

SalMar Farming AS

Marine Donut

Måleprogram produksjonssyklus 1
Sluttrapport målkriterie 8.1

Rev.	Dato	Bakgrunn for utgivelse	Laget av	Kontrollert av	Godkjent av
0	07.08.2025	Sluttrapport måleprogram for FDir	JS/EL	SH	BM

Revisjon 0; 07.08.2025

Innhold

1	Sammendrag	2
2	Innledning.....	4
3	Forkortelser og definisjoner	5
4	Vannkvalitet og miljøbaserte parametere.....	6
4.1	Formål.....	6
4.2	Vannkvalitet – målinger av vannkvalitetsparametere	6
4.3	Vannkvalitet – måleresultater	7
4.4	Vannstrøm i fiskevolum – erfaringer fra drift	12
5	Erfaringer drift	16
5.1	Formål.....	16
5.2	Mottak av fisk.....	16
5.3	Opptak av dødfisk	17
5.4	Fôring	18
5.5	Prøveuttak av fisk for overvåkning	19
5.6	Trenging av fisk.....	20
5.7	Kameraovervåkning i vannvolum.....	21
6	Fiskehelse, adferd og velferd	21
6.1	Formål.....	21
6.2	Fylling av svømmeblære	21
6.3	Helseovervåkning	22
6.4	Velferdsscore og rapportering.....	24
6.5	Overvåkning av gjellehelse	25
6.6	Stressmålinger.....	26
6.7	Biosikkerhet.....	27
7	Produksjonsdata	28
7.1	Formål.....	28
7.2	Program.....	28
7.3	Resultater	28
8	Produktkvalitet	31
8.1	Formål.....	31
8.2	Resultater	31
9	Data og kommunikasjon	32
10	Tekniske prestasjoner	32
11	Referanser.....	33

1 Sammenheng

Denne rapporten oppsummerer måleprogrammet som er gjennomført i forbindelse med første produksjonssyklus i Marine Donut. Måleprogrammet er gjennomført for å kunne evaluere merdteknologien, og er en del av målkriteriene definert i Fiskeridirektoratets tilsagn om utviklingstillatelser.

Hensikten med måleprogrammet er å fremskaffe data for å kunne evaluere hvordan Marine Donut presterer under produksjon med hensyn til drift, miljøparametere, tilvekst, fiskevelferd og teknisk ytelse. Måleprogram «*Marine Donut: Måleprogram 7.1 for dokumentering av resultater fra driftsfase – versjon 2*» /3/ beskriver hvilke målinger som skal gjennomføres for hver produksjonssyklus.

Denne sluttrapporten oppsummerer erfaringer og målinger som er gjennomført i forbindelse med måleprogram for produksjonssyklus 1. Måleprogrammet er i all hovedsak gjennomført i henhold til plan, men det er enkelte mindre avvik fra programmet. Disse er kommentert under hvert enkelt kapittel. Oppbygningen av rapporten følger måleprogrammet /3/, og gir en oppsummering av hver enkelt del av programmet.

- **Vannkvalitet og miljøbaserte parameter:** Kapittel 4 omhandler vannkvalitet og miljøbaserte parametere og beskriver overvåkning av vannkvaliteten i Marine Donut. Vannkvalitetsparametere som oksygeninnhold, turbiditet, pH, salinitet, temperatur og algeinnhold er registrert daglig i samsvar med programmet. Målingene viser at vannkvaliteten har vært god gjennom hele produksjonen.
- **Erfaringer drift:** Driftserfaringer med Marine Donut fra produksjonssyklus 1, fra 10/7 til 18/10-24 beskrives i kapittel 5. Det er gjennomført tre vellykkede mottak av totalt 195 000 laks i denne produksjonen.

Vannstrøm og dødfiskopptak: Vannhastighet langs bunn av fiskevolumet har vært lavere enn forventet. Dette har medført at transport av dødfisk ikke har fungert tilfredsstillende. Tiltak som å øke thrusten til strømsetterne, samt redusere høyde over bunn til senter av dem ble gjennomført. Dette bidro til å bedre situasjonen, men det har periodevis vært behov for å benytte ROV for å sikre at dødfisk havner i dødfiskfellene.

Fôring: Fordeling av fôr fungerer godt, men det er utfordrende å fôre i enheten. Fôret har 16 meter å falle før det lander på bunnen i enheten, samt at det har vært vanskelig å definere fôraktivitet via fastmonterte kamera. Ved høy biomasse blir lysforholdene dårligere, noe som går utover bildekvaliteten.

Trenging/lossing: Trenging av fisk ved hjelp av ballastsystemet og tømning av fiskevolumet, fungerer godt. Det var imidlertid behov for ekstra oksygenering (portabel nanoinnløser), i tillegg til installerte oksygeninnløser, ved trenging av ca. 880 tonn biomasse under lossing til brønnbåt.

- **Fiskehelse, adferd og velferd:** Kapittel 6 omhandler oppfølging av fiskehelse, adferd og velferd i Marine Donut. Det beskriver overvåkning av fiskehelse gjennom regelmessige kontroller og velferdsscoringer. Utbrudd av Pankreassykdom (PD) er påvist i fiskegruppen, men dødeligheten har vært lav.

Velferdsparametere som finneslitasje, katarakt og øyeskade er registrert ukentlig. Gjellehelse er overvåket, og det har blitt utført gjelleprøver for å avdekke eventuelle sykdommer. Kortisolnivåer fra fecesprøver viser ingen tegn til stress.

Observasjoner av fiskens adferd (luftsnapping, svømmehastighet og tiltvinkel) indikerer at laksen har tilstrekkelig tilgang til å fylle svømmeblæren i Marine Donut.

- **Produksjonsdata:** Kapittel 7 omhandler produksjonsdata som registreres for å kunne dokumentere om Marine Donut fungerer som forventet, samt identifisere eventuelle problemer som kan påvirke fiskehelse og velferd. Appetitten i den første måneden med fisk var god. Økning av fisketetthet fra 13 kg/m³ til 35 kg/m³, etter innsett av fisk medio august, påvirket i liten grad fôringen. Bortfall av 3 innløpsspumper etter siste innsett av fisk, medførte at fôring ble stoppet i en periode og det ble vanskelig å få fisken skikkelig i gang. I slutten av august droppet appetitten betydelig pga. utbrudd av PD.
- **Produktkvalitet:** Slakteresultat er omhandlet i kapittel 8. Det er slaktet totalt 190 388 fisk med en snittvekt på 4 659 gram. Superiorandelen var på 93,5%. Nedklassingen skyldes i hovedsak kjønnsmodning og en liten andel deformiteter, noe som ikke har sammenheng med produksjonen i Marine Donut.
- **Data og dokumentasjon:** Data og kommunikasjonssystemet har fungert og data er lagret som planlagt.
- **Tekniske prestasjoner:** Fullskala målinger av vannstrømhastighet i oppdrettsvolumet er gjennomført i samsvar med måleprogram. Fullskalamålinger av hydrodynamisk trykk på mantel, globale bevegelser, og krefter i forankringslinene pågår. Resultat fra fullskalamålingene vs. analysene som er gjennomført vil bli presentert i egne sluttrapporter.

2 Innledning

Marine Donut er en lukket HDPE merd utviklet av Bluegreen AS. Merdkonseptet er tildelt en utviklingstillatelse gjennom Fiskeridirektoratet sin ordning med utviklingstillatelser. SalMar Farming AS eier og drifter merden på lokalitet 12844 Seterneset i Molde kommune.

I henhold til tilsagn fra Fiskeridirektoratet skal det gjennomføres to produksjonssykluser i fullskala versjonen av Marine Donut. For hver produksjonssyklus skal resultater i driftsfasen dokumenteres gjennom et måleprogram godkjent av Fiskeridirektoratet. Måleprogram «*Marine Donut: Måleprogram 7.1 for dokumentering av resultater fra driftsfase – versjon 2*» beskriver hvilke målinger og parametere (miljø-, fiskehelse/-velferd, tilvekst og teknisk ytelse etc.) som skal innsamles og bearbeides for hver produksjonssyklus.

I henhold til målkriterie 8.1 i tilsagnsbrevet skal det for hver produksjonssyklus leveres en midtveisrapport og en sluttrapport ved endt syklus. Midtveisrapporten, datert 08.10.2024, er oversendt Fiskeridirektoratet, samt publisert på SalMars hjemmeside under Marine Donut. Denne sluttrapporten oppsummerer produksjonssyklus 1 i MD med hensyn til drift og biologiske resultater.

Første fisk ble overført til MD i forbindelse med et mottak av 15 000 fisk 3/5-24, for testing av mottak, fôring, vannmiljø og levering av fisk. Denne testen er ikke en del av det offisielle måleprogrammet, men ble gjennomført for utprøving av kritiske MD funksjoner med relativt lite antall fisk og lav risiko. Fisken ble holdt i MD i ca. 3 uker før den ble levert for slakt. Utprøvingen av MD var vellykket, og merden ble etter uttesting klargjort for oppstart av måleprogrammet for produksjonssyklus 1.

I produksjonssyklus 1 er det overført totalt 193 341 laks til MD, fordelt på tre mottak, hhv. 10/7-24, 10/8-24 og 13/8-24. Laks med snittvekt på ca. 3 kg (første mottak) og ca. 4 kg (siste mottak) ble overført fra lokalitet 27215 Myrane, Vestnes kommune.

Før innsett i MD ble fisken avluset ved bruk av hydrolicer.

Produksjonssyklus 1 ble avsluttet ved at Marine Donut ble tømt for fisk i perioden 17. – 18. oktober 2024.

