect the taste of wild saithe (*Pollachius virens* Linnaeus, 1758)?» (11) gjort i samarbeid med Nofima, NINA og PHARMAQ Analytic (tidligere havbruksinstituttet) viste det seg derimot at det var ubetydelig liten forskjell mellom sei fanget nær oppdrettsanlegg og kontrollfisk fanget i god avstand fra anlegg. Såkalt «pelletsei» som i hovedsak hadde levd på

fiskefôr var overveiende av god kvalitet. Forskere her heller ikke oppdaget en betydelig negativ påvirkning av avkommet til villfisken som hadde levd på laksefôr i to gytesesonger (12)

Ifølge rapporten «Evaluering av tiltak for å fremme bærekraftig sameksistens mellom fiskeri og havbruksnæring (ProCoEx)»(13) får villfisk som spiser mye laksefôr større lever, høyere kondisjonsfaktor, og endel fettsyrer i muskel og lever som kommer fra planter. På grunn av at kjønnsmodning er nærmere tilknyttet energilager enn alder, kan det bety at fisken kjønnsmodnes ved lavere alder. Energilagene bestemmer også hvor mange egg en enkelt hunnfisk kan produsere. Villfisk som spiser laksefôr får større gonader som dermed også produserer flere egg. Dette vil dermed i sum føre til økt potensiale for reproduksjon i en villfisk bestand. Med dagens kunnskap rundt effekter av havbruk på ville marine organismer kan det altså oppleves både positivt og negativt avhengig av hvilket ståsted en har. Lakseanlegg er attraktive for en del marine arter. Den viktigste årsaken til at fisk samles ved oppdrettsanlegg antas å være organisk avfall og kontinuerlig tilgang til mat.(14)

Det finnes forholdsvis lite tilgjengelig forskning gjort i Norge på overvåkning av villfisk rundt oppdrettsanlegg. Dempster et al. (2009) (14) gjennomførte undersøkelser ved 9 oppdrettsanlegg i Hitra (trøndelag), Ryfylke (Rogaland) og Øksfjord (Finnmark).

Undersøkelsene baserte seg innenfor en radius på fem meter fra merden. Det ble funnet at et gjennomsnittlig fiskeoppdrettsanlegg tiltrekker seg minst 10 tonn villfisk.

De mest dominerende artene var sei (*Polacchius virens*), torsk (*Gadus morhua*) og hyse (*Melanogrammus aeglefinus*). Flere forskningsartikler anser også spesielt sei som den arten med høyest forekomst rundt åpne oppdrettsanlegg for laks i Norge. (15-17) Sei er en stimfisk som er en del av torskefamilien (Gadidae). Den kan bli opp til 1,3 meter (m) lang og veie opptil 20 kg. Den er derimot ofte allerede kjønnsmoden ved 50 centimeter (cm), og gyter vanligvis i årets første måneder i atlantisk vann.

Buken og sidene er sølvgrå, mens ryggen er mørk blågrønn til svart. Sei er utbredt i hele Nord-Atlanteren. Seien er pelagisk og oppholder seg i de øverste vannlagene. Som ung beiter den på ulike zooplankton, som krill og raudåte. Større sei beiter også på zooplankton, men når den blir eldre spiser den mer og mer fisk av ulike slag. Ettersom fisken blir større og eldre trekker den seg også lenger ned i vannsøylen og oppholder seg oftere på dypere vann en ung sei. (18)

Overvåkning av villfisken rundt oppdrettsanlegg er krevende å utføre på en sikker og kostnadseffektiv måte. Metodene som er brukt tidligere varierer, men det som ser ut til å være mest vanlig er bruk av digitale videoopptak fra dykkere, eller at dykkere telte manuelt observert fisk under dykket. (19-21) Disse metodene har vært lite brukt i Norge da de generelt sett store merdene ligger på dypt vann som kan medføre høy risiko ved dykking.

En annen godt brukt metode for å få oversikt over biomasse er ved hydroakustiske målinger med sonar. Dette dekker effektivt større arealer, men gir ingen til minimale observasjoner på individnivå (22). Andre forsøk bruker akustiske sendere implantert i fanget fisk for å undersøke bevegelsesmønstrene til fisken, blant annet i forhold til oppdrettsanlegg (16, 23). Videoopptak gjort med rigger kontrollert manuelt fra over havoverflaten har blitt noe brukt i forsøk både utenfor og innenfor Norges landegrenser for å antallsestimere eller for å observere fiskepopulasjoner og atferd (14, 23, 24)

Overvåkning av eget anlegg og miljøfaktorer rundt områder for fiskeoppdrett er høyst relevant både av nær- og fjerntliggende miljøårsaker, HMS, fiskevelferd, og potensiell økonomisk gevinst deretter. Dette krever en effektivisering av dag-til-dag operasjoner, oppgaver som inspeksjon, vedlikehold og reparasjon, og innføring av nye operasjoner. Det å ta i bruk ny moderne teknologi i næringen kan fikse mange av dagens utfordringer. Flere vitenskapelige artikler og oppgaver ser på blant annet autonome og høyteknologiske verktøy og sofistikerte integrerte operasjoner som muligheter for å redusere risikoer assosiert med dagens næring, i tillegg til å kunne redusere miljøpåvirkninger og være tid- og kostnadseffektivt for de involverte parter. (25, 26)

Videoovervåkning av pelagisk villfisk fører til store mengder data som må behandles og analyseres, noe som kan være utfordrende å gjøre manuelt. Kunstig intelligente systemer kan gjøre denne prosessen mer effektiv. Disse systemene utfører handlinger, fysisk eller digitalt, basert på tolkning og behandling av strukturert eller ustrukturert data, i den hensikt å oppnå et gitt mål. Systemet analyserer dataene, tar beslutninger, og utfører handlinger. (27)

Alberto Maximiliano Crescitelli, en doktorgradsstipendiat ved NTNU Ålesund, utvikler et program som benytter seg av kunstig intelligens, heretter kun kalt AI. AI kan analysere bilder og identifisere antall sei i bilder eller videofiler. AI er en implementering av en objekt-

gjenkjenningemetode kalt YOLOv3. Systemet benytter seg av avgrensingsbokser til å spå objektivitetspoeng ved bruk av logisk regresjon. (28, 29)

NTNU har en rolle i et pågående EU-prosjekt som heter ”Integrated Technologies longterm deployment of robotics underwater platforms” Prosjektet fokuserer på integrerte teknologier for distribusjon av robotiske undervannssystemer. Partnerne vil spesielt jobbe med kontaktløs undervannsstrømoverføring og trådløs kommunikasjon. I tillegg vil utvikling av navigasjons- og kontrollstrategier gjøre det mulig for kjøretøyet å utføre inspeksjons- og overvåkningsaktiviteter. Partnernes motivasjon stammer fra spesifikke behov for langsiktig overvåking av oppdrettsinfrastrukturer. Autonome undervannsfarkoster (AUV) kan brukes til å studere villfiskforekomster i ulike strukturer og for å overvåke benthos under oppdrettsanleggene.

NTNU sin rolle ved prosjektet er å arbeide med AUV-er rundt og inne i kommersielle oppdrettsanlegg. Samtidig er NTNU vertskapet for Applied Underwater Robotics Laboratory (AUR-lab) som er et senter for anvendt forskning innenfor undervannsrobotikk. NTNU har lang erfaring med analyse av fiskens distribusjon og atferd basert på undervannsvideoer og direkte visuelle inspeksjoner. Ved innhenting av store mengder data fra AUV-ene ønskes det å bruke kunstig intelligente verktøy til databehandling (30, 31).

I denne oppgaven skal det utvikles en metode for digital overvåking av pelagisk villfisk rundt lakseoppdrettsmerder. Til å analysere observasjonene av den pelagiske villfisken benyttes manuell telling og telling ved bruk av Crescitellis AI, for å så sammenligne disse resultatene. Målet med metoden er å produsere et oversiktlig øyeblikksbilde av pelagisk villfisk rundt oppdrettsmerder, som skal kunne frembringe data egnet for analyse med både manuelle telling og telling med kunstig intelligens. Det ønskes å sammenligne manuell telling av pelagisk villfisk med telling med AI for å undersøke om AI kan være nyttig til videre applikasjoner angående overvåking av miljøforhold rundt oppdrettsmerder. Før forsøket ble det antatt at AI kan komme til nytte i slike applikasjoner ved at det antakeligvis vil kunne redusere tiden brukt på manuell telling og analyse betraktelig. Det var riktignok lave forventninger til AI's evne til å gjennomføre en slik form for telling med samme presisjon som ved bruk av manuelle tellere.

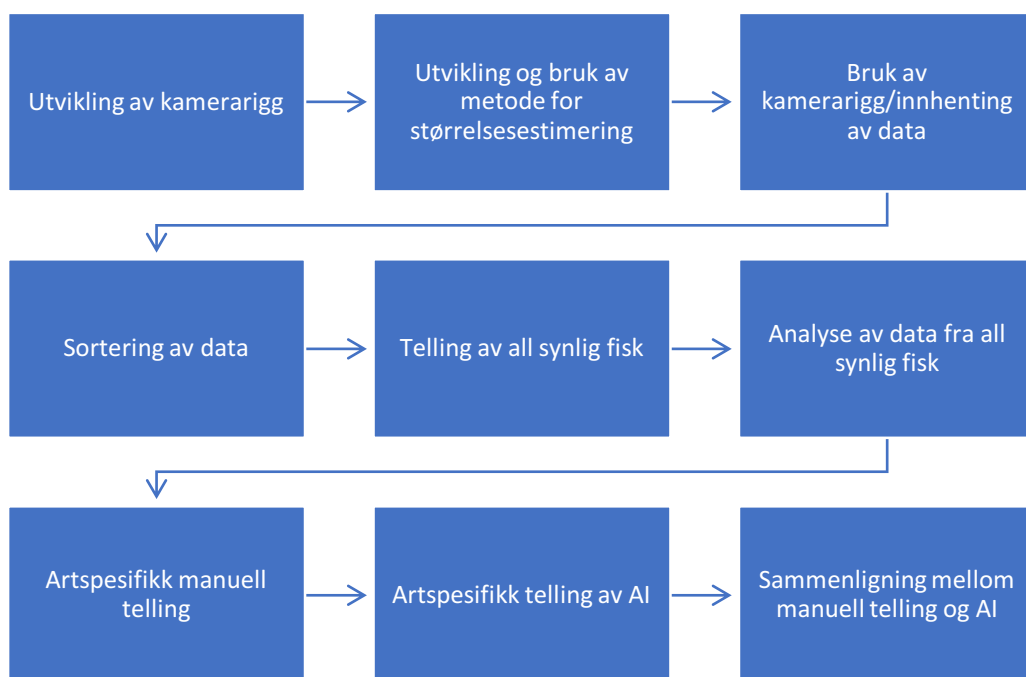
Problemstillingene som diskuteres i oppgaven er deretter som følger;

«Utvikling og bruk av metodikk for antallsestimering og observasjon av pelagisk villfisk rundt laksemerder.»

«Telling av sei ved hjelp av kunstig intelligens og manuell telling, og sammenligning av disse.»

2 Materiale og metode

Den totale metodikken baserer seg på ni ledd. se **Figur 1** for flytskjema over metodikken.



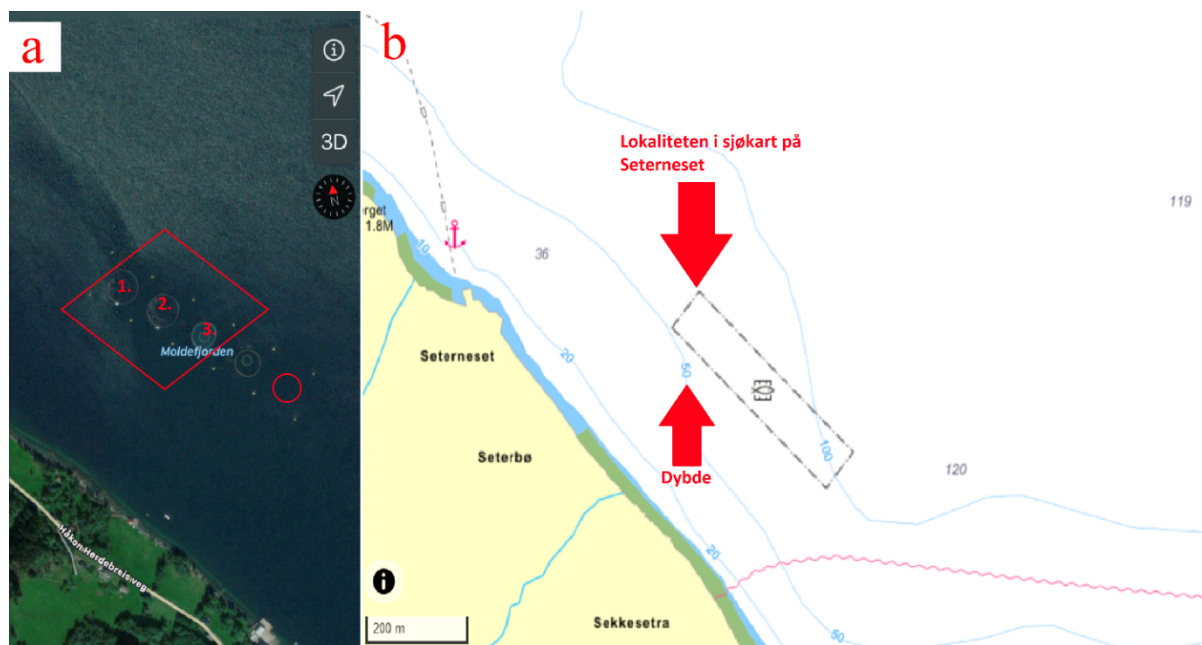
Figur 1. Prosesskjema. Figuren viser prosessene involvert i metodikken, og rekkefølgen av disse.

