

Gitte Krohn-Pettersen  
Stian Pallin  
Thea Svendsen

# Metode for lengdeestimering av fisk under vann ved bruk av kamera og parallele lasere

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Grete Hansen Aas og Stig Atle Tuene  
Mai 2021



Gitte Krohn-Pettersen  
Stian Pallin  
Thea Svendsen

# **Metode for lengdeestimering av fisk under vann ved bruk av kamera og parallele lasere**

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Grete Hansen Aas og Stig Atle Tuene  
Mai 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for naturvitenskap  
Institutt for biologiske fag Ålesund



Kunnskap for en bedre verden



## Forord

Ved valg av bacheloroppgave vårsemester 2021 ble vi introdusert for et forskningsprosjekt ved NTNU Ålesund, gjennomført av PhD stipendiater. Prosjektet omhandler forekomsten av villfisk rundt merdene, hvor det registreres antall og arter. Vår bacheloroppgave er tilknyttet prosjektet ved å teste en måte for lengdeestimering av fisk. Gruppen fikk redusert mengde av data på grunn av forskjellige hendelser. Inkludert blant annet dårlig vær i en periode, med mye vind og lave temperaturer. Båten var i ustand på grunn av kaldt vær og etter en hendelse på en av merdene ble ROV-en utilgjengelig en ukes tid.

Pandemien satte begrensninger på hvilke anlegg vi hadde mulighet til å benytte, og reduserte mulighetene til å kunne møtes fysisk. Usikkerheten rundt spredningen og dermed tiltak gjorde det også vanskeligere å planlegge. Oppgaven er i stor grad metodefokusert.

Vi vil rette stor takk til Håvard Kaland for tilgang til video når det ble mindre dager ute på merdkanten enn først antatt. I tillegg til Kana Banno for hjelp med metode for analyse av video. Til slutt vil vi takke Grete Hansen Aas og Stig Atle Tuene, for god veiledning og konstruktive tilbakemeldinger gjennom hele oppgaveskrivingen.

## Sammendrag

Man har lite kunnskap om hvordan oppdrett påvirker andre arter i havet som tiltrekkes merdene på grunn av tilgangen på mat. Det samler seg villfisk rundt merdene og for å overvåke dette, er det behov for å kunne lengdeestimere denne fisken. På bakgrunn av dette ville vi utarbeide en metode for lengdeestimering av villfisk med bruk av en Remotely Operated Vehicle (ROV). Det er et stort potensial for nøyaktig kartlegging av villfisk. Ved bruk av parallelle lasere på ROV kan man lengdeestimere fisk ved hjelp av data fra videoopptak. Innhenting av materiale og filming er gjennomført på sei rundt NTNUs forskningskonsesjon lokalisert ved Gjermundnes. Det var to feltdager med datainnsamling, som sammen med tilgjengelig videomateriale fra høsten 2020, ble analysert. Registreringer av fisket sei rundt oppdrettsanlegget ble brukt som grunnlag til vektestimering. Hovedfokuset i denne oppgaven er å se om det er forskjell mellom ulike operatører ved lengdeestimering av bilder av sei fra video. Resultatene indikerer at bruk av ROV med parallelle lasere er en robust metode som ikke påvirkes i stor grad av hvem som tolker bildene. Ved måling av 157 fisker ble det funnet liten forskjell i målt lengde mellom forskjellige studenter. De manuelle analysene var arbeidskrevende, med en gjennomsnittstid på 1,6 minutter per fisk. For å effektivisere analysene vil det være fordelaktig med automatisering. Vinklingen mellom ROV og fisken var avgjørende for estimeringen av størrelsen, og viste seg som den største metodiske svakheten, men hvis vinkelen er under  $20^\circ$  er feilen liten. Denne metoden vil føre til bedre kunnskap og forståelse av villfisk rundt oppdrettsmerd, som også kan adapteres og brukes på oppdrettsfisk eller på andre områder hvor man skal estimere lengden av fisk.

## Abstract

There is little knowledge about how aquaculture affects other marine species attracted by the abundance of food. To survey the wild fish that gather close to the fish farms there is a need to be able to estimate the length of the fish. Based on this we will explore a method for length estimation of fish using a Remotely Operated Vehicle (ROV). There is a big potential for precise mapping of wild fish. Using a parallel laser on the ROV it is possible to estimate the length of fish from video recordings. Data collection was done on saithe at NTNU's research grant at Gjermundnes. It was two days of data collection, that together with video from the fall of 2020, was analyzed. Measurements of fished saithe close to the fish farms were used to estimate weight. The main focus of this thesis is to see if there are differences between different operators when estimating the length of images of saithe from video. The results indicate that the use of ROV with parallel laser is a reliable method that is not significantly affected by who analyzes the pictures. With the estimation of 157 fishes, it was minimal differences of estimated length between different students. The manual analysis method was time-consuming with an average of 1,6 minutes per fish. To make this more efficient there will be advantages with automatization. The angle between the ROV and fish was detrimental for the length estimation and show as the most serious methodological weakness, but if the angle is less than  $20^\circ$  the error is small. This method will give more knowledge and understanding of wild fish close to fish farms, in addition to adapting the method for use for the farmed fish or other areas where you want to estimate fish length.

# Innholdsfortegnelse

<b>1. INNLEDNING.....</b>	<b>6</b>
1.1 FISKERI .....	9
1.2 OPPDRETT .....	9
1.3 SEL.....	10
1.4 METODER FOR LENGDEESTIMERING .....	11
1.4.1 Stereoskopisk kamera.....	11
1.4.2 Ekkolodd .....	12
1.4.3 Dykkere .....	12
1.4.4 UUV.....	12
1.5 LENGDEMÅL FOR FISK.....	13
1.6 FORSKNINGSKONSESJON NTNU .....	14
1.7 PROBLEMSTILLING .....	14
<b>2. MATERIAL OG METODE.....</b>	<b>14</b>
2.1 BAKGRUNN FOR VALG AV METODE. ....	14
2.2 MATERIALE.....	16
2.3 METODER.....	17
2.3.1 Feltarbeid.....	17
2.3.2 Praktisk bruk av ROV .....	17
2.3.3 Lokalitet .....	17
2.3.4 Kontrolltest .....	18
2.3.5 Estimering av lengde fra film.....	19
2.3.6 Tidsbruk på metode.....	20
2.3.7 Innsamling av vannkvalitetsparameter .....	20
2.3.8 Vekt og lengde.....	21
2.3.9 Kalibrering av temperaturmåler i ROV.....	21
2.3.10 Vinkling.....	22
2.3.11 Test i Towing Tank Lab.....	22
2.3.12 Statistiske analyser.....	23
2.3.13 Uforutsette utfordringer ved datainnsamlingen.....	23
<b>3. RESULTATER .....</b>	<b>24</b>
3.1 VURDERING AV ULIKE METODER.....	24
3.2 EVALUERING AV METODE VED SAMMENLIGNING AV MÅLING MELLOM STUDENTER.....	25



3.2.1 Kovarians og korrelasjon .....	27
3.2.2 Variansanalyse.....	28
3.2.3 Tidsforbruk av metode .....	28
3.2.4 Kontrolltest .....	28
3.3 OPPLØSNING .....	29
3.4 LASERPRIKKSPREDNING .....	29
3.5 VINKEL PÅ FISK .....	31
3.6 LENGDE I FORHOLD TIL DYBDE.....	32
3.7 VEKT OG LENGDE .....	33
3.8 TEMPERATURKALIBRERING.....	35
3.9 VANNKVALITETSPARAMETERE .....	36
<b>4. DISKUSJON.....</b>	<b>36</b>
4.1 VURDERING AV METODER .....	36
4.2 UNDERSØKE OM DET ER FORSKJELLER MELLOM ULIKE STUDENTER .....	38
4.3 MULIGE FEILKILDER.....	39
4.3.1 Vinkel på fisk.....	41
4.3.2 Temperaturkalibrering.....	42
4.4 BRUK AV LENGDEESTIMERING .....	42
4.5 ANVENDELSE AV DENNE METODEN .....	43
<b>5. KONKLUSJON.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERANSER .....</b>	<b>45</b>
<b>7. VEDLEGG.....</b>	<b>51</b>
VEDLEGG 1 – STEREOSKOPISK ESTIMERING AV LENGDE .....	51
VEDLEGG 2 – TEST AV VINKLER I EXCEL .....	53
VEDLEGG 3 – ULIKE STØRRELSER PÅ LASERPRIKKER.....	57
VEDLEGG 4 – FISKERIGG.....	58
VEDLEGG 5 – REGISTRERINGER OG ESTIMERING .....	59
VEDLEGG 6 – TREPLATE BRUKT I TANK .....	66
VEDLEGG 7 – OPPSETT AV TEMPERATURKALIBRERING .....	67
VEDLEGG 8 – TESTING I TOWING TANK LAB .....	68

## 1. Innledning

Havbruk er en av de aller viktigste næringene i Norge, og resten av verden (Sæther, et al., 2013). Ifølge FN må matproduksjonen dobles innen 2050 for å ha nok mat til hele verdens befolkning. Innen 2050 vil verdensbefolkningen være på 9,7 milliarder (FN, 2019), og målet er da at Norge produserer 5 millioner tonn fisk (Tveterås, et al., 2019). Når produksjonen øker, er det viktig at dette skjer på en bærekraftig måte, og man er avhengig av mer kunnskap om hvordan produksjonen påvirker andre arter (Sæther, et al., 2013).

Oppdrettsnæringen er en teknologisk og eksportbasert næring, som baserer seg på biologisk produksjon. I Norge har vi lang kystlinje og gode forhold for å drive oppdrett. Sjøbasert oppdrett er fra smolt settes ut i havet og fram til fisken skal slaktes. Man har en rekke forskjellige typer merder, men fellesbetegnelsen er at de aller fleste er åpne. Det eneste som skiller oppdrettsfisken fra villfisk er noten. Da man startet med oppdrett lå anleggene godt beskyttet fra vær, vind og strøm. Dette førte til mye forurensning i områdene rundt merdene, på grunn av fôrspill og andre utslipp. Man har nå fått bedre teknologi og merdene kan derfor ligge på mer eksponerte lokaliteter som er dypere med mer strøm. Det er fortsatt problemer med miljøpåvirkninger fra oppdrettsanlegg, noe man ikke kan unngå med åpne merdsystemer. Et av de store problemene med oppdrett er påvirkningen dette har på andre arter, slik som for eksempel sykdomssmitte, rømming og utslipp av organisk materiale (Bjerkestrand, et al., 2013).

På det globale markedet står Norge for 2% av produksjonen innenfor fiskeoppdrett. Man har en politisk enighet om at akvakultur skal kunne føre til flere arbeidsplasser, verdiskaping og skatteinntekter, og et mål om en bærekraftig produksjon (Tveterås, et al., 2019). På grunn av omfattende vekst og utvikling i næringen mellom 1985 til 2004 gikk man fra oppdrettsloven til å forme en ny lov (Det kongelige fiskeri- og kystdepartement, 2004-2005).

Akvakulturloven ble vedtatt 01.01.2006, og stiller krav til miljømessig, sosial og økonomisk bærekraft. Akvakulturlovens formålsparagraf (§1) sier: «*Loven skal fremme akvakulturnæringens lønnsomhet og konkurransekraft innenfor rammene av en bærekraftig utvikling, og bidra til verdiskaping på kysten*» (Lovdata, 2020). Akvakultur i Norge har en visjon som skal være forankret i FNs bærekraftsmål. Bærekraftsmålene er en felles arbeidsplan for hele verden. Et av målene omhandler bevaring av havet og marine ressurser på en bærekraftig måte (FN, 2021).

Det er omtrent 1360 tillatelser i drift for oppdrett av laks og regnbueørret i Norge (SSB, 2020). I 2019 hadde man en førstehåndsverdi på 68 milliarder kroner på laks, som tilsvarer en produksjon på over 1,3 millioner tonn laks. I alt ble det produsert over 1,4 millioner tonn fisk i 2019 (SSB, 2020). Ved produksjon av 1,3 millioner tonn av laks ble det beregnet utslipp av 227 064 tonn karbon, 67 388 tonn nitrogen og 14 121 tonn fosfor (Broch & Ellingsen, 2020). På grunn av de oppløste næringsstoffene, kan dette ha en rekke økologiske effekter som lokal eutrofiering, som har innvirkning på bunndyr gjennom sedimentering (Holmer, 2010), samt effekter på villfiskpopulasjonen.

Selv om det er mange bedrifter som jobber med oppdrett vet man lite om hvordan dette er med på å påvirke andre arter i havet, som blir tiltrukket av merdene på grunn av tilgangen på mat gjennom laksefôr. Den generelle effekten rundt oppdrettsmerdene er lite undersøkt, dette bortsett fra utslipp av næring generelt og bunnprøver (Dempster, et al., 2009). Ved merking av sei (*Pollachius virens*), ble hele 63% funnet daglig rundt merder, hos ulike oppdrettere. Seien forflytter seg mellom anlegg som er tilknyttet hverandre, gjennom blant annet havstrømmer (Uglem, et al., 2019).

Det er flere faktorer som avgjør om fisken tiltrekkes oppdrettsanleggene. Det inkluderer avstand fra det åpne havet inn til anleggene, som ofte ligger inne i fjorder, strømmer og mengden av fôrspill som lekker ut av anlegget (Fernandez-Jover, et al., 2008), i tillegg til signifikante sesongavhengige variasjoner mellom forskjellige arter (Valle, et al., 2007). Merdene kan også brukes som kunstige rev for fisken. Når tilgangen på mat blir høyere enn den vanligvis bruker å være i et bestemt område vil det føre til bedre vekstvilkår for de individene som er der. En opphoping av villfisk som spiser fiskefôr kan være skadelig for oppdrettsmerdene, fordi det oppstår større predasjon fra stor villfisk som kan gjøre skade på nota til merdene som vil føre til mulig rømning (Sanchez-Jerez, et al., 2008; Arechavala-Lopez, et al., 2011). Oppdrettsanlegg rundt Middelhavet opplever Blåfisk (*Pomatomus saltatrix*) som svært aggressiv og biter seg inn i nota. Etter funn av Blåfisk inne i merdene, finner en hull på 15-22 cm diameter i nota samt skade på oppdrettsfisken (Sanchez-Jerez, et al., 2008). I Norge har det blitt rapportert fra oppdrettsanlegg pigghå (*Squalus acanthias*) som biter hull i nøtene, hvor pigghåen kommer seg inn samt skaper rømningsmuligheter for laksen eller ørreten (Redaksjon, 2021).

Undersøkelser utført av Dempster et al. (Dempster, et al., 2009), har estimert at det oppholder seg i gjennomsnitt 10 tonn villfisk rundt oppdrettsanleggene, med alt i fra 600kg til 41,6 tonn.

Villfisken som oppholder seg mest rundt anleggene er torskefisk, som sei, torsk (*Gadus morhua*) og hyse (*Melanogrammus aeglefinus*). Av disse artene er det torsk og sei som aggregeres tettest opp mot anleggene (Bjordal & Skar, 1992; Dempster, et al., 2010; Sæther, et al., 2012).

Villfisken som oppholder seg rundt oppdrettsmerdene får en diettendring fra naturlig bytte til fiskefôr. Dette kan ha påvirkning på villfisken. I oppdrett blir fôret tilpasset ulike arters næringsbehov. En feit fisk vil deponere overskudd av fett i muskulaturen, mens en mager fisk ikke har denne evnen. Den må deponere overskudd av fett i lever og kan få forstørret lever. Dette er observert tidligere for sei som spiser laksefôr. Laksefôr inneholder en betydelig større mengde fett enn blant annet torskefôr. Villfisk som er oppfôret med laksefôr kan karakteriseres som unaturlig feit (Otterå, et al., 2008).

Mengden lakseoppdrett i Norge, som igjen tiltrekker seg villfisk, kan ha en negativ virkning for kommersielt fiskeri og hobbyfiske, da fisken blir utilgjengelig på grunn av plasseringen av villfisk. Imidlertid er forholdet mellom havbasert fiskeri brukt til turisme og lakseoppdrett ikke blitt undersøkt spesifikt. Det er likevel sannsynlig at tiltrekningen av villfisk til oppdrettsanlegg kan påvirke fritidsfisket siden den tiltrukket fisken kan stamme fra nærliggende fiskeområder som brukes av fritidsfiskere (Uglem, et al., 2014).

Det har blitt rapportert om fangst av villfisk, sei og torsk, med redusert kvalitet de siste tiårene. Disse har vært knyttet opp mot effekt av villfisk som oppholder seg i nærhet av oppdrettsmerder over tid (Dempster, et al., 2011). Seien og torsken er langt fetere enn annen fisk, har større lever og lukter fôr når den blir sløyd. Samtidig er det økte glykogenlager i muskulaturen, dette gjør at kjøttet kan få en bløtere tekstur på grunn av melkesyre som omsettes ved død (Otterå, et al., 2008). Ved en gjennomgang av tiltak for å fremme bærekraftig sameksistens mellom fiskeri og havbruksnæringen kom det frem at oppdrettspåvirket fisk kan være av dårligere kvalitet enn upåvirket fisk (Sæther, et al., 2016). Mange faktorer spiller inn her. Studiet viste at det er relativt små forskjeller i kvalitet og viste til et behov for en mer detaljert studie over en lengre periode for å få mer spesifikke resultater. Dersom det skulle vært vesentlige kvalitetsforskjeller, burde studiet fanget opp disse i det undersøkte materialet. Rapportene om dårlig kvalitet på fanget villfisk kommer fra fiskere, hvor fisken kan ha blitt annerledes behandlet enn hvordan det var under studiet. Sæther et.al (2016) gjennomførte metoden ved å behandle fisken etter «*Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer*» (Lovdata, 2020).

En konsekvens av økt tilgang til fôrspill fra oppdrettsanlegg, er at villfisk potensielt kan få bedre vekst og kondisjon. Ettersom fekunditet er blant annet styrt av fiskens størrelse (Woodhead, 1960), vil dette si at fisken vil oppnå en tidligere kjønnsmodning. Fisk med høy kondisjon har færre egg som dør før gyting og gyter derfor flere egg (Hodder, 1963). Foreløpig finnes det ikke god nok dokumentert kunnskap på om oppdrett endrer reproduksjonen hos villfisk (Karlsen, et al., 2015).

Det har også blitt målt forskjeller i fettsyresammensetningen til sei som har oppholdt seg ved oppdrettsanlegg sammenlignet med sei fra kontrollområder (Skog, et al., 2003; Fernandez-Jover, et al., 2011). Dette har vist seg å ha påvirkning på kvaliteten til avkommet, når en ser på det totale innholdet og sammensetningen av fettsyrer (Watanabe, et al., 1984; Izquierdo, et al., 2001). Egg med larver som blir produsert av villfisk med pellets i seg kan ha et ubalansert innhold av spesifikke næringsstoffer, som igjen kan ha betydning for avkommets kvalitet og overlevelse (Karlsen, et al., 2015).

## 1.1 Fiskeri

For å kunne bestemme reproduksjon av fiskepopulasjoner, har fiskens lengde vist seg å ha større verdi enn alderen. Det er ganske åpenbart at fiskens størrelse har mye å si for reproduksjonsevnen og ikke minst hvor mye biomasse som kan bli fisket ut uten at det går på bekostning av bærekraftig fiskeri. En måte å få tak i disse dataene på er å få fiskeriene til å måle all fisken som blir fisket. Dette vil være både dyrt og tidskrevende (Vivekanandan, 2017; Kuriakose, et al., 2017). I dag estimeres gjennomsnittstørrelsen på fisken ut ifra skjønn og fisken veies når den bløgges (Jakobsen, et al., 2012).

## 1.2 Oppdrett

I oppdrettsnæringen er det viktig å ha kontroll på biomassen for å sikre effektiv drift. Maksimalt tillatt biomasse (MTB) avgjør hvor mye fisk det kan være i sjøen på en gitt tid. Det å få utnyttet dette potensiale er viktig for oppdretterne og kan føre til betydelige merinntekter om de kan ha mer fisk i havet som en konsekvens av bedre kontroll på MTB. Biomassen er også viktig når fisken skal slaktes. Et godt estimat på biomassen vil gi bedre forutsigbarhet for brønnbåt, slakteri og kunde (Høy, et al., 2013).

Vektestimering skjer i form av vekstmodeller, snittprøver og biomassemålerammer ute i merdene. Sintef (Høy, et al., 2013) sier at det ikke finnes tilgjengelig teknologi som kan måle antall fisk på en tilfredsstillende måte i merdene. Derfor er tellingene gjort før utsett veldig viktige, dette kan gjøres med rørtellere. Inne i merden kan det være opp mot 200 000 laks og

det er alltid forskjeller i denne populasjonen, noen vokser raskere enn andre. Det å få et øyeblikksbilde er derfor vanskelig å gjennomføre når fisken er i merdene.

Snittprøver hvor det håves opp fisk fra merden over i kar med bedøvelse for så å bli veid og målt er tids- og arbeidskrevende for røkterne. Det er tungt arbeid som kan ha potensiale til å skade de ansatte. Men ikke minst krever det håndtering av fisken som naturlig forstyrrer den og i verste fall kan skade den. Under lusetellingen, tas fisken opp av merden, ved dette måles fisken med målebånd og veies. Problemet med denne metoden er at det er usikkert hvor representative disse individene er for de andre fiskene i merden.