3 Forkortelser og definisjoner

CFD	Computational Fluid Dynamics
HMI	Human-machine interface (grensesnitt for menneske-maskin-interaksjon)
kl/s	Svømmehastighet, kroppslengde per. sekund
MD	Marine Donut
NTU	Turbiditet
PD	Pancreas disease
TDS	Totalt oppløst stoff
TGP	Totalgass
TSS	Totalt suspendert stoff
ST	Indikator på tilvekst, ST 100 er gjennomsnittlig tilvekst på tilsvarende fisk basert på tidligere resultater. (SalMar tilvekst. Gjennomsnittlig tilvekst hos sammenlignbar fisk siste 5 år, hensyntatt temperatur)

4 Vannkvalitet og miljøbaserte parametere

4.1 Formål

Marine Donut er satt opp med en omfattende instrumenteringspakke for overvåking av vannkvalitet. Målingene vil gi oss et godt svar på merden sin tekniske ytelse og dets evne til å gi fisken et godt vannmiljø.

4.2 Vannkvalitet – målinger av vannkvalitetsparametere

Marine Donut er designet for en vannutskiftningstid på < 60 min. Vann tas inn via 6 vanninntak på 35 m dyp. Hvert vanninntak er utstyrt med pumpe, Bernoulli-filter, UV-filter og oksygeninnløser, for å sikre rent og oksygenrikt vann inn i merden. Innløpspumpene (6 stk.) har en pumpekapasitet på totalt ca. 24 000 m³/t. Frisk vann slippes inn i fiskevolumet via 6 åpninger i ytre mantel, se Figur 1 (oransje sirkel).



Figur 1 Venstre bilde: Fiskevolum; inn- og utløpsrør. Høyre bilde: Strømsettertårn med 2 stk. Xylem miksere

Når vannet kommer inn i fiskevolumet settes det i rotasjon av fire strømmiksere (Xylem S4430) fordelt på to pumpetårn plassert 180° fra hverandre, se Figur 1. Vannrotasjonen skal i tillegg til å sikre god innblanding av frisk vann, føre slam og dødfisk til henholdsvis slamfellene og dødfiskfellene.

Brukt vann ledes ut av fiskevolumet via seks utløp i indre mantel, se Figur 1 **Feil! Fant ikke referansebildet.** (rød sirkel) til felles senteravløp, hvor vannet slippes ut på ca. 18 m dyp.

Vannkvaliteten overvåkes av instrumentpakken som er levert med merden. Målinger av følgende vannkvalitetsparametere er gjennomført daglig med merdens instrumentering under hele produksjonsperioden.

- O2
- Turbiditet (NTU)
- pH
- Salinitet
- CO2
- Temperatur, sjø
- Alger (klorofyll A)

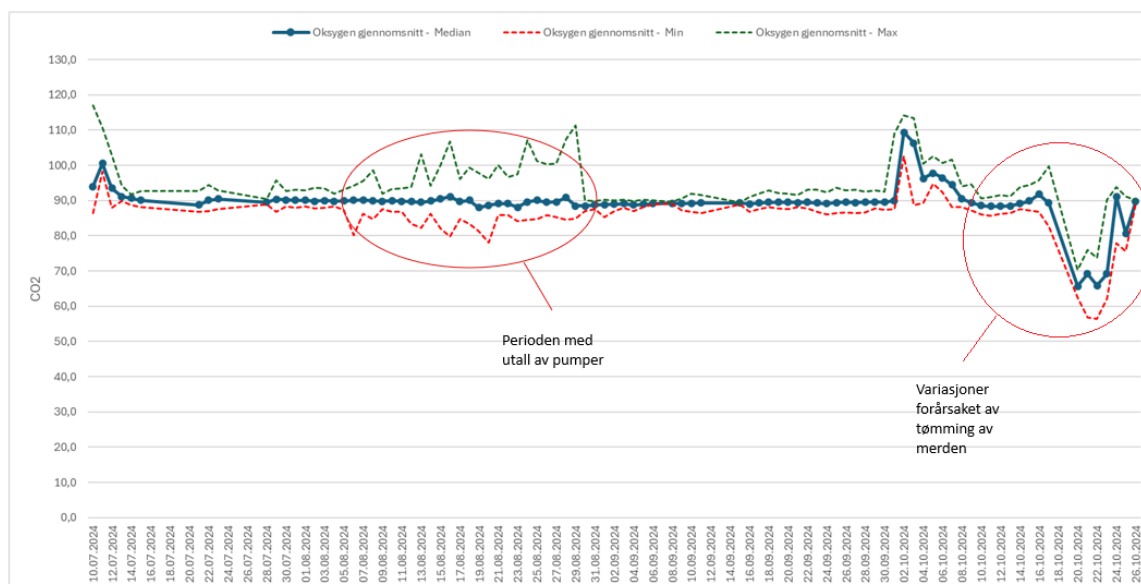
I tillegg er det gjennomført ukentlige målinger av;

- Totalgass (TGP)
- Turbiditet (NTU) og totalt suspendert stoff (TSS) (Vannprøver analyser av laboratorium)

4.3 Vannkvalitet – måleresultater

Oksygenmålinger

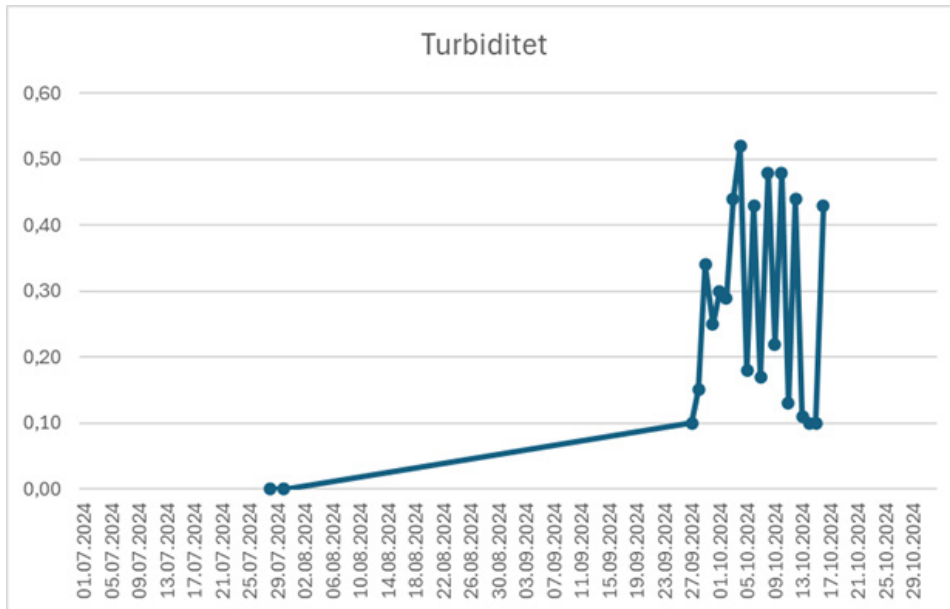
Settpunktet for oksygen ble satt til 90% metning før innsett av fisk, styresystemet justerer da oksygentilsetningen automatisk for å holde 90% metning i fiskevolumet. Dette har fungert svært godt. Systemet har holdt jevne nivåer gjennom hele produksjonen med lite avvik, se Figur 2. De største variasjonene ser vi i perioden hvor 1-3 inntakspumper hadde driftsstans. Utfallet av innløpspumper medfører at det blir færre tilsetningspunkter for oksygen. Dette fører til mer «treget» i systemet som gir noe mer variasjon i nivåene.



Figur 2 Oksygennivåer i MD produksjonssyklus 1

Målinger av turbiditet (NTU), totalt suspendert stoff (TSS) og totalt oppløst stoff (TDS)

Resultat av målinger av turbiditet (NTU), totalt suspendert stoff (TSS) og totalt oppløst stoff (TDS) i fiskevolumet i Marine Donut under produksjonssyklus 1 er vist i Figur 3 til Figur 5.



Figur 3 Turbiditet (NTU) i Marine Donut, produksjonssyklus 1

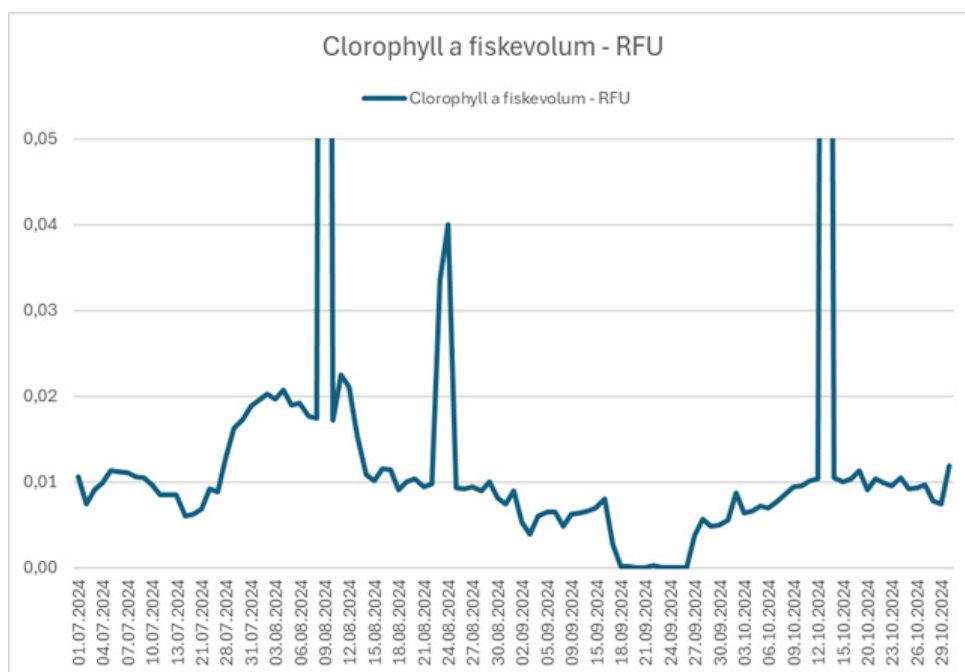
Figur 4 Totalt oppløst stoff (TDS) [mg/L] i Marine Donut, produksjonssyklus 1

