

Oda Sperre Tennfjord  
Sofie Mauseth Sætran

## Effekten vasking av biofilter har på nitritt-verdiene hos Osan Settefisk

Antall sider: 44  
Vedlegg: 10

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Kristin Bjørdal og Stig Tuene  
Mai 2022



Oda Sperre Tennfjord  
Sofie Mauseth Sætran

# **Effekten vasking av biofilter har på nitritt-verdiene hos Osan Settefisk**

Antall sider: 44  
Vedlegg: 10

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Kristin Bjørdal og Stig Tuene  
Mai 2022

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



Kunnskap for en bedre verden



## Sammendrag

Vannkvalitet er en avgjørende faktor for fiskens velferd i et resirkuleringsanlegg. Et biofilter er en viktig komponent i anleggets renseprosess, og er med på å optimalisere vannkvaliteten. Vannkvalitetsparameterne blir påvirket av ulike faktorer, som kan skape et dårlig miljø. Nitritt er i store mengder giftig, og dannes ved oksidasjon av TAN. Fisken tar opp nitritt gjennom gjellene sine, og kan dermed få svekket oksygentransport. Om biofiltrene i et RAS-anlegg får nedsatt funksjon vil det gå utover nitrifikasjonsprosessen, som har en viktig rensefunksjon i vannets kretsløp. Dersom biofilteret ikke vaskes over tid, vil de anaerobe bakteriene ta over oksygenet som nitrifikasjonsprosessen er avhengig av. Hos Osan Settefisk har de oppdaget høye nitritt-verdier, og tror de kommer av for tykk biofilm i biofiltrene. Formålet med dette forsøket var å undersøke om vannkvalitetsparameterne kunne optimaliseres ved hyppigere vaskeintervaller av biofiltrene. Dette ble gjennomført ved å variere biofiltrenes vaskehypighet, og ta jevnlig målinger ved å analysere vannprøvene med et spektrofotometer for å lese av vannets verdier. Denne studien viser at verdiene av nitritt og andre vannkvalitetsparametere ikke lar seg påvirke av vaskehypigheten. Resultatene foreslår at videre forskning er nødvendig, med en bredere oversikt av indre påvirkere.

**Nøkkelord:** Resirkuleringsanlegg, settefisk, vannkvalitetsparameter, spektrofotometer, vaskehypighet, biofilter, nitritt, nitrifikasjonsprosessen, oksygentransport.

## Abstract

Water quality is a crucial factor for the welfare of the fish in a recirculating aquaculture system. A biofilter is an important component in the purification process, and helps to optimize the water quality. The water quality parameters are affected by different factors, which can create a bad environment. A quantity of nitrite causes toxicity, and is a product by the oxidation process of TAN. The nitrite is processed by the fish-gills, and can further compromise the transportation of oxygen in the blood. If the biofilters function are increased in a recirculating aquaculture system, it will complicate the nitrification process, which has an important purification function in the water cycle. If the biofilters have a low washing interval over a longer period, the anaerobe bacteria will exploit the available oxygen needed for the nitrification process. Osan Settefisk have noticed high nitrite-values in their department, and believes they occur from having a thick bacterial layer in their biofilters. The purpose of this study was to examine if water quality parameters could be optimized by higher washing intervals of the biofilters. This was proceeded by exposing the biofilters to a variation in washing frequency, and take regular measurements by analyzing the water samples with a spectrophotometer to read the water values. This study shows that nitrite and other water quality parameters does not get affected by the frequency of the washing intervals. Hence a suggestion of further examination and study is necessary based on the results, then with a wider overview of the inner impacts.

**Keywords:** recirculating aquaculture system, hatchery, water quality parameter, spectrophotometer, washing frequency, biofilter, nitrite, nitrification process, oxygen transport.

## Forord

Høsten 2021 startet planleggingen av bacheloroppgaven og tema skulle velges. Etter at en av oss har jobbet hos Osan Settefisk i feriene, og begge ville lære mer om RAS-anlegg og settefiskproduksjon, falt valget fort på noe innen settefisk. Vi bestemte oss da for å inngå et samarbeid med settefiskanlegget i Osan og velge et tema sammen. Valget falt da på å se nærmere på et problem de har slitt en del med, altså høye verdier av nitritt når produksjonen i avdelingene nærmer seg maks fôring.

Vi har vært avhengig av hjelp fra settefiskanlegget for å kunne gjennomføre oppgaven. Vi vil rette en stor takk til Osan Settefisk AS som har stilt med nødvendig utstyr og lab. En stor takk til lærlingen i Osan som har fungert som vikar for oss, og tatt vannprøver da vi ikke hadde mulighet, samt takk til alle de som vasket biofilter under forsøket. En spesiell takk til Svein Oluf Øren, som har vært vår veileder fra bedriften, som har gitt oss gode tilbakemeldinger, god veiledning og hjelp. Uten han hadde ikke oppgaven blitt den samme. Videre vil vi takke ei fra Nofitech som har vært til god hjelp under tolking av resultatene ved å bidra med kunnskap om RAS-anlegg og vannkvalitet, samt har hun kommet med gode tilbakemeldinger og synspunkt om oppgaven.

Til sist vil vi gjerne takke våre veiledere Kristin Bjørdal og Stig Tuene for hjelp og gode tilbakemeldinger.

# Innholdsfortegnelse

<b>1 Introduksjon</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Materiale og metoder</b> .....	<b>6</b>
2.1 Tid og sted .....	6
2.2 Oppbyggingen av RAS-anlegget til Osan Settefisk .....	7
2.2.1 Partikkelfjerning .....	8
2.2.2 Biofilter .....	9
2.2.3 CO <sub>2</sub> -lufter .....	9
2.3 Vannprøvetaking .....	9
2.3.1 Utstyr .....	10
2.3.2 Utførelse .....	13
2.4 Vasking av biofilter .....	15
2.5 Databehandling .....	16
<b>3 Resultater</b> .....	<b>17</b>
3.1 Data fra før prosjektstart .....	17
3.1.1 Nitritt .....	17
3.1.2 Nitrat .....	18
3.1.3 TAN .....	19
3.1.4 Alkalitet .....	20
3.1.5 pH .....	21
3.1.6 Temperatur .....	22
3.2 Data fra prøvetakingsperioden .....	23
3.3.1 Nitritt - hovedresultater .....	24
3.3.2 Nitrat .....	25
3.3.3 TAN .....	26
3.3.4 Alkalitet, pH og CO <sub>2</sub> .....	27
3.3.5 Temperatur .....	29
3.3.6 pH .....	30
3.4 Middelveidi av verdiene målt før forsøket og under forsøket .....	32
<b>4 Diskusjon</b> .....	<b>33</b>
4.1 Materiale og metoder .....	33
4.2 Resultater .....	34
4.3 Implikasjoner til videre arbeid .....	40
<b>6 Referanseliste</b> .....	<b>42</b>
<b>Vedlegg</b> .....	<b>45</b>
Vedlegg 1 Grenseverdier og tiltak for de ulike vannkvalitetsparameterne. ....	45
Vedlegg 2 Skisse over vannets gang i yngelavdelingen. ....	46
Vedlegg 3 Beskrivelse for gjennomføring av alkalitet-test. ....	47
Vedlegg 4 Beskrivelse for gjennomføring av nitrat-test .....	48
Vedlegg 5 Beskrivelse for gjennomføring av nitritt-test .....	49
Vedlegg 6 Beskrivelse for gjennomføring av TAN-test .....	50
Vedlegg 7 Oversikt over når biofiltrene ble vasket og når vannprøvene ble tatt. ....	51



<i>Vedlegg 8 Instruks for vasking av biofilter i RAS 2 (yngelavdelingen)</i> .....	51
<i>Vedlegg 9 Tabell over tidligere data hentet fra registreringsperm.</i> .....	52
<i>Vedlegg 10 Oversiktstabell over alle målte verdier i perioden 04.01.22-04.03.22.</i> .....	53

# 1 Introduksjon

Den lange kystlinja til Norge har en unik plassering, og har gitt grunnlaget for en rik fiskekultur. Selv om fangst av fisk har vært en del av norsk matforsyning i mange år, så er det ikke lenge siden bransjen tok i bruk merder og liknende strukturer. Fiskeoppdrett har vært en del av Asias matforsyning i 2500 år, men ble ikke en del av Norges før på slutten av 1960-tallet. Den unge næringen har primært benyttet havmerder, ved ønske om å utnytte landets geografiske beliggenhet og fiskens naturlige habitat (Akvakultur Havbruk i Norge, 2013).

De siste årene har dette fått en vending parallelt med kravet om en mer bærekraftig produksjon (Kumar, Preena, Singh, 2020). Dette har nemlig tvunget hele bransjen til å se på mulighetene og fordelene det vil gi å flytte hele produksjonslinjen sin til land. Siden denne type oppdrett er mer bærekraftig, stabil og oversiktlig, har det medført i store investeringer for utvikling og forskning (Davidson, Good, Summerfelt, Williams, 2017). Nettopp for å optimalisere produkt, bærekraft og lønnsomheten for produksjonen.

Resirkulerende akvakultur system, bedre kjent som RAS-anlegg, er landbaserte oppdrettsanlegg som har behov for veldig lite kontinuerlig utskifting eller påfyll av vann i forhold til gjennomstrømssystemer. RAS er en bærekraftig løsning ved at vannet gjenbrukes, og benyttes av flere settefiskanlegg. Vannkvalitet er viktig innen settefisk, og er avhengig av kontinuerlig overvåkning ved hjelp av vannmålinger og manuelle observasjoner. I fiskekarene blir vannet tilført oksygen slik at det erstatter det som brukes av fisken. Dette tilsettes gjennom innløpsrør, og oksygenivået blir kontinuerlig målt ved hjelp av oksygensonde. Oksygentilførselen justeres automatisk etter det settpunktet som er gitt. Vannet blir også tilført oksygen gjennom vannbehandlingsprosessen i biofilteret og CO<sub>2</sub>-lufteren (Nofitech, 2022). Et RAS-anlegg består i hovedsak av pumper, oksygenkjegler, trommelfiltre, biofiltre, CO<sub>2</sub>-luftere, vakuumbank, målere og sensorer. Alle komponentene må vedlikeholdes for å opprettholde funksjonen.

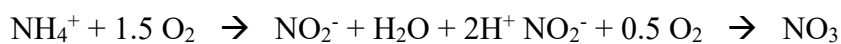
Under renseprosessen blir organiske og uorganiske stoffer som partikler, CO<sub>2</sub> (karbondioksid) og ammoniakk fjernet fra vannet. Alt vannet blir dermed behandlet ved partikkelfjerning, et biofilter som gjør om ammoniakk til nitrat og en CO<sub>2</sub>-lufter som fjerner CO<sub>2</sub> fra vannet

(Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga, Vadstein, 2016). Ikke alle anlegg har samme løsning når det kommer til biofilter, da man kan anvende moving- eller fixed bed for å behandle vannet (Emparanza, 2009).

Biofilteret består av mange biologer i form av små plastkuler, med en beskyttet overflate der bakteriene befinner seg. I fixed bed er det fastsittende biofiltermateriale, og man får en oppsamling av organisk materiale som gjør at biofilmen vokser kontinuerlig. Biofiltrene skaper små partikler, som må fjernes fra anleggets kretsløp. Biofiltrenes vaskehyppighet varierer fra anlegg til anlegg, men mye indikerer på at vaskingen er en funksjonell faktor for å oppnå god vannkvalitet (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga, Vadstein, 2016). Dersom en ikke fjerner uønskede partikler fra kretsløpet vil det føre til stress, gjelleproblemer, hindre UV-strålingens funksjon, skape anaerobe soner i systemet og bremse nitrifikasjonshastigheten i biofilteret (Kroupova, Machova, Svobodova, 2005).

Nitrifikasjonsprosessen skjer i et biofilter, altså prosessen der Total Ammonium Nitrogen (TAN) omgjøres til nitrat. Denne prosessen utføres av ammoniumoksidierende bakterier. Videre blir nitritt omsatt til nitrat ved hjelp av de nitrittoksidierende bakterier.

Nitrifikasjonsprosessen har den kjemiske ligningen:



Dersom et biofilter skal utøve denne prosessen er den avhengig av at bakteriene har gode forhold. Biofilteret har en stor overflate for bakteriene, men utfordres ved at bakteriene vokser sakte. Bakteriene er aerobe og er avhengige av oksygentilførsel. Derfor reduseres nitrifikasjonsprosessen dersom de nevnte bakteriene må konkurrere om oksygen mot heterotrofe bakterier. Et effektivt biofilter er altså avhengig av stabil oksygentransport til biofilmen, og en minimal tilvekst av heterotrofe bakterier (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga, Vadstein, 2016). Et RAS-anlegg gir muligheten til regulering, og på denne måten kan en optimalisere prosessene. Ved dårlig regulering, observasjon og vedlikehold, vil vannet fort nå flere grenseverdier, som i verste fall fører til dødelighet. Derfor er det nå flere som ser nærmere på vannkvalitetene sine og registrerer dem, i håp om å optimalisere vannkvaliteten til enhver tid.

Nitritt er giftig i store mengder, og dannes ved oksidasjon av TAN. Fisken tar opp nitritt gjennom gjellene sine, og kan dermed få svekket oksygentransport og cyanose (Fjellheim, 2009). Dette skaper ubehag for fisken, og vil skape et dårligere sluttprodukt. I verste fall

kveles fisken og blir tapere for bedriften. Fisk som er stresset eller svært aktiv vil ha større behov for oksygentransport, og igjen bli mer sensitiv for nitrittforgiftning. Stress og aktivitet kan oppstå av alt fra manuelle prosedyrer til ukorrekte vannverdier (eksempel: for høy temperatur). Dette gjør at det er vanskelig å sette en nøyaktig grense for nitritt, da den er påvirket av flere faktorer. Derfor har Mattilsynet valgt å sette strenge grenseverdier. I ferskvann ligger grenseverdien for nitritt på  $< 0.1$  mg/l og for sjøvann  $< 0.5$  mg/l (Nofitech, 2022). Tiltak for å unngå nitrittforgiftning kan være å tilsette klorid, da ønsker man å oppnå et Cl-:NO<sub>2</sub>—N forhold som ligger på 100:1. Med denne informasjonen om konsentrasjon av nitritt har man mulighet til å kalkulere nødvendig salinitet. Ved for høy NO<sub>2</sub> kan man også regulere føring og/eller tilsette salt. Kravene for vannkvalitet er satt av akvakulturdriftforskriften § 22, og er bestemt uavhengig av om det er gjennomstrømningsanlegg eller resirkuleringsanlegg. Grenseverdiene og tiltakene er generelle for alle RAS-anlegg, men enkelte bedrifter kan velge å følge interne og spesifikke. Dette er kun tillatt dersom det forekommer gunstige samspill mellom de ulike vannparameterne, at de viser til sikre levekår hos fisken og at de anvender et internkontrollsystem (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga, Vadstein, 2016). Hos Osan Settefisk er dette tilfelle, da de aksepterer et nitritt nivå opptil 2 mg/l, dersom saliniteten er 1 ‰ (Vedlegg 1).

Ved nitrifikasjon vil en sitte igjen med Nitrat NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, som ikke er like giftig som nitritt og ammoniakk. I noen RAS-anlegg blir nitrat nivået regulert ved vannutskifting, mens i andre systemer blir nitrat omgjort til nitratgass ved hjelp av denitrifikasjonsfilter. Grenseverdien for nitrat ligger på 75-100 mg/l i et RAS-anlegg for laks, og stabiliseres ved tilførsel av spedevann dersom verdiene blir for høye (Vedlegg 1).

Total Ammonium Nitrogen (TAN) er et resultat av NH<sub>3</sub> og NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, men giften oppstår kun av den uioniserte formen av NH<sub>3</sub>. Det gjør at en kan måle pH-verdien i vannet for å se om TAN-verdiene er giftige for fisken (Fjellheim, 2009). Dersom vannkvalitetsparameteren TAN nærmer seg grenseverdien på 2 mg/l, må man sjekke ammoniakk-verdiene. En ammoniakkeksponering vil betydelig påvirke fisken ved forandring på respirasjonen, ionebalansen, vannbalansen, plasmakatekolaminer, plasmakortisonet, leveren, nyren og gjellene. Tiltak for overstigning av grenseverdien vil være regulering av føring og pH (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga, Vadstein, 2016).

Alkalitet blir brukt som parameter for hvor stor bufferevne vannet har. Alkalitet-verdiene kan være en utfordring for anleggets nitrifikasjon i biofilteret. I et RAS-anlegg er det ofte mangel på alkalitet, og det reguleres ved tilsetning av kalk eller bikarbonat. Dersom verdiene overstiger grenseverdien på 50-100 mg/l, og det ikke stabiliserer seg av kalk og bikarbonat, må man sette i gang CO<sub>2</sub>-luftinga. Dette er kun et tiltak dersom CO<sub>2</sub>-verdiene er større enn 6 mg/l (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga, Vadstein, 2016).

CO<sub>2</sub> har en grenseverdi på < 15 mg/l i RAS-anlegg, som ikke er universelle. Verdiene har derimot et kritisk område, som ligger på 20-100 mg/l. Dersom en har slike høye verdier, vil vannet bli giftig, men alt avhenger av fiskeart, størrelse og de andre vannkvalitetsparameterne. Høye konsentrasjoner av CO<sub>2</sub> vil gi en dårlig effekt på oksygenopptaket til fisken, og gi ubalanse på syre-base reguleringen. Laksesmolt vil få problemer dersom CO<sub>2</sub> når 13-15 mg/l, og det vil gi større problemer om økningen ikke er stabil. Ved høy CO<sub>2</sub>-konsentrasjon er RAS-anlegget avhengig av CO<sub>2</sub>-lufterens funksjon. Dette er en prosess som krever store kontaktflater mellom vann og luft for at utluftinga av gasser skal være så effektiv som mulig, men konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> er også en påvirkende faktor på effektiviteten (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga og Vadstein, 2016).

Mange RAS-anlegg bruker brakkvann og tilsetter salt for å øke saliniteten og oppnå best mulig vannkvalitet. Løseligheten av gasser avhenger av salinitetsnivået. Dersom vannet har en salinitet på 1‰, vil dette så bidra til en riktig kalsiumkonsentrasjon (Kumar, Preena, Singh, 2020). I 1977 ble det oppdaget at nitrittgiftighet er svært avhengig av salinitetsmengden (Kroupova, Machova, Svobodova, 2005), og som tidligere nevnt vil riktig salinitet akseptere en høyere verdi av nitritt i anlegget. Grenseverdien for salinitet ligger vanligvis på 1-2 ‰, men kan i tilfeller ligge på 3‰ hos RAS-anlegg for laks (Kumar, Preena, Singh, 2020). Dersom vannkvalitetsparameterne overstiger grenseverdiene, må saltdoseringen nedjusteres og salttanken må sjekkes (Vedlegg 1).

Temperaturen i yngelavdelingen burde ligge på 12 °C, og senkes i tiden før levering for å regulere stress. Ved for generell høy temperatur vil det oppstå ubehag, dårlig vekstrate og i noen tilfeller misdannelser. Riktig temperatur i et RAS-anlegg vil gjøre det bedre for resterende vannkvalitetsparametere, og en kan oppnå høyere kapasitet. Dersom man greier å regulere denne faktoren, kan man sette ut fisken i havet til ønsket tid på året. I et RAS-anlegg

slipper man å varme opp vannet kontinuerlig, da det har et resirkulerende kretsløp (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga, Vadstein, 2016). Høye temperaturer fører generelt til godt vekstmiljø for bakterier, som er negativt for biofilmen i biofilteret. Biofilmen vil da danne et tykkere bakterielag og senke biofilterets rensesfunksjon, noe som fører til høyere nitritt-verdier (Blancheton, Chen og Ling, 2006).

pH er en viktig del av vannkvaliteten og bør være stabil. Ved å måle pH i vannet vil man finne surhetsgraden. Den nøytrale verdien ligger på 7, sure løsninger er lavere og basiske løsninger er høyere enn 7. pH i et RAS-anlegg forandrer og bestemmer tilstandsformen i flere kjemiske forbindelser, og er med på å påvirke gifteffekten av andre vannkvalitetsparametere, som  $\text{NH}_3$  og  $\text{CO}_2$  (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga, Vadstein, 2016).

Hos Osan Settefisk AS har de registrert vannverdiene sine i Fishtalk fra oppstart. Slik kan de se om der er trender som man kan lære av eller burde se nærmere på. Her har de bl.a. notert seg høye verdier av nitritt når produksjonen i avdelingene nærmer seg maks føring, noe som de ikke har et sikkert forløp til. Det finnes heller ikke nok forskning på hvorfor RAS-anlegg til tider får for høye nitritt-verdier, og bedriften ønsker å finne en begrunnelse til tallene (Kroupova, Machova, Svobodova, 2005). Ved at det er manglende forskning gjør det vanskelig å se på problemstillingen opp mot tidligere data. Etter spekulasjoner og lengre observasjoner har de en mistanke om at verdiene kommer av at biofilmen får anledning til å vokse seg for tykk grunnet vaskehypighet av biofiltrene, og ønsker en nærmere utredelse.

Hensikten med denne forskningsrapporten er å finne ut om Osan Settefisk sine intervaller av høye nitrittverdier kan unngås ved høyere vaskehypighet av biofiltrene. Selv om hypotesen er utøvende for et gitt tidsintervall, så er den likevel sammenlignbar, da bedriften har gitt oss tilgang til tidligere prøveresultater. Osan Settefisk er heller ikke det eneste anlegget som ser på denne problemstillingen, som understreker tyngden av problemet. Siden bedriften har registrert alle vannverdiene sine, kan en også se om der finnes trender eller andre forekomster. Ved å se på alle parameterne opp mot nitritt kan undersøkelsene utøve kunnskap utenfor hypotesen, og det kan oppstå innlysende svar.

