



Høgskulen
på Vestlandet

BACHELOROPPGAVE

Vekstanalyse av *Saccharina latissima* ved Osland Havbruk i Sognefjorden.

Anders Blaasvær, Simen Muhle Steen Jensen, Marcus Stenby Johansen.

Fornybar energi.
FIN/HVL/Fornybar Energi.
Torbjørn Dale.
04.06.18.

Vi bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle

kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 10.

Innholdsfortegnelse

Forord:	4
Abstract:.....	5
Sammendrag:.....	8
Kapittel 1: Innledning.....	11
Kapittel 2: Teori.....	15
2.1 IMTA.....	15
2.2 Prosjekt: TARELAKS	17
2.3 Makroalger.....	18
2.4 Saccharina latissima	19
Kapittel 3: Metode og materiale.....	22
3.1 Oppgavetype og design.....	22
HMS.....	22
3.2 Stasjonsbeskrivelse	22
3.3 Gjennomføring av datainnsamling.....	26
3.4 Etterarbeid på laboratorium	33
3.5 Utregninger	43
Kapittel 4: Resultater	46
4.1 Tidevannsforhold	46
4.2. Strømmålinger	47
4.3 Måling av secchi-dyp.....	49
4.4 Sjøtemperatur	50
4.5. Salinitet	53
4.6. Tetthet	56
4.7. Klorofyll, Partikkelinnhold og Algekonsentrasjon.....	59
4.8 Mikroalger (planteplankton).....	62
4.9 Oksygen.....	65
4.10 pH-målinger	67
4.11 Næringssalter	68
4.12 Lengde- og breddemålinger for bladvekst.....	68
4.13 Sukkertarens sammensetning av vann, glødetap og aske	71
4.14 Biomassevekst.....	74

Kapittel 5: Diskusjon	75
5.1 Feilkilder.....	75
5.1.2 Hydrografimålinger	75
5.1.2 Tareprøver.....	77
5.2 Diskusjon av resultater.....	78
5.2.1 Hydrografimålinger	78
5.2.2 Tareprøver.....	90
Kapittel 6: Konklusjon	96
Kapittel 7: Kildekritikk	97
8. Referanser:.....	98
Vedlegg-Appendix:.....	105
Appendix 1: Hydrografimålinger.....	105
Appendix 2: Lengde- og breddemålinger for bladvekst.....	122
Appendix 3: Sukkertarens sammensetning av vann, glødetap og askeinnhold	125
Appendix 4: Biomassevekt.....	129
Appendix 5: Næringssalter.....	131

Forord:

Dette er en bachelor oppgave i fornybar energi gjennomført i regi av Høgskulen på Vestlandet (HVL). Bacheloroppgaven tilsvarer 20 studiepoeng per kandidat.

Først vil vi gi en stor takk til vår veileder førsteamanuensis Torbjørn Dale for mye god faglig kunnskap, og ikke minst for all veiledning i riktig retning og all bistand vi har fått gjennom hele bacheloroppgaven.

Høgskulen har stilt med varebil til rådighet som har gjort det mulig for oss å gjennomføre nødvendig transport, og vi vil gjerne takke for lån av den.

Takk til Osland Havbruk AS og Møreforskning AS for tilgang til deres kultiveringsanlegg i Bjordal, og en takk til Johnny Kalstad, Eva Ynnesdal og Erik Osland for samarbeidet.

Vi vil også takke masterstudent og turnuskandidat ved HVL, Guillimette Chapuy for godt samarbeid i denne bacheloroppgaven.

Til slutt vil vi takke Sogn og Fjordane fylkeskommune som gjorde det mulig å gjennomføre denne bacheloroppgaven ved hjelp av økonomisk bistand fra VRI-midler.

Abstract:

This is a growth analysis of the macroalgae *Saccharina latissima* (sugar kelp), where the cultivation of the algae has taken place in close proximity to a salmon farm in Fuglsetfjorden, a sidearm of Sognefjorden. This study was carried out in the period between February-May 2018 at Osland Havbruk AS's cultivation facility for sugar kelp, which is a test project funded by Møreforskning AS. The purpose of this bachelor's thesis is to find out whether growth conditions at Osland Havbruk AS's location are optimal, by comparing our results to other results from similar algae cultivation projects.

We performed a total of three sugar kelp collections during the research period. Hydrographic data was collected with each collection of algae. The range of hydrographic data included waterflow measurements, Secchi-depth, sea temperature, salinity, chlorophyll, particle content (turbidity), oxygen levels, pH values, and nutrients (nitrate-N, nitrite-N and phosphate). We measured the length and width of the sugar kelp on the second and third collection. We also measured the sugar kelp's wet weight, dry weight and ash weight. Based on those findings we calculated the average water content, combustion loss, ash content, and found the average energy content of each kelp sample.

Our hydrographic measurements of Fuglsetfjorden show that the waterflow was somewhere between 1-5 cm/s on both of our data collections of water flow on the 13th of February and the 2nd of May. The sea temperature was approximately 6 °C in February, 4 °C in March, and 7 °C in May. The concentration of particles was measured to be 0.1 FTU in February, and 0.25 in both March and May. The average salinity levels were approximately 32.5 ‰ in February, March, and May. When it comes to the nutrients values, the average value for nitrate-N was 0.0087 mg/l south of the fish farm and 0.0098 mg/l north of the fish farm. The average value for nitrite-N was <0.0005 mg/l both south and north of the fish farm. For phosphorus, the average value was 8.5 µg/l south of the fish farm, and 5.3 µg/l north of the fish farm.

After the second collection we found that the average water content of the sugar kelp was 92.50 %. The same collection found the average combustion loss to be 4.58 %, while the average ash content was 2.92 %. The average energy content was found to be 0.0744 kcal/kelp sample. With the third collection we found average water content of the sugar kelp at 89.03 %. We found the average combustion loss to be 6.86 %, and the average ash content to be 4.11 %. The average energy content was found to be 2.00 kcal/kelp sample.

The results show that from 13th of February to 24th of March (first growth period), the average growth length was 0.35 cm/24 hours. The average growth in width was measured at 0.07 cm/ 24 hours. From 24th of March to 2nd of May (second growth period), the average growth length was 0.84 cm/24 hours. The average growth in width was measured to be 0.12 cm/24 hours. These results gave us a length:width ratio of 5.04 for the first growth period, and ratio of 6.13 for the second growth period.

The algae's average growth in wet weight was also measured and estimated at 8.8 %/24 hours in the first growth period (13th of February to 24th of March). This number is an estimation because of an uncertain start value. In the second growth period (24th of March to 2nd of May) the average growth in wet weight was measured to be 7.35 %/24 hours, which is a decline of 1.45 %/24 hours relative to the first growth period.

Based on these results and data, we can see that Osland Havbruk AS's location for the algae cultivation project does not fall within the parameters set as a standard for what is considered for optimal algae cultivation. Our hydrographic measurements showed that the values for water flow in Fuglsetfjorden were lower than recommended for optimal growth. In addition, our measurements of the sea temperature were also lower than recommended for optimal growth. Therefore, we consider the location to be sub-optimal according to our data pertaining the sea temperature and rate of waterflow. On the other hand, the location showed to be more optimal when looking at the particle concentrations and salinity levels.

The purpose of this cultivation project is not to grow as much kelp as possible in the least amount of time, but rather an attempt to clean the fjord's ecosystem from nutrients polluting it. This is why we conclude that the growth conditions in Fuglsetfjorden are not 100 % optimal, but more than good enough to cultivate kelp as a part of an integrated multi-trophic aquaculture.

Sammendrag:

Dette er en vekstanalyse av makroalgen *Saccharina latissima* (sukkertare), hvor kultiveringen av algen har foregått i nærhet av et lakseoppdrett i Fuglsetfjorden, en sidearm av Sognefjorden. Studien ble gjennomført i perioden februar-mai 2018 ved Osland Havbruk AS sitt kultiveringsanlegg for sukkertare, som er et prøveprosjekt i regi av Møreforskning AS. Hensikten med denne bacheloroppgaven var å se på om vekstforholdene var optimale, ved å sammenligne våre resultater med resultater fra lignende tarekultiveringsprosjekter.

Vi utførte totalt tre innsamlinger av sukkertare i løpet av forsøksperioden. Det ble samlet inn hydrografiske data ved hver tareinnsamling. De hydrografiske dataene som ble samlet inn var vannstrømmålinger, siktdybde, sjøtemperatur, salinitet, klorofyll, partikkelinnhold (turbiditet), oksygeninnhold, pH-verdier, og næringssalter (nitrat-N, nitritt-N og fosfat). Vi målte lengde- og bredde av sukkertaren ved andre og tredje innsamling. Vi målte også sukkertarens våtvekt, tørrvekt og askevekt. Ut ifra dette har vi beregnet tares gjennomsnittlige vanninnhold, glødetap, askeinnhold og energiinnhold.

Våre hydrografi målinger av Fuglsetfjorden viser at strømhastigheten i Fuglsetfjorden ligger et sted mellom 1-5 cm/s ved våre målinger i 13.02.2018 og 02.05.18. Sjøtemperaturen lå på rundt 6 °C i februar, 4 °C i mars, og ca. 7 °C i mai. Partikkelkonsentrasjonen lå på 0,1 FTU i februar, og på 0,25 FTU i både mars og mai. Det gjennomsnittlige salinitetsnivået ligger på ca. 32,5 ‰ i februar, mars og mai. Når det kommer til verdiene for næringssalter var den gjennomsnittlige verdien for nitrat på 0,0087 mg/l sør for oppdrettsanlegget, og 0,0098 mg/l nord for oppdrettsanlegget. Gjennomsnittsverdien for nitritt var på <0,0005 mg/l både sør og nord for oppdrettsanlegget. For fosfor var gjennomsnittsverdien på 8,5 µg/l sør for oppdrettsanlegget, og på 5,3 µg/l nord for oppdrettsanlegget.

Ved andre innsamling lå det gjennomsnittlige vanninnholdet til taren på 92,50 %, det gjennomsnittlige glødetapet på 4,58 %, det gjennomsnittlige askeinnholdet på 2,92 %, og det gjennomsnittlige energiinnholdet på 0,0744 kcal/tareplante. Ved tredje innsamling lå det gjennomsnittlige vanninnholdet til taren på 89,03 %, det gjennomsnittlige glødetapet på 6,86 %, det gjennomsnittlige askeinnholdet på 4,11 %, og det gjennomsnittlige energiinnholdet på 2,00 kcal/tareplante.

Resultatene viser at i perioden 13. februar – 24. mars (første vekstperiode) var den gjennomsnittlige lengdeveksten på 0,35 cm/døgn. Den gjennomsnittlige breddeveksten målte vi til 0,07 cm/døgn. I perioden 24. mars - 02. mai (andre vekstperiode) var den gjennomsnittlige lengdeveksten 0,84 cm/døgn. Den gjennomsnittlige breddeveksten var 0,12 cm/døgn. Disse resultatene gir en lengde-bredde ratio for første vekstperiode på 5,04, og for andre vekstperiode på 6,13.

Algens gjennomsnittlige våtvekt ble også målt, og lå med en økning på 8,8 %/døgn den første vekstperioden (13. februar- 24.mars). Dette er et estimert tall (8,8 %) på grunn av en usikker startverdi. I den andre vekstperioden (24. mars-02. mai) lå den gjennomsnittlige våtvekten med en økning på 7,35 % per dag, som er en nedgang på 1,45 % i forhold til den første vekstperioden.

Ut i fra disse dataene og resultatene kan vi se at Osland Havbruk AS sin lokasjon for tare dyrkningsprosjekt ikke faller innenfor parameterne som kreves for en god tare dyrkningslokasjon. Våre hydrografiske målinger viste at våre strømningsmålinger var lavere enn det som var anbefalt for optimale vekstforhold, og i tillegg var våre målinger av sjøtemperatur også lavere enn det som er anbefalt for optimale vekstforhold. Derfor vurderer vi lokasjonen for å være suboptimal når det kommer til våre resultater av sjøtemperatur og strømshastighet. Lokasjonen var derimot mer optimal når det kom til partikkelkonsentrasjon og salinitet, da disse resultatene var godt innenfor alle anbefalinger for optimale vekstforhold.

Bakgrunnen med dette tare dyrkningsprosjektet er ikke å gro mest mulig tare på minst mulig tid, men heller et forsøk på å rense fjordens økosystem for forurensende næringsalter. Vi konkluderer med at vekstforholdene i Fuglsetfjorden ikke var 100 % optimale, men mer enn gode nok til å drive tarekultivering som en del av et integrert multitrofisk akvakultur.

Kapittel 1: Innledning.

Verdenssamfunnet står i dag overfor en rekke utfordringer som kan være med på å forme menneskehetens fremtid. Jordens befolkning har på de siste 65 årene økt fra 2,6 milliarder mennesker på til svimlende 7,3 milliarder mennesker, og det er spådd at jordens befolkning vil øke til ca. 11,2 milliarder når vi skriver år 2100 (United Nations, u.d. a). Med en befolkningsvekst i en så stor skala følger også mange andre problemer. Matmangel, tilgang på rent drikkevann og et økt globalt energibehov er kun noen av disse problemene.

Hvis man skal stole på prognosene for befolkningsvekst vil vi være 9 milliarder mennesker i 2050. For å kunne produsere nok mat til alle disse 9 milliardene er vi nødt til å øke matproduksjonen med hele 50 %, men klimaforandringer kan forårsake at mer enn 25 % av dagens matjord ikke lenger vil være dyrkbar (United Nations, u.d. b).

Når det kommer til drikkevann er dette grunnsteinen i all bærekraftig utvikling, og vann er også helt kritisk når det kommer til energi-, og matproduksjon, sunne økosystemer og generelt menneskelig eksistens. Allerede i dag er det 2,1 milliarder mennesker som lever uten tilgang til trygt administrerte drikkevannstjenester, og 4,5 milliarder mennesker mangler tilgang på trygt håndterte sanitære tjenester (United Nations, u.d.c).

Som sagt vil også det globale energibehovet øke i samsvar med veksten i økonomiene og befolkningene. I 2015 lå det totale globale energiforbruket på 575×10^{15} Btu (1 British thermal unit = 1055,0558 Joule), og det er spådd at det frem til år 2040 vil øke til 736×10^{15} Btu (International Energy Outlook 2017). Dette er en økning på hele 28 % på kun 25 år hvis vi skal tro på prognosene, og da har vi et enormt energi tomrom som er nødt til å fylles (International Energy Outlook/eia.gov, 2017).

I tillegg til dette står vi i dag overfor den kanskje største menneskeskapte klimaendringen, nemlig global oppvarming. Global oppvarming kommer som et resultat av ett økt forbruk av fossile brennstoff som olje, kull og gass, på en ikke-bærekraftig måte helt siden starten av den industrielle revolusjonen på begynnelsen av 1800-tallet. Konsekvensene av et slikt forbruk er utslipp av enorme mengder CO₂, og andre drivhusgasser i atmosfæren. Disse drivhusgassene

forekommer naturlig i vår atmosfære, og er essensielle for alt liv på denne planeten, ved at de forhindrer at all solstrålingen reflekteres ut av jordens atmosfære og holder på varmen, derav navnet drivhusgasser. Problemet oppstår når prosentdelen av drivhusgasser i atmosfæren blir for stor. Det er vitenskapelig bevist at konsentrasjonen av drivhusgasser i atmosfæren er direkte koblet til den gjennomsnittlige globale temperaturen (United Nations/IPCC Fifth Assessment Report, 2018).

Dette er problemer det globale samfunnet er nødt til å ta stilling til, og finne løsninger på så fort som mulig for å minske de potensielle negative globale effektene. Det store spørsmålet er da hvordan kan vi øke mat- og energiproduksjonen til en økende populasjon, når nesten all mat- og energiproduksjon vi benytter oss av i dag gir enorme mengder CO₂ utslipp.

Arbeidet med å løse disse problemene er allerede godt i gang uten at vi står igjen med noen klar fasit, men det er underforstått at verden er nødt til å gjennomgå en energiovergang. En overgang fra energikildene er i stor grad basert på fossilt brennstoff til bærekraftige energikilder som for eksempel vind-, solenergi og vannkraft, karbon-nøytral bioenergi. Disse energikildene blir ofte kalt fornybar energi. Et av disse tiltakene er Paris-avtalen, som ble vedtatt 12.12.2015 og trådte i kraft i 04.11.2016. Paris-avtalen er en internasjonal avtale som har som oppgave å begrense de globale klimaendringene, og har satt et mål om at den globale temperaturen ikke skal stige mer enn 2 °C, men helst under 1,5 °C (fn.no, 2018).

Dagens matproduksjon er som sagt også en stor bidragsyter når det kommer til utslipp av CO₂, metangass eller andre klimagasser, og det er beregnet at det globale landbruket står for ca. ¼ av de årlige totale klimagassutslippene på verdensbasis. Ut fra dette kan man forestille seg hvor store endringer som vil kreves for at det skal være mulig å gjøre mat- og energiproduksjonen i verden bærekraftig (epa.org. 2018/ IPCC, 2014).

En løsning på mange av disse problemene kan befinne seg rett foran nesen på oss, og dette er ikke en nyskapende løsning, men en løsning som menneskeheten med all sannsynlighet har benyttet seg av helt siden vår tid som jegere og samlere. En løsning som ikke krever store arealer med landjord, som ikke har nevneverdige klimagassutslipp, og som kan være en

bærekraftig kilde til både mat- og energiproduksjon i fremtiden, nemlig makroalger, eller tang og tare for å være mer eksakt.

I dag blir det på verdens basis både høstet naturlige forekomster av tang og tare, samtidig som det høstes enorme mengder som er dyrket i sammenheng med akvakultur. I Norge høstes det hovedsakelig på de naturlige forekomstene av stortare og grisetang. Hvert år høstes det ca. 130 000 - 180 000 tonn stortare i Norge, og det høstes rundt 10 ganger så mye stortare som det høstes grisetare. Denne høstingen er godt regulert og tilsvarer ikke mer enn 0,3 % av all stortare langs norskekysten (Fiskeridirektoratet, 2015).

Når det kommer til høsting av dyrket tang og tare, ble det i 2015 dyrket rund 30,5 millioner tonn globalt. I 2016 ble det i Norge dyrket tang og tare som tilsvarte ca. 60 tonn våtvekt, som er et svært lavt tall med tanke på det maksimale produksjonspotensialet som ligger på 60 000 tonn (Hancke et al. 2018). Globalt brukes det meste til humankonsum, men det brukes også til dyrefor, energi og gjødsling. Algene kan kultiveres til havs og til lands, alene eller sammen med eksisterende havbruk, men det mest optimale ville være kultivering sammen med f.eks. et fiskeoppdrett (Handå et al. 2009). Dette kalles for integrert multitrofisk akvakultur (IMTA).

Årsaken til at IMTA ses på som den beste løsning er det faktum at oppdrettsnæringen, nærmere bestemt fiskeoppdrett slipper ut store mengder næringssalter i form av nitrogen (nitrat og nitritt), fosfor og eksrement partikler gjennom fiskens avføring, urinstoff og avfallsstoff fra gjellene (NH_3). Dette er en næring i stor vekst. Fra 1994 til 2008 firedoblet produksjonen i oppdrettsnæringen seg, fra 220 000 tonn i 1994 til 820 000 tonn i 2008 (Husa et al. 2010). Samtidig økte utslippene av næringssalter med 20 % i samme periode. Dette kommer av endringer i sammensetningen på fiskeforet. Det er blitt mer planteoljer og mindre proteininnhold. I 1994 ble det sluppet ut omtrent 28 kg nitrogen og 4,6 kg oppløst fosfor per tonn produserte laksefisk. I 2008 var utslippene redusert til henholdsvis 10,3 kg nitrogen og 1,7 kg oppløst fosfor (Aure et al. 2010).

Det betyr at utslippene er fortsatt vesentlige. Når disse næringssaltene slippes ut i unaturlige store mengder, vil dette ha forurensende effekt på et økosystem, og dette er det vil kaller for en eutrofiering. Denne typen forurensning kan man nøytralisere ved å kultivere makro- eller mikroalger i nærheten av oppdrettsanlegget. Dette vil gjøre at disse overflødig næringssaltene, som ellers ville mett systemet, blir tatt opp og utnyttet av algene, og sørger for at algen får den næringen den trenger for å vokse optimalt.

Det er ikke alle som mener at makroalgens evne til å gjøre oppdrettsnæringen «grønnere» er dens virkelige verdi. Dette er i hovedsak statens tilnærming, mens oppdrettsnæringen ser kanskje istedenfor på dette som en mulighet til å kunne produsere mer fisk. Andre mener den virkelige verdien heller ligger i hva algen kan brukes til. Med andre ord hva man kan utnytte sluttresultatet av kultivering til. Her har vi utrolige mange forskjellige og spennende muligheter vi kan, og bør benytte oss av. Algene har flere forskjellige bruksområder. F.eks. kan den brukes som menneske- og dyrefor, gjødsling, raffineres om til bioetanol (Handå et al. 2009), og det eksperimenteres i dag om bruk av alger i produksjonen av bioplastikk (Jesus Diaz, 2017).

Andre bruksområder er innenfor næringsmiddel-, kosmetikk- og tekstilindustrien, legemiddelindustrien, DNA-forskning og DNA-teknologi, kunstige økosystemer/kunstige rev, og fjordrestaurering (Handå et al. 2009).

Osland Havbruk AS er et av disse selskapene som driver med fiskeoppdrett i Sognefjorden, og som ønsker å satse på IMTA. De har nyere tid startet opp et prøveprosjekt hvor de skal drifte et kultiveringsanlegg for sukkertare i nærheten av et oppdrettsanlegg for fisk. Dette syntes vi hørtes veldig interessant ut, og ønsket å se litt nærmere på dette prosjektet ved å undersøke vekstforholdene for sukkertare ved dette kultiveringsanlegget for å finne ut om dette prosjektet kunne la seg gjøre.

Kapittel 2: Teori

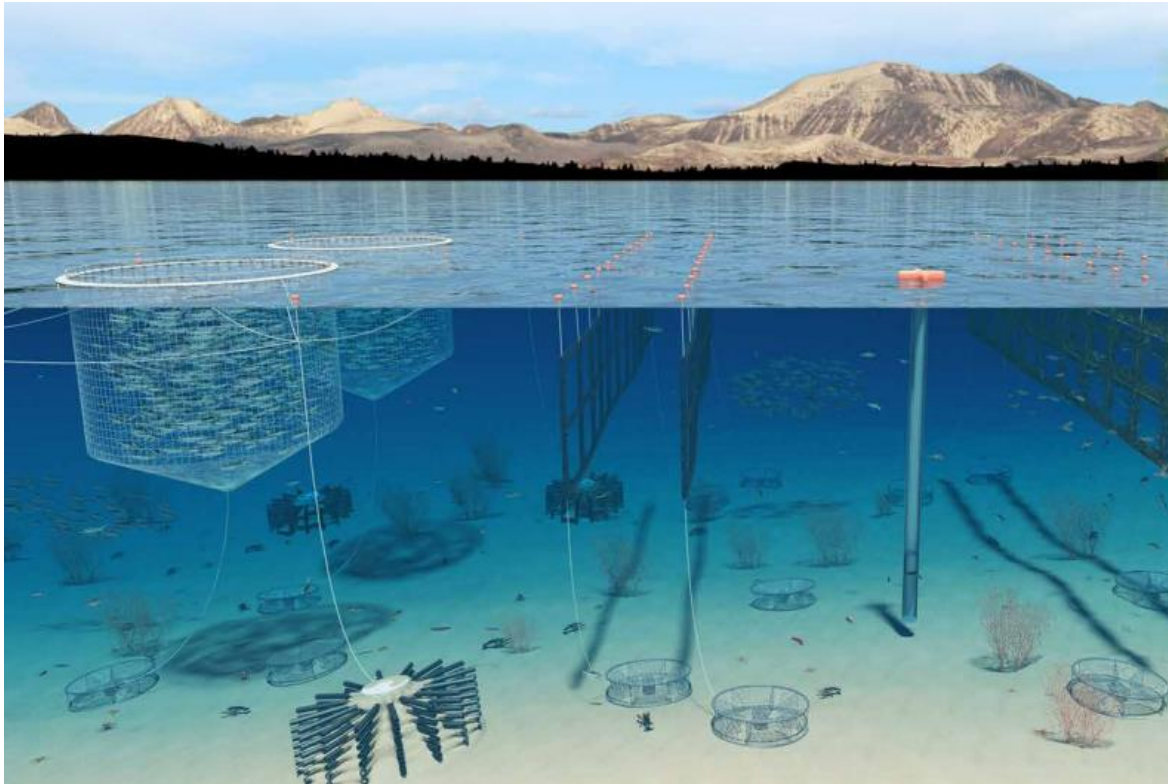
2.1 IMTA

Historien forteller at Integrerte multitrofiske akvakulturanlegg har blitt praktisert i lang tid, og gjerne i ferskvann og mindre laguner tilknyttet mye utslipp av avføring fra mennesker og dyr. Teknologien ble gradvis utviklet ved observasjon av hvilke tiltak som gav best resultat fra høsting (Wikipedia, 2018). Forskjellen frem til i dag er bevisstheten om at IMTA er en verdifull ressurs for bærekraftig industri i møte med populasjonsvekst og global oppvarming. Ved å supplementere fiskeoppdrett med dyrking av skjell og tare vil industrien vinne fordeler med statlige intensiver og flere inntektskilder. Parallelt med gode forretningsmuligheter vil IMTA ha store miljøvennlige gevinster.

Regjeringen i samarbeid med Det Kongelige -Nærings og fiskeridepartementet fremholder interessen for norsk havbruk og fiskerinæring som viktige satsningsområder for Norge inn i fremtiden. De fremmer forslag og tiltak som fokuserer på potensialet rundt økt næringsvirksomhet langs norskekysten. Forslagene publisert i PROP. 1 S kapittel 3 (forslag til stortingsvedtak) for budsjettåret 2017 - 2018 er skrevet etter rammer fra FNs klimamål og Norges visjon for konkurransekraft og verdiskapning, og dreier seg om grønnere havbruk, reduksjon av klimautslipp og satsing på dyrking av sjømat i havet. Den Norske regjeringen ser det som hensiktsmessig å satse på havbruk for å åpne for nye inntektskilder etter oljen. Regjeringen i samarbeid med tilhørende departementer og Innovasjon Norge, har som mål å øke tilskuddene til fornybar og bærekraftig gründervirksomhet til havs. Det skal også legges inn større incentiver for å forske på teknologi som gir effektiv og forutsigbar høsting. Målet er å være verdensledende for denne typen næring, eksempelvis ved å introdusere flere og bedre IMTA-anlegg langs norskekysten. (Det kongelige nærings og fiskeridepartement, 2017, del 3.)

Formålet med et IMTA-anlegg er ressursutnyttelse ved effektiv arealbruk og bruk av avfallsstoffer i en bærekraftig sirkulering for miljøvennlig produksjon av marin biomasse. Den høye konsentrasjonen av Nitrat (N), Fosfat (P), Urea (Urinstoff) og avføringspartikler fra fisk kan utnyttes som næringstilskudd for å øke produksjonsmengde- og hastighet til andre arter, eksempelvis til skjelldyr og tare (Jansen et al. 2015). Hvis IMTA- systemer skal ha

miljøgevinster er det viktig å redegjøre for hvilken variasjon av arter som kan dyrkes på gitt sted, ved å studere klima, flora og farvann. Det er avgjørende å opprettholde det naturlige økosystemet og ivareta naturlig næringsnett uten å introdusere nye arter. Som følge av dette vil IMTA ha en variert produksjon av artsmangfold på ulike plasser, men det er optimalt med tre arter for å balansere systemet (figur 1). (A. Handå, Sintef u.d.a)



Figur 1: Modell av et IMTA konsept med kultivering av 3 arter. (Leroy, NGO launch multi-trophic farming project [Bilde] 2013).

Det finnes mange forskjellige teknologiske løsninger for IMTA anlegg, hvorav de fleste typene kan kalles for tradisjonelle (figur 1). Anleggssystemene utvikles med hensikt om å optimalisere produksjonen for gitt område, og er avhengig av en skreddersydd utredning av lokasjonen. En utredning vil inneholde flere nøkkelfaktorer som vil indikere hvilke arter som kan kultiveres i et IMTA-anlegg og avgjøre produksjonsmengde. En forenklet forklaring:

1. Redegjørelse for utslippsmengden av organisk materiale, fosfor og nitrogenforbindelser fra fiskeavføring. Dette kan beregnes ved å se størrelsen på lakseproduksjonen. (Strand & Steen, 2011 s. 16-17)

2. Redegjøre for hvilke arter som er naturlige for økosystemet på lokasjonen. Det er viktig nevne at genetikk for havplanter er bevist til å variere ved en avstand på 10-15 km. (Miljødirektoratet, 2015)
3. Beregne retninger og styrken av havstrømmer og tidevann.
4. Vannprøver: PH-verdi (surhetsnivå), CTD (oksygen, temperatur, salinitet, tetthet, klorofyll og partikkelinnhold). Hensikten er å anskaffe informasjon om den naturlige vannkvaliteten.

Konsesjoner blir ikke gitt uten en detaljert og nøyaktig redegjørelse av disse forenklede forklaringene. Introdueringen av IMTA i Norsk havbruk vil ha mye å si for oppdrettsnæringen i fremtiden, da det blir vanskeligere å få konsesjoner ved regjeringens satsing på "grønnere oppdrettsnæring" (Sintef. u.d. b). Prosjekt TARELAKS ved Osland havbruk avdeling Bjønnsjøneset er et godt eksempel på en slik endring.

2.2 Prosjekt: TARELAKS

Den 14.09.15 sendte Osland Havbruk AS søknad om tillatelse til en forskningskonsesjon (FoU) av lakseoppdrett kombinert med tareproduksjon, IMTA, til Fiskeridirektoratet (Personlig kommunikasjon mellom Fylkesmannen Sogn og Fjordane. Saksframlegg om løyve til tare- og matfiskproduksjon, Osland Havbruk). Videre fremmet Fiskeridirektoratet søknaden til Fiskeridirektoratets Faglige Råd for Forskningstillatelser (FFRF) den 23.09.15.

Målet med søknaden var å se på mulighetene for produktiviteten og bærekraftigheten til et IMTA anlegg. Begrunnelsen er at det er nødvendig å redegjøre fordeler og ulemper med denne nye produksjonsformen før den kan oppnå en kommersiell skala i oppdrettsindustrien. Som følge av dette omfatter søknaden et forskningsprosjekt med formål om fremskaffe mer kunnskap av miljø - og produktivitetskonsekvenser av IMTA i fjorden. Prøveprosjektet vil også innebære en kunnskapstilnærming når det gjelder hvilke sikkerhetsrutiner, ansvarsområder og driftsmetoder som er nødvendig. Prosjektet for Osland havbruk ved Bjønnsjøneset, fikk navnet TARELAKS og løyve til å dyrke opp til 1000 tonn sukkertare fordelt på 100 dekar, årlig.

2.3 Makroalger

Makroalger, eller som folk flest kjenner det, tang og tare, finner vi i store mengder langs hele den norske kysten. Du finner dem i fjæra eller helt nede på mer enn 30 m dyp. Når vi omtaler noe som tang og tare kan vi i teorien snakke om tre ganske forskjellige plantearter, nemlig grønnalger, rødalger og brunalger. I Norge er det i dag kartlagt rundt 500 forskjellige arter av makroalger hvor de fleste er rød- og brunalger (Indergaard, 2010).

Disse makroalgene trives ved kysten, hvor vannet er grunt, og der det er steiner eller berggrunn de kan feste seg til, og i noen veldig få tilfeller i ferskvann. Årsaken til at de trives best i grunne farvann er at alger, som alle andre planter, behøver sollys for å kunne vokse. Så jo grunnere vannet er, desto mer lystilgang, og bedre vekstforhold til algen. Dette gjør at de med unntak også kan gro på langt dypere farvann hvis vannet er klart nok, slik at lystilgangen er optimal for algens vekst helt ned til 100 m (Indergaard, 2010).

Hvis vi skal skille tangen fra taren, kan vi si at tang er artene som lever i tidevannssonen på steiner eller lignende, mens tare stort sett kun lever under vann, eller under laveste tidevannsnivå (Indergaard, 2010).

Det som skiller disse tre makroalgegruppene er først og fremst de naturlige fargene hver enkelt alge har. Rødalger er røde på grunn av røde pigmenter som kalles fykobiliner (Store norske leksikon, 2009), brunalgene er brune på grunn av pigmenter kalt fukoxanthin (Rueness, 2015). Grønnalger mangler disse tilleggspigmentene og har derfor en grønn farge på grunn av pigmentet klorofyll (Rueness, 2014).

I tillegg kan man skille disse 3 gruppene fra hverandre ut ifra hvor de vokser og trives best. Brunalger er utbredt over hele verden og trives best i havet på grunne farvann tett ved land, som for eksempel i fjæra (Ruenes, 2015). Rødalger finner du også på lik linje med brunalger over hele verden. De fleste rødalgene er mest utbredt i havområder og jo varmere jo bedre, men det forekommer også noen få eksemplarer av rødalger i ferskvann (Store norske leksikon, 2009). Når det kommer til grønnalger, er det kun ca. 10 % av alle grønnalger som

vokser i vann og en stor andel av disse finner man i ferskvann (Rueness, 2014). Dette gjør at de skilles vesentlig fra både brun- og rødalger.

Den kjemiske oppbyggingen av tang og tare er blitt forsket på i Norge, eller i Trondheimsfjorden ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) for å være helt nøyaktig, siden 1950 tallet. Det meste av kunnskapen om norsk tang- og tarekjemi baserer seg på planter man finner i Trondheimsfjorden (Indergaard, 2010).

Makroalger består av mest karbohydrater, og det finnes en del forskjellige karbohydrater i tang og tare som for eksempel alginat, laminaran og mannitol. I tillegg inneholder makroalger litt proteiner og fettsyrer. Innholdet av disse i algen viser seg å være sesongbaserte. For eksempel er algens proteininnhold minst på høsten og størst på våren, mens innholdet av laminaran er størst på høsten og minst på våren. Det uorganiske innholdet i algene består hovedsakelig av mineraler som sink (Zn), jod (I), natrium (Na) og kalium (K) (Indergaard, 2010).