Figur 5 Totalt suspendert stoff (TSS) [mg/L] i Marine Donut, produksjonssyklus 1

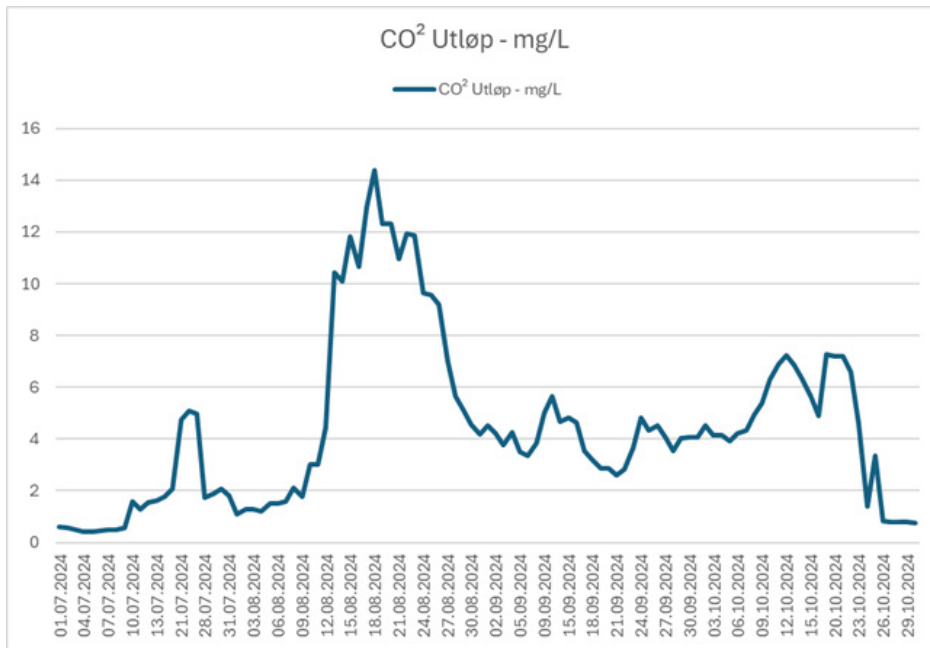
Når det gjelder måling av turbiditet (NTU), Figur 3, og totalt oppløst stoff (TDS), Figur 4, så har vi hatt avvik pga. feilkalibrering og feil skalering i HMI program.

Målinger av alger (klorofyll A), CO₂, nitrogen, pH, salinitet og temperatur

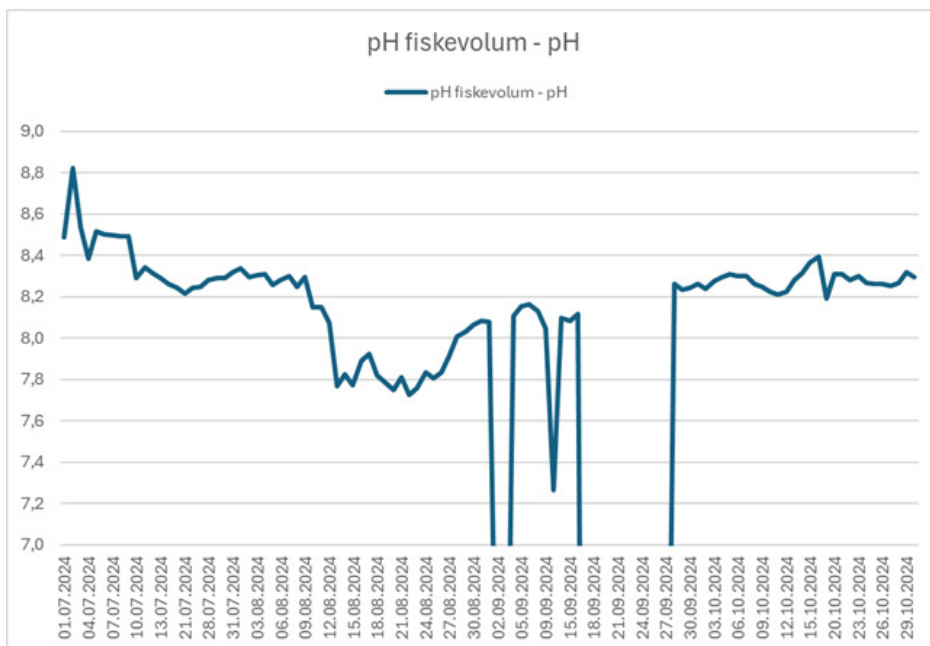
Resultater fra målingene som er utført med Troll sensorene i fiskevolumet på Marine Donut under produksjonssyklus 1 er vist i Figur 6 til Figur 11.



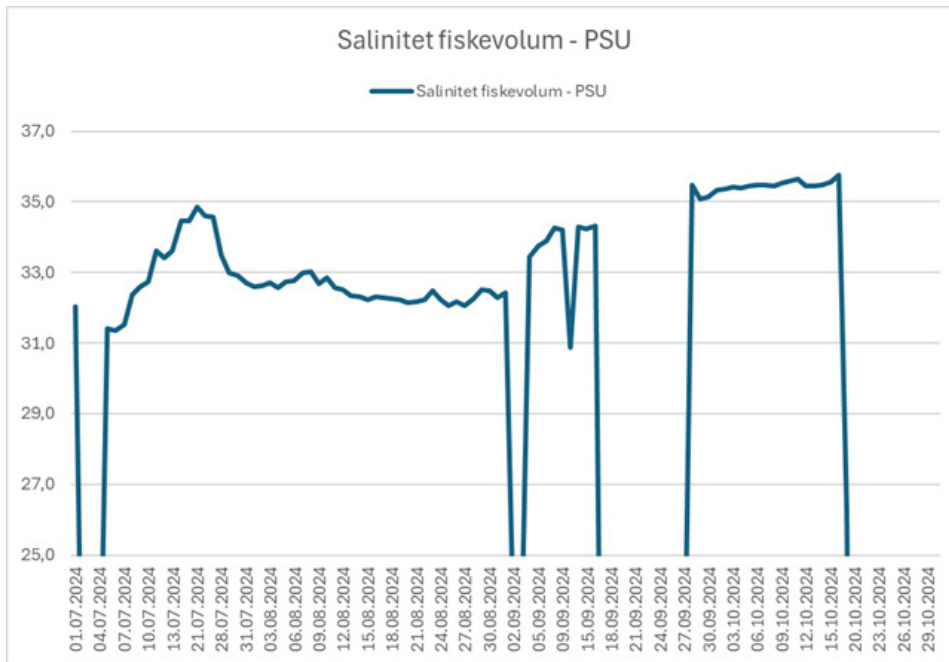
Figur 6 Klorofyll a [celler/L] i Marine Donut, produksjonssyklus 1



Figur 7 CO₂ [mg/L] i Marine Donut, produksjonssyklus 1

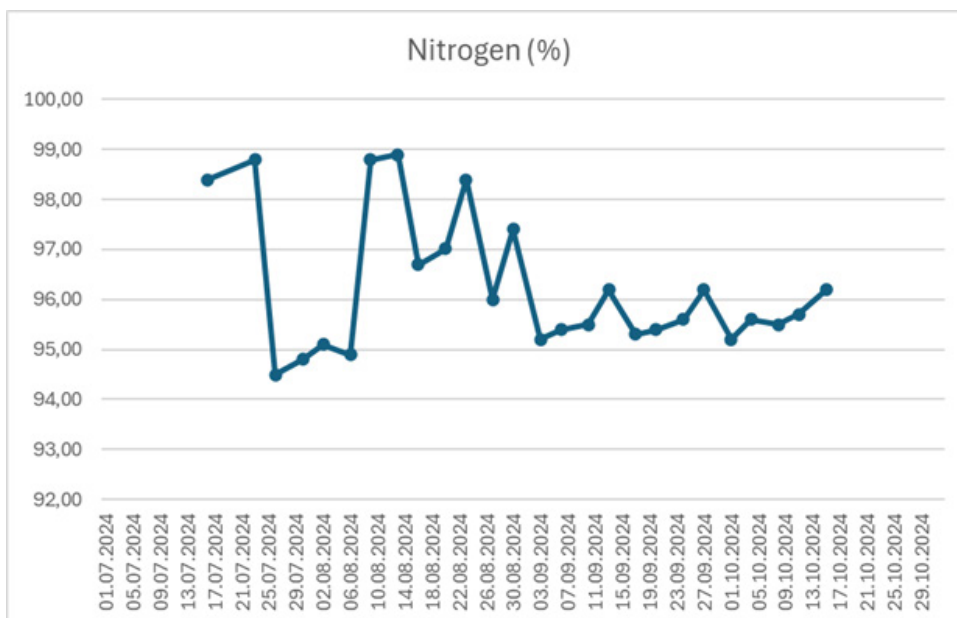


Figur 8 pH i Marine Donut, produksjonssyklus 1



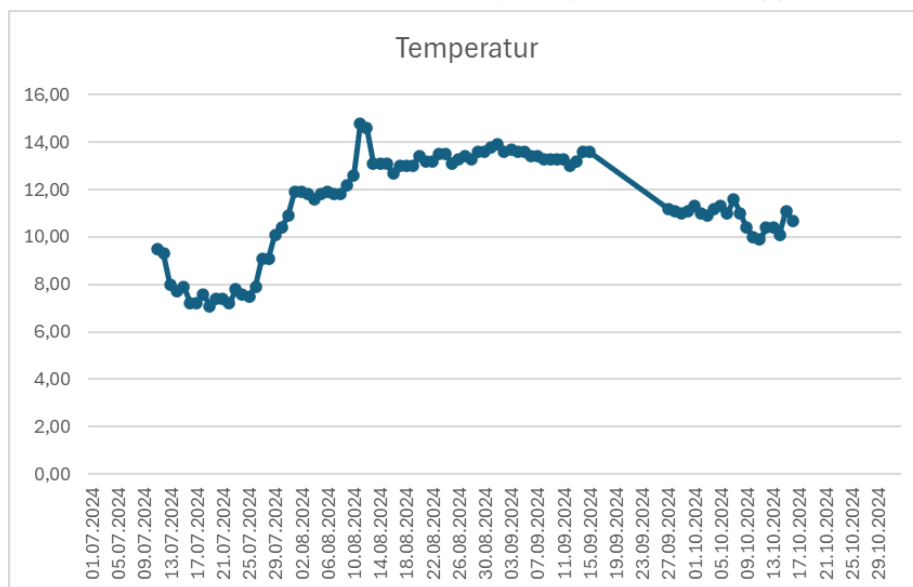
Figur 9 Salinitet [ppt] i Marine Donut, produksjonssyklus 1

Tidspunkt hvor målinger mangler i Figur 8 og Figur 9 skyldes at Troll-sensorer har vært ute for vedlikehold.