Hypotese: Osan Settefisk sine intervaller av høye nitrittverdier kan unngås ved høyere vaskehypighet.

## 2 Materiale og metoder

Det ble tatt vannprøver som ble analysert for å få verdiene av de ulike vannkvalitetsparameterne, med hovedfokus på nitritt. Biofiltrene ble vasket med jevne mellomrom, og det ble gjort noen endringer i det faste vaskemønsteret for å undersøke effekten på nitritt.

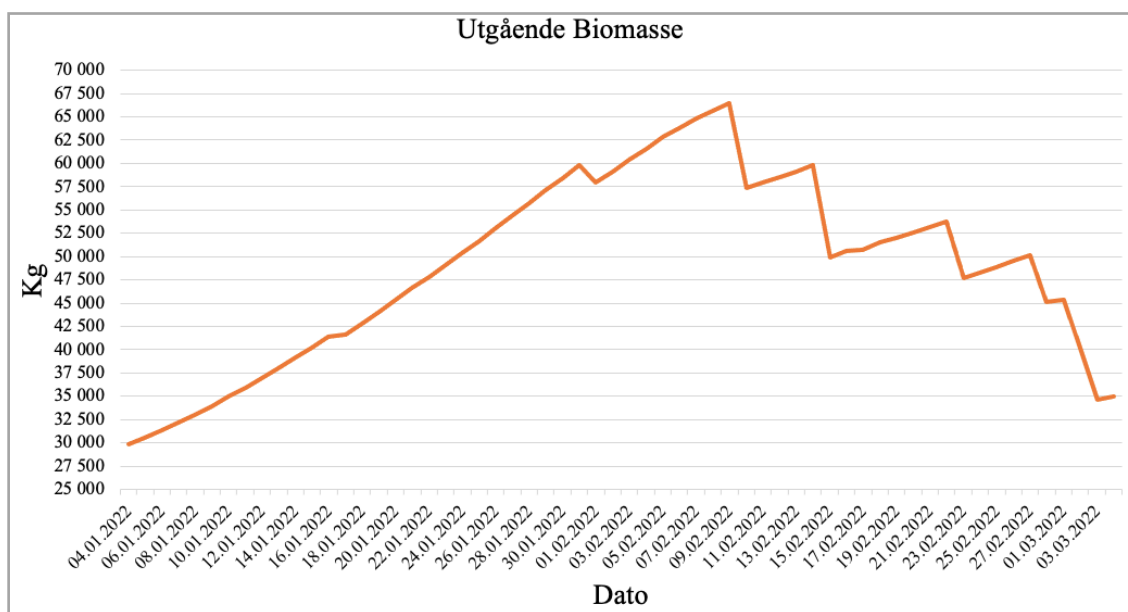
### 2.1 Tid og sted

Forsøket ble gjennomført hos Osan Settefisk AS som er lokalisert i Eiterfjorden i Gravvik som ligger i Nærøysund kommune, Trøndelag (Figur 1a/1b). Settefiskanlegget er et datterselskap av Salmonor, og er et RAS-anlegg for atlantisk laks. Hos Osan Settefisk foregår hele produksjonen innendørs og de har til sammen fem avdelinger, men vi forholdt oss kun til én avdeling – Yngelavdelingen. Avdelingen består av åtte kar, og er tilknyttet et resirkuleringsanlegg med blant annet to trommelfiltre, tre biofiltre og CO<sub>2</sub>-luftere.

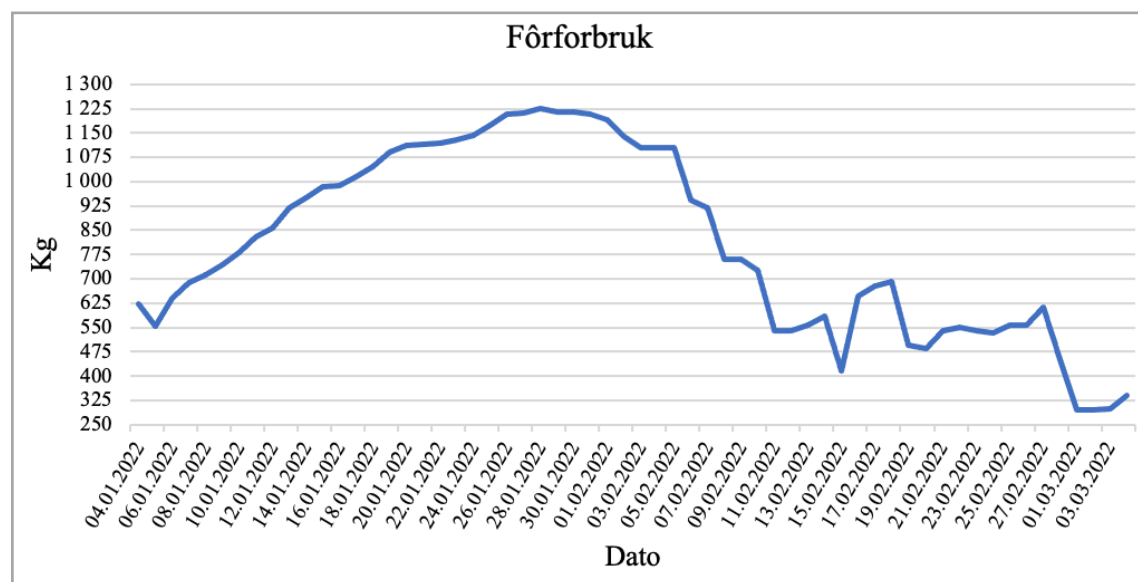


**Figur 1** Kart over plasseringen av settefiskanlegget. **Figur 1a** viser et satellittbilde av hvor settefiskanlegget er plassert i fjorden, og er merket med den røde sirkelen. **Figur 1b** viser et satellittbilde av anlegget sett ovenfra og ned. Bygningen der forsøket ble gjennomført er merket med den blå firkanten, og avdelingen hvor datainnsamlingen ble gjort er merket med den røde firkanten. Begge satellittbildene er hentet fra Apple Maps.

Forsøket ble gjort fra 4. januar til 4. mars. De ukene forsøket ble gjennomført var det fisk i alle karene fram til midten av februar. Fra omtrent 15.02.22 ble det mindre og mindre fisk i yngelavdelingen grunnet vaksinerings. Biomassen i avdelingen er all fisken i alle åtte karene, og varierer ut ifra snittvekt og totaltap i perioden (Figur 2). Fisken i avdelingen har behov for fôr for å vokse. I prøvetakingsperioden ble det derfor en del fôring, og i tiden under vaksineringsen ble det fôret ut mye mindre på grunn av sulting av fisk (Figur 3).



**Figur 2** Grafen over viser biomasse i yngelavdelingen i perioden 4. januar til 4. mars 2022. Grafen er en oversikt over biomassen (kg) som er i avdelingen under hele prøvetakingsperioden. Y-aksen viser biomassen i kg, og x-aksen viser til datoene der biomassen er regnet ut. Dataene er hentet fra Fishtalk.



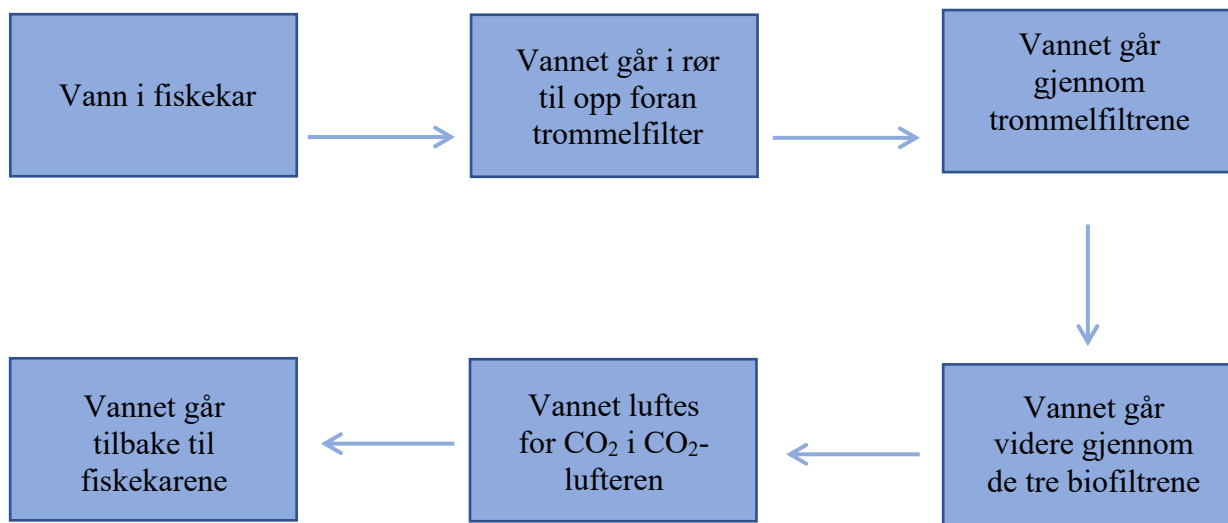
**Figur 3** Graf over fôrforbruk i yngelavdelingen i perioden 4. januar til 4.mars 2022. Grafen er en oversikt over fôrforbruket i prøvetakingsperioden. Y-aksen viser hvor mye fôr som føres ut i kg, og x-aksen viser datoene. Dataene er hentet fra Fishtalk.

## 2.2 Oppbyggingen av RAS-anlegget til Osan Settefisk

Hos Osan Settefisk er fisken fordelt på åtte kar i avdelingen, som befinner seg i et annet rom enn selve resirkuleringssystemet. I samme rom som fiskekarene er det oksygenkjegler.

Vannbehandlingen består av partikkelfjerning, et biofilter som gjør om ammoniakk til nitrat og en CO<sub>2</sub>-lufte som fjerner CO<sub>2</sub> fra vannet. Figur 4 viser et flytskjema over vannets gang i yngelavdelingen, da det må bevege seg for å gå gjennom vannbehandlingsprosessen og bli rensert for å kunne gjenbrukes.





**Figur 4** Flytskjema over vannets gang i yngelavdelingen. Figuren viser hvordan vannet beveger seg i avdelingen, og i hvilken rekkefølge det går gjennom vannbehandlingsprosessen. Figuren tilhører Vedlegg 2 som viser en skisse over vannets gang i yngelavdelingen.

### 2.2.1 Partikkelfjerning

I settefiskanlegget blir vannet fra karene med fisk pumpet kontinuerlig til vannbehandlingen. Fra utløpene i fiskekarene kommer vannet opp foran ei fiskesperre før det strømmer videre gjennom et trommelfilter (mekanisk filter) (Nofitech, 2022). Vannet strømmer inn på trommelfiltrene med 7-8 bar, noe som utgjør 100 liter per trommelfilter per minutt. Ettersom det er to trommelfiltre i yngelavdelingen, blir det 200 liter i minuttet. Trommelfiltrene i Osan er av typen roterende filtre som består av en duk og dyser. Duken er til enhver tid delvis under og over vann, og filtrerer bort partiklene i vannet, og dysene spylar slam av duken som går videre til avløp. Partiklene som tilføres vannet er i form av organisk materiale som avføring fra fisken og fôr som ikke blir spist. Trommelfiltrene fjerner partiklene for å hindre at bakterier får tilgang på organisk materiale som kan gi grobunn for et høyere antall bakterier. Hvis mye av det organiske materiale i vannet går videre til biofilteret, vil det gå utover effektiviteten til biofilteret (Nofitech, 2022).

Det er viktig å følge med dysene i trommelfilteret, at de ikke går tett, da de spylar bort slammet av duken. Inn i trommelfilteret blir det spylt RAS-vann, men ved å spyle inn rent vann slipper man problemer med dysene. Hvis dysene ikke fungerer som de skal stopper de å spyle og duken i trommelfiltrene kan gå tett, noe som vil føre til at vannet går i overløp til biofilteret.

### 2.2.2 Biofilter

Etter vannet har vært gjennom trommelfilteret går det videre til biofilteret. Osan Settefisk har tre biofiltre av typen fixed bed i yngelavdelingen, og vannet fordeles på de tre biofiltrene. Biofilteret har stor overflate og har derfor plass til mange bakterier. Vannet i biofilteret skal boble jevnlig ved god lufting for å fjerne CO<sub>2</sub> som bakteriene produserer, og erstatte oksygenet som forbrukes. Er det ikke jevn bobling i biofilteret er det noe som ikke er som det skal være. TAN, oksygen, organisk materiale, temperatur, pH og alkalitet påvirker biofilteret, og er derfor viktige parametere å følge med på.

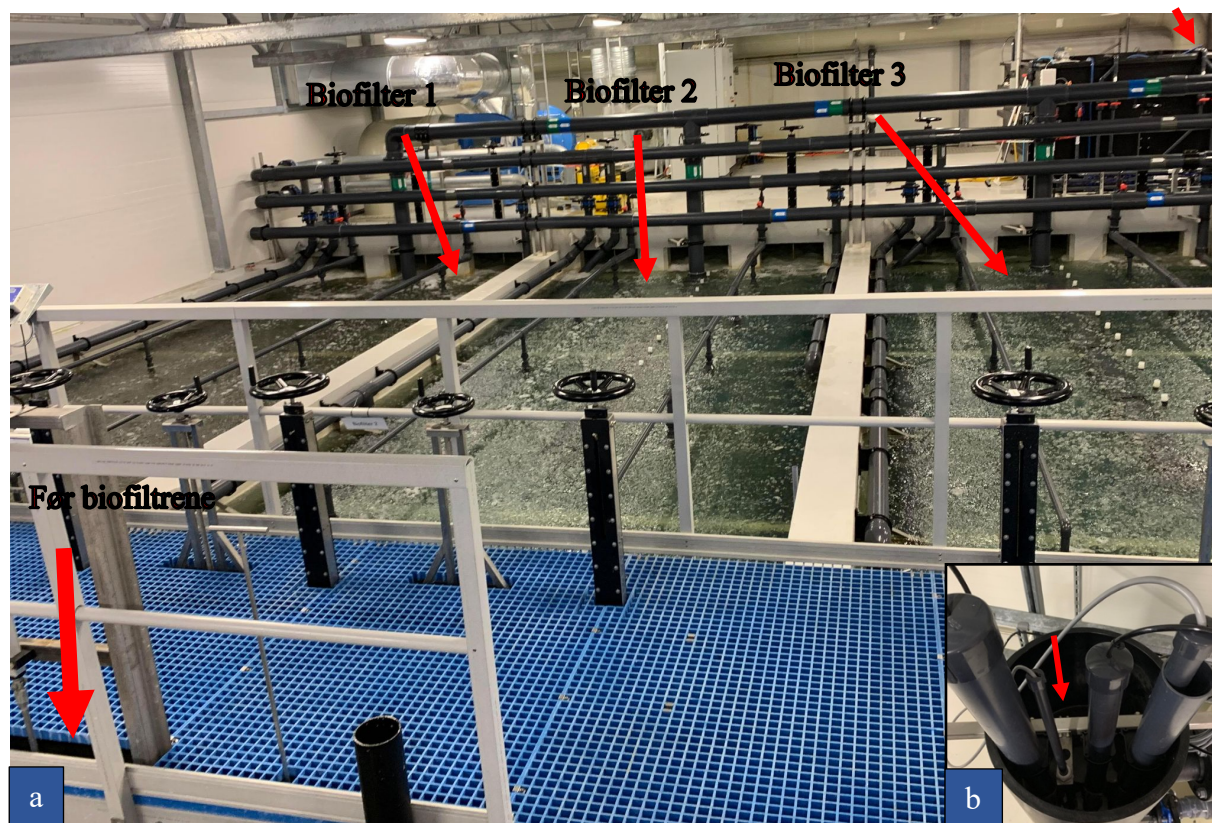
### 2.2.3 CO<sub>2</sub>-lufter

Det siste steget i vannbehandlingsprosessen hos Osan Settefisk er CO<sub>2</sub>-lufting. Her vil CO<sub>2</sub> som fisken har skilt ut i vannet i karene reduseres. Vannet går til toppen av CO<sub>2</sub>-lufteren etter å ha vært i biofilteret. Vannet som fordeler seg til hvert biofilter samles igjen i CO<sub>2</sub>-lufteren. På bunnen av CO<sub>2</sub>-lufteren er det plater med hull som pumper ny luft inn i vannet, og CO<sub>2</sub> fjernes via luft som suges ut av vifter.

Etter CO<sub>2</sub> er fjernet fra vannet, er vannet ferdig behandlet og klart til å gjenbrukes. Ved hjelp av pumper returneres vannet til fiskekarene som er i rommet ved siden av.

## 2.3 Vannprøvetaking

Prøvetakingene for innsamling av data ble tatt i RAS-anlegget som er knyttet til yngelavdelingen. Siden det ikke finnes sensorer som måler TAN, alkalitet, nitritt og nitrat, må disse måles ved å ta kjemikalietester av vannprøvene. Det ble tatt vannprøver fra fem ulike steder; før biofiltrene, biofilter 1, biofilter 2, biofilter 3 og etter biofiltrene (Figur 5).



**Figur 5** Et oversiktsbilde over RAS-avdelingen hvor vannprøvene ble tatt, samt hvor prøvene ble tatt fra. De røde pilene i **Figur 5a** viser omtrent hvor vannprøvene ble innhentet. Vannprøvene før biofiltrene ble tatt mellom trommelfiltrene og biofiltrene, og vannprøvene etter biofiltrene ble tatt i en svart beholder i bakerste del av RAS-en som vist i **Figur 5b**. Den røde pilen i **Figur 5b** viser til vannet i beholderen, og man ser at det i samme beholder også er sensorer som måler temperatur, pH og salinitet.

### 2.3.1 Utstyr

Settefiskanlegget hadde alt nødvendig måleutstyr og verneutstyr, som vi kunne benytte oss av under forsøket. Utstyr som ble brukt var salinitetsmåler, CO<sub>2</sub>-måler, håndholdt pH- og temperatur-måler (Multiparameter meters), pipette og pipettespisser, spektrofotometer, kyvette, reagensglass, batterivann og testsett til alkalitet, nitrat, nitritt og TAN.

CO<sub>2</sub> og salinitet ble målt med sonder som kontinuerlig henger ut i vannet i avdelingen. Det er én CO<sub>2</sub>-måler i avdelingen som er før biofiltrene. CO<sub>2</sub>-måleren er av typen OxyGuard og heter OxyGuard CO2 Dissolved CO2 Probe. Sonden har føleren på undersiden, og måler CO<sub>2</sub> i rekkevidden 0-50 mg/l (OxyGuard, 2020). Måleren brukes sammen med et display som er av typen OxyGuard CO2 Dissolved CO2 Analyzer, der man kan lese av CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen. Denne kan kalibreres ved å justere på «slope» og «zero» på panelet, når sonden er i vannet (OxyGuard, 2020).

Salinitetsmåleren før biofiltrene er like i nærheten av der CO<sub>2</sub>-måleren henger. Osan Settefisk bruker salinitetssonden OxyGuard Salinity Probe med innebygd 4-20 mA transmitter. Sonden har føleren i et hull og måler salinitet i rekkevidden 0-50 ppt (promille), men avvik på +/- 1 ppt kan oppstå (OxyGuard, 2013).

For å måle temperatur og pH i vannet ble det brukt en håndholdt måler kalt Multiparameter portable meter MultiLine® Multi 3510 IDS. Det er et digitalt måleinstrument som kan brukes til å måle pH, temperatur, oksygen, turbiditet og konduktivitet, men en må bruke ulike elektroder. Instrumentet ble i dette forsøket kun benyttet til å måle pH og temperatur, og ved å bruke en IDS pH-elektrode med flytende elektrolytt, platinatrådforbindelse og innebygd temperatursensor, var det kun pH og temperatur den målte. Multiparameteret kjente igjen sensor ID, navn og serienummer når elektroden var ordentlig koblet på (Xylem Analytics, 2021). pH-elektroden var av typen SenTix® 980 P – Digital IDS, og var av glass. Enden av elektroden er en glassmembran som er følsom for pH, og den skal derfor være i en hette fylt med referanseelektrolytt når elektroden ikke er i bruk (Xylem Analytics, 2017). pH-verdien måles fra 0 til 14 og temperaturen måles i °C. Det er viktig å rengjøre elektroden med batterivann etter hver måling (Xylem Analytics, 2021).

På laboratoriet ble det brukt automatpipette for å måle opp riktig mengde av vannprøvene og av de ulike kjemikaliene som ble brukt. Det ble brukt tre ulike automatpipetter grunnet hvor mye de kunne måle opp. En pipette kunne måle opptil 5000 µl, en annen opp til 1000 µl og den siste kunne måle opp maks 500 µl. Automatpipettene var av typen BRAND Transferpette® S pipette, og ser ut som vist i Figur 6.



*Figur 6 Den ene pipetten som ble brukt under analyse av vannprøvene. Pipetten målte kun 1000 µl, og var ikke justerbar.*

Ved bruk av en automatpipette starter man med å justere mengden slik at pipetten blir innstilt på det volumet man ønsker, som forklart i Vedlegg 3-6. Videre må man presse på en pipettespiss på pipetten før den kan brukes. Man presser så stempelet ned ett hakk og fører spissen loddrett ned i væsken, når spissen er i væsken slippes stempelet rolig opp. Det er lett å trykke stempelet helt ned når man skal måle opp væske. Dette er gjort under analysen av flere

vannprøver i prøvetakingsperioden, da det var en som ikke har tatt vannprøver tidligere, som skulle ta prøvene for oss i perioder. Videre er det viktig å følge med at det ikke blir luftbobler i pipettespissen når man gjør dette. Når væsken skal ut av pipettespissen trykker man stempelet helt ned, og spissen kan gjerne strykes langs kanten når den tas opp. Stempelet slippes opp og pipettespissen kastes så lenge den ikke kun skal brukes til samme væske. Når pipettespissen skal av trykker man ned stempelet som er rett over hetten (NTNU Ålesund IBA, 2018).