Den kjemiske sammensetningen hos tang og tare skiller seg også en del fra plantene som vokser på landjorden. Plantene på land har et vanninnhold på mellom 20-40 %, og et askeinnhold på ca. 10 % av tørrvekt. Alger har derimot et normalt vanninnhold på rundt 75-90 % og et askeinnhold på ca. 20-45 % av tørrvekten. En annen vesentlig forskjell er at alger ikke inneholder cellulose, som alle andre planter på landjorda stort sett består av. Algene har utviklet en annen type støttematerie som kalles for alginat og har den samme rollen som cellulose hos landplanter (Indergaard, 2010).

2.4 *Saccharina latissima*

Saccharina latissima, bedre kjent som sukkertare, er den makroalgen som vi i denne bacheloroppgaven skal se nærmere på kultivering av. Sukkertare er en brunalge og en av de mest vanlige brunalgeartene som vi finner langs hele norskekysten. Sukkertaren vokser som regel i grunne farvann som for eksempel i en vik, bukt eller i fjæra, og trives best i kalde eller tempererte farvann med god lystilgang, men de kan også gro helt ned til 30 m dyp hvis hydrografien og lystilgangen tillater det.

Under optimale vekstforhold kan sukkertare vokse til rundt 4 m i lengden, 10-75 cm i bredden, og ha en levetid på 2-5 år, selv om den normale levetiden vanligvis ligger på litt over ett år. Utseendet til sukkertaren kan variere en del fra hvert enkelt individ, og dette kan variere med hvor og i hvilke forhold brunalgen lever i som f.eks. salinitet (Andersen, 2015).

Den norske sukkertarebestanden har de siste par tiårene hatt en nedgang langs norskekysten og ble i 2006 kategorisert som Nær Truet (NT) av de nasjonale rødlistene (Wikipedia, 2017). Årsakene til denne nedgangen i bestanden er det fortsatt ingen som vet helt nøyaktig, men det spekuleres på at varmere sjøtemperaturer langs skagerakskysten og deler av vestlandet er hovedårsaken til denne artsnedgangen. I tillegg er det noen teorier om at overgjødning, begroing, nedslamming og tilfeller av påvekst av trådalger også kan være noen av årsakene. I 2011 ble sukkertarebestanden påvist som livskraftig (LC) igjen (Miljødirektoratet, 2017).

S. latissima's oppbygning består av en rekke forskjellige komponenter som for eksempel hapter (festeorgan) som fungerer som algens festepunkt, stipes (stilk), meristem (vekstområdet i nedre del av bladet) og lamina som er selve bladet til planten. Alle disse forskjellige komponentene hos sukkertaren er det vi kaller for flerårige, som vil si at de kan forbli de samme gjennom hele tares livsforløp (Andersen, 2015).

Sukkertaren vokser fra bunnen og opp, med andre ord vokser det nye vevet fra meristemmet og opp. Dette betyr at den eldste delen av sukkertaren er den du finner ytterst på algen (figur 2). Sukkertaren har en vekstrate på rundt 10 % pr. døgn hvis vekstforholdene er optimale under vekstperioden (Gommerud & Lindseth, 2015). I Norge er vekstperioden til sukkertaren fra tidlig vinter til slutten av april eller starten av mai. Dette er perioder når det er tilstrekkelig med sollys, ikke for varmt eller kaldt i vannet, og nok av næringssalter i omløp.



Figur 2: Vekstsesongens forløp for tare (Indergaard, 2010).

Når det kommer til den kjemiske oppbyggingen av *Saccharina latissima*, har den som alle andre brunalger pigmentet fukoxantin som gir denne karakteristiske brunfargen. Sukkertare inneholder også en del forskjellige karbohydrater. Dette gjør at den er egnet til produksjon av for eksempel bioetanol eller andre typer bioenergi. Disse typene av karbohydrater er mannitol (25 % av tørrvekt), som er et sukkeralkohol i cellecytoplasmaen, laminaran (34 % av tørrvekt), som er en polymerisk glukose som befinner seg i algens kloroplaster, alginat (20-40 % av tørrvekt), som finnes i alle brunalger er da salter av alginsyren, og fucoidan, som er et sulfert polysakkarid. Ut fra disse karbohydratene er det mulig å utvinne både metan og bioetanol, som igjen kan bearbeides til bioenergi eller annen kommersiell bruk etter ønske og etterspørsel (Handå et al. 2009).

Kapittel 3: Metode og materiale

3.1 Oppgavetype og design

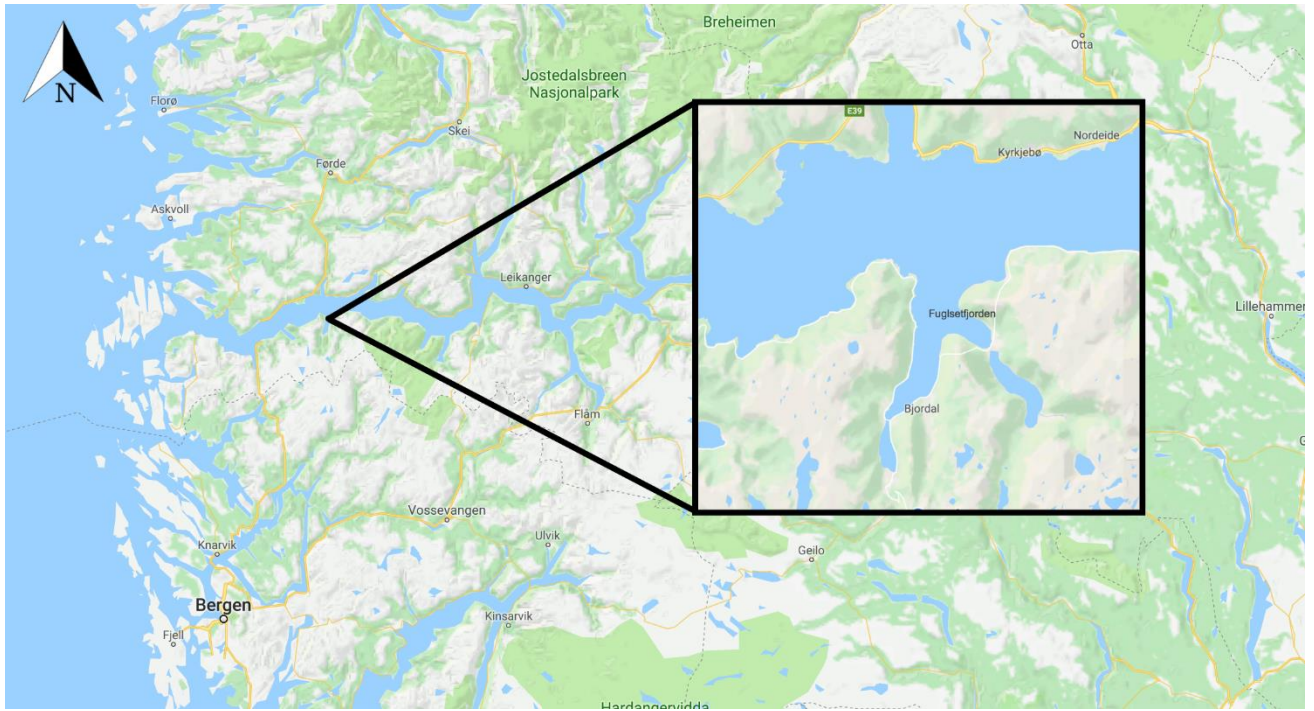
Oppgaven er en studie basert på egne felldata, og hovedproblemstillingen er definert som en naturvitenskapelig oppgave.

HMS

Oppgaven har tatt nødvendige miljøhensyn og bryter ikke lover. Redningsvest ble alltid benyttet ombord i båtene ved innsamling av tangprøver og hydrografiske målinger. Det var alltid kyndige båtførere som styrte båtene. Det ble benyttet varmebeskyttende hansker ved uttak av sukkertare fra forbrenningsovn.

3.2 Stasjonsbeskrivelse

Tare dyrkningsanlegget lå i tilknytning til Osland havbruk, som er et oppdrettsanlegg bestående av flere fiskemerder med lokasjoner rundt Fuglsetfjorden (figur 3). Våre tareprøver var tilknyttet en fiskemerde som lå et stykke ute i fjorden (figur 4). Oppdrettsmerkene ligger østvendt for fjellet "Krossen" og ligger derfor i le fra vær og bølger i Sognefjorden. Anlegget er mest utsatt for sørlig vind, da fjorden ligger i en sør- nord retning. Fiskeoppdrettet var i full drift ved innsamling av tareprøver. Som et dyrkningssubstrat ble det brukt tau som var festet i bøyer i fjorden. Tauene lå horisontalt i forhold til tidevannsstrømmen i fjorden. Tauene var festet i en blåse i hver ende på ca. 1 m dyp. Midten av tauet gikk ned til ca. 4 m dyp.



Figur 3: Oversiktskart over Fuglsetfjorden.



Figur 4: Osland Havbruk, Fuglsetfjorden.

Klima

Klimaet i Fuglsetfjorden er et kystklima. Typisk for kystklima er mye vind, utprega årlige variasjonsmønster, kalde somrer, varme vintrer og høy luftfuktighet med mye nedbør (Store norske leksikon, 2009).

Fuglsetfjorden er en fjordarm som ligger på sydsiden av Sognefjorden. Dette skaper en le-effekt for vinden i Sognefjorden. Fjorden er derimot utsatt for vinder fra sør. Nedbøren kommer hovedsakelig i form av regn. Den laveste gjennomsnittstemperaturen det siste året var 0,0 °C i mars 2018. Den høyeste gjennomsnittstemperaturen var på 13,8 °C i juli 2017. Den høyeste totale nedbøren var 475,4 mm i november 2017 og 64,5 mm i mars 2018. (Meteorologisk institutt, 2018).

Tidevannet i Fuglsetfjorden

Fuglsetfjorden er 8 km lang og befinner seg inne i Sognefjorden på sørlig side. Som følge av fjordens beliggenhet i forhold til havstrømmer, er eutrofieringen i fjorden mest påvirket av lokale tidevannsstrømmer. Målestasjonen ligger i Bergen og baserer seg på tidevannsmålinger derifra, med referansenivå i sjøkartnull og medregnet en tidsforskjell på - 10 min og en høydekorreksjonsfaktor 1,11, i tillegg til værbidrag. Stasjonen har utført vannstandsmålinger siden 1916 og frem til i dag. Høyeste vannstand er målt i 1990 og var 240 cm. Laveste vannstand er målt til -42 cm i 1980. Tidevannet går fra lavvann til høyvann i gjennomsnitt to ganger i døgnet, fra nord til sør og sør til nord. Dette medfører fire strømbevegelser i vannet per døgn (Kartverket, 2018).

Ferskvannstilførsel

Våren fører med seg mye nedbør og stor snøsmelting. Denne økte ferskvannstilførselen påvirker fjorden ved å skape et ferskvannslag i øverste del av vannmassene. Elvene Bjordalselva og Førdeelva har sin naturlige avrenning i Fuglsetfjorden. Begge elvene er påvirket av vannkraft fra henholdsvis anleggene Matre M, Vestrebotn og Vemundsbotn. Andelen av nedbørsfeltet til disse elvene som blir påvirket, er til sammen 79 % (Berg et al. 2017). Påvirkning fra et vannkraftverk vil føre til en jevnere vannføring i vassdraget. Dette gjør at perioden med høy vannføring om våren blir forskjøvet fra april/mai til mai/juni. Dette

er en vesentlig påvirkning. Den jevne vannføringen fører til at ferskvannslaget i fjorden blir tynnere, noe som er fordelaktig for vekst av tare.

Eutrofiering av fjorden

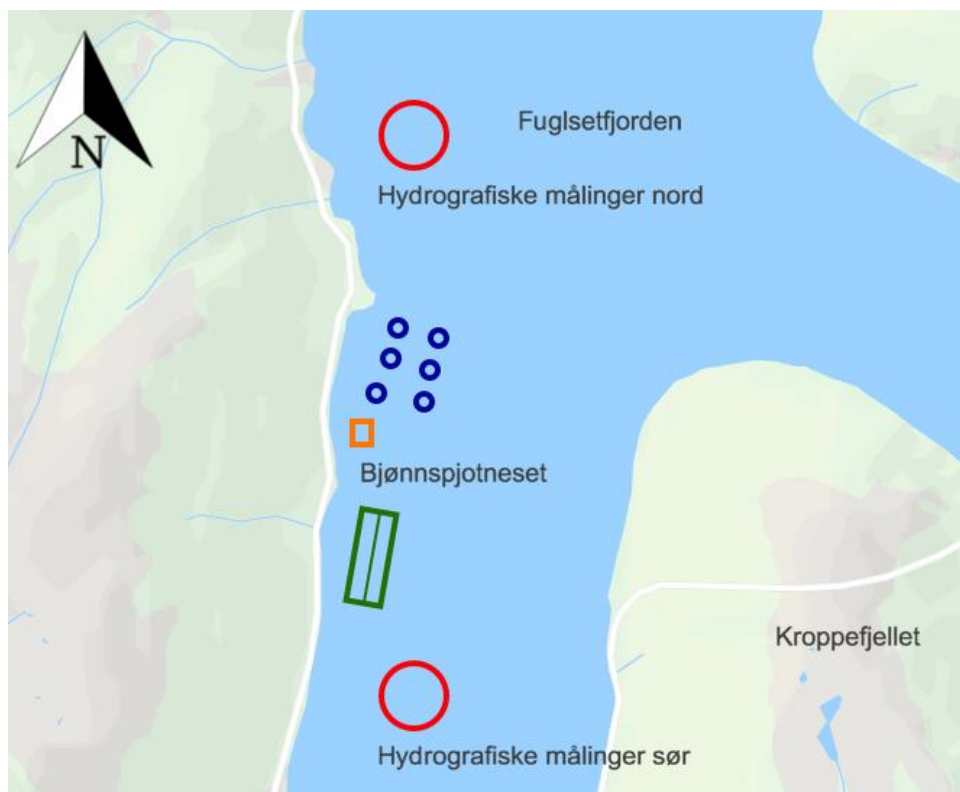
Vanligvis vil smeltevann fra breer føre til høyere ferskvannsinhold i fjorden, men som tidligere nevnt blir 79 % av smeltevannet blir fanget opp av vannkraftverk i området. Dette fører til et mye lavere tilskudd av ferskvann og vil derfor bidra til å ivareta et høyere saltinnhold om sommeren, og lavere om vinteren i overflaten av vannmassene. Vekstforhold for tare og andre havplanter har optimale forhold ved mye næringssalter i vannet. En optimal eutrofiering i fjorden vil derfor egne seg bra til vekst av sukkertare.

3.3 Gjennomføring av datainnsamling

Ved alle innsamlingene benyttet vi båt for å komme oss til tareanlegget i fjorden. Vi leide båt av Nesheim Camping i Bjordal, hvor vi også overnattet ved første innsamling.

Denne oppgaven er et studie i akvaponikk. Derfor har vi valgt å utelukke solinnstråling i vekstanalysen, og dens betydning for kultivering av sukkertare, da dette er en omfattende oppgave i seg selv. Det er viktig å påpeke at mengden solinnstråling er en avgjørende faktor for fotosyntese i makroalger.

3.3.1 Hydrografiske målinger.



Figur 5: Oversikt over hydrografiske målinger.

Strømmålinger

Vi brukte GPS sammen med vannseil og en vannbeholder til å måle strømningshastigheten, ved å plote inn startposisjonen ved utsetting av vannseil (2 m, 6 m og 10 m) og vannbeholder (ca. 0,5 m). Deretter lot vi de flyte med strømmen i ca. 30 minutter før vi plottet inn sluttposisjonen på GPS'en. Vannbeholderen fungerte som en bøye og ble fylt med vann for å få tyngde slik at den holdt seg i vannoverflaten, og seilene fungerte som nettopp seil under vann. Vi opplevde tekniske problemer da vi skulle overføre GPS-målingene til PC. Derfor fikk vi ikke noen resultater for dette forsøket.

I tillegg til vannseil, brukte vi en Sensordata, modell SD-4 strømmåler til å utføre strømmålinger. Strømmåleren ble brukt ved første innsamling (13.02.2018) og tredje innsamling (02.05.2018). Ved første innsamling ble målingene registrert sør for oppdrettsanlegget. Ved tredje innsamling ble målingene registrert både nord og sør for oppdrettsanlegget i områdene markert som hydrografiske målinger (figur 5). Det var totalt 16 registreringer fordelt mellom 0-15 m. Først målte vi i 50 sekunder. Deretter var det en pause på 50 sekunder hvor vi senket strømmåleren ned til neste måledybde. Dette ble gjort for alle 16 registreringene. Totalt brukte vi 25 min på målingen. Strømretning registreres 4 ganger per måling. Om det kun er angitt en retning betyr det at alle 4 målinger viste samme retning og at det er stabile forhold.

Secchi-dyp

En Secchi-skive er en flat, hvit, sirkulær skive som er 30 cm i diameter. Den blir brukt til å måle turbiditet og transparens i vannet. Den er festet til en snor med en knute for hver meter (figur 6). Det er antall meter før disken ikke lenger er synlig, som bestemmer turbiditeten og transparensen i vannet. Denne grensen kalles Secchi-dypet. Secchi-dypet x 2 gir et estimat på hvor dypt den lysrike sonen går. Den lysrike sonen er området der alger får nok lys til å kunne leve. Dette kalles 1 % lysdyp.



Figur 6: Måling av Secchi-dyp.

Conductivity, temperature and density measure (CTD)

Vi brukte en CTD til hydrografiske målinger (STD/CTD - model SD204) (figur 7). En CTD er et oseanografisk instrument som måler 7 parametere: salinitet, temperatur, vann-tetthet, turbiditet, klorofyll, O₂-innhold og dybde.



Figur 7: CTD måler (STD/CTD - model SD204)

Fremgangsmåte for hydrografiske målinger

De hydrografiske målingene ble utført hver gang vi hadde innsamlinger. Målingene ble utført manuelt utenfor området der taren ble dyrket. CTD-instrumentet ble ført ned til ca. 35 meters dybde, og gjorde målinger annethvert sekund i en periode på ca. 3 minutter. I denne tidsperioden ble det tatt ca. 90 målinger.

pH

PH-målingene ble utført ved å ta vannprøver med en Ruttner vannhenter fra varierende dybder (0,5 m, 2 m, 6 m og 10 m). pH-målingene ble gjort med Radiometer - pH meter. (PHM 80 portable pH meter). Det er et instrument som måler aktiviteten til hydrogen-ioner i en vannbasert løsning. Det indikerer om den vannbaserte løsningen er sur, nøytral eller basisk. pH verdien i ferskvann ligger på ca. 5,5-6,0. I saltvann ligger verdiene på ca. 8,0 (UiO: Institutt for biovitenskap, 2011).

Fytoplankton

Noe av vannet fra vannprøven ble helt over i små glass (100 ml medisinflasker) og lagret for etterarbeid på laboratorium. Fytoplankton er encellede alger som består av to hovedtyper: Kiselalger og fureflagellater.

Næringssalter

For å måle mengde næringssalter i fjorden tok vi vannprøver nord og sør for anlegget på siste innsamlingsdato den 02.05.2018. Vi tok målingene på 0,5 m, 2 m, 6 m, og 10 m dybde. Prøvene viste mengde nitrat (NO₃-N), nitritt (NO₂-N) og fosfat. Urea- prøvene tok vi kun på 2 m dybde. Vi sendte vannprøvene til analysefirmaet SognLab AS, som videresendte de til underkontraktøren ALS Laboratory Group Norway AS. Vi mottok analyseresultatene 1. Juni 2018.

3.3.2 Metode for innsamling av sukkertare

Til oppbevaring av tareprøvene hadde vi med oss små gjennomsiktige plastikkposer. Taren ble plukket for hånd fra tau nr. 5,6 eller 7 i anlegget (figur 8). Det er usikkert hvilket tau vi plukket fra, fordi tauene var viklet inn i hverandre. Taren var såpass skjør at den mest skånsomme metoden å høste inn prøvene var å plukke taren for hånd. Prøvene ble lagt i posene, som på forhånd var fylt med litt saltvann for at de skulle overleve lagringsperioden. Posene ble deretter lagt i en kjøleboks slik at de kunne etterarbeides på laboratoriet senere. Det ble tatt bilder ved første, andre og tredje innsamling.



Figur 8: Innsamlingsområder ved innsamling av tareprøver

Første innsamling, 13. februar 2018.

Værforholdene var gode ved første innsamling. Det var vindstille, oppholdsvær og lufttemperaturen lå på ca. 0 °C. Alle prøvene og målingene ble foretatt mellom kl. 09.30-14.30. På dette tidspunktet var taren så mikroskopisk at den var vanskelig å oppdage. Vi tok et bilde som viste mikroskopiske spirer/ algefester på tauet (se figur 9).



Figur 9: Taretau med tareeksemplarer 13.02.2018

Andre innsamling, 24. mars 2018.

Temperaturen ved andre innsamling lå rundt 5 °C og det var bygevær. Vinden var en frisk bris, med tidvis sterkere vindkast. Alle prøvene og målingene ble foretatt mellom kl 11.05-14.15. Sukkertaren hadde grodd vesentlig mer innen andre innsamling. Dette gjorde at det var mulig å innhente prøver. Taren ble plukket for hånd fra et tau, for så å bli lagt i 5 plastikkposer med litt sjøvann. Vi la ca. 20 tareprøver i hver pose. Tareprøvene ble så lagret i en kjøleboks slik at de kunne etterarbeides på laboratoriet senere.

Tredje innsamling, 02.05.2018.

Ved den tredje og siste innsamlingen var vi i Osland-Bjordal og gjennomførte prøver og innsamlinger av data mellom kl. 10.00 – 13.45. Temperaturen lå på mellom 10-15 °C, og det var delvis skyet og oppholdsvær. Vinden blåste fra nord på ca. 2 m/s tidlig på dagen, og utover dagen skiftet vinden til 5-6 m/s fra sør. Det ble tatt fem prøver av sukkertaren fra ett tau. Hver av prøvene inneholdt ca. 10 tareeksemplarer, og disse prøvene ble lagt i 5 plastposer som igjen ble lagt i en kjøleboks for videre oppbevaring.

3.4 Etterarbeid på laboratorium

3.4.1 Lengde og bredde- og vektmåling fra andre innsamling

Følgende arbeid ble gjort på laboratorium etter andre innsamling av taren. Arbeidet ble utført ca. 24 timer etter innsamlingen.

Tareprøvene hadde ligget på kjøll i et kjøleskap over natten i saltvannsvannbad i fem forskjellige plastkar.

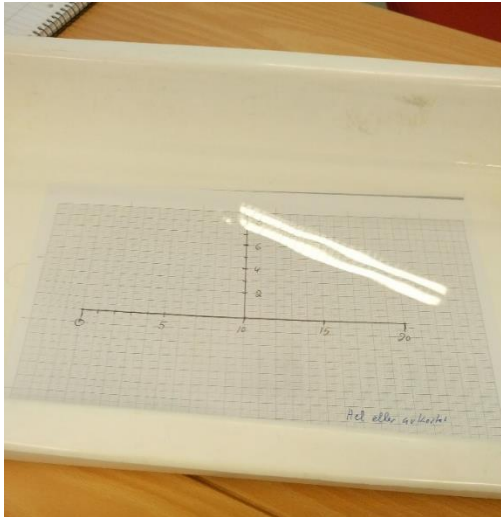
Vi nummererte 30 keramikk digeler (figur 10) som vi vasket grundig med såpe og varmtvann og sørget for at det det ikke lå igjen noe rester eller vann i digelen.

Deretter ble alle digelene veid hver for seg, på en vekt med fire desimaler (figur 15).



Figur 10: Keramikk digeler brukt til glødetaps analyse.

Vi valgte ut de største tareprøvene fra hvert enkelt plastkar, overførte de til en balje med saltvann fra Fuglsetfjorden og plasserte et måleark i bunnen (figur 11) hvor vi da målte bredde og lengde til 10 algeprøver fra hvert parti for hånd (figur 12). Vi valgte å måle de største bladene fra hvert parti. Dersom vi målte blader som ikke var intakte, noterte vi det. Tarebladene ble målt uten stilk. Alt dette ble gjort for hånd så forsiktig som det kunne la seg gjøre på grunn av algenes svært skjøre karakter. Etter bredden og lengden til hver enkelt tareprøve var målt og notert, ble tareprøvene tørket med to lag tørkepapir, ett over og ett under (figur 13).



*Figur 11: Plastkar med måleark.
sukkertare etter andre innsamling.*



Figur 12: Lengde og breddemålinger av



Figur 13: Tørking av sukkertare.



Figur 14: Parti med sukkertare i digeler.

Deretter ble 5 algeprøver lagt i hver sin keramikk digel, hvor digelen igjen ble lagt i en plast beholder med lokk på for å forhindre fordampning av algens vanninnhold. Det ble også det plassert 5 tareprøver i en digel, slik at hver plastbeholder fra hvert parti inneholdt 6 digeler med totalt 10 tareprøver (figur 14).

Veiingen av tareprøvene ble gjort for hvert enkelt parti med en gang alle tareprøvene for hvert parti var ferdigmålt og tørket. Alle tareprøvene ble fraktet ca. 25m i en plastbeholder med lokk over til vekten, hvor alle tareprøvene ble veid med fire desimaler på så lik måte som mulig. Vi brukte samme vekt til å veie tareprøvene som digelene.



Figur 15: Vekt Ohaus (4 desimaler).



Figur 16: Vekt Kern PLE (2 desimaler).

3.4.2 Lengde-, bredde- og vektmåling fra tredje innsamling

Følgende arbeid ble gjort på laboratorium etter tredje innsamling av taren. Arbeidet ble utført ca. 24 timer etter innsamlingen. Utføringen ble endret litt ifra andre innsamling. Tareprøvene hadde ligget over natten på et kjølerom i fem forskjellige plastposer med saltvann i. Først ble 25 keramikkdigeler veid hver for seg på en vekt med 2 desimaler. Vi helte en plastpose med tareprøver forsiktig i en plastbalje. Deretter valgte vi ut de fem lengste tareprøvene og tørket disse på et tørkepapir (figur 17). Prøvene ble målt med meterstokk i både lengde og bredde på tørkepapiret. Etter prøvene var tørket og målt la vi en dem i en plastboks og veide dem en og en på en vekt med to desimaler (figur 16). Etter at vekten var notert, delte vi prøvene opp i mindre biter, slik at det var plass til prøvene i keramikkdigelen. De delte tareprøvene med keramikkdigel ble så veid og notert. Det samme ble gjort med de 4 neste plastposene med tareprøver, slik at vi hadde 25 forskjellige prøver med hver sin keramikkdigel.



Figur 17: Lengde- og breddemåling av sukkertare etter tredje innsamling.

3.4.3 Måling av algene, tørrvekt

Tareprøvene ble først tørket på 75 °C i 24 timer i et tørkeskap (Termaks). Deretter ble prøvene veid hver for seg og notert i et skjema. Prøvene ble så tørket på 105 °C i 24 timer. Celine Rebours i Møreforsk har benyttet en metode der hun tørker algene på 75 °C i 24 timer. Tørking av tare på 105 °C er standard prosedyre ved tørrvektsmåling (T. Dale, personlig kommunikasjon). Prøvene ble tørket på både 75 og 105 °C for å undersøke om det var noen forskjell på våtvekten. Etter at prøvene var tørket ble de veid hver for seg. Resultatene ble notert i det samme skjemaet som lengde- og breddemålingene.

3.4.4 Askevekt

Forbrenning av tørket tare ble gjort på laboratorium, for å finne askevekten av prøvene tatt etter andre innhenting. Den samme prosedyren ble utført etter tredje innhenting.

Vi delte porselensdigelene i to partier for å få plass i en Heraus forbrenningsovn. Hvert parti besto av 15 prøver. Først forvarmet vi forbrenningsovnen til 550 °C (figur 18). Deretter varmet vi opp et fuktighetsabsorberende stoff som ble brukt til å fjerne fuktighet i eksikkatoren (figur 19). Dette ble gjort på 100 °C i 75 min i en tørkeovn. Når forbrenningsovnen var forvarmet, plasserte vi parti 1 av porselensdigelene på et porselensfat og førte den inn i forbrenningsovnen (figur 20). Klokken var da 16.35. Digelene stod deretter i forbrenningsovnen i 24 timer. Ovnene gikk ned til 400 °C etter vi satte inn porselensfatet, men den økte til 550 °C kl. 17.06. Kl. 16.35 dagen etter tok vi ut digelene fra forbrenningsovnen og plasserte de i eksikkatoren. Vi åpnet og lukket eksikkatoren for hver prøve for å unngå at prøvene trakk til seg fuktighet. Dette ble gjort så hurtig som mulig. Prøvene ble så veid en av gangen på samme vekt som vi brukte til å måle våtvekten. Eksikkatoren ble åpnet og lukket mellom hver prøve vi veide. Prøvene ble lagret i plastbokser etter de hadde blitt veid. Vektdata ble ført inn i Excel-skjema. Deretter gjentok vi prosessen for parti 2. Denne ble satt inn kl. 16.56. Ovnene gikk ned til 400 °C etter vi satte inn porselensfatet, men den økte til 550 °C kl. 17.30.



Figur 18: Heraus forbrenningsovn gel i bunn.



Figur 19: Eksikator med silica gel i bunn.



Figur 20: Porselensfat m/tørket sukkertare i digeler.

3.4.5 Fytoplanktonprøver

Vi gjorde forsøkene for å finne mengden mikroalgene i vannet ved oppdrettsanlegget. Hensikten er å vite hvor stor «konkurranse» det er om nærings saltene mellom kultiveringen av sukkertare, og det naturlige algemangfoldet i fjorden. Vannprøvene var 100 milliliter og målet var å finne antall mikroalger per liter i de forskjellige dybdene ved utregning. Dette gjøres ved å dele antall mikroalger på volum av delprøven (ml) og multiplisere dem med 1000 ml for å få tall som celler/l. Til telling av mikroalgene brukte vi Utermöhl's sedimentasjonsmetode (Sournia, 1978 s. 88). Mikroalgene ble identifisert etter metode av Throndsen og Eikrem (2001).

Mikroalgeprøvene ble gjennomført med samme metode, men med forskjellige utregningsmetoder som følge av ulik størrelse på delprøven i februar, mars og mai.

Metoden går ut på å sedimentere prøvene, og finne antall mikroalger i vannprøvene ved hjelp av mikroskop. Teknikken bestod i varierende måter for å telle opp antallet mikroalger. Hensikten var å redusere tiden for telling ved å konsentrere algene i perpexplaten. Dette gjøres ved å bruke en utregningsmetode for å komme til et resultat. Denne teknikken brukte vi bare til vannprøvene som ble tatt i mars, fordi det var for mange mikroalger å telle (figur 16).

Prøvene har to stadier i prosessen fra start til slutt. Den første innebærer å klargjøre sedimentprøvene i perpexplaten, og det tar et døgn før de er klare til å eksamineres (figur 21). Sedimentprøvene må stå urørt i et døgn slik at partiklene synker ned til bunnplaten i perpexglasset.

Den andre prosessen er å ta prøvene ut fra sedimenteringen og inn til mikroskopisk analyse. Prøvene ble telt i omvendt mikroskop (Leitz Wetzlar, type Diavert) med x10 objektiv. Siden det er tatt vannprøver fra 3 forskjellige datoer, har denne prosessen blitt gjort 3 ganger og har tatt totalt 4 dager å gjennomføre.

Sedimentering:

1. Siden prøvene var lagret i kjøleskap ble de tatt ut et døgn på forhånd for å få romtemperatur i vannet. Dette gjøres for å hindre gassovermetning og bobledannelse i bunnplatene.
2. Vannprøvene består av fire dybdeprøver 0,5 m, 2 m, 6 m og 10 m innsamlet for hver måned. Først må disse vendes forsiktig opp og ned 100 ganger for homogenisering.
3. De hule sedimentasjonssylindrene plasseres over perpexplaten i sedimentasjonsstativet. Prøvene helles forsiktig ned i sedimentasjonssylindrene for å unngå luftbobler. Ved 10 ml prøver, etterfylles filtrert sjøvann ved hjelp av pippet. Det er viktig å helle nok vann slik at det akkurat ikke renner over.
4. De sirkulære glassplatene plasseres på toppen av sedimentasjonssylindrene for å etablere et trykk, slik at prøvene står fast.
5. La prøvene stå urørt i 24 timer.



Figur 21: viser 4 sedimentasjonssylindere med 10 ml vannprøve og 40 ml filtrert sjøvann.

Etter et døgn hadde partiklene sunket ned til bunnen av perpexplaten og var klare for analyse.

Analyse:

1. Sedimentasjonssylindrene skyves av perpexplaten ved å bruke firkantede glassplater. De plasseres ved siden av sedimentasjonssylindrene og skyves mot hullet på siden av glasset. Her kommer det resterende vannet til å renne ut. Prøvene er nå forseglet av firkantede glassplater og har forhåpentligvis ingen luftbobler.
2. Prøvene eksamineres ved x10 objektiv i Leitz- mikroskopet, som er tilkoblet en TV-skjerm. Resultatene føres inn i en tabell som viser til antall mikroalger, hvilke arter, prøvestørrelse, og sum av antall arter (appendix tabell 8,9 og 10).