Det er vanskelig å gjennomføre overvåkning av villfisk rundt oppdrettsanleggene på en trygg og effektiv måte. Som nevnt tidligere er en av metodene å bruke videopptak og observasjoner fra dykkere (Tuya, et al., 2006; Arechavala-Lopez, et al., 2011; Dempster T, 2004). En av de vanligste artene man finner rundt oppdrettsanleggene er sei (Dempster, et al., 2009).

### 1.3 Sei

Sei er en stimfisk i torskefamilien, som lever både pelagisk og som bunnfisk. Man kan finne den i vannsøylen fra havoverflaten og helt ned til 300 meters dyp. I starten av livet spiser sei plankton, og går over til å spise andre fiskearter etter hvert som den vokser. Når fisken vokser, vil den også oppholde seg dypere. Seien er oftest kjønnsmoden etter fire år, hvor den er om lag 50 cm. Den gyter de første månedene av året, i atlantisk vann på 100-200 meters dyp. Egg og yngel er pelagiske, og driver med havstrømmene (Vøllestad, 2021).

Sammenlignet med andre gadoide arter, bruker sei mer tid i de pelagiske områder og mindre tid på havbunnen (Scott & Scott, 1988). Seien har en lukket svømmeblære som er derfor definert som en fysoklist, dette vil si at svømmeblæren er atskilt fra svelget (Aarnes, 2005). For å opprettholde nøytral oppdrift, må seien fylle svømmeblæren ved gasssekresjon i nedadgående migrasjon og fjerne gass ved resorpsjon i oppadgående migrasjon, disse prosessene tar både tid og koster energi (Blaxter & Tytler, 1978; Harden Jones & Choles, 1985).

Seien kan oppholde seg rundt en merd i flere måneder før den migrerer ut i havet (Bjordal & Skar, 1992). Seien som er ved merdene kan klassifiseres inn i to grupper, den ene gruppen er sei som lever rundt merden mesteparten av tiden, den andre gruppen har sitt "hovedområde" andre steder, men er innom merden i løpet av dagen. Det ser ikke ut som vandringsmønsteret til seien blir påvirket av at det oppholder seg i lengre perioder rundt merder (Bjordal & Johnstone, 1993). I andre artikler hevdes det derimot at det ikke finnes nok forskning på dette

for å kunne si det for sikkert. Ved merking av sei har man sett at fisken kan oppholde seg rundt merdene i over ett år. Her har fisken oppnådd en alder og størrelse, på omtrent 40 cm, som skal tilsi at den vandrer ut fra kysten. Man ser derfor at de gode forholdene rundt oppdrettsanlegget kan føre til at sei utsetter vandringen (Otterå & Skilbrei, 2012). Det er usikkerhet rundt om det finnes stasjonære seibestander i fjordene, men dette kan være en indikasjon (Karlsen, et al., 2015).

Armannsson og Jonsson (2012) merket til sammen 184 sei langs den islandske kysten for å finne ut hvordan seien oppførte seg i forhold til dybde gjennom to år. De utforsket når på året fisken holdt seg på dypere dybde og på grunnere. Resultatet de kom frem til er at fisken svømmer opp fra dybden til grunnere rundt mai, holder seg her frem til juli. I månedene november til mars svømmer seien nedover. Seien holder seg på det dypeste i månedene mars til april, hvor de ligger på rundt 140 meter, samt på det grunneste rundt sommeren og høst på mindre enn 50 meter. Månedene september og oktober indikerer på at seien svømmer nedover til dypere dybde til forskjellig tid.

Det er på dagtid ved dagslys fisken endrer dybde flest ganger per time. Om natta har den en mer avslappet og mindre direkte «oppførsel», spesielt om vinteren. Dette kan ha noe med at seien er visuelle predatorer som behøver lys for å spise. Seien holdt seg mer aktiv på de første timene av dagslyset enn senere. Juli er måneden hvor fisken har minst aktivitet, dette er også måneden hvor seien oppholder seg på det grunneste median dybden, som kan forklare den lave aktiviteten. Den har en høyere FVR (Free Vertical Range) om vinteren, da den svømmer langt dypere enn om sommeren (Armannsson & Jónsson, 2012).

## 1.4 Metoder for lengdeestimering

### 1.4.1 Stereoskopisk kamera

Et bilde gir kun x og y koordinater med andre ord to dimensjoner. For å estimere lengden eller høyden av noe må man vite x, y og z, altså tre dimensjoner. For å estimere lengden av en fisk fra video eller bilder må man enten vite avstanden til fisken, eller størrelsen på et objekt som er like langt unna som den fisken man ønsker å estimere lengden til.

Det å bruke to kameraer for å gi et tredimensjonalt bilde, er litt på samme måte som vi mennesker får dybdesynet vårt av to øyne som peker framover med delvis overlapping i deler av synet. En forenklet måte å forklare denne metoden på er å bruke trigonometri til å regne ut avstanden til objektet med hjelp av kjent avstand mellom kameraene og kjent vinkel (Zaarane, et al., 2020).

#### 1.4.2 Ekkolodd

Ekkolodd er et elektronisk instrument, det blir brukt for måling av vanddybde samt søk etter fisk under fartøy. Det blir sendt ut korte lydbølger nedover mot sjøbunnen, som vil beregne avstanden til målet ut ifra når lyden reflekteres (Kjerstad, 2020).

Bredbåndsekkolodd skal måle fiskestørrelsen i en stim. Dette gjør det enklere for skipperen å bestemme hvilken fiskestim en skal gå for. Med denne moderne sonaren kan en måle mer nøyaktig mengde fisk i stim, som kan bidra til et mer bærekraftig fiske, slik en unngår mest mulig bifangst. Bredbåndsekkoloddet Simrad EK80 gir en bedre oppløsning enn hva en vanlig splittstråle ekkolodd kan gi deg. Ved riktig montering på fartøyet, så kan ekkoloddet påvise sildestimer på 50 til 100 meter avstand, samt størrelsesmåling med akustisk utstyr av enkeltindivider i stimkanten. Metoden har sine utfordringer, blant annet med å ta imot den store datastrømmen tidsnok til å kaste ut snøret (Ona, 2014). Ekkolodd generelt får rundt 95% av ekkoet fra svømmeblæren. Svømmeblæren er ikke en sikker kilde til å avgjøre størrelsen, noe som gjør denne metoden mindre relevant (Korneliussen, 2006).

#### 1.4.3 Dykkere

Dykker-basert metode er mest anvendt i tropiskfarvann (Sudirman, et al., 2009). Dykkere blir brukt til å finne fisken, for å deretter bruke kamera, slik at man kan estimere lengden (Sudirman, et al., 2009). Man har også prøvd å lære opp dykkere til å gjenkjenne lengde under vann, dette med stor unøyaktighet (Harvey, et al., 2002). I Norge bruker man dykkere til å utføre inspeksjonsjobber (Benjaminsen, 2020). Dykke rundt oppdrettsmerder anses å ha høy risiko, spesielt med tanke på strømningsforhold og vær. Derfor vil man være avhengige av forholdene ved bruk av dykkere (Solem, 2017).

#### 1.4.4 UUV

UUV (Unmanned Underwater Vehicle) er en fellesbetegnelse for undervannsdroner uten mannskap. UUV deles opp i to kategorier, AUV (Autonomous Underwater Vehicle) og ROV (Remotely Operated Vehicle) (Allard Y, 2014). AUV er en undervannsdroner som kan kontrollere seg selv og gjennomføre forhåndsdefinerte oppgaver. Denne typen drone trenger ingen kommunikasjon ved gjennomførelsen av arbeid. ROV er en type undervannsdroner som styres direkte fra en kontroller av en operatør (Blindberg, 2001).

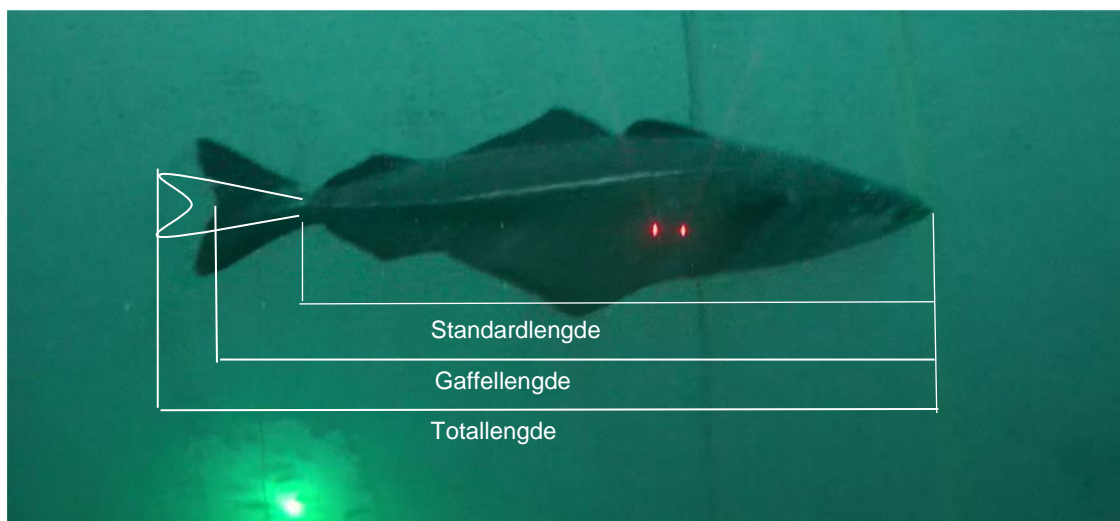
I en studie gjennomført i Mexicogulven ble det brukt ROV for å estimere strukturen på fiskesamfunn i kunstige rev. Studiet så blant annet på muligheten for å bruke ROV med parallelle lasere for å estimere størrelsen på fisk. ROV-en som ble brukt er av typen



VideoRay Pro II. Resultatet av studiet var at man så svært positivt på bruken av ROV til å størrelsesestimere fisk. Estimeringen ble gjennomført ved måling av gaffellengde, som er måling fra tuppen på snuten til midten av halefinnen. Resultatet ga en unøyaktighet på mindre enn 5% på 2,5 meter fra ROV. Det ble også gjennomført undersøkelser på om vinkelen ga utslag for feilberegning, men her så man ingen klare forskjeller med mindre fisken sto i en vinkel på over 20° (Patterson, et al., 2008).

### 1.5 Lengdemål for fisk

Det er hovedsakelig tre metoder for å måle lengde på fisk, standardlengde, totallengde og gaffellengde (Figur 1). Standardlengde er lengden fra den lengste delen av kjeven bak til hypural beinet. Totallengde lengden fra den lengste kjeven til enden av den lengste delen av halefinnen når den klemmes sammen. Gaffellengde måler lengden mellom den lengste delen av kjeven til midt på halefinnen (Miller & Lea, 1997).



Figur 1: Ulike lengdemål for fisk.

Det vanligste er å bruke standardlengde på ungfisk og fiskelarver (Moser, 1996), mens på voksen fisk bruker man vanligvis totallengde eller gaffellengde. De forskjellige metodene å måle lengde på er svært sammenlignbare. Gaffellengde er den mest reproduerbare metoden, men samtidig kan denne metoden føre til flere avvik. Ved standardlengde er det motsatt. De ulike forskjellene mellom metodene er minimale, og det er ingen av de ulike som skiller seg ut hverken positivt eller negativt. Det viktigste når man skal velge riktig metode er at man er konsekvente i alle målingene (Kahn, et al., 2004)

## 1.6 Forskningskonsesjon NTNU

NTNU har en fullskala forskningskonsesjon for laksefisk. Det pågår et forskningsprosjekt som undersøker forekomst av villfisk rundt merdene, der det registreres antall og art. Flere stipendiater jobber med kamera og ROV for å samle inn data fra utsida av merdene. Det kartlegges hvilke arter som finnes, størrelse, hvor dyp de står, om de har en interaksjon med laksen på innsida av merden. Denne bacheloroppgaven er tilknyttet prosjektet og stipendiater ved å teste en måte for lengdeestimering av fisk.

## 1.7 Problemstilling

Oppgaven undersøker en ikke-inngripende metode for lengdeestimering av fisk rundt oppdrettsanlegg med hjelp av parallelle lasere montert sammen med kamera på ROV. Fokuset ligger på lengdeestimering av sei og i hvor stor grad det er avvik mellom ulike personer av videoanalyse, sammen med vurdering av feilkilder.

## 2. Material og metode

Det ble gjennomført både en praktisk del og en teoretisk del i arbeidet med oppgaven. I den praktiske delen er det gjennomført feltarbeid med filming, samt uttesting av metoden under kontrollerte forhold i tank. I den teoretiske delen er det gjennomført analyser av videoene, samt sammenligning med aktuelle metoder for lengdeestimering.

### 2.1 Bakgrunn for valg av metode.

For å undersøke om metoden er praktisk, stilles det kriterier for gjennomførelse slik at ønsket resultat kan bli innfridd. Kriteriene er utarbeidet slik at punktene som det legges mest fokus på blir prioritert (Tabell 1).

Tabell 1: Kriterier for valg av metode ved måling av fisk.

Kriterier	Viktigheten
1. Metoden er ressurseffektiv.	Metoden burde være ressurseffektiv slik at en holder seg innenfor realistisk tidsbruk, bruk av personell og kostnader.
2. Den er gjennomførbar.	Alle trinnene i prosessen skal være gjennomførbare for de fleste, ikke behov for spesial personell. Utvikle enkel prosedyre.
3. Kvalitet.	For å få god nok datainnsamling og analyse.
4. Kvantitet.	For å sikre seg nok datainnsamling og analyse.
5. Gode resultater.	Resultatene skal være gode og realistiske, slik at en har etterprøvbart resultat.

Med disse kriteriene kan det diskuteres om metoden som ble tatt i bruk i denne rapporten er produktiv nok til å bli tatt i bruk av industri. Den skal gi muligheten til gode resultater med å være ressurseffektiv, gjennomførbar for de fleste, kvalitet både før, under og etter og gi nok mengde datainnsamling og analyse. Dermed skal det være mulig å observere fisken i vannmassene, samtidig få tid til å merke de med laser slik at en kan få målet størrelse med bra etterprøvbart resultat.

Med en rekke brukte metoder er det viktig å se på hvilke som gir best resultater. Metoder som ofte blir brukt er stereoskopisk kamera, dykkere, ekkolodd og ROV (Zaarane, et al., 2020; Patterson, et al., 2008; Ona, 2014; Sudirman, et al., 2009).

## 2.2 Materiale



Figur 2: ROV DTG3 (Ocean Innovations, 2021)

Deep Trekker DTG3 er utstyrt med 4K fargekamera, med 270 graders rotasjon. Kontrollen har en rekke funksjoner, slik som lys og laser, som kan brukes for merking av fisk. Denne funksjonen vil bli brukt ved lengdeestimering. ROV-en er utstyrt med to propeller, dette gjør det enkelt for operatøren å bestemme fart og retning. Det er også en klo tilgjengelig for å kunne gripe tak i ulike gjenstander. Kabelen som er koblet sammen med ROV og kontrollen er på 150 meter. Andre funksjoner som er tilgjengelige er en rekke sensorer slik som dybde, temperatur, kameravinkel, batteriprosent, tilt, rotasjon (Ocean Innovations, 2021).

Det ble benyttet en frosset død ørret med kjent størrelse montert på et treskaft i kontrollforsøket. Skaftet ble brukt for å holde fiskemodellen på plass, hvor fiskesnøret var festet i selve fisken samt treskaftet (vedlegg 4). På grunn av at fisken var frossen, måtte fiskesnøret teipes fast med gaffateip for å unngå å miste den under forsøket. Det ble plassert et lodd inni buken på fisken for å få riktig vekt slik at den kunne senkes ned i vannet.

Ved estimering av lengde fra film, fikk gruppen tilgang til ekstra videomateriale fra PhD stipendiatene Håvard Kaland og Kana Banno ved NTNU Ålesund. Dette var videoer som var filmet høsten 2020. Disse er en del av NTNUs forskningsprosjekt på forkningskonsesjonen.

Ved innsamling av vannkvalitet ble det brukt en YSI ProDSS Multiparameter Water Quality. Dette var for å måle forskjellige parametere som for eksempel temperatur, salinitet og løst oksygen i vannet.

For å hente ut materiale fra video, ble det benyttet både QuickTime Player og VLC Media Player (VideoLan Client).

## 2.3 Metoder

I dette kapitlet fremlegges ulike metoder som er brukt til datainnsamling og analyse av dataene.

### 2.3.1 Feltarbeid

I denne oppgaven er det gjennomført 3 feltdager rundt oppdrettsanlegget ved Gjermundnes, hvor en av disse ga data vi kunne bruke videre. Inkludert tilgjengelig materiale fra høsten 2020 utgjorde det til sammen 5,45 timer video til analyse. Det ble tatt ut 157 bilder av forskjellige fisker som alle tre studenter lengdeestimerte.

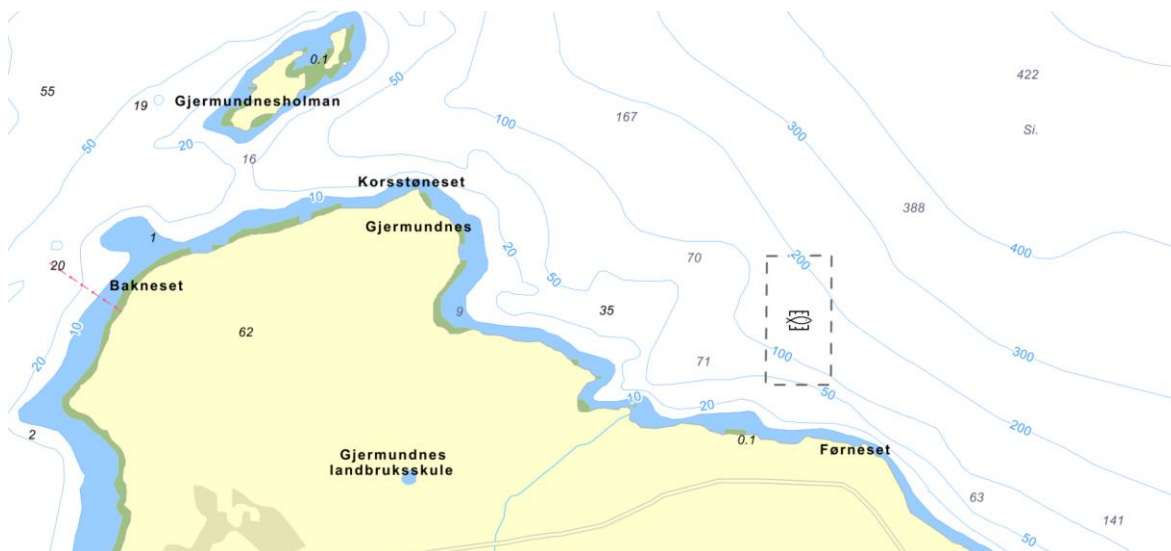
Annet forsøk med ROV-en ble utført ute på marina for å teste måling av fisk med kjent lengde under vann. En annen dag gjennomførte gruppen kalibrering av temperatur inne på lab, og det ble utført tester i en innendørs tank for å gjennomføre datainnsamling av ulike vinkler og effektiv avstand mellom ROV og målet som skal lengdeestimeres.

### 2.3.2 Praktisk bruk av ROV

ROV ble brukt for å lengdeestimere villfisker rundt laksemerden. Dette gjøres ved hjelp av parallelle lasere som sitter på ROV-en. I utgangspunktet var det ønskelig å lasermerke rundt 100 fisk fra hver merd, slik at man får ett bredt utvalg av ulike fisker med forskjellig størrelse. Denne prosessen blir gjennomført utenfor merder både med smolt og storfisk, for å ha muligheten til å estimere om det er forskjell på størrelsen av villfisk ut ifra laksen i merdene.

### 2.3.3 Lokalitet

Gjermundnes er en lokalitet i Romsdalsfjorden, i Vestnes kommune (Figur 3). Lokaliteten har en kapasitet på 3 120 tonn fisk. Lokaliteten ligger i en skråning, og dybden under anlegget varierer fra 55-245 meter. Den har til sammen 12 rammer til merder (Åkerblå, 2019). ROV-opptakene stammer fra merd nummer; M14, M15, M16, M24 og M26 (Figur 4).



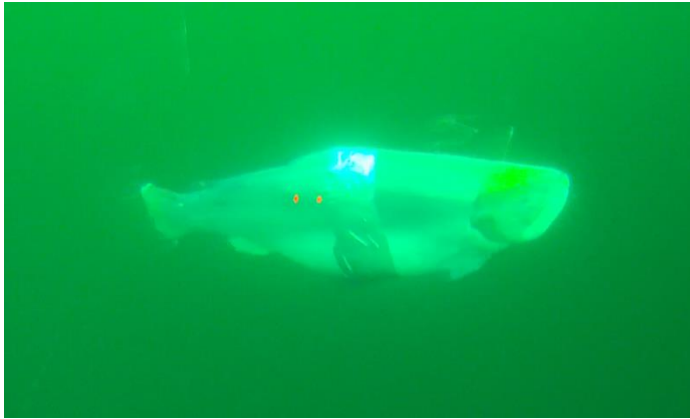
Figur 3: Utklipp av lokaliteten på Gjermondnes. Firkanten merker hvor anlegget ligger, med dybdeforhold. Bildet er hentet fra Gule Sider sjøkart (<https://kart.gulesider.no/?c=62.629133,7.192698&z=14&l=nautica>)



Figur 4: Utklipp av lokaliteter på Gjermondnes. Rundingene viser de lokalitetene gruppen har tatt opptak på. (nede til høyre M26, oppe til høyre M24. Til venstre er det M14 fra øverst deretter M15 og M16 nederst.) Bildet er hentet fra Gule sider kart (<https://kart.gulesider.no/?c=62.627289,7.192869&z=15&l=aerial>)

#### 2.3.4 Kontrolltest

For å kontrollere metoden, ble det gjennomført et forsøk. ROV-en ble tatt i bruk for å lengdeestimere en fisk med kjent lengde (Figur 5). Dette ble gjort fra en marina med å henge fisken i snøre ned på 10 meters dybde. Deretter ble ROV-en kjørt nedover på 10 meters dybde med laser for å treffe fisken. Forsøket ble gjennomført av tre studenter og i ulike vinkler.