Pipettene ble brukt til å overføre vann fra vannprøvene og kjemikalier over til reagensglass. Reagensglassene ble brukt til å blande vannprøvene og kjemikaliene som ble tilsatt. Noen av reagensglassene var merket med QR-kode og ble satt direkte i spektrofotometeret. De andre reagensglassene ble kun brukt for å blande i, før prøvene måtte overføres til en kyvette (10 mm), som videre ble satt i spektrofotometeret for analyse.

For å kunne måle de ulike vannparameterne i vannprøvene ble det brukt ulike testsett med kjemikalietester som gir fargereaksjoner. De ulike testsettene ga forskjellige fargereaksjoner, og prøvene i reagensglassene fikk ikke fargereaksjon før det siste kjemikalie var tilsatt. Testsettene Osan Settefisk benytter seg av er fra leverandøren Merck, og er av typen Spectroquant® cell test kits og Spectroquant® reagent test kits.

Spektrofotometeret var av typen Spectroquant® Prove 100 og analyserte vannprøvene ved lysgjennomtrenging (Figur 7). Reagensglassene med QR-kode ble satt ned i spektrofotometeret med QR-koden vendt utover. Spektrofotometeret kjente igjen QR-koden og visste da hvilke vannparameter som skulle måles. Verdien dukket opp på displayet, og prøven var ferdig analysert. Hvis prøven måtte overføres til en kyvette, måtte tilhørende AutoSelector med QR-kode settes der reagensglasset vanligvis ville ha stått, og kyvetten med prøven kunne så settes i. Kyvetten hadde to frostede sider og to blanke sider. De blanke sidene måtte være rene og tørre slik at det ikke var noe som hindret lysgjennomtrengingen.



**Figur 7** Spektrofotometeret av typen Spectroquant® Prove 100, analyserer vannprøvene ved hjelp av lysgjennomtrenging.

### 2.3.2 Utførelse

Før hver prøvetaking måtte man sluse seg inn til avdelingen ved å vaske seg på hendene, ta på en tynn kjeledress, ta på hansker og bytte sko. For å få tatt med vann til laboratoriet for analyse ble det brukt fem blanke prøveglass hver gang prøvene ble tatt. Vannprøvene ble tatt på stedene som vist i Figur 5, og glassene ble halvveis fylt opp. Videre ble prøvene tatt med inn på laboratoriet hos Osan Settefisk for å bli analysert. Der ble vannprøvene fra biofilter 1, biofilter 2 og biofilter 3 satt rett inn i avtrekksskapet, og de to andre ble satt klar for å måle temperatur og pH med den håndholdte måleren. Etter pH og temperatur var målt, ble de glassene også satt inn i avtrekksskapet.

Hansker og labfrakk ble brukt, og luken til avtrekksskapet ble dratt ned så langt som mulig slik at det kun var hendene som fikk plass i åpningen. Man startet med å ta frem fem reagensglass med QR-kode som det sto AC på. Samtidig ble fem reagensglass med QR-kode  $\text{NO}_3^-$  fra kit som tilhørte nitrat satt i reagensrørstativet. Gjorde så klar en pipette for å pipettere 1 ml av beholderen merket med «Nitrat 1» til hvert reagensglass merket  $\text{NO}_3^-$  (Vedlegg 4). Videre ble det pipettert 0,1 ml vannprøve til reagensglassene. Her var det viktig å bytte pipettespiss mellom hver pipettering, da det var fem ulike vannprøver det ble pipettert fra. 0,1 ml vannprøve fra biofilter 1 ble tilsatt til  $\text{NO}_3^-$ - reagensglass merket «BF 1», 0,1 ml vannprøve fra biofilter 2 ble tilsatt i reagensglass merket «BF 2». Dette ble gjort med alle vannprøvene. Deretter ble det blandet godt ved å vippe de opp og ned 15-20 ganger. Det skjedde da en fargereaksjon og prøvene ble da lysegule. Startet så stoppeklokken på fem minutter, og i mellomtiden ble alkalitet-prøvene tatt.

Reagensglassene til alkalitet var da allerede satt fram, så man startet rett på å pipettere 4,0 ml av beholderen det sto «Alkalitet 1» på til hvert reagensglass merket med AC. Pipetterte så 1,0 ml av hver vannprøve til tilhørende reagensglass og blandet, før de videre ble tilsatt 0,5 ml av «Alkalitet 2» (Vedlegg 3). Prøvene ble så blandet igjen ved å vippe de opp og ned 15-20 ganger. Prøvene fikk da en blågrønn farge på grunn av fargereaksjon. Ett og ett reagensglass ble satt i spektrofotometeret, og alkalitet ble målt automatisk.

Da stoppeklokken til nitrat-prøvene ringte, måtte reagensglassene umiddelbart settes i spektrofotometeret. Ett og ett reagensglass ble satt i spektrofotometeret om gangen, og da skjønnte spektrofotometeret at det skulle måle nitrat. Etter alle prøvene var analysert ble reagensglassene lagt i en egen lukket beholder på laboratoriet. Videre ble det tid til å ta seg av

alkalitet-prøvene som har blitt analysert. Reagensglassene inneholdt kjemikalier som skulle tømmes i beholder merket «Alkalitet», og glassene og skrukorkene ble vasket med batterivann som også måtte tømmes i samme beholder. Reagensglassene ble så satt til tork.

Det var da klart for nitritt- og TAN-test. Startet med å ta fram fem blanke reagensglass til hver av dem. Begynte med å pipettere 5,0 ml vannprøve fra før biofiltrene til tilhørende reagensglass, både til nitritt- og TAN-glassene. Gjorde det samme med de fire gjenværende vannprøvene, og byttet pipettespiss mellom hver vannprøve. Da alle reagensglassene som sto i stativet var fylt med 5,0 ml vannprøve måtte man videre gjøre seg ferdig med nitritt-testene (Vedlegg 5). Det ble tilsatt 1 måleskje av Nitritt 1 ( $\text{NO}_2\text{-1}$ ) til hvert reagensglass som tilhørte nitritt-testene. Prøvene ble blandet godt ved å riste på reagensglassene, til pulveret var oppløst, og prøvene ble rosa som følge av fargereaksjonen. Startet stoppeklokken på 10 minutter, og gikk videre på TAN-testene (Vedlegg 6).

Pipetterte 0,6 ml av TAN 1 ( $\text{NH}_4\text{-1}$ ) til hvert reagensglass som tilhørte TAN. Prøvene ble blandet før 1 mikroskje av TAN 2 ( $\text{NH}_4\text{-2}$ ) ble tilsatt til hvert reagensglass, og prøvene ble så blandet igjen. Stoppeklokken på fem minutter ble startet, og det var tid for å gjøre klart til å analysere nitritt-testene ved å ta fram kyvetten, linsepapir og beholder merket «Nitritt». Spektrofotometeret ble gjort klart ved å sette i AutoSelector for nitritt. Da stoppeklokken for TAN ringte ble det tilsatt 4 dråper av TAN 3 ( $\text{NH}_4\text{-3}$ ) til hvert reagensglass, og prøvene ble så blandet igjen. Det skjedde da en fargereaksjon i prøvene, og de fikk en lysegrønn farge. Stoppeklokken på fem minutter ble så startet på nytt, og da var det tid for å analysere nitritt-prøvene. Prøvene måtte overføres fra reagensglassene til kyvetten, og de blanke sidene måtte holdes tørre og rene ved å bruke linsepapir. Kyvetten ble satt i spektrofotometeret, og ble tømt i merket beholder etter analysen. Da alle prøvene var analysert, måtte kyvetten og reagensglassene vaskes med batterivann og helles i merket beholder. Reagensglassene ble satt til tork, og kyvetten var klar til å brukes på TAN-prøvene.

Spektrofotometeret ble gjort klart ved å sette i AutoSelector for TAN. Kyvetten fyltes med én og én prøve ved å overføre fra reagensglassene. Kyvetten ble satt i spektrofotometeret, og tømt i merket beholder etter analysen. Både kyvette og alle reagensglassene ble til slutt satt til tork, og vannprøvene ble hellet ut i vasken.

Det ble tatt vannprøver omtrent 2-3 ganger i uka, noe som til sammen ble 23 vannprøver fra hvert sted, men det ble tatt mindre nitrat-tester. I perioden fra 24. januar t.o.m. 17. februar, og 23.-25. februar, ble det benyttet en annen metode for pipettering enn den forklart over. Dette grunnet at det var en vikar som tok prøvene for oss. Metoden som ble benyttet under pipetteringen var å trykke stempelet helt ned når vannprøve og kjemikalier skulle suges opp i pipettespissen. Dette førte til at det ble mer væske i pipettespissen enn det skulle være, noe som gir verdier som ikke er riktige.

## 2.4 Vasking av biofilter

Biofiltrene ble til sammen vasket fem ganger under prøvetakingsperioden. Dette for å se om vasking av biofilter har noen effekt på vannkvaliteten. De første tre ukene ble vaskerutinene overholdt ved at det ble vasket ett biofilter i uka (Tabell 1). Biofilter 1 ble kun vasket i uke 1, da det ble valgt å gå ut av det faste vaskemønsteret ved å hoppe over vask av det biofilteret etter uke 3. Biofilter 2 ble vasket to ganger i løpet av prøvetakingsperioden, i uke 2 og tre uker etter. Biofilter 3 ble først vasket etter tre uker inn i prøvetakingsperioden, og så vasket igjen fem uker etter det. Ingen biofilter ble vasket i uke 4, 6, 7 og 9. Det ble dermed hoppet over vask av biofilter 1 to ganger, og på grunn av vaksinerings og travle tider ble det forsinkelser i vaskerutinene.

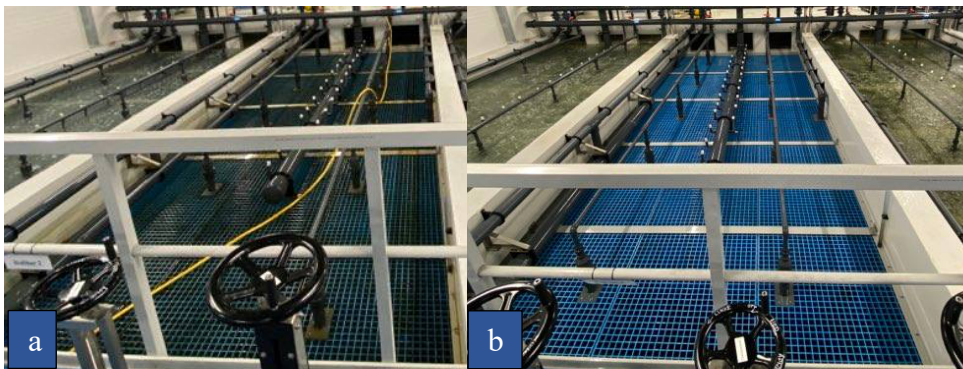
*Tabell 1 Vaskefrekvens for biofiltrene. Tabellen hører til Vedlegg 7 som er en oversikt over når det ble tatt vannprøver og når det ble vasket biofilter, samt hvilket som ble vasket.*

Dato	Biofilter vasket
Uke 1: 05.01.22	Biofilter 1
Uke 2: 14.01.22	Biofilter 2
Uke 3: 20.01.22	Biofilter 3
Uke 4	Ingen
Uke 5: 03.02.22	Biofilter 2
Uke 6	Ingen
Uke 7	Ingen
Uke 8: 24.02.22	Biofilter 3
Uke 9	Ingen



Vask av biofilter er en enkel sak, men hele prosessen tar tid. Når man skal vaske et biofilter må man følge en instruks der det er en del ventiler som må åpnes og stenges. Det starter med å få vannet ut av det biofilteret som skal vaskes, og det gjøres ved å følge de 13 første punktene i Vedlegg 8. Når vannet er pumpet ut kan man starte vaskingen (Figur 8a). Alt av groe på overflatene i biofilteret blir spylt bort med høytrykksspyler og vasket bort ved bruk av vaskekoster med skaft. Høytrykksspyleren var av typen NilFisk MC 3C, og den hadde en justerbar dyse slik at man kunne endre på vannstrålen, samt at det var mulig å justere på trykket (Nilfisk, 2022). Et biofilter som er vasket er illustrert i Figur 8b.

Når biofilteret var ferdigvasket måtte man fylle det opp med vann igjen, men først måtte man fjerne det skitne vannet fra vaskingen. For å gjøre det ble de 19 neste punktene i instruksjonen fulgt (Vedlegg 8), og man måtte følge med på biofilteret etter hvert som det fyltes opp og tømtes. Når biofilteret var fylt med vann igjen, måtte man sørge for at det fungerte som det skulle ved at det boblet som normalt, altså at det boblet jevnt i hele biofilteret.



*Figur 8 Illustrasjon av hvordan et biofilter ser ut før (Figur 8a) og etter (Figur 8b) vask.*

## 2.5 Databehandling

De tidligere dataene registrert av Osan Settefisk har vært tilgjengelig i Fishtalk, men de hadde kun data over prøveresultater tatt etter biofiltrene. De bruker samme metode ved analyse av vannprøver, så dataene kunne brukes og ble hentet ut ved at de ble overført til Excel. Dataene ble så anvendt ved hjelp av pivot-tabell for å lage en grafisk fremstilling av dem. Dataene for TAN og alkalitet fra tidligere prøveresultater var ikke registrert i Fishtalk, de ble derfor notert ned fra registreringspermen på laboratoriet og ble videre overført til Excel (Vedlegg 9).

Samtidig ble også de andre vannkvalitetsparameterne som var registrert i registreringspermen i den perioden, satt i samme Excel-ark. Verdiene av alle vannkvalitetsparameterne som ble målt under forsøket, har blitt registrert og overført til Excel (Vedlegg 10). Videre har de også blitt fremstilt i en samlet pivot-tabell, og ved hjelp av denne oppstillingen kunne grafene formes etter hva man ønsket å fremstille.

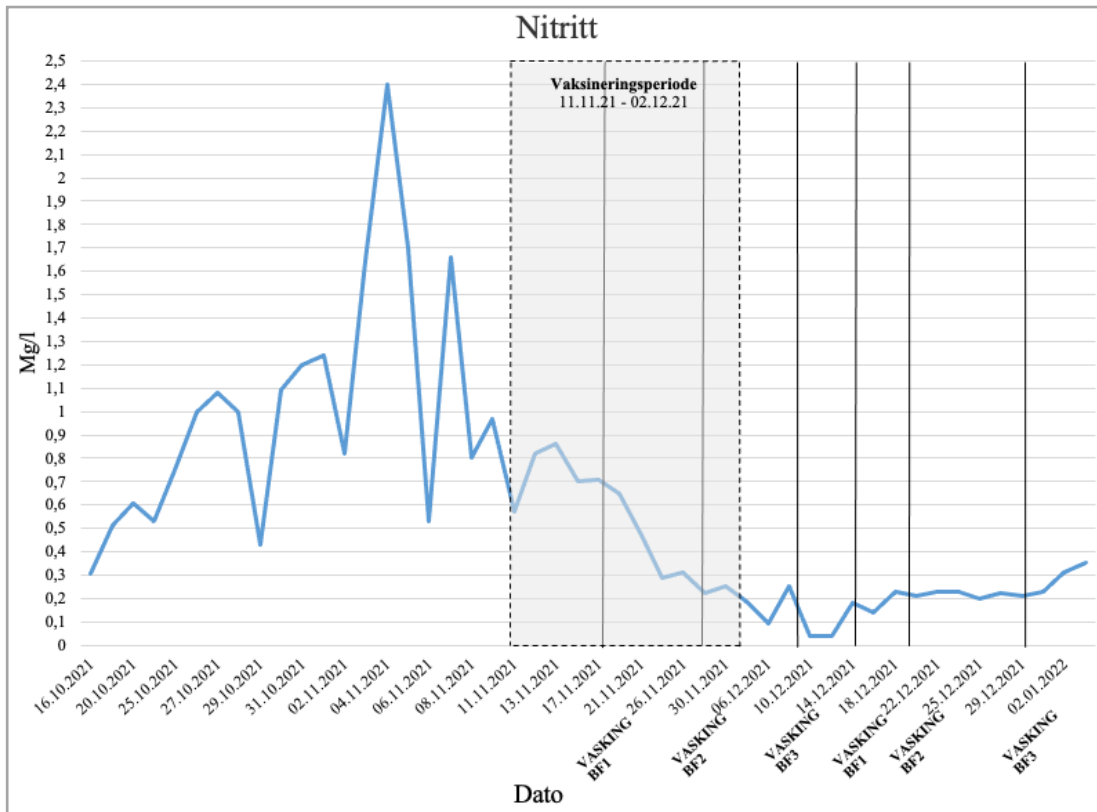
## 3 Resultater

### 3.1 Data fra før prosjektstart

Før forsøket startet 4. januar ble det hentet ut data fra Fishtalk for å få en oversikt over vannkvalitetsparameterne før prosjektstart. Dataene over TAN og alkalitet ble direkte hentet ut fra registreringspermen på laboratoriet (Vedlegg 9). Dataene som ble hentet ut var for perioden 16.10.21 – 04.01.22. All dataen som var lagt inn i Fishtalk var kun fra analyse av vannprøver tatt fra etter biofilter i yngelavdelingen. Y-aksen på figurene for nitritt, nitrat, TAN og alkalitet representerer verdiene målt i mg/l, og x-aksen representerer datoene prøvene er tatt. Figurene inneholder loddrette stolper som viser til når det ble vasket biofilter, og hvilket biofilter som ble vasket står beskrevet under på x-aksen. Det skraverte området i figurene er vaksineringsperioden.

#### 3.1.1 Nitritt

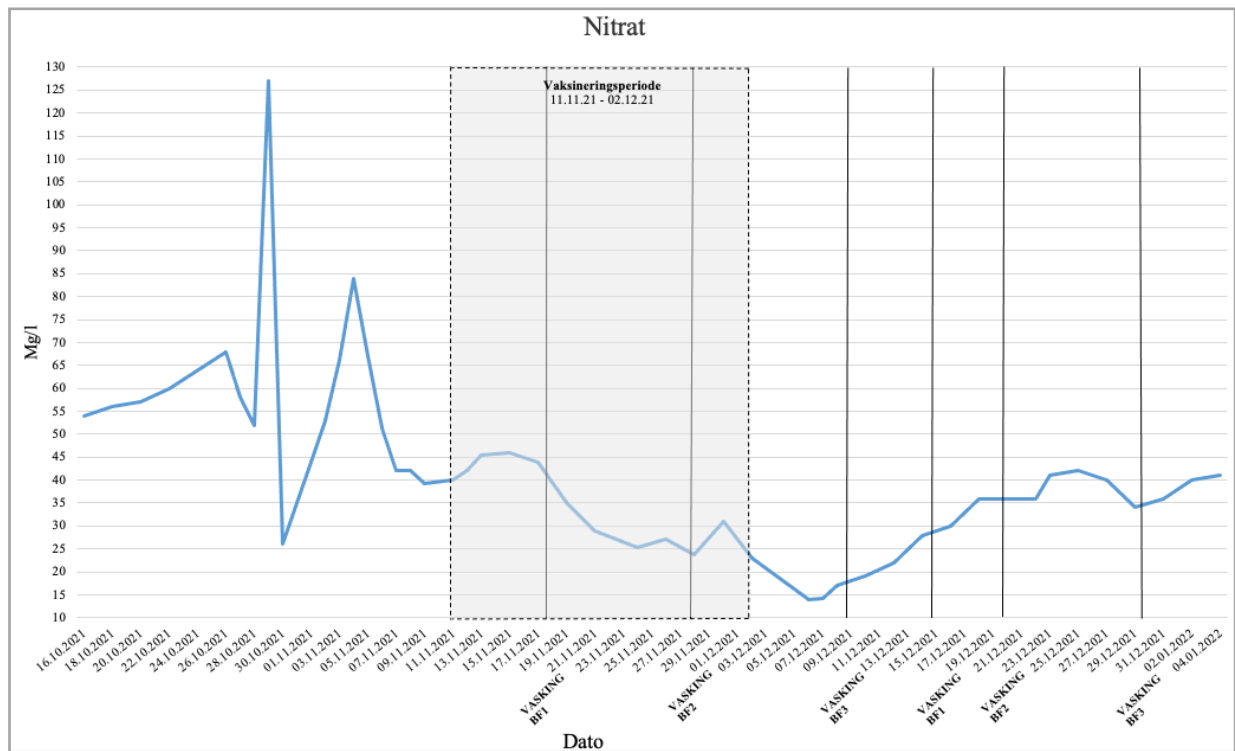
Nitritt-verdiene i perioden 16. oktober 2021 til 4. januar 2022 var veldig variable, men var generelt høye i oktober og i begynnelsen av november (Figur 9). Fra 9. november begynte verdiene å synke, og nærme seg mer mot normalen igjen i slutten av november og begynnelsen av desember. Nitritt-verdiene holdt seg da stabile under 0,4 mg/l fram til prosjektstart. Nitritt-verdien var høyest på 2,4 mg/l 05.11.21, og lavest 12.12.21 på 0,01 mg/l.



**Figur 9** Nitritt-verdier fra tidligere vannprøver tatt fra etter biofilter. De høye verdiene i oktober/november er bakgrunnen for forsøket som startet 4. januar. Dataene er hentet fra interne dokumenter i Fishtalk.