Figur 10 Nitrogen [%] Marine Donut, produksjonssyklus 1

Tidspunkt hvor grafen har toppunkt samsvarer med når vi har kjørt mye luft for å rense avløp.



Figur 11 Temperatur [C] Marine Donut, produksjonssyklus 1

Se kapittel 7 for generelle kommentarer rundt vannkvalitetsmålinger og produksjonsdata.

Instrumentering

Instrumentpakken for måling av vannkvalitetsparametere har i hovedsak fungert bra.

Vi har hatt noen utfordringer med turbiditetsmålingene pga. feil kalibrering og desimalinnstilling i HMI systemet.

Erfaringer med selve sensorene som er brukt (Troll) er god.

4.4 Vannstrøm i fiskevolum – erfaringer fra drift

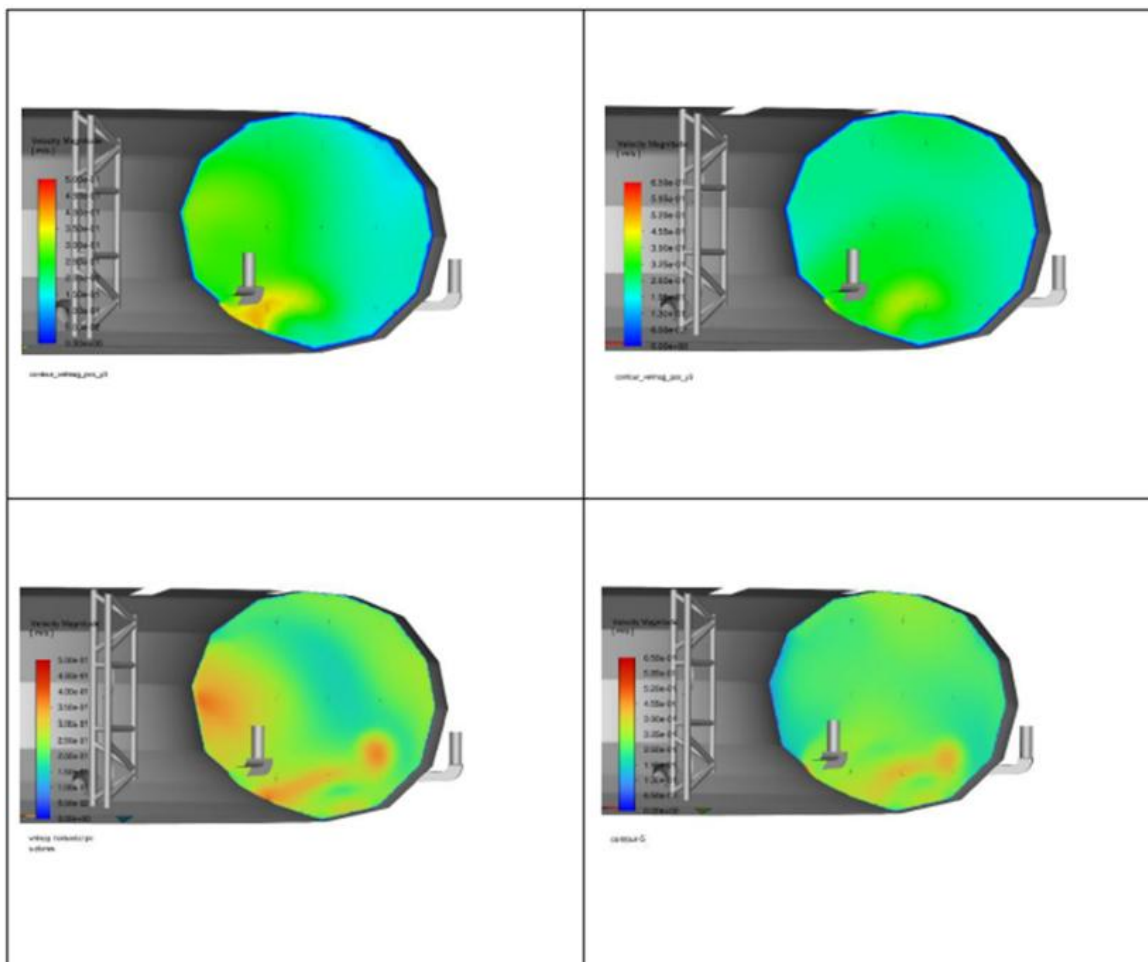
Innstillinger på pumper og strømsetterne

Før testinnsett av fisk 3/5-2025, ble både inntakspumpene og strømsetterne i fiskevolumet kjørt opp til på 60% vannmengde (thrust), og settpunkt for oksygen ble satt til 90%. Disse innstillingene ble opprettholdt etter mottak av fisk, samtidig som transport av dødfisk og slam ble observert, for å avdekke om vannhastigheten var tilstrekkelig til å transportere dødfisk til dødfiskfellene.

Ved 60% thrust på inntakspumper og mikserne ble en del dødfisk liggende på bunn eller sittende fast i utløpsristene, se Figur 1 (rød sirkel). Thrusten til strømsetterne og inntakspumpene ble derfor øket til 100%, men dette ga heller ikke tilfredsstillende effekt med hensyn til transport av dødfisk. Etter samråd med leverandør, ble thrusten til alle strømsetterne øket til over 100%, ved

å øke frekvensen fra 50Hz til 60Hz. Situasjonen bedret seg noe etter dette, men fortsatt var hastigheten langs bunn for lav.

Ranold ble kontaktet for å vurdere ulike tiltak for å øke vannhastigheten langs bunn av MD. Alternativ med å bytte strømsettere (øke thrusten) og alternativ med å senke nedre strømsettere ble vurdert ved kjøring av CFD analyser, se Figur 12.



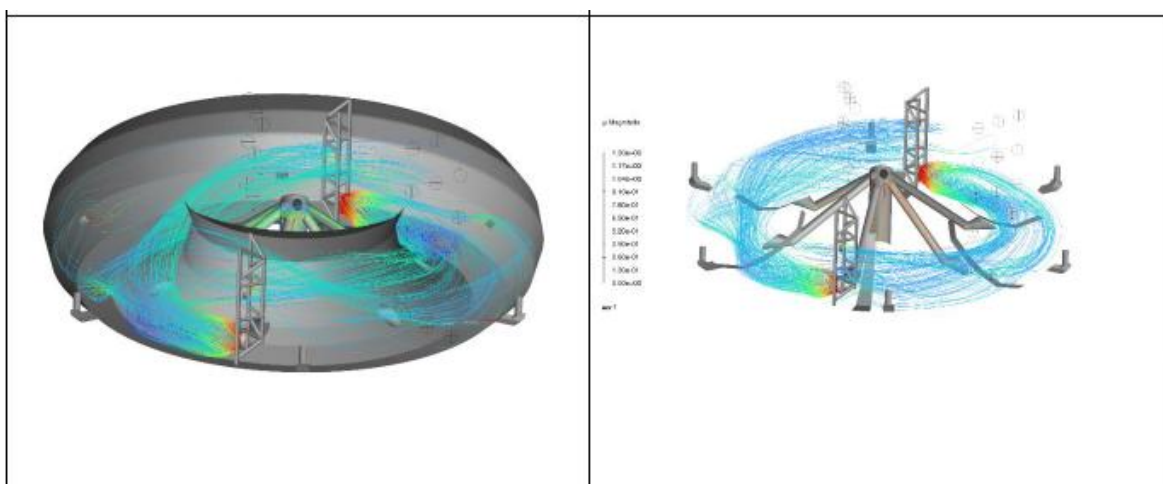
Figur 12 Hastigheter i måleplanet ved luke 6 (mellom strømsettere). Øvre, venstre: Original plassering av mikser, 60% modus. Øvre, høyre: Original plassering, 100% modus. Nedre venstre: Senket posisjon, 60% modus. Nedre, høyre: Senket posisjon, 100% modus.

CFD analysene viste at begge alternativene ville bidra til å øke hastigheten langs bunn. På grunn av leveringstid for nye strømsettere, ble alternativet med å senke strømsetterne valgt som løsning.