Figur 5: Fisk som ble tatt i bruk ved testen

### 2.3.5 Estimering av lengde fra film

Gruppen valgte å bruke gaffellengde for å beskrive lengden av fisken. Det ble brukt en indirekte metode ved bildeanalyse hvor to parallelle lasere fra ROV-en markerte to røde prikker på fisken. Disse har en fast avstand på 2,5 cm uavhengig av avstand. Opptaket ble deretter spilt av i VLC Media Player eller QuickTime Player for å ta ut skjermbilde av fisker med to røde laserprikker. Ut ifra 5,45 timer med opptak, ble det tatt ut 462 skjermbilder. Bildene ble deretter åpnet i GIMP (GNU Image Manipulation Program) for å kunne måle antall piksler mellom laserprikkene og hele lengden av fisken fra snute til midten av hale (gaffellengde). Her ble det analysert 157 bilder, som ble kontrollert av alle tre. Det ble gjort målinger mellom laserprikkene i en tank med vann for å kunne bekrefte at avstanden satt av produsent stemte, og om den varierte med avstand til målet. Kort beskrivelse av prosessen i figur 6.



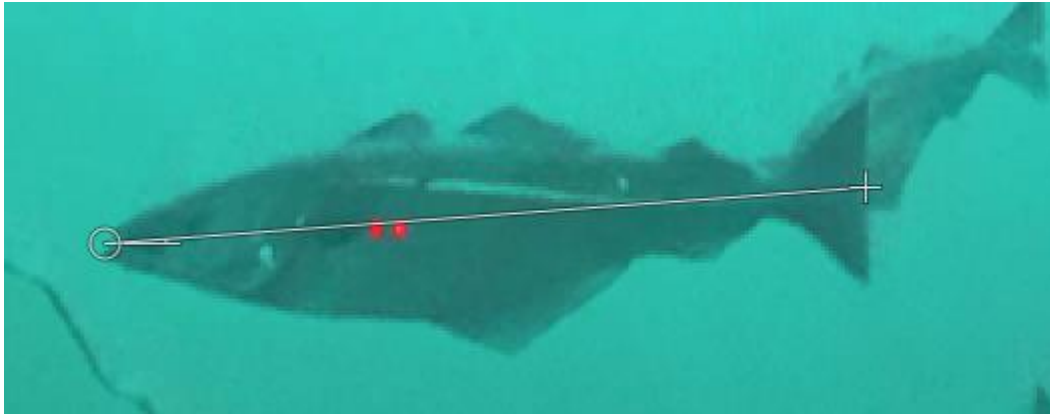
Figur 6 – Prosess for videoanalyse

Antall piksler mellom laserprikkene og hele lengden på fisken registreres i et Excel-ark som regner ut lengden i cm med formelen i figur 7.

$$\frac{2,5\text{cm}}{\text{Piksler mellom laser}} \times \text{Piksler mellom snute og hale} = \text{Estimert lengde i cm}$$

Figur 7 - Formel for lengdeestimering

Da registreringen av bildene ble gjort ble følgende parametere registrert: dato, merd, fisk/bilde, avstand mellom laserprikkene i antall piksler, antall piksler mellom snute og hale på fisken (gaffellengde)(Figur 8), dybde, temperatur og estimert lengde.



Figur 8: Eksempel på lengdemål i GIMP. De røde prikkene er der den parallel laseren har truffet fisken. Linjen er måleverktøyet i GIMP, som oppgir lengden i antall piksler.

På grunn av at denne metoden er avhengig av antall piksler målt i bildet, vil oppløsningen på bilde ha noe å si for nøyaktigheten av estimatene. Derfor ble det gjennomført en enkel sammenligning mellom ulike oppløsninger for å se på hvor mye en enkelt piksel vil utgjøre ved forskjellige oppløsninger (Tabell 9). Skjerm bilde ble tatt av samme fisk, fra samme video. I teorien er det plass til fire ganger så mange piksler på 4K oppløsning i forhold til vanlig HD (1080p). Tallet angir hvor mange horisontale piksler det er på skjermen.

Laserprikkene blir reflektert forskjellig fra gang til gang. Noen ganger er det lite lys som reflekteres, og det gjør det vanskeligere å se laseren i første omgang. Mindre lys gjør det lettere å finne midten av laserprikkene, og sannsynligheten for feil blir lavere. Det ble gjort målinger av størrelsen av laserprikkene i kontrollerte forhold i basseng, men i felt varierte denne som nevnt mye mer.

### 2.3.6 Tidsbruk på metode

For å estimere hvor lang tid man bruker på metoden, gikk alle studentene gjennom samme video. Alle skulle ta ut bilder fra video og sette inn i Excel, samt ta tiden på hvor lang tid hver enkelt bruker på hele prosessen. Videoens lengde var 6 minutter og 18 sekunder.

### 2.3.7 Innsamling av vannkvalitetsparameter

Det ble tatt målinger på fire forskjellige dyp: 2 meter, 7,2 meter, 25,2 meter og 40 meter. Det ble blant annet målt trykk, oppløst oksygen, turbiditet og salinitet.



### 2.3.8 Vekt og lengde

For å kunne se sammenhengen mellom vekt og lengde til fisken, fikk gruppen tilgang til data innsamlet av Stig Atle Tuene gjennom prøvefiske på anlegget høsten 2020. Disse inneholdt lengde og vekt av ulike arter fisk, fanget rundt oppdrettsmerd. Fra disse dataene ble det brukt 19 av totalt 22 sei med lengde målt som gaffellengde. Grunnen til at alle 22 ikke ble brukt var at det ikke var registrert gaffellengde på dem.

Havforskningsinstituttet målte sei rundt oppdrettsanlegg og fikk kondisjonsfaktor (K-faktor) på omtrent 1 (Otterå, et al., 2008). Med en kondisjonsfaktor på 1 kan vi bruke Fultons formel (Nash, et al., 2006) og se at vekten vil være lengden opphøyd i tredje delt på 100.

Formel 1: Fultons formel med en k-faktor på 1.

$$Vekt = \frac{L^3}{100}$$

Gruppen lagde justert formel for å estimere vekten i forhold til lengde med hjelp av lineær regresjon. Vanligvis med bruk av K-faktor blir total lengde målt, og ettersom denne oppgaven bruker gaffellengde vil det bli noe avvik, og dette blir korrigert av formelen presentert i resultatkapittelet.

### 2.3.9 Kalibrering av temperaturmåler i ROV

Temperaturmåleren på ROV var ikke kalibrert og viste unøyaktig temperatur. Dermed var det behov for å gjennomføre en kalibrering for å undersøke avviket. Metoden ble gjennomført ved at ROV-en ble lagt i balje med vann (Vedlegg 7), og tilsatt isbiter for å redusere temperaturen mer enn det som kom ut fra vannkranen. Målet var å komme så nære 0 °C som mulig, men på grunn av mangel på isbiter kom vi ikke ned på mindre enn 5 °C. Denne temperaturen ble målt av to andre temperaturmålere og er derfor ganske sikre på at det stemmer. På dette tidspunktet ble temperaturen målt til 8 °C med ROV.

Det ble tatt flere målinger ved forskjellige temperaturer. Først var det tenkt at vannet skulle varmes opp naturlig til romtemperatur over tid, og omrøring av vannet med akvariepumpe. Men etter noen timer med registrering, innså gruppen at dette kom til å ta for lang tid. For å kunne få et større spenn på temperaturmålingene ble det tilsatt varmt vann. God omrøring med forsiktig bruk av propellene til ROV-en, i tillegg til måling av temperatur forskjellige steder og dybder i baljen, dette for å forsikre om at det var samme temperatur i hele vannmassen.

### 2.3.10 Vinkling

Når lengden skal estimeres forutsettes det at hele objektet, i dette tilfellet fisken, er på lik avstand som laserprikkene. Dersom kameraet ikke står  $90^\circ$  mot siden på fisken vil dette gjøre at fisken ser kortere ut enn den egentlig er. Det viste seg vanskelig å kunne gjøre gode undersøkelser av hvordan forskjellige vinkler påvirket resultatet. ROV-en beveger seg nærmest kontinuerlig i vannet, det er derfor vanskelig å vite posisjonen til ROV-en i forhold til målet.

Tidligere forskning har vist seg at vinkler som avviker fra vinkelrett mot målet med mindre enn  $20^\circ$  ikke utgjør signifikante forskjeller (Patterson, et al., 2009; Webster, et al., 2009). Det ble også gjort en enkel test i Excel for å visualisere og se på hvor stor forskjell forskjellige vinkler utgjør. Her er det en figur som blir vridd  $15^\circ$  grader om gangen fra  $0^\circ$  til  $75^\circ$ . Lengden til figuren blir målt fra samme side, hvor to røde linjer symboliserer retningen og avstanden på laserne (Figur 13). Resultatene blir presentert og diskutert senere i denne oppgaven. Utklipp av de forskjellige vinklene brukt ligger i vedlegg 2.

### 2.3.11 Test i Towing Tank Lab

For å se på hva forskjellige vinkler har å si, og distanse fra fisken man kan bruke med ROV, ble det gjennomført et forsøk i Towing Tank Lab på NTNU Ålesund.

ROV-en og en treplate (Vedlegg 6) ble sluppet ned i tanken slik at man kunne se på hvor store avstander man kan lasermerke på. Det ble forsøkt forskjellige distanser opp til 2,5 meter. Avstanden ble målt med målebånd parallelt med tanken.

Forsøket på vinkler ble gjennomført med ROV-en både i tanken og utenfor tanken. I tanken ble det brukt et ark og en tomstokk for å se om det var forskjell på lengdene mellom prikkene. Dette ble gjort i ulike vinkler og rett på. Utenfor tanken ble det brukt en 1 meter lang treplate. Treplaten ble satt opp i flere vinkler for å se på om det var noe forskjell i lengden mellom laserprikkene, ut fra de forskjellige gradene platen ble satt opp. Ett av forsøksmidlene på land ligger i vedlegg 8.

Det ble også gjennomført forsøk på om laserprikkene forandrer seg om man tilter kameraet på ROV-en. Treplaten ble satt på høykant, kameraet var tiltet helt ned, for å deretter tilte kameraet opp for å se om prikkene forandret seg.

### 2.3.12 Statistiske analyser

Det er gjort noen enkle analyser i Excel for å finne blant annet korrelasjon, kovarians og  $R^2$  gjennom lineær regresjon. Gruppen fikk hjelp av Grete Hansen Aas for å gjennomføre noen statistiske analyser med bakgrunn i innsamlet data. Det blir presisert i resultatkapitlet hvor analysene ikke er gjennomført av forfatterne av oppgaven.

### 2.3.13 Uforutsette utfordringer ved datainnsamlingen

Det var flere momenter som gjorde det mer utfordrende å gjennomføre datainnhentingene enn først antatt. Ute på merdkanten er det lite rom for bevegelse og man er utsatt for vær og vind. Gruppen hadde fått beskjed om at det kunne bli kaldt, og med lite bevegelse og kald vind ble det utfordrende å holde varmen i hender og føtter i de timene man var ute.

Gjenskinn fra sola, eller generelt dårlig lys, kan gjøre det vanskelig å se på skjermen hva som foregår under vann. Det var relativt lett å se når fisken ble truffet av laser. Vinkelen på fisken er også vanskelig å si noe om før videoen blir analysert i ettertid. Når man dykket nedover i vannmassene kjører man litt i blinde ettersom kameraet beveger seg sporadisk og det er vanskelig å kontrollere akkurat hvor man kjører. Samtidig så fløyt ROV raskere opp enn forventet, som gjorde det noe vanskelig å holde den på plass. ROV-en har en funksjon som skal holde den stabilt, men denne ble ikke oppdaget av gruppen før i ettertid.

## 3. Resultater

### 3.1 Vurdering av ulike metoder

Scoringsskjema av de ulike metodene med fem kriterier (Tabell 2). Disse går ut på å være ressurseffektiv, gjennomførbar, gir kvalitet og nok mengde gode resultater. Se tabell 1 for å lese viktigheten av kriteriene.

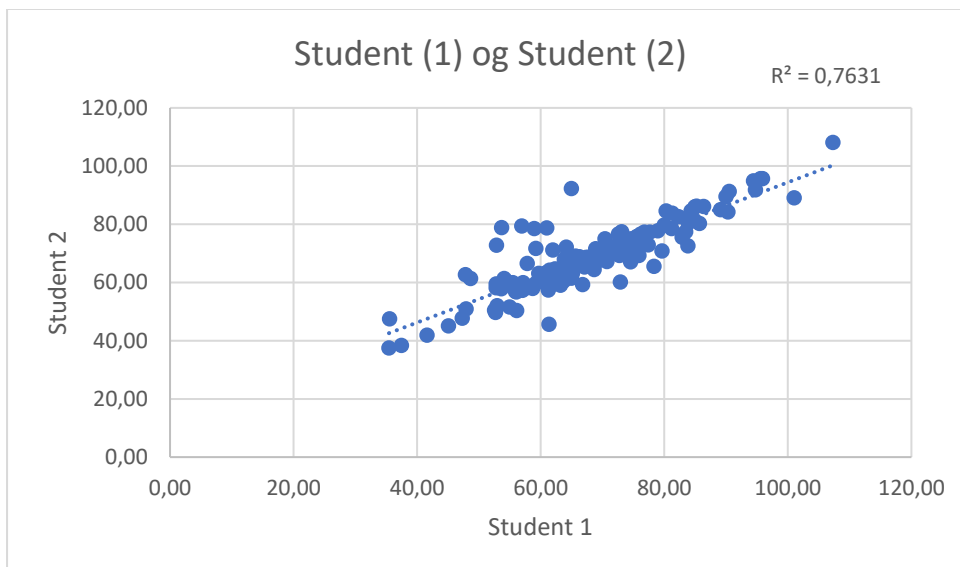
Tabell 2: Vurderingsskjema av ulike metoder, høy er god og lav er dårlig. (Kriterium 1: Ressurseffektiv, 2: Gjennomførbar, 3: Kvalitet, 4: Kvantitet og 5: Gode nok resultater)

Kriterienummer Metode	1	2	3	4	5
Stereoskopisk kamera	Høy	Lav	Middels	Høy	Middels
Ved bruk av to forskjellige kamera kan avstanden estimeres ganske nøyaktig uten behov for laser eller andre kjente landemerker. Med kjent avstand kan lengde estimeres med hjelp av trigonometri (Zaarane, et al., 2020). I Vedlegg 1 er framgangsmåten for utregningene lagt fram, som enten kan gjøres manuelt, eller automatiseres. Denne metoden krever en del å sette opp, men kan potensielt estimere mange fisker samtidig. Og avvikene som oppstår fra ulike vinklene til kamera kan minimeres.					
Ekkolodd	Høy	Middels	Lav	Middels	Lav
Ekkolodd er en ressurseffektiv metode som er i stadig utvikling. Metoden stiller få krav til personell og gjennomføres på kort tid. Hvor repliserbar metoden er, avhenger om mulighet for å ta imot all data som kommer inn. Metoden skal hovedsakelig brukes ved fiske, hvor ting må gå fort (Ona, 2014). Kvaliteten på resultatene vil ikke være like viktige i fiske, som det er ved størrelsesestimering. Det vil også være usikkert på vinkel ved denne metoden.					
Dykkere	Lav	Lav	Middels	Lav	Middels
Dykkere er det verktøyet som slår ut dårligst på kriteriene. Det er en av de mest anvendte metodene i tropisk farvann, hvor de tar i bruk kamera for å estimere lengden. Ved dykking, kan det medføre en del usikkerhetsmomenter. Det er lav sannsynlighet for å få et stort volum av materiale med å bruke dykkere, fordi dykking med merd kan være krevende på grunn av strømningsforhold og vær (Solem, 2017).					
ROV	Middels	Høy	Høy	Middels	Høy
ROV vil kunne gi repliserbare forsøk, samt gi gode etterprøvbare resultater. Ressurseffektiviteten avhenger av hvor stor kvantitet som ønskes, da det kan ta tid ved store mengder. Kvaliteten vil gi gode nok materiale for videre bruk. Med ROV har man mulighet å gjennomføre merking av fisk uten spesiell opplæring, som gjør denne metoden enklere å gjennomføre for studenter.					

Ut ifra vurderingene i scoringsskjemaet kommer ROV ut best, og det var denne metoden en hadde mulighet til å benytte gjennom IBAs infrastruktur.

### 3.2 Evaluering av metode ved sammenligning av måling mellom studenter.

Studentene fant nokså like lengder på de 157 fiskene som ble målt. Gjennomgående trender mellom de tre studentene viser noen små avvik, disse forekommer på grunn av ulike faktorer. Det er gjentakende trend mellom alle forsøkene. Der hvor det manglet data er det satt inn et gjennomsnitt av estimeringene fra de andre to. Dette skjedde for totalt to observasjoner. En av fiskene ble fjernet fordi det var uvanlig stor forskjell mellom studentene, altså et avvik som ville ha forstyrret resultatene og ekstreme verdier skyldes ofte feil i registreringene. I tillegg ble også snittet av alle estimeringene sammenlignet mellom studentene, og presenteres i tabeller under. Her får man forskjellene på lengdeestimeringene i antall cm. Rådata for analysene i denne delen ligger i vedlegg 5.



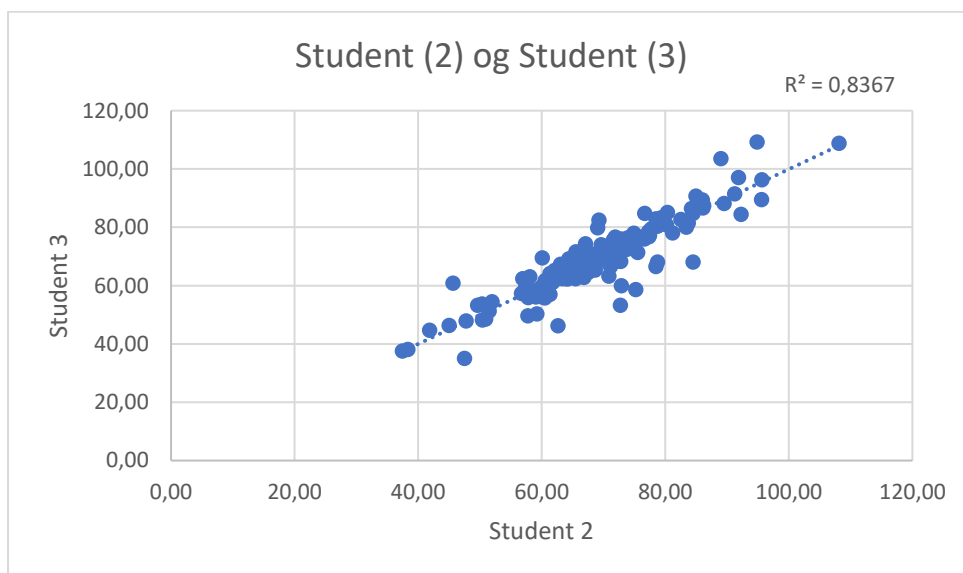
Figur 9: Målinger av 157 fisk mellom student 1 og 2.

Målingene mellom student 1 og student 2 viser nokså like resultater (Figur 9). Det forekommer små avvik, disse blir ikke avgjørende da det er totalt 157 fisk målt.

Gjennomsnittet av målingene per student viser seg å være tilnærmet lik, da student 1 har 67,88 cm i gjennomsnitt samtidig som student 2 har 68,63 cm. Dette tilsvarer 0,75 cm forskjell i gjennomsnittet av 157 fisk (Tabell 3).  $R^2 = 0,763$  indikerer en lineær sammenheng.

Tabell 3: Gjennomsnitt og differanse på måling av fisk mellom student 1 og 2.

Student	Gjennomsnitt
1	67,88
2	68,63
Differanse	0,75

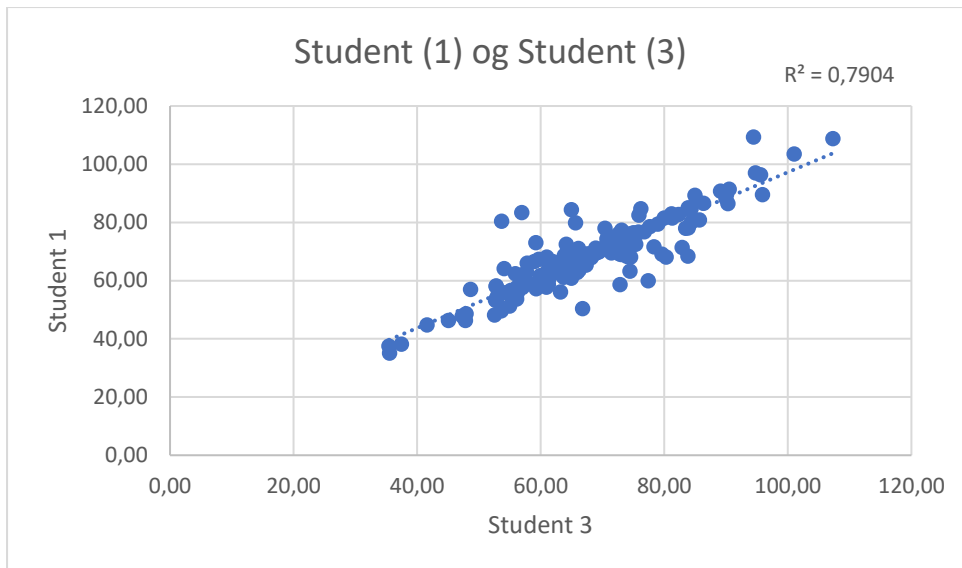


Figur 10: Målinger av 157 fisk mellom student 2 og 3.