### 3.1.2 Nitrat

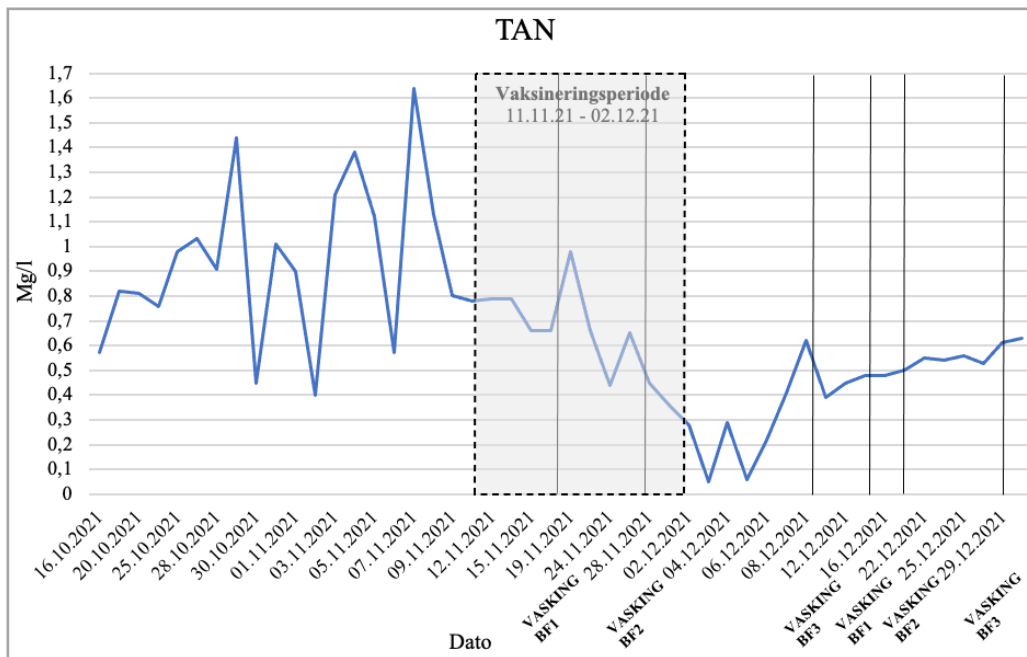
Nitrat-verdiene i de tre månedene før forsøket startet, var variable fram til midten av november (Figur 10). De høyeste verdiene var helt klart i oktober og starten av november, med to topper over grenseverdien på 75 mg/l. Den høyeste toppen ble målt til 127 mg/l, og mellom de to toppene var nitrat-verdien nede i 25 mg/l før den steg kraftig igjen 5. november til 85 mg/l. Fra midten av november ble verdiene mer stabile og holdt seg på under 50 mg/l, men varierte fortsatt en del. Den 07.12.21 var nitrat-verdien lavest på 14 mg/l, og fra midten av desember og fram til prosjektstart var verdiene stabile på rundt 35-40 mg/l.



**Figur 10** Nitrat-verdier fra tidligere vannprøver tatt fra etter biofilter. De høyeste verdiene var i oktober/november, før verdiene holdt seg stabile under 50 mg/l fra midten av november. Dataene er hentet fra interne dokumenter i Fishtalk.

### 3.1.3 TAN

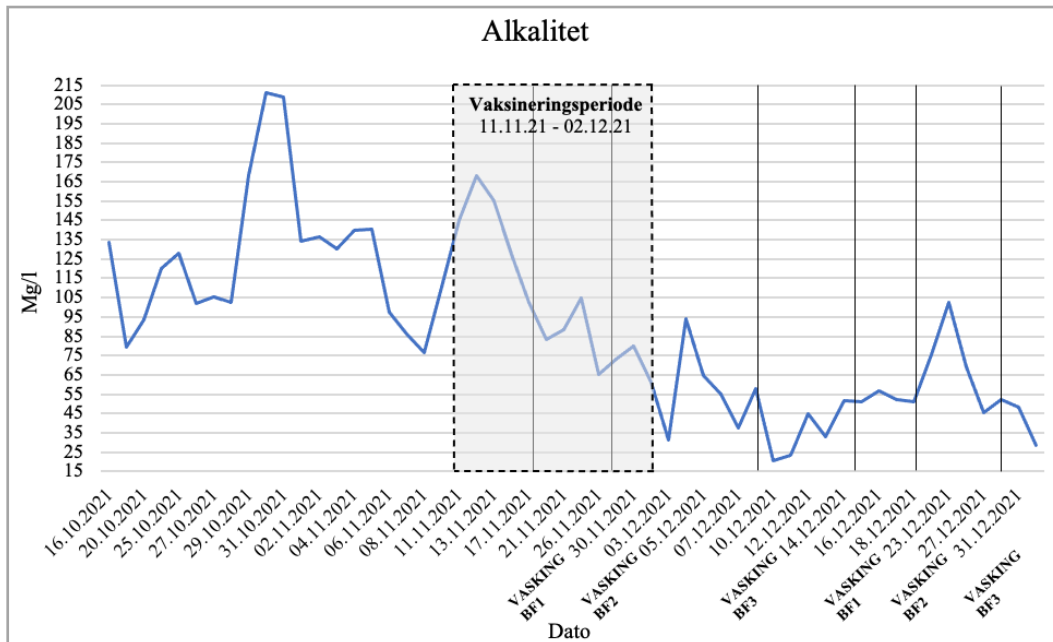
TAN-verdiene varierte mye fra 16. oktober til midten av desember. Tre topper utpeker seg i slutten på oktober og begynnelsen av november (Figur 11). 29.10.21 var verdien 1,44 mg/l, 04.11.21 var den 1,4 mg/l og 07.11.21 var den 1,64 mg/l. Verdiene synker så ned til det laveste punktet 03.12.21 til 0,05 mg/l før den stiger igjen noen dager etterpå og stabiliserer seg.



**Figur 11** TAN-verdier fra tidligere vannprøver tatt fra beholder etter biofilter. Verdiene varierte helt til midten av desember, da stabiliserte de seg og holdt seg slik fram til prosjektstart. Dataene er hentet fra verdiene Vedlegg 9.

### 3.1.4 Alkalitet

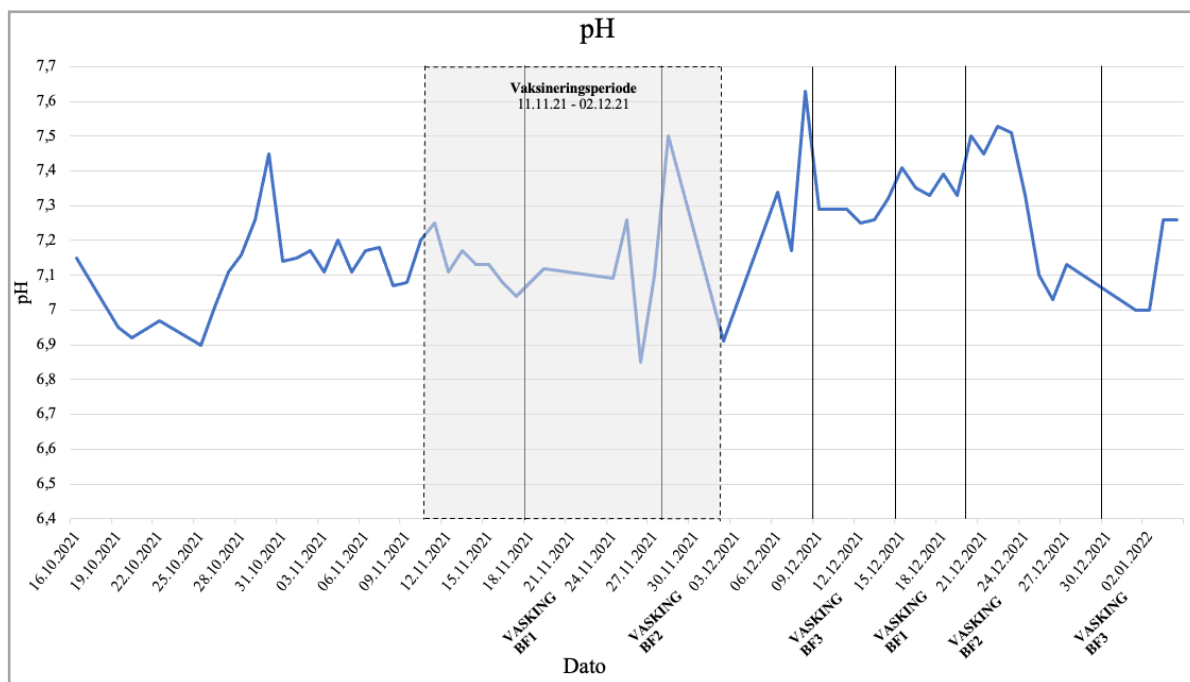
Figur 12 inneholder en graf over alkalitet-verdiene i perioden 16.10.21 – 02.01.22. Verdiene varierte en del, men var noe høyere i oktober og november, og lavere i desember. I store deler av perioden er verdiene over grenseverdien, men de er også under grenseverdien en halv måned. Det er tre topper som utpeker seg ved at de er spisse og stiger plutselig. Den høyeste toppen er i slutten på oktober og har en verdi på 209 mg/l, topp nummer to er i midten av november og er målt til 168 mg/l. Den tredje toppen er 23.12.22, og den steg fra 75 mg/l til 102 mg/l før den sank til 69 mg/l dagen etter. Den laveste verdien er målt 10.12.21 til 20,7 mg/l.



**Figur 12** Alkalitet-verdiene fra tidligere vannprøver tatt i beholder etter biofilter. Verdiene varierte gjennom hele perioden, med tre topper som utpeker seg spesielt. Dataene er hentet fra verdiene i Vedlegg 9.

### 3.1.5 pH

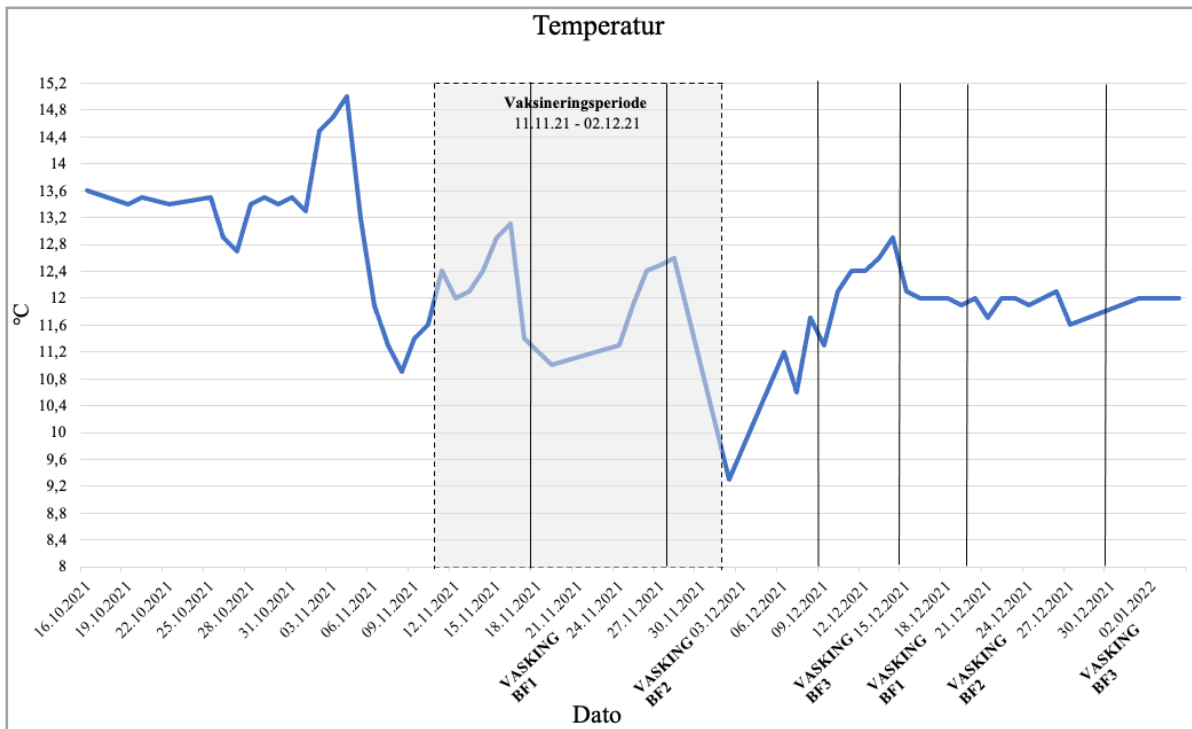
pH-verdiene holdt seg stabile rundt pH 7,0-7,2 de tre månedene før prosjektstart, men varierte noe i små perioder (Figur 13). Det varierte en del i midten på oktober til slutten av oktober fra pH 6,9 til omtrent 7,4, samt i slutten på november til midten på desember fra pH 6,85 til over 7,6. De høyeste punktene var i slutten på oktober, slutten på november og i begynnelse på desember, og de var på pH 7,4 – 7,65. Fra rundt 8. desember var pH-verdien generelt høy fram til slutten på desember, da ble verdiene mer normale. Y-aksen til figuren representerer pH-verdien, og x-aksen til figuren viser datoene pH ble målt, samt hvilket biofilter som ble vasket når. De lodrette stolpene tilhører vask av biofilter, og det skraverte området viser til vaksineringsperioden.



**Figur 13** Oversikt over pH-verdier fra en periode på omtrent 3 måneder før prosjektstart 4. januar. Verdiene var stabile, og gikk litt over og litt under pH 7,2 hele perioden. Noen høye toppe i slutten på oktober og i begynnelsen av desember, men også noen lave punkter i slutten av oktober, november og desember. Y-aksen er verdiene målt i pH fra pH-skalaen, og x-aksen er datoene pH ble målt. Dataene er hentet fra interne dokumenter i Fishtalk.

### 3.1.6 Temperatur

Temperaturen varierte en god del de tre månedene før forsøket, der høyeste temperatur var på 14,9 °C i begynnelsen på november og laveste temperatur var 9,3 °C i begynnelsen på desember (Figur 14). Temperaturen var stabil i midten av oktober til slutten på oktober, og fra midten på desember til prosjektstart 4. januar. Det var store variasjoner helt fra begynnelsen på november til midten av desember. Den største temperaturdifferansen er i begynnelsen på november, der temperaturen er 14,9 °C og synker til 10,9 °C noen dager etter. De lodrette stolpene i figuren viser til når biofiltrene ble vasket, og hvilket biofilter står beskrevet under på x-aksen. Det skraverte området er vaksineringsperioden, og man ser at i den perioden er det to temperatur-toppe på omtrent 13,2 og 12,6 °C.



**Figur 14** Oversikt over temperatur i en periode på omtrent 3 måneder før prosjektstart. Temperaturen varierte en del fra starten av november til midten av desember, men var stabil midt i oktober og midt i desember fram til prosjektstart. X-aksen er datoene temperaturen ble målt, og y-aksen er temperaturen målt i °C. Dataene er hentet fra interne dokumenter i Fishtalk.

### 3.2 Data fra prøvetakingsperioden

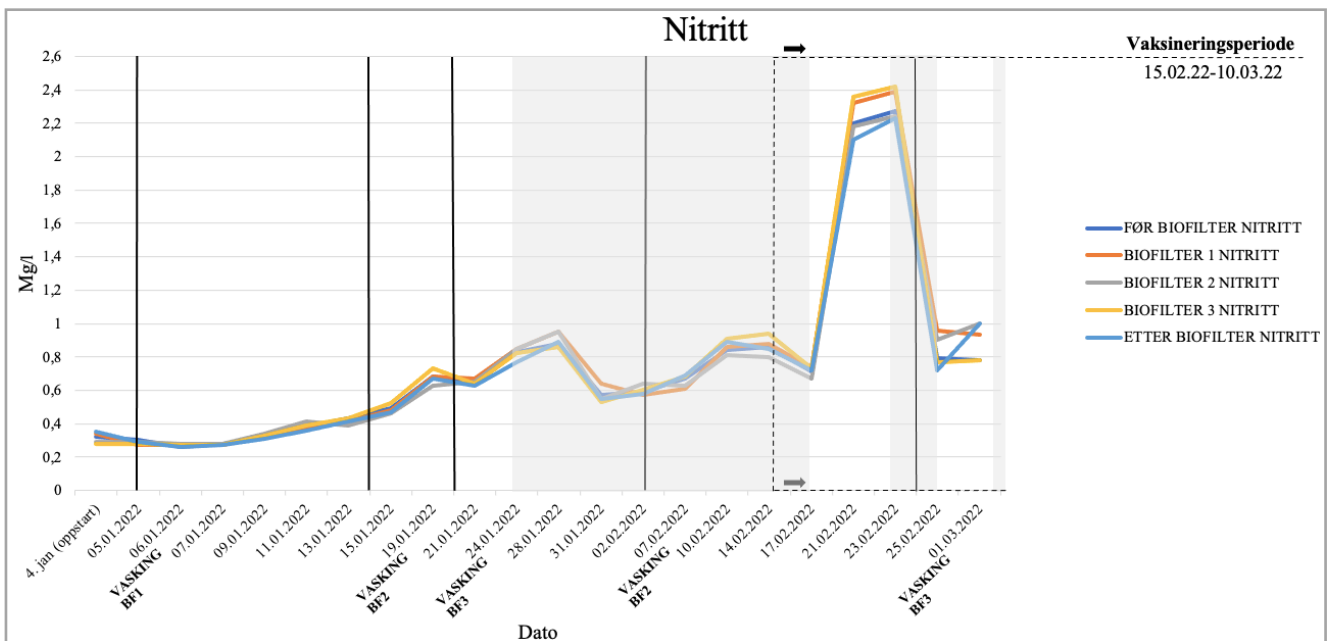
Resultatene under viser data av yngelavdelingens vannverdier fra perioden 4. januar til og med 4. mars. Hver og en figur er fremstilt for å gi en oversikt over alle målingene fra hver vannparameter. Ved å følge datoene på x-aksen kan man se når det ble tatt prøver, og lese av verdien på datoens prøver på y-aksen. I alle linjediagrammene er det satt inn lodrette stolper, som gir dato for vasking av de tre forskjellige biofiltrene. Den stiplede linjen dekker flere datoer, og viser hvilken periode av grafen det foregår vaksinerings. Hvilke vannverdiparameter som figuren inneholder er angitt i tittelen, og fra hvilket vannvolum man har tatt prøvene fra er angitt ved hjelp av forskjellige farger. Verdiene er tatt fra før biofiltrene (mørk blå), biofilter 1 (oransje), biofilter 2 (grå), biofilter 3 (gul) og etter biofiltrene (lys blå). Fargekodene har noen unntak ved resultat som gir få grafer eller flere enn de fem nevnte. Deler av diagrammet er skyggelagt av tre lysegrå kvadrater fordelt på 11 dager. De angir den delen av prøvetakingen som ble gjennomført av lærlingen hos Osan Settefisk, som ble fungerende vikar for oss i tre perioder av prøvetakingsperioden. Vedkommende har anvendt pipetten feil på 11 prøvetakinger, noe som utgjør 47,83 % av alle prøvetakingene totalt. De målingene er derfor ikke av like høy kvalitet, da de er feil.



### 3.3.1 Nitritt - hovedresultater

Grafene viser i en lengre periode gode og stabile nitritt verdier (Figur 15), uavhengig av biofiltervasking og hvor prøvene ble tatt i avdelingen. Alle grafene følger hverandre ganske tett helt til 21. februar, da følger verdiene før biofilter og biofilter 1 hverandre, og biofilter 2 og 3 følger grafen for etter biofilter fram til prosjektslutt. Verdiene holdt seg stabile under 0,6 mg/l fram til 15. januar, da økte verdiene jevnlig fram til 28. januar. Verdiene sank da til under 0,6 mg/l igjen, men økte så litt og litt fram til den drastiske økningen den 17.02.22. Økningen skjer under vaksineringsperioden, men synker også under samme periode. Frem til denne perioden har biofilter 1 og 3 blitt vasket kun én gang, og biofilter 2 har blitt vasket to ganger. Biofilter 3 har den største veksten på 2,4 mg/l den 23.02.22, men stabiliserer seg én dag etter filteret ble vasket.

Biofilter 3 har de høyeste verdiene i store deler av prøvetakingsperioden. Grafen viser at det er høyest verdier i biofilter 3 fra 12.01.22 til 20.01.22 og fra 10.02.22 til 24.02.22. I de periodene biofilter 3 ikke har de høyeste verdiene, varierer det mellom de fire andre. Det er høyest nitritt-verdier etter biofilter helt i starten, og biofilter 1 og 2 har høyest nitritt-verdier 28. januar som danner en topp.



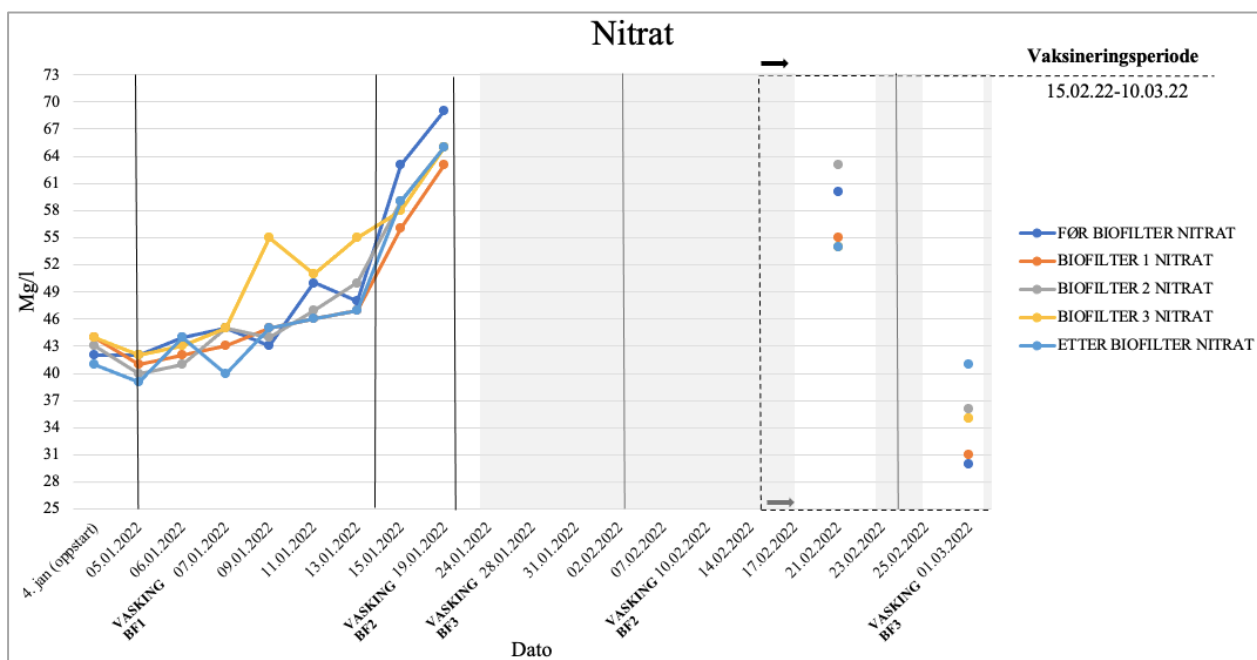
**Figur 15** Nitritt-verdier tatt fra før, etter og i de tre forskjellige biofiltrene. Resultatene i grafen er hoveddataene til forsøket, og gir en oversikt på om verdien endres ved vasking av de forskjellige biofiltrene. Y-aksen viser verdiene målt i mg/l, og x-aksen representerer datoene prøvene ble tatt. Linjediagrammet er laget ut ifra nitritt-verdiene i Vedlegg 10.