Vannprøve Februar:

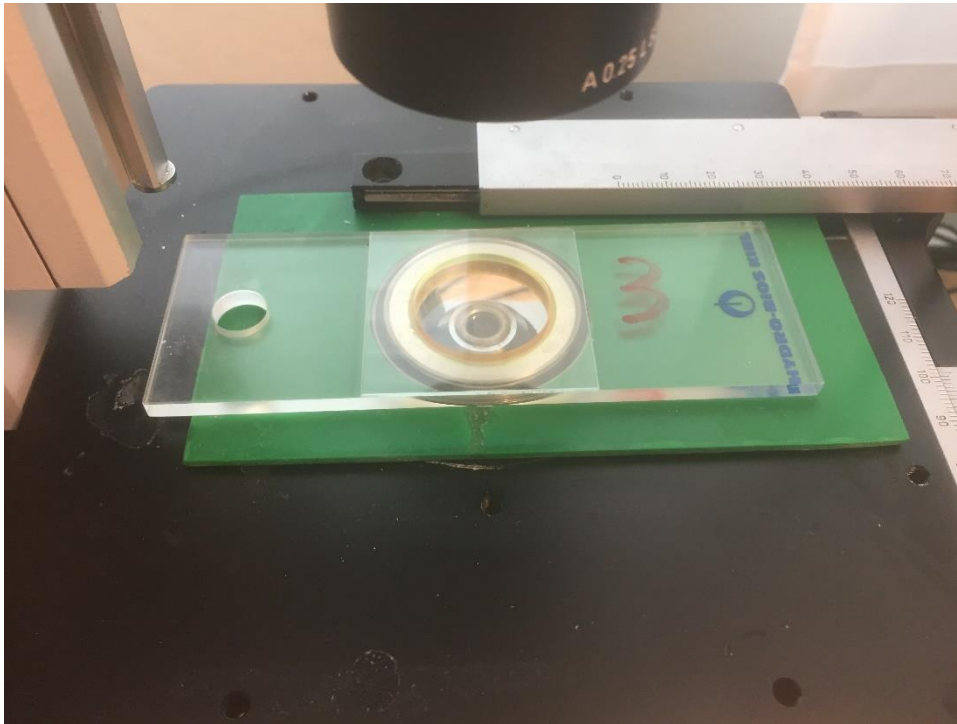
Ved sedimentering av prøvene fra februar ble det brukt 50 ml direkte fra vannprøvene. Dette var på bakgrunn av antagelse om lav konsentrasjon av mikroalger, i den hensikt å få flest mulig mikroalger og partikler fra vannprøvene samlet i perpexplaten. Ved analyse av prøvene ble mikroalgene i halve prøveglasset (25 ml) aktivt talt, som innebærer å fysisk se igjennom med mikroskopet (figur 22). Det ble ikke brukt arealutregning for å beregne algemangfold i denne prøven. Med denne teknikken kommer vi frem til et nøyaktig antall mikroalger i prøvene, sett bort i fra menneskelige feil.

Vannprøve Mars:

Ved sedimentering av prøvene fra mars ble det brukt 10 ml direkte fra vannprøvene og etterfylt med 40 ml filtrert sjøvann. Denne teknikken ble brukt for å minimere bruken av vannprøvene, og etablere trykk i reagensrørene da vi ikke hadde nok 10 ml sedimentasjonssylindre.

Som følger av høy konsentrasjon av mikroalger og partikler i denne prøven, var det nødvendig å bruke en mindre del av de sedimenterte mikroalgene. Dette ble gjort for å unngå å bruke uforholdsmessig lang tid ved å aktivt telle mikroalgene slik det ble gjort i vannprøvene fra februar. Arealutregningen består av å aktivt telle mikroalger innenfor et gitt areal og komme frem til et beregnet estimat (se kapittel 3.5 Utregninger: 3.5.2

Mikroalgetelling). For å finne arealet i mikroskopet brukte vi et mikroskopglass med millimetermål integrert i glasset.



Figur 22: Perpetexglass plassert i mikroskopet

Vannprøve Mai

Ved sedimentering av prøvene fra mai hadde vi fått tak i 3stk, 10 ml hule sedimentasjonssylindre. Dette gjorde at vi bare trengte å etterfylle én av prøvene med 40 ml filtrert saltvann i et 50 ml sedimentasjonsrør for å etablere trykk. Analysen av prøvene var planlagt å bruke samme utregningsmodell som i mars, men det viste seg og bli en aktiv telling. Vi gikk igjennom 10 ml og fant totalt 12 alger på de fire dybdemålingene. Det var derfor tydelig at det hadde skjedd noe med prøvene da det hypotetisk skal florere av alger. Vannprøvene fra mai er derfor å beregne som feilkilde (se kapittel Feilkilder).

3.5 Utrekninger

3.5.1 Hydrografimålinger

Vi har laget dybdeprofiler for hver innsamling på sjøtemperatur, salinitet, oksygennivå, turbiditet, klorofyll og tetthet. Vi regnet ut gjennomsnitt for hele dypet og et gjennomsnitt for 1-3 m.

Svekkingskoeffisienten blir målt med formelen: Secchi-dyp x 2 = 1 % lysdyp.

3.5.2 Mikroalgetelling

Det er brukt to utregninger ved laboratoriearbeid med fytoplanktonprøver. Den ene ble brukt for å beregne mikroalgekonsentrasjonen per liter i alle vannprøvene, og kan forklares som:

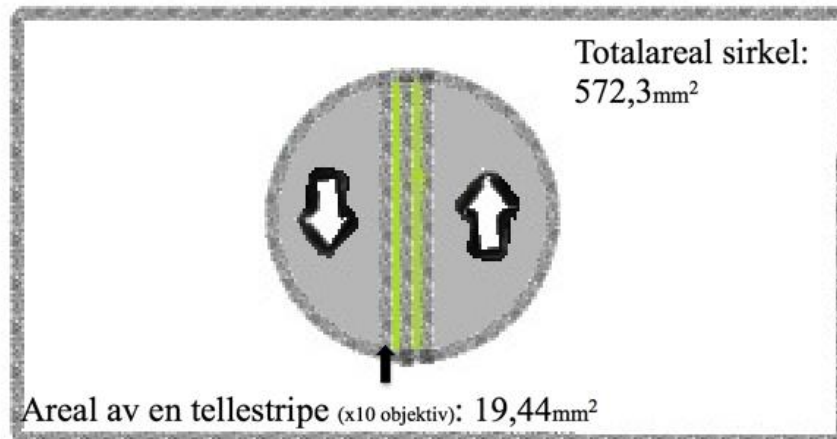
Antall alger per 25 ml, divideres på 25 ml og multipliseres med 1000 ml for å få algekonsentrasjonen per liter. (antall alger pr. 25 ml/25 ml x 1000 ml)

Den andre utregningsmetoden ble brukt for å beregne mikroalgekonsentrasjonen på gitt areal på vannprøvene i mars (figur 23). Den involverer flere ledd:

1. Denne teknikken krever at man finner totalarealet av bunnplatene i perpexglasset for så å regne seg frem til talt areal. Ved hjelp av mikroskopglasskive med millimetermål fant vi at lengden på bunnplaten er 27 mm og at total tellebredde er 0,72 mm.
2. Radius: $27 \text{ mm}/2 = 13,5 \text{ mm}$
3. For å finne areal av én tellelengde, multipliseres tellebredde med lengde $0,72 \text{ mm} \times 27 \text{ mm} = 19,44 \text{ mm}^2$. For å finne areal av total tellelengde multipliseres $19,44 \text{ mm}^2$ med 2: $19,44 \text{ mm}^2 \times 2 = 38,88 \text{ mm}^2$.
4. $\Pi r^2 = 3,14 \times 13,5 \text{ mm} \times 13,5 \text{ mm} = 572,3 \text{ mm}^2$
5. Antall celler i 10 ml prøver: $\text{talt antall mikroalger}/38,88 \text{ mm}^2 \times 572,3 = \text{antall i 10ml prøver}$

Videre blir det: $\text{antall per 10 ml}/10 \text{ ml} \times 1000 \text{ ml} = \text{antall/l}$

Tellekammer i Perpexplate



Figur 23: Grønn farge viser telt areal og store piler viser telleretning

3.5.3 Eksponentiell Vekst

Utregning av vekt ble gjort i gram og utregning av vekst ble gjort i prosent.

Vi brukte samme ligning som Gommerud og Lindseth (2015) som er en vekstformel for eksponentiell vekst til å regne ut vekst per døgn.

$$\text{Startvekt} \times e^{\text{vekstprosent/dag} \times \text{tid}} = \text{Sluttvekt}$$

Tid = dager

Det er den daglige vekstprosenten som er ukjent for oss. Derfor omgjorde vi formelen slik:

$$\text{Vekstprosent/dag} = (\ln(\text{sluttvekt} / \text{startvekt}) / \text{dager}) \times 100$$

3.5.4 Vanninnhold, tørrvekt, glødetap og askevekt

Våtvekt er vekten taren har før den har blitt tørket. Tørrvekt er vekten taren har etter den har blitt tørket. Differansen mellom våtvekt og tørrvekt gir hvor mye vanninnhold det er i sukkertaren. Askevekt er vekten taren har, etter den har blitt brent. Glødetapet bestemmes ved å finne differansen mellom tørrvekten og askevekten. Glødetap er et mål for energiinnholdet i organisk materiale, man kan regne ut antall kilokalorier i taren ved at 1 gram, askefritt materiale tilsvarer 4 kcal, men siden taren også inneholder noen fettsyrer har vi satt verdien til 1 g = 5 kcal (EuroFIR AISBL, 2016). Vanninnholdet, asken og glødetapet regnes i prosent av våtvekten.

Utrekning av gjennomsnittlig kcal/tareprøve ble gjort slik:

Gjennomsnittlig glødetap (g) x 5 kcal/g = Gjennomsnittlig kcal/g

Kapittel 4: Resultater

4.1 Tidevannsforhold

Tabell 1: Tidevannsforskjell ved innsamlinger, korrigert med tidsforskjell –10 min fra Bergen (Kartverket, 2018).

Dato for innsamling	Flo, Bergen (-10 min), kl.	Fjære, Bergen (-10 min), kl.	Innsamlingstidspunkt
13.02.2018	09:28	15:43	12:05
24.03.2018	15:46	09:07	12:45
02.05.2018	12:12	05:47	12:20

Tabellen for tidevannsforskjell viser at tidevannet gikk fra flo til fjære da vi utførte første innsamling (tabell 1). Tidevannet gikk fra fjære til flo når vi utførte andre innsamling. Ved tredje innsamling endret tidevannet seg fra å gå til flo i begynnelsen, til å gå mot fjære ved slutten av innsamlingen.

4.2. Strømmålinger

Tabell 2: Strømmålinger, kl. 12.05, 13.02.2018. Retning er angitt i grader.

Strømmålinger utført 13.02.2018		
Dybde (m)	Hastighet (cm/s)	Retning (°)
	0	
1,5	2	0. 240. 345
1,5	3	0. 15
2	3	15.
2,5	3	15.
3	2	15. 30
3,5	2	15. 30
4	3	30.
4,5	3	15. 30
5	3	15. 30
5,5	3	15. 30
6	3	15.
7	3	15.
8	3	15.
9	3	15.
10	3	15.

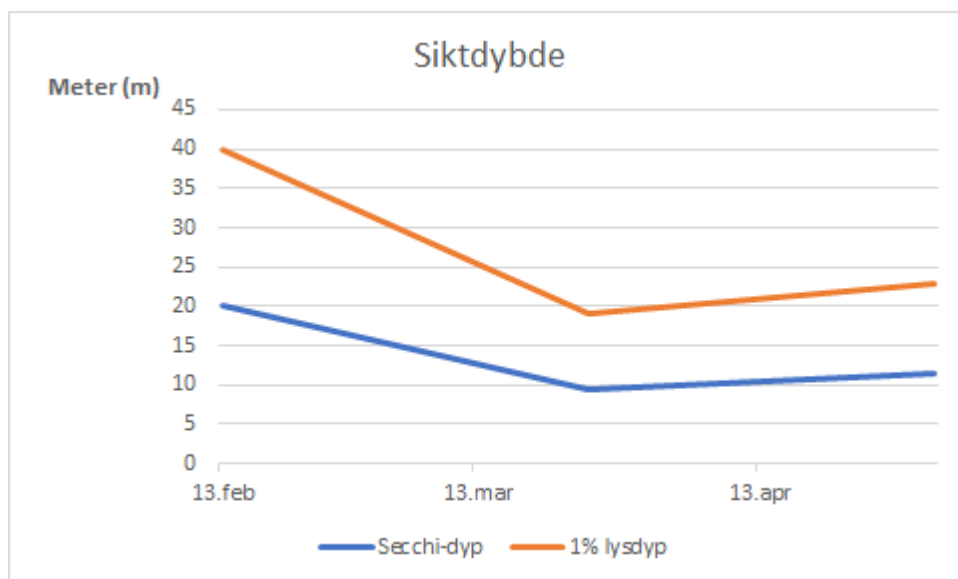
Vi utførte to innsamlinger med den stasjonære strømmåleren. Ved den første innsamlingen, utført den 13.02.2018, var det flo kl. 09.38, og fjære kl. 15.53. Målingene ble utført kl. 12.05. Målingene våre viste at strømmingene gikk i en nordlig retning mellom 15 og 30° (tabell 2). Retningsmålingene var jevne for alle målingene. I overflaten av vannmassene gikk retningen mellom 240 og 345°. Dette kommer av at vannmassene i overflaten blir påvirket av vind. Hastigheten til strømmingene lå jevnt mellom 2 og 3 cm/s på alle målingene.

Tabell 3: Strømmålinger, kl. 12.20, 02.05.2018. Retning er angitt i grader.

Strømningsmålinger utført 02.05.2018		
Dybde (m)	Hastighet (cm/s)	Retning (°)
0,5	5	300. 315
1,5	3	45. 60. 75
2,5	5	225.
3,5	8	210. 225
4,5	9	210. 225
5,5	4	150. 210. 225
6,5	3	105. 135
7,5	3	135. 150
8,5	4	105. 120
9,5	3	135. 210. 225. 345
10,5	5	105. 120. 210
11,5	1	90. 105. 135
12,5	4	150. 180. 240
13,5	2	135. 150. 180.
14,5	3	150. 210. 225.
15,5	0	165. 180. 195

Ved den andre innsamlingen utført den 02.05.2018 (tabell 3), var det fjære kl. 06.57, og flo kl. 13.20. Vi utførte målingene kl. 12.20. Målingene viste at strømmingene gikk i en sørlig retning. Vi har ikke tatt målingene øverst i vannmassene i betraktning, siden disse ble ødelagt av forskjellige faktorer. Måling 1-2 ble påvirket av et tau som måleapparatet hang seg fast i. Dette førte til at målingene viste feil retning. Måling 3-6 ble påvirket av en båt som la seg inntil vår. Retningsmålingene varierte mye mellom de forskjellige målingene. Måling 7-9 hadde retningsmålinger som lå mellom 105 og 150°. Måling 10 varierte mellom 135 og 345°. Fra måling 11-16 varierte retningene mellom 90 og 225°. Hastigheten i vannmassene varierte mellom 1-5 cm/s. Måling 16 hadde en hastighet på 0 cm/s.

4.3 Måling av Secchi-dyp



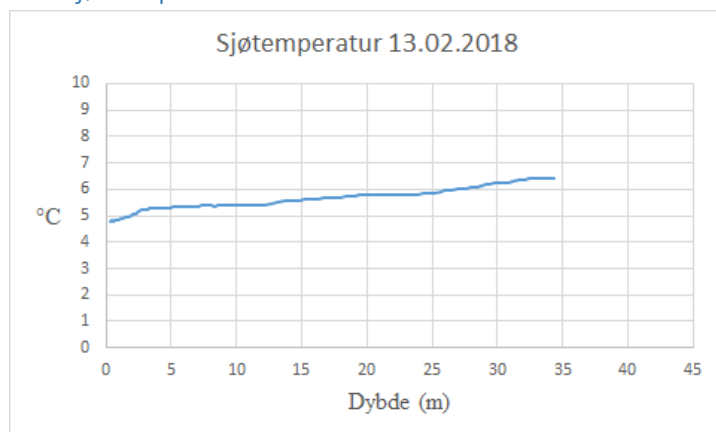
Figur 24: Siktdypet ved de tre forskjellige måledatoene.

Den første målingen av siktdybden ble foretatt den 13.02.18, og her forsvant synligheten av Secchi-skiven fra overflaten på rundt 20 m dybde. Det betyr at 1 % lysdybde var på 40 m (figur 24).

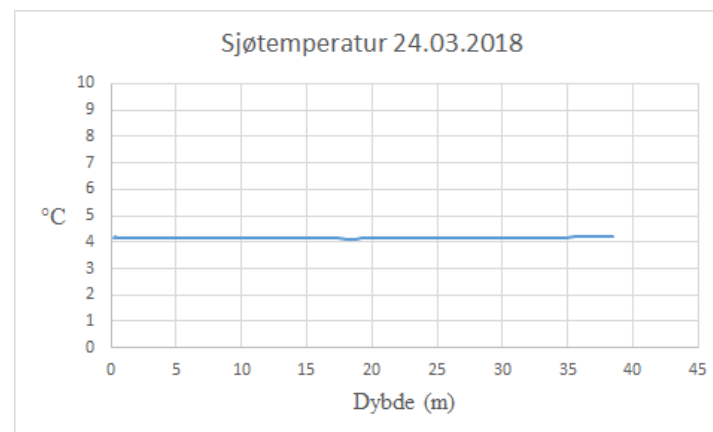
Ved den andre målingen av siktdybden som ble foretatt 25.03.18, mistet Secchi-skiven synligheten fra overflaten på rundt 9,5 m dybde. Det betyr at 1 % lysdybde var på 19 m.

Ved den tredje målingen av siktdybden som ble foretatt den 02.05.18, utførte vi to forskjellige målinger. Den første målingen ble utført sør for oppdrettsanlegget, og den andre ble utført på den nordlige siden. På den sørlige siden mistet Secchi-skiven synligheten fra overflaten på rundt 11,5 m dybde. Det betyr at 1% lysdybde var på 23 m. På den nordlige siden mistet Secchi-skiven synligheten fra overflaten på 10 m dybde. Det betyr at 1 % lysdybde var på 20 m.

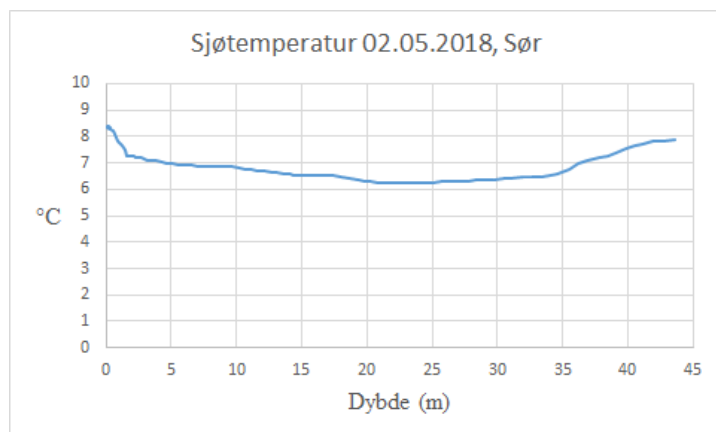
4.4 Sjøtemperatur



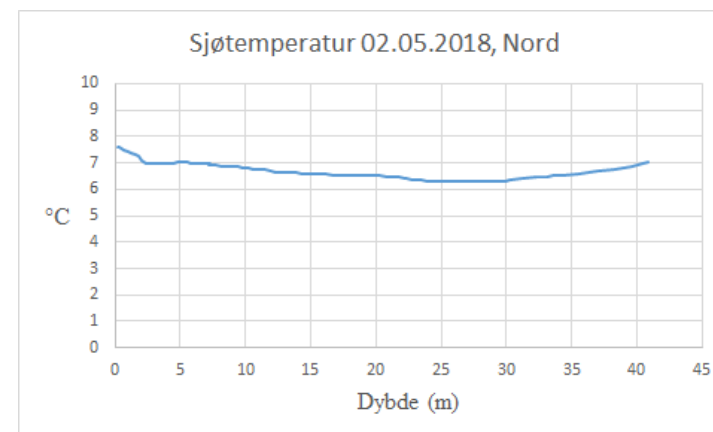
Figur 25: Temperaturprofil, 0-35 m, 13.02.2018, sør.



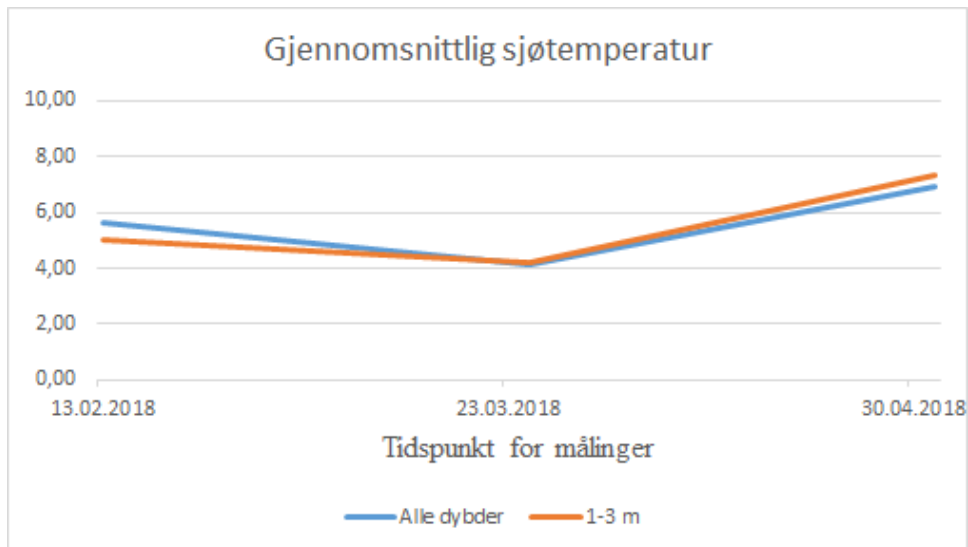
Figur 26: Temperaturprofil, 0-39 m, 24.03.2018, sør.



Figur 27: Temperaturprofil, 0-44, sør for oppdrettsanlegget, 02.05.2018.



Figur 28: Temperaturprofil, 0-41m, nord for oppdrettsanlegget, 02.05.2018.



Figur 29: Gjennomsnittlige sjøtemperaturverdier for de 3 måledatoene. Verdiene er tatt fra målingene sør for oppdrettsanlegget.

Ved første måling, som ble utført 13. Februar, ser vi at sjøtemperaturen stiger jevnt jo lenger ned i vannmassene man kommer. Ved 1 m dyp, var sjøtemperaturen 4,8 °C. Ved 35 m dyp var sjøtemperaturen 6,4 °C (figur 25).

Ved andre måling, som ble utført 24. Mars, ser vi at temperaturen er mer stabil, og ligger mellom 4,1 og 4,2 °C. Vi ser en liten nedgang i temperatur fram til ca. 20 m dyp, også stiger temperaturen litt videre ned til 35 m dyp (figur 26).

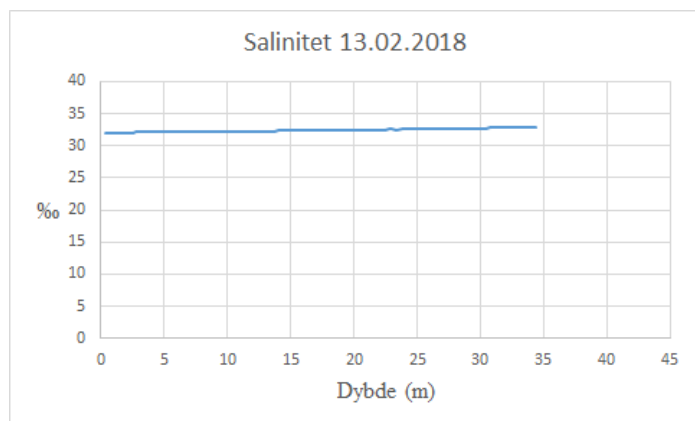
Ved tredje måling av sjøtemperaturen 02. mai utførte vi hydrografimålinger både sør og nord for oppdrettsanlegget ned til 43 m dyp. Dette var for å studere mulige påvirkninger oppdrettsanlegget hadde på hydrografien rundt.

Ved målingen av sjøtemperaturen som ble utført sør for oppdrettsanlegget ser vi at temperaturen ligger på ca. 8,4 °C ved overflaten og synker ned til ca. 6,2 °C ved 20 m dybde, før den stiger til ca. 7,9 °C ved 43 m dyp (figur 27).

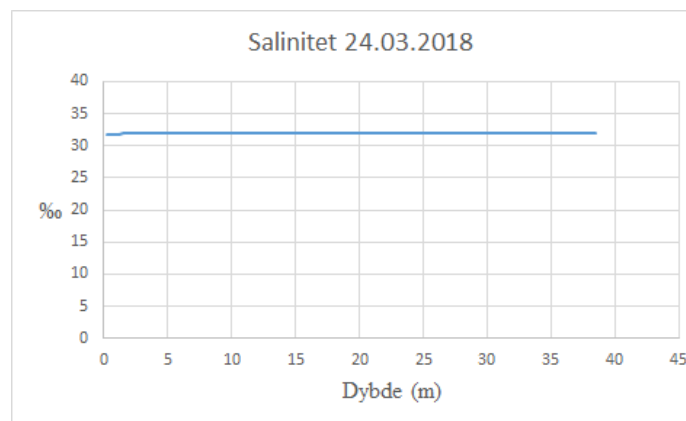
Ved målingen utført nord for oppdrettsanlegget ser vi at overflatetemperaturen ligger på ca. 7,6 °C og synker ned til ca. 6,3 °C på det laveste ved 25 m dyp, før den stiger til ca. 7 °C ved 43 m (figur 28).

Når vi sammenligner de gjennomsnittlige sjøtemperaturverdiene, ser vi at sjøtemperaturen sank fra første til andre måling. Ved første måling var sjøtemperaturen lavere ved 1-3 m, enn ved den gjennomsnittlige verdien for alle dybder. Ved andre måling var sjøtemperaturen helt jevn i vannmassene. Mellom andre og tredje måling hadde den gjennomsnittlige sjøtemperaturen for alle dybder steget til 6,9 °C. Her var den gjennomsnittlige sjøtemperaturen for 1-3 m steget til 7,35 °C (figur 29).

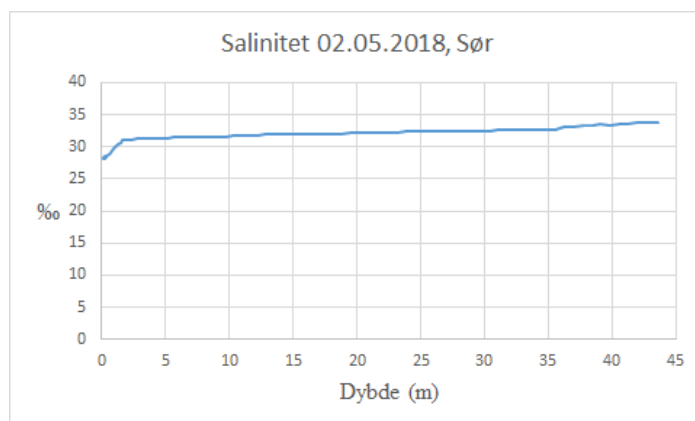
4.5. Salinitet



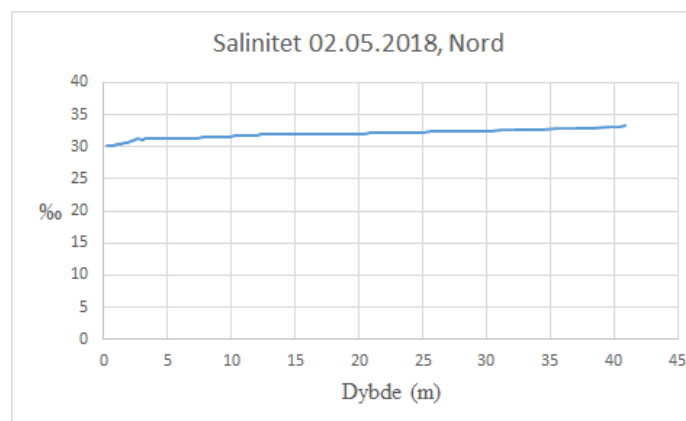
Figur 30: Salinitetsprofil, 0-35 m, 13.02.2018, sør.



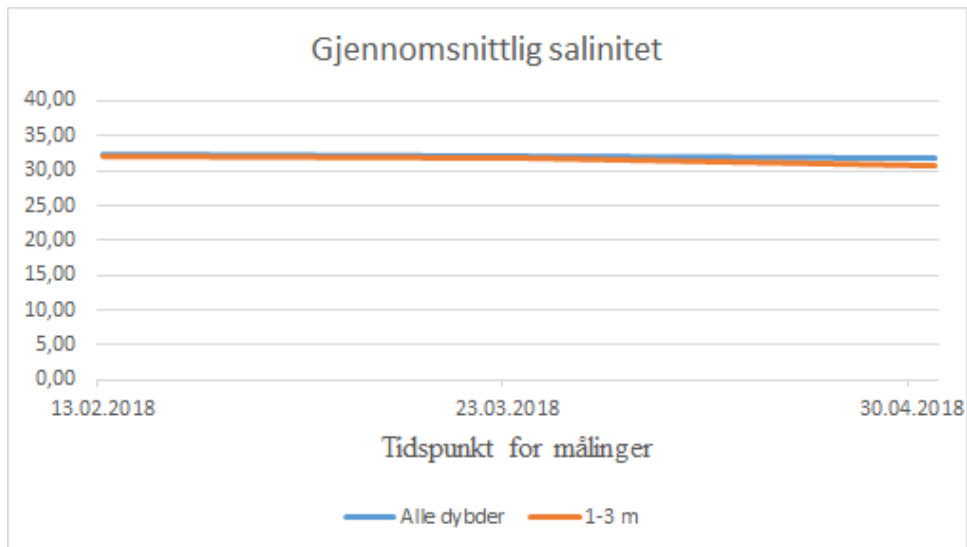
Figur 31: Salinitetsprofil, 0-39 m, 24.03.2018, sør.



Figur 32: Salinitetsprofil, 0-44 m, sør for oppdrettsanlegget, 02.05.2018.



Figur 33: Salinitetsprofil, 0-41 m, nord for oppdrettsanlegget, 02.05.2018.



Figur 34: Gjennomsnittlige salinitetsverdier for de 3 måledatoene. Verdiene er tatt fra målingene sør for oppdrettsanlegget.

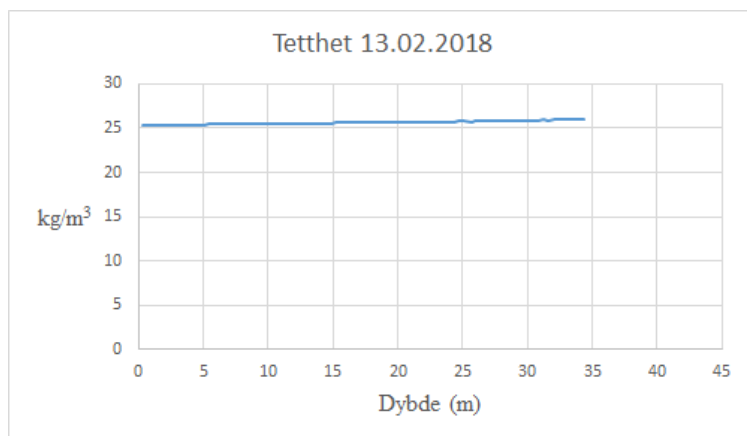
Ved første måling ser vi at saltinnholdet stiger jevnt fra 31,94 ‰ på 1 m dyp, til 32,94 ‰ på 35 m dyp (figur 30). Ved andre måling ser vi at saltinnholdet ligger jevnt mellom 31,84 ‰ på 1 m dyp, til 32,07 ‰ på 35 m dyp (figur 31).

Ved tredje måling utført den 2. mai sør for oppdrettsanlegget, ser vi at det har kommet et markant lag med redusert salinitet i øverste del av vannmassene, med saltinnhold ned til 28 ‰. Ellers stiger saliniteten jevnt fra 31,03 ‰ på 1,5 m dyp, til 33,87 ‰ på 43,5 m dyp (figur 32).

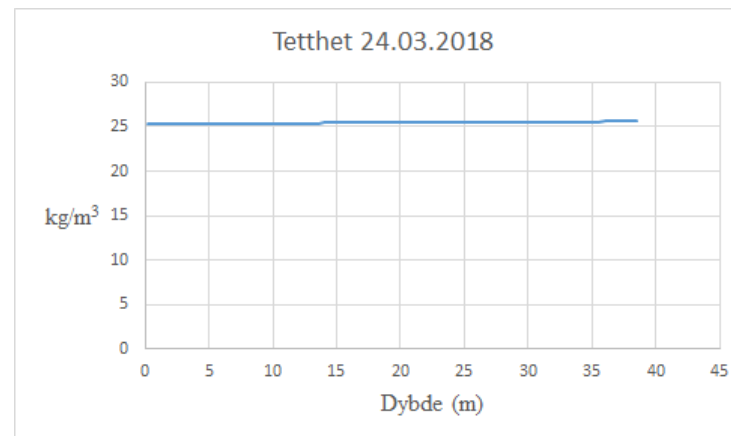
Ved målingen utført nord for oppdrettsanlegget den 2. mai, ser vi at ferskvannslaget i overflaten ikke er like markant som ved målingene utført sør for oppdrettsanlegget. Dette kan komme av at posisjonen disse målingene ble utført på lå lenger ut i fjordarmen. Dermed kan vannmassene fra Fuglsetfjorden ha blitt blandet ut med vannmassene i Sognefjorden (figur 33).

Når man sammenligner de gjennomsnittlige salinitetsmålingene fra hele forsøksperioden, ser vi at saliniteten har gradvis sunket. Den 13. februar var den gjennomsnittlige saliniteten 32,4 ‰. 25. mars var saliniteten 32 ‰, og 2. mai var den 31,8 ‰. De gjennomsnittlige salinitetsverdiene for 1-3 m ligger jevnt med de gjennomsnittlige verdiene for alle dybder, fram til siste måling. Da var de salinitetsverdiene for 1-3 m litt lavere enn verdiene for alle dybdene (figur 34).