Målingene mellom student 2 og student 3 viser tilnærmet like resultater (Figur 10). Det er svært få avvik, som kan forklares ved bildeoppløsning og utydelig fisk. Gjennomsnittlig vises det kun 0,05 cm forskjell etter målingene på 157 fisker (Tabell 4).  $R^2 = 0,836$  indikerer en lineær sammenheng.

Tabell 4: Gjennomsnitt og differanse på målinger mellom student 2 og 3.

Student	Gjennomsnitt
2	68,63
3	68,58
Differanse	0,05



Figur 11: Målinger av 157 fisk mellom student 1 og 3.

Ved student 1 og student 3 vises resultatene å være svært like som de andre sammenligningene (Figur 11). Mellom student 1 og 3 er det også små avvik som vist i tabellen under. Differansen på gjennomsnittet til studentene er 0,70 cm (Tabell 5), litt mer enn hva student 2 og 3 har (Tabell 4), men mindre enn student 1 og 2 (Tabell 3).  $R^2 = 0,790$  indikerer en lineær sammenheng.

Tabell 5: Gjennomsnitt og differanse på målinger mellom student 1 og 3.

Student	Gjennomsnitt
1	67,88
3	68,58
Differanse	0,70

### 3.2.1 Kovarians og korrelasjon

Kovarians endrer seg med skalaen den måler, derfor er også korrelasjon brukt for å kunne si noe om samvariasjon og fungerer som et alternativ til å måle den lineære sammenhengen. Verdier på opp mot 0,9 tilsier at det er en lineær sammenheng mellom alle studentene i dette forsøket. I tillegg ser vi også maksimumsverdier og minimumsverdier av avvikene av lengdeestimeringene mellom studentene.

Tabell 6: Enkle analyser fra Excel på resultatene for lengdeestimeringene.

	Student 1 og 2	Student 2 og 3	Student 1 og 3
Kovarians	125,9	132,4	140,0
Korrelasjon	0,9	0,9	0,9
Maks	15,7	19,4	17,5
Min	-27,3	-15,2	-26,8

### 3.2.2 Variansanalyse

Først ble sammenhengen mellom to og to studenter analysert, en annen metode er å bruke en variansanalyse. Med denne enveis variansanalysen er det testet om det er forskjeller mellom studentene i estimering av lengde, men resultatene viser at det ikke er grunnlag for å si at det er forskjell på hvilke studenter som utfører analysene.

Det ble testet om det var forskjell i lengdeestimering mellom de tre studentene siden dette er manuell vurdering fra bilder. Ved enveis variansanalyse (ANOVA) viste det seg at det ikke var signifikante forskjeller mellom studentene i estimering av lengde ( $p = 0,8457$ ). Mange frihetsgrader ( $n = 466$ ), mange bilder ( $n = 468$ ) gir et robust materiale for å teste dette.

### 3.2.3 Tidsforbruk av metode

Det ble registrert tidsforbruk på en video på 6 minutter og 18 sekunder, samt legge inn alle registreringene inn i Excel. Resultatene fra tidsforbruket gjennomført av hver student vises i tabell 7.

Tabell 7: Tidsforbruk for metode, video- og bildeanalyse, mellom tre studenter.

Student	Tidsforbruk	Antall fisk	Gjennomsnitt tid per fisk
1	30 min	29	1,03 min
2	57 min	36	1,60 min
3	64 min	31	2,06 min
Gjennomsnitt	50,3 min	32	1,60 min

### 3.2.4 Kontrolltest

Ved kontrolltesten, kom det frem få resultater. Det var få bilder med laser på fisken, dermed måtte en måle ut ifra hva en hadde. Det ble gjennomført to målinger av en fisk, den første med større vinkel enn den andre. Fisken var 55 cm ved måling på land, målingene med bruk av ROV og GIMP viste resultat på 45,3 cm og 52,3 cm (Tabell 8).



Tabell 8: Oversikt over måling av en fisk ved kontrolltesten.

Bilde	Pikslar mellom laser	Lengde fisk i pikslar	Lengde fisk i cm
1	33	597,9	45,3
2	24	503,5	52,3

### 3.3 Oppløsning

Sammenligning av hvor mye en piksel utgjør av avstanden mellom laserprikkene på forskjellig oppløsning (Tabell 9). Vi ser i tabell 9 under at en oppløsning på 4K vil i teorien ha halvparten så stor feilmargin dersom det måles en piksel feil. I tillegg kan noe av feilmarginen reduseres ved å kjøre programmet i fullskjerm når skjermbildet blir tatt.

Tabell 9: Tester utført av samme bilde, med forskjellig oppløsning.

Oppløsning	720p	1080p (HD)	1440 (2K)	1440 (fullskjerm)	2160p (4K)
Antall pikslar mellom laser	8	14	19	21	29
<b>1 piksel utgjør av estimeringen</b>	<b>12,5 %</b>	<b>7,1 %</b>	<b>5,3 %</b>	<b>4,8 %</b>	<b>3,4 %</b>

### 3.4 Laserprikkspredning

Selv om laseren ikke spres like mye som lyset fra lommelykter vil også lyset fra laseren spres. Dette kan skyldes avstanden, men blir mer påvirket av hva laserlyset går igjennom. I sjøen kan det være mye forstyrrelser som vil være med på å spre laserlyset og gjør arbeidet med å finne midten av laseren vanskeligere. Se tabell 10 for å se størrelse av forskjellige laserprikker. De ulike bildene ligger i vedlegg 3.

Tabell 10: Ulike størrelser av laserprikker på forskjellige bilder.

Bilde	Venstre	Høyre	Avstand
1	8	8	22
2	9	10	29
3	11	11	35
4	13	13	37
5	29	30	79
6	28	34	96
7	6	6	18
8	7	8	21
9	4	3	12

For å se nærmere på denne problemstillingen ble det tatt et utvalg bilder ved forskjellige avstander for å kunne si noe om hvor mye det utgjør om vi måler en piksel fra eller til i forbindelse med analysen av bildene.

Avhengig av hvor mange piksler selve laseren reflekterer vil en piksel avgjøre alt fra 3% - 30% av størrelsen på laserprikken (Tabell 11). Naturlig nok utgjør en piksel mye når det er prikker med få piksler og vice versa. Med andre ord sier ikke resultatet av dette så mye annet enn at vi kan forvente større variasjon og dermed større usikkerhet når laserprikken består av få piksler. På den andre side kan det være vanskeligere å finne den reelle midten når det blir store prikker som dermed øker risikoen for at avstanden mellom prikkene har større variasjon mellom ulike personer.

Tabell 11: Hvor mye én piksel utgjør i prosent.

Bilde	Venstre	Høyre	Avstand
1	12,50 %	12,50 %	4,55 %
2	11,11 %	10,00 %	3,45 %
3	9,09 %	9,09 %	2,86 %
4	7,69 %	7,69 %	2,70 %
5	3,45 %	3,33 %	1,27 %
6	3,57 %	2,94 %	1,04 %
7	16,67 %	16,67 %	5,56 %
8	14,29 %	12,50 %	4,76 %
9	25,00 %	33,33 %	8,33 %

En annen måte å se om de ulike størrelsene vil utgjøre mulige feilkilder er å se på hvor mye laserprikken utgjør av avstanden mellom laserprikkene. På den måten tar den hensyn til avstanden mellom kameraet og målet. Dette resulterte i at prikkene utgjør omtrent 30% av avstanden mellom prikkene (Tabell 12).

Tabell 12: Prosentmessig sammenligning av laserprikkene. Hvor mye laserprikk utgjør av avstanden mellom hverandre.

Bilde	Venstre	Høyre
1	36 %	36 %
2	31 %	34 %
3	31 %	31 %
4	35 %	35 %
5	37 %	38 %
6	29 %	35 %
7	33 %	33 %
8	33 %	38 %
9	33 %	25 %

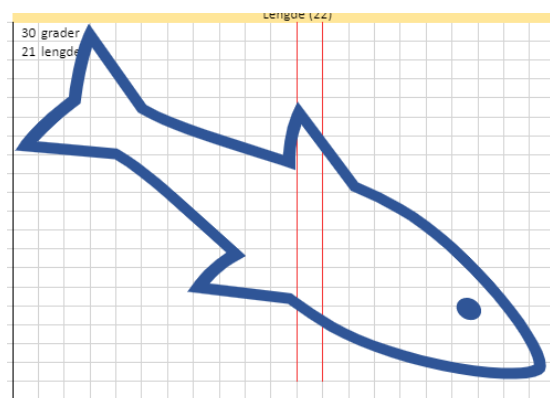
Ved forsøket på lengden mellom laserprikkene forandrer seg ut ifra tilt på kameraet ble det ikke funnet noen forskjell, dette uavhengig i graden på tilt. Om kameraet er tiltet opp eller ned ved lasermålingene vil ikke ha innvirkning på resultatene ved lengdeestimering.

### 3.5 Vinkel på fisk

Vinkel sier hvor mange grader objektet er vinklet med utgangspunkt i vinkelrett på fiskens side (Figur 12), og resultatene er presentert i tabell 13.

Tabell 13: Estimering av hvor mye endring på vinkel endrer lendeestimeringen

Vinkel	lengde	Endring
0°	22	0%
15°	22	0%
30°	21	-5%
45°	16	-27%
60°	13	-41%
75°	9	-59%



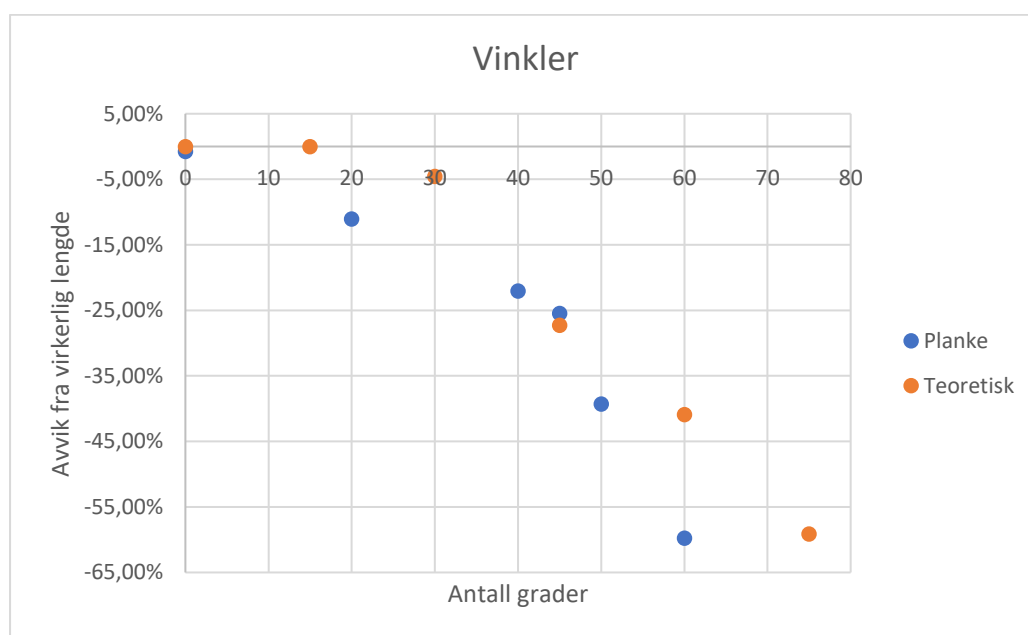
Figur 12: Eksempelbilde, alle bildene finnes i vedlegg 2

Det ble også gjennomført praktisk test. I tabell 14 presenteres resultatene fra tester gjort på land, med et objekt med kjent lengde. Denne planken ble vinklet, og ROV-en var i ro på gulvet.

Tabell 14: Sammenligning av ulike vinkler og estimert lengde. Målinger gjort av objekt med kjent lengde.

Grader	Mellom laser	Lengde Plankelengde	Estimert lengde	Differanse	Diff i %
0°	27	536,1	50	49,64	-0,36 -0,72 %
20°	33	587,1	50	44,48	-5,52 -11,05 %
40°	22	343,0	50	38,98	-11,02 -22,05 %
45°	23	342,8	50	37,26	-12,74 -25,48 %
50°	23	279,3	50	30,36	-19,64 -39,28 %
60°	22	177,2	50	20,14	-29,86 -59,73 %

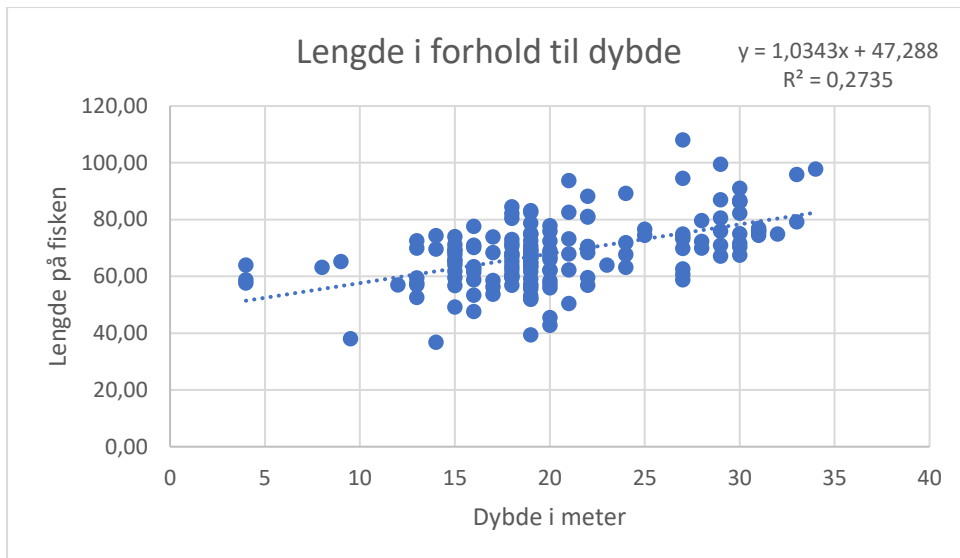
Det er ingen betydelig forskjell før vi kommer til mellom 15-20 grader avvikende fra vinkelrett (Figur 13).



Figur 13: Grafisk sammenligning av teoretisk og praktisk effekt av ending i vinkel.

### 3.6 Lengde i forhold til dybde

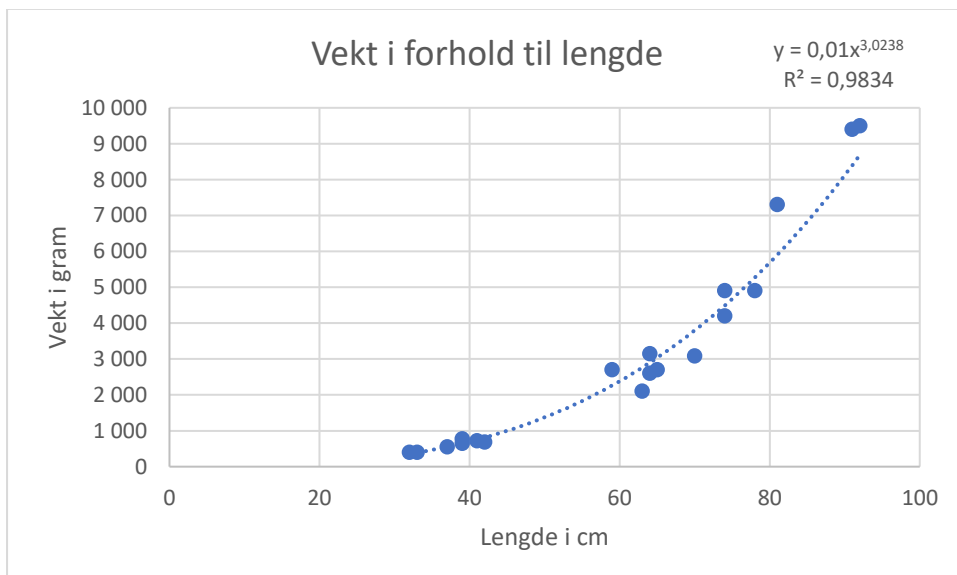
Med en enkel regresjonsanalyse (Figur 14) av estimert lengde av fisken på y-aksen og dybde på x-aksen kan det se ut som det er en viss sammenheng mellom dybde og størrelse på fisken. Den største fisken står dypere enn den minste. Med en  $R^2$  på 0,273 er denne sammenhengen ganske svak og det må til mer forskning på dette før det kan sies noe med sikkerhet.



Figur 14: Sammenheng mellom lengde og dybde.

### 3.7 Vekt og lengde

Det er gjort en enkel regresjonsanalyse (Figur 15) av dataene og fikk en  $R^2$  på 0,9834, det er en klar sammenheng mellom lengde og vekt langs linjen ved lengdeintervall mellom 32 og 92.



Figur 15: Plotting av vekt i forhold til lengde.

Bruker formelen på trendlinjen (Figur 15) for å kunne estimere vekten i forhold til lengden.

Formel 2 viser formelen brukt i vektestimeringen.

Formel 2: Justert formel for vektestimering ved bruk av lengde,  $gL =$  gaffellengde i cm.

$$Vekt = 0,01gL^{3,0238}$$

Tabell 15: Utdrag av dataene brukt fra fiske av sei ved anlegget.

Fisk nr.	Gaffellengde	Total lengde	Vekt	K-faktor
1	64	67	3150	1,047
2	70	73	3080	0,792
3	42	44	680	0,798
4	33	35	400	0,933
5	32	33	396	1,102
6	39	41	775	1,124
7	41	42	720	0,972
8	39	42	646	0,872
9	74	76	4900	1,116
10	65	67	2700	0,898
11	81	83	7300	1,277
12	91	94	9400	1,132
13	59	61	2700	1,190
14	37	39	550	0,927
15	92	94	9500	1,144
16	64	67	2600	0,864
17	78	82	4900	0,889
18	74	77	4200	0,920
19	63	65	2100	0,765
<b>Gjennomsnitt</b>	59,9	62,2	3195	0,987

Dette tar utgangspunkt i 19 sei med en kondisjonsfaktor på 0,987 (Tabell 15). Dette samsvarer godt med forskning fra havforskningsinstituttet hvor de sammenlignet sei rundt oppdrettsanlegg og fikk kondisjonsfaktor på rundt 1 (Otterå, et al., 2008). Med en kondisjonsfaktor på 1 kan vi bare se på Fultons formel (Nash, et al., 2006) og se at vekten vil være lengden opphøyd i tredje delt på 100 (Formel 1).

På grunn av at det i denne oppgaven blir brukt gaffellengde i stedet for total lengde vil den registrerte lengden bli noe mindre og dermed kan ikke Fultons formel brukes direkte, men som en indikator om den justerte formelen er realistisk.

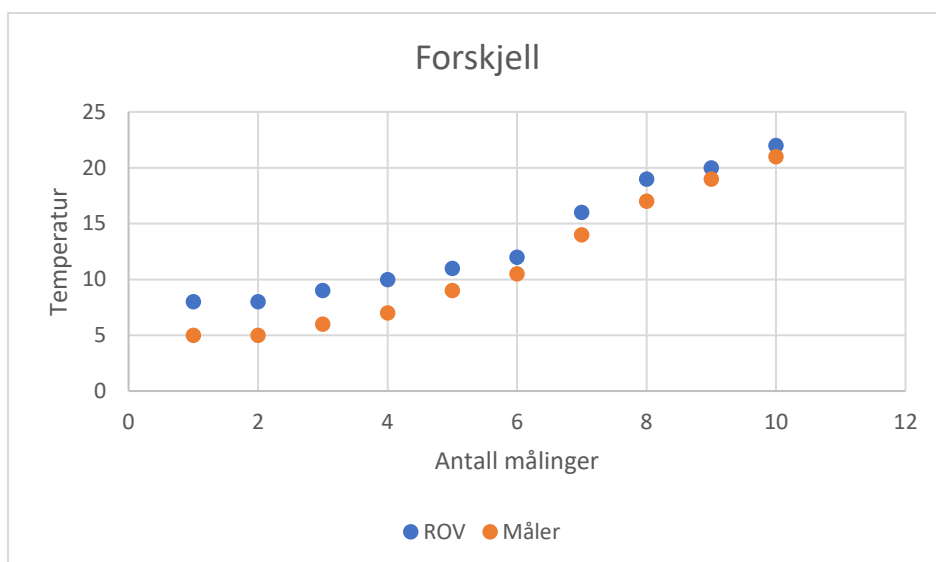
Gjennomsnittlig estimert vekt med bakgrunn i gjennomsnittet av lengdeestimeringene for alle tre studentene er på 3854,36 gram (Tabell 16).

Tabell 16: Hovedtall fra vektestimering av villfisk.