2.1 Lokalitet

Undersøkelsene av pelagisk villfisk rundt oppdrettsmerder ble utført ved oppdrettsanlegget Seterneset i Moldefjorden ved 62°40'27.1"N 7°18'49.0"E (se **Figur 2a** og **Figur 2b**). Lokaliteten består av fem merder med bunnring. Anlegget driver oppdrett på atlantehavslaks (*Salmo Salar*). Merdene er 120 m i omkrets, 17 m ned til bunnring og 30 m i dybde. Dette tilsvarer et volum på omtrent 24460 kubikkmeter per merd. Miljøovervåkingen fra bunnforholdene ved anlegget viser tilstandsklasse 2 (god) ved C-undersøkelsen som ble foretatt 28.08.2018 (32). B-undersøkelsen som ble foretatt 30.04.2019 viser tilstand 2 (god) (33). Prøvetakingen baserer seg

på tre av anleggets fem merder. Merdene undersøkt var de tre mest nordvestlige merdene. Heretter kalt merd 1, merd 2, merd 3, hvor merd 1 ligger mest nordvestlig, merd 2 nest mest, og merd 3 mest sørøstlig av de tre merdene. Anlegget var uten fôrflåte, derimot hadde hver merd to fôringsautomater (se **Figur 3**). Disse var plassert på utsiden av merdkanten ved kompasskursene ca. 190° og 200° fra merdens senter.

Figur 2a viser et satellittbilde av anlegget fra Apple Maps. De tre merdene hvor datainnsamling ble gjort er merket. På tidspunktet bildet ble tatt var det kun fire merder. En rød sirkel er lagt på bildet for å illustrere den femte merden, som var der da datainnsamling ble gjennomført. **Figur 2b** er hentet fra sjøkartet til gule sider (<https://kart.gulesider.no/søk/sjøkart>). Sjøkartet inkluderer dybdelinjer rundt anlegget. Seterneset er markert med et svart rektangel.



Figur 2. Lokalitetskart. **Figur 2a** er et utklipp av lokaliteten på Seterneset fra Apple Maps. Rød firkant markerer hvilke tre merder som ble undersøkt i dette forsøket. Numrene 1, 2 og 3 i firkanten viser hvilke merder som vi kaller henholdsvis merd 1, merd 2 og merd 3 videre i oppgaven. Rød sirkel indikerer hvor merd 5 var. Denne er altså tegnet inn fra Windows programmet Paint, ettersom den ikke var tilstede i satellittbildet. **Figur 2b** er et utklipp fra sjøkartet til Gule sider (<https://kart.gulesider.no/søk/sjøkart>). Her kan man se havdybden rundt anlegget. Pilene indikerer hvor man kan se dybden og lokaliteten.

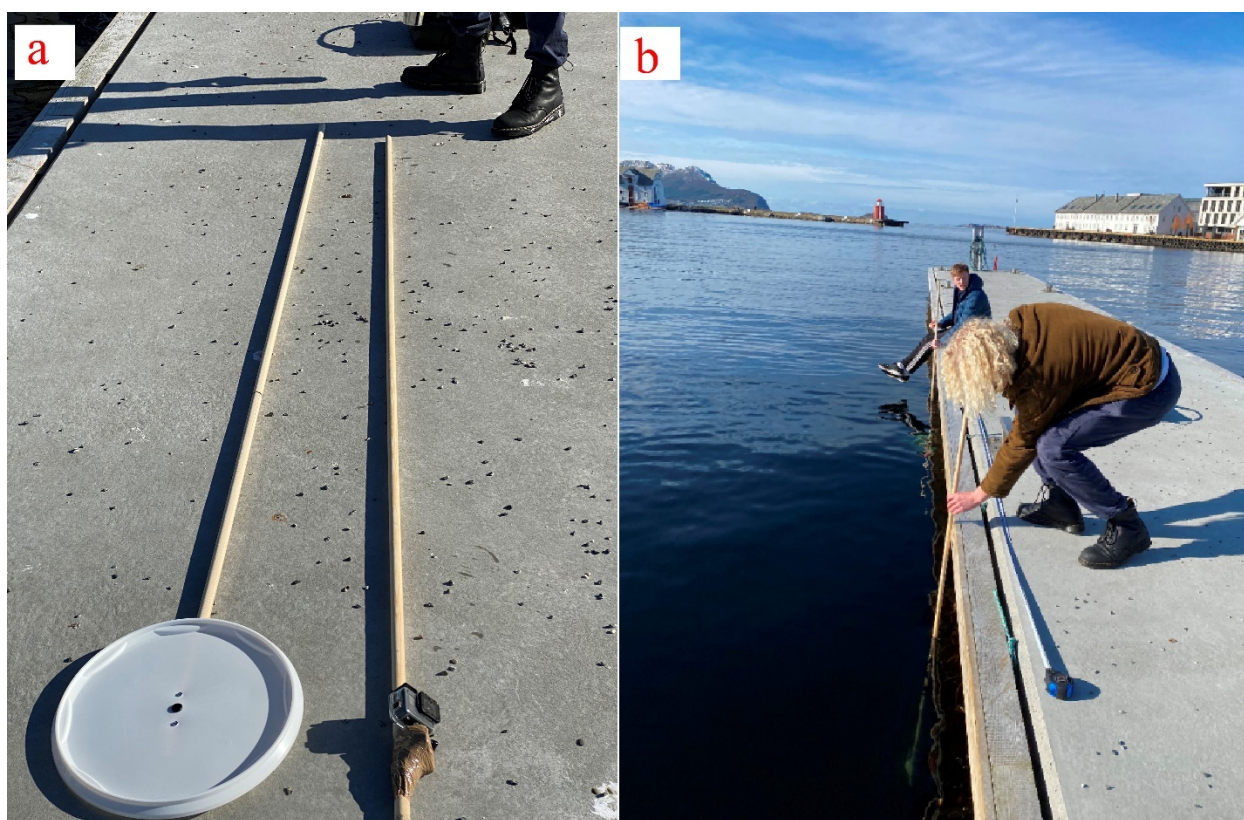


Figur 3. Fôringsautomater. Bildet viser de sidemonterte fôringsautomatene ved Seterenesetet.

2.2 Oppfattet og reell størrelse på objekt i videoopptak

Målingen av oppfattet størrelse på et objekt med kjent diameter i videoopptak ble gjennomført ved Brosundet den 16.03.20. Det ble gjennomført en perspektivmåling ved bruk av følgende metode: Et GoPro Hero 5 kamera ble festet til enden av en stang. Stangen måtte være lang nok til å kunne senkes én meter ned i vann og fortsatt være håndterlig. I dette tilfelle var den 2,7m. Kameraet ble festet pekende utover fra siden av stangen (**Figur 4a**). Det samme ble gjort med et sirkulært objekt med kjent diameter (**Figur 4a**). Begge stengene ble senket vertikalt ned i sjøvann fra en brygge ned til én meter dybde. Kameraet og objektet var plassert direkte mot hverandre (se **Figur 4b**). Deretter ble kameraet flyttet, ved hjelp av stangen, en meter horisontalt fra objektet (se **Figur 17** og **Figur 16** for bilder hentet fra opptaket). Om det er mye bevegelse i vannet eller i overflaten ventes det til kameraet har stabilisert seg, før kameraet flyttes videre til to meter avstand. Dette ble gjentatt med en meter intervaller til ønsket avstand. Av erfaring med bruk av GoPro kameraer ble det valgt å avslutte dette forsøket ved 10m. Dette ble gjort for å undersøke eventuell forvrenging av bilde med vidvinkelfunksjonen ved bruk av GoPro kamera, og for å se hvordan avstand fra kameraet påvirker oppfattet størrelse på objekter i opptak. Ved å hente ut bildene fra hver en-meters-intervall kunne det undersøke hvordan avstand fra kameraet påvirker

oppfattet størrelse på et objekt. Ved å kalkulere endringen i størrelse mellom hver intervall i prosent vil det gi mulighet for å estimere hvordan lengden på andre objekter, av andre størrelser, vil kunne oppfattes på de undersøkte avstandene fra kamera. Dette kan gjøres ved å bruke det reelle størrelsesforholdet mellom allerede undersøkt objekt og størrelsen på et objekt som ønskes å analysere, for eksempel gjennomsnittslengden på villfisk observert under et forsøk. Det reelle størrelsesforholdet kan brukes til å kalkulere hva størrelsen på ønsket objekt ville vært oppfattet som ved én meter avstand fra kameraet. Deretter kan reduksjonen i prosent ved det undersøkte objektet brukes på objektet som ønskes å analyseres for å estimere oppfattet størrelse på de undersøkte avstandene.

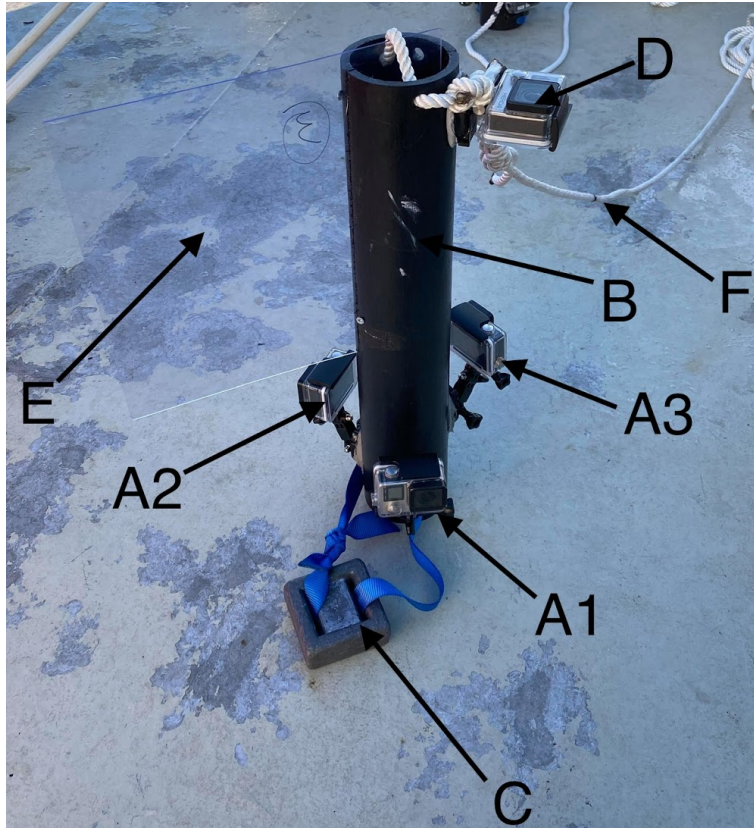


Figur 4. *Figur 4a* materiell til undersøkelse av oppfattet størrelse, **Figur 4b** Metode for opptak ved undersøkelse av oppfattet størrelse. I **Figur 4a** vises materialene brukt i metoden for å undersøke oppfattet størrelse på et objekt med kjent diameter i et videoopptak. **Figur 4b** viser gjennomføring av størrelses oppfattelsesmetoden.

2.3 Kamerarigg

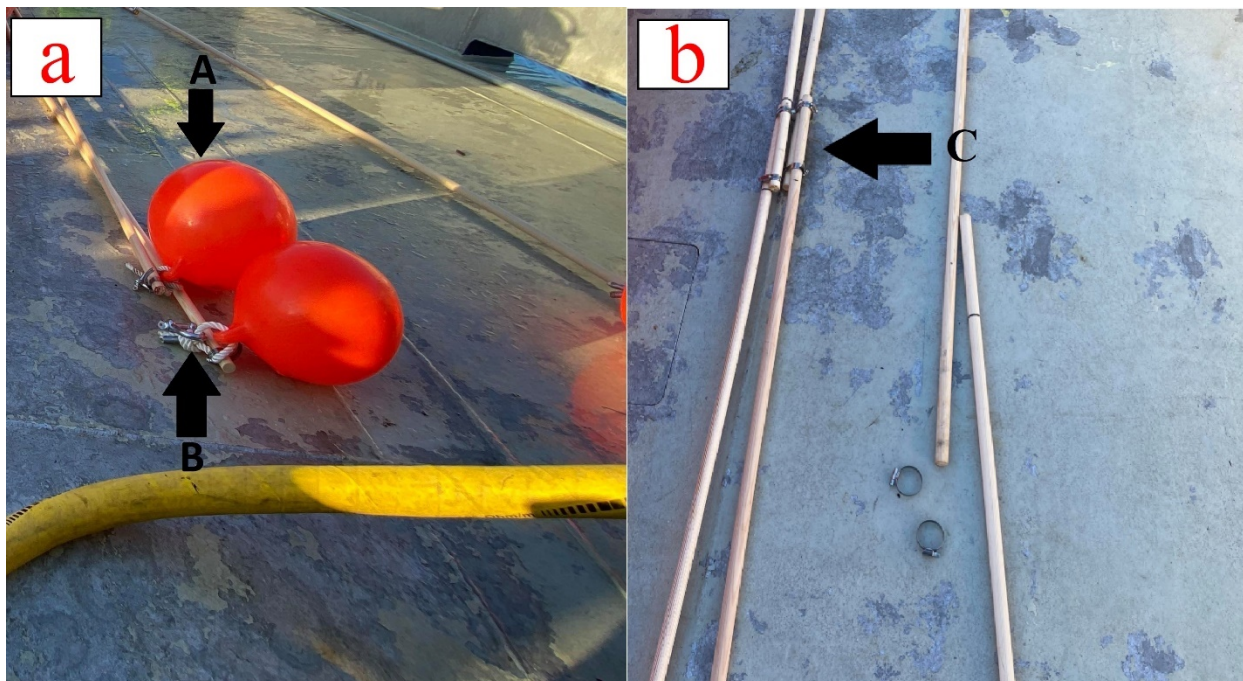
Tidlig i utviklingen av metodikken ble en enkelt rigg konstruert for å evaluere funksjonaliteten. Resultatene fra denne preliminare testen var tilfredsstillende, men en enkelt rigg var tidkrevende å bruke til å samle ønsket mengde data. Det ble derfor besluttet å bruke tre identiske rigger for å dekke mest mulig område på kortest mulig tid.