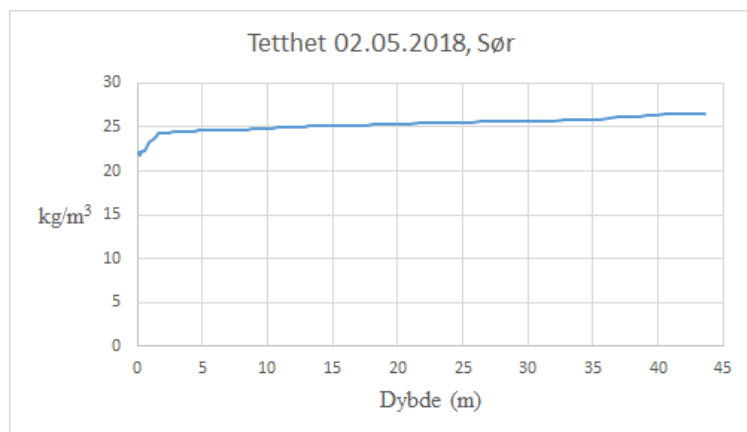
4.6. Tetthet



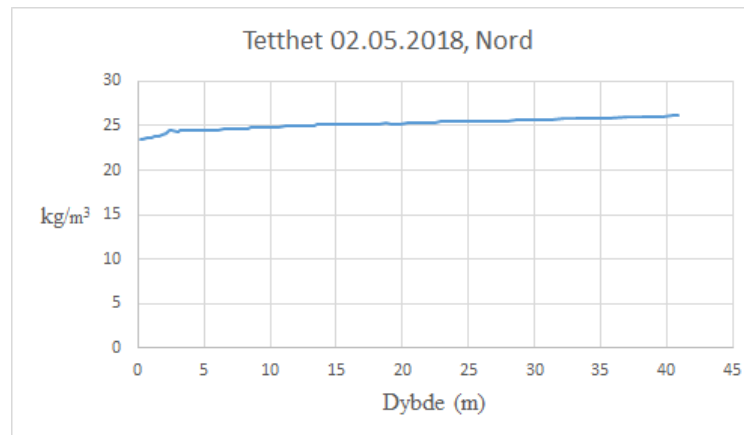
Figur 35: Tetthetsprofil, 0-35 m, 13.02.2018, sør.



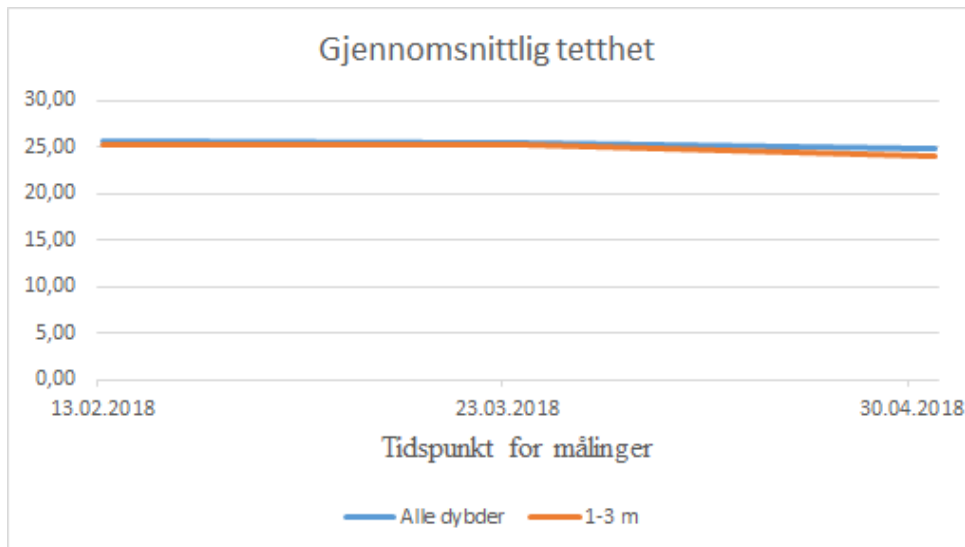
Figur 36: Tetthetsprofil, 0-39 m, 24.03.2018, sør.



Figur 37: Tetthetsprofil, 0-44 m, sør for oppdrettsanlegget, 02.05.2018.



Figur 38: Tetthetsprofil, 0-41 m, nord for oppdrettsanlegget, 02.05.2018.



Figur 39: Gjennomsnittlig tetthet for de tre måledatoene. Verdiene er tatt fra målingene sør for oppdrettsanlegget.

Det ble foretatt fire målinger av tetthet i forsøksperioden. Den første målingen ble utført 13. Februar. Resultatene viser stabile målinger der tettheten stiger svakt fra 25,3 kg/m³ på 0 m, til 26,03 kg/m³ på 35 m. Dette er ikke lagdelte vannmasser. De klassifiseres derfor som homogent blandede vannmasser (figur 35).

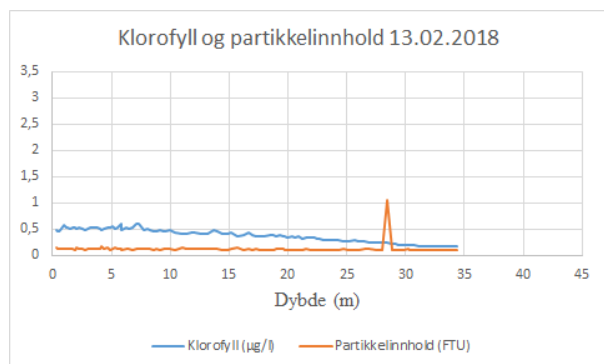
Resultatene fra andre måling, utført 24. Mars, viser at tetthetsverdiene ikke har forandret seg nevneverdig. Tettheten er målt til 25,3 kg/m³ på 0 m, og den ligger på 25,6 kg/m³ på 39 m. Dette er homogent blandede vannmasser (figur 36).

Ved tredje måling, den 02. Mai, hadde vi to forskjellige målepunkter. Den ene lå sør for oppdrettsanlegget. Det var på denne posisjonen vi målte de tidligere målingene. Den andre lå nord for oppdrettsanlegget. På målingen utført sør for oppdrettsanlegget ser vi at tettheten var vesentlig lavere fra 1-3 m, enn videre ned til 44 m (figur 37). Når man sammenligner verdiene med salinitets- og temperaturverdiene på samme punkt (figur 27 og 32), ser man at de samsvarer. Saliniteten er lavere og temperaturen er høyere. Dette betyr at de lave tetthetsverdiene de første 1,5 m kommer av et ferskvannslag. På 0 m er tettheten 22,0 kg/m³. I nederste del av ferskvannslaget, på ca. 1,5 m, er tettheten 24,27 kg/m³. Etter dette ferskvannslaget ser vi at verdiene stiger jevnt til 26,6 kg/m³ på 44 m. Ved målingene utført

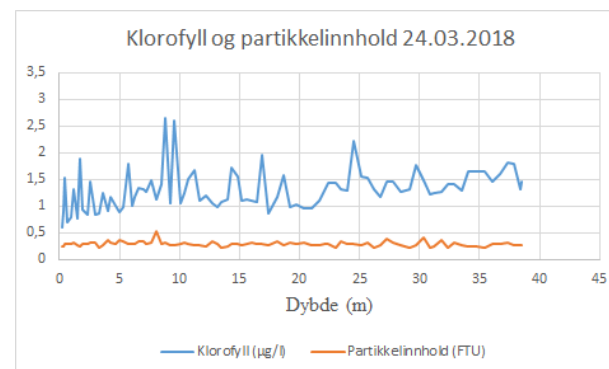
nord for oppdrettsanlegget ser vi et mindre markant ferskvannslag. Dette ferskvannslaget går derimot dypere. På 0 m er tettheten $23,5 \text{ kg/m}^3$, og i nederste del av ferskvannslaget, på 3 m, er tettheten $24,4 \text{ kg/m}^3$. Videre stiger tettheten jevnt til $26,2 \text{ kg/m}^3$ på 41 m (figur 38).

Når vi sammenligner de gjennomsnittlige tetthetsverdiene fra hele perioden, ser vi at verdiene ligger jevnt hele perioden. Ved siste måling sank verdiene litt, men ikke nevneverdig. For de gjennomsnittlige verdiene fra 1-3 m ser vi at verdiene lå litt under gjennomsnittet fra alle dybdene. Dette kommer av ferskvannslaget i overflaten av vannmassene (figur 39).

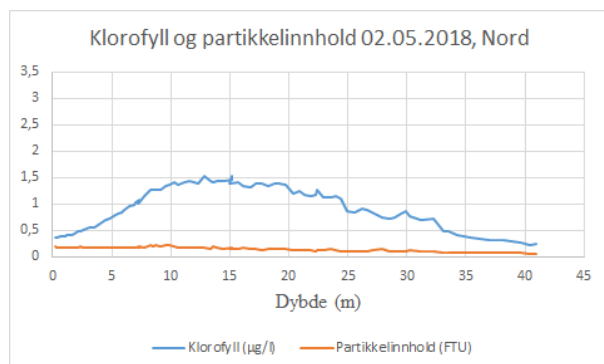
4.7. Klorofyll, Partikkelinnhold og Algekonsentrasjon



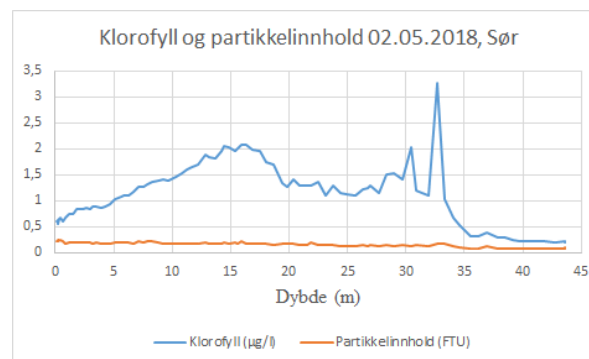
Figur 40: Profil av klorofyll og partikkelinnhold, 0-35 m, 13.02.2018, sør.



Figur 41: Profil av klorofyll og partikkelinnhold, 0-39 m, 24.03.2018, sør.



Figur 42: Profil av klorofyll og partikkelinnhold, 0-44 m, sør for oppdrettsanlegget, 02.05.2018.



Figur 43: Profil av klorofyll og partikkelinnhold, 0-41 m, nord for oppdrettsanlegget, 02.05.2018.

Det ble foretatt fire målinger av partikkelinnhold/turbiditet (FTU) og klorofyll ($\mu\text{g/l}$) ved hjelp av en CTD-måler. Alle fire målingene ble tatt i Fuglsetfjorden, hvor tre av disse ble tatt sør for oppdrettsanlegget og en måling ble tatt nord for anlegget.

Den første målingen av partikkelinnhold og klorofyll ble gjennomført 13. februar sør for oppdrettsanlegget fra 0-35 m. Her kan vi se at verdiene til partikkelinnholdet er relativt stabile og ligger på ca. 0,1 FTU fra 0-35 m, med ett unntak på ca. 28 m dyp hvor en stor partikkel eller noe annet av betydelig størrelse har påvirket CTD-målingen. Derfor ser vi et stort avvik fra normalen helt opp til 1,1 FTU. Klorofyllnivået ligger på rundt 0,5 $\mu\text{g/l}$, men synker gradvis ned til ca. 0,2 $\mu\text{g/l}$ fra ca. 10 m og ned til 35 m (figur 40).

Den andre målingen ble gjennomført 24. mars sør for oppdrettsanlegget fra 0-39 m. Verdiene for partikkelinnholdet ved andre måling var relativt stabile på ca. 0,25 FTU fra 0-35 m, med ett unntak på ca. 8 m hvor det er en økning opp til 0,6 FTU. Klorofyllnivået derimot varierer en del, der den laveste verdien ligger på rundt 0,6 $\mu\text{g/l}$ ved 0 m, og den høyeste verdien lå på 3,25 $\mu\text{g/l}$ ved 9-10 m (figur 41).

Den tredje og siste målingen ble gjennomført 2. mai og her ble det gjort en målinger både sør og nord for oppdrettsanlegget, fra 0-45 m sør for anlegget, og 0-41 m nord for anlegget. Verdiene for partikkelinnholdet sør for anlegget ligger rundt 0,25 FTU fra 0-30 m, men så synker den gradvis ned til 0,1 FTU fra 30-45 m (figur 42). For partikkelinnholdet nord for oppdrettsanlegget ser vi at verdien ligger på rundt 0,2 FTU ved 0-10 m. Deretter synker verdien gradvis nedover til ca. 0,08 FTU fra 10- 41 m (figur 43).

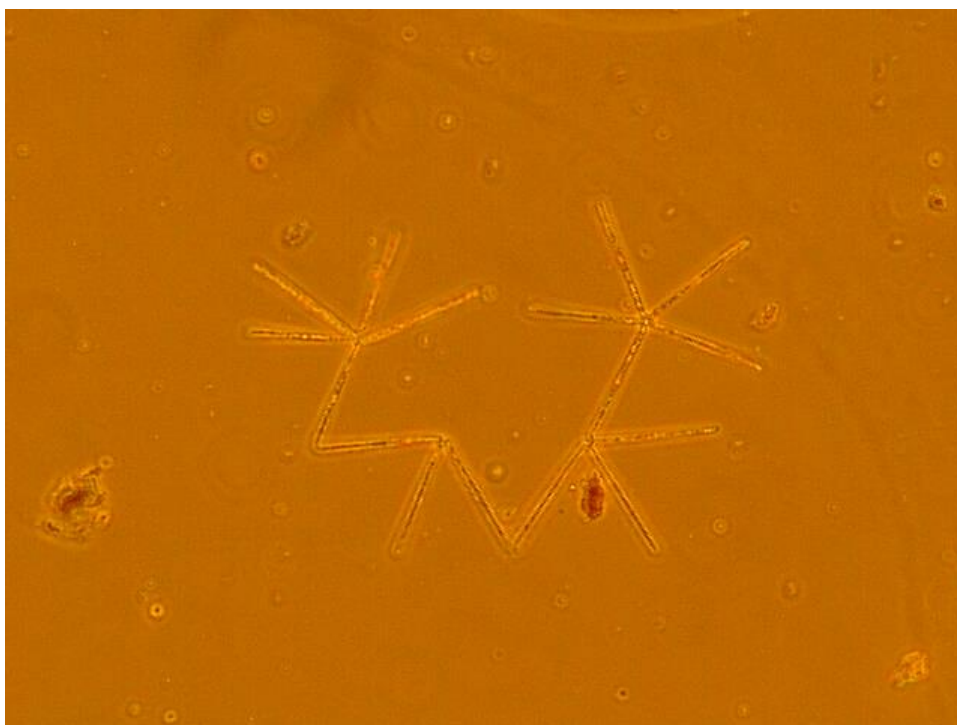
Klorofyllnivået sør for oppdrettsanlegget varierer en del mer fra de tidligere målingene. Ved 0 m ligger verdien på litt over 0,5 $\mu\text{g/l}$ før den så stiger til 2,1 $\mu\text{g/l}$ ved ca. 15 m. Deretter synker den ned til 1,1 $\mu\text{g/l}$ ved 25 m, før den igjen stiger til 3,25 $\mu\text{g/l}$ som er den høyeste verdien målt, og deretter synker den på nytt ned til 0,25 $\mu\text{g/l}$ ved 45 m (figur 42).

Nord for anlegget ser vi at klorofyll nivået endrer seg fra den målingen sør for anlegget. Ved 0 m ligger verdien i underkant av $0,4 \mu\text{g/l}$, før den stiger opp til litt over $1,5 \mu\text{g/l}$ ved ca. 15 m. Deretter faller verdien ned til rundt $0,2 \mu\text{g/l}$ ved 41 m (figur 43).

4.8 Mikroalger (planteplankton)

Alle planteplanktonprøvene som ble tatt, ble tatt i samme område som CTD-målingene sør for oppdrettsanlegget.

Ved analyse av artsmangfoldet i prøvene var det *Thalassionema sp.* som dominerte i antall (figur 44). Arter som *Thalassiosira sp.*, *Skeletonema costatum*, *Pseudo-Nitzschia sp.*, *Halosphaera sp.* og *Chaetoceros sp.* var å observere med jevne mellomrom (Appendix tabell 8,9 og 10). Dyreplankton som *Archanterie* var lite tilstedeværende i prøvene.



Figur 44: *Thalassionema sp.* x10 objektiv, Leitz Wetzlar Diavert, 24.03.2018, prøve nr. 1, 0,5 m.



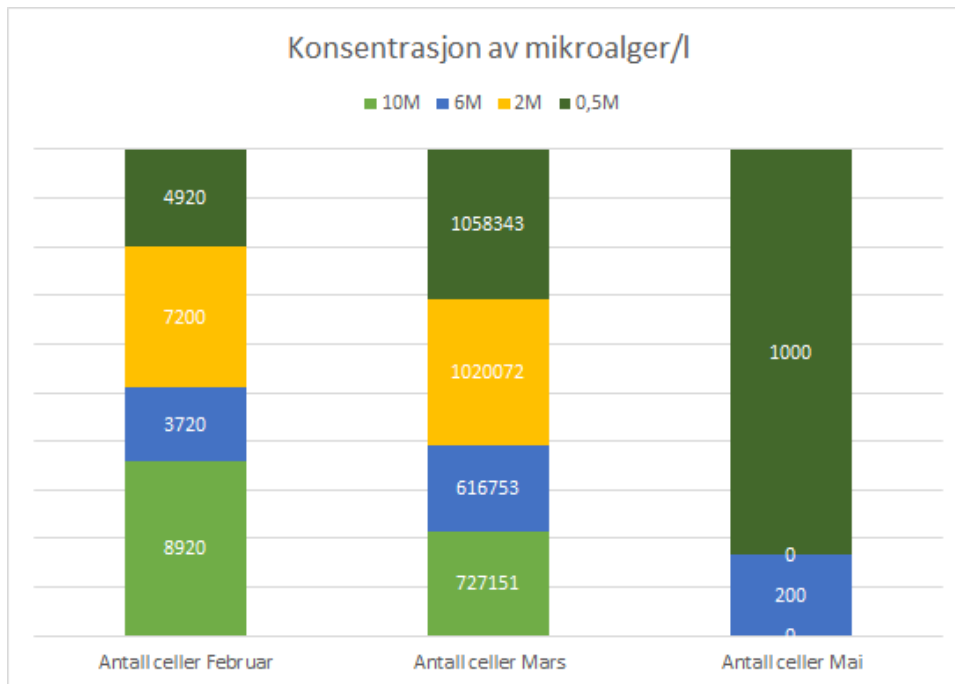
Figur 45: Ceratium tripos, x10 objektiv, Leitz Wetzlar Diavert, 02.05.2018, prøve nr. 3, 6 m.

Algekonsentrasjonen ved målingen utført 13.02.2018 viser flest mikroalger i vannprøven fra 10 m. Antall celler/l fra 10 m ble estimert til å være 8920 celler/l. Videre estimerte vi at fra vannprøven på 2 m dyp var det 7200 celler/l, fra 0,5 m dyp var det 4920 celler/l, og fra 6 m var det 3720 celler/l (figur 46).

Ved målingen av algekonsentrasjonen den 24.03.2018 hadde antall mikroalger økt markant. De fleste mikroalgene befant seg nå i øverste del av vannmassene. Ved 0,5 m estimerte vi at det var 1.058.343 celler/l, ved 2 m estimerte vi at det var 1.020.072 celler/l, ved 6 m estimerte vi at det var 616.753 celler/l, og ved 10 m estimerte vi at det var 727.151 celler/l.

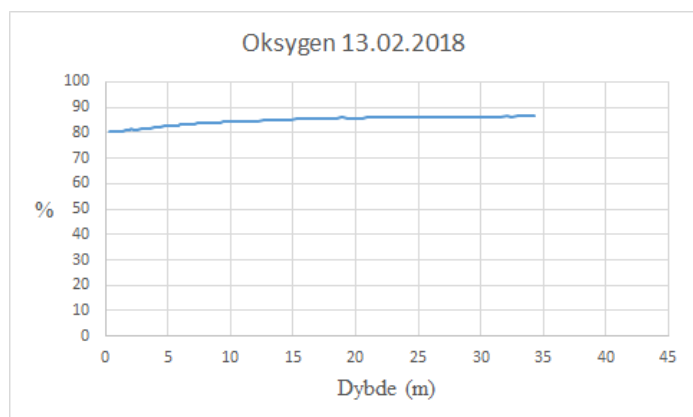
Ved målingen av algekonsentrasjonen den 02.05.2018 hadde den minket veldig. Vi kunne estimere en konsentrasjon på 1000 celler/l for 0,5 m dyp, og 200 celler/l for 6 m dyp. Ut ifra klorofyllmålingene tatt fra samme område samme dag, skal algekonsentrasjonen være omtrent det samme som ved målingen utført 24.03.2018. Derfor antar vi at det kan ha

forekommet en menneskelig feil ved innsamlingen av vannprøvene, eller sur lugol veske. Artene som var å finne i det fåtallet av mikroalger som ble observert i vannprøvene i mai, besto av *Ceratium tripos* (figur 45), *Pseudo-Nitzschia sp.*, *Nitzschia sp.*, *Halosphaera sp.* og *Chaetoceros sp.* Selv om *thalassionema sp.* var klart dominerende av alle prøver var den ikke å observere ved noen av dybdeprøvene i mai.

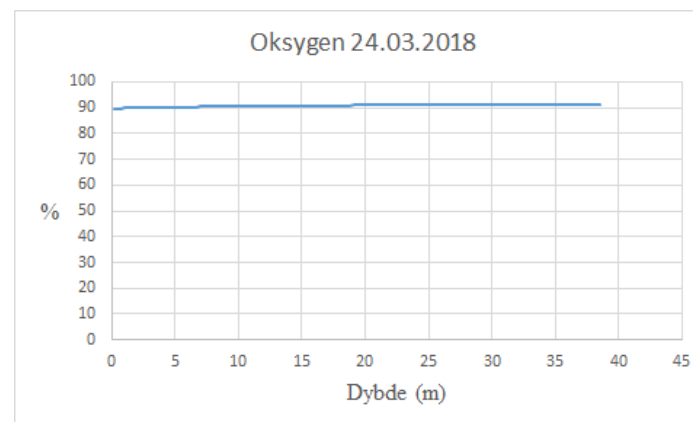


Figur 46: Antall celler/l for hele forsøksperioden

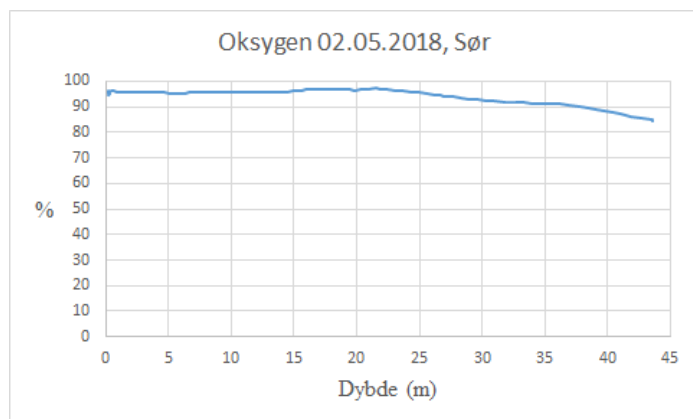
4.9 Oksygen



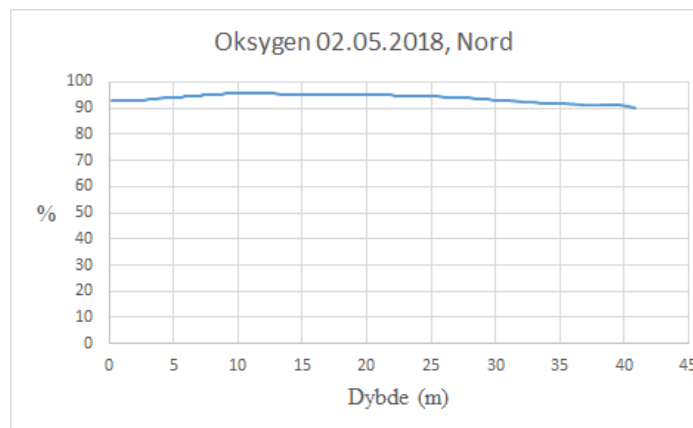
Figur 47: Oksygenprofil fra 1-35 m dyp, 13.02.2018, sør.



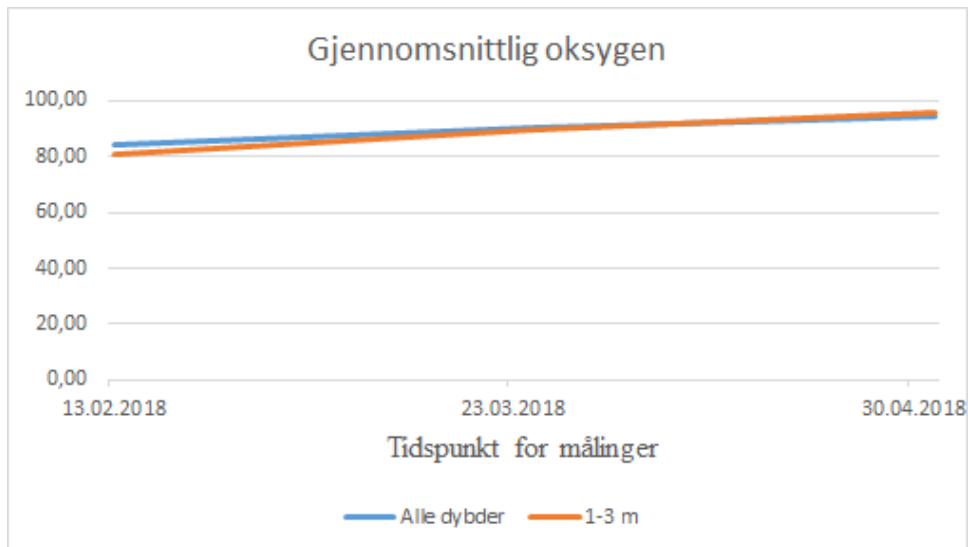
Figur 48: Oksygenprofil fra 1-35 m dyp, 24.03.2018, sør.



Figur 49: Oksygenprofil fra 1-43 m dyp, 02.05.2018, sør for oppdrettsanlegget.



Figur 50: Oksygenprofil fra 1-40 m dyp, 02.05.2018, nord for oppdrettsanlegget.



Figur 51: Gjennomsnittlige oksygenverdier for de 3 måledatoene. Verdiene er tatt fra målinger sør for oppdrettsanlegget.

Ved den første målingen som ble gjort av oksygenivået i Fuglsetfjorden ser vi at det ligger på ca. 81 % ved de første 2,5 m. Vi ser også at jo dypere målingene ble tatt, desto høyere er verdiene av oksygenivået, og ved 35 m dyp var oksygenivået målt til ca. 86,5 %, som var det høyeste oksygenivået målt (figur 47).

Den andre målingen som ble gjort av oksygenivået i Fuglsetfjorden ser vi at verdiene av oksygen på de første 5 m ligger på ca. 89-90 %, og ved 35 m ligger oksygenivået på ca. 91,4 % (figur 48).

Ved tredje måling utført den 2. mai sør for oppdrettsanlegget, ser vi at oksygenivået har økt i den øverste halvdel av vannmassene. Her ligger oksygenivået på mellom 95,7 % på 1 m dybde, og 96,9 % på 22 m dybde. Deretter synker verdiene jevnt ned til 84,4 % på 43 m dybde (figur 49).

Ved målingene som ble utført 2. mai nord for oppdrettsanlegget, er verdiene jevnere. De starter på 92,8 % på 1 m dybde, og stiger gradvis til 95,6 % på 10 m dybde. Deretter synker verdiene jevnt ned til 90,3 % på 43 m dybde (figur 50).

Når man sammenligner de gjennomsnittlige oksygenverdiene fra hver innhenting, ser man at oksygennivåene har steget gjennom hele perioden. Den 13. februar var de gjennomsnittlige oksygenverdiene på 84,5 %. 25. Mars hadde verdiene steget til 90,7 %, og ved 2. Mai var verdiene på 94,4 % (figur 51). Vi ser at verdiene ved første måling viser en lavere gjennomsnittlig oksygenverdi mellom 1-3 m, enn ved gjennomsnittet for alle dybdene. Ved tredje måling hadde den gjennomsnittlige oksygenverdien mellom 1-3 m blitt høyere enn gjennomsnittet for alle dybdene.

4.10 pH-målinger

Tabell 4: pH-målinger for Fuglsetfjorden ved dybde 0,5, 2, 6 og 10 m.

Dybde (m)	13.02.2018	24.03.2018	02.05.2018 sør	02.05.2018 nord
0,5 m	7,95	8,05	8,01	8,01
2 m	7,96	8,08	8,01	8,01
6 m	7,96	8,09	8,01	8,00
10 m	7,97	8,09	8,00	7,99

De sureste verdiene vi målte var ved første måling den 13.02.2018. Målingene var veldig stabile med verdier fra 7,95 på 0,5 m til 7,97 på 10 m. Ved andre innsamling hadde verdiene blitt litt mer basisk med en verdi på 8,05 ved 0,5 m og 8,09 ved 6 og 10 m. Ved tredje innsamling var verdiene svært stabile både nord og sør for oppdrettsanlegget. Verdiene sør varierte mellom 8,1 ved 0,5 m, til 8,0 ved 10 m. Verdiene nord varierte mellom 8,01 ved 0,5 m, til 7,99 ved 10 m. Som en svak trend kan vi se at ved målingene i februar og mars blir verdiene mer basiske på større dybde. Ved målingene i mai blir antydningvis verdiene surere på større dybde (tabell 4).

4.11 Næringssalter

Tabell 5: Mengde næringssalter ved forskjellig dybde, sør og nord for oppdrettsanlegget.

Gjennomsnittsverdier er regnet ut for fosfat, nitrat og nitritt.

Lokasjon	Dybde (m)	Fosfat (µg/l)	Urea (mg/l)	Nitrat-N (mg/l)	Nitritt-N (mg/l)
Sør	0,5	9,0		0,0069	<0,0005
	2	9,0	1,2	0,0087	<0,0005
	6	8,0		0,0090	<0,0005
	10	8,0		0,0100	<0,0005
	Gjennomsnitt:	8,5		0,0087	<0,0005
Nord	0,5	8,0		0,0054	<0,0005
	2	6,0	1,0	0,0110	<0,0005
	6	2,0		0,0140	<0,0005
	10	5,0		0,0087	<0,0005
	Gjennomsnitt:	5,3		0,0098	<0,0005

Målingene av fosfat sør viser 9,0 µg/l ved 0,5 m og 8,0 µg/l ved 10 m, og har et gjennomsnitt på 8,5 µg/l (tabell 5). Fosfat nord viser 8,0 µg/l ved 0,5 m og 5,0 µg/l ved 10 m, og har et gjennomsnitt på 5,3 µg/l. Målingene av urea var 1,2 mg/l sør og 1,0 mg/l nord. Nitrat-N for sør var på 0,0069 mg/l ved 0,5 m og 0,0100 mg/l ved 10 m, og har et gjennomsnitt på 0,0087 mg/l. Nitrat-N for nord var 0,0054 mg/l ved 0,5 m og 0,0087 mg/l ved 10 m, med et gjennomsnitt på 0,0098 mg/l. Nitritt-N for både sør og nord var <0,0005 mg/l ved alle dybder.

4.12 Lengde- og bredde målinger for bladvekst

Ved første innhenting fant vi ikke noen algeprøver. Vi tok bilde av tauene slik at de kunne bli studert senere. Da fant vi noen små eksemplarer av sukkertare. Lengden og bredden ble satt til ≥ 1 mm. Ved andre innhenting fant vi mange eksemplarer (tabell 6). Den største tareprøven var 19,2 cm lang og 3,8 cm bred. Den minste prøven var 9,9 cm lang og 1,8 cm bred.

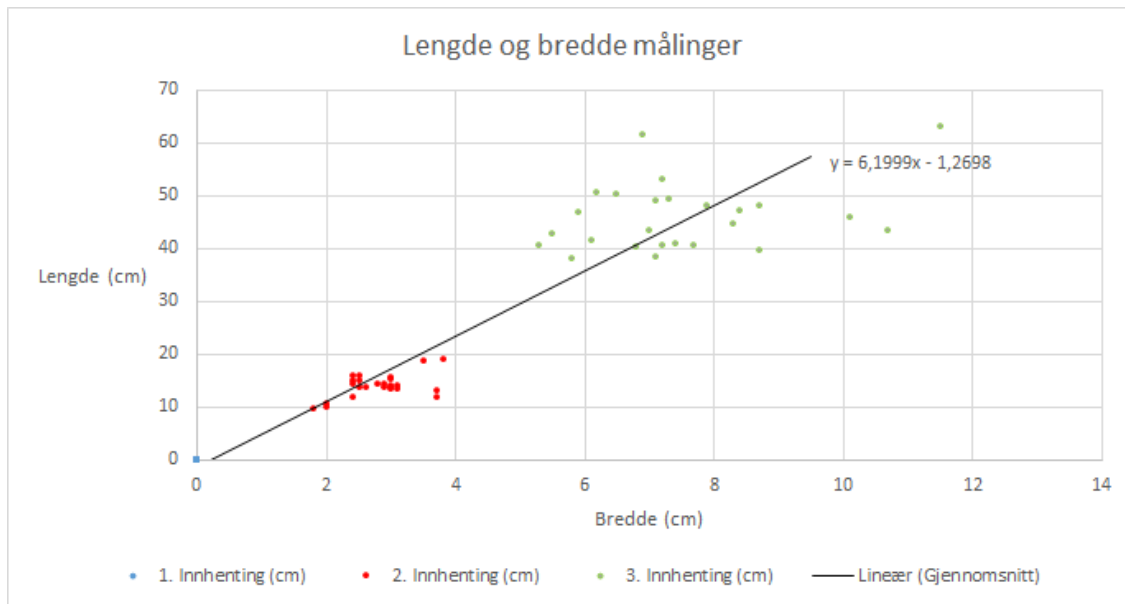
Gjennomsnittet på tareprøvene var 14,15 cm lange og 2,8 cm brede. Ved tredje innhenting hadde tareprøvene grodd vesentlig lengre. Den største tareprøven var 63 cm lang og 11,5 cm bred. Den minste prøven var 38 cm lang og 5,8 cm bred. Gjennomsnittet på tareprøvene var 45,9 cm lange og 7,49 cm brede.