### 3.3.2 Nitrat

Resultatene fra nitrat-prøvene er noe begrenset, da verdien «*HI (high)*» ble målt på spektrofotometeret under analyse av prøvene. De høye verdiene ble målt fra den 24.01.22 fram til prøvetakingsperioden ble avsluttet, men det var to unntak på datoene 21.02.22 og 01.03.22, som viser til at verdiene var på vei ned igjen (Figur 16). Det var i de periodene der vikaren tok prøver for oss, at nitrat-verdiene ble målt til «*HI*». Verdiene fra start var stabile, men hadde en nokså stabil økning frem til første «*HI*»-måling. Grafene følger hverandre tett helt til 19. januar, men i biofilter 3 ble det målt noe høyere verdier fra 9. til 14. januar med en topp på 55 mg/l. De høyeste nitrat-verdiene ble målt i prøvene som ble tatt før biofilter, på opp til 70 mg/l. Før «*HI*» ble målt den 24. januar var det prøvene fra biofilter 1 som hadde lavest nitrat-verdi på 63 mg/l, og prøvene fra biofilter 2, biofilter 3 og etter biofilter var alle målt til 65 mg/l.

21.02.22 var nitrat-verdien i biofilter 2 høyest, og lavest i biofilter 1, biofilter 3 og etter biofilter, der verdiene lå på rundt 55 mg/l. Den 01.03.22 var nitrat-verdien etter biofilter det høyeste som ble målt på 41 mg/l, og de laveste verdiene ble målt før biofilter og i biofilter 1.

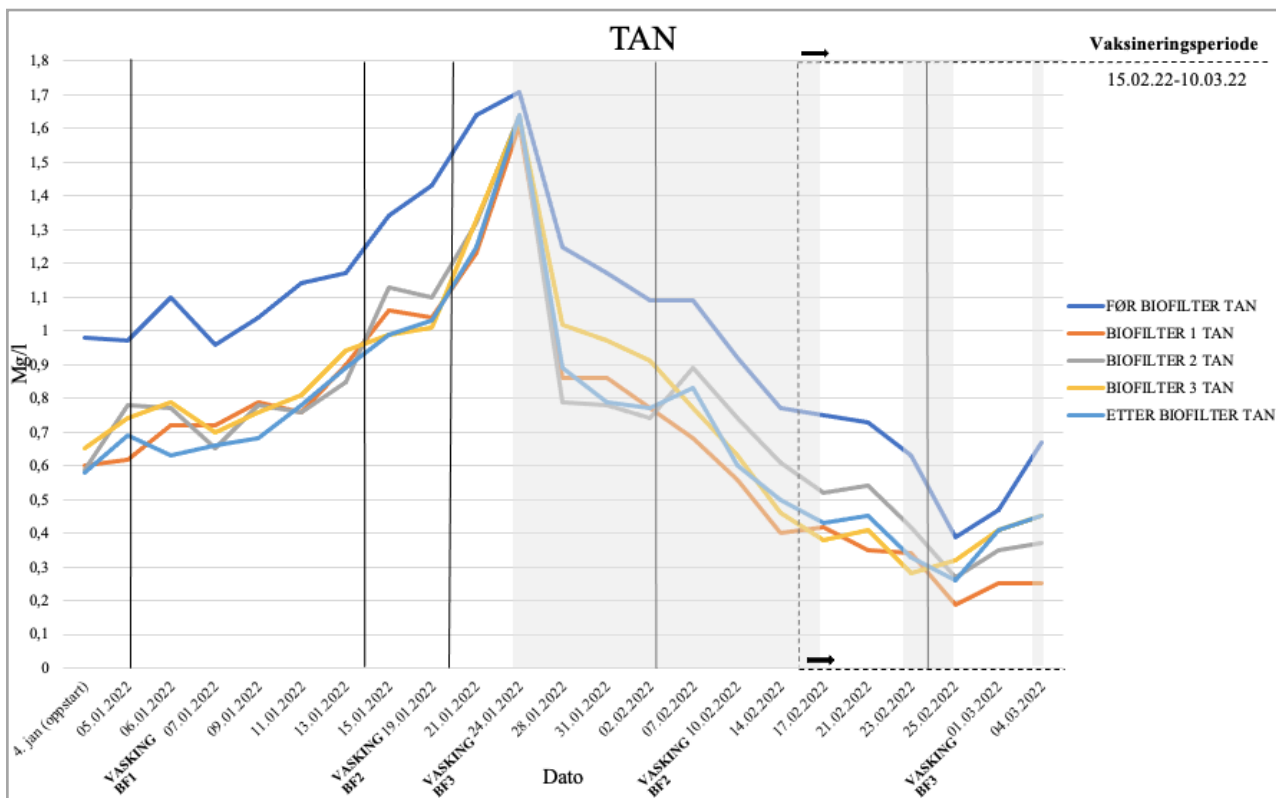
Det var kun biofilter 1 og 2 som ble vasket én gang hver i perioden der analysene ble gyldige. Biofilter 3 ble vasket like før de høye verdiene ble målt, og mellom de to gyldige prøvene i slutten av prøvetakingsperioden. Biofilter 2 ble vasket for andre gang midt i perioden der de høye verdiene ble målt.



**Figur16** Nitrat-verdier tatt i prøvetakingsperioden fra de fem forskjellige vannvolumene. Resultatene er et svar på nitrifikasjonsprosessen, og skal gjenspeile verdiene fra nitritt (**Figur 15**). X-aksen viser til dato prøvene ble tatt, og på y-aksen er verdiene målt i mg/l. Linjediagrammet er laget ut ifra nitrat-verdiene i Vedlegg 10.

### 3.3.3 TAN

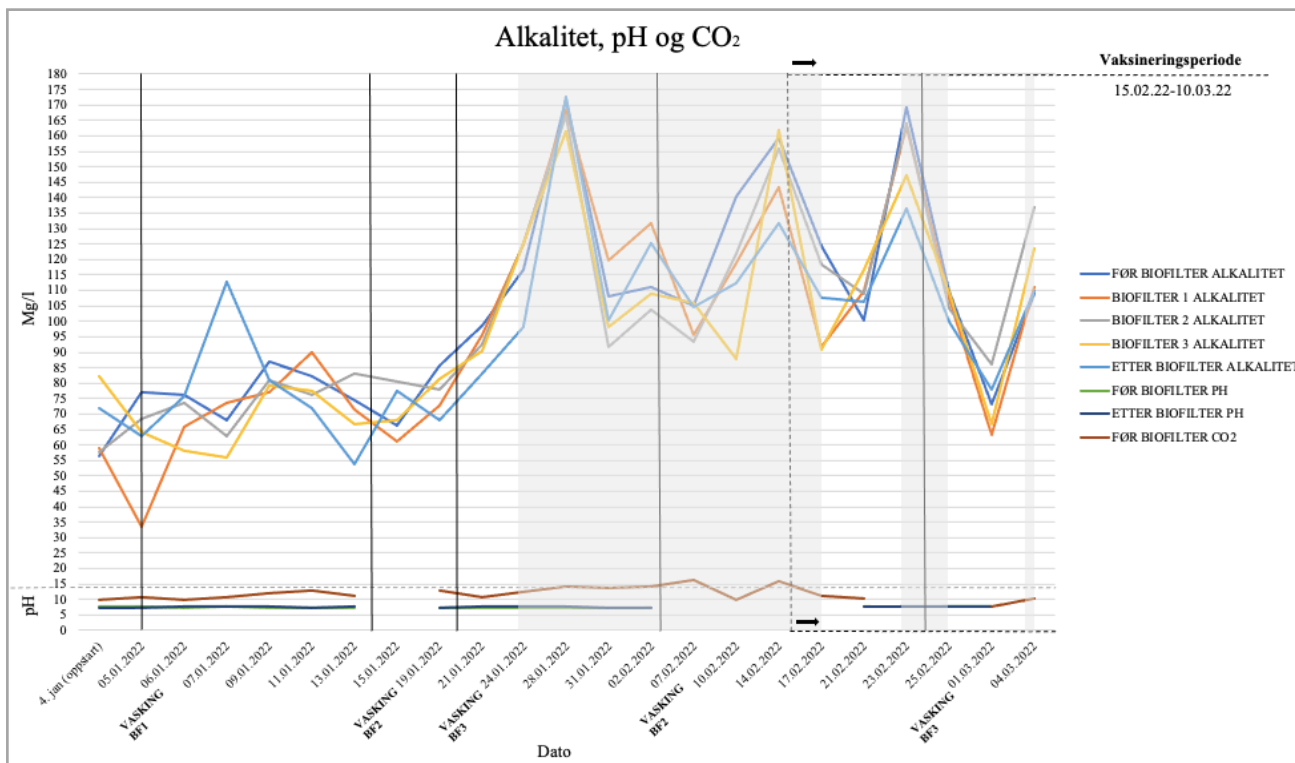
Linjediagrammet over TAN-verdiene er ikke stabile gjennom hele prøvetakingsperioden, men har målinger som er optimale fra oppstart. Dette endrer seg da grafene har en stigende kurve, med en tydelig topp den 24.01.22 på 1,7 mg/l (Figur 17). I etterkant av toppen forekommer det en nedgang i verdiene i vaksineringsperioden, fram til den 24.02.22. Fra denne datoen går verdiene mot en stabilisering på de åtte resterende dagene av prøvetakingsperioden. Under hele prøvetakingsperioden lå verdiene fra før biofiltrene høyere enn resten, der de resterende grafene fulgte hverandre tett. Verdiene er på sitt laveste den 24.02.22, som er i vaksineringsperioden, der TAN-verdien fra biofilter 1 er den laveste på 0,2 mg/l. TAN-verdiene fra etter biofilter er lavest i starten, men fra 24. januar er verdiene i biofilter 2 lavest og fra 3. februar er verdiene i biofilter 1 lavest. Resultatet gir en verdidifferanse på 1,5 mg/l, som forekommer på kun én måned.



**Figur 17** TAN-verdiene fra hele prøvetaksperioden, med fem vaske-behandlinger av de tre biofiltrene. Alle grafene stiger til 24.01.22, før verdiene gradvis synker igjen. Dette danner kun én topp for TAN-verdiene i prøvetaksperioden. Y-aksen representerer verdiene målt i mg/l, og på x-aksen er datoene for prøvetakingene. Linjediagrammet er laget ut ifra TAN-verdiene i Vedlegg 10.

### 3.3.4 Alkalitet, pH og CO<sub>2</sub>

Dette linjediagrammet viser flere vannkvalitetsparametere i samme diagram, for å vise om der oppstår trender som er avhengige av hverandre (Figur 18). Dette gjør at det finnes flere farger enn i de første linjediagrammene, som et svar på at det finnes flere verdier fra samme dato og sted (dette kan leses av til høyre i figuren). I Figur 18 ser man tydelig at alkalitet-verdiene var lite stabile, og hadde store endringer over korte perioder. En ser at alle grafene for alkalitet er ustabile ved at de går opp og ned og varierer en god del. Den laveste verdien på 33 mg/l den 05.01.22 ble målt i biofilter 1 og skiller seg ekstra ut, da den synker alene. Til kontrast er den høyeste målingen målt i vannprøven fra før biofilter den 28.01.22, med en verdi på 172,5 mg/l. I perioden fra 28. januar til 25. februar oppstår det fire alkalitet-topper, der alle verdiene som er målt varierer drastisk i løpet av én måned.



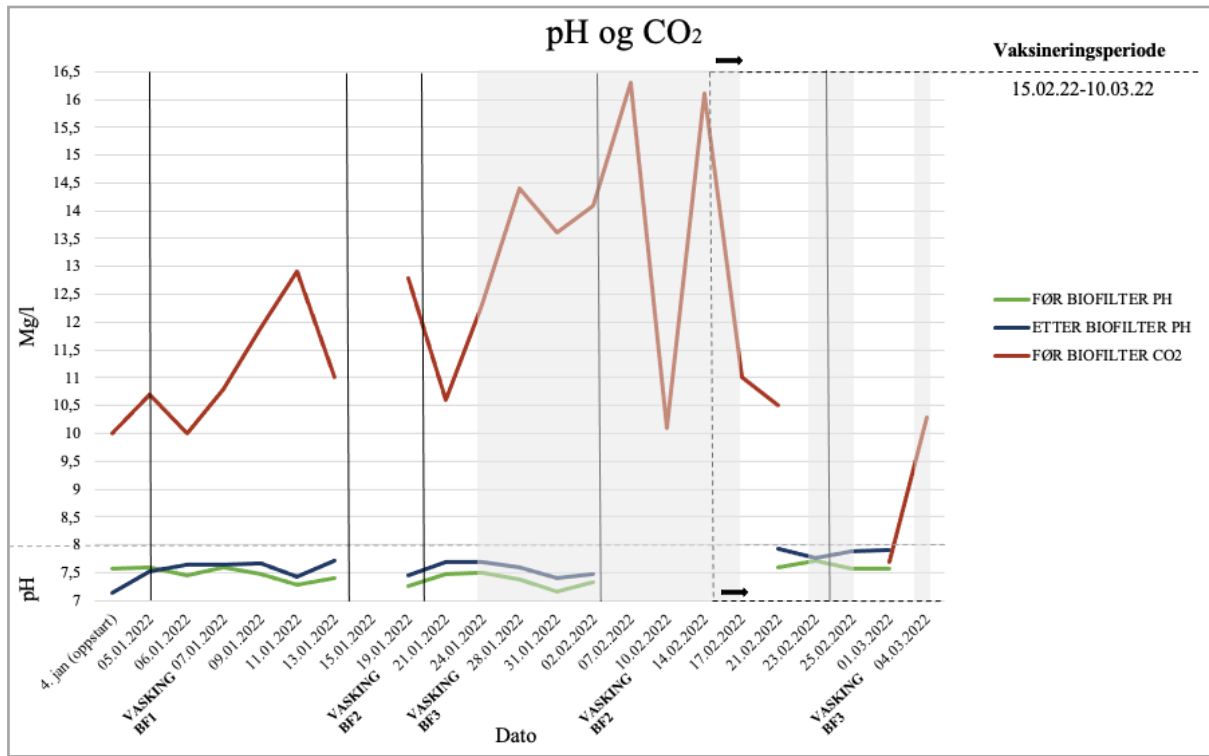
**Figur 18** Alkalitet-, pH- og CO<sub>2</sub>-verdier fremstilt i samme diagram, med data fra samme prøvetakingsperiode. pH og CO<sub>2</sub> har ikke data fra vannet i biofiltrene, men i volumet før og etter. På x-aksen er datoene for prøvetakingen, og y-aksen representerer verdiene målt i mg/l og pH. Alkalitet og CO<sub>2</sub> måles i mg/l, og pH måles i pH-skalaen fra 0 til 14. Linjediagrammet er laget ut ifra alkalitet-, pH og CO<sub>2</sub>-verdiene i Vedlegg 10.

pH følger ikke alkalitet sine varierende resultater, da det er stabile grafer for før og etter biofiltrene. pH og CO<sub>2</sub> er satt i et eget linjediagram (Figur 19), da det er verdier som trenger et større tallspekter enn det er i Figur 18.

pH-verdiene var stabile i hele prøvetakingsperioden, og holdt seg mellom pH 7 og 8. pH-verdiene målt i etter biofilter var høyere enn i verdiene målt i før biofilter (Figur 19). Det var kun i starten at pH-verdien var høyest i vannprøvene tatt fra før biofilter. pH målt før biofilter holdt seg på rundt pH 7,5 og ned, men pH målt i etter biofilter holdt seg på pH 7,5 og oppover. På slutten av prøvetakingsperioden var pH-verdien høyest på nesten pH 8 etter biofilter, og i slutten av januar var pH-verdien lavest på omtrent pH 7,2 før biofilter.

CO<sub>2</sub>-verdiene var noe mer variable, i likhet med alkalitet-grafene. De varierte ved at de kunne være veldig lave, til å plutselig være veldig høye. Grafen viser ingen stabile målinger, den har kun bratte stigninger eller bratte nedganger i verdier. Den høyeste CO<sub>2</sub>-verdien ble målt til 16,3 mg/l 7.februar, som er fire dager etter biofilter 2 ble vasket for andre gang, og den laveste verdien ble målt til 7,7 mg/l 1. mars. Det er en differanse på 8,6 mg/l.

I to perioder ble det ikke målt pH og CO<sub>2</sub>, fra 13.01.22 til 19.01.22 og fra 02.02.22 til 21.02.22.

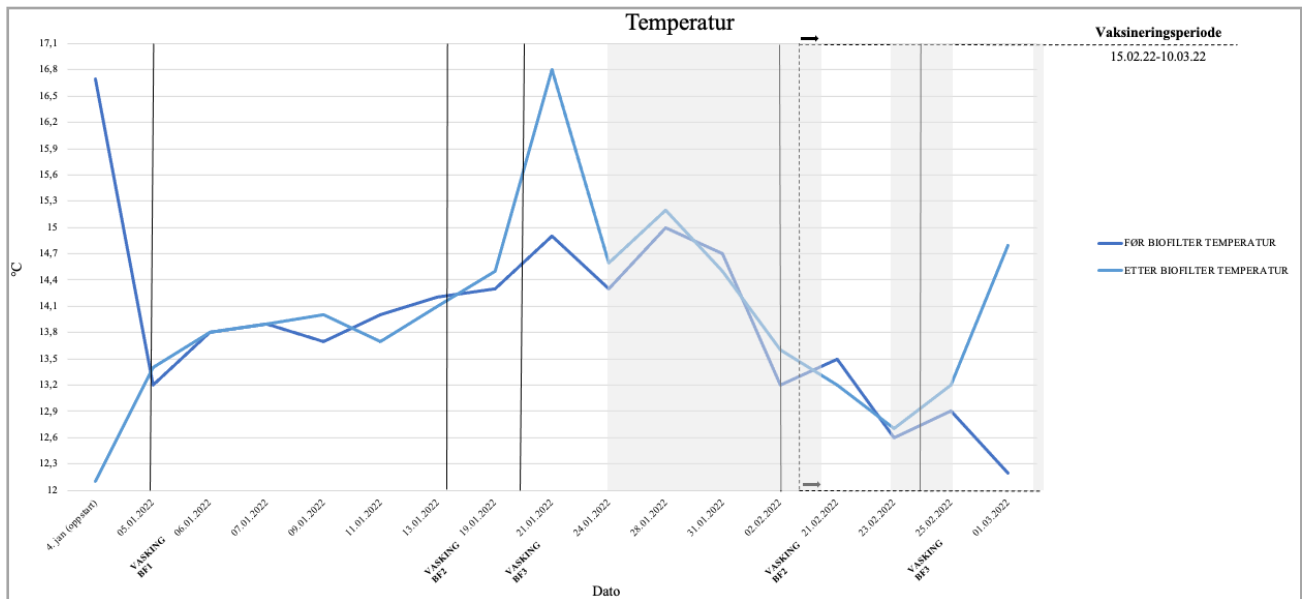


**Figur 19** pH- og CO<sub>2</sub>-verdiene fremstilt i eget linjediagram. Dette for å få utvidet grafene og kunne se resultatene bedre enn i **Figur 18**. pH-verdiene holdt seg stabile helt til slutten av prøvetakingsperioden, da ble verdiene noe høyere. CO<sub>2</sub>-verdiene var variable hele perioden, og alt for høye 7. og 14. februar. X-aksen representerer datoene prøvene ble tatt, og y-aksen representerer verdiene målt i mg/l og pH. CO<sub>2</sub> måles i mg/l, og pH måles fra 0 til 14 i pH-skalaen.