Riggene brukt var konstruert rundt 110 millimeter (mm) x 500 mm polyetylen rør (Figur 5, B). I bunn av riggen var det festet ett 2 kg lodd (Figur 5, C) for å forhindre at bevegelse i sjøen skulle føre til sideveisbevegelser, og toppen var festet til en taulengde på omtrentlig 45 m. Langs taulengdene var det markeringpunkter (Figur 5, F) for dybdeintervaller når riggen er på én meter, tre meter, fem meter, og hver fem-meters intervall videre til 40 m dyp, under havoverflaten. Et vertikalt snitt er også gjort i røret, for å feste en 30 centimeter (cm) x 30 cm pleksiglassplate for å forhindre rotasjon (Figur 5, E). Videre er fire GoProfester festet til riggen. Tre av disse (Figur 5, A1, A2 og A3) er plassert 4 cm fra nederste kant av polyetylenrøret, med 120° mellom hvert feste fra senter av røret for horisontale opptak, for å dekke et synsfelt på 360° horisontalt. Det siste festet (Figur 5, D) er plassert 4 cm fra toppkanten av riggen, på motsatt side av stabiliseringsplaten.



Figur 5. Kamerariggen. Figuren illustrerer kamerarigg brukt i oppgaven. D indikerer kamera som filmer vertikalt. F viser dybdemarkering på tauet. E illustrerer pleksiglass stabilisatoren. A1, A2 og A3 illustrerer kameraene som filmet horisontalt. C illustrerer 2 kg lodd. B illustrerer riggens fundament (polyetylen rør).

Tauene til riggene ble heftet inn på 38 mm sjakler (**Figur 6b, B**), som var festet på samme tau som en 230 mm garnblåse (**Figur 6b, A**). Dette var igjen festet til en 5 m lang (2 stykk 21 mm x 2,7 m festet sammen med slangeklemmer, **Figur 6b, C**) rundstokk med en diameter på 21mm.



Figur 6. Flyteelement og festemekanisme til kamerarigger. Figuren illustrerer rundstokkene som ble brukt for nedsenkning av kamerariggene. **Figur 6a** illustrerer på A en 230 mm garnblåse, mens B viser en 38 mm sjakkel. **Figur 6b** viser To rundstokker, 2,7 meter lange, 21 mm i diameter. Disse ble festet sammen ved hjelp av to slangeklemmer, se C. Rundstokkene ble til sammen 5 m.

Til opptakene ble det brukt en kombinasjon av GoPro Hero 4 og GoPro Hero 5 kameraer. Alle kameraene i vertikal posisjon (**Figur 5, D**) var av typen GoPro 4. Grunnet manglende materiell dagen for datainnsamling var kun to av riggene utstyrt med kamera i vertikal posisjon. Av kamera i horisontal posisjon (**Figur 5, A1-A3**), besto to av tre rigger utelukkende av GoPro Hero 5 kamera, og den siste riggen kun av GoPro Hero 4 kamera.

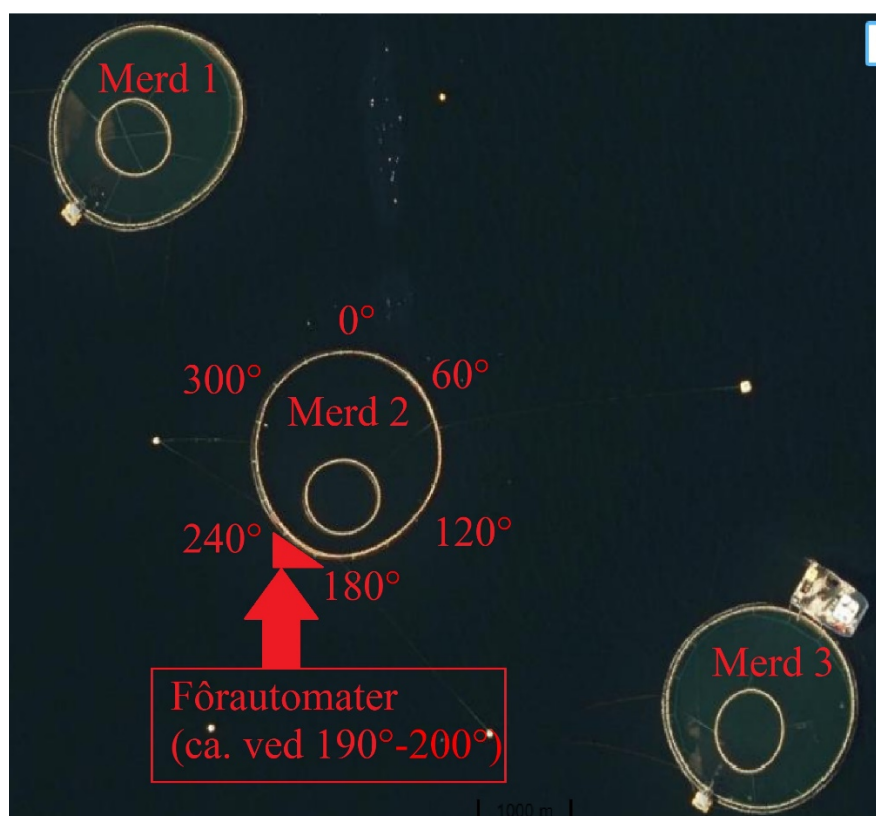
2.4 Metode for innhenting av undervannsvideo

Under montering av riggene før datainnsamlingen ble det notert hvilke kameraer, og medfølgende minnekort som var plassert hvor og på hvilken rigg.

All datainnsamling ble gjort langs merdkanten.

Først ble de tre riggene plassert på kompassgradene 0° , 120° og 240° i forhold til senter av gjeldende merd (se **Figur 7**). Gradene ble oppmålt ved hjelp av kompassappen på iPhone fra Apple. Deretter ble opptak startet og riggene flyttet fire meter ut fra merdkanten og holdt i posisjon med rundstokkene og blåsen (**Figur 8**). Rundstokkene var markert 4 meter fra festet til

blåsen for å enkelt kunne plassere riggene i riktig posisjon. På signal ble de senket til fem meter dybde og holdt der i 60 sekunder. Videre ble de senket i fem meters intervaller ned til 30 m, og holdt statisk på hver fem meters intervall i 60 sekunder. Etter siste intervall ble riggene heist opp til overflaten og opptakene stanset. Deretter ble alle riggene flyttet 60° med klokka til 60°, 180° og 300° og samme dykk som omtalt ovenfor repetert. Totalt ble det gjort to slike dykk med hver rigg per merd. Etter å ha fullført opptakene på en merd ble det gjentatt på neste merd. I dette tilfellet ble det først hentet data fra den mest nord-vestlige merden (Merd 1), for så å bevege seg til neste merd sør-østover etter fullførte opptak.



Figur 7. Plasseringer av prøvetakingen. Denne figuren viser merd 1, merd 2 og merd 3 og hvor på merden prøvene ble tatt. Prøvene ble tatt på 0°, 60°, 120°, 180°, 240° og 300°. Figuren viser plasseringen av fôrautomatene med pil, som var på ca. 190°-200° på alle 3 merdene. Figuren er et satellittbilde fra Finn.no sine kart (<https://kart.finn.no/>) redigert i Microsoft Paint.

På alle kamera var “wide” funksjonen i 1080p brukt. Dette gir videoer på 1920 x 1080 piksler, bildefrekvens på 30 bilder per sekund, og et synsfelt på 118,2° horisontalt og 69,5° vertikalt (34, 35).

Under ett av batteribyttene knakk et GoPro-feste. Dette skjedde etter første dykk på andre merd, så på det resterende dykket på merd 2 og to dykk på merd 3 manglet den ene riggen et kamera.

Dette skjedde med et av kameraene som var festet i posisjon A fra **Figur 5**.

Ved to anledninger var det også et vertikalt og et horisontalt kamera som ikke tok opp video.

Dette var grunnet menneskelig feil og batterikapasitet.



Figur 8. Kamerarigger i bruk. Illustrasjon av kamerariggen i bruk. Her var kamerariggen på 5 meter dybde og klar til å starte tidtakingen på 60 sekunder på klarsignal fra operatørene av to de andre riggene.

2.5 Databehandling

Enkeltbilder ble hentet fra opptakene tatt på Seterneset for analyse. Ekstrahering av bilder ble gjort i Windows programmet «Film og Tv». Dette programmet gjorde det mulig å ekstrahere bilder fra opptakene uten å komprimere eller påvirke oppløsningen på rådataen. Tre bilder ble hentet ut fra hvert horisontale kamera fra hvert dyp, med 15 sekunders intervall. Første bilde ble hentet fra 15 sekunder etter at riggen nådde hver gjeldende dybde. Bildene ble tatt ved 5, 10, 15, 20, 25 og 30 m dyp. Det ble også hentet ut flere, mer tilfeldige, bilder fra vertikale kameraer og fra de horisontale tidlig i metodeutviklingen fra der det var av interesse. Disse bildene blir også tatt i bruk videre for telling med kunstig intelligens og telling av sei. Alle bildene ble navngitt etter minnekort, hvilket dykk det ble tatt på, hvilken dybde, og om det var første, andre eller tredje bilde tatt på denne dybden under dette dykket. Underveis i denne prosessen ble strømretning observert ved at man så retningen og hastighet på partikler som drev forbi kameraene.

Rådata ble ført inn i to individuelle tabeller i Excel for sammenlikning; en for å sortere resultatene etter minnekort, om bildet er første, andre eller tredje bilde tatt ved dette intervallet, posisjon og dybde på hver individuelle merd, og en i listeforamt for å lettere kunne sammenlikne de individuelle tellernes resultater. Excel ble brukt videre for all statistisk analyse av resultatene og utarbeiding av diagrammer og trendlinjer.

2.6 Telleprosess

2.6.1 Fordeling av pelagisk villfisk

Formålet med telling av all synlig pelagisk villfisk var å kartlegge villfiskens plasseringsmønster rundt merdene dagen hvor opptakene ble gjort. Bildene hentet ut fra opptakene (eksempel: **Figur 9**) ble tatt i bruk for å plassere observasjonene i forhold til dybde og kompassretning rundt merden. Kun bildene fra de horisontale kameraene hentet ut etter metoden beskrevet i databehandling (2.5) ble brukt til telling. Alle bildene ble telt av tre individuelle tellere, uten innsyn i hverandres resultater underveis. Alt som kunne identifiseres som fisk i hvert bilde ble registrert. For bedre oversikt under tellingene fikk tellerne mulighet til å markere telt fisk med

prikker, dersom det skulle være vanskelig å holde oversikt over antall fisk telt uten bruk av hjelpemidler (**Figur 10**). Tiden for hver telling ble også notert. Hver teller noterte selv sine resultater i tabeller for å sortere resultatene etter minnekort, om bildet er første, andre eller tredje bildet tatt ved denne dybdeintervallen, posisjon og dybde ved hver individuelle merd.



Figur 9. Ubehandlet bilde fra 120° ved merd 3, på 30 meter dyp. Eksempel på bilde med fisk før telling. Bildet er tatt ved merd 3, 30 meters dyp og ved 120°



*Figur 10. Bilde fra 120° ved merd 3, på 30 meter dyp etter manuell telling.. Samme bildet som **Figur 9**, figuren viser telling når all fisk ble registrert. Blå prikk indikerer registrert fisk.*

2.6.2 Artsspesifikk manuell telling

Den artsspesifikke manuelle tellingen foregikk på lignende vis som når all synlig fisk ble registrert, bortsett fra at kun det som med høy sikkerhet kunne identifiseres som sei ble registrert (**Figur 11**). Denne tellingen ble gjort for å sammenlikne resultater av manuell telling med resultater av telling med AI, da AI var programmert til å kun identifisere sei. Fremfor å kategorisere resultatene etter posisjon og dybde rundt merdene ble de registrert i et listeforamt, med antall sei identifisert etter bildetittelen for gjeldende bilde. Dette var for å lettere kunne sammenligne ulike telleres resultater i Microsoft Excel. I den artsspesifikke manuelle tellingen ble alle bildene hentet fra opptakene på Seterneset brukt.



*Figur 11. «Artsspesifikk manuell telling» Bildet illustrerer et eksempel på hvilke fisker som blir registrert som sei ved manuell telling. Blå prikker indikerer hva telleren med høy sikkerhet har identifisert som sei. Ubehandlet bilde vises i **Figur 9**.*

2.6.3 Artsspesifikk telling med AI

Metodebeskrivelsen for telling med AI ble beskrevet for gruppen av Alberto Maximiliano Crescietelli. All videre tekst i dette delkapittelet er oversatt fra engelsk, tolket og gjenfortalt etter egen forståelse.