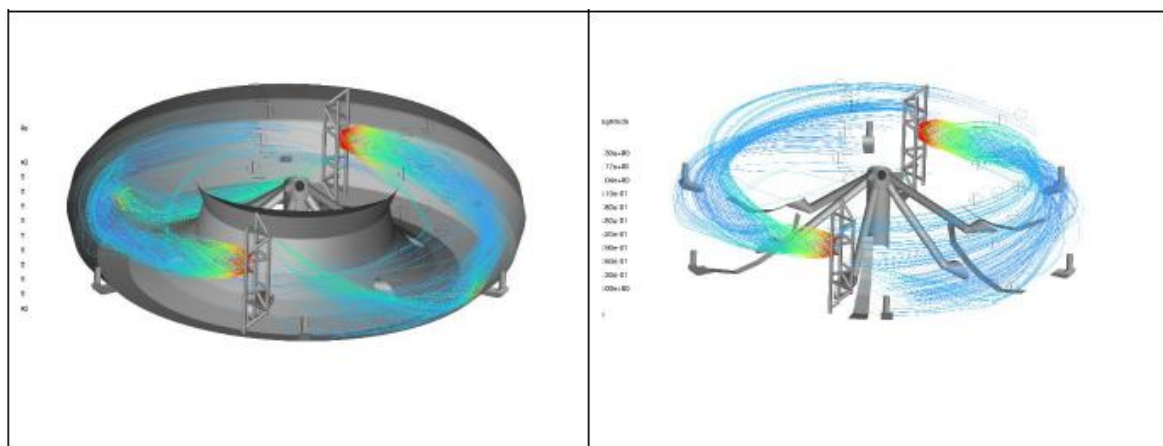
Strømsetterne ble senket før oppstart av produksjonssyklus 1. Under hele produksjonssyklus 1 er innløpsspumpene kjørt på 100% mens strømsetterne er kjørt på 120%. Bortfall av 1 – 3 innløpsspumper har påvirket vannutskiftingen i merden, se Figur 27 kapittel 7.3

Fiskevolumets utforming

Observasjon av oksygenmålingene i MD i løpet av produksjonssyklus 1 viser at oksygennivået ligger jevnt høyt (ca. 90%) for alle sensorene i fiskevolumet. Dette indikerer at innblandingen av friskt vann fungerer godt. Smultring fasongen til fiskevolumet, kombinert med seks innløpspunkt fordelt rundt ytre mantel (60° mellom hvert innløp), samt en roterende vannstrøm satt opp av fire propellmiksere, har vist seg å gi veldig god miksing av vannet. Nye CFD analyser som er gjennomført, hvor nedre miksere er senket og rotasjonen fra propellmiksere er inkludert i analysen, se Figur 13 og Figur 14 viser at inntaksvannet fordeles godt i fiskevolumet. Dette samsvarer godt med våre observasjoner av jevnt oksygennivå i MD.



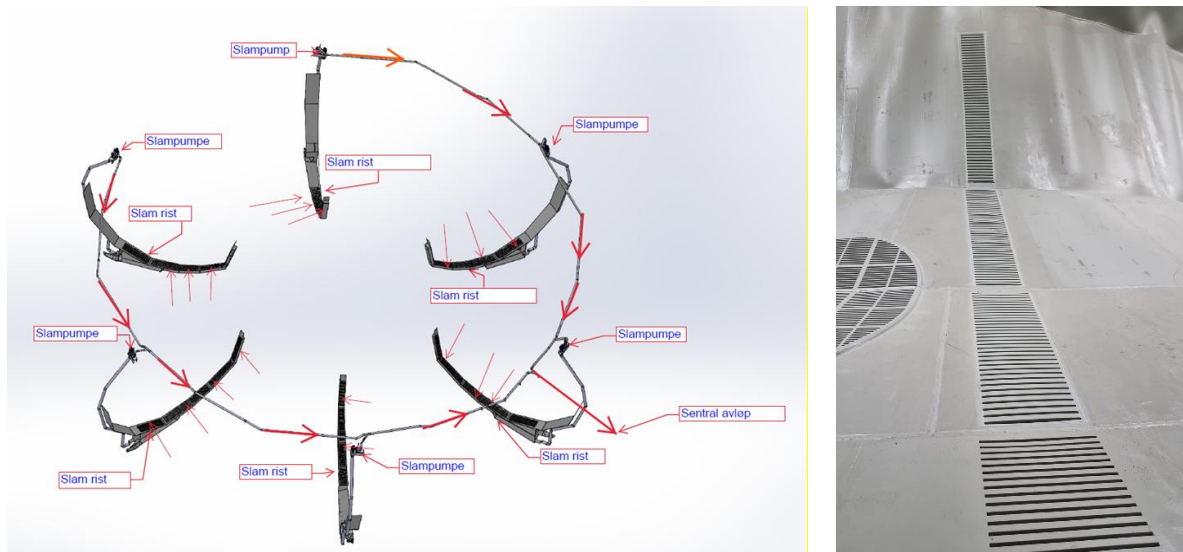
Figur 13 Strømlinjer fra de lave strømsetterne vist omtrent 180° utstrekning. Venstre: Mikser i senket posisjon, 60% modus. Høyre: Mikser i senket posisjon, 100% modus.



Figur 14 Strømlinjer fra de øvre strømsetterne vist omtrent 180° utstrekning. Venstre: Miksere, 60% modus. Høyre: Miksere, 100% modus.

Uttak av slam

Uttak av slam er viktig for å sikre god vannkvalitet i fiskevolumet. MD er arrangert med 6 stk. slamfeller fordelt langs indre mantel (60° mellom hver), se Figur 15.



Figur 15 Slammfeller. Venstre: Slamsystem. Høyre: Slamfelle i indre mantel.

Hver slamfelle er arrangert med slampumpe som leverer slam til felles ringledning, klar for videre slambehandling.

Slampumpene (6 stk.) er kjørt under hele produksjonen. Øvre del av slamfellene bidrar i liten grad til oppsamling av slam, dvs. høyden av fellene kunne med fordel vært redusert til topp av vannutløp. Vi erfarer best effekt på slamoppsamlingen når vi kjører en og en slampumpe om gangen (syklisk kjøring).

5 Erfaringer drift

5.1 Formål

Driften av Marine Donut vil kreve nye metoder for å løse operasjonelle oppgaver. Erfaringene som SalMar gjør seg gjennom drift vil brukes til å revidere/utvikle operasjonelle prosedyrer for sikker drift, og vil bli omhandlet i sluttrapport etter hver generasjon.

5.2 Mottak av fisk

Det er gjennomført totalt tre mottak av fisk i MD, totalt 193 341 laks, i løpet av første produksjonssyklus, Tabell 1.

Tabell 1 Innsett av fisk produksjonssyklus 1

Dato	Antall	Snittvekt [g]	Biomasse [kg]
10.07.2024	77 771	3 065	238 368
10.08.2024	59 095	3 992	235 907
12.08.2024	56 475	3 992	225 448

Marine Donut er ny produksjonsteknologi, innsett av fisk ble gjennomført i flere etapper for å få en kontrollert økning av biomassen i merden. Dette ihht til plan for testing av ny teknologi oversendt til Mattilsynet.

Brønnbåtene som er benyttet er tilpasset levering til MD ved å forlenge losseslangene, se Figur 16. Total lengde på losseslangene er ca. 18 meter.

Fiskemottakene er gjennomført uten problemer eller avvik, og vår erfaring er at mottak av fisk har fungert effektivt, trygt og uten fiskevelferdsmessige utfordringer. Vi har erfart at rett plassering av losseslange er viktig. Det vil si at enden av losseslangen må stikke langt nok ned til at fisken kommer godt under mantelen i produksjonsvolumet.



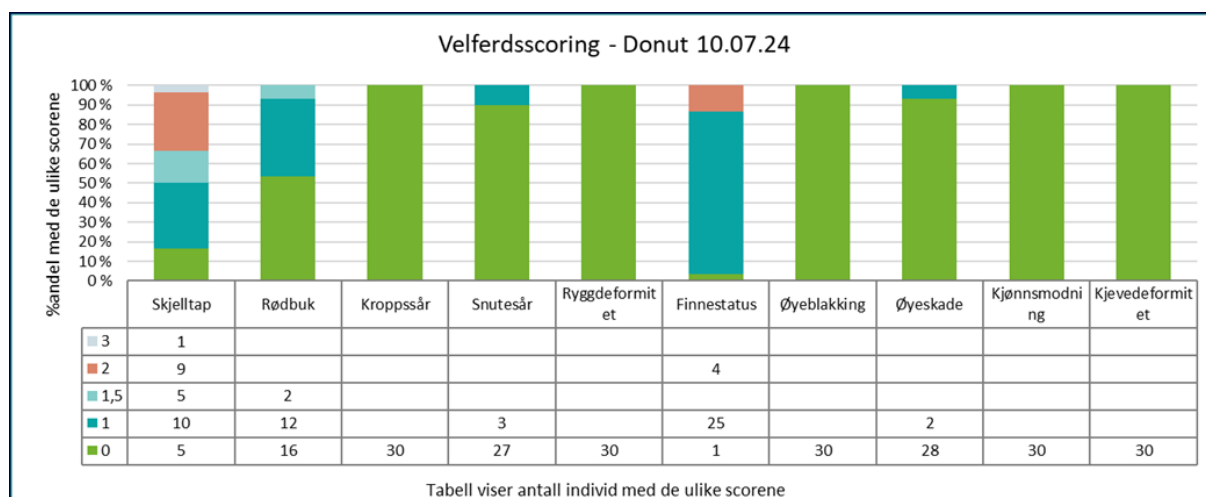
Figur 16 Mottak av fisk Marine Donut

Under mottak av fisk er det gjennomført både visuelle observasjoner fra lukeåpning og videoovervåkning i vannvolumet hvor fisken kommer ut av losseslange.

Vi ser at videoovervåkning fungerer bra ved mottak, men visuell observasjon er i tillegg nødvendig for å ha full oversikt. Kameraovervåkning fungerer bedre jo lavere tetthet, da mye fisk i MD reduserer sikt. Vi har ikke registrert at fisk har truffet bunn eller skott ved lossing fra brønnbåt.

I etterkant av mottak er det gjennomført velferdsscore. Velferdsscore av 30 fisk fra MD få timer etter mottak ble gjennomført av Åkerblå. Fisken framstod rolig i enheten, og førsteinntrykket var godt. Det var størst forekomst av risttap (1,28 i snitt) og finneslitasje (1,1 i snitt). Det var også innslag av rødbuk og enkeltfisk hadde snutesår og øyeskade. Fiskegruppen ble avluset med hydrolicer få dager før besøket, og funnene relateres til dette.