Vektestimering ut fra lengde	
Maks	14 114,96
Min	543,30
Median	3 503,57
Snitt	3 854,36

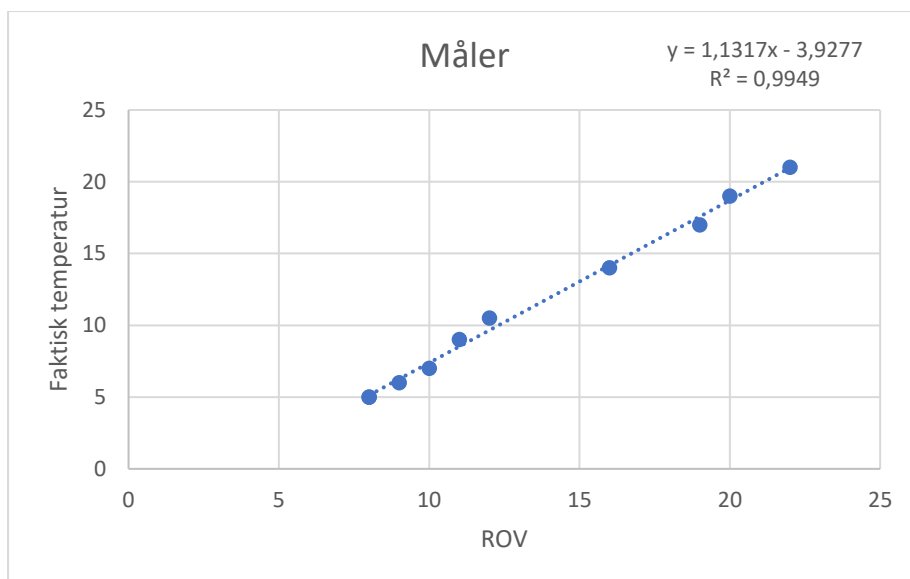
### 3.8 Temperaturkalibrering

Det var forventet at forskjellen skulle ligge stabilt på rundt 3 °C, men forskjellen ble redusert med økende temperatur (Figur 16).



Figur 16: Sammenligning av temperatur mellom ROV og virkelig temperatur.

Det ble ikke registrert desimaler på målingene. Måleren på ROV-en har ikke mulighet til å registrere desimaler og det ble derfor vurdert å bare bruke normale avrundingsregler for å bestemme temperaturen.



Figur 17: Utregning for konvertering av temperatur fra ROV til virkelig temperatur.

For å kunne konvertere fra registrert temperaturer i ROV til reell temperatur ble målingene for ROV satt på X-aksen og med temperaturmåler på Y-aksen (Figur 17). Deretter ble det laget en trendlinje mellom punktene. En  $R^2$  verdi på 0,995 tyder på at det er en lineær sammenheng mellom punktene, og bruker derfor formelen til trendlinjen for kunne estimere Y (reell temperatur) ut ifra X (ROV-målt temperatur).

### 3.9 Vannkvalitetsparametere

Det var ikke store forskjeller på temperatur ned til 40 meter de to dagene hvor det ble gjennomført målinger av vannkvalitetsparametere (Tabell 17).

Tabell 17: Trykk (mmHg), oppløst oksygen (DO), turbiditet (SPC), salinitet (SAL-ppt)

Dato	Tidspunkt	Dybde (meter)	Temperatur	mmHg	DO%	DO	SPC	SAL-ppt
18.03.2021	10:40:49	2,0	4,3	768,7	99,3	10,49	48252	30,73
18.03.2021	10:43:13	7,2	4,9	768,7	90,8	9,41	49554	31,72
18.03.2021	10:46:15	25,2	5,1	768,7	95,9	9,84	50599	32,49
18.03.2021	10:48:34	40,0	5,2	768,7	95,5	9,76	50806	32,65
29.01.2021		2,0	6,4	748,4	94,4	9,39	50681	32,71
29.01.2021		7,2	6,5	748,5	92,6	9,18	50835	32,83
29.01.2021	10:59:40	25,2	6,5	748,5	90,1	8,91	51194	33,09
29.01.2021		40,0	6,5	748,5	89,8	8,88	51260	33,13

## 4. Diskusjon

### 4.1 Vurdering av metoder

Det finnes flere ulike metoder for å kunne estimere lengden på fisk under vann.

Stereoskopisk, ekkolodd, dykkere og ROV er noen eksempler som er nevnt i denne



oppgaven. Disse metodene har ulike fordeler og ulemper. Det som veide mest når gruppen skulle velge metode er gjennomførbarheten. Med begrenset tid ble det for høy risiko i å prøve å gjøre noe helt nytt.

Stereoskopisk oppsett av GoPro-kamera ble vurdert, som et tillegg til ROV. Dette var tenkt å gi gruppen mer materiale, og mulighet til å vurdere hvilken metode som var den beste. Dette ble vurdert som for tidkrevende og veldig usikkert om det ville gitt ønsket resultat innenfor tidsrammen til oppgaven. Fordelen med bruk av stereoskopisk metode er at man kan estimere flere fisker innenfor samme skjerm bilde. Man er ikke begrenset av laseren og hvor den treffer.

Ekkolodd er til sammenligning en rask måte å finne fisk på over større områder.

Bredbåndsekkolodd kan måle størrelse på enkeltfisker i utkanten av en stim, men kan gi utfordringer for å vise bestemte fiskearter. Ta for eksempel sei og lyr, disse vil være vanskelig å skille ved bruk av bredbåndsekkolodd. Hovedsakelig er denne metoden utarbeidet for fiske, ikke for å studere størrelsen på fisk av enkeltindivider

Dykkere er den aller mest fleksible metoden, men ressurskrevende hvor det er behov for spesialkompetanse for å gjennomføre. Ettersom robotiseringen tar over flere aspekter av samfunnet, ser vi færre dykkere og flere roboter under vann allerede nå, som eksempelvis i petroleumsindustrien (Nergaard, 2020).

Bruk av ROV er lite utbredt ved størrelsesestimering av fisk i oppdrettsnæringen, men som kan gi mange muligheter. Det er et stort potensial for å utarbeide nøyaktig kartlegging av villfisk, spesielt rundt oppdrettsmerdene. Bruk av ROV med parallelle lasere vil en kunne kartlegge lengden på villfisk som oppholder seg utenfor nota, som videre kan beregnes ut i biomasse. Gjennom studiet har gruppen fått mulighet til å prøvekjøre ROV, og analysere noe film-materiale tidligere. Denne erfaringen kombinert med tilgang til ROV gjorde det naturlig å gå videre med denne metoden.

Noen ulemper forbundet med metoden brukt i denne oppgaven inkluderer mulig bias i lengden på fisken som måles. Når ROV-operatøren filmer og velger hvilke fisker som skal bli målt, kan man se for seg at de største fiskene er mer fristende og lettere å treffe. Kan også være forskjell mellom store og små fisk, hvor stor fisk er mindre redd og mer nysgjerrig enn små fisk. Ved analysene kan det også oppstå avvik mellom de som analyserer bildene, noe denne oppgaven har lagt hovedvekten på og blir diskutert i neste kapittel.

## 4.2 Undersøke om det er forskjeller mellom ulike studenter

Studentene har alle svært like gjennomsnitt på målingene som vist i figur 9, 10 og 11, student 2 og 3 har tilnærmet like resultater. Ut av 157 fisk var det student 1 og 3 som hadde den største differansen i gjennomsnitt. Alle tre studentene hadde likt erfaringsgrunnlag for å gjennomføre målingene. Det som kan ha skapt differansen er utydelige bilder hvor man ikke får se gaffellengden på fisken. På enkelte målinger var det som å «skyte i blinde» på målingene.

Det var avvik opp mot 27 cm på lengdeestimeringen på enkeltfisker mellom studentene. Ser man nærmere på enkelttilfellene hvor det er store avvik kan, noen av disse forklares med at det er få piksler mellom laserprikkene, og dermed utgjør en piksel fra eller til en stor andel av estimeringen. Utenom dette er det flere bilder med dårlig kvalitet hvor det kan være vanskelig å bestemme hvor snute og hale er på bildet. På grunn av at avvikene ble minimale totalt sett utligner altså disse avvikene seg selv med et stort nok utvalg. Senere bør det utarbeides en måte å kunne indikere hvor sikker man er i estimeringene av hver enkelt fisk. Eventuelt kun estimere de fiskene hvor man får gode bilder.

Analysene ble gjennomført på studentenes egne datamaskiner av ulike typer. Dette kan være en faktor for hvorfor avvik oppstår. Ved utydelige bilder kan det være lettere å se strukturen på fisken med en større skjerm. Det kan bli avvik ved ulik innlastning av bilder til GIMP, det kan både gjøres ved å ta skjermbilde direkte inn i GIMP, ett og ett bilde eller alle bildene samtidig. Dersom bildet ikke lastes opp fullstendig, men legges inn i GIMP, vil oppløsningen være noe annerledes enn hva et fullstendig opplastet bilde er.

Det er ikke avgjørende for resultatet hvilken person som gjennomfører analysene og lengdeestimeringen av bildene. Det var avvik på enkeltbilder, men disse avvikene ble utlignet når hele utvalget blir sett under ett.

For å kunne si noe konkret om arbeidsmengde ble det registrert tidsforbruk på en video. Resultatene viste seg å variere ganske mye mellom hvilken student som gjennomførte analysen. Særlig stor forskjell var det mellom student 1 og student 3, hvor student 1 brukte halvparten av tiden. Det ble samlet inn begrenset med data og det er derfor stor usikkerhet om hvor representativt dette er, men gir en god pekepinn på hvor lang tid det kan ta å analysere filmene med mellom 1 og 2 minutter per fisk.

Resultatet kan også bli påvirket av at man vet at man blir testet. Det er ikke usannsynlig at gruppen jobbet raskere når man vet at det blir målt, enn om det ikke hadde blitt registrert.

Studentene i dette forsøket hadde også erfaring fra før, og skjema for registrering var klart. Dette forsøket tok ikke i betraktning tiden det tar å analysere dataene i ettertid. Denne videoen var det relativt kort tid mellom fiskene og det var ikke behov for spoling.

Tiden det tok å samle inn dataene hvor man kjørte ROV ble ikke loggført, men dette varierer mye, og kommer an på om man finner fisk, og hvor mange det er i området. I tillegg går det med en del tid til kjøring fram og tilbake, samt fordeling av videoer.

Dersom video skal analyseres på denne metoden må man regne med minst ett minutt per fisk i snitt, men med all sannsynlighet mer tid. Uforutsette hendelser kan føre til at målingene tar lengre tid, og ved langere videoer må det medberegnes pauser.

For å minimere tidsforbruk, kan denne metoden automatiseres. Dette kan gjøres ved å kombinere forskjellige kjente metoder og løsninger, som kan gi synergieffekter og til sammen gi en raskere analyse og til og med av bedre kvalitet. Ved å fjerne personene unngår man bias fra de som analyserer. Fokuset til datamaskinen reduseres ikke over tid når man har gjennomført mange målinger. Ved automatisering vil man redusere tiden det tar å analysere dataene, og ut ifra den begrensede testen som ble gjennomført på hvor lang tid det tar å analysere videoene kan dette få store påvirkninger på hvor effektiv denne metoden er.

Et eksempel på en slik sammensetning er OpenCV (Open Source Computer Vision Library) er gratis programvare for datasyn og bruk av maskinlæring. Ved trening av programvaren kan objekter identifiseres, slik som fisk, og følges ut fra video eller bilder (Marini, et al., 2018; OpenCV, 2021). Programvare som ser laserprikkene og måler pikslene mellom dem, samtidig som hele lengden av fisken automatisk er ikke spesielt vanskelig å få til.

### 4.3 Mulige feilkilder

Ettersom studentene brukte forskjellig utstyr til analyse av videoen ble det noen forskjeller på hvilke programmer som ble brukt, og derfor vil vi prøve å belyse hvilken innvirkning dette hadde for resultatene og arbeidet generelt.

Ved uttak av bilder fra video ble det brukt VLC Media Player og QuickTime Player. Ved bruk av VLC Media Player kan man hoppe bilde for bilde, men kun fremover i videoen. Det er også mulig å øke lysstyrken på videoen, dette er gunstig da videoene under vann er mørke. QuickTime Player kan gå bilde for bilde, både frem og tilbake. Det er ikke mulig å redigere lysstyrken i videoen, men dette er ikke en kritisk funksjon, da man kan redigere dette i GIMP. Ut ifra testen på tidsforbruk ser gruppen også at studenten som brukte QuickTime Player

bruker betydelig mindre tid på å gå gjennom videoene enn de som bruker VLC Media Player. Som kan ha sammenheng med at man kan enkelt hoppe frem og tilbake i videoene. Dette vil derfor være en viktig funksjon i valg av multimedieavspiller. Både VLC Media Player og QuickTime Player støtter Mac og Windows.

Antall piksler er sentralt i analysearbeidet og det er naturlig å se for seg at det er en fordel å maksimere antall piksler og hvordan det vil øke nøyaktigheten og redusere eventuelle avvik. Dersom en person måler en piksel feil mellom laserprikkene på bildet, vil det føre til at lengdeestimeringen blir feil. Det ble gjort en test for å se hvor mye tilgang til forskjellig oppløsning har å si. Gruppen fant ut at det er liten forskjell om man tar skjermbilde med videoen i fullskjerm, og ser det som usannsynlig at det har noe innvirkning på resultatet av analysene.

Gruppen brukte alle en skjermoppløsning på 1440p. Da vil en piksel utgjøre 5,3% av avstanden mellom laserprikkene, og dermed tilsvarende forskyving av den totale lengdeestimeringen. Å oppgradere til 4K ville ha redusert denne mulige feilmarginen til 3,4%. For framtidige prosjekter hvor denne metoden skal anvendes bør man tilstrebe å ha minst 1440p for å holde denne typen avvik til et minimum.

Størrelsen på prikkene, i antall piksler, varierte med avstanden til målet. I feltforsøk kunne det være forskjeller med hvor laseren traff fisken. Det er vanskelig å si noe spesifikt om hvordan dette påvirker nøyaktigheten, men de utgjør omtrent 30% av avstanden mellom laserprikkene som vist i tabell 12 uavhengig av størrelse. Som nevnt tidligere vil en relativt stor prikk gjøre det vanskeligere å finne midten, men med mange piksler vil også en piksel, fra eller til, gi mindre prosentmessig utslag. Erfaringene fra analysene tilsier at man bør prøve å velge de bildene hvor laserprikkene vises dårligst, dersom det er forskjell på samme fisk.

Det var vanskelig å se på skjermen hvor laseren er, når den ikke har truffet et mål, men med litt erfaring får man intuisjon på omtrent hvor på skjermen laseren vises. I tillegg kan man noen ganger se svake linjer hvor laseren treffer partikler i vannet og på den måten gjøre det lettere å treffe fisken med laseren.

Ved gjennomføringen av forsøket på distanse med de parallelle laserne til ROV-en, så man at maksimallengden er 2 meter fra objektet man skal lasermåle dersom en skal se laserprikkene på skjermen. Ved en distanse på over 2 meter vil laserprikkene være så utydelige at de er vanskelige å måle.

#### 4.3.1 Vinkel på fisk

Denne oppgaven har tidligere vist at det er forskjell på størrelsen til laserprikkene ved forskjellig avstand. Det ble diskutert om denne forskjellen kunne brukes til å si noe om vinklingen på fisken, ettersom den ene prikken kommer til å være lengre unna den andre. Men ettersom forskjellen på avstanden er såpass liten vil ikke en slik tilnærming gi forskjell på prikkene.

De teoretiske analysene av hvor mye vinkelen i forhold til kameraet har å si på estimeringen av fiskens lengde, viser det seg at en endring fra  $90^\circ$ , eller vinkelrett mot fiskens side kan utgjøre forskjeller på fiskens estimerte lengde. Derimot vil en vinkel opp mot  $15^\circ$  være vanskelig å se på bilder og video, og vil ikke utgjør den store forskjellen ved estimeringen. Når vinkelen økes, vil fiskens estimerte lengde være betydelig mindre enn den i realiteten er.

Det var vanskelig å få gode tall ved de praktiske forsøkene. Det å holde undervannsroboten i ro på ett bestemt sted viste seg å være vanskelig. Særlig vanskelig er det å vite akkurat hvor ROV-en er i forhold til objektet når den er under vann og ikke kan bli sett ovenfra. Derfor ble det gjort noen tester på land. På land viste resultatene seg å kunne ligne på de teoretiske testene, men det var fortsatt vanskelig å konkludere akkurat hvor mye forskjell det utgjør med den begrensede dataen som ble samlet.

Det vi kan si om vinkelen er at det kan være et problem med denne metoden dersom bildene ikke er tatt relativt rett fra siden av fisken. Avvik fra dette vil gjøre at estimeringene av fisken blir mindre enn den ellers ville vært.

For å få de beste resultatene, uten å ha for stor påvirkning fra vinkel, er gaffellengde det som vil ha minst innvirkning dersom fisken er i noe vinkel. Man er ikke like avhengig av at halen er helt rett.

Våre resultater bekrefter funnene til (Patterson, et al., 2009), som sier at vinkler som avviker fra den optimale  $90^\circ$  ikke vil være betydelig så lenge det ikke blir mer enn rundt  $20^\circ$ . Det ble gjennomført en mer kontrollert test med ROV-en ved en marina, men det var dårlig sikt hvor fisken ble målt, i tillegg lagde solen gjenskinnsom igjen ga dårlige bilder, og det var vanskelig å holde ROV-en stille for å kunne være trygg på vinkelen. Derfor vil gruppen si at resultatene i dette forsøket kun bør brukes som en indikasjon.

### 4.3.2 Temperaturkalibrering

Temperaturmåleren på ROV-en viser ikke riktig temperatur, og det var ingen måte å kalibrere den på. For å kunne bruke temperaturmåleren på ROV-en måtte det derfor undersøkes hva avviket var. Det var ikke sikkert at avviket var likt for alle temperaturer og en test for temperaturintervall ble gjennomført. Resultatene viste at avviket ikke var likt for alle temperaturer, og at avviket ble mindre ved høyere temperaturer.

For å kunne estimere framtidige målinger med ROV-en kan man bruke formelen som ble utarbeidet i figur 17. Det er ikke sikkert at den er riktig for alle temperaturer, men i det intervallet hvor testen er gjennomført vil den kunne gi gode estimater på den reelle temperaturen. I tabell 17 får vi en overraskende høy  $R^2$  på 0,995, som betyr at modellen passer veldig bra med de dataene som ble registrert.

De registreringene som ble gjort er innenfor det intervallet det kan forventes å kunne registrere i vannet på våren. Selv om metoden som brukes i denne oppgaven til å korrigere målingene fra ROV-en ikke kan generaliseres i tilstrekkelig grad for alle temperatur-intervall. Resultatet av dette forsøket blir ikke brukt videre i denne oppgaven, men kan brukes av andre som skal bruke temperaturmåleren på denne ROV-en ved en senere anledning.

### 4.4 Bruk av lengdeestimering

Lengdeestimeringen kan også brukes til å beregne biomasse ut fra vekten av fisken. Det ble i denne oppgaven utarbeidet en egen formel for å kunne estimere vekten på sei med en kondisjonsfaktor på 1, men hvor det brukes gaffellengde istedenfor total lengde. Den er utarbeidet på et relativt lite grunnlag, men kondisjonsfaktor på 1 har også blitt observert ved større utvalg av sei rundt oppdrettsanlegg (Otterå, et al., 2008).

Det ble estimert en gjennomsnittsvekt på 3,85kg noe som er ganske høyt og bekrefter forventningene ut ifra de filmene som ble analysert. Men dette er langt ifra snittvekten til Otterå, (2008) med sine 230 gram. Med estimater for antall fisk, kan dette bidra til å gi en indikasjon på biomassen i området.

Lengdeestimeringene kan også brukes til å bedre forstå vandringsmønsteret til villfisk generelt og i denne sammenhengen seien spesielt. Det ble observert en viss sammenheng mellom størrelsen på fisken og dybden den ble observert på. Lengre fisk ble observert dypere i vannmassene. Dette kan også legges opp mot teoretiske funn, hvor det beskrives at eldre og større fisk lever dypere (Skog, et al., 2003; Vøllestad, 2021). Med de dataene som ble opparbeidet i denne oppgaven er det vanskelig å kunne trekke noen konklusjoner på om

temperatur eller andre vannkvalitetsparametere har noe å si for størrelsen på seien. Særlig ettersom dybdeintervallet i denne studien er svært begrenset i forhold til hva man kan forvente at seien oppholder seg på.

#### 4.5 Anvendelse av denne metoden

Det er uenigheter om vandringsmønsteret til seien forandrer seg på grunn av næringsutslippene fra oppdrettsmerdene (Bjordal & Johnstone, 1993; Otterå & Skilbrei, 2012). Sei har omtrent en lengde på 40 cm når den vandrer ut fra kysten (Otterå & Skilbrei, 2012). Med metode for lengdemåling kan man overvåke villfisken i stor grad, og med dette observere størrelsesvariasjoner i lengre tid. Om man får inn gode data på variasjoner i størrelser over lengre perioder kan dette gi indikatorer på om vandremønsteret forandres hos villfisk som oppholder seg mye rundt oppdrettsanleggene. Det er også muligheter for å se på veksten til fisken rundt merden. Dette kan gi indikasjoner om fiskefôr fører til tidligere kjønnsmodning, på grunn av bedre vekst (Woodhead, 1960).

Oppdrett i dag har kun snittmåling etter at fisken er satt i sjøen med uttak av relativt få individer. Å ta metoden fra utsiden til innsiden av merden vil føre til bedre lengdeestimering av oppdrettsfisken. Om man har et godt utvalg fisk som lengdeestimeres vil man også ha en bedre kontroll på biomassen i hver merd.