Vi registrerte at tareprøvene som grodde nærmest den midtre bøyen var kortere enn de andre. En mulig årsak for dette er at denne taren grodde nærmere havoverflaten enn de andre tareprøvene. En annen årsak kan være at taren som grodde nærmere enden av tauene har blitt mer utsatt for luft under håndteringen av taren.

Tabell 6: Gjennomsnittlig lengde- og breddemåling per delprøve, n=5. Delprøve 1 var nærmest blåse, delprøve 5 var lengst fra blåse.

	2. Måling	3. Måling	Antall dager i periode
Gjennomsnitt lengde/parti			1. periode
Parti 1	11,16	47,22	40
Parti 2	14,74	46,4	
Parti 3	14,74	40,26	
Parti 4	15,9	46,44	
Parti 5	14,2	49,2	
Gjennomsnitt bredde/parti			2. periode
Parti 1	2,38	7,6	39
Parti 2	2,68	7,14	
Parti 3	3,16	40,26	
Parti 4	3	6,38	
Parti 5	2,78	9,54	

Vi kan se at størrelsen ved tredje innhenting var mer spredt mellom vekst i lengde og bredde enn ved andre innhenting (figur 52). Den gjennomsnittlige lengdemålingen ved andre innsamling gav en lengde/bredde ratio på 5,04. Ved tredje innsamling gav den gjennomsnittlige lengdemålingen en lengde/bredde ratio på 6,13. Den gjennomsnittlige vekstraten for lengde ved første periode ble målt til 18,14 %. For bredde ble den målt til 14,10 % i samme periode. Ved andre periode ble den gjennomsnittlige vekstraten for lengde målt til 3,10 %. For bredde ble den målt til 2,58 % i samme periode.



Figur 52: Lengde- og breddemålinger for tareprøver med gjennomsnittlig størrelse for hele perioden.

4.13 Sukkertarens sammensetning av vann, glødetap og aske

Vi kan se at tørrvekten øker med avstanden til festepunktet for tau ved blåse. Ved 75 °C, parti 1 var den gjennomsnittlige tørrvekten for andre måling 0,0174 g. For parti 5 var den 0,0309 g. Ved 105 °C, parti 1 var den gjennomsnittlige tørrvekten for andre måling 0,0174 g. For parti 5 var den 0,0301 g (tabell 7).

Ved 75 °C, parti 1 var den gjennomsnittlige tørrvekten for tredje måling 0,5749 g. For parti 5 var den 1,0120 g. Ved 105 °C, parti 1 var den gjennomsnittlige tørrvekten for tredje måling 0,5787 g. For parti 5 var den 0,9789 g. Vi ser at differansen mellom tørrvekten fra andre og tredje måling var størst ved parti 5. Det var minimale forskjeller mellom å tørke taren på 75 °C og 105 °C. Noen registreringer var tyngre og andre var lettere.

Tabell 7: Gjennomsnittlig tørrvekt (g) på 75 °C og 105 °C ved 2. og 3. måling, n=5. Delprøve 1 var nærmest blåse, delprøve 5 var lengst fra blåse.

Gjennomsnitt tørrvekt/parti 75 °C	2. Måling (g)	3. Måling (g)	Differanse (g)
Parti 1	0,0174	0,5749	0,5494
Parti 2	0,0255	0,5639	0,5326
Parti 3	0,0313	0,3890	0,3580
Parti 4		0,5728	
Parti 5	0,0309	1,0120	0,9947
Gjennomsnitt tørrvekt/parti 105 °C			
Parti 1	0,0174	0,5787	0,5539
Parti 2	0,0248	0,5600	0,5292
Parti 3	0,0308	0,3921	0,3620
Parti 4		0,5845	
Parti 5	0,0301	0,9963	0,9789

Ved første innsamling fant vi ingen tareprøver. Ved nærmere analyser av bilder tatt ved innsamlingen, fant vi noen små eksemplarer. Det var mulig å estimere lengde og bredde, men ikke vekt eller sukkertarens sammensetning.

Ved den andre innsamlingen fant vi lange nok tareprøver til å kunne måle vanninnhold, glødetap og askevekt (tabell 7). Vanninnholdet var i gjennomsnitt på 0,3128 g. Målingene var veldig stabile fra 91,69-93,18 % av den totale vekten, med et gjennomsnittlig vanninnhold på 92,5 %. Glødetapet var i gjennomsnitt på 0,0149 g. Her varierte resultatene mer fra 3,43-7,26 % av våtvekten, med et gjennomsnitt på 4,58 %. Askeinnholdet var i gjennomsnitt på 0,0106 g. Resultatene varierte fra 0,73-3,74 % av våtvekten, med et gjennomsnitt på 2,92 % (tabell 8).

Når man ser på sammensetningen av tørrvekten ved andre innsamling, ser man at glødetapet har et gjennomsnitt på 58,36 %. De resterende 41,64 % er askeinnhold.

Ved den tredje innsamlingen hadde algene grodd vesentlig mer. Vanninnholdet var i gjennomsnitt på 4,9 g. Målingene varierte mer enn ved den andre innsamlingen fra 85,32-91,58 % av den totale vekten, med et gjennomsnitt på 89,03 %. Glødetapet var i gjennomsnitt på 0,4 g. Her var det store variasjoner på resultatene fra 2,89-11,9 % av den totale vekten, med et gjennomsnitt på 6,86 %. Askeinnholdet hadde mange stabile resultater med unntaksvis store variasjoner. Vekten var i gjennomsnitt 0,22 g. De lå stabilt på en vekt mellom 2,19-4,97 % av den totale vekten, med to unntak som viste henholdsvis 8,12 % og 8,66 %. Gjennomsnittet var 4,11 %.

Sammensetningen av tørrvekten ved tredje innsamling viser at glødetapet har et gjennomsnitt på 64,37 %. Askeinnholdet har et gjennomsnitt på 35,63 %.

Når vi sammenligner resultatene mellom andre og tredje innsamling, ser vi at andelen vanninnhold har minsket i gjennomsnitt fra 92,5-89,03 % (tabell 8). Andelen vanninnhold hadde også mer stabile tall ved andre innsamling enn ved tredje. Ved andre innsamling hadde vanninnholdet en variasjon på 1,49 %, mens den ved tredje innsamling hadde en variasjon på 6,26%. Glødetapet økte i gjennomsnitt fra andre til tredje innsamling fra 4,58-6,86 %. Resultatene var også her mer stabile ved andre innsamling enn ved tredje. Ved andre innsamling hadde glødetapet en variasjon på 3,83 %, mens variasjonen ved tredje innsamling

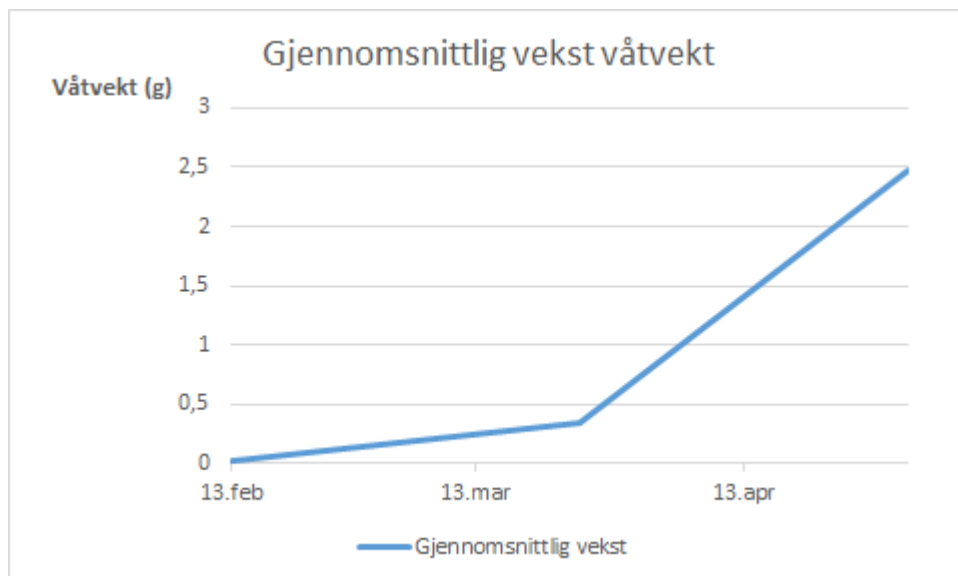
var på 9,01 %. Askeinnholdet økte i gjennomsnitt fra andre til tredje innsamling fra 2,92-4,11 %. Resultatene var like stabile på de forskjellige innsamlingene med to vesentlige unntak på tredje innsamling. Andre innsamling hadde en variasjon på 3,01 %, mens tredje innsamling uten unntakene hadde en variasjon på 2,78 %. De to unntakene lå henholdsvis 3,15 % og 3,69 % over de andre resultatene.

Vi ser at andelen glødetap og askeinnhold har endret seg mellom de forskjellige innsamlingene. Ved andre innsamling var glødetapet på 58,36 % av den totale biomassen, og askeinnholdet var på 41,64 %. Glødetapet hadde økt til 64,37 % ved tredje innsamling, mens askeinnholdet hadde sunket til 35,67 %.

Tabell 8: Utvikling av vanninnhold, glødetap og aske gjennom forsøksperioden.

	24.03.2018, 2. innsamling	02.05.2018 3. innsamling
Våtvekt		
% vanninnhold	92,50	89,03
% glødetap	4,58	6,86
% askeinnhold	2,92	4,11
Tørrvekt		
% glødetap	58,36	64,37
% askeinnhold	41,64	35,63

4.14 Biomassevekst



Figur 53: Gjennomsnittlig vekst av en enkelt sukkertare i perioden 13.02.2018 - 02.05.2018. $N=0$ den 13. februar, $n=20$ den 25. mars, $n=25$ den 02.mai.

Våtvekt av biomasse ved første innsamling ble satt til 0,01 g. Biomassen hadde økt i gjennomsnitt til 0,34 g etter første vekstperiode fra 13. februar til 25. mars. Målingene gjort ved andre innsamling varierte litt fra 0,11 til 0,75 g. Den gjennomsnittlige biomassen økte til 5,52 g i løpet av andre vekstperiode fra 25. mars til 02. mai (figur 53). Ved tredje innsamling var det store variasjoner mellom biomassen til de forskjellige prøvene. Det varierte fra 2,55 til 8,01 g. Det var en måling som skilte seg ekstra ut med 13,77 g.

Vekstraten for første periode ble regnet ut til å være 8,8 % per dag. For andre periode hadde vekstraten sunket til 7,35 % per dag.

Kapittel 5: Diskusjon

5.1 Feilkilder

5.1.2 Hydrografimålinger

Strømmålinger

Da vi utførte strømningsmålingene med den stasjonære måleren den 02. mai, hang måleapparatet seg fast i et tau ved de to første registreringene. Registrering nr. 3-6 kan også være påvirket siden det var en båt med vannjet som la seg inntil båten vår. Den reiste raskt etterpå, men den kan fortsatt ha hatt en påvirkning på de nevnte resultatene.

Måling av Secchi-dyp

Når vi utførte Secchi-målingene den 25. mars, blåste det mellom 5 og 10 m/s. Bølgene førte til at det ble vanskeligere å utføre nøyaktige målinger av Secchi-dypet, på grunn av avdrift i forhold til Secchi-skiven. Målingene ble utført etter beste evne, men de kan være unøyaktige.

Temperaturmålinger

Alle temperaturmålingene ble foretatt på ca. samme lokasjon ved alle 3 datainnsamlingene. Vi vet ikke om det har forekommet lokale temperaturforskjeller i fjorden.

Klorofyll og partikkelinnhold

Manglende renhold av glasset i klorofyllsensoren gjorde at apparatet viste ca. 0,1 µg/l for mye (T. Dale, personlig kommunikasjon).

Alle vannprøvene som ble testet for klorofyll og partikkelinnhold har potensielt vært utsatt for enkel menneskelig feil som kan ha påvirket kvaliteten på vannprøvene i mikroskopglasset, da laboratoriearbeidet krever stødighet. Det er registrert en stor feilkilde i vannprøvene fra mai, da det ble talt 12 alger totalt. Det er uvisst om årsaken ligger i sur lugolvæske fra CTD måler som har havnet i prøvene, eller om det er gjort feil ved

sedimentering av prøvene på laboratorium. Sur lugolvæske kan medføre at algene har "etset" ved opptak av prøvene. Menneskelige feilkilder kan være utilstrekkelig vending av prøver eller lekkasje av alge –og partikkel konsentrasjonen i mikroskopglasset. Det har garantert oppstått en feil med vannprøvene fra mai, da det ut fra teorien skal florere av mikroalger på dette tidspunktet.

Oksygen

Oksygen-elektroden var ikke kalibrert før bruk. Dette kan ha ført til for lave oksygenverdier, da måleverdiene vanligvis synker noe mellom kalibreringene.

pH-målinger

pH-meteret ble ikke nøyaktig kalibrert mellom hver måling. Meteret ble, før innsamlingen startet, kalibrert i forhold til buffer med pH = 7,00. Ved siste måling viste pH-meteret 6,87. Dette betyr at verdiene ved siste innsamling underestimerte med ca. 0,13.

Næringssalter

Vannprøvene til næringssalter ble tatt 2. mai. Prøvene ble først analysert 7-8. mai. Den totale verdien i prøvene kan derfor ha endret seg i løpet av denne perioden. Den relative verdien har endret seg mindre. Derfor er det mulig å sammenligne dypene og stedene.

5.1.2 Tareprøver

Lengde- og breddemålinger for bladvekst

Det ble utført to forskjellige lengde- og breddemålinger for sukkertarens bladvekst. Begge av disse to målingene ble utført for hånd ved hjelp av et måle-ark den første gangen, og ved hjelp av målestokk den andre. Her ble lengden og bredden målt med en feilmargin ned til hver 1/10 millimeter, men det kan hende det oppsto menneskelig feil under selve målingen av sukkertaren.

Algenes sammensetning av vann, glødetap, askeinnhold og våtvekt.

Da vi veide tareprøvene ved siste innsamling, måtte vi kutte dem opp for å få plass i digelene. På noen prøver ble nederste del av taren lagt i digelene, mens på andre ble øverste del brukt. Den biologiske sammensetningen av planten kan være forskjellig i de ulike delene av taren. Derfor kan noen planter ha en overestimert askevekt, mens andre kan ha en underestimert. Dette kan være en vesentlig feilkilde. Forskjellen kan også forklares ved at ovnen vi brukte har en ujevn forbrenning. Dette kan komme av at ovnen er gammel. Derfor kan noen av varmeelementene være defekte. Vi plasserte digelene i en spesifikk rekkefølge i ovnen, men vi kunne ikke se noen markant forskjell på askevekt i forhold til plasseringen i ovnen. Tareprøvene vi brukte hadde en liten biomasse. I tillegg stod taren i forbrenningsovnen i svært lang tid (24 t). Dermed er det ikke spesielt stor sannsynlighet for at dette har skjedd, men det kan vi ikke si med sikkerhet.

Når vi tok taren ut av tørkeskapet og forbrenningsovnen, tok taren til seg fuktighet fra luften. Dette kan ha ført til små variasjoner i vekten. Vi har forsøkt å unngå dette etter beste evne ved å plassere taren i en eksikator, men noe variasjoner er vanskelig å unngå.

5.2 Diskusjon av resultater

5.2.1 Hydrografimålinger

Strømmålinger

Målingene vi har utført viser at strømhastigheten i Fuglsetfjorden ligger på mellom 0-5 cm/s. I tillegg er retningen på strømmen i fjorden avhengig av tidevannet. Strømningene går fra oppdrettsanlegget til kultiveringsområdet når det går fra fjære til flo, og motsatt når det går fra flo til fjære. Første strømmåling ble utført kl. 12.05. Ved å sammenligne med tabellen for tidevannsforskjeller ser vi at ved første innsamling skulle strømningene i fjorden gå i en nordlig retning ut av fjorden. Tidevannsstrømmen er sterkest i perioden midt mellom flo og fjære. Det vil si ca. 3 timer etter enten flo eller fjære (T. Dale personlig kommunikasjon). Det betyr at tidevannsstrømmen skulle være på det sterkeste rundt tidspunktet for første strømmåling. Andre strømmåling ble utført kl. 12.45. Det vil si at ved andre innsamling skulle strømningene i fjorden gå i en sørlig retning inn i fjorden. Dette var også rundt det tidspunktet tidevannsstrømmene skulle vært på det sterkeste. Tredje strømmåling ble utført kl. 12.20. Dette var like etter at tidevannet begynte å gå mot fjære. Det vil si at strømningene skulle endre retning fra en sørlig til en nordlig retning. Siden strømmålingen tok sted like etter flo, skulle strømmene være relativt svake.

Når vi sammenligner strømningsmålingene med tidevannstabellen ser vi at målingene stemmer overens med retningshypotesene. Ved første måling var retningen ensrettet mot en sør. Ved siste måling var strømningene rettet mot et større spekter av retninger. Dette kommer av at tidevannet på dette tidspunktet endret seg fra fjære-flo, til flo-fjære. Hypotesene stemte derimot ikke overens med hastigheten. Den sterkeste strømmen vi registrerte var 5 cm/s ved siste måling. De lave strømhastighetene viser at selv i perioder der strømmen skulle være på det sterkeste, var den relativt svak.

Sætre (1975) undersøkte anvendbare kriterier for hva som kvalifiseres som en god lokalitet for oppdrett av marine organismer og kartla de begrensende faktorene for størrelsen av et anlegg. Han undersøkte også virkningen av et oppdrettsanlegg på det marine miljøet. Som en del av dette arbeidet utførte han flere forskjellige hydrografiske målinger. Blant disse ble

temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold og strømforhold dokumentert. Ett av anleggene han undersøkte var Osland havbruk i Bjordal. På denne tiden lå anlegget lenger inn i fjorden. Det mest fullstendige materiale ble innsamlet i perioden 2.-5. juli 1974. Siden målingene ble utført i løpet av sommermånedene, vil ikke temperatur-, saltholdighets-, og oksygenmålingene være sammenlignbare med målingene vi har utført. Strømmålingene er derimot sammenlignbare. Strømmålingene ble utført med en Aanderaa strømmåler. Dette var en annen type enn den vi benyttet oss av. Målingene viste to opphopninger av strømmålinger i fordelingen av strømhastighet og strømrøtning. Den største opphopningen viste en strømhastighet på under 5 cm/s. Retningen på disse målingene gikk mot nordøst. Videre viste også den andre opphopningen en strømhastighet på under 5 cm/s. Disse strømmene hadde en retning mot sørvest. Totalt hadde over halvparten av strømmålingene en strømhastighet på under 5 cm/s. Over halvparten av strømmålingene hadde også en retning på enten nordøst, eller sørvest. Resultatene vi har utført samsvarer dermed med Sætres målinger (Sætre 1975).

SINTEF har utarbeidet en kompetansebase for industriell tare dyrking. Prosjektet har fått navnet MacroBiomass (Skjermo et al. 2012, s.3). I sammenheng med dette prosjektet har de evaluert effekten av sterk strøm på biomasseproduksjonen av tare. De satte ut tareanlegg på to forskjellige lokaliteter i samme farvann, der vannkvaliteten var relativt lik, men strømhastigheten var forskjellig. Resultatet viste at en sterk strøm gav færre men større planter, og nesten 4 ganger så høy total biomasse som på den mer beskyttede lokaliteten. Prosjektet viste at det kan være fordelaktig å produsere sukkertare i områder med sterk strømeksponeering.

Handå et al. (2009) sier også at en god lokalitet for tare dyrking bør ha moderat til høy gjennomsnittlig strømhastighet. Det vil si 5-20 cm/s. Resultatene våre viser at Fuglsetfjorden er mindre egnet til tare dyrking med tanke på den lave strømhastigheten. Retningen til strømmingene er også ikke fordelaktige, siden den varierer i forhold til tidevannet. Dermed vil taren bare kunne utnytte næringsstoffene fra oppdrettsanlegget i enkelte perioder, istedenfor ved en kontinuerlig tilførsel.

Måling av Secchi-dyp

Målingene vi har utført av Secchi-dypet varierte fra 20 m den 13. februar til 9,5 m den 25. mars. Vi estimerte at 1 % lysdyp varierte mellom 40-19 m. Secchi-dyp brukes for å måle transparentiteten og turbiditeten i en væske. En høy turbiditet tyder på et stort innhold av fytoplankton, ekskrement-partikler, eller andre partikler, f.eks. leire. Vi så at Secchi-dypet minket kraftig i løpet av forsøksperioden. Dette tyder på at oppblomstringen av fytoplankton har vært stor i perioden. Oppblomstringer har vært spesielt stor i perioden mellom 13. februar og 25. mars, da Secchi-dypet minket fra 20-9,5 m. Etter denne perioden stabiliserte målingene seg.

Sanderson et al. (2012) målte vekst av makroalger i nærheten av et fiskeoppdrettsanlegg i nordvest-Skottland. Målet for studien var å undersøke hvordan vekstraten til forskjellige algearter var ved oppdrettsanlegg og referansepunkter uten tilhørende fiskemerder. I sammenheng med dette studiet målte de lysdempingen i vannmassene med en Secchi-skive. Det ble utført målinger på hver lokasjon når forskerne besøkte området. I gjennomsnitt varierte Secchi-dybden fra 8-10 m. Dette antydte at 1 % lysdybde var mellom 25,6 og 32 m dybde.

Sjøtemperatur

De første målingene vi utførte 13. februar viste en gjennomsnittlig sjøtemperatur fra 1-3 m på 5,03 °C. Vi ser på den gjennomsnittlige sjøtemperaturen fra 1-3 m, fordi dette er den dybden algene kultiveres i. Derfor vil disse resultatene være mest relevante for dette studiet. Den gjennomsnittlige sjøtemperaturen sank så til 4,18 °C for 1-3 m ved andre måling. Videre økte den til 7,35 °C for 1-3 m ved tredje måling.

Tabell 9: Temperatur °C i Skaltestrand nordøst for Fuglsetfjorden, 24.02.1943 – 23.03.1945 (Rustad 1978).

	Temperatur °C i Skaltestrand (Rustad 1978)			
Dybde:	0 m	2 m	5 m	
Dato:				Gjennomsnitt alle dybder:
24.02.1943	5,56	5,54	5,58	5,56
13.04.1943	5,51	5,65	5,76	5,64
19.01.1944	5,86	6,31	6,49	6,22
23.03.1944	5,58	5,64	5,9	5,71
01.02.1945	5,2			5,2
23.03.1945	4,73			4,73

Rustad (1978) studerte temperaturen og saliniteten i de øverste 20 m av vannmassene ved 110 forskjellige hydrografiske stasjoner i hele Sognefjorden (tabell 9). Målingene ble utført i perioden fra juni 1942 til august 1945. En av de hydrografiske stasjonene lå ved Skaltestrand, som ligger litt nord-øst for Fuglsetfjorden. Disse målingene ble utført før den store utbyggingen av vannkraftverk i området rundt Fuglsetfjorden. Vi har tatt med målingene som er relevante for vårt studie. Det er målinger fra perioden januar til april. Vi ser at resultatene til Rustad (1978) er gjennomsnittlig ca. 0,5 °C høyere enn de resultatene vi har utarbeidet fra samme årstid. Resultatene viser også samme trend som sier at temperaturen synker fram til mars, før den så stiger utover våren. Variasjonene i temperatur fra 1940-tallet og fram til i dag kan skyldes utbyggingen av vannkraft i området, men dette kan vi ikke si for sikkert.

Sanderson et al. (2012) målte temperaturen i havvannet ved oppdrettsanleggene. Målingene varierte fra et minimum på 7 °C i mars til en maksimal temperatur på 15 °C i juli/august.

Handå et al. (2013) gjorde målinger av sjøtemperaturen ved et lakseoppdrett ytterst i Trondheimsfjorden, og ved en referansestasjon 4 km sør for oppdrettsanlegget. Gjennomsnittstemperaturen i februar lå på 4 °C på alle dybder (0-8 m) ved oppdrettsanlegget og referansestasjonen. I mai lå gjennomsnittstemperaturen på 7 °C ved begge målestasjoner, og på alle dybder.

Bolton & Luning (1982) studerte sjøtemperaturer for optimal vekst og maksimal overlevelse for ulike Laminaria arter inkludert Sukkertare. De konkluderte med at den optimale temperaturen for vekst var 10-15 °C. De registrerte at veksten ble redusert til 50-70 % av optimal vekst ved 20 °C. Ved 23 °C døde algene etter 7 dager. Veksten ble også kraftig redusert ved 5 °C til 60-70 % av optimal vekst, og ved 0 °C var veksten 20-40 %.

Temperaturene vi har målt er vesentlig lavere enn den Bolton & Luning (1982) har konkludert med som den optimale temperaturen for vekst. Med verdier ned til 4,18 °C, har sannsynligvis den lave temperaturen vært en vesentlig faktor som har begrenset sukkertarens vekst.

Salinitet

Vi kan se ut ifra grafene at det ikke er et spesifikt ferskvannslag der vi utførte målingene våre. Årsaken til dette kan være at vannføringen i de tilhørende elvene i Fuglsetfjorden er sterkt påvirket av vannkraft. En annen årsak kan være det at målingene ble utført et stykke ut i fjorden. Her kan vannmassene ha blitt blandet ut. Dermed kunne vi ha fått et utslag på målingene lenger inn i fjorden

Målingene vi har utført viser at den gjennomsnittlige saliniteten i vannmassene sank gradvis gjennom hele forsøksperioden. Den gjennomsnittlig saliniteten for 1-3 m sank fra 32,04 ‰ fra 13. februar til 30,84 ‰ den 02. mai. Resultatene viser at det ikke var noen store forskjeller i salinitet gjennom hele perioden. Vassdragene Førdeelva og Bjordalselva som renner ut i Fuglsetfjorden er begge påvirket av vannkraft. Totalt er 79 % av nedbørsfeltet til disse elvene påvirket (Berg et al. 2017). Hovedfaktoren som påvirker saliniteten i fjorder er mengden

smeltevann som renner ned i fjorden. Magasinene som påvirker elvene hindrer den naturlige avrenningen av smeltevann. Derfor blir begynnelsen av perioden med lav salinitet forskjøvet fra april/mai til mai/juni. Dette er fordelaktig for algeproduksjonen, der innhøstingen skjer i midten av mai. Resultatene viste også at det ikke var noe utpreget ferskvannslag i overflaten før 02. Mai. Ved målingen som ble utført sør for oppdrettsanlegget den 02. Mai var det et lite ferskvannslag fra 0-1,5 m dyp. Her var salinitetsverdiene på nede på 28 ‰. De varierte med 3 ‰ fra resten av salinitetsverdiene ved samme måling.

Tabell 10: Salinitet ‰ i Skaltestrand nordøst for Fuglsetfjorden, 24.02.1943 – 23.03.1945 (Rustad 1978).

	Salinitet ‰ i Skaltestrand (Rustad 1978).			
Dybde:	0 m	2 m	5 m	
Dato:				Gjennomsnitt alle dybder:
24.02.1943	31,33	31,36		31,345
13.04.1943	32,09	32,09	32,21	32,13
19.01.1944	29,33	30,52	31,44	30,43
23.03.1944	32,99	33,01	33,12	33,04
01.02.1945	33,15			33,15
23.03.1945	29,45			29,45

Salinitetsverdiene til Rustad (1978), tatt fra samme dato som temperaturverdiene, viser at verdiene til Rustad samsvarer med verdiene vi har utarbeidet (tabell 10). Vi ser også at det på denne tiden var store årlige forskjeller i salinitetsverdier. 23. mars 1944 var salinitetsverdien på 0 m 32,99 ‰. På samme dato året etter var verdien 29,45 ‰. Resultatene viser at det ikke har vært noen stor forandring i salinitetsverdier fra 1940- tallet og fram til i dag. Utbyggingen av vannkraft kan ha ført til mer stabile salinitetsverdier mellom samme årstider fra år til år, men dette kan vi ikke si for sikkert siden vi bare har målinger fra ett år.

Sjøtun & Gunnarson (1995) studerte deformasjonen av lamina, nitrater og mannitolinnholdet, i planten *S. latissima* gjennom ett år på Island. Som en del av studiet målte de saliniteten på 3 og 5 m. Saltholdigheten varierte mellom 30 og 34 ‰ gjennom hele året. De laveste verdiene ble funnet i april og mai.

Peteiro og Sanchez (2012) studerte kort-tids toleransen til *S. latissima* og en annen type brunalge (Wakame) ved lavere salinitet på et tidlig livsstadium. Studien konkluderte med at Sukkertaren overlevde over korte perioder på saliniteter ned til 11 ‰. Ved en salinitet mellom 11-6 ‰ oppstod det skader på algene. Noen av de skadde algene døde ved en salinitet på 6 ‰. Evnen til å tolerere så lave saliniteter er viktig for sukkertaren, siden den ofte forekommer i områder utsatt for lave saliniteter, for eksempel fjorder i Norge.

Oppdrettsanlegget ligger ganske langt nord i fjorden. Dette er et stykke vekk fra utløpene til Førdeelva og Bjordalselva. Siden anlegget ligger såpass langt fra utløpene, vil ferskvannet rekke å blande seg ut med vannmassene i fjorden. Peteiro (2012) viste at sukkertaren kan overleve langt lavere salinitetsverdier over korte perioder. Overlevelsessevnen og avstanden fra produksjonsområdet til elvenes utløp vil derfor forhindre økningen i ferskvannslaget i å ha noen stor påvirkning på algeproduksjonen.

Tetthet

Tettheten gir et mål på lagdelingen av vannmassene (T. Dale personlig kommunikasjon). Resultatene viser omtrent like verdier både ved første og andre måling. Her stiger verdiene fra 25,3 kg/m³ på 0 m, til henholdsvis 26,03 kg/m³ og 25,6 kg/m³ ved de dypeste målingene. Ved tredje måling kan vi se en lagdeling i øverste del av vannmassene. Denne lagdelingen kan være av betydning for algenes vekst. Når vi sammenligner resultatene for tetthet, salinitet og temperatur ser vi at dette laget er et ferskvannslag som har lavere massetetthet. Videre kan vi ikke se noen andre lagdelinger i vannmassene.

Klorofyll og partikkelinnhold

Vi har regnet ut de gjennomsnittlige klorofyllverdiene fra 1-3 m. Ved første måling var de gjennomsnittlige klorofyllverdiene fra 1-3 m på 0,52 $\mu\text{g/l}$. Det var høyere enn gjennomsnittet for alle dybdene som var på 0,39 $\mu\text{g/l}$ (appendix tabell x). Ved andre måling den 24. mars ser vi en endring i verdiene til klorofyllnivået. Ved denne målingen var verdiene mye mindre stabile gjennom hele vannmassen. Gjennomsnittsverdiene for 1-3 m var 1,11 $\mu\text{g/l}$.

Gjennomsnittsverdiene til alle dybdene var da 1,31 $\mu\text{g/l}$ (appendix tabell x). For det gjennomsnittlige klorofyllnivået fra 1-3 m sør for oppdrettsanlegget ser vi at verdiene ligger på 0,79 $\mu\text{g/l}$. Gjennomsnittet for alle dybdene var da 1,13 $\mu\text{g/l}$ (appendix tabell x). For de gjennomsnittlige klorofyllverdiene fra 1-3 m ved målingene nord for oppdrettsanlegget er verdien 0,46 $\mu\text{g/l}$. Ved 0-41 m er gjennomsnittet 0,96 $\mu\text{g/l}$ (appendix tabell x).

Hassel (2005) sier at klorofyllmengden gir et mål på primærproduksjonen i havet. Om vinteren er produksjonen liten og gir klorofyllverdier som er svært lave eller lik 0. Utover våren skjer det store endringer i klorofyllverdiene, da våroppblomstringen skjer i denne perioden. Resultatene våre samsvarer med dette. Ved første måling var klorofyllverdiene rundt 0,5 $\mu\text{g/l}$ mellom 1-3 m., mens utover våren økte verdiene.

Resultatene viser en maksimal gjennomsnittsverdi på 1,11 $\mu\text{g/l}$ fra 1-3 m dybde i løpet av forsøksperioden. Havforskningsinstituttet (2001) definerer et klorofyllnivå på 3-4 $\mu\text{g/l}$ som lavt. Derfor kan vi si at klorofyllverdiene i Fuglsetfjorden har vært svært lave i løpet av forsøksperioden.

For partikkelinnholdet ligger de gjennomsnittlige verdiene jevnt på henholdsvis 0,12 FTU for 1-3 m, og 0,13 FTU for 0-35 m ved første måling. Ved andre måling hadde det gjennomsnittlige partikkelinnholdet økt til en stabil måling på 0,29 FTU for både 1-3 m og 0-39 m. Ved tredje måling sør for oppdrettsanlegget var verdiene fortsatt stabile på 0,19 FTU for de gjennomsnittlige verdiene fra 1-3 m, mens de gjennomsnittlige verdiene fra 0-44 m lå på 0,16 FTU (appendix tabell x). For målingen nord for oppdrettsanlegget, ser vi at verdiene for gjennomsnittet fra 1-3 m ligger på 0,17 FTU, mens gjennomsnittet for 0-41 m var 0,15 FTU (appendix tabell x).

Partikkelinnholdet gir et mål på spredning av partikler i vann. Dette kan for eksempel være skitt og fôrrester fra oppdrettsanlegget. Et høyt partikkelinnhold vil påvirke vannkvaliteten. Ifølge Direktoratgruppen Vanddirektivet (2009) klassifiseres en meget god vannkvalitet som vann med mindre enn 0,5 FTU. Resultatene vi har utarbeidet viser verdier som er langt lavere enn dette. Derfor kan vi si at vannkvaliteten i Fuglsetfjorden er svært god.