Det ble ikke funnet kroppssår, ryggdeformiteter, øyeblikking, kjønnsmodning eller kjevedeformiteter ved velferdsscoreingen. En kort oppsummering fra velferdsscore, gjennomført av Åkerblå etter mottak, er vist i Figur 17.



Figur 17 Oppsummering fra velferdsscore etter mottak - Åkerblå

5.3 Opptak av dødfisk

Dødfisksystemet er et essensielt system hvor vi har gjort oss noen erfaringer. En forutsetning for at dødfisksystemet skal fungere er at dødfisk transporteres til fiskefellene (2 stk.). Dødfisk skal transporteres til fiskefellene med vannstrømmen i MD og vannhastigheten er derfor en viktig parameter. Vannstrømmålinger som vi har gjennomført, se midtveisrapport for produksjonssyklus 1 /4/, viser at den tangentielle vannhastigheten er betydelig lavere enn beregnet i opprinnelige CFD analyser.

Tiltak ble iverksatt for å øke hastigheten langs bunn av fiskevolumet, se kap. 4.4 for å bedre transport av dødfisk. Disse tiltakene har forbedret transport av dødfisk, men ikke tilstrekkelig til å sikre at all dødfisk havner i dødfiskfellene.

Droneinspeksjoner har vist at enkelte dødfisk suges fast til utløpsrist før de når dødfiskfellene. Disse fiskene skubbes løs med ROV, slik at de blir tatt med strømmen til dødfiskfellene.

Fra fiskefellene fjernes dødfisk ved hjelp av en mammutpumpe. Dødfiskfellen er utrustet med spyledyser for å flytte dødfisk til lift-up åpning. Rett etter utsett så klarte vi ikke å suge opp all dødfisk fra fiskefellene. Det ble derfor gjennomført tiltak som besto i å øke vanntrykket til spyledysene, samt endre retningen på dysene som spylar fisk mot lift-up åpning. Dette ble utført etter funksjonstesten, som ble gjennomført før måleprogrammet startet.

Etter nevnte tiltak ser vi, både ved kontroll med rov, og på kamera som er montert over dødfiskfellene, at dødfiskopptaket fungerer fint.

Ved høy biomasse har vi utfordringer med å se ned i dødfiskfellene via det fastmonterte kameraet. Årsaken til dette er at fisk plasserer seg mellom kamera og felle, slik at skygge oppstår. Fiskefellene kontrolleres med ROV for å avhjelpe dette.

5.4 Fôring

Marine Donut er utrustet med 6 stk. utføringspunkt (60° mellom hvert punkt) bestående av dagtank tilkoblet Betten fôrskruer i lukeåpning på dekk. Fôret fordeles godt i fiskevolumet, men fôret har 16 meter å falle før det lander på bunnen i merden.

Marine Donut er en utfordrende merd å fôre. Det er ikke mulig å fôre etter appetitt direkte på kameraovervåking, som vi gjør i ordinære merder i dag. Et «stoppsignal» er ikke mulig å observere ved hjelp av dagens kameraovervåking.

Strategien for fôringen

- Førsententer er ansvarlig for fôring.
- Fôringen gjøres på ren tabellfôring, det settes et utføringsmål for dagen. Utføringsmål settes i samråd med lokalitet og målet korrigeres for hver dag basert på følgende observasjoner:
 - Pellet som kommer opp via dødfiskfeller
 - Aktivitet i fôringsluker, både direkte observasjoner på lokalitet og ved hjelp av kameraet.

Det ble ikke gjennomført mange endringer i strategien i løpet av driftssyklusen. PD utbruddet i august preget naturlig nok produksjonen mye. De endringene som ble gjennomført var mer en optimalisering av valgt strategi.

- Sterkere samarbeid mellom førsenter og lokalitet for å sette utføringsmål.
- Mer aktiv overvåking fra lokalitet, direkte observasjoner, kamera i fôringsluker og ved hjelp av ROV-overvåking.
- Lokalitet gir beskjed hvis aktiviteten er for lav og fôring må stoppes/reduceres.

Etter optimalisering er fôringen så nøyaktig som det er mulig å gjennomføre med dagens strategi og overvåking. Svakheten med dagens løsning er at «oppløsningen» på overvåkingen ikke blir god nok. Det er ikke mulig å avdekke en god eller dårlig fôringsdag tidlig nok til å justere fôringen optimalt. For å få dette til er vi nødt til å ha et annet kameraoppsett eller alternativ overvåking.

Biologiske resultater

Produksjonen ble i stor grad preget av at fisken fikk PD, dette gikk i all hovedsak ut over tilveksten til fisken, se Tabell 2, og ikke dødelighet.

Tilveksten er ca. 50% lavere enn hva som er normalt for en fiskegruppe i denne delen av produksjonssyklusen. Dødeligheten i perioden hvor fisken stod i MD var lav, 0,91%. Total dødelighet for fiskegruppen fra utsett til slakt endte på 4,28%, det er et godt resultat. Økonomisk fôrfaktor for den perioden fisken stod i MD endte på 1,36, dette er høyere enn hva som forventes, men med utbrudd av PD i perioden er ikke resultatet overraskende.

Tabell 2 Biologiske resultater produksjonssyklus 1

Inngående beholdning			Produksjon					
Antall	Snittvekt [g]	Biomasse [kg]	Fôring [kg]	Død antall	Død [kg]	FCR ø	FCR b	Avvik antall
193 341	3 619	699 732	253 952	1 757	6 959	1,36	1,31	- 1 246

5.5 Prøveuttak av fisk for overvåkning

Prøveuttak gjøres ved at en prøvetakingshåv henges i kranen på arbeidsbåt. Vi bruker kran til å senke håv ned i oppdrettsvolumet. Etter at det har kommet tilstrekkelig med fisk i håven, løftes den opp til overflaten. Fisken tas videre med håndholdt håv for videre prøvetaking og kontroll.

Vi har anskaffet en egen prøvetakingshåv som er tilpasset MD, se Figur 18. Størrelse på håv er tilpasset størrelsen på lukene hvor uttak skjer.



Figur 18 Prøvetakingshåv

Det ble valgt grov dimensjon på metallrammen for å øke vekten på håven. Dette for å hindre at håven blir tatt av vannstrømmen i MD.

Denne metodikken fungerer bra i periodene der fisken har normal appetitt. Ved klinisk PD tilstand står fisken dypere i oppdrettsvolumet, samt søker fôr i begrenset grad, noe som vanskeligjør prøveuttak.

Observasjoner ved prøveuttak indikerer at vi får tatt ut et normalutvalg. Ut fra våre erfaringer så har vi ikke hatt behov for å endre prøveuttaksmetode.

Vi har erfart at dette er godværsarbeid. Vi har lang kranarm, og riktig plassering av håv krever rolige forhold uten bølger.

5.6 Trenging av fisk

Metoden for trenging av fisk er særegen for MD. Fisken trenges ved at merden heves ved å tømme ballastkammer og vannmengden i fiskevolumet reduseres. Uttak av fisk skjer via 2 stk. 20' losseslanger tilkoblet fisketappekum i bunn av merden, se Figur 19.



Figur 19 Venstre: Fisketappekum i bunn av merd. Høyre: 2 stk. losseslanger tilkoblet fisketappekum

Ved aktiv ballastering krenses merden mot fisketappekummen og målet er at merden skal tømmes for fisk uten aktive tiltak nede i fiskevolumet.

Vi har utført trenging av fisk med en biomasse på 880 tonn i Marine Donut. Vi erfarte at heveprosessen tok uforholdsmessig lang tid. Årsaken skyldes at en tømmepumpe var defekt, samt at det var lekkasjer i ballasteringssystemet i bunnen av MD. Dette vil bli utbedret før ny fisk settes i MD.

Opprettholdelse av tilstrekkelig oksygennivå under trenging er kritisk ved håndtering av store biomasser med fisk. Vi erfarte at oksygeninnløserne, som er inkludert i MD, ikke har tilstrekkelig kapasitet til å opprettholde oksygennivået på ønsket settpunkt ved en biomasse på 880 tonn slaktfisk. Årsak til redusert funksjon av innløserne er redusert vannflow og bortfall av trykk når vannnivået reduseres. Portabel nano oksygengenerator var i beredskap under trengingen og denne ble benyttet for å heve oksygennivået til ønsket nivå. Bruk av nano oksygengenerator under trenging blir inkludert i trengeprosedyren for MD.

Det har vært knyttet noe usikkerhet til lys i enheten ved levering på natt. Vi har vært usikker på om for mørkt oppdrettsvolum ville stresse fisken. Lysene i oppdrettsvolum er avhengig av vannkjøling. Disse må følgelig slås av ved heving. Vi har montert lysstoffrør i lukene på MD. Disse viser seg å gi tilstrekkelig belysning av oppdrettsvolum under trenging - fisken oppleves rolig og ikke stresset. Erfaringene tilsier at levering på natt går helt fint.

Vi har ikke opplevd uønskede hendelser under operasjonen, men det er tilnærmet umulig å få ut alle fisken under trengoperasjonen. Etter endt tømmeoperasjon var det ca. 50 fisker igjen i dødfiskellen, som vender mot fôrflåten.

Ballastsystemet er essensielt i forbindelse med trenging av fisken, da heving og krenkning av MD gjøres ved ballastering. Det har vært en del utfordringer med lekkasjer i ballastsystemet under

drift, som har medført behov for endringer og forbedringer for å unngå lekkasjer, samt sikre riktig heving/krengning av MD.

5.7 Kameraovervåkning i vannvolum

De fastmonterte kameraene fungerer i hovedsak godt, men det er noen forbedringspunkter. Vi ser at mer vidvinkel kan være ønskelig enkelte steder. Videre erfarer vi at det burde vært lettere tilgang til kameraene for rengjøring og vedlikehold.