Tidligere er det gjennomført forsøk på bruk av ROV i kunstige rev for å se på fiskesamfunn. Denne studien konkluderte med at ROV var et nyttig verktøy (Patterson, et al., 2008). Det viser at man også kan bruke metoden på andre områder enn kun oppdrett. Ved en kombinasjon med ekkolodd for å finne fiskestammer, kan man lengdeestimere, og da regne seg fram til biomasse. Man kan bruke verktøyet til å få gode tall på sammensetningen av fisk i en stim. Man kunne eksempelvis brukt metoden for å innhente informasjon om det står stasjonære seibestander i fjordene (Karlsen, et al., 2015).

Dersom man skal gå videre med denne metoden, vil de neste stegene være å kontrollere metoden mer, slik at en kan få bedre og mer nøyaktige resultater. Man burde gjennomføre en mer omfattende kontrolltest, med flere fisker i forskjellige størrelser, samt ha mer kontroll på området og i hvilken vinkel fisken står i. Samtidig kunne det vært gunstig å fiske rundt området man gjennomfører ROV-kjøringen, for å se på om lengden man får ved bruk av ROV og dataprogrammer er representative for virkeligheten. Det kan også være en mulighet å teste metoden ut i eksempelvis Atlanterhavsparken, hvor det er mulig å få reelle tall med

bruk av både ROV og dykker. Videre ser gruppen muligheten for å ta i bruk resultatene fra oppgaven i NTNUs forskningsprosjekt.

For mer data på lengde i forhold til dybde bør man utføre metoden i flere deler av vannmassene. Spesielt gjennomføre metoden dypere, eventuelt med lys for å estimere flere ulike fisker, muligens få flere arter. Videre kan bruk av stereoskopisk kamera være en god tilleggsmetode, slik en kan få mer materiale i videre arbeid. Dette kan samtidig gi mer grunnlag for sammenligning mellom metoder.

Gruppen spekulerer også om det er mer fisk rundt oppdrettsmerder uten kameraovervåking ved fôring, da fôring med overvåking foregår under mer kontrollerte forhold. Fôringen stanses når «all» fisk har spist, i motsetning til anlegg uten kameraovervåking, hvor fôringen skjer kontinuerlig i intervaller. Denne metoden er kun gjennomført på anlegg uten kameraovervåking.

Den 18.03.21 fant man ikke noe villfisk rundt oppdrettsanlegget. Dette kan ha noe med at seien holder seg på det dypeste i månedene mars til april, før den svømmer opp til grunnere dybde i mai. Studiet var gjennomført på kysten av Island, og det er derfor ikke sikkert at dette gjelder for sei rundt anlegget på Gjermundnes. Men på grunn av mangel av fisk kan det være en indikasjon på at fisken har forflyttet seg dypere i vannmassene, eller har forlatt området rundt anlegget for å gyte.

## 5. Konklusjon

Denne oppgaven har belyst flere svakheter og styrker for en metode med bruk av ROV og parallelle lasere. Dette er en metode som er enkel å gjennomføre uten spesiell kompetanse, men som er avhengig av gode bilder hvor fisken står så godt som vinkelrett mot kameraet, og en avstand på mindre enn 2 meter. Hovedfunnet i oppgaven viser at analysen ikke er personavhengig ved et større utvalg, og gir da et avvik på opp til 0,7cm.

Analysen av videoene tar i gjennomsnitt 1,6 minutter per fisk. I dette er det ikke medregnet tiden det tar å hente inn videomateriale. Ettersom analysene av videoene er både tid- og arbeidskrevende med tanke på store datamengder, vil blant annet automatisering ved maskinlæring være gunstig.



## Referanser

- Allard Y, S. E., 2014. *Unmanned Underwater Vehicle (UUV) Information Study*, s.l.: OODA Technologies Inc..
- Arechavala-Lopez, P. et al., 2011. Direct interaction between wild fish aggregations at fish farms and fisheries activity at fishing grounds: a case study with Boops boops.. *Aquaculture Research*, 42(7), pp. 996-1010.
- Armannsson, H. & Jónsson, S., 2012. Vertical migrations of saithe (*Pollachius virens*) in Icelandic waters as observed with data storage tags. *ICES Journal of Marine Science*, pp. 1372-1381.
- Benjaminsen, C., 2020. *Møt oppdrettsbransjens nye vaktmester*. [Internett]  
Available at: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/mot-oppdrettsbransjens-nye-vaktmester/>  
[Funnet 08 mai 2021].
- Bjerkestrand, B., Bolstad, T. & Hansen, S. J., 2013. *Akvakultur vg2, Havbruk i Norge*. 2. red. Drammen : Forlaget Vett & Viten .
- Bjordal, Å. & Johnstone, A. D. F., 1993. Local movements of saithe (*Pollachius virens* L.) in the vicinity. *ICES mar. Sci. Symp*, pp. 143-146.
- Bjordal, Å. & Skar, A. B., 1992. Tagging of saithe (*Pollachius virens* L.) at a Norwegian fish farm: preliminary results on migration. *ICES CM documents*, p. 1992/G35.
- Blaxter, J. & Tytler, P., 1978. Physiology and function of the swimbladder.. *Advances in Comparative Physiology and Biochemistry*, pp. 311-367.
- Blindberg, D. R., 2001. *The Development of Autonomous Underwater Vehicles (AUV); A Brief Summary*, USA: s.n.
- Broch, O. & Ellingsen, I., 2020. *Kunnskaps- og erfaringskartlegging om effekter av og muligheter for utnyttelse av utslipp av organisk materiale og næringsalter fra havbruk. Delrapport 1 - Kvantifisering av utslipp*, s.l.: SINTEF.
- Dempster T, S.-J. P. S. J. K. M., 2004. Extensive Aggregations of Wild Fish at Coastal Sea-Cage Fish Farms. *The International Journal of Aquatic Sciences*, Volum 525, pp. 245-248.
- Dempster, T. et al., 2011. Proxy Measures of Fitness suggest coastal fish farms can act as population sources and not ecological traps for wild gadoid fish. *PLoS ONE*.

- Dempster, T., Sanchez-Jerez, P., Uglem, I. & Bjørn, P., 2010. Species-specific patterns of aggregation of wild fish around fish farms.. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, pp. 271-275.
- Dempster, T. et al., 2009. Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect. *Marine Ecology Progress Series* , 18 06, pp. 1-14.
- Det kongelige fiskeri- og kystdepartement, 2004-2005. *Om lov om akvakultur (akvakulturloven)*, s.l.: s.n.
- Fernandez-Jover, D. et al., 2011. Waste feed from coastal fish farms: A trophic subsidy with compositional side-effects for wild gadoids. pp. 559-568.
- Fernandez-Jover, D. et al., 2008. Seasonal patterns and diets of wild fish assemblages associated with. *ICES Journal of Marine Science*, pp. 1153-1160.
- FN, 2019. *Befolkning, migrasjon og urbanisering*. [Internett]  
Available at: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/befolkning>  
[Funnet 26 april 2021].
- FN, 2021. *FNs bærekraftsmål*. [Internett]  
Available at: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>  
[Funnet 26 april 2021].
- Harden Jones, F. & Choles, P., 1985. Gas secretion and resorption in the swimbladder of cod *Gadus morhua*.. *Journal of Comparative Physiology*, pp. 319-331.
- Harvey, E., Fletvher, D. & Shortis, M., 2002. Estimation of reef fish length by divers and by stereo-video: A first comparison of the accuracy and precision in the field on living fish under operational conditions. *Fisheries Research* , pp. 255-265.
- Hodder, V., 1963. *Fecundity of Grand bank Haddock*, s.l.: Journal of the Fisheries Research Board of Canada.
- Holmer, M., 2010. Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns and research needs.. *Aquacult Environ Interact*, pp. 57-70.
- Høy, E., Sunde, L. & Bjelland, H., 2013. *Hvor mye laks er det egentlig i merden?*, s.l.: Sintef.
- Izquierdo, M., Fernandez-Pelacios, H. & Tacon, A., 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance in fish. *Aquaculture*, pp. 25-42.

Jakobsen, R. et al., 2012. *Automatisk telling, måling og veiing av levende torsk - vurdering av teknologi for godkjenning ved kjøp og salg*, s.l.: Nofima .

Kahn, R. G., Pearson, D. E. & Dick, E. J., 2004. Comparison of Standard Length, Fork Length, and Total Length. *Marine Fisheries Review* , pp. 31-33.

Karlsen, Ø. et al., 2015. Interaksjon mellom fiskeoppdrett og fiskeressurser på kysten. *Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2014*, pp. 138-144.

Kjerstad, N., 2020. *Ekkolodd*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/ekkolodd>

[Funnet 11 Mai 2020].

Korneliussen, R., 2006. *Akustisk identifikasjon av makrell*, s.l.: Havforskningsinstituttet.

Kuriakose, S., Mini, K. & Sathianandan, T., 2017. *Course Manual ICAR funded Summer School on Advanced Methods for Fish Stock Assessment and Fisheries Management*, Kochi: CMFRI.

Lovdata, 2020. *Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer*. [Internett]

Available at: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2013-06-28-844>

[Funnet 19 april 2021].

Lovdata, 2020. *Lov om akvakultur (akvakulturloven)*. [Internett]

Available at: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-79>

[Funnet 26 april 2021].

Marini, S., Fanelli, E., Sbragaglia, V. & al., e., 2018. Tracking Fish Abundance by Underwater Image Recognition. *Sci Reports*, Volum 8.

Miller, D. J. & Lea, R. N., 1997. *Guide to the coastal marine fishes of California* , State of California : s.n.

Moser, G. H., 1996. *California cooperative oceanic fisheries investigations*. 3. red. California: Allen Press.

Nash, R., Valencia, A. & Geffen, A., 2006. The origin of Fulton's condition factor - Setting the record straight. *Fisheries*, Volum 31, pp. 236-238.

Nergaard, A., 2020. *Fjernstyrt undervannsfartøy*. [Internett]

Available at: [https://snl.no/fjernstyrt\\_undervannsfartoy](https://snl.no/fjernstyrt_undervannsfartoy)

[Funnet 09 mai 2021].

Ocean Innovations, 2021. *DTG3 Expert*. [Internett]

Available at: <https://ocean-innovations.net/companies/deep-trekker/products/dtg3-expert/>

[Funnet 30 April 2021].

Ona, E., 2014. *Måling av fiskestørrelse i stim med bredbånds ekkolodd*, s.l.:

Havforskningsinstituttet.

OpenCV, 2021. *OpenCV.org*. [Internett]

Available at: <https://opencv.org/contact-us/>

[Funnet 03 mai 2021].

Otterå, H., Karlsen, Ø., Slinde, E. & Olsen, R., 2008. *Kvalitet på sei ved oppdrettsanelgg - ein eksperimentell studie*, s.l.: Havforskningsinstituttet.

Otterå, H. & Skilbrei, O., 2012. *Akustisk overvaking av seien sin vandring i Ryfylkebassenget*, s.l.: Havforskningsinstituttet .

Patterson, W. F., Dance, M. A. & Addis, D. T., 2008. Development of a Remotely Operated Vehicle Based Methodology to Estimate Fish Community Structure at Artificial Reef Sites in the Northern Gulf of Mexico. pp. 264-270.

Patterson, W. F., Dance, M. A. & Addis, D. T., 2009. *Development of a Remotely Operated Vehicle Based Methodology to Estimate Fish Community Structure at Artificial Reef Sites in the Northern Gulf of Mexico*. Texas, Gulf and Caribbean Fisheries Institute, pp. 263-370.

Redaksjon, 2021. *Vil finne ut hvordan man kan bli kvitt pigghå-problemer*. [Internett]

Available at: <https://www.kyst.no/article/vil-finne-ut-hvordan-man-kan-bli-kvitt-pigghaa-problemer/>

[Funnet 19 Mai 2021].

Sanchez-Jerez, P. et al., 2008. Interactions between bluefish *Pomatomus Saltatrix* (L.) and coastal sea-cage in the Mediterranean Sea. *Aquaculture* 282, pp. 61-67.

Scott, W. & Scott, M., 1988. Atlantic fishes of Canada.. *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Science.*, pp. 286-288.

Skog, T., Hylland, K., Torstensen, B. & Berntssen, M., 2003. Salmon farming affects the fatty acid composition and taste of wild saithe *Pollachius virens* L.. *Aquaculture Research*, pp. 999-1007.

Solem, A. J. L., 2017. *Analysis of current ROV Operations in the Norwegian Aquaculture*, Trondheim : Norwegian University of Science and Technology.

SSB, 2020. 08967: *Akvakultur. Antall tillatelser i drift, etter region, statistikkvariabel, år og tillatelse*. [Internett]

Available at: <https://www.ssb.no/statbank/table/08967/tableViewLayout1/>

[Funnet 11 mai 2021].

SSB, 2020. *Akvakultur (avsluttet i Statistisk sentralbyrå)*. [Internett]

Available at: <https://www.ssb.no/fiskeoppdrett>

[Funnet 26 april 2021].

Sudirman, et al., 2009. Wildfish associated with tropical sea cage aquaculture in South Sulawesi, Indonesia. *Aquaculture*, pp. 233-239.

Sæther, B. et al., 2012. Fangst og mellomlagring av villfisk ved oppdrettsanlegg. *Nofima Rapport 8/2012*.

Sæther, B. S., Uglem, I. & Karlsen, Ø., 2013. *Interaksjoner mellom havbruk og ville marine organismer -en kunnskapsoppsummering*, s.l.: Nofima.

Sæther, B. et al., 2016. *Evaluering av tiltak for å fremme bærekraftig sameksistens mellom fiskeri og havbruksnæring*, s.l.: Tromsø Nofima.

Tuya, F. et al., 2006. Changes in demersal wild fish aggregations beneath a sea- cage fish farm after the cessation of farming. *Journal of Fish Biology*, 69(3), pp. 682-697.

Tveterås, R. et al., 2019. *En konkurransedyktig og kunnskapsbasert havbruksnæring*, Oslo/Stavanger: Handelshøgskolen BI.

Uglem, I. et al., 2019. High connectivity of salmon farms revealed by aggregation, residence and repeated movements of wild fish among farms. *Marine Ecology Progress Series*, 29 05, pp. 251-260.

Uglem, I., Karlsen, Ø., Sanchez-Jerez, P. & Sæther, B., 2014. Impacts of wild fishes attracted to open-cage salmon farms in Norway. *Aquaculture Environment Interactions*, pp. 91-103.

Valle, C. et al., 2007. Temporal variability of wild fish assemblages associated with. pp. 299-307.

Vivekanandan, E., 2017. *Concept and objectives of stock assessment. In Summer School on Advanced Methods for Fish Stock Assessment and Fisheries Management.*, Chennai: CMFRI.

Vøllestad, A., 2021. *Sei*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/sei>

[Funnet 27 april 2021].

Watanabe, T., Arakawa, T., Kitjima, C. & Fujita, S., 1984. Effects of nutritional quality of broodstock diet on reproduction of red sea bream (*Chrysophrys major*). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish*, pp. 495-501.

Webster, T., Dawson, S. & Slooten, E., 2009. A simple laser photogrammetry technique for measuring Hector's dolphins (*Cephalorhynchus hectori*) in the field. *Marine Mammal Science*, 26(2), pp. 296-308.

Woodhead, A., 1960. *Nutrition and reproductive capacity in fish.*, s.l.: Proceedings of the Nutrition Society.

Zaarane, A. et al., 2020. Distance measurement system for autonomous vehicles using stereo camera. *Array*.

Åkerblå, 2019. *B-undersøkelse for lokalitet Gjermundnes*, s.l.: Fiskeridirektoratet.

Aarnes, H., 2005. *Deuterostome dyr*. [Internett]

Available at: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/zoologi/pigghud.pdf>

[Funnet 10 Mars 2021].

## 7. Vedlegg

### Vedlegg 1 – Stereoskopisk estimering av lengde

Avstand (A): Avstand mellom kameraene

h: Ønsket avstand mellom objektet og midten av (A).

h estimeres av:

B: Avstanden mellom objektet og venstre kamera

C: Avstanden mellom objektet og høyre kamera

$\alpha; \phi; \theta$  Vinklene av trekanten som formes mellom kameraene og objektet, summen av disse vinklene vil alltid være  $180^\circ$ .

Funksjonene vi bruker er:

$$(1) \sin \phi = \frac{c}{B}$$

$$(2) \sin \phi = \frac{h}{C}$$

$$(3) h = B \times \sin \phi = C \times \sin \theta$$

$$\frac{A}{\sin \alpha} = \frac{B}{\sin \theta}$$

$$\frac{A \sin \theta}{\sin \alpha}$$

$$h = \frac{A \sin \theta \sin \phi}{\sin \alpha}$$

$\omega_1; \omega_2$ : er vinklene på kameraene.

H1, H2: er antall horisontale piksler på kameraene

P1, P2: er posisjonen av objektet for begge kameraene.

P1: Antall piksler mellom midten av objektet til enden av overlappet til venstre kamera

P2: avstanden fra midten av objektet til starten av overlappet til det høyre kameraet.

$$\beta_1 = \frac{180 - \omega_1}{2}$$

$$\beta_2 = \frac{180 - \omega_2}{2}$$

O er vinkelen mellom midten av objektet og enden/starten av overlappet.

$$O_1 = P1. AP1$$

$$O_2 = P2. AP2$$

$$Ap = \frac{\omega}{H}$$

$$\phi = P1. \frac{\omega_1}{H_1} + \beta_1$$

$$\theta = P2. \frac{\omega_2}{H_2} + \beta_2$$

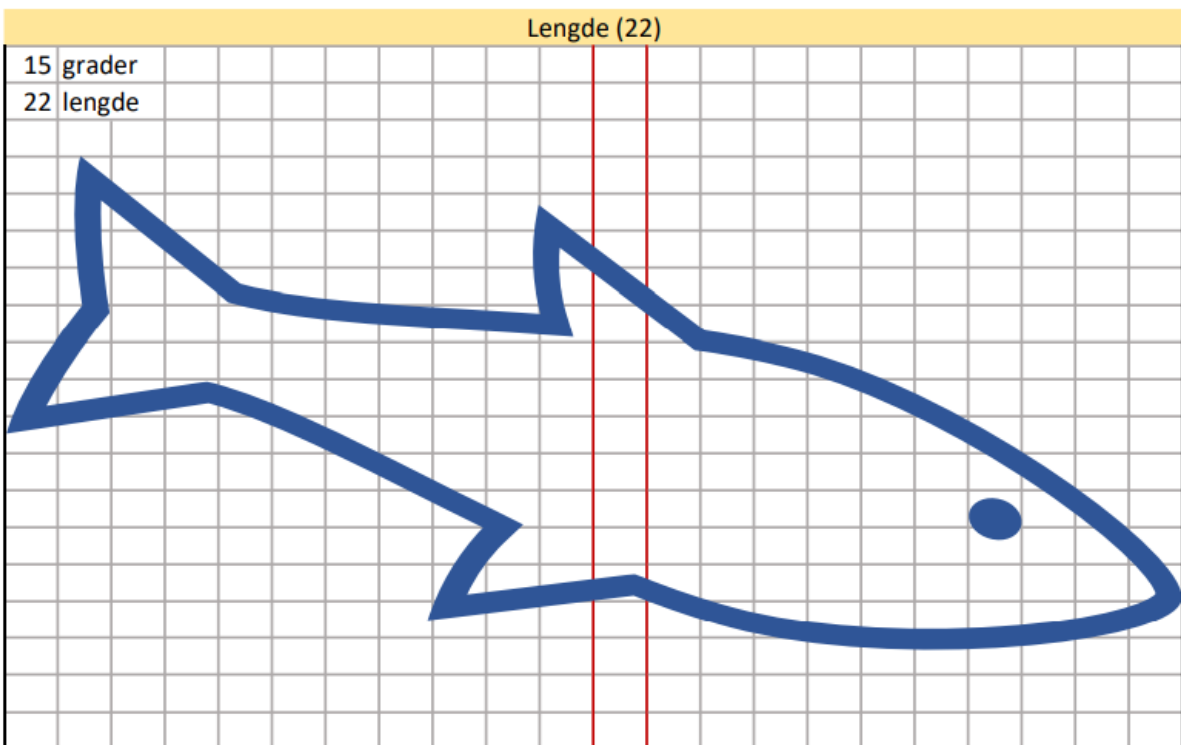
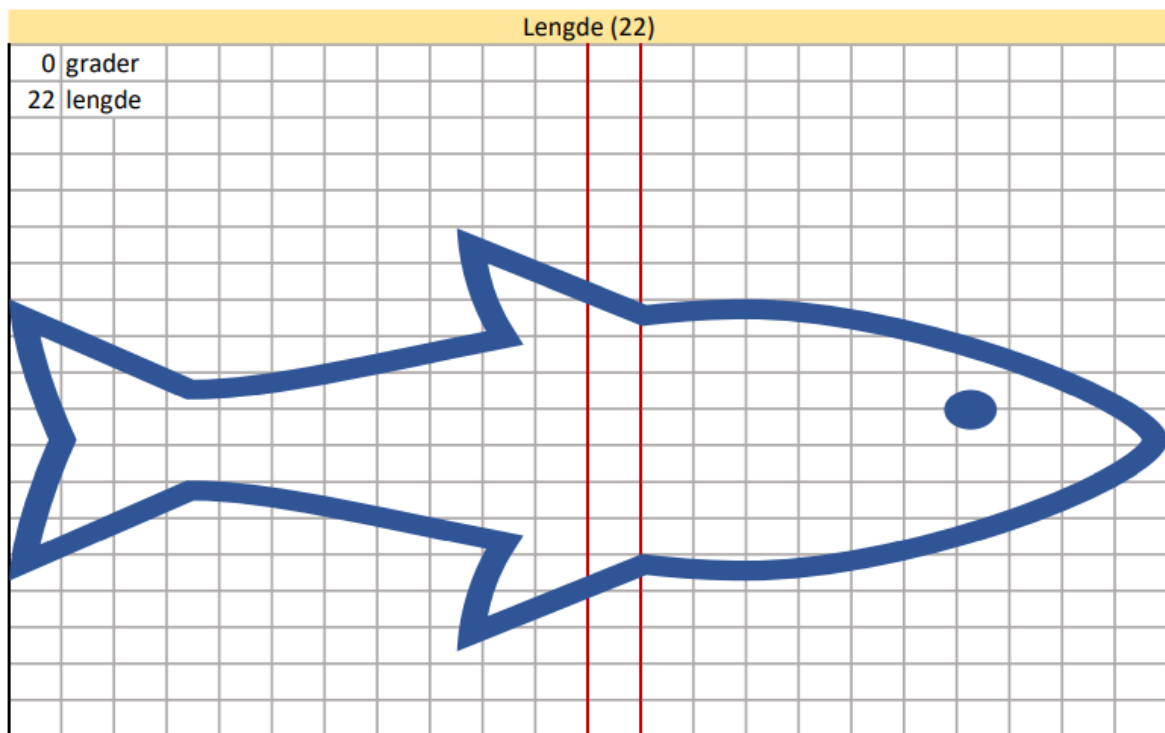
$$\alpha = 180 - (\phi + \theta) = 180 - \left( P1. \frac{\omega_1}{H_1} + \beta_1 \right) + \left( P2. \frac{\omega_2}{H_2} + \beta_2 \right)$$