Planteplankton (mikroalger)

Ved første innsamling estimerte vi at vannprøvene fra 0,5 og 2 m hadde henholdsvis 4920 og 7200 celler/l. Den høyeste målingen var for 10 m, der det var 8920 celler/l. Fram til 2. måling den 24.03.2018 økte algekonsentrasjonen markant for de samme dybdene til henholdsvis 1.058.343 og 1.020.072 celler/l. På denne målingen hadde 10 m 727.151 celler/l. I tillegg til den markante økningen, ser vi at forholdet mellom hvor algene befinner seg endres. Ved første måling var det høyeste antallet ved 10 m. Ved andre måling endret dette seg til 0,5 m.

Johansen et al. (2018) fant ut at våroppblomstringen i Sogndalsfjorden i 2018, hovedsakelig besto av mikroalgen *Thalassionema* sp. Resultatene vi fikk viste også at våroppblomstringen hovedsakelig besto av samme type mikroalge (appendix tabell 8,9 og 10).

Lafeber (2017) studerte våroppblomstringen til fytoplankton i Sognefjorden med målinger fra 3 forskjellige år (2007, 2013/2014 og 2016). Han fant ut at våroppblomstringen begynte i de to øverste meterne av vannmassen. Videre fant han ut at den høyeste konsentrasjonen av klorofyll oppstod mellom 2. og 9. mars. De høyeste klorofyllverdiene han målte, var på ca. 8 µg/l den 9. mars. Disse konsentrasjonene ble funnet mellom 2-10 m. Til sammenligning var den høyeste klorofyllverdien vi målte på 1,1 µg/l. Dette samsvarer med resultatene vi har utarbeidet som viser at konsentrasjonen av planteplankton har økt markant i perioden 13. februar - 24. mars. På basis av Lafeber (2017) sine studier er det grunn til å tro at våroppblomstringen var på hell 24. Mars.

Resultatene vi har utarbeidet viser at det ikke var noen særlig høye konsentrasjoner av mikroalger i mars. Dette viser at det var ingen særlig gjødslingseffekt fra lakseoppdrettsanlegget. Mikroalgekonsentrasjonen viser seg heller ikke å være noen stor konkurrent til tarens behov for næringsalter.

Oksygen

Oksygenverdiene kan være noe underestimert pga. manglende kalibrering. Ved første måling var oksygenivået på ca. 81 % ved de første 2,5 m. Vi så at oksygenivået økte jevnt med dybden. På 35 m dyp var oksygenivået på ca. 86,5 %. På den neste målingen utført den 25. mars, hadde oksygenivået økt til mellom 89-90 % ved de første 5 m. Verdiene steg så gradvis opp til 91,4 % ved 35 m. Videre ser vi at målingene gjort den 02. mai har oksygenverdier mellom 95,7-96,9 % ved dybder ned til 22 m. Deretter synker verdiene jevnt ned til 84,4 % på 43 m dybde. Ved målinger utført samme dagen nord for oppdrettsanlegget var oksygenverdiene mer stabile. Her steg verdiene jevnt de første 10 m fra 92,8-95,6 %. Deretter flatet verdiene seg ut før de sank jevnt ned til 90,3 % på 43 m dybde. CTD-målingen sør for oppdrettsanlegget ble utført kl. 10.45. Når vi sammenligner med tidevannstabellen, ser vi at målingene ble utført når tidevannet gikk fra fjære til flo (tabell x) CTD-målingen nord for oppdrettsanlegget ble utført kl. 12.00. Dette var like før flo. Den store forskjellen mellom resultatene i de dypere delene av vannmassene nord og sør for oppdrettsanlegget, tyder på at laksen har tatt opp oksygenet fra vannmassene mens de har passert oppdrettsanlegget.

Vi så en endring i klorofyllverdier fra en stabil verdi på 0,5 µg/l mellom 1-3 m den 13. februar, til veldig varierende verdier fra 0,8-1,9 µg/l for samme dybde den 24. mars. Klorofyllverdiene viser som sagt mengden planteplankton i vannmassene. Data fra algekonsentrasjonen viser at mengden alger økte markant fra 13. februar til 24. mars. Ifølge Naustvoll et al. (2011) starter våroppblomstringen av planteplankton inne i fjorder i perioden februar-mars. Biomassen av planteplankton har vært lav, men stigende, frem til den første oppblomstringen. Både Naustvoll (2011) og Lafeber's (2017) resultater, samt klorofyllverdiene og algekonsentrasjonen, er i samsvar med målingene vi har utført for oksygenivået, som viser at det steg markant i denne perioden.

Verdiene vi har utarbeidet viser at fotosyntesen har økt ytterligere fra 25. mars til 02. mai. Naustvoll et al. (2011) sier at primærproduksjonen (fotosyntesen) til planteplanktonet er forholdsvis høy om sommeren. Dette kan forklare de høye oksygenverdiene i øverste del av vannmassene ved siste måling.

pH-målinger

pH-verdiene gir et mål på forholdet mellom den totale respirasjonen og fotosyntesen i vannmassene (T. Dale, personlig kommunikasjon). Resultatene fra pH-målingene viste ikke noen store variasjoner i pH-verdier gjennom hele forsøksperioden. Totalt varierte pH-verdiene mellom intervallet 7,96-8,09 gjennom hele forsøksperioden. Den laveste verdien målte vi 13. februar. Da viste resultatene stabile verdier på 7,96. De høyeste pH-verdiene målte vi den 24. mars på 6 og 10 m dyp. pH-verdiene stemmer godt med klorofyll og mengden planteplankton i vannmassene, som sier at fotosyntesen var lav i februar. Disse verdiene er relativt lave. Dette viser at algenes fotosyntese har hatt en liten effekt på pH-verdiene.

pH-målingene til Gommerud & Lindseth (2015) fra 0-5 m dyp, viser at de har fått verdier i omtrent samme intervall som oss. Målingene deres lå i intervallet 7,97-8,21. De antok at verdiene deres ikke har hatt noen påvirkning på taren. Vi antar det samme siden verdiene ligger i omtrent samme intervall.

Næringssalter

Vi kan se at det er større konsentrasjoner av næringssalter ved lokasjonen sør for oppdrettsanlegget enn ved lokasjonen mot nord. Prøvene som ble tatt sør for oppdrettsanlegget, ble innsamlet kl. 11. Prøvene som ble tatt nord for oppdrettsanlegget ble innsamlet kl. 11.45. Ved å sammenligne med tidevannstabellen, ser vi at tidevannet var på vei inn i fjorden ved innsamlingstidspunktene. Ved fosfatkonsentrasjonen kan vi se at verdiene var høyere ved alle dybder på lokasjonen sør for oppdrettsanlegget. Dette tyder på at tidevannsstrømmen har passert oppdrettsanlegget.

Ved nitratkonsentrasjonen er gjennomsnittsverdien for alle dybder sør for oppdrettsanlegget 0,0087 mg/l. Nord for oppdrettsanlegget er gjennomsnittsverdiene for alle dybder 0,0098 mg/l. Vi ser at konsentrasjonen var høyere nord for oppdrettsanlegget. Aure et al. (2010) skriver at fosfor finnes vanligvis i rikelige mengder i kystvannet. Siden fosfor allerede finnes i rikelige mengder i kystvann, vil ikke den økte mengden ha noen stor effekt på algeveksten. Dette kan forklare de store mengdene fosfat sør for anlegget. Mangel på nitrat er derimot en begrensende faktor for algevekst. Dette merker vi ved nitratmålingene, da vi ser at konsentrasjonen er lavere sør for anlegget enn nord. Dette tyder på at sukkertaren og mikroalger har tatt opp og omsatt nitraten.

Vi kan se at fosfatkonsentrasjonen er høyere ved overflaten, enn ved 10 m dyp både nord og sør for oppdrettsanlegget. Ved lokasjonen sør for oppdrettsanlegget var nitratkonsentrasjonen lavest på 0,5 m dyp, og høyest på 10 m dyp. Ved lokasjonen nord for oppdrettsanlegget var nitratkonsentrasjonen lavest ved 0,5 m, og høyest på 6 m dyp.

5.2.2 Tareprøver

Lengde- og breddemålinger for bladvekst

Sammenlignet med Gommerud & Lindseth's (2015) resultater ser vi at vi har en høyere gjennomsnittlig lengdeveksten per dag i begge vekstperioder (se tabell 11). I første periode målte de en gjennomsnittlig lengdevekst på 0,07 cm/dag. Vi målte i første periode en gjennomsnittlig lengdevekst på 0,35 cm/dag. Den gjennomsnittlige breddeveksten ble målt til 0,07 cm/dag. Årsaken til den store forskjellen i lengdeveksten per dag er at deres første periode varte i 99 dager. Det var vesentlig lengre enn vår første periode, som varte i 40 dager. Denne perioden var om vinteren, som kjennetegnes som en periode med lav vekst på grunn av den lave tilgangen på lys. Selv om vi hadde en høyere lengdevekst per dag i denne perioden, kan taren deres ha vært lengre på samme tidspunkt som vi startet vår vekstperiode. En større tareplante kan på dette tidspunktet være fordelaktig for å minske konkurransen om næringsstoffer fra andre alger og fytoplankton i vannmassene. Derfor vil det være fordelaktig med en tidligere start på vekstperioden.

Tabell 11: Gjennomsnittlig lengde- og breddevekst per dag for begge perioder sammenlignet med Gommerud (Gommerud & Lindseth 2015).

	Gjennomsnittlig lengdevekst/dag (cm)	Gjennomsnittlig breddevekst/dag (cm)
1. vekstperiode (13.02-24.03)	0,35	0,07
2. vekstperiode (24.03-02.05)	0,84	0,12
Gommerud & Lindseth 1. periode (05.12-14.03)	0,07	
Gommerud & Lindseth 2. periode (14.03-22.04)	0,34	

I andre periode målte de en gjennomsnittlig lengdevekst per dag på 0,34 cm. Vi målte i samme periode en gjennomsnittlig lengdevekst på 0,84 cm per dag. Den gjennomsnittlige breddeveksten ble målt til 0,12 cm per dag. 2. vekstperiode varte i 39 dager for Gommerud & Lindseth, og 38 dager for oss. Gommerud & Lindseth (2015) brukte et referansepunkt som ikke lå ved et oppdrettsanlegg. Disse målingene er medberegnet i den gjennomsnittlige

lengdeveksten per dag. Dette gjør at verdiene deres er lavere enn de vi har målt. Dersom man ekskluderer målingene fra referansepunktet deres, ser vi at den gjennomsnittlige lengdeveksten per dag blir 0,47 cm. Den gjennomsnittlige lengdeveksten per dag er fortsatt lavere enn våre verdier. Det kan forklares ved årlige og posisjonsavhengige variasjoner i hydrografien i vannmassene.

Målingene vi har utført viser at lengde/bredde ratioen økte fra andre til tredje innsamling. Ved andre innsamlingen var ratioen 5,04. Den hadde økt til 6,13 på tredje innsamling. Dette indikerer at lamina hadde vokst mer i lengde enn bredde i vekstperioden.

I en studie utført av Sjøtun (1993) i Vest-Norge, ble lengde-til-bredde ratioen av nylig plantede *S. latissima* observert gjennom et år. Studien viste at ratioen var lavest i perioder med lav vekst og høyest i perioder med høy vekst. En økning i både bredde og lengde fant sted midt på vinteren, samtidig som karboninnholdet minket i planten. Dette indikerte at planten konsumerte lagrede karbohydrater. Taren økte veksten i bredde gjennom sommeren og høsten. Dermed kunne planten maksimere overflaten (lamina) gjennom høsten og vinteren. Ved å gjøre dette kan planten øke mengden lagret karbon som er tilgjengelig for planten i vinterhalvåret. Dette kan tolkes som en morfologisk adaptasjon til en periode med sakte vekst. En periode med rask lamina vekst ble observert sent på vinteren og våren. Veksten minket derimot tidlig om sommeren. Årsaken til dette er sannsynligvis en mangel på næringsstoffer. Studien konkluderte med at i perioder med høy vekst øker lamina mest i lengden, mens den i perioder med lav vekst øker like mye i lengde og bredde. Resultatene vi har fått stemmer overens med Sjøtun (1993) som sier at lamina vokser mer i lengde i perioder med høy vekst.

Algenes sammensetning av vann, glødetap og askeinnhold

Vår studie viser at sukkertaren har et høyt vanninnhold - på rundt 90 % av våtvekten. Den 25. mars var vanninnholdet i gjennomsnitt på 92,5 %. Innen 5. mai hadde vanninnholdet sunket til 89,03 %. Ved den andre innsamlingen var den laveste målingen på 91,69 %, mens ved tredje innsamling var den laveste målingen på 85,32 %. Det har blitt gjort vanninnholdsmålinger på opptil 94 % for brunalger (Holdt & Kraan, 2011).

Glødetapet økte mellom andre til tredje innsamling fra 58,36 % til 64,37 % av tørrvekten. Siden kaloriinnhold og askeinnhold er i en negativ korrelasjon, sank askeinnholdet i samme grad som kaloriinnholdet økte. Askeinnholdet sank fra 41,64 % til 35,63 %.

Det var minimale forskjeller mellom å tørke taren på 75 °C og 105°C. Noen prøver var tyngre, mens andre var lettere. Dette kan komme av at taren tok til seg fuktighet fra lufta etter vi tok ut taren fra tørkeskapet. Derfor kan vi konkludere med at en vil få ca. samme resultat ved å tørke taren på enten 75 °C, eller 105 °C.

Lamare & Wing (2001) undersøkte de månedlige kaloriverdiene i to forskjellige typer alger: *Ulva lactuca* (grønnalge) og *Macrocystis pyrifera* (brunalge) over en periode på 1 år. Videre sammenligner de kaloriverdiene i 28 ulike algearter fra New Zealand og diskuterer de forskjellene i kaloriinnhold mellom de 2 typene alger over forskjellige sesonger i relasjon med biokjemiske endringer i begge artene. Det gjennomsnittlige vanninnholdet blant brunalgene var 78,7 %. Både antall kalorier og askeinnhold varierte mellom sesongene med et minimum av glødetap på 18,7 % av tørrvekt i juni, til et maksimum på 31,8 % i oktober. Askeinnholdet økte med 55% fra et minimum i oktober/november til et maksimum i juli. Ved en undersøkelse av alger i Nord Amerika, konkluderte man at kaloriinnholdet i *Phaeophyta* (brunalger) var lavest sammenlignet med grønnalger og brunalger. Samme undersøkelse konkluderte også med at brunalger hadde det høyeste askeinnholdet av de ulike typene makroalger. (Paine & Vadas, 1969). Dette reflekterer det høye askeinnholdet blant brunalgene.

Kaloriinnhold er i en negativ korrelasjon med askeinnholdet i forhold til tørrvekt. Kaloriinnholdet kommer av de phylogenetiske forskjellene i lagringsproduktene. Dette er de ulike formene energi er lagret i. For eksempel er stivelse en form som har høy-energi polysakkarider. Mannitol, som er den formen brunalger inneholder, er lav-molekylære forbindelser. Dette er et lagringsprodukt med lavere kaloriverdi. Ifølge Holdt (2011) beskytter mannitolen det fotosyntetiske apparatet fra skader påført av lav salinitet. Mannitolinnholdet i sukkertaren er mellom 2-19 % i forhold til tørrvekt.

Sesongbaserte variasjoner i kaloriinnhold kan komme av endringer i askeinnhold, av endringer i den kjemiske komposisjonen av de organiske delene assosiert med sesongbasert vekst og opptak av næringsstoffer. McQuaid (1985) foreslo at den sesongbaserte reduksjonen i kaloriinnhold i alger kan være relatert til en reduksjon av karbohydratinnhold under rask vekst og en assosiert økning av karbon-nitrogen ratio. De utførte ikke en undersøkelse av endringer i karbon: nitrogen ratio. En annen studie, Brown et al. (1997), brukte samme populasjon av alger som Lamare (2001) til å vise at veksten til biomassen var konstant gjennom hele året, utenom sommermånedene. Konsentrasjonen av nitrater i havvann og veksten av biomasse er begrenset i denne perioden, på grunn av mangel på næringsstoffer.

Resultatene vi har utarbeidet er i samsvar med Holdt (2011) som har gjort målinger for vanninnhold på opptil 94 % for brunalger. Lamare (2001) målte et gjennomsnittlig vanninnhold på 78,7 % i løpet av ett år. Ved den andre innsamlingen var den laveste målingen på 91,69 %, mens ved tredje innsamling var den laveste målingen på 85,32 %. Denne trenden viser at målingene vi har utført kan være i samsvar med Lamare (2001).

Resultatene for askeinnhold er i samsvar med Indergaards (2011) studie, som sier at askeinnholdet er 20-45 % av tørrvekt i alger. Resultatene stemmer også med Lamare's (2001) studie, som sier at kaloriinnholdet øker og askeinnholdet minker i løpet av våren.

Biomassevekt

Ved den andre innsamlingen fikk vi resultater som viste at den totale biomassen hadde økt til et antatt gjennomsnitt på 0,34 g per plante i den første vekstperioden fra 13. februar til 24. mars. Målingene varierte her fra 0,11 g til 0,75 g. Dette gav en antatt gjennomsnittlig vekstrate på 8,8 %/dag i den første vekstperioden. I løpet av den andre vekstperioden, som varte fra 24. Mars til 02. Mai, hadde den totale biomassen økt i gjennomsnitt til 5,52 g per plante. Den tredje innsamlingen viste en stor variasjon mellom biomassen til de forskjellige plantene. De varierte fra 2,55 g til 8,01 g, med en prøve som skilte seg ekstra ut på 13,77 g. Dette gav en gjennomsnittlig vekstrate på 7,35 % /dag.

Sanderson et al. (2012) viste at vekstraten til biomassen for sukkertare økte med 61 % når man grodde taren ved fiskemerder i forhold til referansepunktene. Ved ekstrapolering kunne de vise at under optimale forhold kan et hektar med sukkertare gi et utbytte på 220 tonn våtvekt av biomasse per år. Innhøstingen av sukkertaren gav et utbytte på totalt 347 kg våtvekt. Når sukkertaren ble høstet hadde de maksimalt 100 planter på hvert tau, men vanligvis mellom 20 og 50. Den gjennomsnittlige tyngden biomasse på tauene ved oppdrettsanlegget var på 9,9 kg. Dette var betydelig tyngre enn på referansepunktene. Her var den gjennomsnittlige tyngden biomasse på 7,8 kg. Dette viste en forskjell på 27 % mellom tare dyrket ved fiskemerder og tare dyrket ved referansepunktene. Den gjennomsnittlige tilveksten på bladene til sukkertaren viste at for punktene nær fiskemerdene var den gjennomsnittlige lengden 50,5 cm, og den gjennomsnittlige lengden for referansepunktene var 31,3 cm.

Gommerud & Lindseth (2015) hadde store forskjeller i vekstrate for biomasse på de forskjellige vekstområdene. Vekstraten for første periode ble målt til 0,00 %/døgn ved to forskjellige vekstområder. Dette var de laveste verdiene som ble målt. Den høyeste verdien som ble målt ved første periode ble målt til 1,49 %. Den første perioden deres strakte seg fra 05. desember til 14. mars. Perioden var totalt 99 dager lang. Vinterhalvåret er en periode med lav vekst, noe som forklarer den lave vekstraten deres i denne perioden. Ved andre periode hadde vekstraten økt markant, men det var store variasjoner mellom de forskjellige vekstområdene. Den laveste vekstraten ble målt til 1,86 %/døgn. Denne målingen gav en total vekt på 2,31 g. Dette var også den klart laveste verdien med tanke på total biomasse som ble

målt. Den høyeste vekstraten ble målt til 10,05 %/døgn. Denne målingen gav en total vekt på 30,18 g. Den målingen med høyeste verdier med tanke på total biomassevekt hadde en vekstrate på 7,12 %/døgn ved andre periode. Dette gav en total biomasse på 87,27 g. Andre vekstperiode varte i 39 dager.

Når vi sammenligner resultatene vi har fått med resultatene til Gommerud & Lindseth (2015), ser vi at vekstraten for den andre vekstperioden er omtrent lik. De hadde noen målinger med lavere verdier for vekstraten. De hadde også en måling med høyere vekstrate. De fleste målingene deres hadde en totalt høyere biomasse, med unntak av en måling der biomassen var vesentlig lavere. Vekstperioden deres startet noen måneder tidligere enn vår. Deres vekstperiode startet også med en høyere biomasse på stiklingene enn det vi startet med. Dette er faktorer som kan ha påvirket resultatene for den totale biomassen. Sjøtun (1993) viste at tare har en lavere lengde-bredde ratio gjennom perioder med lav vekst. Dette skjer for at planten skal få en større lamina slik at den klarer å ta opp mer næringsstoffer i begynnelsen av perioder med høy vekst. Denne perioden er i overgangen mellom vinter og vår, når taren får tilstrekkelig nok lys til å starte fotosyntesen. Dette kan være årsaken til at taren økte såpass i biomasse ved 2. periode. Dette viser at selv om vekstraten ikke er stor gjennom vinteren, kan det være fordelaktig å plante taren tidligere om vinteren.

Kapittel 6: Konklusjon

Vekstanalysen viser at enkelte av faktorene for optimale vekstforhold for kultivering av sukkertare, var suboptimale i Fuglsetfjorden. Ut ifra våre vannstrøm-, siktdybde-, sjøtemperatur-, salinitets-, klorofyll-, partikkelinnhold-, oksygennivå-, pH-verdi-, og næringssaltmålinger, ser vi at sjøtemperaturen og strømforholdene er faktorene som har begrenset veksthastigheten. Vi målte utelukkende strømhastigheter som var relativt lave, og som var under anbefalte strømhastigheter for optimale vekstforhold. Når det gjaldt sjøtemperaturen, viste målingen i mars også verdier under anbefalte krav for optimale vekstforhold.

Lengde- og breddemålingene viste at taren hadde en gjennomsnittlig lengde- og breddevekst som har vært tilsvarende andre sammenlignbare tarekultiveringsprosjekt. Tarens sammensetning av vann, glødetap og aske viste at tareprøvene minsket i vanninnhold, og økte i glødetap og askeinnhold i løpet av forsøksperioden. Sammensetningen av tørrvekten viste at glødetapet økte i løpet av forsøksperioden. Biomassevekten viste at den gjennomsnittlige vekstraten var høyest tidlig i vekstperioden. Den gjennomsnittlige vekstraten sank noe i siste del av forsøksperioden. Ut ifra disse resultatene konkluderer vi med at det vil være fordelaktig å plante taren tidligere om vinteren.

TARELAKS-prosjektet har som hensikt å hindre utslipp av næringsstoffer fra oppdrettsanlegget til fjorden. Vi anser tarekultiveringsanlegget som suboptimalt til å dyrke tare, men som et IMTA-anlegg anser vi det som optimalt ut fra prosjektets hensikt.

Kapittel 7: Kildekritikk

Vi har vurdert kildene ut ifra troverdighet, egnethet, objektivitet og nøyaktighet. Vi har benyttet oss av både primærkilder og sekundærkilder. I de tilfellene vi har benyttet oss av sekundærkilder, har vi studert deres primærkilder. Disse primærkildene har vi vurdert som relevante for vårt studie.

Enkelte kilder vi har benyttet oss av er gamle, for eksempel Paine (1969). Vi har likevel vurdert disse som egnet, da informasjonen på disse kildene fortsatt er relevante og på grunn av mangel på informasjon fra andre steder. Et eksempel på sistnevnte er Sætre (1975). Dette var eneste relevante data om strømmålinger fra Fuglsetfjorden.

Enkelte artikler vi har brukt har ikke dato oppgitt. Et eksempel på dette er temasidene publisert av SINTEF. SINTEF er et av Europas største uavhengige forskningsinstitutter. Derfor ser vi på denne informasjonen som oppdatert og korrekt. De andre artiklene som ikke har oppnevnt dato, har brukt flere forskjellige pålitelige kilder. Derfor blir også disse ansett som korrekte.

Vi brukte Wikipedia som kilde for å beskrive hva IMTA er og sukkertarens sårbarhet. Denne informasjonen hadde mange pålitelige kilder. I tillegg stemte informasjonen overens med annen støttelitteratur. Derfor ser vi på denne kilden som pålitelig.

8. Referanser:

Andersen, G.S. (2015) *Sukkertare*, Store norske leksikon

Hentet fra url: <https://snl.no/sukkertare>

Aure, J. Eknes, M. Ervik, A. Hansen, P.K. Husa, V. Skogen, M. (2010) Oppdrett og utslipp av næringssalter, *Norsk fiskeoppdrett*, (11)

Berg, A. Fauskanger, L. Muggerud, K.K. Århus, R. (2017) *Vannkraft – Naturens pris. Effekter på hydrografiske og økologiske forhold i Sognefjorden*, Bacheloroppgave, Sogndal: Høgskulen på Vestlandet. s.77

Birkeland, L. (u.d.) *Dyrking av tare*,

Hentet fra url: <http://www.lister.no/naering/770-dyrking-av-tare>

Bolton, J.J. & Lüning, K. (1982) Optimal Growth and Maximal Survival Temperatures of Atlantic *Laminaria* Species (*Phaeophyta*) in Culture. *Marine Biology* 66: 90.

doi: 10.1007/BF00397259

Brown, M.T. Nyman, M.A. Keogh J.A. Chin, N.K.M. (1997) Seasonal Growth of the Giant Kelp *Macrocystis pyrifera* in New Zealand. *Marine Biology* 129: 417-424

doi: 10.1007/s002270050182

Det kongelige nærings- og fiskeridepartementet (2017) *Forslag til stortingsvedtak for budsjetåret 2018*. (Prop. 1 S 2017-2018)

Hentet fra url: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop.-1-s-nfd-20172018/id2574598/sec1>

Diaz, J. (2017) *The creators of this algae plastic want to start a maker revolution*,

Hentet fra url: <https://www.fastcodesign.com/90154210/the-creators-of-this-algae-plastic-want-to-start-a-maker-revolution>

Direktoratsgruppa Vanndirektivet, (2009) *Klassifisering av miljøtilstand i vann*, Veileder 01.

Hentet fra url: http://www.vannportalen.no/globalassets/nasjonalt/dokumenter/veiledere-direktoratsgruppa/nettbasert-veiledere-import/klassifisering/revidert_klassifiseringsveileder140123_vzis-.pdf

EuroFIR AISBL, (2016) *Veiledning. Slik beregner du næringsinnholdet i næringsmidler*, s.12

Fiskeridirektoratet (2015) *Tarehøsting*,

Hentet fra url: <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Areal-og-miljoe/Tarehoesting>

FN-sambandet (2018) *Parisavtalen*.

Hentet fra url: <https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/Parisavtalen>

Gommerud, H.S. Lindseth, A.H, 2015. *Analyse av vekst og vekstbetingelser for sukkertare (Saccharina latissima) ved et fiskeoppdrettsanlegg sammenlignet med to referansestasjoner*, Bacheloroppgave, Sogndal: Høgskulen på Vestlandet.

Handå, A. Forbord, S. Broch, O.J. Richardsen, R. Skjermo, J. Reitan, K.I. (2009) *Dyrking og anvendelse av tare, med spesiell fokus på bioenergi i nordområdene*. SINTEF fiskeri og havbruk.

Handå, A. Forbord, S. Wang, X. Broch, O.J. Dahle, S.W. Størseth, T.R. Reitan, K.I. Olsen, Y. Skjermo, J. (2013) *Seasonal- and depth-dependent growth cultivated kelp (Saccharina latissima) in close proximity salmon (Salmo salar) aquaculture in Norway*,

Hentet fra url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848613004043>

Hassel, A. Dalpadado, P. og Johannessen, M. (2005) Barentshavet – Produksjon på lavere trofisk nivå, Havets miljø og ressurser, kap. 2.2.2, s. 1-2.

Hentet fra url:

https://www.imr.no/filarkiv/2006/03/2.2_Ressurser_og_miljo_i_aapne_vannmasser.pdf/nb-no

Havforskningsinstituttet (2001) kap. 4 - Planteplankton og næringssalter 4.2. *Havets miljø*,

Hentet fra: https://www.imr.no/filarkiv/2004/01/4.2_Plankton_og_naeringssalter-kyst_og_fjord.pdf/nb-no

Holdt, S.L. & Kraan, S. (2011) Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology* 23: 544-550

doi: 10.1007/s10811-010-9632-5

Indergaard, M. (2010) *Tang og tare – i hovedsak norske brunalger: Forekomster, forskning og anvendelse*. NTNU, Trondheim

Jansen, H. Strand, Ø. Cranford, P. Handå, A. (2015) *Multitrofisk akvakultur: Hvor går utviklingen?*

Hentet fra url: https://www.hi.no/filarkiv/2015/03/multitrofisk_akvakultur.pdf/nb-no

Johansen, A. Eikenes, B. Rønnekleiv, O.E. Helle, S. (2018) *Analyse av kostnads- og energieffektivitet ved bruk av elektroforese for konsentrering av en dyrket mikroalgekultur*. Bacheloroppgave, Sogndal: Høgskulen på Vestlandet

Kartverket (2018). *Tidevannstabeller for den norske kyst med Svalbard samt Dover, England*. 81: 59-60

Hentet fra url: <https://www.kartverket.no/globalassets/nautiske-publikasjoner/tidevannstabeller-norske-kyst-svalbard-2018.pdf>

Lafeber, L (2017) *The seasonal and spatial pattern of phytoplankton spring bloom in the Sogndalsfjord, western Norway in the period 2006-2016*. Bacheloroppgave, Sogndal: Høgskulen på vestlandet s. 61

Lamare, M.D. Wing, S.R. (2001) Calorific content of New Zealand marine macrophytes. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 35: 335-341

doi: 10.1080/00288330.2001.9517004

Leroy, NGO launch multi-trophic farming project [Bilde]. (2013).

Hentet fra url: <https://www.undercurrentnews.com/2013/08/16/leroy-ngo-launch-multi-trophic-farming-project/>

McQuaid C.D. (1985) Seasonal variation in the Ash-free Calorific Value of Nine Intertidal Algae. *Botanica Marina* 28: 545-548

doi: 10.1515/botm.1985.28.12.545

Meteorologisk institutt (2018) *Været som var: Fuglsetfjorden, Høyanger (Sogn og Fjordane)*.

Hentet fra url:

https://www.yr.no/sted/Norge/Sogn_og_Fjordane/H%C3%B8yanger/Fuglsetfjorden/statistikk.html

Miljødirektoratet (2017) *Sukkertare*

Hentet fra url: <http://www.miljostatus.no/sukkertare>

Miljødirektoratet (2015) *Tare dyrking ikke helt uten risiko*

Hentet fra url:

<http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2015/Mars-2015/Tare-dyrking-ikke-helt-uten-risiko/>

Naustvoll, L.J. Gustad, E. Kleiven, M. (2011). *Havforskningsinstituttet - Overvåking av mikroalger langs norskekysten.*

Hentet fra url:

https://www.imr.no/filarkiv/2010/04/overvaking_av_mikroalger_langs_norskekysten_kyst_.pdf/nb-no, s. 55-58

Oppedal, F. Stien, L.H. Gansel, L. Klebert, P. Lader, P. Guenther, J. Remen, M. Aas, T.S. Aure, J. Torgersen, T. (2011) *Havforskningsinstituttet - Merdmiljø.*

Hentet fra url: https://www.hi.no/filarkiv/2011/04/merdmiljo_akvakultur_.pdf/nb-no s. 28-30

Paine, R.T. Vadas, R.L. (1969) Calorific values of benthic marine algae and their postulated relationship to invertebrate food preference. *Marine biology* 4: 79-86

doi: 10.1007/BF00347036

Peteiro, C. Sánchez, N. (2012) Comparing salinity tolerance in early stages of the sporophytes of a non-indigenous kelp (*Undaria pinnatifida*) and a native kelp (*Saccharina latissima*). *Russian Journal of Marine Biology* 38(2): 198–199

Rueness, J. (2015) *Brunalger*, Store norske leksikon

Hentet fra url: <https://snl.no/brunalger>

Rueness, J. (2014) *Grønnalger*, Store norske leksikon

Hentet fra url: <https://snl.no/gr%C3%B8nnalger>

Rustad, D. (1978) Observations from Sognefjorden (Western Norway) 1. Temperature and Salinity of the Upper 0-20 m. *Guneria*

Sanderson, J.C. Dring, M.J. Davidson, K. Kelly, M.S. (2012) Culture, yield and bioremediation potential of *Palmaria palmata* (Linnaeus) Weber & Mohr and *Saccharina latissima* (Linnaeus) C.E. Lane, C. Mayes, Druehl & G.W. Saunders adjacent to fish farm cages in northwest Scotland. *Aquaculture*, vol. 354-355, 128-135.

doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.03.019

SINTEF (u.d. a) Integrert akvakultur (IMTA),

Hentet fra url: <https://www.sintef.no/integrert-akvakultur-imta/>

SINTEF (u.d. b) Norsk IMTA-forum,

hentet fra url: <https://www.sintef.no/prosjekter/norsk-imta-forum/>

Sjøtun, K. (1993). Seasonal Lamina Growth in two Age Groups of *Laminaria saccharina* (L) Lamour. In Western Norway. *Botanica Marina*, vol. 36, 433-441.

doi: 10.1515/botm.1993.36.5.433

Sjøtun, K & Gunnarsson K. (1995) Seasonal Growth Pattern of an Icelandic *Laminaria* Population (Section Simplicis, *Laminariaceae*, *Phaeophyta*) Containing Solid- and Hollow-stiped Plants, *European Journal of Phycology*, 30:4, 281-284,

doi: 10.1080/09670269500651061

Skjermo, J. (2011) Tare på tanken. *SINTEF*.