### 3.3.5 Temperatur

Resultatene i linjediagrammet viser temperaturen i vannet gjennom prøvetakingsperioden (Figur 20). Verdiene er hentet fra før og etter biofiltrene, og gir derfor to forskjellige grafer i diagrammet. Den lyseblå grafen tilhører temperaturen målt etter biofiltrene, og den mørkeblå grafen tilhører temperaturen målt før biofiltrene. Begge målingene varierer fra hver dato, og går om hverandre. Begge grafene nærmer seg 16,8 °C på det høyeste og 12 °C på det laveste, men ikke samtidig. Dette spriket kan man se tydelig i starten og slutten av prøvetakingsperioden. I starten på prøvetakingsperioden ser man at spriket minskes etter vask av biofilter 1, og i slutten av prøvetakingsperioden ser man at spriket oppstår etter vask av biofilter 3 samt etter vikaren har tatt prøver for oss. Den høyeste verdien ble målt etter biofilter 21. januar, og den laveste verdien ble målt til 12,1 °C etter biofilter den 4. januar. Verdiene for før biofilter er noe mer stabil enn etter biofilter, da verdiene målt etter biofilter har noen høyere topper enn

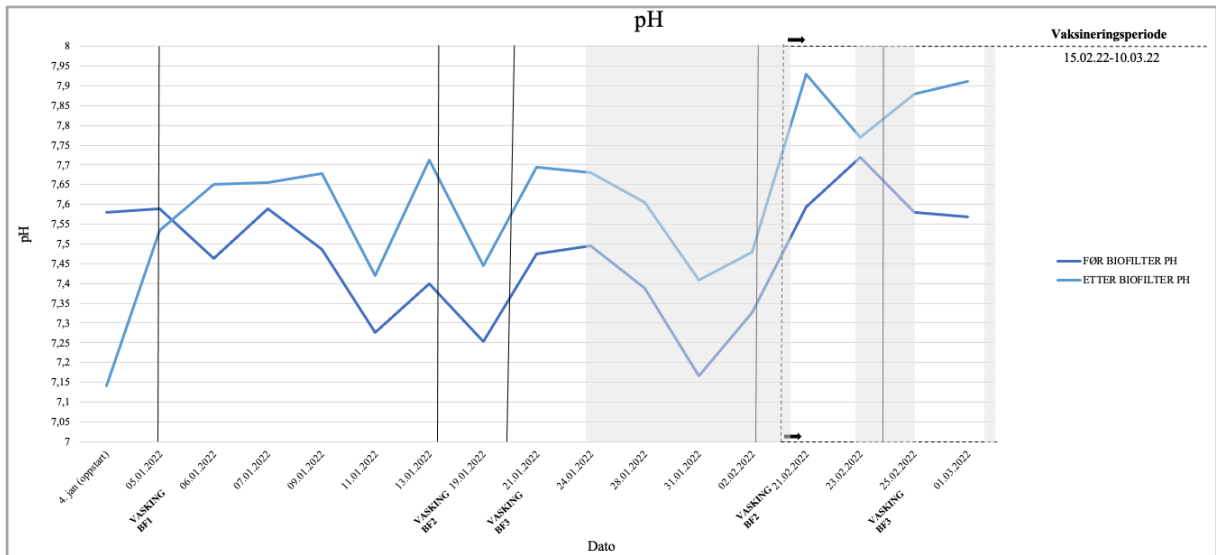
grafen for før biofilter. Grafene følger hverandre hele perioden, men spriker i starten, i slutten på januar og på slutten av prøvetakingsperioden.



**Figur 20** Temperaturen målt i vannprøvene tatt før og etter biofiltrene, for hele prøvetakingsperioden. Biofiltrene er avhengige av stabile temperaturer. På x-aksen er datoene for prøvetakingene, og på y-aksen er temperaturen målt i °C. Linjediagrammet er laget ut ifra temperaturrene i Vedlegg 10.

### 3.3.6 pH

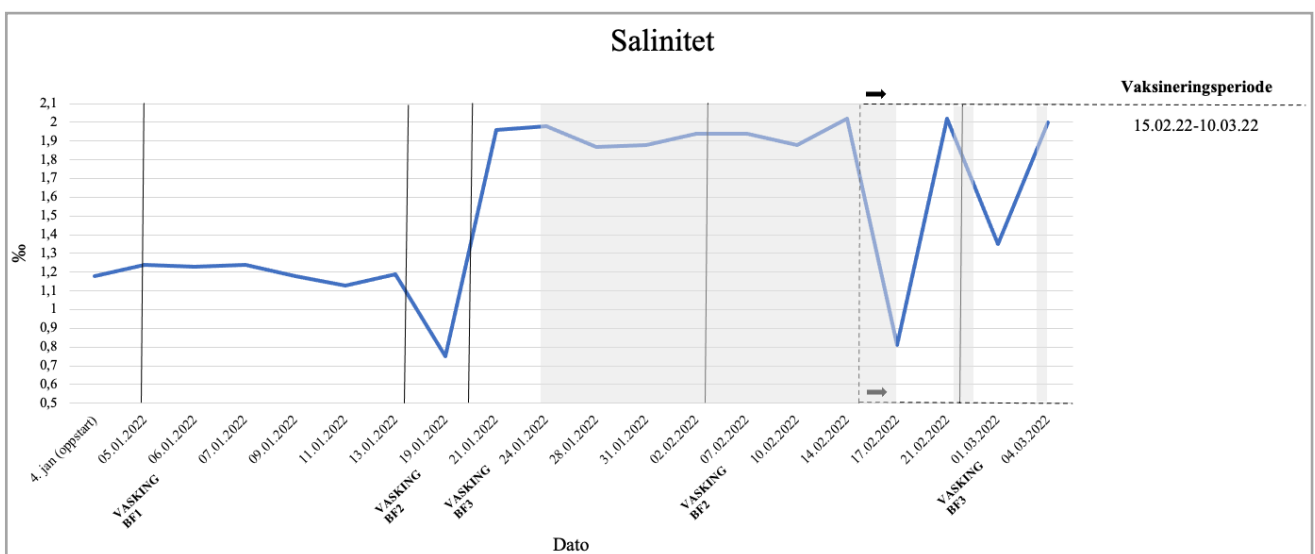
Figur 21 viser resultater av pH-målingene fra oppstart til slutt. Her kan man se målinger fra før og etter biofiltrene, som gir to forskjellige grafer. Den mørkeblå grafen er verdiene målt før biofiltrene, og den lyseblå grafen er verdiene målt etter biofiltrene. En nøytral pH ligger på syv, som er en god indikator for egne målinger. Verdimålingene har ingen store variasjoner eller avvik, men en liten stigning i vaksinasjonsperioden med verdier på pH 7,5 til 7,9. pH-verdiene målt i vannprøvene tatt etter biofilter er jevnlig noe høyere i hele prøvetakingsperioden, bortsett fra helt i starten. De to første dagene vannprøvene ble tatt var pH-verdiene etter biofilter lave og lå på pH 7,14 og rundt 7,53. Den høyeste verdien ble målt den 21. februar til litt over pH 7,9 etter biofilter. Den laveste pH-verdien før biofilter var 31. januar og ble målt til pH 7,16, og den høyeste verdien før biofilter ble målt til pH 7,72 den 23. februar. De høyeste toppene ble målt like etter vaksineringsperioden startet. Man ser at grafene følger hverandre hele prøvetakingsperioden, med unntak i starten og slutten. Da spriker grafene fra hverandre.



**Figur 21** pH-verdiene målt i vannprøvene tatt før og etter biofiltrene, for hele prøvetaksperioden. Gir målinger på om man må tilsette kalk for eventuell nøytralisering. På y-aksen er verdiene målt etter pH-skalaen, og på x-aksen er datoene for når pH ble målt. Linjediagrammet er laget ut ifra pH-verdiene i Vedlegg 10.

### 3.3.7 Salinitet

Grafen viser målinger av salinitet-verdiene gjennom prøvetaksperioden, men kun fra før biofiltrene (Figur 22). Resultatene fra perioden viser en akseptabel salinitet, som ligger mellom 0,75 ‰ til 2,02 ‰. Saliniteten er stabil i starten før den øker drastisk 21.01.22. Etter økningen holder saliniteten seg stabil der før den synker 17. februar. Fire dager etter skyter saliniteten til værs igjen, over 2 ‰. Saliniteten varierer så fram til prosjektslutt. Ved å følge grafen ser man at den er over grenseverdien to ganger og under to ganger, uavhengig av aktivitet i RAS-anlegget.



**Figur 22** Målinger av salinitet i vannet før biofiltrene, gjennom hele prøvetaksperioden. Saliniteten er stabil i store deler av prøvetaksperioden, men i fra midten av februar varierer den noe. Y-aksen representerer salinitetsverdiene i ‰, og x-aksen representerer datoene salinitet ble målt. Linjediagrammet er laget ut ifra salinitets-verdiene i Vedlegg 10.



### 3.4 Middelverdi av verdiene målt før forsøket og under forsøket

Middelverdiene for de seks ulike vannkvalitetsparameterne målt etter biofilter, ble regnet ut for perioden før forsøket og fra dataene samlet inn under forsøket. Ved å se på middelverdiene i Tabell 2 ser man at verdiene er høyest under forsøket, bortsett fra nitritt. Nitritt-verdiene er noe høyere i perioden før forsøket. Differansen mellom middelverdiene for nitritt var 0,12 mg/l, for nitrat 5,14 mg/l, for TAN 0,04 mg/l og for alkalitet 6,63 mg/l. Ved pH og temperatur hadde begge høyere middelverdi under forsøket. Dermed oppnår pH en differanse på 0,43, og temperaturen en differanse på hele 1,67 °C.

*Tabell 2 Middelverdi for vannkvalitetsparameterne nitritt, nitrat, TAN, alkalitet, pH og temperatur målt etter biofilter. Prøvene som ble tatt i perioden (16.10.21-04.01.22) før forsøket ble kun tatt fra etter biofilter, det ble derfor kun regnet ut middelverdi for verdiene målt etter biofilter under forsøket. Tabellen viser også differansen (maks – min) mellom middelverdiene fra før forsøket og under forsøket for hver vannparameter.*

Middelverdi						
	Nitritt (mg/l)	Nitrat (mg/l)	TAN (mg/l)	Alkalitet (mg/l)	pH	Temperatur (°C)
Før forsøket	0,89	42,22	0,68	90,86	7,19	12,33
Under forsøket	0,77	47,36	0,72	97,49	7,62	14,00
Differanse	0,12	5,14	0,04	6,63	0,43	1,67

## 4 Diskusjon

### 4.1 Materiale og metoder

Valget bak metodene og utstyret som ble brukt for å finne ut om de høye nitritt-verdiene hos Osan Settefisk kunne unngås ved høyere vaskehyppighet av biofiltrene, ble gjort sammen med veileder fra bedriften. Dette for å bruke metoder og utstyr som gjorde det mulig for oss å innhente så mye nøyaktig data som mulig for å komme fram til et svar på problemstillingen. Det er avdekket hva som kan være årsaken til de høye nitritt-verdiene som til tider oppstår i yngelavdelingen, ved måling av de ulike vannkvalitetsparameterne og vask av biofilter tatt med i betraktningene. I og med at vi fikk noen feile resultater på grunn av feil bruk av pipette, skulle vi også ha foretatt en risikovurdering sammen med bedriften, før forsøket ble gjennomført.

Analysemetoden som ble benyttet for datainnsamling under hele prøvetakingsperioden, er den samme metoden Osan Settefisk bruker ved analyse av vannprøver. Forskjellen er at det under denne studien ble tatt vannprøver i de tre biofiltrene og før biofiltrene, i tillegg til fra beholderen etter biofilter i avdelingen (Figur 5), som er der de tar vannprøvene sine fra. Ved å ta vannprøver før og etter biofiltrene og i de tre biofiltrene, ble det lettere for oss å se funksjonen til biofiltrene og trender ut ifra grafene. Dette gjorde det mulig å sammenligne verdiene som ble målt for de ulike vannkvalitetsparameterne, noe som vi kommer tilbake til senere. Vi ser nå i ettertid at vi skulle ha tatt prøver de dagene det ble vasket biofilter, da dette ble gjort 5. januar og i flere av grafene skjer det en liten endring rett etter vask.

Analysemetoden av vannprøvene er en tidkrevende prosess som krever nøyaktighet. Gjør man én feil kan det påvirke resultatet og føre til at man må gjøre deler av analysen på nytt. Det er blitt målt feil mengde ved pipettering, som vi allerede vet er en feilkilde ved at det er blitt målt opp for mye i tre perioder av prøvetakingsperioden. Pipetten har blitt brukt feil på 11 prøvetakinger, da stempelet på toppen ble trykt helt ned ved pipettering av vannprøver og kjemikalier. Stempelet skulle kun trykkes ned til det ble litt motstand, for å måle opp riktig mengde, men i stedet ble det målt opp for mye. Dette ser vi har påvirket verdiene for alkalitet og nitrat. Alkalitet-verdiene gir ikke mye mening, da de er høye og varierer en god del i de periodene vi ikke har tatt vannprøvene selv (Figur 18). Nitrat-verdiene er blitt målt til «HI» akkurat på grunn av feil mengde målt ved pipettering, da det ikke skal mye til for å få høye

verdier ved for høy konsentrasjon av vannprøven (Figur 16). Luftbobler under pipettering kan også ha oppstått i de 11 dagene vi ikke tok vannprøvene selv, da pipetteringen ble gjort feil i utgangspunktet.

Noen av dagene var ikke multimeteret som målte pH og temperatur tilgjengelig, noe som er årsaken til at det ble innhentet mindre data av de to vannkvalitetsparameterne.

Vasking av biofilter ble gjort likt som de gjør det på settefiskanlegget, men vi endret på vaskemønsteret deres ved å hoppe over vask av biofilter 1 etter tre uker med prøvetaking. Dette kunne blitt gjort annerledes ved å vaske ett biofilter oftere enn sjeldnere, men ved å vaske ett biofilter sjeldnere i prøvetakingsperioden kunne det lettere gi utslag på de ulike verdiene som ble målt. Ved oppfylling av vann i det vaskede biofilteret kan det være at store deler av det var skittent, noe som kunne ha ført til at verdiene fra vannprøvene i dagene etter vask kunne vært høye og ikke stemt overens med de tidligere prøvene.

## 4.2 Resultater

Ved å se på dataene over nitritt (Figur 15) ser man fort at verdiene er stabile over en lengre periode. Bemerkningen går automatisk til den 17.02.22, da alle verdiene skyter fart oppover. Likevel er det viktig å se på hele perioden fra start for å skape en oversiktlig tolkning av resultatet. For at man skal se en betydelig virkning av biofilmens virkning på nitritt, burde den mørkeblå grafen som beskriver verdiene før biofiltrene ligge høyest. Biofilter 1 ble vasket først av alle og kun én gang gjennom prøvetakingsperioden, den 05.01.22 (Vedlegg 7). Vaskehyppigheten var dermed lavest for dette biofilteret, og man hadde derfor forutsett størst utslag på vannkvalitetsverdiene. Dette er ikke tilfelle da den oransje grafen følger de andre nokså tett gjennom store deler av prøvetakingsperioden. Først den 21.02.22 har den betydelig høyere målinger, men da blir den fulgt av verdiene fra biofilter 3. Biofilter 1 har sin høyeste måling den 23.02.22, og er allerede ved neste måling redusert med 1,5 mg/l. Ingen vasking har påvirket denne endringen, da det var biofilter 3 som ble vasket og de ulike grafene følger fortsatt hverandre.

Biofilter 2 ble vasket dobbelt så mange ganger, altså to vaskeintervaller. Mellom de to intervallene ble det et gap på 19 dager uten vask. Etter begge vaskeintervallene fortsetter

verdiene på en sakte stigning sammen med de andre grafene, og man kan ikke se en momentan endring. Biofilter 3 blir vasket like mange ganger som biofilter 2, men ikke på samme tid. Her ble det et gap med hele 34 dager før biofilteret ble vasket for andre gang. Biofilter 3 har en liten topp før sin første vask, og stabiliseres i etterkant og følger deretter de andre grafene. Den 10.02.22 har biofilteret høyere målinger igjen, og grafen fortsetter den trenden frem til sin høyeste verdi den 23.02.22. Ved måling dagen etter siste vask av biofilter 3, har verdiene oppnådd en drastisk nedgang. Dermed oppnår filteret den største differansemålingen av nitritt gjennom prøvetakningsperioden, og dette samtidig med vaskeintervallet. Dette kan indikere at vasking av biofilter 3 har en virkning, men siden alle grafene har samme verdisvingning blir denne observasjonen av mindre verdi.

Under vaksineringsperioden skjer den store nitritt-økningen, men den går tydelig ned de første tre dagene før de skyter høyt 17.02.22. På åtte dager har verdiene gjennomgått en svingning, som kun er en del av vaksineringsperioden. En kan ikke se en lineær økning av verdier gjennom vaksineringsperioden, og grafen kan ikke gi et tydelig svar på hvorfor toppen på tre dager danner seg. Årsaken til at toppen oppstår er mest sannsynlig på grunn av sulting av fisk samt lite vann i avdelingen grunnet vaksineringsperioden.

Alle grafene overstiger grenseverdien under vaksineringsperioden, og ved å sette den opp mot Figur 22 i samme periode kan man se at tiltak er satt i gang for å skape en balanse. Det er usikkert om en kan forsvare så høye verdier med en økning i saltdosering, med tanke på Mattilsynet sine strenge grenseverdier (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga, Vadstein, 2016). Dersom man ser på de andre vannkvalitetsparametere opp mot nitritt kan man se trender. Ofte har alle målingene høye verdier på samme dato, lave verdier samtidig eller motstridende verdier. For nitritt-verdiene er det bemerkende at salinitet (Figur 22) har samme nedgang før den bygger en topp fra den 17.02.22 til den 21.02.22. Samme tendenser foreligger hos pH under vaksineringsperioden (Figur 21). Under stress er fisken mer sensitiv for nitrittforgiftning, siden den tar opp mer oksidasjon (Fjellheim, 2009). Derfor er det svært ugunstig at verditoppen finner sted her. Det er altså observert topper av nitritt, salinitet og pH under en periode med stress og manuelt arbeid.

Ved å sette målingene fra perioden før nyttår (Figur 9) opp mot målingene fra forsøkets prøveperiode, vil det skape et større vurderingsgrunnlag. Dessuten må man ha i baktanke at resultatene fra den tidligere perioden kun har verdiene fra etter biofiltrene. De uønskede

verdiene fra Figur 9 er bakgrunnen til forsøket, da de ligger høyt over grenseverdi. Dette gjentar seg i forsøket, men ikke på samme tid i prosessen. De høye verdiene fra prøvetakingsperioden er under vaksineringsperioden, og grafen har kun én tydelig topp. Mens de tidligere prøvene har høye verdier dagene før vaksineringen, men stabiliserer seg etter den starter. De høye verdiene er heller ikke et enslig tilfelle, da målingene har varierende verdier før og etter den tydelige toppen. Dette gjør at nitritt-verdiene fra den tidligere perioden i tillegg har en høyere middelerdi (Tabell 2). Nitritt sin middelerdi i den tidligere perioden er den eneste av vannkvalitetsparameterne som måler høyere sammenlignet med denne prøvetakingsperioden (Tabell 2). Dette også kombinert med høyere frekvens av vaskeintervaller (Figur 9). De to forskjellige periodene viser ikke til en parallell trend når man sammenlikner vaskehyppighetens påvirkning på grafene.

En innovativ løsning på problemet med høye nitritt-verdier, er bruk av Razoner i RAS-anlegg for å forbedre vannkvaliteten. Razoner ozon-vannrensere baseres på ozon, og er en todelt prosess. Først fjernes oppløste organiske stoffer ved hjelp av ozon, så pumpes vannet videre til en Razoner-tank som skiller ut mikropartikler, ammonium og nitritt som slam. Ved mye organiske partikler i vannet i et RAS-anlegg, gjør det enklere for giftige nitrater å vokse. Razoner reduserer disse og bidrar til bedre fiskehelse og tilvekst (Normex, 2020). Razoner har vist seg å ha positiv innvirkning på fisken ved at det ikke har blitt påvist negativ effekt på gjellene, noe som høye nitritt-verdier kan føre til (Normex, 2021).

Nitrat-målingene er begrenset, da det finnes store gap mellom de noterte målingene (Figur 16). Her foreligger det en metodefeil, som gjør at målinger over flere datoer har fått verdien 'HI'. Dermed må man tolke verdiene ut ifra den sammenhengende perioden fra oppstart frem til den 19.01.22. Dette er en periode på 15 dager, som inneholder kun to vaskeintervaller. Dette gjør at det er vanskelig å vurdere de få målingene som er tatt under vaksineringsperioden, men man ser en betydelig nedgang fra 21.02.22 til 01.03.22. Det tyder på at det i denne perioden er skiftet ut en god del vann som har fått ned nitrat-verdiene. Dette stemmer overens med Figur 2, som viser til at det er mindre biomasse i avdelingen på grunn av vaksineringsperioden. Biofilter 1 blir som nevnt vasket først, men verdiene blir ikke påvirket og grafen fortsetter å stige sammen med de andre grafene. Biofilter 2 blir vasket ni dager senere, men viser heller ikke til en nedgang i verdier. Dette tyder på at nitrat-verdiene ikke påvirkes av vask av biofilter.

Grafen for biofilter 2 er den mest stabile gjennom perioden, og fortsetter å øke mot en topp uavhengig av vaskeintervallet som foreligger. Det finnes ikke sikre målinger for biofilter 3 etter et vaskeintervall, men det er nettopp denne grafen som danner en liten topp den 09.01.22. Det har vært mer naturlig om denne toppen oppsto senere i perioden. CO<sub>2</sub>-verdiene viser til en lignende topp, men ikke som utfordrer grenseverdiene (Figur 19). Økningen som begynner å danne seg kan man se hos de andre vannkvalitetsparameterne også. Dersom man ser på alkalitet (Figur 18), temperatur (Figur 20) og salinitet (Figur 22) rundt den 19.01.22, er det tydelig at alle har en betydelig økning. Denne økningen har ingen klar årsak, da det eneste som foregår er vasking av kun et biofilter alene. Ved å se på resultatene fra TAN-målingene (Figur 17), kan man se at de likner på nitrat-grafene. Dette skyldes nitrifikasjonsprosessen som foregår i et biofilter, og gjør TAN om til nitrat (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga, Vadstein, 2016). Dermed bekrefter resultatene fra de to nevnte vannkvalitetsparameterne at biofiltrene er funksjonelle.

Dersom man sammenligner nitrat-verdiene opp mot målingene som ble tatt fra oktober til januar, ser man ingen likheter da det i Figur 10 er store svingninger før vaksineringsperioden. Ved å sette de tidligere dataene over nitrat (Figur 10) og TAN (Figur 11) opp mot hverandre, ser man at de er mer like. Da de begge har variasjoner i verdier før vaksineringsperioden og stabiliserer seg i etterkant.