Ved høy biomasse blir lysforholdene dårligere. Dette går utover bildekvaliteten. Liten avstand mellom hver fisk reduserer området hvor det er mulig å se.

Det er ikke lett å definere fôraktivitet via fastmonterte kamera. Denne utfordringen tiltar ved høy biomasse (maksimal fisketetthet på 50 kg/m³). Høy tetthet er utfordrende med hensyn til hvor langt vi klarer å se.

Idéer vi ønsker å teste ut ved neste utsett er montasje av tradisjonelt foringskamera og kamera med montert lys for bedre å kunne se dødfiskfellene ved høy biomasse. Dette for å løse noen av de utfordringene som er nevnt i kapittel 5.4.

6 Fiskehelse, adferd og velferd

6.1 Formål

Som ved ordinær drift vil det bli registrert en rekke parameter som skal overvåke fiskehelse og velferd. Hensikten med denne delen av programmet er å overvåke fiskens helse og velferd gjennom produksjonen, hvor kartleggingen vil gi et godt svar på merdens ytelse for å sikre gode biologiske prestasjoner.

6.2 Fylling av svømmeblære

For å kontrollere svømmeblærefylling ble følgende parametere kartlagt i henhold til måleprogram.

- Fisk som snapper luft i lukene
- Svømmehastighet
- Tiltvinkel

Filming av luftsnapping ble utført i henhold til måleprogram. Disse filmene ble dessverre ikke lagret i ABB-systemet som forventet. Det var kun filnavnet, uten selve videofilen, som ble lagret på harddisken. Da dette ble oppdaget var det for sent å få tak i videoene. Feilene er rettet opp før neste utsett. Vi observerer imidlertid at fisk bryter overflaten for å snappe luft, men vi har ikke data som kan tallfeste observasjonene.

Svømmehastighet og tiltvinkel ble kartlagt ved å filme fisken ved hjelp av et kamera som vi senket ned i fiskevolumet. I etterkant ble videoene analysert i Adobe Premier, hvor

svømmehastighet og tiltvinkel ble registrert. Totalt ble det målt svømmehastighet og tiltvinkel på 40 fisk pr videofil.

Det er observert lite endringer i svømmehastigheten gjennom driftssyklusen, maksimal svømmehastighet var 0,6 kl/s og minimal var 0,44 kl/s, se Figur 20. Resultatene tilsier at det ikke er unormal svømmehastighet forårsaket av mangel på fylling av svømmeblære.

Registreringene er noe konservative med tanke på at svømmehastighet er registrert på fisk med fremdrift. Det er registrert i dataen at mye fisk står stille eller driver bakover i strømmen.

Figur 20 Svømmehastighet MD, kroppslengde/sekund, registreringer uke 31 - uke 38/2024

Fiskens tiltvinkel er vurdert på de samme videoene. Det er ikke observert fisk med unormal svømmevinkel.

Overflatearealet i Marine Donut er funksjonelt og tilstrekkelig for fisken. Det er ingen observasjoner av fisk med avvikende adferd pga. manglende fylling av svømmeblæren.

6.3 Helseovervåkning

Helseovervåkning er gjennomført av Åkerblå.

Etter at den første delen av fiskegruppen ble flyttet til Marine Donut 10. juli og fram til slakt ble det gjennomført 4 helsebesøk på Seterneset. Resten av fiskegruppen ble flyttet inn i Donut 10. og 12. august.

Ved helsebesøk 10. juli ble helsestatus vurdert å være god. Fisken stimet rolig og fint i enheten og var interessert i fôret. Det ble observert enkelte svimere med håndteringsskader relatert til avlusing med hydrolicer få dager før flyttingen. Gjellene så fine ut, men begynte lett å blø ved berøring. Innsendte histologiprøver fra besøket viste sparsomme forandringer på gjeller, og det ble ikke sett tegn til kjente gjelleagens.

Ved neste helsebesøk, 27. august, hadde resten av fiskegruppen blitt flyttet til Marine Donut, og det ble påvist Pankreassykdom (heretter kalt PD) med PCR. PD er en alvorlig virussykdom som

påvirker både helsestatus og fiskevelferden. Dødeligheten var lav, men appetitten var på vei ned. Fisken stod rolig i enheten, enkeltfisk ble observert hoppende. Det ble observert noe mer gjelleforandringer, i form av bleke/nekrotiske gjelletupper, hos normalfisken som ble prøvetatt ifm måleprogram, enn ved forrige besøk. Det ble påvist sparsom vekst av *Aliivibrio logei* fra hudutstryk av en normalfisk med begynnende hudforandringer. Bakterien er en opportunist som vanligvis ikke gir sykdom alene, men som kan gi sykdom dersom det er skader i hud eller fisken er svekket. Det var ingen bakterievekst fra nyre, noe som tilsier at det ikke var en systemisk infeksjon.

Ved helsebesøk 13. september, ble helsestatus vurdert som nedsatt som følge av PD-utbrudd. Dødeligheten var fortsatt på et lavt nivå, men det var dårlig appetitt. Fisken stimet rolig i enheten. Ct-verdier på innsendte PCR-prøver indikerte en økning i mengden PD-virus ved dette besøket sammenlignet med besøket i august.

Ved det siste helsebesøket, 9. oktober, ble helsestatus vurdert som akseptabel til god. Dødeligheten hadde holdt seg lav, og appetitten var på veg opp igjen etter PD-utbruddet. Ct-verdier på innsendte PCR-prøver indikerte nå en nedgang i mengden PD-virus, noe som stemte godt med klinikken. Det ble observert varierende forekomst av bleke/nekrotiske gjelletupper hos de 10 normalfiskene som ble prøvetatt ifm måleprogram. Total gjellescore scoret 2,1 dominert av nekrotiske gjelletupper, som er en ytterligere økning siden forrige besøk. Svar på innsendte gjelleprøver påviste en multifaktoriell gjellebetennelse. Samlet sett ble vevsforandringene vurdert som moderate til rikelige, hvor både agens (eksempelvis *B. cysticola*) og ikke infeksjøs årsaker (inkludert zooplankton/fytoplankton) kan ha vært medvirkende til forandringene.

Figur 21 Dødelighet. Grafen viser ukentlig dødelighet for fiskegruppe SEN-SB-31.05.23-1 f.o.m uke 28 t.o.m uke 43, 2024. Dødelighetstoppen i uke 32 skyldes avlusing med hydrolicer på lokalitet Myrane, før resten av fiskegruppen ble flyttet til Donuten.

Til tross for at fiskegruppene ble screenet for PD før flytting, mistenkes det at fiskegruppen var smittet allerede før flytting og tok med seg sykdommen fra lokalitet Myrane. Det har vært lav dødelighet i Marine Donut hele tiden mens fiskegruppen har vært i enheten. Til tross for påvisning og utbrudd av alvorlig sykdom, virker det ikke som at fisken har blitt ytterligere negativt påvirket av å ha stått i Donuten.

6.4 Velferdsscore og rapportering

Fisken ble velferdsscoret ved mottak i Donut, 10. juli av Åkerblå. Deretter har lokaliteten selv velferdsscoret 20 fisk ukentlig i forbindelse med lusetelling.

Velferdsindikatorer som er scoret er katarakt, sår, kjønnsmodning, øyeskade, finneslitasje, kjevedeformiteter og skjelettdeformiteter.

Resultater fra gjennomførte velferdsscoringer er vist i Tabell 3.

Tabell 3 Velferdsscore produksjonssyklus 1

Dato	Katarakt	Sår	Kjønnsmodning	Øyeskade	Finneslitasje	Deformitet; kjeve	Deformitet; skjelett
10.07.2024	0	0,1	0	0,067	1,1	0	0
16.07.2024	0,05	0	0	0	0,45	0	0
22.07.2024	0	0	0	0	0,05	0	0
29.07.2024	0	0	0	0	0,65	0	0
05.08.2024	0	0,15	0	0	0,1	0	0
12.08.2024	0	0	0	0,05	0,55	0	0
19.08.2024	0,1	0	0	0,05	0,75	0	0
26.08.2024	0	0,25	0	0	0,8	0	0
02.09.2024	0,05	0,35	0	0	0,7	0,05	0
09.09.2024	0,05	0,3	0	0,1	0,8	0	0
16.09.2024	0	0,1	0	0	0,4	0	0
23.09.2024	0	0,2	0,2	0	0,45	0	0,05
30.09.2024	0	0,10	0	0	0	0	0
07.10.2024	0,15	0	0	0	0	0	0
14.10.2024	0	0,10	0	0	0,05	0	0

Velferdsscoringen viser et innslag av finneslitasje og sår blant fisken. Det ble registrert mest finneslitasje på fisken ved første mottak, som ble relatert til mekanisk avlusing, og det har ikke forverret seg mens fisken har stått i Donuten. Det ble derimot registrert svært lite finneslitasje ukene før slakt. Det var en liten økning av sår i slutten av august/september før det ble mindre igjen fram til slakt. Det kan ha sammenheng med at resten av fiskegruppen kom 10. og 12. august, etter en ny hydrolicer-behandling. Det har også blitt registrert litt katarakt, øyeskade og deformiteter, men det har ikke vært utvikling av dette.