AI må trenes før den kan brukes til automatisk telling. Ved treningen får AI tilgang til et datasett med bilder som inneholder objektet som skal gjenkjennes. I dette tilfellet bilder som inkluderer sei. Disse bildene er ikke del av datasettet som skal undersøkes. AI bruker deretter 80% av bildene i datasettet for trening til å lære seg parametere for kjennetegn mellom sei som kan observeres i bildene. De resterende 20% av bildene brukes som valideringsmateriale for å bekrefte hva som er de beste parametere for objektene som skal identifiseres. Etter dette steget

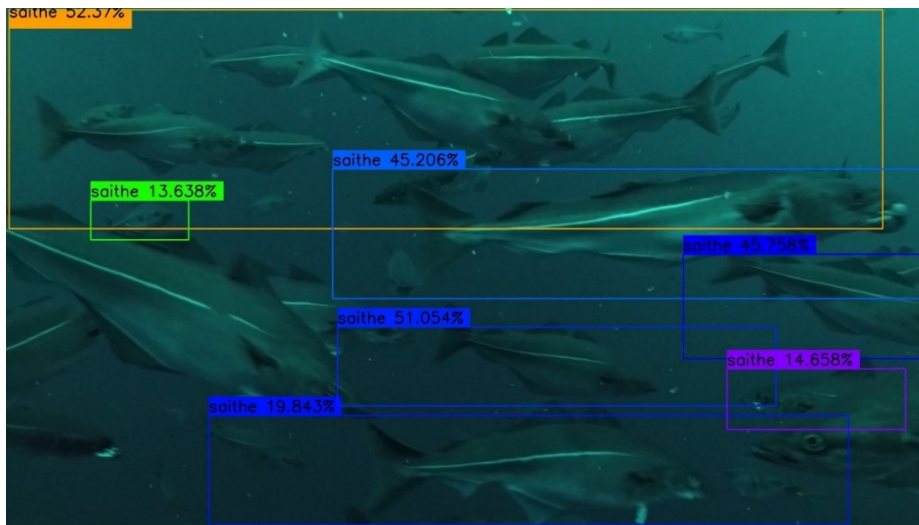
har maskinlæringsprogrammet dannet grunnlaget for å kunne analysere datasettet det har trent for.

*Ved analysen av datasettet som ønskes å undersøkes gjør AI fem tellinger av hvert bilde. Den vil da generere avgrensingsbokser rundt parametere den kjenner igjen fra læringsdatasettet med viss prosent sikkerhet. Dersom det gjenkjennes flere kjennetegn ved et enkelt individ vil det genereres flere slike bokser. Da boksene skal kunne representere en enkelt sei vil dette kunne føre til falske positive dersom flere av de blir stående individuelt på samme sei. Av den grunn legges det inn en buffer, hvor boksene vil slås sammen dersom de overlapper mer enn 80%. Dette fører til færre falske positive, men kan også føre til falske negative dersom fisk observeres tett på hverandre og deres bokser også overlapper mer enn 80%. De vil da som en enkelt fisk. Bufferen for overlapp er derfor svært viktig for at det totale antallet av observert sei skal være presist. Da programvaren i denne utgaven ikke har kapasitet til å justere bufferen for overlappende bokser etter hvert bilde, basert på antakelser av seiindividers tetthet hverandre, er den konstant på 80% gjennom hele datasettet. Dette er en feilkilde som kan føre til falske negative dersom fisken er tett på hverandre (**Figur 12**), og falske positive dersom det er en viss avstand mellom parameterne for gjenkjennelse hos en enkelt fisk (**Feil! Fant ikke referanseilden.**). I tillegg til å være kritisk for AI's evne til å gjøre presise tellinger av enkeltbilder vil et passende nivå for denne bufferen være essensiell for å balansere antall potensielle falske negative og positive til et presist totalt sluttall for telling av hele datasettet. Ideelt sett vil det ikke være noen falske resultater, men på dette stadiet i programmet og med mengden trening involvert er det tilnærmet uunngåelig. Det finnes også en risiko for at AI*

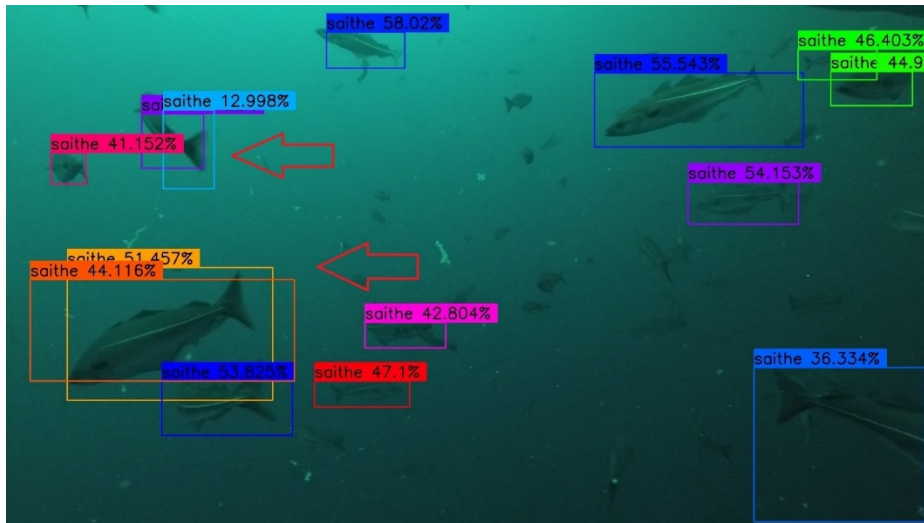
gjenkjenner parametere for kjennetegn på sei i objekter som ikke er sei (**Figur 14**



Figur 14). Underveis i tellingen registrerer AI antallet telte sei til hvert bilde bak relevant bildetittel i en csv-fil. Tiden for hele telleprosessen, ikke inkludert trening, registreres også. I den artsspesifikke tellingen med AI ble alle bildene hentet fra opptakene på Seterneset brukt.



Figur 12. Eksempel på falsk negativ fra AI. Eksempel på hvor AI har rammet inn hva manuelle tellere unisont registrerte som flere individer i samme boks, og dermed bare registrerte én sei.



Figur 13. Eksempel overlappende begrensingsbokser ved enkeltindivider. Eksempel på hvor AI har plassert flere bokser, som ikke overlapper mer enn 80% og derfor ikke slås sammen, på hva manuelle tellere identifiserte som enkeltindivider av sei.



Figur 14. Eksempel på falsk positiv fra AI. Eksempel på hva AI har med 46.4% sannsynlighet registrert som sei, men hva manuelle tellere unisont identifiserte som en fortøyning.

3 Resultater

3.1 Lokalitet

All datainnsamling på Seterneset ble utført 05.03.20, mellom kl 10:30 og kl 15:30. Det ble tatt prøver fra tre av seks merder. Ved start på datainnsamlingen var vannstanden målt til 139 cm over sjøkartsnull, med tidevannet på vei ned. Laveste målte vannstand for denne tidsperioden var ved absolutt lavvann kl. 13:25 med 99 cm. Ved datainnsamlingens avslutning var vannstanden på 121 cm. (36)

Det ble observert et lite driv i havstrømmen mot vest, det var tilsynelatende lite endring i verken intensitet eller strømretning. Forholdene rundt og i merdene undersøkt var tilsynelatende like, med unntak av at det ikke foregikk fôring i merd 1 denne dagen, da noten ble vasket dagen før datainnsamling. På de to andre merdene foregikk fôring konstant.

En annen bachelorgruppe gjorde undersøkelser på benthos med ROV samme dag. Under dykkene ble det observert flere sei på vei ned til benthos. Ved hjelp av to laserpekere montert på ROV med kjent avstand ga disse opptakene mulighet til å estimere lengden på fem sei (lengder:

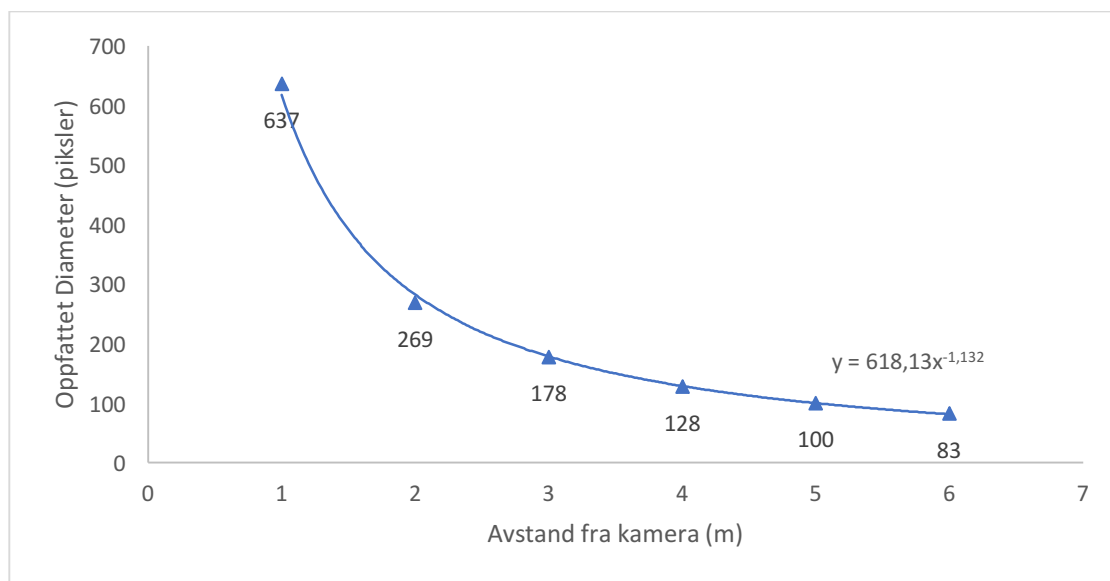
70,8 cm, 66,6 cm, 52,0 cm, 64,4 cm, & 68,1 cm), og deretter estimere gjennomsnittslengden på fisken rundt merdene til å være omtrent 64,4 cm.

3.2 Oppfattet og reell størrelse på objekt i videoopptak

Under forsøket gjort for å undersøke oppfattet størrelse i et videoopptak på et objekt med kjent diameter ble et objekt plassert én meter foran kameraet og forflyttet i én meters intervaller til 10 meter. Enkeltbilder ble hentet ut fra hver én meters intervall i opptakene for å måle oppfattet størrelse på objektet. Objektet filmet i disse opptakene hadde en reell diameter (\emptyset) på 38 cm. Ved bruk av Microsoft Paint ble det gjort mål på objektets diameter horisontalt i bildet.. på én meter avstand fra kameraet tilsvarte dette $\emptyset=637$ piksler horisontalt i opptaket. På seks meter avstand var det allerede en utfordring å se konturene på objektet tydelig, det var da en $\emptyset=83$ piksler på denne avstanden. Dette tilsvarer en reduksjon på 86,97% i oppfattet lengde på diameter over 5 m økning i avstand. På syv meter avstand var konturene av objektet for utydelige til å identifisere en tilfredsstillende antydning på \emptyset . Resultatene vises i **Figur 15**. x-aksen representerer objektets avstand fra kameraet i meter, og y-aksen representerer oppfattet \emptyset i piksler. En eksponentiell trendlinje er inkludert.

Ved bruk av størrelsesforholdene mellom objektet brukt ($\emptyset = 38$ cm) og andre lengder (20 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm & 100 cm) kunne det estimeres hva disse lengdenes oppfattede størrelse i piksler ville vært i et opptak, dersom de var plassert én meter fra kamera. Videre kunne prosentvis endring i størrelse på ulike avstander fra kamera fra forsøket brukes til å estimere oppfattet størrelse på de andre lengdene på ulike avstander fra kamera, gitt at prosentvis endring i størrelse for disse lengdene er lik den for et objekt på 38 cm. Resultatene vises i

Tabell 1.



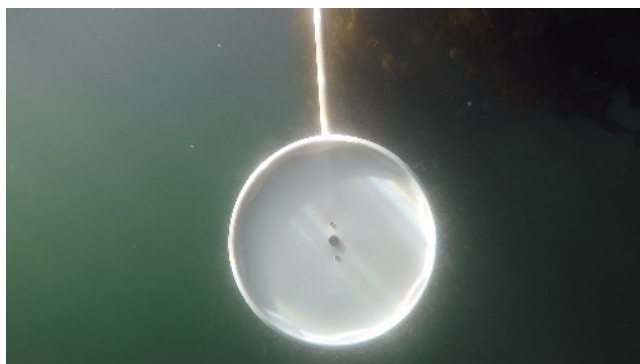
Figur 15. Oppfattet diameter på opptak av objekt med kjent diameter på ulik avstand fra kamera. Diagram som illustrerer oppfattet ø på objektet i piksler (y akse) gitt avstand fra kamera (x akse). Inkluderer eksponentiell trendlinje og tilhørende formel.

Tabell 1. Tabell for å estimere avstand på objekt fra kamera gitt kjent lengde. Viser endring i horisontal lengde (piksler) på objekt med kjent størrelse, gitt avstand fra kamera (meter). X akse illustrerer lengde på objekt i centimeter. Y akse (venstre) viser avstand fra kamera. Y akse (høyre) viser endring i størrelse fra 1m i prosent. Tabellen tar utgangspunkt fra oppgavens faktisk målt størrelse på 38cm, men kan brukes til å måle andre størrelser også.

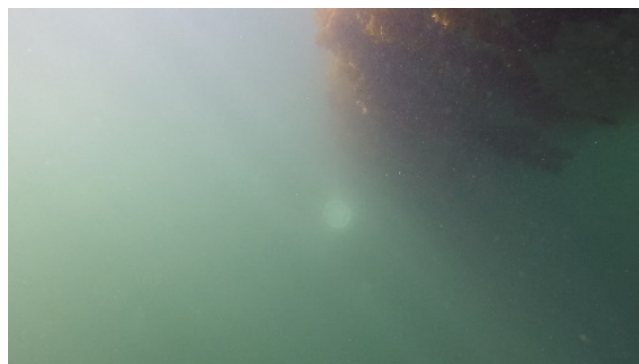
Avstand fra kamera (m)	20 cm	38 cm	40 cm	50 cm	60 cm	70 cm	80 cm	100 cm	Endring i størrelse fra 1m (%)
1	335	637	671	838	1006	1173	1341	1676	
2	142	269	283	354	425	496	566	708	42,23%
3	94	178	187	234	281	328	375	468	27,94%
4	67	128	135	168	202	236	269	337	20,09%

5	53	100	105	132	158	184	211	263	15,70%
6	44	83	87	109	131	153	175	218	13,03%

Figur 16 og **Figur 17** viser ekstraherte bilder fra dette forsøket på henholdsvis 1 og 6 meter avstand fra kameraet.