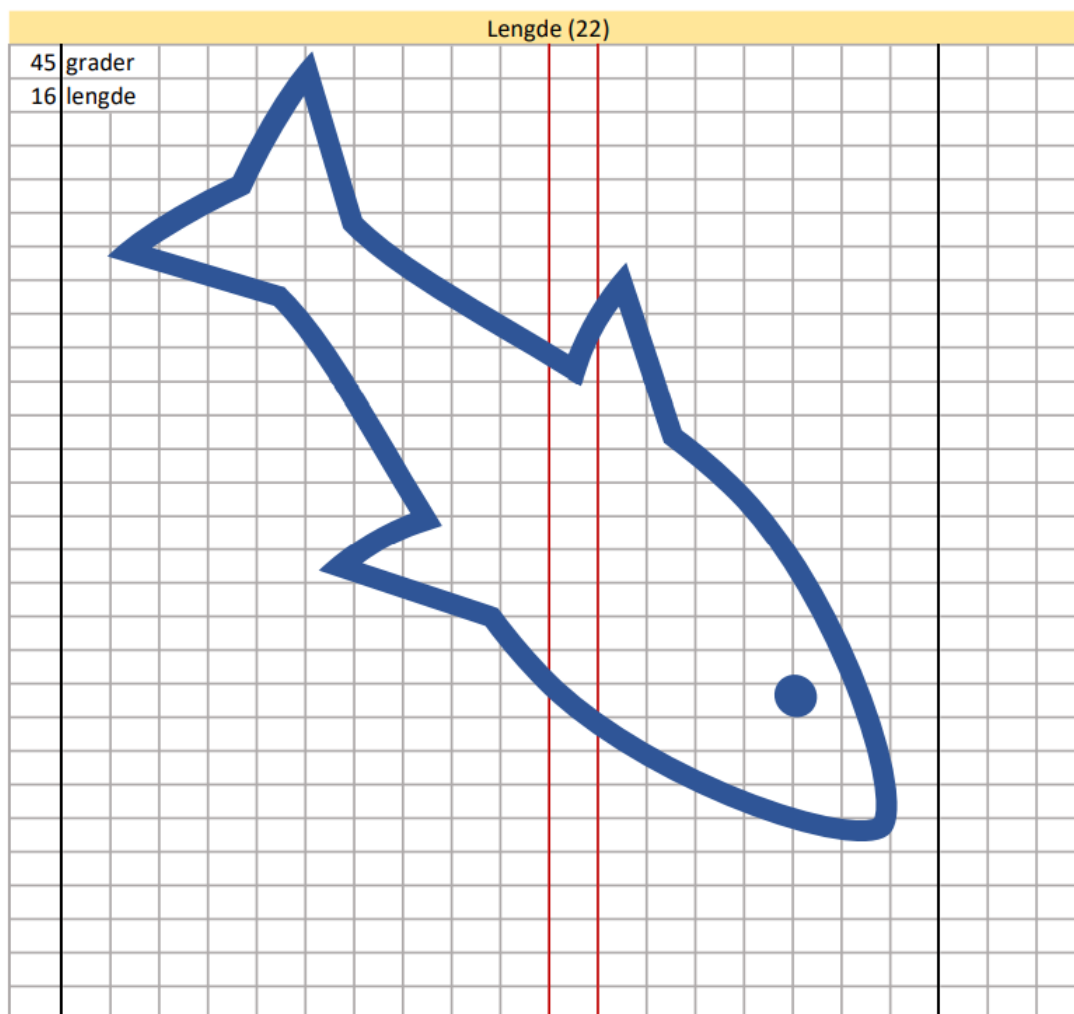
$$h = \frac{A \sin \left( P2. \frac{\omega_2}{H_2} + \beta_2 \right) \sin \left( P1. \frac{\omega_1}{H_1} + \beta_1 \right)}{\sin \left( 180 - \left( P2. \frac{\omega_2}{H_2} + \beta_2 + P1. \frac{\omega_1}{H_1} + \beta_1 \right) \right)}$$

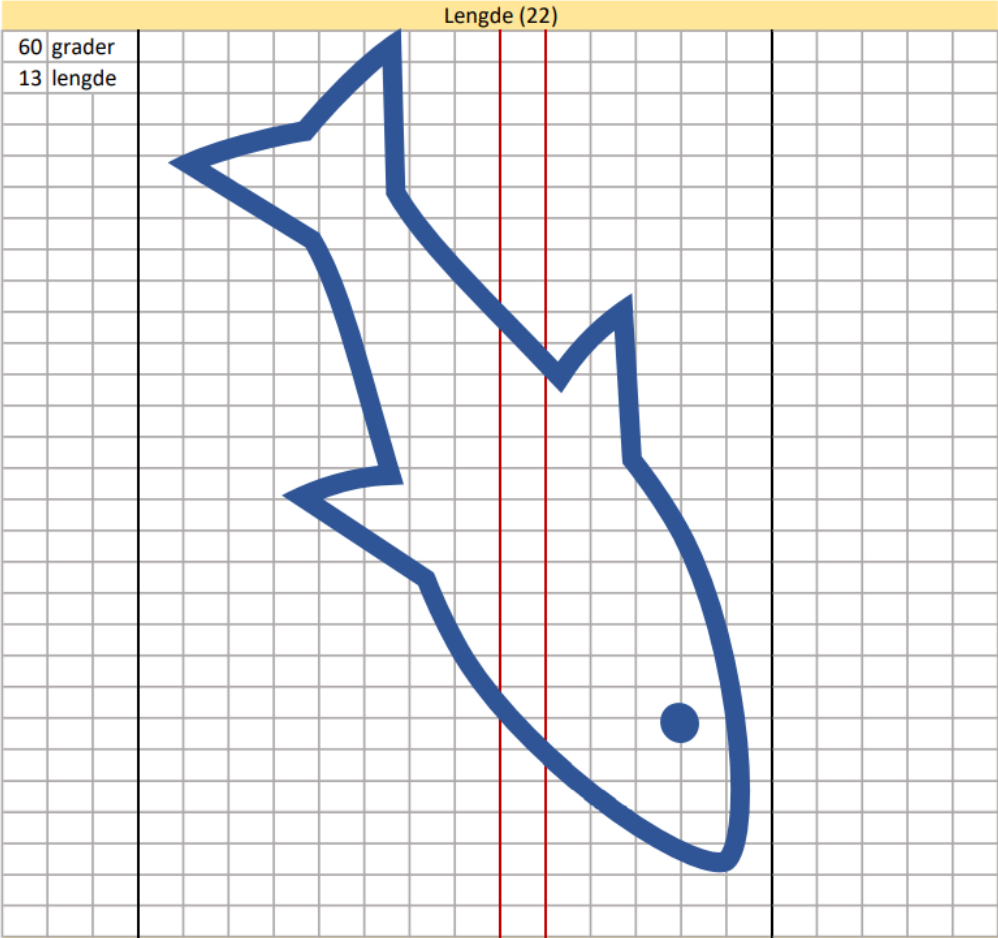
Oversatt fra: (Zaarane, et al., 2020)



## Vedlegg 2 – Test av vinkler i Excel

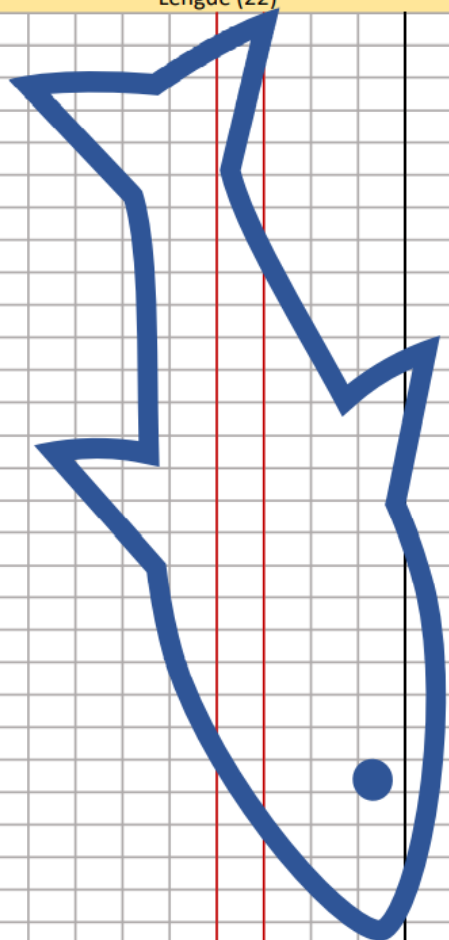




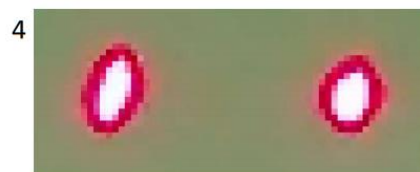
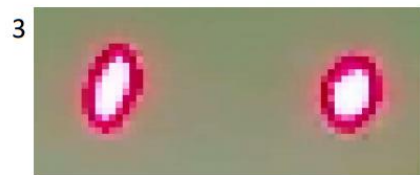
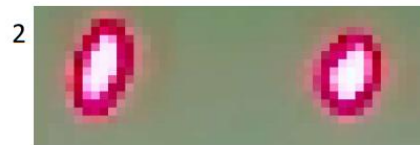


Lengde (22)

75 grader  
9 lengde



### Vedlegg 3 – Ulike størrelser på laserprikker



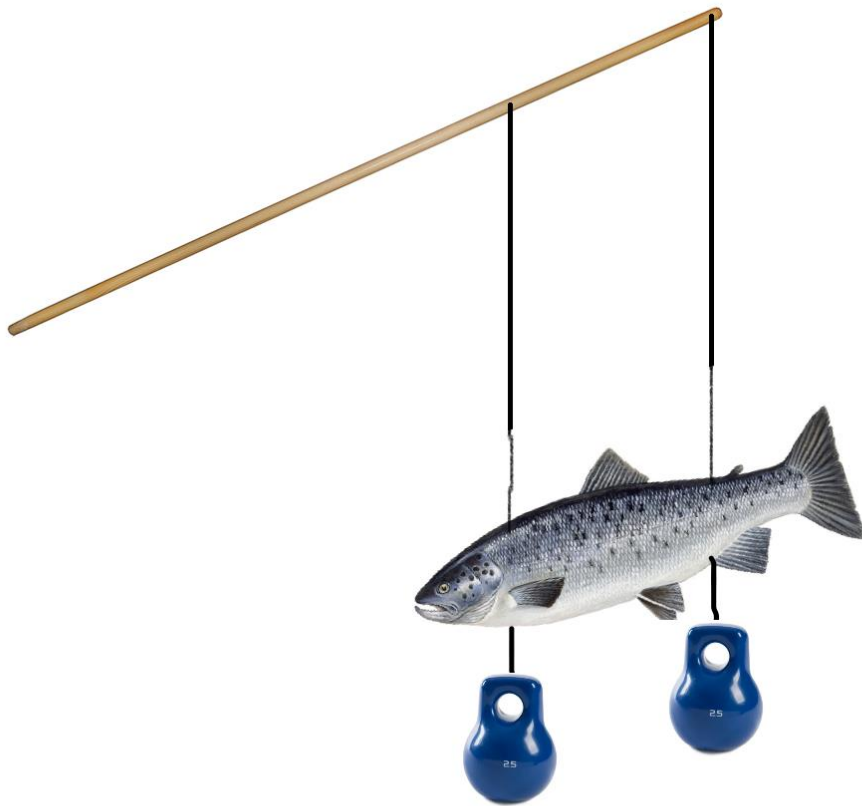
ca 1 m



ca 2 m



Vedlegg 4 – Fiskerigg



## Vedlegg 5 – Registreringer og estimering

Merd	Dato	Fisk	Dybde i m	Temp	Student (1)			Student (2)			Student (3)			Diff 1 og 2	Diff 2 og 3	Diff 1 og 3	Est snitt	Est vekt
					Piksler ML	Piksler lengde	Est (1)	Piksler ML	Piksler lengde	Est (2)	Piksler ML	Piksler lengde	Est (3)					
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.24.24	22	14	13	300,1	57,71	13	302,1	58,10	12	302,5	63,02	-0,38	-4,92	-5,31	59,61	2334,53
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.25.53	23	14	13	331,4	63,73	13	331,8	63,81	13	334,5	64,33	-0,08	-0,52	-0,60	63,96	2888,06
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.26.49	22	14	11	306,7	69,70	11	313,5	71,25	11	310	70,45	-1,55	0,80	-0,75	70,47	3872,48
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.47.38	30	14	13	443,2	85,23	13	448,2	86,19	13	455,2	87,54	-0,96	-1,35	-2,31	86,32	7151,90
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.48.06	30	14	15	412	68,67	16	412	64,38	15	415,2	69,20	4,29	-4,82	-0,53	67,41	3386,67
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.48.13	30	14	22	638,9	72,60	21	643,6	76,62	21	638,4	76,00	-4,02	0,62	-3,40	75,07	4689,23
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.48.52	33	14	22	841	95,57	22	841,4	95,61	22	847,7	96,33	-0,05	-0,72	-0,76	95,84	9812,10
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.49.02	33	14	11	335,2	76,18	11	337,3	76,66	10	339	84,75	-0,48	-8,09	-8,57	79,20	5512,07
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.49.30	30	14	22	747,6	84,95	22	756,6	85,98	21	750,7	89,37	-1,02	-3,39	-4,41	86,77	7264,34
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.49.37	31	14	21	637,7	75,92	21	638,7	76,04	21	643,5	76,61	-0,12	-0,57	-0,69	76,19	4902,56
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.49.42	31	14	23	694,8	75,52	23	696,7	75,73	23	699,8	76,07	-0,21	-0,34	-0,54	75,77	4822,30
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.49.47	31	14	18	532,4	73,94	18	535,4	74,36	18	540,1	75,01	-0,42	-0,65	-1,07	74,44	4570,51
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.49.55	31	14	13	399,3	76,79	13	402,1	77,33	13	399,4	76,81	-0,54	0,52	-0,02	76,97	5057,47
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.51.08	28	14	18	527	73,19	19	529,2	69,63	18	533,2	74,06	3,56	-4,42	-0,86	72,29	4183,61
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.51.40	27	14	19	473,6	62,32	19	474,5	62,43	19	479	63,03	-0,12	-0,59	-0,71	62,59	2705,93
M26	13.10.2020	Skjermbilde 2021-02-23 kl. 11.51.52	27	14	14	339,1	60,55	14	339	60,54	14	341,7	61,02	0,02	-0,48	-0,46	60,70	2466,37
M24	13.10.2020	Skjembilde 2021-03-02 kl. 12.19.20	34	14	7	282,8	101,00	8	284,8	89,00	7	289,8	103,50	12,00	-14,50	-2,50	97,83	10443,21
M24	13.10.2020	Skjembilde 2021-03-02 kl. 12.20.11	27	14	12	358,2	74,63	9	257,7	71,58	12	363,3	75,69	3,04	-4,10	-1,06	73,97	4482,98

M24	13.10.2020	Skjembilde 2021-03-02 kl. 12.20.17	27	14	12	339,2	70,67	9	245,2	68,11	12	340,2	70,88	2,56	-2,76	-0,21	69,88	3776,02
M26	09.11.2020	1.png	13	13	17	429,6	63,18	18	425,2	59,06	18	404,3	56,15	4,12	2,90	7,02	59,46	2317,06
M26	09.11.2020	2.png	9,5	13	19	284,7	37,46	19	291,5	38,36	19	290	38,16	-0,89	0,20	-0,70	37,99	597,92
M26	09.11.2020	3.png	16	13	28	529,7	47,29	28	534,7	47,74	28	536	47,86	-0,45	-0,12	-0,56	47,63	1184,68
M26	09.11.2020	4.png	16	13	19	466,4	61,37	19	469,8	61,82	19	465	61,18	-0,45	0,63	0,18	61,46	2560,14
M26	09.11.2020	5.png	15	13	23	440,9	47,92	22	448,1	50,92	23	447	48,59	-3,00	2,33	-0,66	49,14	1302,15
M26	09.11.2020	6.png	14	13	26	720,3	69,26	26	724,9	69,70	26	725,8	69,79	-0,44	-0,09	-0,53	69,58	3727,07
M26	09.11.2020	7.png	13	13	15	329,8	54,97	16	329,5	51,48	16	328	51,25	3,48	0,23	3,72	52,57	1596,22
M26	09.11.2020	8.png	14	13	13	386,1	74,25	13	379	72,88	13	395	75,96	1,37	-3,08	-1,71	74,37	4556,71
M26	09.11.2020	9.png	14	13	28	396,9	35,44	27	404,6	37,46	27	405,2	37,52	-2,03	-0,06	-2,08	36,81	543,30
M24	09.11.2020	1.png	30	13	17	494,6	72,74	18	498,4	69,22	18	498	69,17	3,51	0,06	3,57	70,37	3856,73
M24	09.11.2020	2.png	30	13	11	380,1	86,39	11	378,8	86,09	11	381	86,59	0,30	-0,50	-0,20	86,36	7160,81
M24	09.11.2020	3.png	30	13	14	479,9	85,70	15	481,2	80,20	15	485	80,83	5,50	-0,63	4,86	82,24	6178,46
M24	09.11.2020	4.png	30	13	13	384,8	74,00	13	378,5	72,79	13	355	68,27	1,21	4,52	5,73	71,69	4078,12
M24	09.11.2020	5.png	29	13	17	614	90,29	18	606,6	84,25	17	588	86,47	6,04	-2,22	3,82	87,00	7324,74
M24	09.11.2020	6.png	29	13	8	302,2	94,44	8	303,5	94,84	7	306	109,29	-0,41	-14,44	-14,85	99,52	10997,96
M24	09.11.2020	7.png	29	13	27	789,4	73,09	27	836,3	77,44	26	804	77,31	-4,34	0,13	-4,22	75,95	4855,75
M24	09.11.2020	8.png	28	13	13	434	83,46	14	433,5	77,41	14	437	78,04	6,05	-0,63	5,43	79,64	5604,99
M24	09.11.2020	9.png	28	13	15	447,4	74,57	12	321,8	67,04	12	327	68,13	7,52	-1,08	6,44	69,91	3780,41
M24	09.11.2020	10.png	27	13	28	747,7	66,76	28	663	59,20	28	563,7	50,33	7,56	8,87	16,43	58,76	2235,59
M24	09.11.2020	11.png	27	13	28	637,5	56,92	18	571,7	79,40	17	567	83,38	-22,48	-3,98	-26,46	73,23	4350,46