Hentet fra url: <https://www.sintef.no/siste-nytt/tare-pa-tanken1/>

Skjermo, J. Forbord, S. Handå, A. Broch, O. J. Arff, J. Dahle, S.W. Fredriksen, S. Reitan, K.I. Steinhovden, K.B. Størseth, T. Tangen, K. (2013) *MacroBiomass – En kompetansebase for industriell tare dyrking*. SINTEF, A24186

Hentet fra url: https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/marin-ressursteknologi/pdf-rapporter/macrobimass-sluttrapport-jan2013.pdf

Sournia, A. (Red.). (1978) *Phytoplankton manual*. Paris: UNESCO.

Store norske leksikon (2009) *Rødalger*,

Hentet fra url: <https://snl.no/r%C3%B8dalger>

Store norske leksikon (2009) *Kystklima*,

Hentet fra url: <https://snl.no/kystklima>

Strand, Ø. (2015) *Multitrofisk akvakultur: Mulighetene for grønn utvikling ligger på havbunnen*. Havforskningsinstituttet,

Hentet fra url:

https://www.imr.no/nyhetsarkiv/2015/juni/multitrofisk_akkvakultur_mulighetene_for_gronn_u_tvikling_ligger_pa_bunnen/nn-no

Strand, Ø. & Steen, H. (2011) *Integrert multitrofisk akvakultur i Norge*. Havforskningsinstituttet,

Hentet fra url:

https://www.hi.no/filarkiv/2011/04/integrert_multitrofisk_akkvakultur_i_norge_akkvakultur_p_df/nb-no

Sætre, R. (1975) *Fisken og havet*, Havforskningsinstituttet, serie B, 4

Thronsen, J. & Eikrem, W. (2001) *Marine Mikroalger i farger*. Oslo: Almater forlag AS.

United Nations (u.d.a) *Food*,

Hentet fra url: <http://www.un.org/en/sections/issues-depth/food/index.html>

United Nations (u.d.b) *Populations*,

Hentet fra url: <http://www.un.org/en/sections/issues-depth/population/index.html>

United Nations (u.d.c) *Water*,

Hentet fra url: <http://www.un.org/en/sections/issues-depth/water/index.html>

Universitetet i Oslo: Institutt for biovitenskap (2011) *Saltvann*,

Hentet fra url:

<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/s/saltvann.html>

Wikipedia (2017) *Sukkertare*,

Hentet fra url: <https://no.wikipedia.org/wiki/Sukkertare>

Wikipedia (2018) *Integrated multi-trophic aquaculture*,

Hentet fra url: https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_multi-trophic_aquaculture

Vedlegg-Appendix:

Appendix 1: Hydrografimålinger

a) Strømmålinger

Appendixtabell 1: Strømmålinger utført 13.02.2018.

Strømmålinger utført 13.02.2018					
Måling nr.	Dybde (m)	Hastighet (cm/s)	Retning (°)	Klokkeslett	Tidevann
1		0		12:05	Flo: 09.38 (135cm)
2	1,5	2	0. 240. 345		Fjære: 15.53 (48cm)
3	1,5	3	0. 15		
4	2	3	15.		
5	2,5	3	15.		
6	3	2	15. 30		
7	3,5	2	15. 30		
8	4	3	30.		
9	4,5	3	15. 30		
10	5	3	15. 30		
11	5,5	3	15. 30		
12	6	3	15.		
13	7	3	15.		
14	8	3	15.		
15	9	3	15.		
16	10	3	15.		

Appendixtabell 2: Strømmålinger utført 02.05.2018.

Strømmålinger utført 02.05.2018						
Måling nr.	Dybde (m)	Hastighet (cm/s)	Retning (°)	Klokkeslett	Tidevann	Kommentar
1	0,5	5	300. 315	12:20	Fjære: 06.57	Måling nr. 1-2, måleapparat hang fast i tau
2	1,5	3	45. 60. 75		Flo: 13.20	
3	2,5	5	225.			Måling nr. 3-6, påvirket av besøkende båt
4	3,5	8	210. 225			
5	4,5	9	210. 225			
6	5,5	4	150. 210. 225			
7	6,5	3	105. 135			
8	7,5	3	135. 150			
9	8,5	4	105. 120			
10	9,5	3	135. 210. 225. 345			
11	10,5	5	105. 120. 210			
12	11,5	1	90. 105. 135			
13	12,5	4	150. 180. 240			
14	13,5	2	135. 150. 180.			
15	14,5	3	150. 210. 225.			
16	15,5	0	165. 180. 195			

b) Secchi-dyp

Appendixtabell 3: Målinger av Secchi-dyp og 1% lysdyp.

Målinger av Secchi-dyp og 1% lysdyp			
	13. februar	24. mars	02. mai
Secchi-dyp	20	9,5	11,5
1% lysdyp	40	19	23

c) CTD-målinger

Appendixtabell 4: Salinitet-, temperatur-, oksygen-, tetthets-, klorofyll- og partikkelinnholdsverdier for CTD-målinger utført 13.02.2018.

Dybde (m)	Salinitet	Temperatur	Oksygen %	Tetthet	Klorofyll (µg/l)	Partikkelinnhold (FTU)
0,31	31,94	4,784	80,76	25,275	0,47	0,14
0,4	31,96	4,817	80,76	25,288	0,46	0,13
0,53	31,97	4,802	80,59	25,298	0,45	0,13
0,65	31,98	4,808	80,59	25,305	0,48	0,13
0,93	32,01	4,825	80,66	25,329	0,58	0,12
1,14	31,97	4,871	80,71	25,293	0,52	0,13
1,3	31,99	4,908	80,77	25,306	0,53	0,12
1,52	32,04	4,964	80,83	25,34	0,5	0,13
1,72	32,06	4,974	80,93	25,356	0,52	0,12
1,91	32,03	5,007	81,09	25,33	0,54	0,11
2,06	32,05	5,058	81,37	25,34	0,5	0,14
2,23	32,08	5,077	81,19	25,363	0,53	0,12
2,51	32,02	5,16	81,35	25,308	0,5	0,13
2,78	32,1	5,208	81,51	25,367	0,49	0,11
2,97	32,11	5,235	81,52	25,373	0,5	0,13
3,17	32,11	5,255	81,56	25,371	0,54	0,12
3,35	32,13	5,258	81,69	25,388	0,52	0,12
3,57	32,1	5,261	81,84	25,365	0,53	0,13
3,81	32,12	5,262	81,94	25,381	0,52	0,12
4,02	32,13	5,271	82,15	25,389	0,51	0,12
4,13	32,12	5,285	82,23	25,38	0,49	0,16
4,34	32,13	5,29	82,4	25,389	0,5	0,12
4,63	32,15	5,288	82,51	25,406	0,54	0,14
4,87	32,15	5,296	82,55	25,406	0,53	0,11
5,09	32,16	5,325	82,66	25,412	0,56	0,13
5,36	32,18	5,339	82,81	25,427	0,51	0,14
5,49	32,19	5,345	82,87	25,435	0,54	0,13
5,79	32,19	5,345	83	25,437	0,6	0,12
5,89	32,19	5,353	83,21	25,436	0,49	0,11
6,21	32,19	5,353	83,29	25,438	0,53	0,12
6,52	32,2	5,355	83,35	25,447	0,51	0,13
6,77	32,2	5,363	83,45	25,447	0,53	0,11
7,06	32,2	5,37	83,58	25,448	0,61	0,12
7,31	32,23	5,374	83,61	25,472	0,6	0,13
7,73	32,22	5,376	83,72	25,466	0,47	0,13
8,08	32,23	5,372	83,89	25,476	0,51	0,12
8,3	32,24	5,37	83,93	25,485	0,48	0,12
8,56	32,23	5,372	84	25,478	0,46	0,11
8,86	32,24	5,377	84,09	25,487	0,46	0,13
9,09	32,2	5,383	84,17	25,456	0,47	0,11
9,4	32,24	5,38	84,21	25,489	0,45	0,12
9,59	32,23	5,384	84,24	25,481	0,45	0,12

9,94	32,22	5,385	84,24	25,475	0,47	0,13
10,44	32,24	5,386	84,28	25,493	0,43	0,11
11	32,24	5,394	84,34	25,495	0,42	0,14
11,38	32,24	5,404	84,45	25,495	0,42	0,12
11,83	32,26	5,408	84,55	25,513	0,44	0,12
12,14	32,25	5,416	84,68	25,505	0,43	0,13
12,64	32,25	5,478	84,83	25,501	0,41	0,12
13,14	32,28	5,509	84,97	25,523	0,41	0,13
13,65	32,31	5,54	85,08	25,546	0,48	0,12
14,01	32,35	5,552	85,18	25,578	0,45	0,13
14,38	32,35	5,564	85,24	25,578	0,42	0,11
14,81	32,35	5,577	85,3	25,578	0,41	0,11
15,22	32,37	5,598	85,36	25,594	0,44	0,12
15,72	32,38	5,627	85,41	25,6	0,36	0,14
16,25	32,4	5,644	85,52	25,617	0,39	0,11
16,62	32,41	5,656	85,61	25,625	0,43	0,12
16,94	32,41	5,658	85,65	25,626	0,39	0,11
17,24	32,43	5,656	85,69	25,644	0,36	0,13
17,62	32,42	5,667	85,72	25,636	0,36	0,11
17,94	32,42	5,706	85,76	25,633	0,37	0,11
18,43	32,45	5,733	85,86	25,656	0,39	0,11
18,75	32,46	5,751	85,87	25,663	0,39	0,11
19,03	32,48	5,76	85,88	25,679	0,35	0,12
19,35	32,49	5,775	85,83	25,687	0,38	0,12
19,65	32,51	5,778	85,83	25,703	0,35	0,12
19,69	32,5	5,78	85,8	25,695	0,36	0,11
19,9	32,48	5,783	85,82	25,68	0,34	0,11
20,37	32,51	5,782	85,85	25,706	0,36	0,11
20,55	32,5	5,786	85,84	25,699	0,33	0,1
20,89	32,53	5,788	85,88	25,724	0,36	0,11
21,19	32,53	5,791	85,87	25,725	0,32	0,11
21,52	32,52	5,798	85,91	25,718	0,33	0,12
21,92	32,53	5,806	85,95	25,726	0,33	0,11
22,26	32,54	5,813	85,99	25,735	0,33	0,1
22,44	32,54	5,817	86,04	25,735	0,32	0,11
22,73	32,55	5,815	86,07	25,745	0,32	0,1
23,02	32,56	5,815	86,1	25,754	0,3	0,11
23,37	32,54	5,814	86,09	25,74	0,29	0,11
23,85	32,55	5,82	86,14	25,749	0,29	0,11
24,31	32,55	5,829	86,2	25,75	0,28	0,11
24,7	32,57	5,849	86,23	25,766	0,27	0,13
25,12	32,57	5,867	86,26	25,765	0,27	0,11
25,7	32,56	5,892	86,27	25,757	0,29	0,11
25,95	32,59	5,939	86,28	25,776	0,27	0,1
26,52	32,6	5,968	86,32	25,783	0,27	0,12
26,97	32,63	6,007	86,33	25,804	0,24	0,12
27,53	32,64	6,045	86,35	25,81	0,24	0,11
28	32,69	6,061	86,33	25,85	0,24	0,1
28,4	32,68	6,085	86,33	25,841	0,24	1,06
28,8	32,71	6,13	86,37	25,861	0,23	0,1

29,12	32,72	6,165	86,4	25,866	0,22	0,11
29,34	32,75	6,197	86,35	25,886	0,2	0,1
29,78	32,75	6,218	86,38	25,886	0,2	0,09
30,21	32,75	6,241	86,39	25,885	0,2	0,12
30,36	32,74	6,272	86,42	25,874	0,19	0,11
30,78	32,8	6,273	86,37	25,923	0,2	0,1
31,2	32,81	6,274	86,35	25,933	0,18	0,1
31,57	32,79	6,334	86,35	25,911	0,18	0,1
32,06	32,86	6,371	86,44	25,964	0,17	0,09
32,4	32,88	6,391	86,43	25,978	0,18	0,1
32,92	32,93	6,404	86,46	26,019	0,17	0,1
33,19	32,93	6,411	86,47	26,019	0,17	0,1
33,53	32,93	6,412	86,49	26,02	0,18	0,1
34,05	32,93	6,414	86,49	26,022	0,18	0,11
34,24	32,93	6,422	86,48	26,022	0,17	0,11
34,25	32,94	6,426	86,54	26,03	0,18	0,11
34,33	32,94	6,437	86,6	26,029	0,18	0,1
Gjennomsnitt 0-35 m	32,39	5,62	84,50	25,61	0,39	0,13
Gjennomsnitt 1-3 m	32,04	5,03	81,08	25,34	0,52	0,12

Appendixtabell 5: Salinitet-, temperatur- og oksygen- og tetthetsverdier for CTD-målinger utført 24.03.2018.

Dybde (m)	Salinitet	Temperatur	Oksygen %	Tetthet	Klorofyll (µg/l)	Partikkelinnhold (FTU)
0,23	31,84	4,183	89,41	25,257	0,59	0,25
0,37	31,85	4,187	89,48	25,265	0,91	0,24
0,48	31,86	4,178	89,64	25,274	1,54	0,29
0,67	31,84	4,182	89,62	25,259	0,7	0,29
0,95	31,85	4,181	89,83	25,268	0,8	0,3
1,14	31,86	4,185	89,82	25,276	1,32	0,32
1,46	31,87	4,183	89,88	25,286	0,76	0,26
1,67	31,87	4,178	89,99	25,288	1,9	0,25
1,93	31,87	4,181	89,99	25,288	0,94	0,29
2,29	31,87	4,184	90	25,29	0,85	0,3
2,58	31,89	4,18	90,11	25,308	1,45	0,31
2,99	31,88	4,181	90,07	25,301	0,85	0,31
3,31	31,88	4,173	90,2	25,304	0,87	0,23
3,63	31,9	4,174	90,2	25,321	1,25	0,27
4,02	31,89	4,178	90,25	25,314	0,92	0,37
4,28	31,91	4,176	90,29	25,332	1,17	0,32
4,64	31,91	4,173	90,27	25,334	1,01	0,28
5	31,9	4,175	90,25	25,327	0,89	0,37
5,35	31,89	4,173	90,35	25,321	0,98	0,34
5,69	31,89	4,173	90,35	25,323	1,79	0,28
6,05	31,89	4,17	90,31	25,325	1	0,28
6,29	31,92	4,163	90,37	25,35	1,18	0,28
6,62	31,91	4,161	90,38	25,344	1,34	0,33
7	31,92	4,161	90,42	25,354	1,31	0,34
7,24	31,91	4,165	90,43	25,347	1,28	0,29
7,64	31,92	4,164	90,46	25,357	1,48	0,31
8,05	31,92	4,164	90,46	25,358	1,12	0,54
8,52	31,91	4,165	90,47	25,353	1,41	0,28
8,81	31,92	4,162	90,52	25,362	2,66	0,32
9,2	31,95	4,164	90,54	25,388	1,05	0,27
9,56	31,96	4,16	90,58	25,398	2,6	0,26
10,04	31,93	4,162	90,61	25,376	1,05	0,3
10,37	31,96	4,148	90,64	25,403	1,25	0,31
10,71	31,94	4,149	90,68	25,388	1,5	0,28
11,22	31,95	4,156	90,67	25,398	1,67	0,27
11,66	31,96	4,16	90,72	25,408	1,1	0,27
12,23	31,95	4,161	90,69	25,402	1,19	0,24
12,7	31,97	4,151	90,74	25,421	1,05	0,34
13,15	31,95	4,149	90,78	25,408	0,98	0,29
13,5	31,95	4,149	90,8	25,409	1,08	0,23
13,97	31,97	4,15	90,78	25,427	1,12	0,25
14,36	31,97	4,149	90,81	25,429	1,71	0,29
14,8	31,97	4,141	90,82	25,432	1,55	0,28
15,22	31,99	4,139	90,83	25,45	1,09	0,26
15,6	31,97	4,137	90,86	25,436	1,13	0,29

16,03	31,99	4,135	90,86	25,454	1,11	0,31
16,43	32	4,135	90,86	25,464	1,08	0,29
16,92	31,97	4,13	90,86	25,443	1,97	0,28
17,44	31,99	4,13	90,91	25,461	0,86	0,27
18,14	31,99	4,128	90,9	25,465	1,17	0,33
18,7	31,99	4,128	90,92	25,467	1,57	0,26
19,18	32	4,129	90,97	25,478	0,98	0,31
19,76	32,01	4,131	90,99	25,488	1,02	0,3
20,38	32,01	4,133	91	25,491	0,97	0,31
20,98	32	4,134	91,01	25,485	0,97	0,27
21,61	32,01	4,135	91,02	25,496	1,11	0,26
22,02	32,03	4,135	91,06	25,514	1,29	0,29
22,41	32,03	4,138	91,05	25,516	1,43	0,28
22,98	32,02	4,142	91,08	25,51	1,44	0,22
23,4	32,01	4,143	91,11	25,504	1,32	0,33
23,99	32,01	4,145	91,11	25,506	1,29	0,29
24,54	32,01	4,146	91,13	25,509	2,23	0,29
25,09	32,04	4,147	91,15	25,535	1,55	0,26
25,68	32,01	4,149	91,14	25,514	1,52	0,32
26,2	32,03	4,15	91,16	25,532	1,32	0,23
26,72	32,02	4,153	91,17	25,526	1,18	0,27
27,27	32,03	4,157	91,17	25,536	1,46	0,39
27,81	32,03	4,158	91,21	25,539	1,45	0,31
28,48	32,04	4,163	91,2	25,549	1,26	0,27
29,22	32,03	4,167	91,18	25,545	1,31	0,22
29,75	32,05	4,164	91,21	25,563	1,76	0,27
30,39	32,04	4,163	91,23	25,558	1,48	0,41
30,89	32,05	4,162	91,23	25,569	1,23	0,23
31,16	32,05	4,163	91,27	25,57	1,24	0,24
31,81	32,04	4,163	91,27	25,565	1,26	0,36
32,36	32,05	4,166	91,29	25,575	1,42	0,23
32,93	32,05	4,169	91,28	25,578	1,4	0,31
33,5	32,04	4,176	91,3	25,572	1,29	0,26
34,08	32,05	4,178	91,32	25,582	1,64	0,24
34,79	32,05	4,184	91,34	25,585	1,65	0,25
35,45	32,04	4,191	91,37	25,579	1,66	0,23
36,04	32,06	4,193	91,36	25,598	1,46	0,28
36,65	32,07	4,197	91,37	25,608	1,6	0,3
37,3	32,08	4,201	91,37	25,619	1,81	0,31
37,87	32,05	4,203	91,36	25,597	1,8	0,26
38,39	32,08	4,203	91,36	25,623	1,32	0,27
38,52	32,07	4,201	91,39	25,616	1,47	0,27
Gjennomsnitt 0-39 m	31,97	4,16	90,73	25,44	1,31	0,29
Gjennomsnitt 1-3 m	31,87	4,18	89,96	25,29	1,11	0,29

Appendixtabell 6: Salinitet-, temperatur- og oksygen- og tetthetsverdier for CTD-målinger utført sør for oppdrettsanlegget 02.05.2018.

Dybde (m)	Salinitet	Temperatur	Oksygen (%)	Tetthet	Klorofyll (µg/l)	Partikkelinnhold (FTU)
0,19	28,36	8,366	94,46	22,015	0,57	0,24
0,31	28,4	8,352	94,9	22,049	0,65	0,24
0,22	28,49	8,339	95,41	22,121	0,55	0,23
0,2	28,17	8,399	95,66	21,862	0,6	0,22
0,15	28,24	8,402	96,06	21,916	0,59	0,23
0,15	28,47	8,324	95,98	22,107	0,6	0,22
0,39	28,66	8,281	96,1	22,263	0,67	0,24
0,6	28,79	8,219	96,15	22,374	0,59	0,22
0,88	29,8	7,814	95,85	23,223	0,67	0,18
1,21	30,32	7,649	95,73	23,655	0,74	0,2
1,44	30,64	7,467	95,76	23,932	0,74	0,2
1,58	31,03	7,259	95,61	24,266	0,77	0,19
1,82	31,09	7,239	95,67	24,317	0,83	0,2
2,16	31,13	7,234	95,85	24,351	0,84	0,2
2,33	31,16	7,193	95,93	24,381	0,84	0,2
2,7	31,19	7,189	95,67	24,407	0,86	0,19
2,98	31,19	7,144	95,55	24,414	0,85	0,19
3,22	31,19	7,118	95,65	24,418	0,88	0,18
3,5	31,25	7,091	95,68	24,471	0,89	0,19
3,9	31,29	7,064	95,82	24,507	0,87	0,18
4,3	31,35	7,01	95,75	24,564	0,89	0,18
4,68	31,37	6,982	95,59	24,585	0,94	0,18
5,12	31,38	6,958	95,44	24,598	1,03	0,19
5,63	31,42	6,932	95,26	24,635	1,08	0,19
5,85	31,44	6,929	95,23	24,652	1,11	0,19
6,26	31,43	6,926	95,43	24,646	1,11	0,19
6,64	31,47	6,919	95,52	24,681	1,18	0,18
7,1	31,49	6,878	95,62	24,704	1,27	0,21
7,49	31,49	6,862	95,6	24,708	1,27	0,19
7,9	31,51	6,851	95,71	24,727	1,31	0,22
8,28	31,51	6,844	95,77	24,729	1,37	0,21
8,79	31,53	6,842	95,78	24,748	1,38	0,19
9,18	31,55	6,847	95,75	24,765	1,42	0,18
9,69	31,57	6,841	95,79	24,784	1,39	0,17
10,25	31,68	6,784	95,77	24,88	1,45	0,17
10,78	31,74	6,76	95,71	24,933	1,54	0,18
11,23	31,77	6,73	95,71	24,962	1,6	0,18
11,69	31,82	6,697	95,64	25,008	1,66	0,17
12,24	31,86	6,674	95,73	25,045	1,7	0,18
12,79	31,87	6,654	95,67	25,058	1,89	0,19
13,12	31,92	6,621	95,75	25,103	1,84	0,17
13,69	31,93	6,589	95,81	25,118	1,81	0,17
14,18	31,94	6,564	95,84	25,131	1,95	0,18
14,42	31,95	6,553	95,97	25,142	2,05	0,19
14,86	31,96	6,544	96,27	25,153	2,03	0,18

15,38	31,96	6,541	96,45	25,155	1,97	0,2
15,57	31,97	6,54	96,5	25,164	2,01	0,18
15,88	31,97	6,545	96,6	25,165	2,09	0,23
16,33	31,96	6,548	96,68	25,159	2,07	0,17
16,82	31,98	6,538	96,75	25,178	1,99	0,16
17,49	32	6,506	96,8	25,201	1,95	0,16
18,06	32,07	6,456	96,86	25,265	1,74	0,17
18,67	32,08	6,407	96,63	25,282	1,69	0,15
19,44	32,11	6,352	96,59	25,316	1,33	0,17
19,83	32,14	6,314	96,58	25,347	1,27	0,16
20,32	32,17	6,282	96,81	25,376	1,42	0,18
20,86	32,18	6,263	96,99	25,389	1,29	0,15
21,56	32,22	6,26	97,18	25,424	1,3	0,14
21,87	32,24	6,245	97	25,443	1,29	0,2
22,44	32,27	6,243	96,88	25,47	1,36	0,14
23,13	32,29	6,252	96,56	25,488	1,11	0,14
23,77	32,32	6,258	96,18	25,514	1,3	0,14
24,36	32,33	6,263	95,83	25,524	1,14	0,13
24,95	32,36	6,271	95,5	25,549	1,12	0,13
25,63	32,37	6,287	95,09	25,558	1,09	0,12
26,28	32,41	6,296	94,76	25,592	1,23	0,15
26,69	32,43	6,309	94,45	25,608	1,25	0,13
26,9	32,44	6,315	94,09	25,616	1,29	0,14
27,69	32,48	6,329	93,77	25,649	1,16	0,13
28,3	32,47	6,343	93,41	25,642	1,5	0,14
28,99	32,5	6,36	93,15	25,667	1,52	0,13
29,68	32,51	6,38	92,85	25,675	1,42	0,14
30,42	32,54	6,393	92,51	25,701	2,02	0,13
30,92	32,57	6,405	92,28	25,725	1,2	0,15
31,93	32,6	6,453	92,02	25,748	1,09	0,12
32,7	32,63	6,47	91,8	25,773	3,28	0,17
33,35	32,65	6,492	91,58	25,788	1,03	0,18
34,05	32,69	6,537	91,39	25,817	0,68	0,12
34,58	32,71	6,575	91,23	25,831	0,53	0,1
35,5	32,74	6,758	91,12	25,835	0,31	0,08
36,19	33,08	6,951	91	26,08	0,31	0,08
36,88	33,17	7,084	90,62	26,136	0,38	0,12
37,82	33,28	7,179	90,06	26,214	0,29	0,07
38,5	33,31	7,234	89,43	26,233	0,28	0,08
39,09	33,48	7,373	88,9	26,35	0,25	0,07
39,8	33,44	7,537	88,36	26,298	0,22	0,07
40,53	33,65	7,65	87,71	26,45	0,22	0,07
41,12	33,66	7,738	87,03	26,448	0,23	0,07
41,86	33,76	7,81	86,35	26,52	0,21	0,07
42,74	33,8	7,842	85,63	26,55	0,2	0,08
43,57	33,83	7,881	85	26,572	0,22	0,07
43,63	33,87	7,896	84,39	26,601	0,2	0,09
Gjennomsnitt 0-44 m	31,78	6,93	94,36	24,97	1,13	0,16

Gjennomsnitt 1-3 m	30,84	7,35	95,74	24,11	0,79	0,19
---------------------------	-------	------	-------	-------	------	------

Appendixtabell 7: Salinitet-, temperatur- og oksygenverdier for CTD-målinger utført nord for oppdrettsanlegget 03.05.2018.

Dybde (m)	Salinitet	Temperatur	Oksygen (%)	Tetthet	Klorofyll (µg/l)	Partikkelinnhold (FTU)
0,24	30,17	7,582	92,83	23,542	0,37	0,19
0,31	30,14	7,588	92,82	23,518	0,36	0,18
0,66	30,25	7,507	92,71	23,616	0,38	0,17
1,02	30,34	7,427	92,79	23,699	0,39	0,16
1,21	30,45	7,398	92,9	23,791	0,4	0,18
1,6	30,52	7,327	93,01	23,857	0,41	0,17
1,8	30,65	7,233	93,03	23,972	0,43	0,17
2,1	30,86	7,069	92,88	24,16	0,47	0,16
2,34	31,16	7,004	93,1	24,406	0,49	0,2
2,58	31,2	6,998	93,16	24,439	0,51	0,18
3,03	31,15	6,999	93,27	24,402	0,55	0,17
3,2	31,22	6,995	93,47	24,458	0,55	0,18
3,54	31,23	6,996	93,7	24,467	0,56	0,17
4,18	31,22	6,997	93,78	24,462	0,66	0,17
4,49	31,26	7,001	93,88	24,495	0,69	0,18
4,83	31,24	7,008	94,09	24,48	0,73	0,17
5,35	31,27	7,013	94,21	24,505	0,79	0,18
5,56	31,29	7,01	94,31	24,522	0,82	0,18
5,85	31,32	7	94,5	24,548	0,84	0,17
6,03	31,33	6,994	94,66	24,558	0,89	0,18
6,47	31,38	6,962	94,68	24,603	0,96	0,18
6,86	31,37	6,956	94,77	24,598	0,99	0,18
7,02	31,4	6,954	94,89	24,623	1,04	0,18
7,3	31,39	6,951	95,02	24,617	1,07	0,19
7,22	31,39	6,95	95,12	24,616	1,05	0,18
7,27	31,4	6,949	95,23	24,625	1,06	0,17
7,17	31,39	6,953	95,29	24,616	1,01	0,18
7,34	31,39	6,95	95,37	24,617	1,03	0,19
7,77	31,42	6,934	95,34	24,645	1,14	0,18
8,27	31,48	6,891	95,33	24,7	1,27	0,21
8,5	31,57	6,865	95,37	24,775	1,26	0,19
8,73	31,6	6,847	95,45	24,802	1,27	0,23
9,08	31,6	6,843	95,52	24,804	1,28	0,19
9,51	31,62	6,843	95,52	24,822	1,34	0,21
9,84	31,62	6,836	95,54	24,824	1,37	0,21
10,28	31,64	6,81	95,55	24,845	1,42	0,2
10,61	31,71	6,774	95,59	24,907	1,37	0,18
11,17	31,73	6,764	95,56	24,926	1,42	0,18

11,58	31,77	6,738	95,51	24,963	1,43	0,17
11,98	31,84	6,69	95,51	25,026	1,41	0,17
12,3	31,88	6,655	95,52	25,064	1,39	0,16
12,82	31,89	6,644	95,47	25,075	1,53	0,16
13,35	31,89	6,628	95,42	25,08	1,43	0,15
13,58	31,91	6,622	95,41	25,097	1,42	0,19
13,92	31,92	6,613	95,41	25,108	1,44	0,16
14,43	31,91	6,609	95,4	25,103	1,44	0,15
15,2	31,95	6,601	95,39	25,139	1,45	0,17
15,22	31,95	6,594	95,41	25,14	1,52	0,15
14,98	31,96	6,591	95,4	25,147	1,39	0,15
15,71	31,96	6,59	95,36	25,151	1,4	0,15
16,15	32,01	6,576	95,36	25,194	1,33	0,18
16,73	32,03	6,548	95,3	25,216	1,32	0,14
17,19	32,03	6,539	95,31	25,219	1,38	0,14
17,74	32,05	6,535	95,26	25,238	1,39	0,13
18,2	32,05	6,537	95,15	25,24	1,34	0,15
18,74	32,07	6,535	95,13	25,258	1,38	0,14
19,25	32,04	6,537	95,13	25,237	1,38	0,14
19,76	32,05	6,534	95,11	25,247	1,36	0,14
20,36	32,07	6,529	95,1	25,267	1,2	0,12
20,85	32,12	6,496	95,06	25,313	1,25	0,13
21,31	32,15	6,472	95,04	25,341	1,18	0,12
21,84	32,16	6,46	94,97	25,353	1,14	0,13
22,28	32,2	6,442	94,88	25,389	1,18	0,1
22,39	32,2	6,415	94,76	25,393	1,28	0,12
22,88	32,23	6,374	94,68	25,424	1,12	0,13
23,5	32,24	6,352	94,6	25,438	1,12	0,14
24	32,26	6,329	94,53	25,459	1,14	0,12
24,42	32,26	6,314	94,45	25,462	1,09	0,11
24,95	32,27	6,297	94,41	25,475	0,87	0,11
25,57	32,32	6,301	94,35	25,517	0,85	0,1
26,15	32,38	6,302	94,23	25,567	0,91	0,1
26,6	32,36	6,301	94,08	25,553	0,89	0,11
27,07	32,4	6,297	93,96	25,587	0,84	0,12
27,92	32,4	6,302	93,79	25,59	0,74	0,15
28,56	32,44	6,31	93,66	25,624	0,72	0,1
28,99	32,45	6,312	93,48	25,634	0,74	0,09
29,49	32,46	6,314	93,37	25,644	0,81	0,11
29,92	32,49	6,32	93,19	25,668	0,87	0,11
30,28	32,5	6,352	93,05	25,674	0,76	0,12
31,18	32,59	6,421	92,9	25,74	0,69	0,09
32,25	32,63	6,446	92,6	25,774	0,71	0,1
33,07	32,62	6,482	92,32	25,765	0,48	0,07
33,57	32,71	6,521	92,06	25,833	0,48	0,08
34,29	32,75	6,545	91,82	25,865	0,4	0,08
35,48	32,8	6,59	91,58	25,904	0,37	0,07
36,97	32,88	6,669	91,37	25,963	0,32	0,08
38,18	32,93	6,729	91,16	26	0,32	0,07
39,66	33,01	6,86	90,97	26,053	0,27	0,07

40,43	33,16	6,996	90,74	26,156	0,21	0,06
40,89	33,22	7,043	90,28	26,199	0,24	0,06
Gjennomsnitt 0-41 m	31,82	6,73	94,21	25,03	0,96	0,15
Gjennomsnitt 1-3 m	30,79	7,18	93,02	24,09	0,46	0,17

d) Mikroalger (planteplankton)

Appendixtabell 8: Opptelling av algemangfold fra vannprøver datert den 13.02.2018