Figur 17. Størrelsesoppfattelse eksempel 1. Objekt med $\phi = 38$ cm på 1m avstand fra kamera. størrelsesmåling av objekt på 1m avstand. $\phi=637$ piksler



Figur 16. Størrelsesoppfattelse eksempel 2. Objekt med $\phi = 38$ cm på 6m avstand fra kamera. Størrelsesmåling av objekt på 6 meter avstand. $\phi=83$ piksler

3.3 Fordeling av pelagisk villfisk

Totalt ble det brukt 900 bilder fra databehandlingen. Teller 1, 2 og 3 registrerte fisk i henholdsvis 205, 206 og 203 bilder.

Antall fisk telt av hver teller, ved hver merd, tid brukt, tellergjennomsnitt og differanse mellom tellere vises i Tabell 2.

Tabell 2. Totalt antall fisk. Tabellen illustrerer totalt antall fisk registrert av teller 1, 2 og 3 ved de tre merdene. Den viser også et gjennomsnitt og en differanse (maks – min.) mellom disse tellingene.

	Antall fisk registrert (merd 1)	Antall fisk registrert (merd 2)	Antall fisk registrert (merd 3)	Totalt antall fisk registrert	Tid brukt (t:m:s)
Teller 1	350	1169	750	2269	02:23:24
Teller 2	370	1201	773	2344	03:15:00
Teller 3	332	1054	777	2163	02:44:42
Gjennomsnitt	350.7	1141.3	766.7	2258.7	02:47:42
Differanse	38	147	27	181	00:51:36

Gjennomsnittet for antall fisk telt per bilde var 2,52 for teller 1, 2,57 for teller 2 og 2,41 for teller

3 dersom man deler antall fisk registrert på 900 bilder. Om en ser bort fra bildene hvor den aktuelle telleren ikke telte fisk var det 11,07 for teller 1, 11,38 for teller 2 og 10,66 for teller 3.

Gjennomsnittstiden per bilde var 9,56 sekunder for teller 1, 13,0 sekunder for teller 2 og 10,98 sekunder for teller 3. En samlet gjennomsnittstid per bilde for manuelle tellere vil da være 11,18 sekunder.

Utstyrproblemer ga tap av noen opptak, og dermed lavere antall enn reelt på noen posisjoner. I denne oppgaven har det ikke blitt forsøkt å korrigere for disse avvikene.

3.3.1 Resultater fra de individuelle merdene

Gjennomschnittsresultatene for hver posisjon rundt merden og hver dybde for vises individuelt for hver merd i Tabell 3-5.

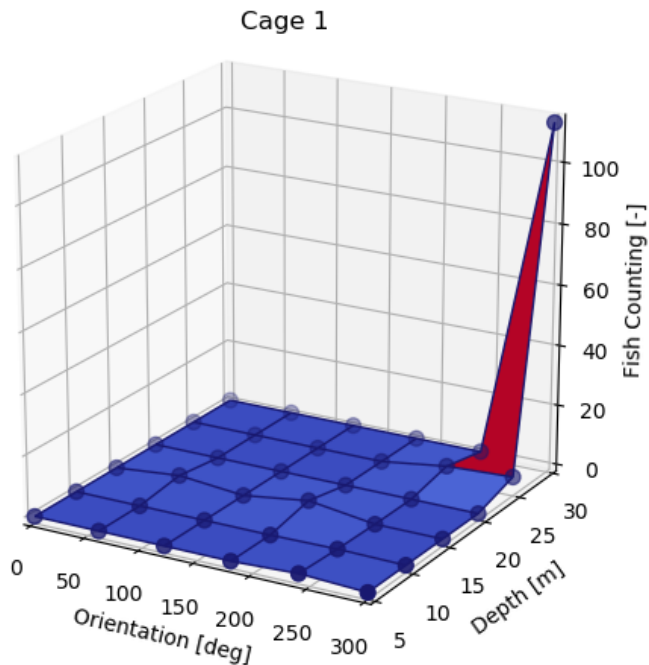
Plasseringen av fiskeforekomstene er også presentert ved overflatediagram på Figur 18, Figur 19 og Figur 20, utarbeidet av Alberto Maximiliano Crescitelli. Diagrammene er en tredimensjonal representasjon av hvordan fisken estimeres å være fordelt mellom punktene for posisjon rundt merden og dybde i vannsøylen fra manuell telling vist i tabell 3-5. I figurene viser x-akse; plassering rundt merd, y-akse; dybde i vannsøylen og z-akse: antall fisk observert. Diagrammene er en visuell illustrasjon på hvordan fisken kan være fordelt mellom de spesifikke punktene for telling.

Ved merd 1 (**Tabell 3**) ble det observert minst fisk av de tre merdene. Ved 300° ble det ved denne merden observert betydelig mer enn de to resterende. Det ble ikke observert fisk høyere i vannsøylen enn 25 m. Majoriteten av fisken ble observert ved 30 m. Se **Figur 18** for overflatediagram av plassering av fiskeforekomstene fra merd 1. Det var ved denne merden at det ikke foregikk fôring dagen for forsøket.

Tabell 3. Gjennomschnittsresultat fra merd 1. Tabellen illustrerer et gjennomsnitt av resultatene fra manuell telling på merd 1. All synlig fisk ble registrert. X-akse representerer plassering rundt merden i grader, y-akse representere dybde på observasjonene.

Merd 1	Plassering rundt merden i grader						
Dybde	0°	60°	120°	180°	240°	300°	Totalt antall observer fisk
5m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

15m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25m	29,7	0,0	0,0	0,0	14,0	23,7	67,3
30m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	283,3	283,3
Totalt antall observert fisk	29,7	0,0	0,0	0,0	14,0	307,0	350,7



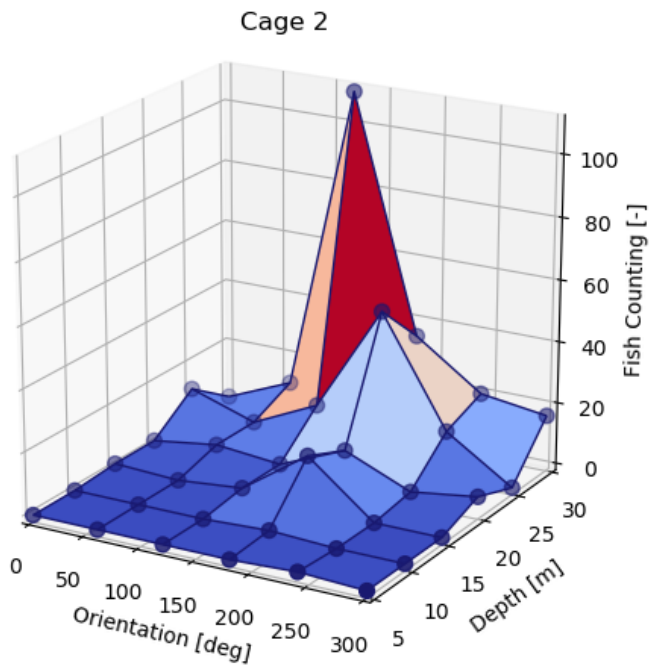
Figur 18. Overflatediagram av antall fisk ved merd 1. Figur som illustrerer plassering av fiskeforekomstene fra merd 1 i et overflatediagram. Diagrammet er laget av Alberto Maximiliano Crescitelli

Ved merd 2 (**Tabell 4**) ble det ble observert flest fisk. Det ble telt en betydelig større mengde fisk ved 180° og 120° enn ved resten av merden. Merd 2 var også den eneste merden med større forekomster av fisk allerede fra 15 m og ned. På 15 m dyp ved 180°, ble det telt gjennomsnittlig 168 individer. De største forekomstene var på 30 m dybde ved 120° og 180°. Se **Figur 19** for overflatediagram av fiskeforekomstene fra merd 2.

Tabell 4. Gjennomsnittresultat fra merd 2. Tabellen illustrerer et gjennomsnitt av resultatene fra manuell telling på merd 2. All synlig fisk ble registrert. X-akse representerer plassering rundt merden i grader, y-akse representere dybde på observasjonene.

Merd 2	Plassering rundt merd i grader						
Dybde	0°	60°	120°	180°	240°	300°	Totalt antall observert fisk

5m	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	10,3
10m	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	8,0
15m	3,3	2,7	0,7	168,0	0,3	0,0	175,0
20m	6,3	10,7	6,3	77,0	5,0	10,0	115,3
25m	22,0	11,3	44,3	204,3	36,3	2,7	321,0
30m	6,3	31,0	263,0	95,7	45,0	63,0	504,0
Totalt antall observert fisk	38,0	55,7	314,3	563,3	86,7	75,7	1133,7

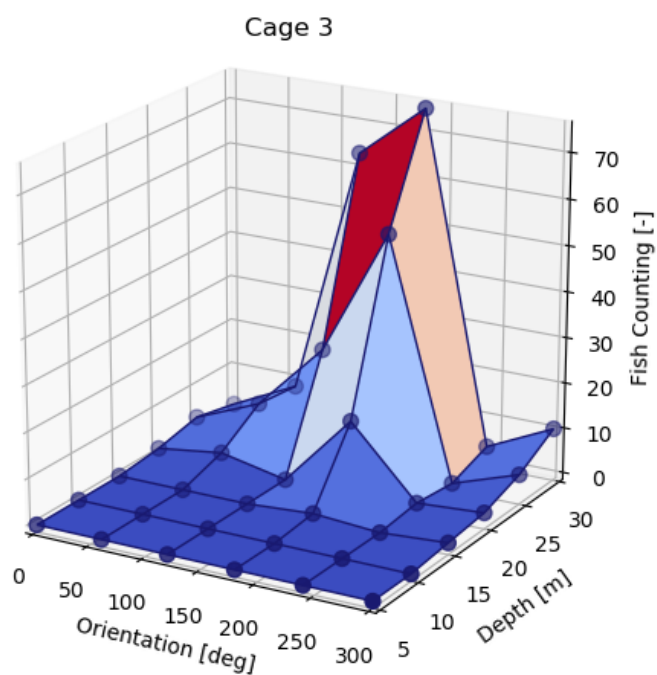


Figur 19. Overflatediagram av antall fisk ved merd 2. Figur som illustrerer plassering av fiskeforekomstene fra merd 2 et overflatediagram. Diagrammet er laget av Alberto Maximiliano Crescitelli

Merd 3 (**Feil! Ugyldig selvreferanse for bokmerke.**) hadde flere fisk enn merd 1, men fremdeles en del mindre enn merd 2. Her som ved merd 2 var det ved 120° og 180° observert flest fisk. Det var også, som ved de to andre merdene, observert flest fisk ved 30 m dybde. Se **Figur 20** for overflatediagram av fiskeforekomstene ved merd 3.

Tabell 5. Gjennomsnittresultat fra merd 3. Tabellen illustrerer et gjennomsnitt av resultatene fra manuell telling på merd 3. All synlig fisk ble registrert. X-akse representerer plassering rundt merden i grader, y-akse representere dybde på observasjonene.

Merd 3	Plassering rundt merden i grader						Totalt antall observert fisk
	0°	60°	120°	180°	240°	300°	
5m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10m	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
15m	1,7	1,0	2,7	2,0	0,3	0,0	7,7
20m	1,0	17,7	16,7	37,7	4,0	12,0	89,0
25m	17,7	27,3	76,7	97,3	6,0	22,3	247,3
30m	16,3	32,3	132,0	163,7	21,7	56,3	422,3
Totalt antall observert fisk	37,0	78,3	228,0	300,7	32,0	90,7	766,7



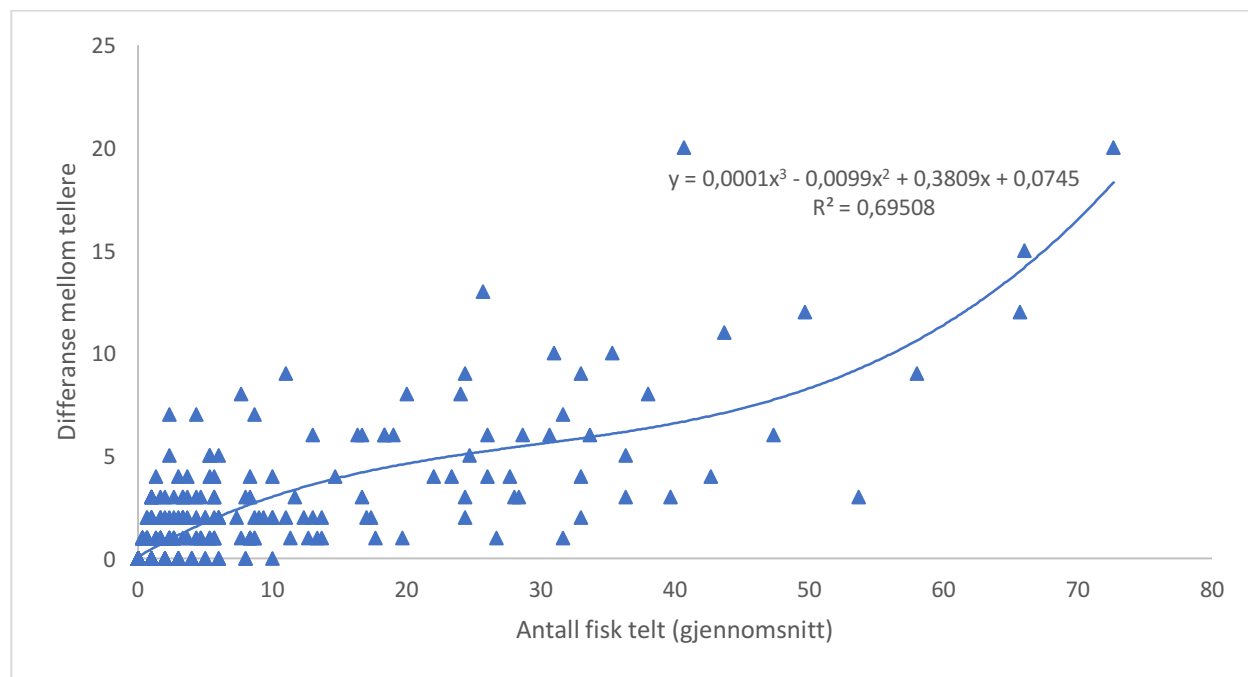
Figur 20. Overflatediagram av telt fisk ved merd 3. Figur som illustrerer plassering av fiskeforekomstene fra merd 3 i et overflatediagram. Diagrammet er laget av Alberto Maximiliano Crescitelli

Undersøkelsene viste størst forekomst av fisk ved 120° og 180° av merdene, bortsett fra merd 1 hvor det var flest ved 300°. Ved merd 1 var det telt betydelig mindre fisk enn ved merd 2 og 3.