Hos TAN kan man se en tydelig virkning av biofiltrene, ved å sammenlikne grafene i Figur 17. Dette ved at verdiene før biofilter er betydelig høyere enn resten, og viser at målingene har en nedgang som følge av nitrifikasjonsprosessen i et biofilter. Ved selve vaskingen av biofiltrene ser man derimot ikke samme virkning. Alle tre biofiltrene blir vasket før toppen som danner seg den 24.01.22, men frem til denne datoen har ingen av grafene hatt en fallende kurve etter sin vask. Nedgangen den 24.01.22 er ikke et utfall av et vaskeintervall, men har den samme uforklarlige kurven som hos andre vannkvalitetsparametere. Toppen oppsto ved første vannprøven som vi ikke tok selv, og kan da være av at det ble målt feil ved pipettering. Nedgangen starter også når vannprøvene blir analysert feil, noe som kan være av betydning. Etter den andre vaskeintervallen av biofilter 2 oppstår det en mindre økning, før den fortsetter å falle med de resterende grafene. Biofilter 3 har allerede nådd sin laveste måling før dens andre vaskeintervall, i motsetning til de andre grafene som fortsetter å synke. Ved det siste vaskeintervallet er biofilter 3 allerede i ferd med å stige, og blir ikke påvirket av vasken.

21.02.22 synker verdiene mer, noe som kan komme av at vannet i avdelingen fortynnes på grunn av vaksinerings og tømning av kar.

TAN skiller seg ut fra de andre vannkvalitetsparametere under vaksineringsperioden, da grafene ikke danner flere topper. Under denne perioden blir de laveste verdiene målt, som ikke står i stil med de høye nitritt-verdiene. Tiltak for overstigning av grenseverdien vil være regulering av fôring og pH (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga, Vadstein, 2016). Dette forklarer den parallelle økningen av fôrforbruket i slutten av januar (Figur 3). Man kan også observere at når TAN reduseres den 28.01.22, så avtar også fôrforbruket. Siden TAN kun er giftig da den oppstår i den uioniserte formen av  $\text{NH}_3$ , kan man måle pH-verdien i vannet for å se om TAN-verdiene er giftige for fisken (Fjellheim, 2009). Dette er ikke en indikator som vurderes som stabil, da pH-verdiene er høye og ustabile gjennom hele prøvetakingsperioden (Figur 21).

Ved å sammenligne resultatene av TAN med perioden før nyttår (Figur 11), ser man fort at prøvetakingsperioden har ganske jevne målinger. Figur 11 viser en periode der TAN-verdiene har høye differanser over korte intervaller, som kan indikere at dagene før vaksineringsperioden hadde biofilter med nedsatt nitrifikasjonsprosess. Verdiene fra begge periodene etter et vaskeintervall går ikke bestemt ned.

Alkalitet-resultatene er de målingene som viser til størst variasjon gjennom prøvetakingsperioden (Figur 18). Dette ser man også tendenser til under alkalitet-verdiene målt under perioden før januar (Figur 12). Gjennom dialog med Osan Settefisk har det kommet frem at de høye verditoppene ikke kan stemme, da de er så høyt over den bestemte grenseverdien. Dette er synd da alkalitet-verdiene skal indikere vannets bufferevne. Dersom det er for høye alkalitet-verdier kan det føre til utfordringer hos biofilterets nitrifikasjonsprosess (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga, Vadstein, 2016). Det finnes heller ingen oversikt av eventuelle tilsatte buffere ved ønsket regulering av alkalitet. Ved en slik oversikt (kalk, bikarbonat og  $\text{CO}_2$ -lufting) kunne man kanskje forstå de høye alkalitet-verdiene, som bare antas å være en feilkilde. Det som er verdt å bemerke seg er at biofilter 1 er fra start på vei ned før vaskeintervallet. Verdiene fortsetter ikke å synke, men stabiliserer seg heller med de andre grafene. Den 07.01.22 danner det seg en topp etter biofiltrene, som skiller seg ut fra resten. Denne økningen dannes ikke som en konsekvens av andre vannkvalitetsparametere, og heller ikke ved en overstigning av grenseverdier i egne biofilter.

Under vaksineringsperioden er det også målt alt for høye verdier, helt opp til 170 mg/l som reduseres kraftig de ni neste dagene. Grunnen er at når det nærmer seg full avdeling er det stor CO<sub>2</sub>-produksjon, og dette ser man ved å sammenligne de høyeste toppene i Figur 2 og Figur 19. CO<sub>2</sub>-blåserne lufter ut noe, men en del blir igjen og medfører lave pH-verdier. Det doseres da kalk som hever pH, men gir høyere alkalitet. Disse svingningene i alkalitet-verdier kan forstyrre effektiviteten på bakteriene, og de overstigende verdiene kan påvirke fisken negativt (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga, Vadstein, 2016).

Målingene for pH er kun tatt før og etter biofiltrene (Figur 21), men fra samme periode som de andre vannverdi-parameterne. Målingene tatt før biofiltrene starter med gode verdier, men beveger seg fort over grenseverdien og greier aldri å stabilisere seg igjen i løpet av perioden. pH-verdien etter biofiltrene er målt over grenseverdien fra start, men greier å komme på riktig side etter fire dager. Ved denne nedgangen blir biofilter 1 vasket. Dessuten danner denne grafen topper før den synker ved flere tilfeller, uten at den har gjennomgått et vaskeintervall. Disse svingningene kan ødelegge effektiviteten på bakteriene. Begge grafene ender opp høyt over grenseverdien under vaksineringsperioden, men i motsetning til de andre vannkvalitetsparameterne har de ikke en kraftig nedgang. Begge grafene endrer verdi uavhengig av hvilket biofilter som blir vasket og dens hyppighet, med et unntak som tidligere nevnt.

pH-verdiene fra den tidligere perioden er ikke like høye over tid (Figur 13). Denne grafen har også verdier over grenseverdien, men de er ikke langvarige som ved prøvetakingsperioden. Den tidligere perioden har ikke målinger av CO<sub>2</sub>, som kan vise til bakgrunnen for de høye trendene. Ved vaskeintervallene har heller ikke verdiene her en bestemt nedgang.

CO<sub>2</sub>-verdiene er ikke optimale, da de overstiger grenseverdien. Verdiene har derimot et kritisk område, dersom de ligger på 20-100 mg/l (Attramadal, Fjellheim, Hess-Erga og Vadstein, 2016). Ved så høye verdier ville vannet vært giftig, da fisken ikke greier å kvitte seg med CO<sub>2</sub> (Nofitech, 2022). CO<sub>2</sub>-lufterne opererer automatisk ved høye verdier, og man kan se at de har gjort en betydelig jobb. Dette kan man se da verdiene blir raskt regulert ned, og at det ikke befinner seg langvarige topper. CO<sub>2</sub>-verdiene er kun målt før biofiltrene, og er ikke tatt gjennom hele prøvetakingsperioden (Figur 19). Kun ved vask av biofilter 1 har verdiene en effektiv nedgang. Dersom man ser videre på grafens verdier er det lite som indikerer på at den varierende verdien skyldes vaskeintervallet.



Salinitet doseres automatisk, og justerer seg etter vannets behov. Ved observasjoner er det ingenting som indikerer at salinitetspromillen blir regulert av biofilterets vaskehyppighet. Saltdoseringen øker i samme periode som nitritt-verdiene, som kan vise til at det er gjort tiltak ved dosering for at andre vannkvalitetsparametere kan øke (Davidson, Good, Summerfelt, Williams, 2017). De høye verdiene oppstår under vaksineringsperioden og biomassetoppen den 09.02.22 (Figur 2), noe som gjør at biofiltrene presses. Målingene er over grenseverdien gitt av Mattilsynet (Nofitech, 2022), og egne grenseverdier ved de høyeste målingene (Vedlegg 1). Dette er akseptabelt for noen RAS-anlegg for laks (Kumar, Preena, Singh, 2020), men er på ingen måte en anbefaling. Svingningene under vaksineringsperioden skyldes mye vannutskiftning eller at promillen er blitt justert på.

Temperaturen for avdelingen er høyere enn hva den burde ligge på i store deler av prøvetakingsperioden (Figur 20). De to grafene gir nokså like verdier jevnt over, med unntak av noen få målinger. Ved to anledninger er verdiene opp under 16,8 °C, målt adskilt ved før og etter biofilter. Dette er en parameter som er enkel å justere, og skal gå automatisk etter behov (Vedlegg 1). Dersom man sammenlikner temperaturen med den tidligere perioden (Figur 11), ser man fort at de er lavere med en differanse på 0,77 °C (Tabell 2). Begge grafene av temperatur er på sitt laveste under og rett etter vaksineringsperioden. Dette er mest trolig justert i et forsøk på å dempe stressnivået til fisken, da man har kunnskap om at nitritt verdiene øker under varme forhold (Blancheton, Chen og Ling, 2006).

#### 4.3 Implikasjoner til videre arbeid

Denne studien ble gjennomført på åtte uker og tre dager grunnet tidsbegrensning. Ved videre arbeid kunne det blitt tatt flere prøvetakinger over en lengre periode i samme avdeling og i andre avdelinger, for å sammenligne data og tydeliggjøre trender. Hos Osan Settefisk kunne det blant annet blitt tatt prøver i startfôringsavdelingen og smoltavdelingen i tillegg til i yngelavdelingen. Vi kunne også ha gjennomført studien på andre settefiskanlegg med RAS i tillegg, for å se om det er store forskjeller i verdier for de ulike vannkvalitetsparametere. Til videre arbeid burde det noteres ned verdier på hvor mye av buffere som tilsettes, hvor mye spede vann som brukes og når CO<sub>2</sub>-lufferne er i gang, da det er av betydning og det er mangel på det i denne oppgaven.

## 5 Konklusjon

Ved å tolke resultatene etter forsøket kan man se at verdiene følger hverandre der de blir påvirket av nitrifikasjonsprosessen. TAN-verdiene bekrefter at biofiltrene fungerer, og at det foregår en nitrifikasjonsprosess i vannmengden. Etter å ha tatt vannprøver og studert et biofilter over tid, ser man at nitritt-verdiene blir påvirket av både interne og eksterne faktorer, og det er dermed mye å ta hensyn til for å oppnå optimale verdier. Vaskehypighet av biofilter er en av de interne faktorene, og over en lengre periode har intervallene blitt bestemt i håp om å gi tydelige utfall. Å hoppe over vask av biofilter 1 har ikke gitt utslag på noen av vannkvalitetsparameterne, og det viser seg at vaskehypigheten ikke er problemet til at høye nitritt-verdier oppstår. I dette forsøket har det også blitt tatt hensyn til at andre parametere kan ha en større påvirkning, og de er derfor en del av vurderingsgrunnlaget da biofiltrene reagerer på noe annet. Det er helt klart at nitritt-toppen er en konsekvens av flere faktorer, og en bredere oversikt er nødvendig for å gi en bestemt forklaring. Forsøket mangler bl.a. data for buffere, ozon og spedevann, som burde undersøkes ved videre forskning. Tiltak å anbefale til bedriften er å registrere bruk av spedevann. Under vaksineringsperioden er fisken utsatt for stress og sult, og det er nettopp da nitritt-verdiene skyter fart. Dette er resultater som burde bli tatt lærdom av, og kanskje skal det gjøres en vurdering om man skal endre eller opprette strengere tiltak under denne perioden.

## 6 Referanseliste

Attramadal, K., Fjellheim, A.J., Hess-Erga, O.K., Vadstein, Olav. (2016) Resirkulering av vann i settefiskproduksjon. Bakgrunnshefte til kurs i resirkuleringsteknologi for settefiskproduksjon. Utgave 2. Tilgjengelig fra: [7127-2017 - RAS veileder norsk.pdf\(Shared\)-Adobe cloud storage](#) (Hentet: 04. april 2022).

Chen, S., Blancheton, J.P., Ling, J. (2006) Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering*. Volume 34, Issue 3, pp. 179-197. Tilgjengelig fra: [Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors - ScienceDirect](#) (Hentet: 04. april 2022).

Davidson, J., Good, C., Summerfelt, S.T., Williams, C. (2017) *Evaluating the chronic effects of nitrate on the health and performance of post-smolt Atlantic salmon *Salmo solar* in freshwater recirculation aquaculture systems*. *Aquacultural Engineering*. Tilgjengelig fra: [Davidson et al 2017 \(1\).pdf\(Shared\)- Adobe cloud storage](#) (Hentet: 04. april 2022).

Emparanza, E.J.M. (2009) *Problems affecting nitrification in commercial RAS with fixed-bed biofilters for salmonids Chile*. *Aquacultural Engineering* 41, pp. 91-96. Tilgjengelig fra: [doi:10.1016/j.aquaeng.2009.06.010 \(sharepoint.com\)](#) (Hentet: 04. april 2022).

Fjellheim, A.J. (2009) *Vannkvalitet i et kommersielt resirkuleringsanlegg for laks*. Innsendte artikler. Tilgjengelig fra: [VANNFORENINGEN.pdf \(sharepoint.com\)](#) (Hentet: 04. april 2022).

Kroupova, H., Machova, J., Svobodova, Z. (2005) *Nitrite influence on fish: a review*. Review Article 50, pp. 461-471. Tilgjengelig fra: [Kroupova et al 2005 Nitrite paper \(1\).pdf\(Shared\)-Adobe cloud storage](#) (Hentet: 04. april 2022).

Kumar, V.J.R., Preena, P.G., Singh, I.S.B. (2020) *Nitrification and denitrification in recirculating aquaculture systems: the processes and players*. *Reviews in Aquaculture*, 1-23. Tilgjengelig fra: [Preena et al 2020 Nitrification \(1\).pdf\(Shared\)- Adobe cloud storage](#) (Hentet: 04. april 2022).

Xylem Analytics (2021) *Multi 3510 IDS, DIGITAL METER FOR DIGITAL IDS SENSORS (pH/ORP/D.O/COND)* Tilgjengelig fra: [https://www.xylemanalytics.com/File%20Library/Resource%20Library/WTW/01%20Manual/s/ba77160e07\\_3510\\_Multi\\_IDS.pdf](https://www.xylemanalytics.com/File%20Library/Resource%20Library/WTW/01%20Manual/s/ba77160e07_3510_Multi_IDS.pdf) (Hentet den: 20. april 2022).

Nilfisk (2022) *MC 3C-170/820 XT*. Tilgjengelig fra: [https://www.nilfisk.com/nb-no/produkter/hoeytrykksvaskere/mobile-hoeytrykksvaskere/mobile-kaldtvannsvaskere/kompakt/mc-3c-170820-xt/p\\_107146385/?fbclid=IwAR2jv14i7CDnpwtOE11FWBzUeorXDmbQkTkfebNPCyW1jAAMqhXyS28BLlc](https://www.nilfisk.com/nb-no/produkter/hoeytrykksvaskere/mobile-hoeytrykksvaskere/mobile-kaldtvannsvaskere/kompakt/mc-3c-170820-xt/p_107146385/?fbclid=IwAR2jv14i7CDnpwtOE11FWBzUeorXDmbQkTkfebNPCyW1jAAMqhXyS28BLlc) (Hentet: 20. april 2022).

Nofitech (2022) *Biofilter*. Tilgjengelig fra: <https://customer.nofitech.com/manual/manual/del-1-bakgrunn/hovedtrekkene-i-vannbehandlingsprosessen/biofilter/> (Hentet: 05. april 2022).

Nofitech (2022) *CO<sub>2</sub>-gass og karbonsystemet*. Tilgjengelig fra: [CO<sub>2</sub>-gass og karbonatsystemet – Nofitech](#) (Hentet: 04. april 2022).

Nofitech (2022) *Mekanisk filtrering*. Tilgjengelig fra: <https://customer.nofitech.com/manual/manual/del-1-bakgrunn/hovedtrekkene-i-vannbehandlingsprosessen/mekanisk-filtrering/> (Hentet: 05. april 2022).

Nofitech (2022) *Nitritt*. Tilgjengelig fra: [Nitritt – Nofitech](#) (Hentet: 04. april 2022).

Normex (2020) *Razone*. Tilgjengelig fra: <https://normex.no/produkter/razone/> (Hentet: 19. februar 2022).

Normex (2021) *Signifikant bedre vannkvalitet med Razone i RAS-anlegg*. Tilgjengelig fra: <https://normex.no/signifikant-bedre-vannkvalitet-med-razone-i-ras-anlegg/> (Hentet: 17. februar 2022).

NTNU Ålesund, IBA (2018) *Innføring i kjemi*. s. 11, 13-14.

OxyGuard International A/S (2020) *The OxyGuard CO<sub>2</sub> Probe*. Tilgjengelig fra: <https://www.oxyguard.dk/media/of515nyp/g10ps-the-oxyguard-co2-probe-gb-2020->

[09.pdf?fbclid=IwAR3QJDoGGdZHWTN8O50hvjRw4kaN783XBaLdUA1CE9VC620PhiYaHbJWivA](#) (Hentet: 20. april 2022).

OxyGuard International A/S (2020) *OxyGuard CO<sub>2</sub>, Direct Measurement of Dissolved Carbon Dioxide*. Tilgjengelig fra: <https://pdf.nauticexpo.com/pdf/oxyguard-international-s/oxyguard-co2/45152-114047.html?fbclid=IwAR1ifw1BJmsqjJ1pqeGi9iwXgbwRibWFAfjT3gD7sBDRR4yB9XgKBh7jLZ0> (Hentet: 20. april 2022).

OxyGuard International A/S (2013) *OxyGuard Salinity Probe*. Tilgjengelig fra: <https://www.oxyguard.dk/media/mdlmxxg1/i01-salinity-probe-brochure-gb-201311.pdf?fbclid=IwAR32oHGcc-lhlm28LBt5RQg9cB4DANT34Ce2zlFMfsD9fI3a9l6BYBuTSNg> (Hentet: 20. april 2022).

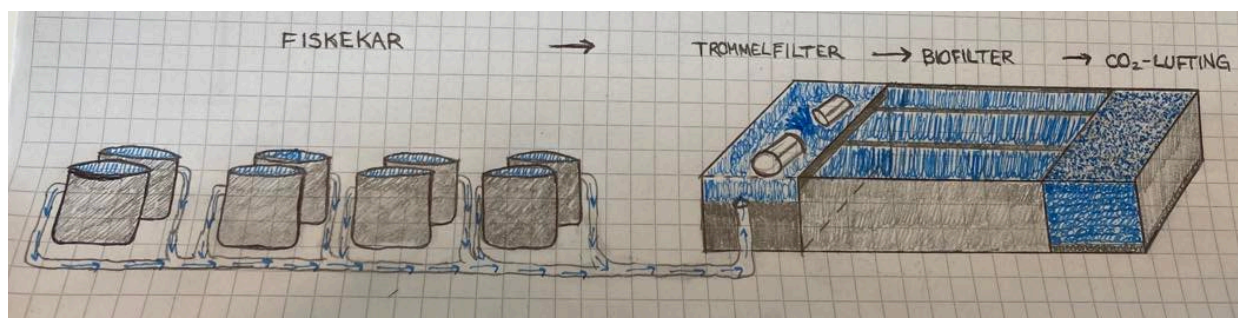
Xylem Analytics (2017) *SenTix 950/980/Micro 900 (-P) pH ELECTRODE WITH LIQUID ELECTROLYTE*. Tilgjengelig fra: [https://www.xylemanalytics.com/File%20Library/Resource%20Library/WTW/01%20Manuals/ba75843e04\\_Sentix-950-980-Mic.pdf](https://www.xylemanalytics.com/File%20Library/Resource%20Library/WTW/01%20Manuals/ba75843e04_Sentix-950-980-Mic.pdf) (Hentet: 20. april 2022).

## Vedlegg

### Vedlegg 1 Grenseverdier og tiltak for de ulike vannkvalitetsparameterne.

Vannkvalitetsparameter	Grenseverdi	Tiltak
Salinitet	1-2 ‰	Justere salt dosering og sjekke salttank.
Oksygen	80-100%	Autodoseringen starter på 85% og nødoksygenet starter på 80%.
Temperatur	Klekkeri: < 8°C. Startfôring, Yngel og Smolt: 12°C.	Temperaturen heves i klekkeriet dagene før de flyttes til startfôring og senkes i smoltavdelingen før levering.
TAN	< 2 mg/l	Høyt nivå: Sjekk andel giftig ammoniakk i kalkulatoren i brukermanualen på Nofitech ( <a href="https://customer.nofitech.com/profile/login/">https://customer.nofitech.com/profile/login/</a> ).
Nitritt	< 0,100 mg/l Eller Opptil 2 mg/l dersom det er 1 ‰ salinitet.	Høyt nivå: Pass på at salt doseringen går.
Nitrat	75-100 mg/l	Høyt nivå: Justere på mer spede vann dersom nitrat er over 75 mg/l.
pH	7,2-7,4	Justere kalk dosering, evt. bikarbonat, og CO <sub>2</sub> -lufting.
Karbondioksid (CO <sub>2</sub> )	< 15 mg/l	Starter CO <sub>2</sub> -lufter ved 8 mg/l CO <sub>2</sub> i startfôringen.
Alkalitet	50-100 mg/l	Lavt nivå: Justere opp doseringen av kalk, evt. bikarbonat. Høyt nivå: Start CO <sub>2</sub> -lufting dersom CO <sub>2</sub> er > 6 mg/l. Justere kalk dosering, evt. bikarbonat.
Turbiditet	2-3	Dersom verdien blir under 3, reduser ozonering. Dersom turbiditeten er over 3, øk ozoneringen.

Vedlegg 2 Skisse over vannets gang i yngelavdelingen.