M24	09.11.2020	12.png	25	13	16	530,6	82,91	14	423,1	75,55	15	428,5	71,42	7,35	4,14	11,49	76,63	4988,48
M24	09.11.2020	13.png	25	13	15	422,3	70,38	25	749,2	74,92	24	749	78,02	-4,54	-3,10	-7,64	74,44	4570,80
M24	09.11.2020	14.png	24	13	24	752,2	78,35	15	393,1	65,52	14	401	71,61	12,84	-6,09	6,75	71,83	4102,27
M24	09.11.2020	15.png	21	13	19	605,1	79,62	14	396,5	70,80	14	386,8	69,07	8,81	1,73	10,55	73,16	4337,82
M24	09.11.2020	16.png	29	13	19	407,7	53,64	18	567,1	78,76	18	579	80,42	-25,12	-1,65	-26,77	70,94	3951,46
M24	09.11.2020	17.png	29	13	15	404	67,33	25	686,4	68,64	26	679	65,29	-1,31	3,35	2,04	67,09	3337,29
M24	09.11.2020	18.png	29	13	26	675,4	64,94	10	369	92,25	11	371,4	84,41	-27,31	7,84	-19,47	80,53	5798,25
M24	09.11.2020	19.png	32	13	11	368,9	83,84	18	522,1	72,51	18	492,3	68,38	11,33	4,14	15,47	74,91	4658,35
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.29.27	19	12	32	719,8	56,23	32	739,8	57,80	32	716	55,94	-1,56	1,86	0,30	56,66	2002,03
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.29.38	20	12	19	316,2	41,61	19	318,2	41,87	19	340	44,74	-0,26	-2,87	-3,13	42,74	853,53
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.30.23	20	12	12	294,4	61,33	12	219	45,63	12	291,8	60,79	15,71	-15,17	0,54	55,92	1924,05
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.30.30	20	12	13	342,6	65,88	13	348,1	66,94	13	339,1	65,21	-1,06	1,73	0,67	66,01	3178,28
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.30.36	20	12	12	268,3	55,90	12	273,4	56,96	11	274,4	62,36	-1,06	-5,41	-6,47	58,41	2194,89
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.30.47	20	12	12	324,4	67,58	12	328,7	68,48	12	331,9	69,15	-0,90	-0,67	-1,56	68,40	3539,13
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.30.56	19	12	18	344,1	47,79	18	450,8	62,61	18	333,2	46,28	-14,82	16,33	1,51	52,23	1565,19
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.31.06	19	12	19	421,7	55,49	19	455	59,87	19	427,4	56,24	-4,38	3,63	-0,75	57,20	2060,41
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.31.20	19	12	17	414,5	60,96	16	504	78,75	17	463	68,09	-17,79	10,66	-7,13	69,26	3675,70
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.31.24	19	12	19	504,1	66,33	19	506,2	66,61	19	517	68,03	-0,28	-1,42	-1,70	66,99	3322,21
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.31.32	19	12	20	489,7	61,21	21	481,5	57,32	21	493,2	58,71	3,89	-1,39	2,50	59,08	2272,70
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.31.36	19	12	28	592,8	52,93	29	603	51,98	28	610	54,46	0,95	-2,48	-1,54	53,13	1648,03
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.32.20	17	12	15	316,6	52,77	14	325,7	58,16	14	324,5	57,95	-5,39	0,21	-5,18	56,29	1963,29
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.32.40	19	12	19	448	58,95	19	596,4	78,47	19	505,7	66,54	-19,53	11,93	-7,59	67,99	3474,45

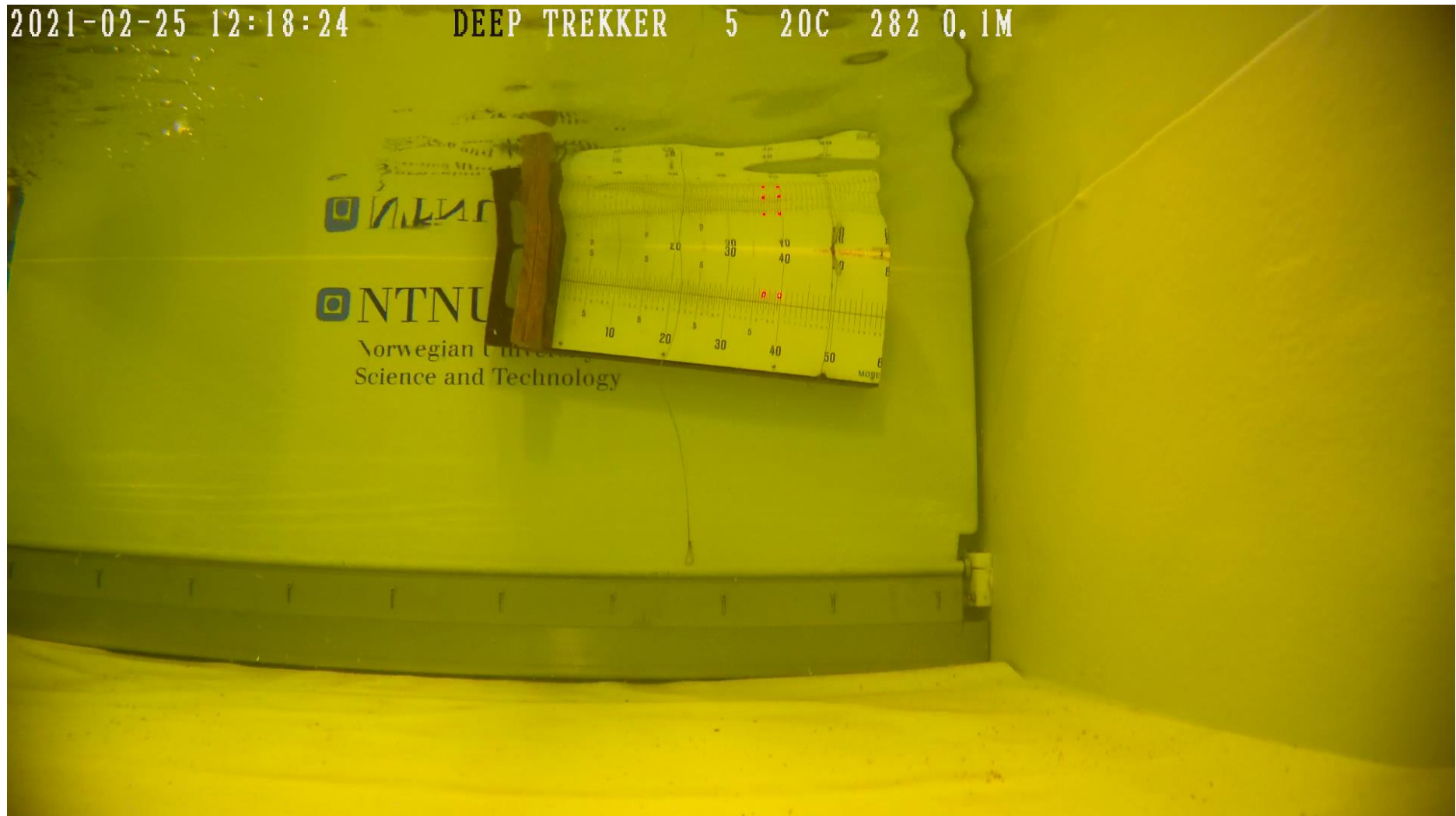
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.32.51	19	12	21	520,5	61,96	21	597,5	71,13			66,55	-9,17	4,58	-4,58	66,55	3256,78
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.32.59	18	12	24	623,5	64,95	24	590,2	61,48	24	584	60,83	3,47	0,65	4,11	62,42	2683,51
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.33.08	18	12	22	527,3	59,92	22	533,1	60,58	22	542,7	61,67	-0,66	-1,09	-1,75	60,72	2468,96
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.34.40	20	12	20	456,1	57,01	20	458,1	57,26	20	461	57,63	-0,25	-0,36	-0,61	57,30	2071,61
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.34.46	20	12	27	800,8	74,15	28	790,7	70,60	27	784,1	72,60	3,55	-2,00	1,55	72,45	4210,88
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.34.53	20	12	20	548,8	68,60	20	554,8	69,35	20	553,8	69,23	-0,75	0,13	-0,63	69,06	3642,69
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.35.03	20	12	18	438,3	60,88	18	456,2	63,36	18	449,2	62,39	-2,49	0,97	-1,51	62,21	2656,07
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.35.18	19	12	16	369,9	57,80	16	425,7	66,52	16	422,7	66,05	-8,72	0,47	-8,25	63,45	2820,05
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.35.44	19	12	23	650,5	70,71	24	644,2	67,10	23	684	74,35	3,60	-7,24	-3,64	70,72	3914,14
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.35.59	19	12	18	524,7	72,88	19	456,9	60,12	19	528,2	69,50	12,76	-9,38	3,38	67,50	3399,43
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.36.08	19	12	22	463,6	52,68	22	436,9	49,65	22	468,5	53,24	3,03	-3,59	-0,56	51,86	1531,83
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.36.14	18	12	18	458,4	63,67	18	457,1	63,49	18	458,1	63,63	0,18	-0,14	0,04	63,59	2838,84
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.36.17	18	12	21	443,6	52,81	22	523,1	59,44	22	512	58,18	-6,63	1,26	-5,37	56,81	2018,67
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.36.23	18	12	22	579,8	65,89	22	588,2	66,84	23	577,8	62,80	-0,95	4,04	3,08	65,18	3058,18
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.36.30	18	12	25	592,1	59,21	25	717	71,70	25	730,8	73,08	-12,49	-1,38	-13,87	68,00	3475,97
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.36.56	16	12	15	358	59,67	15	378,3	63,05	14	377,1	67,34	-3,38	-4,29	-7,67	63,35	2806,48
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.37.23	19	12	24	590,4	61,50	24	591,8	61,65	24	594,1	61,89	-0,15	-0,24	-0,39	61,68	2588,07
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.37.37	18	12	30	869,7	72,48	30	875,9	72,99	30	880,9	73,41	-0,52	-0,42	-0,93	72,96	4300,96
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.37.42	18	12	26	730,3	70,22	26	733,2	70,50	26	741,6	71,31	-0,28	-0,81	-1,09	70,68	3906,91
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.37.47	18	12	19	608	80,00	19	606	79,74	19	619,3	81,49	0,26	-1,75	-1,49	80,41	5770,88
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.37.52	18	12	21	682,8	81,29	20	669,8	83,73	21	684,8	81,52	-2,44	2,20	-0,24	82,18	6163,69
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.37.56	18	12	25	671	67,10	26	679	65,29	25	680	68,00	1,81	-2,71	-0,90	66,80	3293,70

M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.38.25	19	12	12	301,3	62,77	12	304	63,33	12	307,1	63,98	-0,56	-0,65	-1,21	63,36	2807,71
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 10.38.42	20	12	24	745,3	77,64	24	742,1	77,30	24	753,5	78,49	0,33	-1,19	-0,85	77,81	5225,12
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 11.19.48	19	12	24	758	78,96	24	746,3	77,74	24	762,8	79,46	1,22	-1,72	-0,50	78,72	5412,04
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 11.20.51	15	12	25	560,4	56,04	25	567,3	56,73	25	573,2	57,32	-0,69	-0,59	-1,28	56,70	2006,35
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 11.21.05	15	12	31	909,3	73,33	31	925,2	74,61	31	917,7	74,01	-1,28	0,60	-0,68	73,98	4486,39
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 11.21.15	15	12	22	582,6	66,20	22	581,6	66,09	23	584,6	63,54	0,11	2,55	2,66	65,28	3072,73
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 11.21.38	13	12	24	666,7	69,45	24	677,7	70,59	24	671,5	69,95	-1,15	0,65	-0,50	70,00	3794,39
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 11.22.17	13	12	17	375	55,15	16	379,6	59,31	17	384,9	56,60	-4,17	2,71	-1,46	57,02	2041,24
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 11.23.03	13	12	45	1292	71,78	45	1284	71,33	44	1310,3	74,45	0,44	-3,12	-2,67	72,52	4223,30
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 11.23.43	17	12	15	352,3	58,72	15	347,6	57,93	15	353,3	58,88	0,78	-0,95	-0,17	58,51	2206,86
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 11.26.59	30	12	13	470,6	90,50	13	474,4	91,23	13	475,5	91,44	-0,73	-0,21	-0,94	91,06	8405,85
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 11.28.05	27	12	12	358	74,58	12	360	75,00	12	361	75,21	-0,42	-0,21	-0,63	74,93	4662,23
M14	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 11.28.13	27	12	12	515,1	107,31	12	518,9	108,10	12	522,4	108,83	-0,79	-0,73	-1,52	108,08	14114,96
M15	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 12.12.40	15	10	19	484,4	63,74	14	338,7	60,48	20	488,9	61,11	3,25	-0,63	2,62	61,78	2600,79
M15	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 12.12.59	16	10	23	565,2	61,43	16	410,6	64,16	23	572,4	62,22	-2,72	1,94	-0,78	62,60	2707,32
M15	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 12.13.03	16	10	30	857	71,42	22	613,5	69,72	31	862	69,52	1,70	0,20	1,90	70,22	3830,52
M15	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 12.13.28	15	11	24	618,9	64,47	17	445,2	65,47	25	623,7	62,37	-1,00	3,10	2,10	64,10	2908,31
M15	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 12.13.44	15	11	21	550,6	65,55	15	405,2	67,53	21	542,4	64,57	-1,99	2,96	0,98	65,88	3159,58
M15	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 12.13.54	15	11	23	560,5	60,92	17	408,1	60,01	23	531,5	57,77	0,91	2,24	3,15	59,57	2329,87
M15	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 12.15.00	16	11	18	426,8	59,28	13	310,9	59,79	19	434,9	57,22	-0,51	2,56	2,05	58,76	2235,75
M15	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 12.15.08	16	11	16	513,9	80,30	11	371,8	84,50	16	436	68,13	-4,20	16,38	12,17	77,64	5191,00
M15	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 12.15.43	15	11	28	796,7	71,13	20	572,6	71,58	28	794,4	70,93	-0,44	0,65	0,21	71,21	3997,23

M15	27.11.2020	Skjerm bilde 2021-03-02 kl. 12.15.51	15	11	18	475,8	66,08	13	343,3	66,02	17	482,9	71,01	0,06	-5,00	-4,93	67,71	3431,20
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.29.17	19	12	14	469,7	83,88	14	450,1	80,38	14	476,3	85,05	3,50	-4,68	-1,18	83,10	6375,41
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.31.06	17	12	16	343	53,59	15	346,7	57,78	16	317,4	49,59	-4,19	8,19	4,00	53,66	1698,41
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.32.29	15	12	14	407,9	72,84	13	391,2	75,23	13	304,8	58,62	-2,39	16,62	14,22	68,90	3616,72
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.33.34	15	12	12	357,4	74,46	12	340,3	70,90	12	303,8	63,29	3,56	7,60	11,17	69,55	3721,45
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.33.38	19	12	12	363,9	75,81	12	345,2	71,92	12	368,1	76,69	3,90	-4,77	-0,88	74,81	4638,75
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.34.14	19	12	15	391,4	65,23	14	384,4	68,64	15	393,7	65,62	-3,41	3,03	-0,38	66,50	3249,38
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.34.37	19	12	23	599	65,11	22	554,3	62,99	23	612,2	66,54	2,12	-3,55	-1,43	64,88	3016,24
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.36.15	19	12	20	389,1	48,64	19	466,3	61,36	20	455,8	56,98	-12,72	4,38	-8,34	55,66	1897,04
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.37.16	19	12	20	284,3	35,54	19	360,9	47,49	19	266,4	35,05	-11,95	12,43	0,48	39,36	665,42
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.38.23	18	12	20	525	65,63	19	525	69,08	19	607,1	79,88	-3,45	-10,80	-14,26	71,53	4051,11
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.39.02	18	12	11	237,9	54,07	11	269,8	61,32	11	282,3	64,16	-7,25	-2,84	-10,09	59,85	2362,94
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.39.56	21	12	12	460,4	95,92	12	458,9	95,60	13	465,6	89,54	0,31	6,07	6,38	93,69	9161,28
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.40.59	21	12	16	527	82,34	16	528,1	82,52	16	529,3	82,70	-0,17	-0,19	-0,36	82,52	6241,73
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.41.10	21	12	10	257,3	64,33	10	278,4	69,60	10	279,7	69,93	-5,27	-0,33	-5,60	67,95	3468,76
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.41.18	21	12	11	269,4	61,23	11	272	61,82	11	281,3	63,93	-0,59	-2,11	-2,70	62,33	2671,26
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.41.52	19	12	10	259,9	64,98	10	255,5	63,88	10	262	65,50	1,10	-1,63	-0,53	64,78	3002,64
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.42.00	19	12	14	385	68,75	14	385	68,75	14	387,9	69,27	0,00	-0,52	-0,52	68,92	3621,08
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.42.24	19	12	15	506	84,33	15	500,4	83,40	15	480	80,00	0,93	3,40	4,33	82,58	6254,76
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.42.31	18	12	14	295,8	52,82	14	407,2	72,71	14	298,4	53,29	-19,89	19,43	-0,46	59,61	2334,25
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.42.49	18	12	21	572,6	68,17	21	564,2	67,17	21	569,8	67,83	1,00	-0,67	0,33	67,72	3433,72
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.43.39	19	12	7	202,5	72,32	7	202,1	72,18	7	205,1	73,25	0,14	-1,07	-0,93	72,58	4234,47

M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.44.49	22	12	15	464,3	77,38	15	437,4	72,90	15	359,6	59,93	4,48	12,97	17,45	70,07	3806,81
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.45.00	22	12	15	326,5	54,42	15	362,9	60,48	15	335	55,83	-6,07	4,65	-1,42	56,91	2029,39
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.46.37	18	12	10	337,3	84,33	10	338	84,50	10	339	84,75	-0,17	-0,25	-0,42	84,53	6711,47
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.48.07	16	12	14	409	73,04	14	397,2	70,93	15	413,5	68,92	2,11	2,01	4,12	70,96	3954,58
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.48.24	17	12	17	512,4	75,35	17	502	73,82	17	493,1	72,51	1,53	1,31	2,84	73,90	4470,49
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.48.33	17	12	23	622,5	67,66	23	630,6	68,54	23	634,6	68,98	-0,88	-0,43	-1,32	68,39	3537,90
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.49.06	20	12	13		75,89	13	360,3	69,29	13	429	82,50	6,61	-13,21	-6,61	75,89	4845,91
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.49.26	20	12	12	216,4	45,08	12	216,1	45,02	12	222,4	46,33	0,06	-1,31	-1,25	45,48	1030,13
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.49.38	20	12	14	357,3	63,80	14	380,4	67,93	14	384,1	68,59	-4,13	-0,66	-4,79	66,77	3290,37
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.49.57	19	12	12	360,1	75,02	12	355,1	73,98	12	367,1	76,48	1,04	-2,50	-1,46	75,16	4705,48
M14	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.51.37	19	12	10	256,6	64,15	9	259,6	72,11	9	261	72,50	-7,96	-0,39	-8,35	69,59	3727,67
M15	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.44.48	13	10	12	269,9	56,23	11	259,5	58,98	12	277,1	57,73	-2,75	1,25	-1,50	57,65	2109,58
M15	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.45.05	12	10	17	383,6	56,41	16	368,1	57,52	17	386,6	56,85	-1,10	0,66	-0,44	56,93	2031,08
M15	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.46.30	9	10	35	901,8	64,41	33	867,9	65,75	35	914,3	65,31	-1,34	0,44	-0,89	65,16	3055,33
M15	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.47.16	8	11	26	648	62,31	24	620	64,58	26	653	62,79	-2,28	1,79	-0,48	63,23	2789,71
M15	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.50.11	22	12	14	454,5	81,16	14	439,6	78,50	14	464,4	82,93	2,66	-4,43	-1,77	80,86	5870,24
M15	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.50.31	22	12	6	213,8	89,08	6	203,9	84,96	6	217,8	90,75	4,13	-5,79	-1,67	88,26	7649,95
M15	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.50.50	22	12	9	302	83,89	9	292,3	81,19	10	312,4	78,10	2,69	3,09	5,79	81,06	5913,81
M15	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.51.37	27	12	8	303,3	94,78	8	293,9	91,84	8	310,5	97,03	2,94	-5,19	-2,25	94,55	9419,64
M26	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.58.35	4	11	13	297	57,12	12	287,3	59,85	13	308,5	59,33	-2,74	0,53	-2,21	58,77	2236,00
M26	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.59.17	4	11	13	295,1	56,75	12	280,9	58,52	13	300,8	57,85	-1,77	0,67	-1,10	57,71	2116,28
M26	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.59.29	4	11	14	362,2	64,68	14	347,7	62,09	14	365,5	65,27	2,59	-3,18	-0,59	64,01	2895,82
M26	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 10.59.29	4	11	14	362,2	64,68	14	347,7	62,09	14	365,5	65,27	2,59	-3,18	-0,59	64,01	2895,82
M26	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.02.57	16	11	15	336,5	56,08	16	322,4	50,38	16	343,6	53,69	5,71	-3,31	2,40	53,38	1672,23
M26	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.05.39	21	12	10	210,1	52,53	10	201,7	50,43	11	212,1	48,20	2,10	2,22	4,32	50,38	1404,15
M26	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.06.27	24	12	13	467,9	89,98	12	429,8	89,54	13	458,8	88,23	0,44	1,31	1,75	89,25	7911,61
M26	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.08.32	20	12	27	660,6	61,17	26	646,6	62,17	27	680,6	63,02	-1,01	-0,85	-1,85	62,12	2644,61
M26	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.10.16	22	12	17	468,7	68,93	16	457,7	71,52	17	484,2	71,21	-2,59	0,31	-2,28	70,55	3885,73
M26	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.11.03	24	12	13	344,5	66,25	12	330,5	68,85	13	353,5	67,98	-2,60	0,87	-1,73	67,69	3429,55
M26	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.11.12	24	12	22	564,1	64,10	22	550,8	62,59	23	578,1	62,84	1,51	-0,25	1,27	63,18	2783,07
M26	18.12.2020	Skjerm bilde 2021-02-09 kl. 11.12.12	22	12	9	247,8	68,83	9	239,6	66,56	9	250,8	69,67	2,28	-3,11	-0,83	68,35	3531,16
							67,88			68,63			68,58	-0,75	0,05	-0,70	68,36	3533,21
																		3854,36

Vedlegg 6 – Treplate brukt i tank



Vedlegg 7 – Oppsett av temperaturkalibrering



Temperaturmåleren YSI ProDSS Multiparameter Water Quality

Akvariepumpe

ROV

Vedlegg 8 – Testing i Towing Tank Lab