3.3.2 Variasjon mellom de ulike tellerne

I bildet hvor det var observert flest fisk telte teller 1, 2 og 3 henholdsvis 80, 78, og 60 fisk. Dette var også et av de to bildene med størst differanse mellom telleren som telte mest og minst, med 20 fisk forskjell. I det andre bildet hvor det var 20 fisk i forskjell ble det registrert 51, 40 og 31 fisk av de individuelle manuelle tellerne.

Resultatene tyder på at det er en viss sammenheng mellom antall fisk telt og differansen mellom tellerne. Dette illustreres i figur 21, med gjennomsnittlig antall fisk telt på x-aksen, og differanse mellom høyeste og laveste antall fisk telt på hvert bilde på y-aksen.



Figur 21. Differanse mellom tellere i forhold til antall gjennomsnittlig fisk telt. Diagram som sammenligner differansen mellom hva de tre tellerne har registrert av fisk, fordelt på gjennomsnittet av antall fisk telt. Trendlinjen antyder en sammenheng mellom høyere antall fisk telt og høyere differanse mellom manuelle tellere.

Gjennomsnittsdifferansen mellom høyeste og laveste antall identifiserte fisk per bilde var 0,563, men om man ser bort fra de bildene hvor ingen tellere registrerte fisk var det 2,460. Det ble observert en tendens hos teller 2 til å generelt sett telle flere fisk enn de andre manuelle tellerne, og for teller 3 å telle færre. Alle manuelle tellere har likevel telt færre eller flere fisk enn resterende manuelle tellere ved visse enkeltbilder.

3.4 Artsspesifikk telling

3.4.1 Artsspesifikk manuell telling

I den artsspesifikke manuelle tellingen ble alle bilder hentet fra opptakene på Seterneset brukt. Dette tilsvarer 963 bilder.

Tabell 6 viser totalt antall sei identifisert av de tre manuelle tellerne, hvor mange bilder hver teller observerte sei i, og tiden brukt på tellingen. Tabellen viser også differansen mellom tellerne og gjennomsnittsverdier for de ovennevnte verdiene.

Tabell 6. Nøkkeltall fra artsspesifikk manuell telling. Tabellen viser totalt antall sei identifisert av de tre ulike tellere, antall bilder hvor hver teller identifiserte sei og tiden brukt på telling av de 963 bildene. Den viser også differansen mellom tellerne og gjennomsnittsverdier for de ovennevnte verdiene.

	Antall sei	Antall bilder med sei	Tid brukt (t:m:s)
Teller 1	851	136	01:25:35
Teller 2	697	139	01:18:13
Teller 3	1055	150	01:34:07
Differanse (maks. – min.)	358	14	00:15:54
Gjennomsnitt manuell	867.667	141.667	01:25:58

Bildet med flest gjennomsnittlig fisk telt var på merd 2, 300°, 25m. På dette bildet telte teller 1, 2 og 3 henholdsvis 25, 25 og 33 sei. Bildet med størst forskjell mellom tellerne var ved merd 2 på 30 m ved 240°. I dette bilde telte teller 1, 2 og 3 henholdsvis 26,17 og 35 sei.

Dette bilde var også det med nest høyest gjennomsnitt på antall sei registrert.

Gjennomsnittsdifferansen mellom høyeste og laveste manuelle teller på hvert bilde var 0,438.

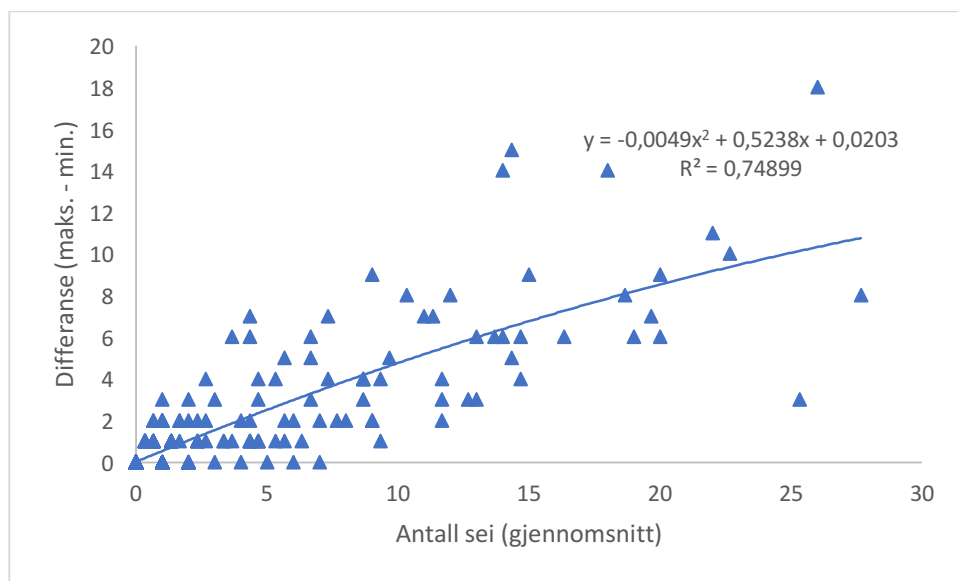
Om man ser bort fra bildene hvor ingen fisk var identifisert av noen av tellerne var den 2,558.

Gjennomsnittstiden brukt per bilde var 5,33 sekunder for teller 1, 4,87 sekunder for teller 2 og 5,86 sekunder for teller 3. Den totale gjennomsnittstiden blir da 5,36 sekunder per bilde.

Gjennomsnittlig antall sei telt per bilde var 0,88 for teller 1, 0,72 for teller 2 og 1,10 for teller 3.

Dersom en ser bort fra bilder hvor den aktuelle telleren ikke har telt fisk blir gjennomsnittlig sei telt per bilde 6,26 for teller 1, 5,01 for teller 2 og 7,03 for teller 3.

I den artsspesifikke tellingen tyder resultatene også på at det er en sammenheng mellom antall gjennomsnittlig fisk som telles per bilde og differansen mellom tellerne. Sammenhengen illustreres i **Feil! Fant ikke referansekilden.** x-aksen representerer gjennomsnittlig antall sei telt per bilde og y-aksen representerer differansen mellom høyest antall og lavest antall sei telt per bilde.



Figur 22. Plottediagram av differansen til 3 ulike tellere. Plottediagrammet viser differansen mellom de tre forskjellige tellerne i manuell telling fordelt på gjennomsnittet. En andregrads trendlinje, dens formel og R^2 er inkludert.

3.4.2 Artsspesifikk telling med AI

AI telte totalt 963 bilder. Av disse ble det registrert 776 sei fordelt på 172 bilder (17,82%). Bildet med flest observerte sei av AI var tatt ved 180° på merd to på 30 meters dybde. Her var det registrert 26 sei. Tiden den brukte på de 963 bildene var 18 minutter og 33 sekunder. Det tilsvarer en gjennomsnittstid på 1.1556 sekunder per bilde. Gjennomsnittlig antall sei telt på hvert bilde for AI var 0,81, men om en ser bort fra bildene hvor AI ikke identifiserte fisk var det 4,51.

3.4.3 Sammenligning mellom manuelle tellere og AI

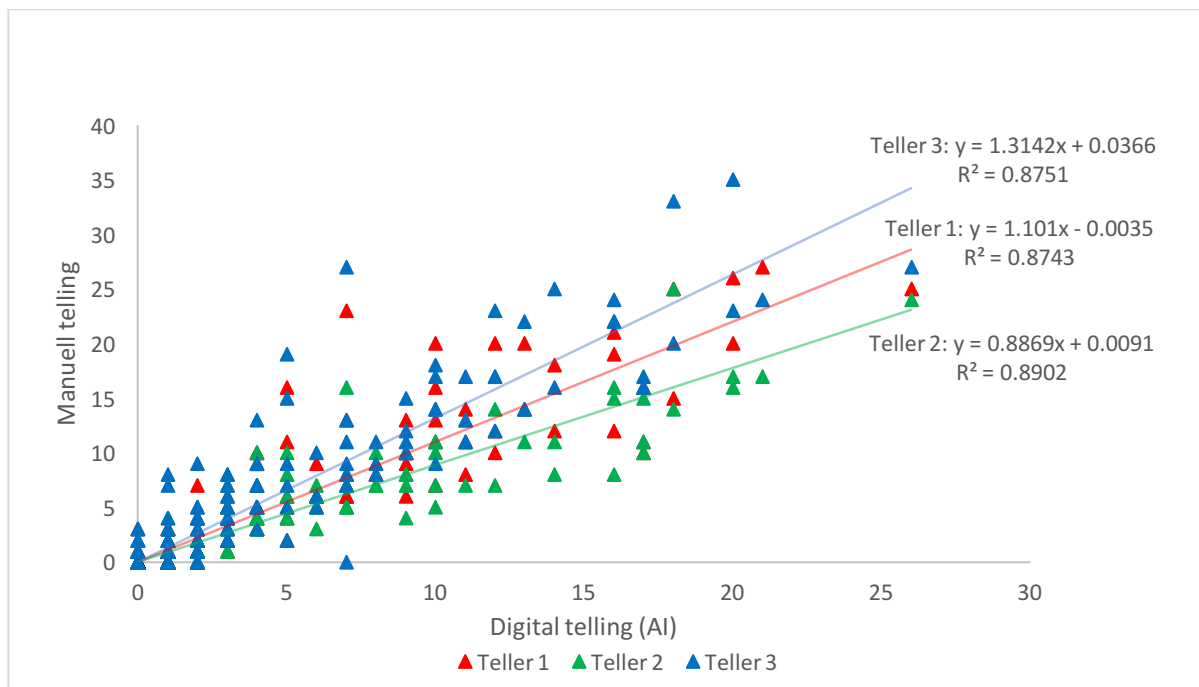
På en stor majoritet av bildene ble det ikke observert sei. I 764 bilder (79,3%) observerte verken manuelle tellere eller AI noen sei i det hele tatt.

I 38 bilder registrerte kun den kunstige intelligensen sei. Til kontrast var det kun 3 bilder hvor alle manuelle tellere registrerte sei, men ikke AI.

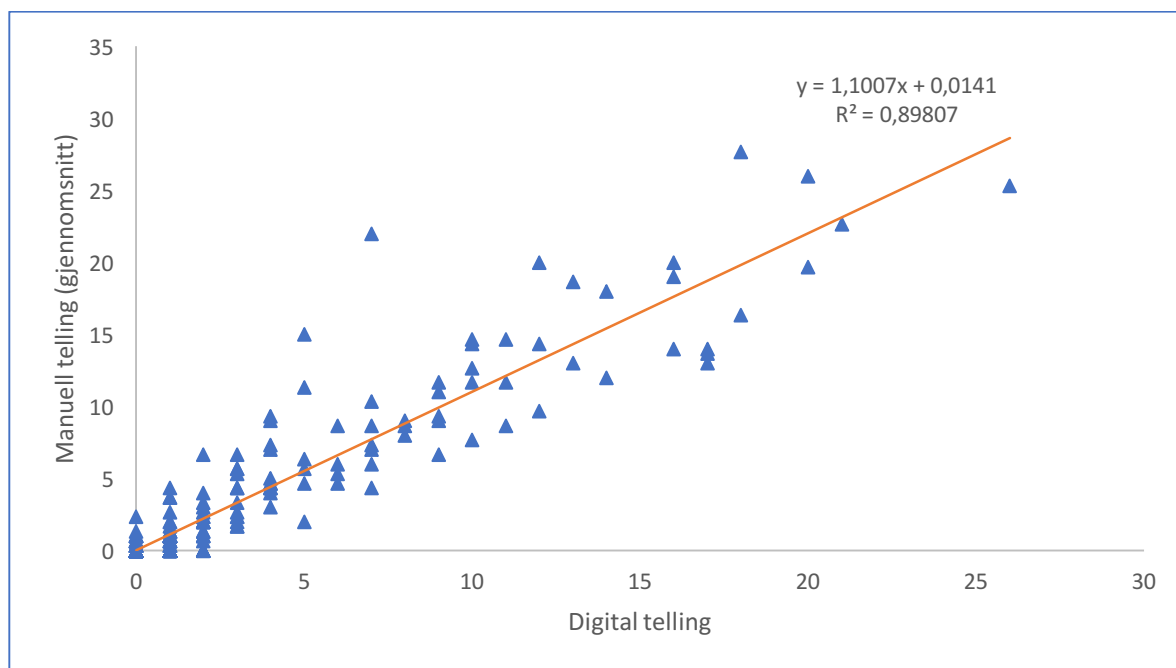
I 12 bilder registrerte kun en av de manuelle tellerne sei, men ikke AI, og i 7 bilder registrerte to manuelle tellere sei, mens den siste manuelle telleren og AI ikke gjorde det. Selv om de individuelle tellerne viste tendenser til å telle gjennomsnittlig mer eller mindre sei enn de andre, skjedde det hos alle tellere at de registrerte sei som ikke de andre manuelle tellerne eller AI registrerte. Selv om det er noen ulikheter ved enkeltbilder ser totalresultatene til AI svært like ut som gjennomsnittlige manuelle totalresultater. AI's resultater for enkeltbilder var innenfor differansen mellom høyeste og laveste manuelle telling av samme bilde i 887 bilder (92,1%).