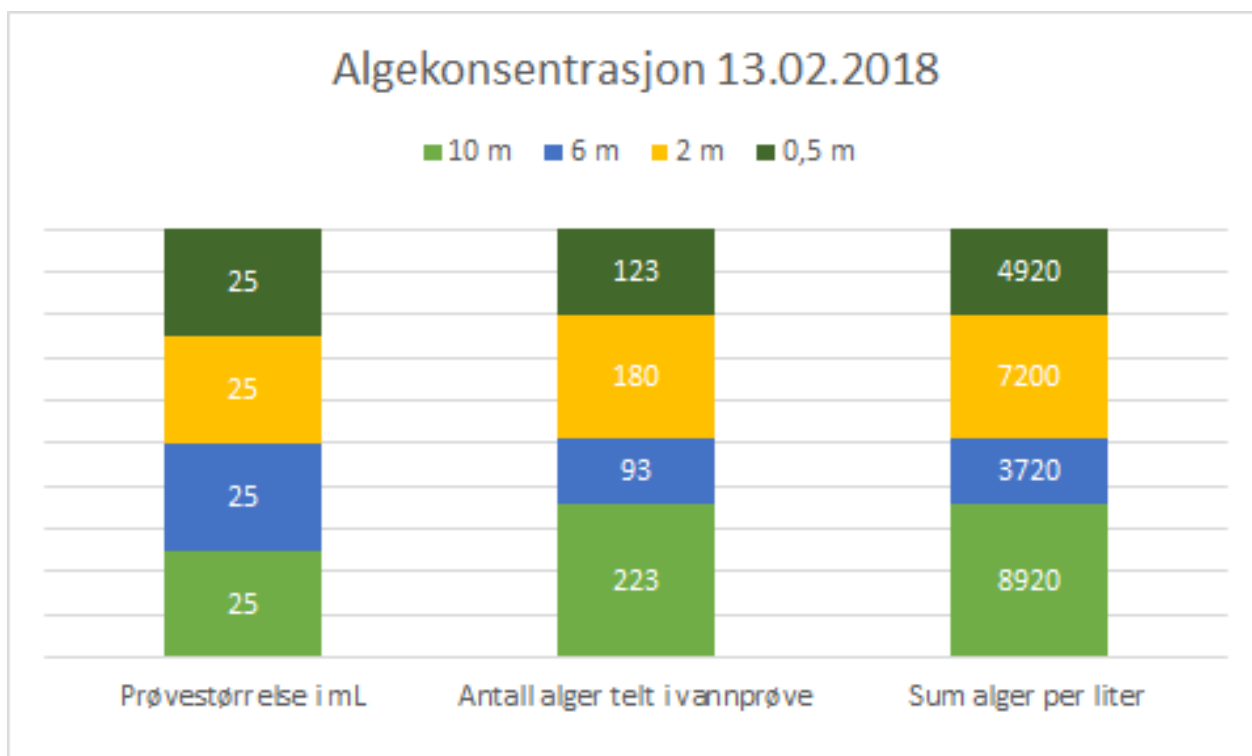
Prøver 13 Februar 2018	Prøve nr. 4	Prøve nr. 3	Prøve nr. 2	Prøve nr. 1	Sum
Celletype og antall	10 M	6M	2M	0,5M	Total mengde alger (Sortert)
Thalassionema sp.	87	84	112	57	340
Thalassiosira sp.	33	5	65	41	144
Chaetoceros sp.	18	0	0	5	23
Skeletonema costatum	47	0	0	15	62
Pseudo-Nitzschia sp.	32	0	0	0	32
Nitzschia sp.	1	1	1	1	4
Halosphaera sp.	0	0	1	2	3
Prorocentrum	1	0	0	0	1
Ceratium tripos	2	1	0	0	3
Ceratium furca	0	0	0	0	0
Nauplie	1	0	0	0	1
Achantherie	1	2	1	2	6
Total antall alger	223	93	180	123	619
50 ml prøver	25 ml telt	25 ml telt	25 ml telt	25 ml telt	

Appendixtabell 9: Opptelling av algemangfold fra vannprøver datert den 24.03.2018

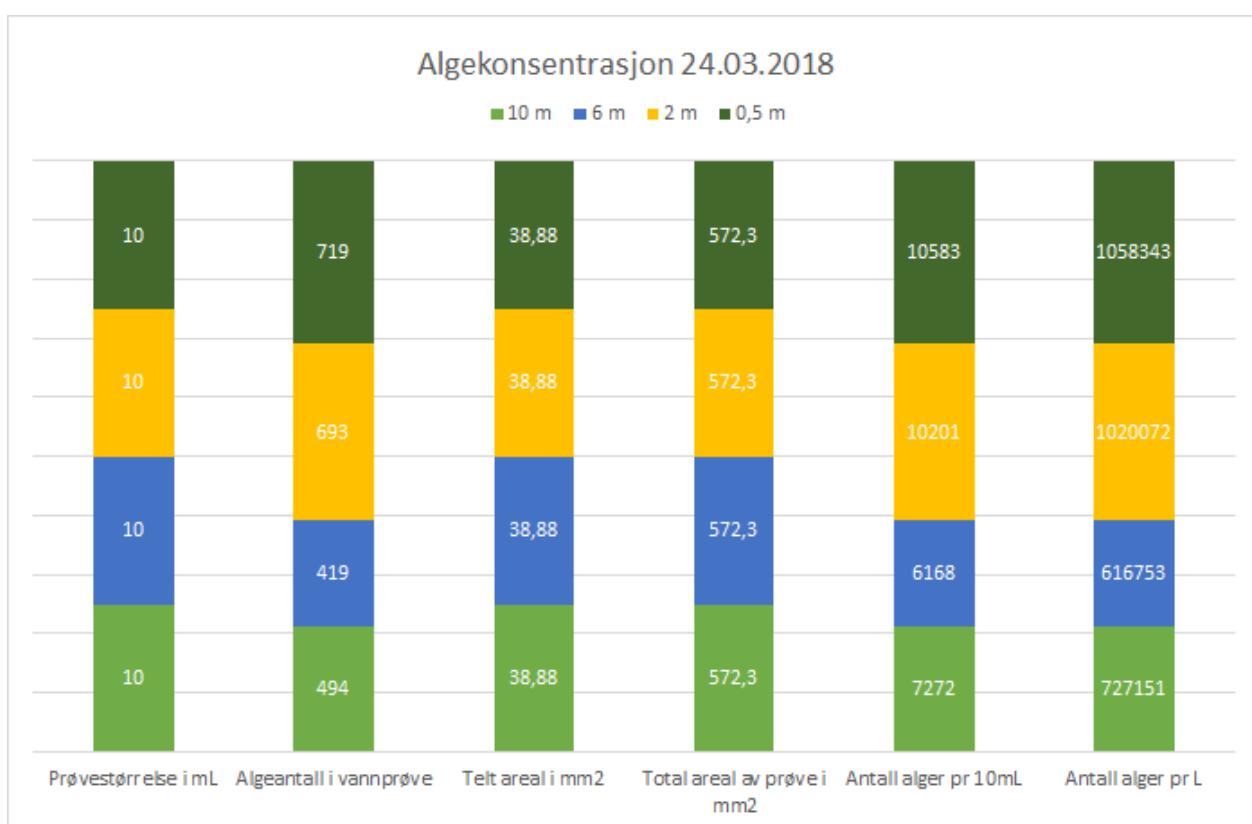
Prøver 24 Mars 2018	Prøve nr. 4	Prøve nr. 3	Prøve nr. 2	Prøve nr. 1	Sum
Celletype og antall	10 m	6 m	2 m	0,5 m	Total mengde alger (Sortert)
Thalassionema sp.	479	405	689	699	2272
Thalassiosira sp.	0	0	0	0	0
Chaetoceros sp.	12	6	0	5	23
Skeletonema costatum	0	4	0	12	16
Pseudo-Nitzschia sp.	0	0	0	0	0
Nitzschia sp.	1	0	0	2	3
Halosphaera sp.	1	4	4	0	9
Prorocentrum	0	0	0	0	0
Ceratium tripos	0	0	0	0	0
Ceratium furca	1	0	0	1	2
Nauplie	0	0	0	0	0
Achantherie	0	0	0	0	0
Total antall alger	494	419	693	719	2325
10 ml prøver	19,44 mm ² av 572.3 mm ² telt	19,44 mm ² av 572.3 mm ² telt	19,44 mm ² av 572.3 mm ² telt	19,44 mm ² av 572.3 mm ² telt	

Appendixtabell 10: opptelling av algemangfold fra vannprøver dater den 02.05.2018

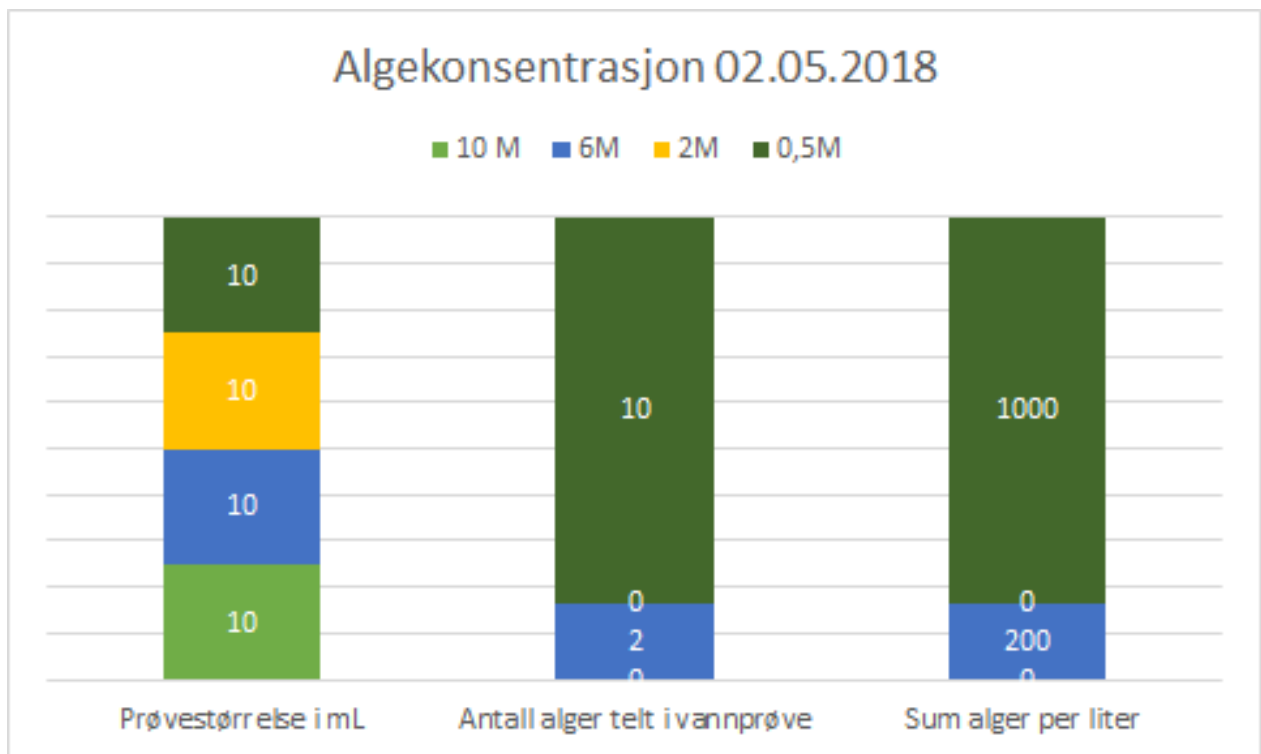
Prøver 2 Mai 2018	Prøve nr. 4	Prøve nr. 3	Prøve nr. 2	Prøve nr. 1	Sum
Celletype og antall	10 m	6 m	2 m	0,5 m	Total mengde alger (Sortert)
Thalassionema sp.	0	0	0	0	0
Thalassiosira sp.	0	0	0	0	0
Chaetoceros sp.	0	0	0	4	4
Skeletonema costatum	0	0	0	0	0
Pseudo-Nitzschia sp.	0	0	0	3	3
Nitzschia sp.	0	0	0	1	1
Halosphaera sp.	0	0	0	2	2
Prorocentrum	0	0	0	0	0
Ceratium tripos	0	2	0	0	2
Ceratium furca	0	0	0	0	0
Nauplie	0	0	0	0	0
Achantherie	0	0	0	0	0
Total antall alger	0	2	0	10	12
10 ml prøver	10 ml telt	10 ml telt	10 ml telt	10 ml telt	



Appendixfigur 1: Algekonsentrasjon, 13.02.2018.



Appendixfigur 2: Algekonsentrasjon, 24.03.2018.



Appendixfigur 3: Algekonsentrasjon, 02.05.2018.

Appendix 2: Lengde- og breddemålinger for bladvekst

Appendixtabell 11: Lengde- og breddemålinger utført 24.03.2018.

Lengde- og breddemålinger utført 24.03.2018		
Prøve nr.	Lengde (cm)	Bredde (cm)
1	15	2,5
2	14,1	3,1
3	14,6	2,4
4	16	2,5
5	14	2,9
6	19,2	3,8
7	14,1	3
8	12,1	3,7
9	14,4	2,8
10	13,9	2,5
11	12,1	2,4
12	10	2
13	10,6	2
14	19	3,5
15	9,9	1,8
16	15,4	3
17	16	2,4
18	15,6	3
19	13,5	3,1
20	13,2	3,7
Gjennomsnitt	14,14	2,81
Lengde : bredde ratio	5,04	

Appendixtabell 12: Lengde- og breddemålinger utført 02.05.2018.

Prøve nr.	Lengde (cm)	Bredde (cm)
1	48	8,7
2	47,2	8,4
3	50,5	6,2
4	41	7,4
5	49,4	7,3
6	48,1	7,9
7	53,1	7,2
8	40,5	7,7
9	47	5,9
10	43,3	7
11	40,2	6,8
12	39,6	8,7
13	40,6	7,2
14	38	5,8
15	42,9	5,5
16	50,2	6,5
17	61,6	6,9
18	41,5	6,1
19	38,3	7,1
20	40,6	5,3
21	49,1	7,1
22	63	11,5
23	43,5	10,7
24	44,6	8,3
25	45,8	10,1
Gjennomsnitt	45,90	7,49
Lengde : bredde ratio	6,13	

Appendixtabell 13: Gjennomsnittlig vekst i lengde (cm), bredde (cm) og biomasse (g).

Dato for innsamling	Gjennomsnittlig lengde (cm)	Gjennomsnittlig bredde (cm)	Gjennomsnittlig vekst biomasse (g)
13.feb	0,01	0,01	0,01
25.mar	14,14	2,81	0,34
02.mai	45,90	7,49	5,52

Appendixtabell 14: Gjennomsnittlig vekstrate per dag i 1. og 2. periode for lengde, bredde og biomasse.

	Gjennomsnittlig lengde (%)	Gjennomsnittlig bredde (%)	Gjennomsnittlig vekst biomasse (%)
Vekstrate/dag 1. periode	18,14	14,10	8,80
Vekstrate/dag 2. periode	3,10	2,58	7,35

Appendix 3: Sukkertarens sammensetning av vann, glødetap og askeinnhold

Appendixtabell 15: Tørrvekt 75°C, 105°C og askevekt 550°C for målinger utført 24.03.2018.

Digel nr.	Tørrvekt 75°C u/digel (g)	Tørrvekt 105°C u/digel (g)	Askevekt 550°C u/digel (g)
3	0,0211	0,0211	0,0211
9	0,0311	0,0311	0,0311
11	0,0258	0,0258	0,0258
14	0,0284	0,0284	0,0284
15	0,021	0,021	0,021
17	0,06	0,06	0,06
18	0,0251	0,0251	0,0251
19	0,0238	0,0238	0,0238
24	0,024	0,024	0,024
35	0,0235	0,0235	0,0235
46	0,0191	0,0191	0,0191
49	0,0121	0,0121	0,0121
100	0,0135	0,0135	0,0135
102	0,0427	0,0427	0,0427
103	0,0088	0,0088	0,0088
106	0,0309	0,0309	0,0309
107	0,0224	0,0224	0,0224
108	0,0278	0,0278	0,0278
109	0,0308	0,0308	0,0308
118	0,0334	0,0334	0,0334

Appendixtabell 16: Tørrvekt 75°C, 105°C og askevekt 550°C for målinger utført 02.05.2018.

Digel nr.	Tare delt tørrvekt 75°C (g) u/digel	Tare delt tørrvekt 105°C (g) u/digel	Tare delt askevekt 550°C (g) u/digel
3	0,24	0,24	0,13
9	0,22	0,22	0,07
10	0,21	0,21	0,08
11	0,19	0,19	0,09
13	0,25	0,25	0,12
16	0,27	0,27	0,14
17	0,27	0,27	0,13
18	0,33	0,33	0,1
19	0,27	0,27	0,11
24	0,34	0,34	0,1
35	0,24	0,24	0,1
38	0,29	0,29	0,06
100	0,2	0,2	0,09
101	0,24	0,24	0,11
103	0,27	0,27	0,12
105	0,37	0,37	0,26
107	0,34	0,34	0,07
108	0,23	0,23	0,07
113	0,29	0,29	0,05
114	0,26	0,26	0,11
115	0,26	0,26	0,08
116	0,38	0,38	0,07
117	0,42	0,42	0,1
118	0,32	0,32	0,24
119	0,35	0,35	0,1

Appendixtabell 17: Vanninnhold, glødetap, og askeinnhold i gram (g) og prosent (%) for målinger utført 24.03.2018.

Digel nr.	Vanninnhold (g)	Vanninnhold (%)	Glødetap (g)	Glødetap (%)	Askeinnhold (g)	Askeinnhold (%)
3	0,2756	92,98	0,0103	3,48	0,0105	3,54
9	0,4345	93,18	0,0163	3,50	0,0155	3,32
11	0,3089	92,82	0,0122	3,67	0,0117	3,52
14	0,3465	92,57	0,0157	4,19	0,0121	3,23
15	0,2581	92,88	0,0107	3,85	0,0091	3,27
17	0,6888	92,23	0,0301	4,03	0,0279	3,74
18	0,2908	92,14	0,0139	4,40	0,0109	3,45
19	0,2902	92,42	0,0131	4,17	0,0107	3,41
24	0,2929	92,51	0,0125	3,95	0,0112	3,54
35	0,3144	92,94	0,0116	3,43	0,0123	3,64
46	0,2175	92,16	0,015	6,36	0,0035	1,48
49	0,1381	92,01	0,0109	7,26	0,0011	0,73
100	0,14	92,59	0,0082	5,42	0,003	1,98
102	0,4743	91,69	0,0268	5,18	0,0162	3,13
103	0,1069	93,12	0,0063	5,49	0,0016	1,39
106	0,3889	92,90	0,0155	3,70	0,0142	3,39
107	0,2507	92,37	0,0124	4,57	0,0083	3,06
108	0,3194	92,02	0,0202	5,82	0,0075	2,16
109	0,3721	92,70	0,0174	4,33	0,0119	2,96
118	0,3475	91,69	0,0184	4,85	0,0131	3,46
Gjenno msnitt	0,3128	92,50	0,0149	4,58	0,0106	2,92

Appendixtabell 18: Vanninnhold, glødetap og askevekt for hel tare i gram (g) og prosent (%) for målinger utført 02.05.2018

Digel nr.	Vanninnhold av hel tare (g)	Vanninnhold av hel tare (%)	Glødetap av hel tare (g)	Glødetap av hel tare (%)	Askeinnhold av hel tare (g)	Askeinnhold av hel tare (%)
3	6,10	91,11	0,27	4,07	0,32	4,81
9	5,21	86,96	0,52	8,70	0,26	4,35
10	3,54	89,18	0,27	6,70	0,16	4,12
11	4,49	88,40	0,34	6,63	0,25	4,97
13	5,41	91,58	0,26	4,38	0,24	4,04
16	5,39	91,37	0,25	4,15	0,26	4,47
17	6,24	91,82	0,29	4,24	0,27	3,94
18	4,97	88,46	0,45	8,04	0,20	3,50
19	3,66	88,98	0,27	6,53	0,18	4,49
24	4,61	87,91	0,44	8,42	0,19	3,66
35	3,40	89,80	0,23	6,12	0,15	4,08
38	4,19	87,39	0,48	10,00	0,12	2,61
100	3,70	90,57	0,21	5,19	0,17	4,25
101	2,31	90,51	0,13	5,14	0,11	4,35
103	3,05	89,89	0,19	5,62	0,15	4,49
105	4,38	88,44	0,17	3,44	0,40	8,12
107	6,11	85,54	0,83	11,57	0,21	2,89
108	3,22	88,35	0,30	8,25	0,12	3,40
113	4,01	87,28	0,48	10,53	0,10	2,19
114	3,16	91,12	0,18	5,26	0,13	3,62
115	4,54	89,80	0,36	7,06	0,16	3,14
116	11,75	85,32	1,64	11,90	0,38	2,78
117	7,02	87,69	0,75	9,31	0,24	3,00
118	5,39	88,45	0,18	2,89	0,53	8,66
119	6,64	89,80	0,54	7,29	0,22	2,92
Gjennom snitt	4,90	89,03	0,40	6,86	0,22	4,11

Appendix 4: Biomassevekt

Appendixtabell 19: Biomassevekt for målinger utført 24.03.2018.

Digel nr.	Tarevekt (g)
3	0,2964
9	0,4663
11	0,3328
14	0,3743
15	0,2779
17	0,7468
18	0,3156
19	0,314
24	0,3166
35	0,3383
46	0,236
49	0,1501
100	0,1512
102	0,5173
103	0,1148
106	0,4186
107	0,2714
108	0,3471
109	0,4014
118	0,379
Gjennomsnitt	0,3383

Appendixtabell 20: Målinger for våtvekt utført 02.05.2018.

Digel nr.	Tarevekt hel (g)
3	6,7
9	5,99
10	3,97
11	5,08
13	5,91
16	5,9
17	6,8
18	5,62
19	4,11
24	5,24
35	3,79
38	4,79
100	4,08
101	2,55
103	3,39
105	4,95
107	7,14
108	3,64
113	4,60
114	3,47
115	5,05
116	13,77
117	8,01
118	6,09
119	7,4
Gjennomsnitt	5,52

Appendix 5: Næringsalter

Appendixtabell 21: Målinger for næringsalter.

Prøve nr.	Prøve sted	Prøve dyp	Type næringsstoff
1	Sør for anlegg	0,5 m	Nitrat/Nitritt
2	Sør for anlegg	0,5 m	Fosfat
3	Sør for anlegg	2 m	Nitrat/Nitritt
4	Sør for anlegg	2 m	Fosfat
5	Sør for anlegg	6 m	Nitrat/Nitritt
6	Sør for anlegg	6 m	Fosfat
7	Sør for anlegg	10 m	Nitrat/Nitritt
8	Sør for anlegg	10 m	Fosfat
9	Sør for anlegg	2 m	Nitrat/Nitritt
10	Nord for anlegg	0,5 m	Urea
11	Nord for anlegg	0,5 m	Fosfat
12	Nord for anlegg	2 m	Nitrat/Nitritt
13	Nord for anlegg	2 m	Fosfat
14	Nord for anlegg	6 m	Nitrat/Nitritt
15	Nord for anlegg	6 m	Fosfat
16	Nord for anlegg	10 m	Nitrat/Nitritt
17	Nord for anlegg	10 m	Fosfat
18	Nord for anlegg	2 m	Urea

Rapport

N1806819

Side 1 (7)

QUF4154H0D



Mottatt dato **2018-05-04**
Utstedt **2018-05-25**

SognLab AS
Gro Astri Jøsendal

Parkvegen 17
N-6856 Sogndal
Norway

Prosjekt
Bestnr

Analyse av vann

Deres prøvenavn	18/320-1 Fjordvann					
Labnummer	N00575211					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Nitrat-N (NO3-N) ^a ulev	0.0069	0.003	mg/l	1	1	ANME
Analysedato (NO3-N) ^a ulev	2018-05-08		Dato	1	1	JIBJ
Nitritt-N (NO2-N) ^a ulev	<0.0005		mg/l	2	1	ANME
Analysedato (NO2-N) ^a ulev	2018-05-07		Dato	2	1	ANME

Deres prøvenavn	18/320-2 Fjordvann					
Labnummer	N00575212					
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign	
Fosfat-P ³⁻	9	µg/l	3	2	MAMU	

Deres prøvenavn	18/320-3 Fjordvann					
Labnummer	N00575213					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Nitrat-N (NO3-N) ^a ulev	0.0087	0.003	mg/l	1	1	ANME
Analysedato (NO3-N) ^a ulev	2018-05-08		Dato	1	1	ANME
Nitritt-N (NO2-N) ^a ulev	<0.0005		mg/l	2	1	ANME
Analysedato (NO2-N) ^a ulev	2018-05-07		Dato	2	1	ANME

Deres prøvenavn	18/320-4 Fjordvann					
Labnummer	N00575214					
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign	
Fosfat-P ³⁻	9	µg/l	3	2	MAMU	

ALS Laboratory Group Norway AS
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

E-post: info_on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00

Dokumentet er godkjent
og digitalt undertegnet
av Rapportør

Camilla Fredriksen

2018.05.25 18:08:12

ALS avd. ØMM-Lab
Yvenveien 17, N-1715 Yven

Epost: info_srp@alsglobal.com
Tel: + 47 69 13 78 80

Client Service
camilla.fredriksen@alsglobal.com

Web: www.alsglobal.no

Appendixfigur 4: Nærings saltanalyse s. 1

Rapport

N1806819

Side 2 (7)

QUF4154H0D



Deres prøvenavn	18/320-5 Fjordvann					
Labnummer	N00575215					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Nitrat-N (NO3-N) ^{a ulev}	0.0090	0.003	mg/l	1	1	ANME
Analysedato (NO3-N) ^{a ulev}	2018-05-08		Dato	1	1	ANME
Nitritt-N (NO2-N) ^{a ulev}	<0.0005		mg/l	2	1	ANME
Analysedato (NO2-N) ^{a ulev}	2018-05-07		Dato	2	1	ANME

Deres prøvenavn	18/320-6 Fjordvann					
Labnummer	N00575216					
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign	
Fosfat-P *	8	µg/l	3	2	MAMU	

Deres prøvenavn	18/320-7 Fjordvann					
Labnummer	N00575217					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Nitrat-N (NO3-N) ^{a ulev}	0.010	0.003	mg/l	1	1	ANME
Analysedato (NO3-N) ^{a ulev}	2018-05-08		Dato	1	1	ANME
Nitritt-N (NO2-N) ^{a ulev}	<0.0005		mg/l	2	1	ANME
Analysedato (NO2-N) ^{a ulev}	2018-05-07		Dato	2	1	ANME

Deres prøvenavn	18/320-8 Fjordvann					
Labnummer	N00575218					
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign	
Fosfat-P *	8	µg/l	3	2	MAMU	

Deres prøvenavn	18/320-9 Fjordvann					
Labnummer	N00575219					
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign	
Urea *	1.2	mg/l	4	3	ERAN	

ALS Laboratory Group Norway AS
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00

Dokumentet er godkjent
og digitalt undertegnet
av Rapportør

Camilla Fredriksen

2018.05.25 18:08:12

ALS avd. ØMM-Lab
Yvenveien 17, N-1715 Yven

Epost: info.srp@alsglobal.com
Tel: + 47 69 13 78 80

Client Service
camilla.fredriksen@alsglobal.com

Web: www.alsglobal.no

Appendixfigur 5: Nærings saltanalyse s. 2

Rapport

N1806819

Side 3 (7)

QUF4154H0D



Deres prøvenavn	18/320-10 Fjordvann					
Labnummer	N00575220					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Nitrat-N (NO3-N) ^{a ulev}	0.0054	0.003	mg/l	1	1	ANME
Analysedato (NO3-N) ^{a ulev}	2018-05-08		Dato	1	1	ANME
Nitritt-N (NO2-N) ^{a ulev}	<0.0005		mg/l	2	1	ANME
Analysedato (NO2-N) ^{a ulev}	2018-05-07		Dato	2	1	ANME

Deres prøvenavn	18/320-11 Fjordvann					
Labnummer	N00575221					
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign	
Fosfat-P [†]	8	µg/l	3	2	MAMU	

Deres prøvenavn	18/320-12 Fjordvann					
Labnummer	N00575222					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Nitrat-N (NO3-N) ^{a ulev}	0.011	0.003	mg/l	1	1	ANME
Analysedato (NO3-N) ^{a ulev}	2018-05-08		Dato	1	1	ANME
Nitritt-N (NO2-N) ^{a ulev}	<0.0005		mg/l	2	1	ANME
Analysedato (NO2-N) ^{a ulev}	2018-05-07		Dato	2	1	ANME

Deres prøvenavn	18/320-13 Fjordvann					
Labnummer	N00575223					
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign	
Fosfat-P [†]	6	µg/l	3	2	MAMU	

Deres prøvenavn	18/320-14 Fjordvann					
Labnummer	N00575224					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Nitrat-N (NO3-N) ^{a ulev}	0.014	0.003	mg/l	1	1	ANME
Analysedato (NO3-N) ^{a ulev}	2018-05-08		Dato	1	1	ANME
Nitritt-N (NO2-N) ^{a ulev}	<0.0005		mg/l	2	1	ANME
Analysedato (NO2-N) ^{a ulev}	2018-05-07		Dato	2	1	ANME

ALS Laboratory Group Norway AS
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00

Dokumentet er godkjent
og digitalt undertegnet
av Rapportør

ALS avd. ØMM-Lab
Yvenveien 17, N-1715 Yven

Epost: info.srp@alsglobal.com
Tel: + 47 69 13 78 80

Web: www.alsglobal.no

Camilla Fredriksen 2018.05.25 18:08:12
Client Service
camilla.fredriksen@alsglobal.com

Appendixtabell 6: Næringssaltanalyse s. 3

Rapport

N1806819

Side 4 (7)

QUF4154H0D



Deres prøvenavn	18/320-15 Fjordvann				
Labnummer	N00575225				
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign
Fosfat-P*	<2	µg/l	3	2	CAFR

Deres prøvenavn	18/320-16 Fjordvann					
Labnummer	N00575226					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Nitrat-N (NO3-N) ^{a ulev}	0.0087	0.003	mg/l	1	1	ANME
Analysedato (NO3-N) ^{a ulev}	2018-05-08		Dato	1	1	ANME
Nitritt-N (NO2-N) ^{a ulev}	<0.0005		mg/l	2	1	ANME
Analysedato (NO2-N) ^{a ulev}	2018-05-07		Dato	2	1	ANME

Deres prøvenavn	18/320-17 Fjordvann				
Labnummer	N00575227				
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign
Fosfat-P*	5	µg/l	3	2	MAMU

Deres prøvenavn	18/320-18 Fjordvann				
Labnummer	N00575228				
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign
Urea*	1.0	mg/l	4	3	ERAN

ALS Laboratory Group Norway AS
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00

Dokumentet er godkjent
og digitalt undertegnet
av Rapportør

ALS avd. ØMM-Lab
Yvenveien 17, N-1715 Yven

Epost: info.srp@alsglobal.com
Tel: + 47 69 13 78 80

Web: www.alsglobal.no

Camilla Fredriksen
Client Service
camilla.fredriksen@alsglobal.com
2018.05.25 18:08:12

Appendixtabell 7: Næringssaltanalyse s. 4



"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.

"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.

*** etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<p>Bestemmelse av Nitrat-N i drikkevann, ferskvann, saltvann og avløpsvann</p> <p>Metode: DS/ISO 15923:2013 Måleprinsipp: Spektrofotometrisk Rapporteringsgrenser: Drikkevann LOD 6 µg/L Ferskvann LOD 0,5 µg/L Saltvann LOD 0,5 µg/L Avløpsvann LOD 6 µg/L</p> <p>Tidssensitiv parameter: Det gjøres oppmerksom på at resultatet kan påvirkes av tiden mellom prøvetakning og analyse. Prøven bør derfor ha ankommet lab snarest mulig etter prøvetakning.</p>
2	<p>Bestemmelse av Nitritt-N (NO₂-N) i vann</p> <p>Metode: DS/ISO 15923:2013. Rapporteringsgrenser: Rentvann/Saltvann LOD 0,5 µg/L Drikkevann LOD 0,002 mg/L Måleusikkerhet: Relativ usikkerhet 10 %.</p> <p>Tidssensitiv parameter: Det gjøres oppmerksom på at resultatet kan påvirkes av tiden mellom prøvetakning og analyse. Prøven bør derfor ha ankommet lab snarest mulig etter prøvetakning.</p>
3	<p>Bestemmelse av fosfat i rent vann, bassengvann, sjøvann og avløpsvann</p> <p>Metode: NS-EN ISO 6878</p>
4	<p>Bestemmelse av Ureainnhold</p> <p>Metode: EN ISO 11732 (E23) Måleprinsipp: Metoden er basert på ammonium og inkluderer 3 steg. Første steg er å måle NH₄ i løsningen.</p>

ALS Laboratory Group Norway AS
 PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

E-post: info.on@alsglobal.com
 Tel: + 47 22 13 18 00

Dokumentet er godkjent
 og digitalt undertegnet
 av Rapportør

ALS avd. ØMM-Lab
 Yvenveien 17, N-1715 Yven

Epost: info.srp@alsglobal.com
 Tel: + 47 69 13 78 80

Web: www.alsglobal.no

Camilla Fredriksen 2018.05.25 18:08:12
 Client Service
camilla.fredriksen@alsglobal.com

Appendixtabell 8: Næringssaltanalyse s. 5



Metodespesifikasjon	
Kvantifikasjonsgrenser: Måleusikkerhet:	Andre steg er en enzymatisk konvertering av urea til NH ₄ Tredje steg er en ny analyse av NH ₄ . Etter dette subtraheres den første NH ₄ målingen fra totalen og en enzymatisk konvertering tilbake til urea. LOQ=0,025 mg/l (ammonium) 6,60% (ammonium)

	Godkjenner
ANME	Anne Melson
CAFR	Camilla Fredriksen
ERAN	Erlend Andresen
JIBJ	Jan Inge Bjørnengen
MAMU	Marte Muri

Utf ¹	
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Denmark A/S, Bakkegårdsvej 406A, 3050 Humlebæk, Danmark
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group Norway AS avd. ØMM-Lab, Yvenveien 17, 1715 Yven

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).

ALS Laboratory Group Norway AS
 PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

E-post: info_on@alsglobal.com
 Tel: + 47 22 13 18 00

Dokumentet er godkjent
 og digitalt undertegnet
 av Rapportør

ALS avd. ØMM-Lab
 Yvenveien 17, N-1715 Yven

Epost: info_srp@alsglobal.com
 Tel: + 47 69 13 78 80

Web: www.alsglobal.no

Camilla Fredriksen
 Client Service
 camilla.fredriksen@alsglobal.com
 2018.05.25 18:08:12

Appendixtabell 9: Næringssaltanalyse s. 6



Utf ¹	
3	<p>Ansvarlig laboratorium: GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland</p> <p>Lokalisering av andre GBA laboratorier:</p> <p>Hildesheim Daimlerring 37, 31135 Hildesheim Gelsenkirchen Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen Freiberg Meißner Ring 3, 09599 Freiberg Hameln: Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln Hamburg: Goldschmidstraße 5, 21073 Hamburg</p> <p>Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon</p>

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

ALS Laboratory Group Norway AS
 PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

E-post: info_on@alsglobal.com
 Tel: + 47 22 13 18 00

Dokumentet er godkjent
 og digitalt undertegnet
 av Rapportør

ALS avd. ØMM-Lab
 Yvenveien 17, N-1715 Yven

Epost: info_srp@alsglobal.com
 Tel: + 47 69 13 78 80

Web: www.alsglobal.no

Camilla Fredriksen 2018.05.25 18:08:12
 Client Service
camilla.fredriksen@alsglobal.com

Appendixtabell 10: Næringsssaltanalyse s. 7