## Vedlegg 3 Beskrivelse for gjennomføring av alkalitet-test.

### Alkalitet-test

1. Pipettere 4,0 ml av **Alkalitet 1** (AC-1) til et tilhørende reagensglass med QR-kode (AC).  
(4,0 ml = 4000 µl. Bruk rød pipette. Still pipetten ved å føre den lille grå hetten over vinduet opp og skru på basen av toppen til rett verdi vises i vinduet. Senk den lille grå hetten igjen for å låse verdien.)

4000 µl



Reagensglass (AC)



2. Pipettere og tilsette 1,0 ml av **vannprøven**.  
(1,0 ml = 1000 µl. Bruk grå pipette.)

1000 µl



3. Sett på korken og bland godt.
4. Pipetter og tilsett 0,5 ml av **Alkalitet 2** (AC-2).  
(0,5 ml = 500 µl. Bruk grå pipette.)

500 µl



5. Sett på korken og bland godt.
6. Sett reagensglasset i spektrofotometeret med QR-kodene vendt mot deg, og guideprikken på spektrofotometeret mellom de to svarte strekene mot toppen av glasset. Den leser av automatisk at den skal måle alkalitet. Plasser QR-koden vendt mot deg.
7. Etter at analysen er gjennomført skal kjemikaliene helles i merket beholder, og reagensglasset vaskes godt med batterivann som også samles i samme beholder.
8. Før verdiene inn i skjema og Fishtalk, sammen med temperatur og pH.

Dersom du blir spurt om «Nulltest»:

Plasser reagensglasset «Zero cell» (nullprøve) i spektrofotometeret. Den kjører automatisk testen.





## Vedlegg 4 Beskrivelse for gjennomføring av nitrat-test

Ferdig-kit, gule merker

### Nitrat-test

1. Pipettere 1,0 ml av **Nitrat 1** ( $\text{NO}_3\text{-1K}$ ) til et tilhørende reagensglass med QR-kode  $\text{NO}_3^-$ .  
(1,0 ml = 1000  $\mu\text{l}$ . Bruk grå pipette.)

1000  $\mu\text{l}$



Reagensglass ( $\text{NO}_3^-$ )



2. Pipettere og tilsette 0,1 ml av **vannprøven** til reagensglasset.  
(0,1 ml = 100  $\mu\text{l}$ . Bruk grå pipette. Still pipetten ved å føre den lille grå hetten over vinduet og skru på basen av toppen til rett verdi vises i vinduet. Senk den lille grå hetten igjen for å låse verdien.)

100  $\mu\text{l}$



3. Sett på korken og bland godt. Prøven blir **varm**.
4. Prøven skal stå i 5 minutter. Sett på klokken. Mål deretter prøven umiddelbart.
5. Sett reagensglasset i spektrofotometeret med QR-koden vendt mot deg, og guideprikken på spektrofotometeret mellom de to svarte strekene mot toppen av glasset. Den leser av automatisk at den skal måle nitrat.
6. Etter analysen skal reagensglasset legges med innhold og stengt kork i merket beholder.
7. Før verdiene inn i skjema og Fishtalk, sammen med temperatur og pH.

Dersom du blir spurt om «Nulltest»:

Plasser reagensglasset «Zero cell» (nullprøve) i spektrofotometeret. Den kjører automatisk testen.



## Vedlegg 5 Beskrivelse for gjennomføring av nitritt-test

### Nitritt-test

1. Pipettere 5,0 ml av **vannprøven** til et rent reagensglass.  
(5,0 ml = 5000 µl. Bruk rød pipette. Still pipetten ved å føre den lille grå hetten over vinduet opp og skru på basen av toppen til rett verdi vises i vinduet. Senk den lille grå hetten igjen for å låse verdien.)

5000 µl



Reagensglass



2. Tilsett 1 måleskje av **Nitritt 1** ( $\text{NO}_2^-$ ). Skjeen er i lokket. Stryk av en full skje og tilsett.
3. Sett på korken og bland prøven til pulveret er oppløst.
4. Sjekk med en pH-strips at prøven nå ligger på 2,0-2,5 i pH.
5. Prøven skal stå i 10 minutter pga. reaksjonstid. Sett på klokken.
6. Åpne lokket på spektrofotometeret. Velg metode ved å sette AutoSelector for Nitritt ( $\text{NO}_2^-$ ) i spektrofotometeret der reagensglasset normalt står. AutoSelector er det svarte «reagensglasset» i plast med QR-kode.

AutoSelector ( $\text{NO}_2^-$ )



7. Overfør prøven fra reagensglasset til den minste firkantede, kyvetten (10-mm). Sett den firkantede kyvetten i spektrofotometeret med den frostede siden mot deg. Prøv å hold de blanke sidene rene og tørre, bruk linsepapir dersom det er nødvendig.

Kyvette



Kyvette og AutoSelector i spektrofotometeret



8. Etter at analysen er gjennomført skal kjemikaliene helles i merket beholder og reagensglasset og kyvetten vaskes godt med batterivann som også samles i samme beholder.
9. Før verdiene inn i skjema og Fishtalk, sammen med temperatur og pH.

Der som du blir spurt om «Nulltest»:

Fyll den firkantede kyvetten du skal bruke med batterivann, sørg for at de blanke sidene på kyvetten er rene, og sett den i spektrofotometeret. Kjør testen.



## Vedlegg 6 Beskrivelse for gjennomføring av TAN-test

### TAN-test (Ammonium)

1. Pipettere 5,0 ml av **vannprøven** til et rent reagensglass.

(5,0 ml = 5000 µl. Bruk rød pipette. Still pipetten ved å føre den lille grå hetten over vinduet opp og skru på basen av toppen til rett verdi vises i vinduet. Senk den lille grå hetten igjen for å låse verdien.)



2. Pipettere og tilsett 0,6 ml av **TAN 1** (NH<sub>4</sub>-1).

(0,6 ml = 600 µl. Bruk grå pipette. Still pipetten ved å føre den lille grå hetten over vinduet opp og skru på basen av toppen til rett verdi vises i vinduet. Senk den lille grå hetten igjen for å låse verdien.)



3. Sett på korken og bland godt.
4. Tilsett 1 mikroskje av **TAN 2** (NH<sub>4</sub>-2). Skjeen er i lokket. Stryk av en full skje og tilsett.
5. Sett på korken og bland godt.
6. Prøven skal stå i 5 minutter pga. reaksjonstid. Sett på klokken.
7. Tilsett 4 dråper av **TAN 3** (NH<sub>4</sub>-3).
8. Sett på korken og bland godt.
9. Prøven skal stå i 5 minutter pga. reaksjonstid. Sett på klokken.
10. Åpne lokket på spektrofotometeret. Velg metode ved å sette AutoSelector for TAN (ammonium, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) i spektrofotometeret der reagensglasset normalt står. AutoSelector er det svarte «reagensglasset» i plast med QR-kode.

AutoSelector (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)



Kyvette og AutoSelector i spektrofotometeret



11. Overfør prøven fra reagensglasset til den minste firkantede kyvetten (10-mm). Sett den firkantede kyvetten i spektrofotometeret med den frostede siden mot deg. Prøv å hold de blanke sidene rene og tørre, bruk linsepapir dersom det er nødvendig.

Kyvette



12. Etter at analysen er gjennomført skal kjemikaliene helles i merket beholder, og reagensglasset og kyvetten vaskes godt med batterivann som også samles i samme beholder.
13. Før verdiene inn i skjema og Fishtalk, sammen med temperatur og pH.

Dersom du blir spurt om «Nulltest»:

Fyll den firkantede kyvetten du skal bruke med batterivann, sørg for at de blanke sidene på kyvetten er rene og sett den i spektrofotometeret. Kjør testen.




## Vedlegg 7 Oversikt over når biofiltrene ble vasket og når vannprøvene ble tatt.

Metode/Dato	UKE 1					UKE 2				UKE 3		
	4. jan (oppstart)	05.jan	06.jan	07.jan	09.jan	11.jan	13.jan	14.jan	15.jan	19.jan	20.jan	21.jan
PRØVETAKING	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X
VASK AV BIOFILTER		Vask BF1						Vask BF2			Vask BF3	

UKE 4		UKE 5			UKE 6		UKE 7		UKE 8				UKE 9	
24.jan	28.jan	31.jan	02.feb	03.feb	07.feb	10.feb	14.feb	17.feb	21.feb	23.feb	24.feb	25.feb	01.mar	04.mar
X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X
				Vask BF2							Vask BF3			

## Vedlegg 8 Instruks for vasking av biofilter i RAS 2 (yngelavdelingen)



**OSAN SETTEFISK AS**

Dokument nr.: 5.5.8a

Dokument navn: Instruks for vask av biofilter i RAS 2

Antall sider:

Utarbeidet av: S.O.Øren, E. Skarstad

Erstatter dokument:

Godkjent av: Svein Oluf Øren

Revisjon dato: 17.12.2021

Godkjent dato: 17.12.2020

### Instruks for vasking av biofilter i RAS 2

**Denne instruksjonen gjelder for det biofilteret som skal vaskes. Ventilene, vanntilførsel o.l. skal kun åpnes på det filteret.**

- Sett spyling av hydrotechfilter i manuell
- Steng innløpsluker i bunn av innløpskanal. (Framras)
- Sjekk at overløpsluker er stengt. (framras)
- Steng ventil SC1 og SC2 (SAC-pumpe) (bakras)
- Steng ventil AE1 (aeration) (bakras)
- Steng bypassventil AE2 (aeration og cleaningblower) (Bakras)
- Steng luker inn til CO2-sump (bakras)
- Pump ut vann av det aktuelle biofilteret med slamtappepumper, pump ut så mye at det blir avstand mellom biologemene og risten øverst på biofilteret (ca 20 cm). Steng pumpene.
- Åpne en av de to ventilene for cleaning-air. CA1, CA2, (bakras).
- Sjekk at det er olje på cleaningblower, deretter starter du cleaningblower. Knappene for dette er plassert ved blåserne. Hvis den ikke starter, må den startes på pc/pad.
- Bytt mellom de to cleaning-airventilene (CA1 og CA2) hvert 15. min
- Kjør slik i 2 timer og vask bort groe på overflater samtidig.
- Åpne begge ventilene for cleaning-air, CA1 og CA2.
- Se til at det er åpent for nytt vann (fresh water) inn på ringledning på RAS, evt bytte. (På siden av rasen, ved vakuutanken)
- Åpne ventil FV1 for å få i gang toppvannet i biofilteret, åpne et par hakk, åpner du mer fyller du biofilteret med vann. (bakras)
- Åpne slamtappeventilene til biofilteret, og slamtapp med begge slamtappepumpene for å få ut skittent vann.
- La dette stå slik ca 30 min, sjekk fargen på vannet i røret fra slampumpene. La det stå lengre om det fremdeles er skittent.
- Fyll opp filteret med overløpsluker. (framras)

VI UTVIKLER KYSTENS VERDIER

- Steng cleaningblower, og steng CA1 og CA2.
- Tapp ned igjen med slampumpene, 30 min
- Bytt vann minimum 2 ganger (fyll opp, tapp i 30 min, fyll opp, tapp i 30 min)
- Steng FV1, og evt bytt tilbake på ringledningen.
- Fyll opp biofilteret med overløpslukene (framras)
- Lukk overløpslukene når biofilteret er fullt
- Åpne lukene inn til CO2-lufter (bakras)
- Åpne SC1 og SC2(bakras)
- Åpne AE1 til det kommer ca like mye bobler på alle filtrene. (bakras)
- AE2 åpnes tilbake til opprinnelig åpning, ca to hakk. (bakras)
- Åpne innløpslukene fra innløpskanal inn til biofilter, åpne ca halvveis, 40 runder. (framras)
- Åpne sakte for å sjekke at det ikke kommer mye brunt vann opp i biofilteret. Skjer det må det skylles mer før man kan sette biofilteret i drift.
- Sett spyling av hydrotechfilter i auto igjen, dersom RASen er stabil (er vannet veldig skittent må det spyles lengre, og evt øke ozonering).

Vedlegg 9 Tabell over tidligere data hentet fra registreringsperm.

pH	Temperatur (grader)	Nitritt (mg/l)	Nitrat (mg/l)	TAN (mg/l)	Alkalitet (mg/l)	Dato
7,15	13,6	0,304	54	0,57	133,5	16.okt
		0,51	56	0,82	79,2	18.10.2021
6,92	13,5	0,61	57	0,81	93,4	20.10.2021
6,97	13,4	0,53	60	0,76	120	22.10.2021
		HI		0,98	127,9	25.10.2021
7,01	12,9	1	68		101,9	26.10.2021
7,11	12,7	1,08	58	1,03	105,5	27.10.2021
7,16	13,4	1	52	0,91	102,7	28.10.2021
		0,99	127	1,44	168	29.10.2021
		1,09	26	0,45	211	30.10.2021
		1,2	HI	1,01	209	31.10.2021
7,15	13,3	1,24	44	0,9	134,3	01.11.2021
7,17	14,5	0,82	53	0,4	136,7	02.11.2021
7,11	14,7	1,64	66	1,21	130	03.11.2021
7,2	15	2,4	84	1,38	139,7	04.11.2021
7,11	13,2	1,7	67	1,12	140,2	05.11.2021
	11,9	0,53	51,3	0,57	97,3	06.11.2021
7,18	11,3	1,66	42,1	1,64	86,1	07.11.2021
7,07	10,9	0,8	42	1,13	76,5	08.11.2021
		0,966	39,2	0,8	110,7	09.11.2021
7,25	12,4	0,57	40	0,78	144,8	11.11.2021
7,11	12	0,82	42	0,79	167,9	12.11.2021
7,17	12,1	0,86	45,4	0,79	155,3	13.11.2021
7,13	12,9	0,7	46	0,66	127,7	15.11.2021
7,04	11,4	0,71	44	0,66	102,4	17.11.2021
7,12	11	0,65	35	0,98	83,4	19.nov
		0,47	29	0,66	88,4	21.11.2021
7,09	11,3	0,288	25,4	0,44	105,1	24.11.2021
6,85	12,4	0,31	27	0,65	65,4	26.11.2021
7,5	12,6	0,22	23,8	0,45	73,4	28.11.2021
		0,25	31	0,36	80,1	30.11.2021

6,91	9,3	0,19	23	0,28	61,1	02.12.2021
		0,1		0,05	31,1	03.12.2021
7,25	9,9	0,1	11,6	0,29	94,3	04.12.2021
7,26	10,2	0,01	11,2	0,06	64,7	05.12.2021
7,34	11,2	0,09	14	0,22	54,9	06.12.2021
7,17	10,6	0,142	14,3	0,41	37,6	07.12.2021
7,63	11,7	0,25	17	0,62	57,9	08.12.2021
7,31	12,1	0,04	19	0,39	20,7	10.12.2021
7,29	12,4				23,7	11.12.2021
7,25	12,4	0,04	22	0,45	45,1	12.12.2021
7,26	12,6				33,3	13.12.2021
7,32	12,9	0,19	28	0,48	51,6	14.12.2021
7,41	12,1				51,4	15.12.2021
7,35	12	0,14	30	0,48	56,7	16.12.2021
7,33	12				52,2	17.12.2021
7,39	12	0,18	39	0,5	51,4	18.12.2021
7,5	12	0,23	36	0,55	75,5	22.12.2021
7,53	12	0,23	41	0,54	102,3	23.12.2021
7,1	12	0,2	42	0,56	69,4	25.12.2021
7,13	11,6	0,22	40	0,53	45,2	27.12.2021
		0,21	34	0,61	52	29.12.2021
		0,23	36	0,63	48,1	31.12.2021
7	12	0,31	40		28,5	02.01.2022

Vedlegg 10 Oversiktstabell over alle målte verdier i perioden 04.01.22-04.03.22.

DATO	FØR BIOFILTER ALKALITET (mg/l)	FØR BIOFILTER NITRAT (mg/l)	FØR BIOFILTER NITRITT (mg/l)	FØR BIOFILTER TAN (mg/l)	FØR BIOFILTER PH (pH)	FØR BIOFILTER TEMPERATUR (°C)
4. jan (oppstart)	56,6	42	0,32	0,98	7,58	16,7
05.jan	76,9	42	0,3	0,97	7,59	13,2
06.jan	76,3	44	0,26	1,1	7,463	13,8
07.jan	68	45	0,28	0,96	7,59	13,9
09.jan	87,2	43	0,32	1,04	7,487	13,7
11.jan	82,4	50	0,38	1,14	7,277	14
13.jan	74,7	48	0,43	1,17	7,4	14,2
15.jan	66,5	63	0,49	1,34		
19.jan	85,7	69	0,68	1,43	7,254	14,3
21.jan	98,8		0,64	1,64	7,475	14,9
24.jan	116,8		0,83	1,71	7,496	14,3
28.jan	171,7		0,88	1,25	7,387	15
31.jan	107,9		0,57	1,17	7,165	14,7
02.feb	111,3		0,59	1,09	7,327	13,2
07.feb	105,3		0,67	1,09		
10.feb	140,3		0,84	0,92		
14.feb	159,3		0,86	0,77		
17.feb	124,3		0,71	0,75		
21.feb	100,4	60	2,2	0,73	7,593	13,5
23.feb	169,3		2,27	0,63	7,72	12,6
25.feb	110		0,79	0,39	7,58	12,9
01.mar	73,3	30	0,78	0,47	7,568	12,2
04.mar	108,8		1,71	0,67		

FØR BIOFILTER SALINITET (%)	FØR BIOFILTER CO <sub>2</sub> (mg/l)	BIOFILTER 1 ALKALITET (mg/l)	BIOFILTER 1 NITRAT (mg/l)	BIOFILTER 1 NITRITT (mg/l)	BIOFILTER 1 TAN (mg/l)
1,18	10	59,2	44	0,34	0,6
1,24	10,7	33,7	41	0,27	0,62
1,23	10	66	42	0,27	0,72
1,24	10,8	73,7	43	0,27	0,72
1,18	11,9	76,9	45	0,32	0,79
1,13	12,9	89,9	46	0,37	0,76
1,19	11	71,5	47	0,41	0,9
-		61,2	56	0,48	1,06
0,75	12,8	73	63	0,68	1,04
1,96	10,6	95,8		0,67	1,23
1,98	12,3	124,7		0,85	1,61
1,87	14,4	168,2		0,95	0,86
1,88	13,6	119,6		0,64	0,86
1,94	14,1	132		0,57	0,77
1,94	16,3	95,7		0,61	0,68
1,88	10,1	118,9		0,86	0,56
2,02	16,1	143,6		0,88	0,4
0,81	11	91,7		0,74	0,42
2,02	10,5	109,9	55	2,32	0,35
-		163,1		2,39	0,34
-		107,7		0,96	0,19
1,35	7,7	63,4	31	0,93	0,25
2	10,3	111,3		1,61	0,25

BIOFILTER 2 ALKALITET (mg/l)	BIOFILTER 2 NITRAT (mg/l)	BIOFILTER 2 NITRITT (mg/l)	BIOFILTER 2 TAN (mg/l)	BIOFILTER 3 ALKALITET (mg/l)	BIOFILTER 3 NITRAT (mg/l)	BIOFILTER 3 NITRITT (mg/l)
57,6	43	0,29	0,59	82,1	44	0,28
68,4	40	0,29	0,78	64,2	42	0,28
73,7	41	0,28	0,77	58,3	43	0,27
62,9	45	0,28	0,65	56,1	45	0,27
80,8	44	0,34	0,78	79,4	55	0,33
76,2	47	0,41	0,76	77,7	51	0,39
83	50	0,39	0,85	66,9	55	0,43
80,7	59	0,46	1,13	68	58	0,52
78	65	0,63	1,1	81,2	65	0,73
92,5		0,65	1,32	90,5		0,64
125,2		0,85	1,64	125,5		0,82
166,7		0,95	0,79	161,5		0,86
91,7		0,55	0,78	98		0,53
103,7		0,64	0,74	109		0,6
93,4		0,63	0,89	106		0,68
122		0,81	0,74	87,9		0,91
155,8		0,8	0,61	161,7		0,94
118,6		0,67	0,52	90,9		0,73
108,9	63	2,18	0,54	116,8	54	2,36
164,1		2,24	0,42	147,4		2,42
104,2		0,9	0,27	109,4		0,77
86,2	36	1	0,35	66,8	35	0,78
136,8		1,91	0,37	123,4		1,62

BIOFILTER 3 TAN (mg/l)	ETTER BIOFILTER ALKALITET (mg/l)	ETTER BIOFILTER NITRAT (mg/l)	ETTER BIOFILTER NITRITT (mg/l)	ETTER BIOFILTER TAN (mg/l)	ETTER BIOFILTER PH (pH)	ETTER BIOFILTER TEMPERATUR (°C)
0,65	72,1	41	0,35	0,58	7,14	12,1
0,74	62,7	39	0,29	0,69	7,535	13,4
0,79	76	44	0,26	0,63	7,65	13,8
0,7	112,9	40	0,27	0,66	7,655	13,9
0,76	80,9	45	0,31	0,68	7,679	14
0,81	71,9	46	0,36	0,78	7,419	13,7
0,94	53,6	47	0,41	0,89	7,713	14,1
0,99	77,5	59	0,47	0,99		
1,01	67,9	65	0,67	1,03	7,445	14,5
1,33	83,2	63	0,63	1,25	7,694	16,8
1,63	98,4		0,77	1,64	7,681	14,6
1,02	172,5		0,89	0,89	7,604	15,2
0,97	100,3		0,55	0,79	7,408	14,5
0,91	125,3		0,58	0,77	7,48	13,6
0,77	104,7		0,69	0,83		
0,63	112,6		0,89	0,6		
0,46	131,6		0,85	0,5		
0,38	107,5		0,72	0,43		
0,41	106,5	54	2,1	0,45	7,929	13,2
0,28	136,5		2,23	0,33	7,77	12,7
0,32	100		0,72	0,26	7,88	13,2
0,41	77,9	41	1	0,41	7,91	14,8
0,45	109,8		1,7	0,45		