Om en kun ser på bildene hvor minst én teller, enten manuell eller AI, har identifisert minst én sei, har AI telt innenfor differansen mellom høyeste og laveste manuelle telling på 120 av 196 bilder (61,2%).

Sammenlikning mellom resultater med telling av AI og hver manuelle tellers resultater vises i **Figur 23**. Sammenligning mellom resultater med telling av AI og manuelle gjennomsnittsresultater vises i **Figur 24**. Basert på stigningstallet til trendlinjen i figur 24 kan det se ut som om de manuelle tellerne i gjennomsnitt teller 10,1% mer sei enn AI per bilde. På stigningstallene for trendlinjer i figur 23 ser man riktignok at det er en vesentlig gjennomsnittlig variasjon mellom de individuelle tellerene i forhold til AI. Teller 1 teller gjennomsnittlig 10,0% mer enn AI, teller 2 teller gjennomsnittlig 11,3% mindre enn AI, og teller 3 teller gjennomsnittlig 31,4% mer enn AI per bilde.



Figur 23. Sammenligning av resultater fra manuell og digital artsspesifikk telling. Plottediagram som illustrerer resultatene til teller 1, 2 og 3 i forhold til AI's resultater. Lineære regresjonslinjer, med formel, og R^2 lagt til for sammenlikning mellom hver individuelle manuell teller i forhold til AI.



Figur 24. Sammenligning av gjennomsnittsresultat fra digital og manuell artsspesifikk telling. Plottediagram som viser sammenheng mellom gjennomsnittet av manuell telling (Y aksen) og telling ved AI (X aksen).

4 Diskusjon

4.1 Materiale og metoder

Under hele prøvetakingen var værforholdene gode, med svak vind og lett overskyet himmel. Dette førte til et relativt jevnt lys, som penetrerte havoverflaten og ga gode lysforhold i nesten hele dybdespekteret for oppgavens datainnsamling. Tiden på året var også egnet for forsøket, da det var lite algeoppblomstring og derfor god sikt i vannet. Til videre arbeid kunne det vært interessant å gjøre flere forsøk med lignende metode ved samme lokalitet, men dypere dykk for å undersøke både pelagisk villfisk på dypere vann, men også om svakere lysforhold ved dypere dykk i stor grad påvirker bildekvaliteten med GoPro kameraer.

For å estimere totalt antall fisk rundt en merd måtte det ha blitt etablert en radius for telling rundt merden som skal dekkes. Med formen for rigger brukt i denne oppgaven måtte også et sylindrisk tellevolum for hver rigg ha blitt grunnlagt. Derfor ble

Tabell 1 utviklet. Den kan brukes til å anta avstanden til en fisk eller et annet objekt fra et GoPro Hero 5 eller GoPro Hero 4 kamera gitt en gjennomsnittsstørrelse. Dersom man ønsker å kun telle fisk innenfor et gitt sylindrisk volum kan denne modellen brukes til å anslå om fisken er innenfor ønsket radius fra senter/startpunkt av et sirkulært eller lineært område. **Figur 15** viser at oppfattet størrelse på et objekt reduseres betraktelig allerede på kort avstand fra et GoPro-kamera med innstillingen for synsvinkel som ble brukt. Det ser ut til å være en tydelig sammenheng

mellom punktene for oppfattet diameter og trendlinjen i **Figur 15**. Da det ble besluttet at hovedfokus for oppgaven ikke skulle være antallsestimering av pelagisk villfisk rundt laksemerdene ble det valgt å ikke sette størrelsesbegrensning på fisken som skulle telles. Dette vil likevel kunne være nyttig i senere AI-applikasjoner, da det å begrense fisk som telles manuelt til de over en viss størrelse er en svært tidkrevende prosess, mens det lettvinnt kan programmeres inn i AI sine rammer for telling.

Metoden for datainnsamling er til en viss grad inspirert av metoden benyttet i artiklene «Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect» og «High connectivity of salmon farms revealed by aggregation, residence and repeated movements of wild fish among farms» (14, 23). Metoden baserer seg på antallsestimering av villfisk ved bruk av resultater fra flere kameraopptak, med et sylindrisk tellevolum og stasjonære tidsbestemte opptak. Metoden tatt i bruk i denne oppgaven skiller seg ut fra Dempsters metode blant annet ved antall stasjonære opptak gjort og ved hvilke dybdeintervaller, antall kamerarigger, bruken av tre kameraer per rigg fremfor ett roterende, og fravær av en kunstig lyskilde. Ettersom hensikten med denne oppgaven var å få et mest mulig naturlig oversiktsbilde, ble det ikke ansett som gunstig med en kunstig lyskilde. Dette var fordi en kunstig lyskilde vil kunne påvirke villfiskens atferd ved å enten skremme eller tiltrekke seg fisk. En lyskilde ville muligens vært mer aktuelt om prøvetakingen skulle gå dypere enn 30 m, hvor bildene begynte å bli mørke.

Kameraer har med tiden blitt mer og mer lysfølsomme mens de fremdeles overholder god oppløsning og kontrast. Denne teknologiske utviklingen har gjort det lettere å bruke kameraer uten lys nå enn for noen år siden. Spesielt om man ser på gruppen kameraer som er relativt rimelige og små, med liten sensor brikke. Det antas at mulighetene for gode og rimelige kamerasensorer bare blir bedre i fremtiden. Kanskje åpner dette opp for at denne oppgavens kamerarigg vil kunne gå enda dypere selv uten kunstig lyskilde, men med nye kameraer?

Ved utviklingen av metode var det relevant å sette visse kriterier, for å være sikker på at data som ble samlet inn ville være relevant til problemstillingen. Dette innebærer å danne et oversiktlig øyeblikksbilde over pelagisk villfisk rundt en oppdrettsmerd, og som vil kunne tillate analyse med AI verktøy. Metoden måtte kreve minimale forberedelser ved lokaliteten, og opptakstid måtte holdes forsvarlig kort for å kunne produsere mest mulig data, på kortest mulig

tid. Den måtte også være lettvindt å bruke for å minimere avvik mellom individuelle forsøk, og virke lite sjenerende for å unngå avvik i villfiskens atferd.

Det var ønskelig at personene i gruppen skulle kunne jobbe individuelt fra merdkanten med metoden for å gjøre gjennomføringen så enkel som mulig. Dette til hensyn av logistiske årsaker, da dagene brukt til feltarbeid antakeligvis ville bli delt med andre grupper og tilgangen til bruk av båter ville da vært begrenset. Ønsket var også at metoden skulle være lett å kopiere, slik at den kan brukes videre i andre prosjekter. Derfor ble det kun valgt materialer som var lett tilgjengelige. Budsjettet var heller ikke stort, så materialene ble valgt ut ifra funksjonalitet og kostnad. Det mest kostbare ved riggen var naturligvis kameraene. Valget falt da på GoPro kameraer ettersom disse er vanntette ned til oppgavens ønsket dybde, kameraene er heller ikke særlig kostbare. NTNU Ålesund hadde en del tilgjengelige GoPro. Det var disse som ble brukt. De tilgjengelige kameraene bestod av et flertall med GoPro Hero 5 kameraer og noen Hero 4. GoPro Hero 4 kameraene gav muligheten til å dykke ned til 40 meter, og 60 meter med GoPro «Super Suit» hus som passer til GoPro Hero 5 kameraene (37).

Med $118,2^\circ$ som synsvinkel på hvert kamera brukt i horisontal posisjon på riggene i denne oppgaven, og noe avstand fra senter gav det noen små blindsoner mellom hvert kamera, men det ble besluttet at det fortsatt gir et tilfredsstillende øyeblikksbilde. Et bredere synsfelt enn det som ble brukt ville ført til mer forvrengning i bildene som ble tatt, og observasjoner på avstand ville blitt vanskeligere. Dersom 4 kameraer hadde blitt brukt til horisontal overvåkning på hver rigg ville dette resultert i overlappende bilder, og et mindre vertikalt synsfelt siden en annen innstilling for synsvinkel måtte blitt brukt. Metoden med tre kameraer og videoinnstillingene nevnt ovenfor ble derfor sett på som mest ideell for forsøket, gitt tilgjengelige ressurser.

Beslutningen om å bruke tre rigger var i hovedsak basert på at det var tre personer som var involvert i oppgaven. Det var tidlig bestemt at det var ønskelig å dekke seks posisjoner på hver merd. Til dette fungerte det å bruke tre rigger svært godt, da man fikk dekket alle posisjonene på kort tid. Det ble antatt at at løsningen med seks posisjoner per merd ga en tilfredsstillende oppløsning. Det vil da være behov for seks personer for å gi et sant øyeblikksbilde av fisken på hvert dyp. Tidsbruken vår fra start til slutt av én merd var omtrent 30 minutter. En enkelt person ville dermed brukt omtrent 90 minutter for å dekke én merd med denne metodikken, dersom den skulle gjort hvert dykk ved hver posisjon individuelt. I undersøkelsen har det likevel blitt brukt

begrepet «øyeblikksbilde» selv om det tok litt tid. Det antas imidlertid at tidsbruken hadde liten effekt på fordelingsmønsteret til fisken.

Til det formålet forsøket hadde produserte riggene tilfredsstillende mengde og kvalitet på video. De var enkle å håndtere og lot seg enkelt senke opp og ned på et kontrollert vis. Det som på forhånd var forventet som en av de største utfordringene var rotasjon og bevegelse, da tidligere opptak av IBA ved NTNU ved lignende forsøk har vist mye rotasjon av kamera, som påvirket kvaliteten på opptakene. Det ble derfor utviklet en stabiliseringsplate (se Figur 5(E)). Ved gjennomgang av videoene i ettertid kunne det sees at riggen roterte noe, men ikke til den grad at det førte til uoversiktlige opptak. Det kan tenkes at det hadde blitt mer stabilt om det var mer strøm i sjøen, men under opptakene var det lite observert strøm. For å motvirke virkningen av rotasjonen og gi potensielt stresset fisk muligheten til å normalisere sin atferd ble riggen gitt 60 sekunder til å stabilisere seg på de gitte dybdene i vannsøylen.

Kameraene tilfredstilte forsøkets krav til bildekvaliteten og brukervennligheten. De var lette å bruke og selv på 30m dyp med lite lys ga de god oversikt over nærliggende fisk, selv om fisken på avstand gikk mer i ett med omgivelsene enn ved grunnere opptak. De vertikale kameraene (Se Figur 5, D) gav mer kontrast i opptakene, med baklys fra overflaten. Tanken bak dette var at det skulle gjøre det enklere å identifisere fiskeforekomst på lengre avstand fra kameraet, enn med de horisontale kameraene. Grunnet manglende materiell på forsøksdagen var kamera i vertikal posisjon kun festet på to av riggene. Oppgaven baserer seg i den grunn i hovedsak rundt opptakene med kameraer i posisjon A1-A3, hvorav opptakene fra kameraer i posisjon D kun supplerte til sammenlikning av manuell og digital telling.

Vertikal vinkling på kameraene slik at de filmer opp mot havoverflaten, vil derimot trolig være mer gunstig om tanken er å estimere fiskeantall uten å identifisere art. Dette er fordi baklyset, i tillegg til at synsvinkelen under ifra eliminerer mange kjennetegn ved fisken. Ved alle observasjoner av fisk med disse opptakene var det likevel tydelig å se hva som var fisk og ikke, på tross av at artsidentifisering var vanskelig. Denne vinkelen vil antakeligvis også være mer gunstig dersom man skal gjennomføre dykk dypere enn hva som ble gjennomført i denne oppgaven. Ved 30 m dyp var det en større utfordring å se fisk på avstand med de horisontale kameraene siden fargene på fisken gikk mer i ett med omgivelsene. På dette dypet var fisken observert med de vertikale kameraene fortsatt tydelige da omrisset av fisken ble spesielt definert

av baklyset. Dette kan gjøre de vertikale kameraene til et nyttig verktøy dersom det skal gjøres observasjoner lenger ned i vannsøylen.

Svak batterikapasitet var en utfordring, spesielt på GoPro Hero 4 som førte til at det ble mange batteribytter underveis. Batterinivå i alle kameraer måtte konstant overvåkes før og etter dykk. Det var riktignok tilgang til rikelig med ekstrabatterier, og batteribytter kunne skje relativt fort.

Ved det første dykket ble det erfart at god kontroll på tauet var en vesentlig faktor for en effektiv prøvetaking. Det ble lett knuter og floker på tauet slik at det stoppet i sjakkelen tauet var festet i (se **Figur 6, B**), noe som gjorde det krevende å senke riggene lenger ned. Et dykk måtte avbrytes og startes på nytt etter problemer med tauet.

Arbeidet med databehandlingen var ikke komplisert, men tidkrevende. Det var mye rådata som skulle sorteres og behandles i ettertid av prøvetakingen. Det tok to personer to arbeidsdager å ekstrahere alle bildene. Gruppen hadde begrenset erfaring med behandling av en slik mengde av denne typen data. Ved noe erfaring kunne dette blitt gjort mer effektivt. Bruk av andre dataprogrammer kunne også potensielt gjort prosessen raskere. Bruk av et kamera med 360° synsvinkel ville kanskje også redusert databehandlingstiden, da det bare ville vært én videofil å hente bilder fra per rigg for horisontal synsvinkel, fremfor tre. Et slikt kamera er derimot mer kostbart dersom det skal tåle like dype dykk som de gjort for denne oppgaven, og er heller ikke like tilgjengelig som GoPro Hero kameraene.

4.2 Resultater

Felles for de tre merdene er at det hovedsakelig ble observert mest fisk ved 20 meter og nedover i vannsøylen, og at den dominerende arten var sei. Det kjennes til at eldre sei oppholder seg dypere i vannsøylen enn ung sei. Da gjennomsnittslengden funnet ved observasjoner av villfisken rundt anlegget på Seterneset dagen for forsøket (64,4 cm) antyder at mye av fisken rundt anlegget var relativt voksen, kan dette være en av årsakene til flere observasjoner av sei på dypere vann. (18)

Siden merdene var sylindriske ned til 17 meter, og koniske videre nedover kan det antas at tilgangen til fôr var mer rikelig fra 17 meter og dypere. Fôrautomatene ved denne lokaliteten var ikke vanlige midtmonterte fôrsspredere, men av en sidemontert type (se **Figur 3**). Disse hadde en kort rekkevidde på sprederen, noe som gjorde at fôret havnet ca. 3 m inn i merden fra

fôrautomatene, som var plassert ved 190°-200° (se **Figur 7**). De største fiskeforekomstene ble observert ved 180° og 120°. Grunnen for dette kan altså være at fôret fra fôrautomatene ble spredt noen meter ut i merden, og har deretter drevet med havstrømmen litt mot vest. Det var lite strøm denne dagen, men det ble altså observert en svak men stabil strømretning mot vest. Dette kan tilsi at spillfôret havnet rundt 180° og 120° som var det de største fiskeforekomstene var. Dette i kombinasjon med få observasjoner av pelagisk villfisk rundt merd 1, hvor det altså ikke var fôring dagen før prøvetaking, kan gi grunnlag for en antakelse om at tilgangen til spillfôr fra oppdrettsmerdene kan være en viktig faktor i den pelagiske villfiskens posisjonering rundt merdene.

Basert på tidligere litteratur(7, 11, 13, 17) var ikke hverken mengden med fisk, eller det at fôringen tydet til å prege atferdsmønstret til fisken særlig overraskende. At det ble observert mest sei var også som forventet.

Utstyrsproblemer ga tap av noen opptak, og dermed lavere antall fisk enn reelt på noen posisjoner. I denne oppgaven har det ikke blitt forsøkt å korrigere for disse avvikene. Ved lignende forsøk senere ville kanskje bruk av gjennomsnittsverdier fra resterende kameraer i samme posisjon være en passende korreksjon.

Resultatene fra den artsspesifikke tellingen viser antydninger til at det kan være en sammenheng mellom antall fisk telt og tid brukt. Men det samme forholdet kan ikke ses i tellingen for total fisk.

Flere forsøk ville vært nødvendig for å undersøke dette forholdet videre.

Den manuelle tellingen av sei hadde en del spredning tellerne imellom. Dette tyder på at subjektivitet preger et slikt forsøk. Identifiseringen av fisk og sei ble i stor grad gjort ut ifra skjønn. Retningslinjene som ble etablert før tellingen var at tellerne selv måtte identifisere hva som var sei, etter egen sikkerhet. Resultatene fra den artsspesifikke tellingen viser en større differanse mellom de individuelle manuelle tellerne enn ved tellingen av total fisk. Dette kan preges av en større grad av individuell skjevhet når det kommer til kunnskap om kjennetegn ved sei, eller hva som antas som «høy sikkerhet», enn ved når det kun skal identifiseres fisk.

Det ble ikke mulighet for tellerne å ha et møte for å avklare og sammenligne hva de ville definert

som skulle identifiseres som fisk og sei. Det er mulig at en preliminær telling, ikke ulik øvingsprosessen til AI, kunne redusert skjevheten i disse tellingene. Et visst antall med bilder med mye og lite fisk kunne blitt telt i fellesskap, med diskusjon om kjennetegn og grad av sikkerhet.

Den største forskjellen ved enkeltbilder ved sammenligningen av AI og manuell telling er at AI har identifisert sei i bilder hvor manuelle tellere ikke har sett sei ved flere anledninger enn omvendt. Ved undersøkelse av disse bildene ble flere av resultatene observert som falske positive. Majoriteten av bildene var fra vertikale kamera, og AI hadde blant annet identifisert flere objekter som manuelle tellere unisont kunne identifisere som taulengder, fortøyning, bunnring, frittflytende avfall og not som sei.

Som nevnt tidligere vil prosentandelen valgt for hvilke avgrensingsbokser som slås sammen være essensiell for å unngå ubalanse mellom potensielle falske positive og negative resultater. Likheten mellom de manuelle og digitale tellingene i dette forsøket kan ha vært påvirket av denne balansen. Gjennomgangen av de digitale resultatene med manuelle tellere tydet riktignok ikke på at det var en betydelig forskjell mellom falske negative og positive. Dette kan tilsa at bufferen var passelig balansert til å gi et tilfredsstillende resultat på det totale antall sei fordelt over alle bildene, på tross av feilkilder ved visse enkeltbilder.

At AI lå innenfor differansen mellom høyeste og laveste manuelle telling ved hvert bilde i 92,1% av bildene tyder på at bruk av AI til denne typen forsøk kan gi svært like resultater som ved en manuell telling. Den høye differansen mellom de manuelle tellernes resultater for artsspesifikk telling antyder riktignok at gjennomsnittsverdien foreløpig er lite objektiv. Det ville derfor vært ideelt å samle resultater fra flere manuelle tellere for å øke nøyaktigheten til gjennomsnittsverdiene.

Sammenligningen viste at det var større variasjon mellom de manuelle tellernes resultater enn mellom AI og gjennomsnittet for manuell telling. Resultatene tyder på at AI vil kunne være et effektivt verktøy ved videre analyser.

4.3 Implikasjoner til videre arbeid

Oppgaven har hatt blitt noe begrenset av virusutbrudd, med medførende mangel av feltarbeid. Det var ønsket flere prøvetakninger utover det som ble gjennomført, både på Seterneset og andre anlegg. Ved videre undersøkelser ville vi benyttet oss av samme metode, men også undersøkt dypere enn 30 m. Slik ville fått en indikasjon av hvor representative våre undersøkelser var. Til videre studier kunne også det vært interessant med en trendovervåkning over en lengre periode med et stasjonært kamera til å kartlegge villfisker rundt et anlegg, for å så benytte AI til analyse av samlet data, ville gitt en indikasjon på variasjonene av villfisk bestander ved oppdrettsanlegg.

5 Litteraturliste

1. SSB. Akvakultur [Internett] 2019 [Sist oppdatert 24.10.2019; Sitert: 26.02.2020]. Available from: <https://www.ssb.no/fiskeoppdrett>.
2. Fiskeridirektoratet. Overvåker miljøpåvirkningen [Internett] 2018 [Sist oppdatert: 16.10.2018; Sitert: 26.02.2020]. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Overvaaker-miljoepaavirkningen>.
3. Fiskeridirektoratet. Statistikk for akvakultur 2018. 2019.
4. Anon. Status for norske laksebestander i 2018 Vitenskapelig råd for lakseforvaltning. 2018.
5. Fiskeridirektoratet. B-Undersøkelser [Internett] 2019 [Sist oppdatert: 02.04.2019; Sitert: 25.03.2020]. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Overvaaker-miljoepaavirkningen/B-undersokelser>.
6. Fiskeridirektoratet. C-Undersøkelser [Internett] 2017 [Sist oppdatert: 03.05.2017; Sitert: 25.03.2020]. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Overvaaker-miljoepaavirkningen/C-undersokelser>.
7. Kutti T, Hansen PK, Ervik A, Høisæter T, Johannessen P. Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. II. Temporal and spatial patterns in infauna community composition. *Aquaculture*. 2007;262(2-4):355-66.
8. Bergheim A, Braaten B. Modell for utslipp fra norske matfiskanlegg til sjø. Rapport fra IRIS. 2007;180:35.

9. Bjørsvik TL. Fikk sei full av oppdrettsfôr [Internett] Naturpress2018 [Sist oppdatert: 16.08.2018; Sitert: 18.03.2020]. <https://www.naturpress.no/2018/08/16/fikk-sei-full-av-oppdrettsfor/>.
10. Berg A. Lusemidler i pelletsei bekymrer [Internett] Fiskeribladet2016 [Sist oppdatert: 27.08.2016; Sitert: 2020 18.03]. <https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=48623>.
11. Uglem I, Ulvan EM, Toledo-Guedes K, Hegstad E, Blakstad S, Buserud B, et al. Does a diet including pellets from salmon cage farms affect the taste of wild saithe (*Pollachius virens* Linnaeus, 1758)? *Journal of Applied Ichthyology* 2017. 2017;33(3):374-6.
12. Skjæraasen JE, Devine JA, Godiksen JA, Fonn M, OtterÅ H, Kjesbu OS, et al. Timecourse of oocyte development in saithe *Pollachius virens*. *Journal of fish biology*. 2017;90(1):109-28.
13. Sæther B-S, Uglem I, Karlsen Ø, Gjelland KØ, Meier S, Midling KØ, et al. Evaluering av tiltak for å fremme bærekraftig sameksistens mellom fiskeri og havbruksnæring (ProCoEx). Nofima rapportserie. 2016.
14. Dempster T, Uglem I, Sanchez-Jerez P, Fernandez-Jover D, Bayle-Sempere J, Nilsen R, et al. Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect. *Marine Ecology Progress Series*. 2009;385:1-14.
15. Maruhenda Egea FC, Toledo-Guedes K, Sanchez-Jerez P, Ibanco-Cañete R, Uglem I, Sæther B-S. A metabolomic approach to detect effects of salmon farming on wild Saithe (*Pollachius virens*) populations. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2015;63(49):10717-26.
16. Bjordal Å, Skar AB. Tagging of saithe (*Pollachius virens* L.) at a Norwegian fish farm : preliminary results on migration. *ICES 1992/G:35*; 1992.
17. Uglem I, Karlsen Ø, Sanchez-Jerez P, Sæther B-S. Impacts of wild fishes attracted to open-cage salmonid farms in Norway. *Aquaculture Environment Interactions*. 2014;6(1):91-103.
18. Vøllestad A. Sei [Internett] Store Norske Leksikon2019 [Sist oppdatert: 15.10.2019; sitert: 20.03.2020]. <https://snl.no/sei>.
19. Tuya F, Sanchez- Jerez P, Dempster T, Boyra A, Haroun R. Changes in demersal wild fish aggregations beneath a sea- cage fish farm after the cessation of farming. *Journal of Fish Biology*. 2006;69(3):682-97.

20. Arechavala- Lopez P, Sanchez- Jerez P, Bayle- Sempere J, Fernandez- Jover D, Martinez- Rubio L, Lopez- Jimenez JA, et al. Direct interaction between wild fish aggregations at fish farms and fisheries activity at fishing grounds: a case study with Boops boops. *Aquaculture Research*. 2011;42(7):996-1010.
21. Dempster T, Sanchez-Jerez P, Sempere J, Kingsford M. Extensive Aggregations of Wild Fish at Coastal Sea-Cage Fish Farms. *The International Journal of Aquatic Sciences*. 2004;525(1-3):245-8.
22. Goodbrand L, Abrahams M, Rose G. Sea cage aquaculture affects distribution of wild fish at large spatial scales. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2013;70(9):1289-95.
23. Uglem I, Dempster T, Bjørn P-A, Sanchez-Jerez P, Økland F. High connectivity of salmon farms revealed by aggregation, residence and repeated movements of wild fish among farms. *Marine Ecology Progress Series*. 2009;384:251-60.
24. Heagney EC, Lynch TP, Babcock RC, Suthers I. Pelagic fish assemblages assessed using mid-water baited video: standardising fish counts using bait plume size. *Marine Ecology Progress Series*. 2007;350:255-66.
25. Utne I, Schjølberg I, Holmen I, editors. Reducing risk in aquaculture by implementing autonomous systems and integrated operations. *European Safety and Reliability Conference (ESREL)*; 2015.
26. Solem AJL. Analysis of current ROV Operations in the Norwegian Aquaculture- Reducing Risk in exposed Aquaculture Operations: NTNU; 2017.
27. Moderniseringsdepartementet K-o. Nasjonal strategi for kunstig intelligens. *Regjeringen.no*; 2020.
28. Redmon J, Farhadi A. Yolov3: An incremental improvement. *arXiv preprint arXiv:180402767*. 2018.
29. Tidemann A. Kunstig intelligens [Internett] 2020 [Sist oppdatert: 08.01.2020; Sitert: 10.04.2020]. https://snl.no/kunstig_intelligens.
30. NTNU. The Applied Underwater Robotics Lab [Internett] u.å. [Sitert: 05.04.2020]. <https://www.ntnu.no/aur-lab>.
31. Project: INTENDU [press release]. 08/09/2017 2017.

32. Åkerblå AS. C-undersøkelse NS9410:2016 for Seterneset. Prophylaxia AS; 2018 22.10.2018. Rapport No.: MCR-M-18114.
33. Åkerblå AS. B-undersøkelse for lokalitet Seterneset. Prophylaxia AS; 2019 16.05.2019. Rapport No.: B-M-19091.
34. GoPro. HERO5 Black Field of View (FOV) Information [Internett] 2019 [Sist oppdatert 08.10.2019; Sitert: 08.04.2020]. <https://community.gopro.com/t5/en/HERO5-Black-Field-of-View-FOV-Information/ta-p/390131>.
35. GoPro. HERO4 Field of View (FOV) Information [Internett] 2019 [Sist oppdatert: 08.10.2019; Sitert: 08.04.2020]. <https://community.gopro.com/t5/en/HERO4-Field-of-View-FOV-Information/ta-p/390285>.
36. Kartverket. Se hvanivå (Reitabukta (Møre og Romsdal)) [Internett] u.å. [Sitert: 2020 06.03.]. <https://www.kartverket.no/sehavniva/sehavniva-lokasjonside/?cityid=886208&city=Reitabukta>
37. GoPro. How Deep Can You Dive With GoPro Cameras? [Internett] 2019 [Sist oppdatert: 09.04.2020; Sitert: 15.04.2020]. <https://community.gopro.com/t5/en/How-Deep-Can-You-Dive-With-GoPro-Cameras/ta-p/390206>.