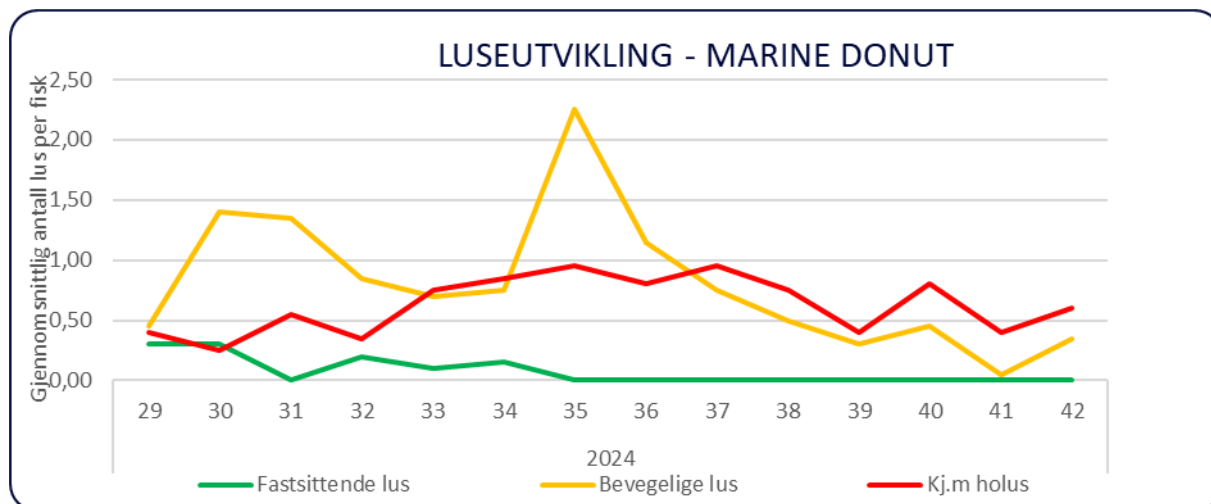
Alt i alt har det vært fine velferdsscoringer, og det vurderes ikke som at fisken har blitt påvirket negativt av å ha stått i Donuten.

Luseutviklingen i Donut

Fisken som først ble flyttet til Donuten hadde vært gjennom en hydrolicer-behandling få dager før flytting, men hadde fortsatt en del lus på seg. Det var en økning av spesielt bevegelige lus i uke 30, men deretter var det en gradvis nedgang av bevegelige lus fram til resten av fiskegruppen ble flyttet inn i Donuten i uke 32/33, se Figur 22.

Fisken som ble satt inn 10. og 12. august hadde også nylig vært gjennom en hydrolicer-behandling, men det var fortsatt noe lus på fisken. Det registreres en påfølgende økning av bevegelige lus i uke 35, men f.o.m uke 36 var det en tydelig nedgang av bevegelige lus. Det var en jevn økning av kjønnsmoden hunnlus t.o.m uke 37, men deretter ses en nedgang i uke 38 og 39, før det øker litt igjen. Det har blitt registrert svært lite fastsittende lus, ingen etter uke 34.

Det har ikke blitt gjennomført lusebehandlinger mens fisken har stått i Donuten.



Figur 22 Grafen viser luseutviklingen i Donut f.o.m uke 29 t.o.m uke 39. Det har ikke blitt gjennomført lusebehandlinger mens fisken har stått i Donuten.

6.5 Overvåkning av gjellehelse

Gjellescore er utført av Åkerblå.

Gjellehelsen ved mottak 10. juli ble vurdert som generelt god. Gjellene så fine ut med fin farge, men begynte lett å blø ved berøring. Innsendte histologiprøver fra besøket viste kun sparsomme forandringer på gjeller, og det ble ikke sett tegn til kjente gjelleagens.

Ved de to påfølgende besøkene, 27.08 og 13.09, ble det observert noe mer gjelleforandringer i form av bleke/nekrotiske gjelletupper. Total gjellescore av 5 fisk 13. september var 1,6. På dette tidspunktet hadde resten av fiskegruppen blitt flyttet til Donuten, og hadde blant annet vært gjennom enda en hydrolicer-behandling. Ved helsebesøk på Myrane 2. august var det funn av samme typen forandringer (cellenekrose på mindre områder på en til få gjellebuer) og totalscore ble også scoret til 1,6 for fiskegruppen. Det kan dermed tenkes at økningen i gjelleforandringene kan ha skjedd før resten av fiskegruppen ble flyttet til Donuten. Gjelleprøver (histologi og PCR) ble tatt ut ved begge besøk og er lagret hos fiskehelsepersonell (Åkerblå).

9. oktober ble det observert varierende forekomst av bleke/nekrotiske gjelletupper hos de 10 normalfiskene som ble prøvetatt ifm måleprogramet. Total gjellescore 2,1 med forandringer dominert av nekrotiske gjelletupper. Svar på innsendte gjelleprøver indikerte en multifaktoriell gjellebetennelse. Samlet sett ble vevsforandringer vurdert som moderate til rikelige, hvor både agens (eksempelvis *B.cysticola*) og ikke infeksjose årsaker (inkludert zooplankton/fytoplankton) kan ha vært bidragende til patologi.

Det har vært en utvikling av gjelleforandringer mens fisken har stått i Marine Donut. Fra kun sparsomme forandringer, uten tegn til kjente gjelleagens ved første mottak, til moderate til

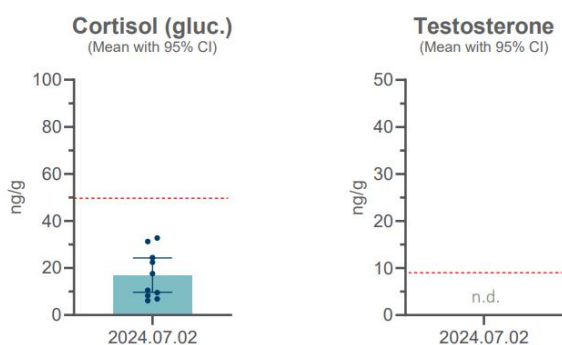
rikelige forandringer, hvor både infeksiøse og ikke-infeksiøse årsaker trolig har vært bidragsytende, da fiskegruppen gikk til slakt. Det var liknende utvikling av gjelleforandringer på lokalitet Myrane før siste del av fiskegruppen ble flyttet til Donuten, og det vites ikke om utviklingen hadde vært lik om fisken hadde blitt stående på Myrane.

6.6 Stressmålinger

Fecesprøver, for analyse av stress, er gjennomført før flytting av fisk fra Myrane og fra fisk i MD.

Fra Myrane før flytting

Resultat fra 10 prøvetatte fisk på lokalitet Myrane 2. juli 2024, viste ingen tegn til stress. Fine lave kortisol-nivåer i alle 10 fiskene, se Figur 23. Sjekket også testosteron, og her lå alle prøvene under deteksjonsgrensen. Altså ingen tegn til kjønnsmodning.

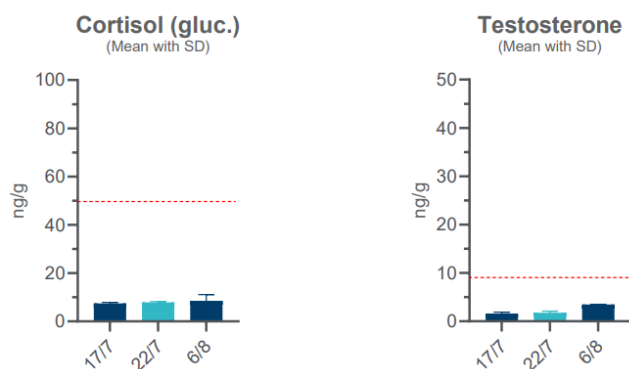


Figur 23 Kortisol- og testosteronnivåer fra uttak før flytting fra Myrane

Fra Donut etter flytting. 17.07, 22.07 og 06.08.

Svært lave nivåer av kortisol på alle 3 uttaksdatoer og ingen tegn til stress, se Figur 24.

Testosteron ble detektert, men nivåene var svært lave. Altså heller ingen tegn til kjønnsmodning.



Figur 24 Kortisol- og testosteronnivåer fra uttak i MD

Lavt stressnivå på fisken samsvarer godt med de øvrige data om fiskevolumet og observasjoner av fiskens adferd. Fisken står i et lukket volum uten ytre stressfaktorer med stabil god vannkvalitet og god tilgang til luft for fylling av svømmeblære. Merden tilfredsstillende fiskens biologiske krav godt. Fisken får som et resultat av det en rolig og normal adferd og lavt stressnivå.

6.7 Biosikkerhet

Fisken ble screenet for PD før den ble flyttet fra lokalitet Myrane til Donuten. Det er likevel ikke mistanke om at fisken har blitt smittet med PD etter at den ble flyttet til Donuten, men at fiskegruppen var smittet allerede før flytting og tok med seg sykdommen fra lokalitet Myrane.

01.07.2024: 80 fisk ble screenet for PD før flytting av fisk fra lokalitet Myrane til Donut. Samtlige prøver var negative.

31.07.2024: 60 fisk ble screenet for PD før flytting av fisk fra lokalitet Myrane til Donut. Samtlige prøver var negative.

02.08.2024: Ytterligere 20 prøver ble analysert for PD ved lokalitet Myrane, og alle prøver var negative.

27.08.2024: 10/10 prøver fra Donut var positive for SAV, med Ct-verdier 22,1-36.

13.09.2024: 10/10 prøver fra Donut var positive for SAV, med Ct-verdier 19,1-27,8.

09.10.2024: 19 av 20 prøver fra Donut var positive for SAV med Ct-verdier 16,2-34,2.

Resultater prøvetaking UV – effekt

UV-anlegg har til hensikt å forbedre vannkvalitet på inntaksvannet og redusere mengde virus, bakterier og parasitter som fisken i tanken eksponeres for – og vil da være med å forebygge mulig sykdom ved reduksjon av patogen. UV-anlegget til MD har ikke kapasitet eller var å forvente å sterilisere vannet, og det har heller ingen hensikt. Resultater fra UV-prøver tatt i løpet av produksjonssyklus 1 er vist i Tabell 4.

Tabell 4 Oversikt over UV-prøver, produksjonssyklus 1

Dato	Prøve punkt	Kimtall 22°C	Vibrio spp.	UV-transmisjon	Reduksjonsgrad kimtall	Reduksjonsgrad vibrio	Kommentar:
25.01.2024	UV1	79	9		73,67	78,05	Målt høy transmisjonsgrad, som tilsier god evne til å UV-behandle vannet. God reduksjon i kimtall. Reduksjonsgrad for vibrio varierer fra god til dårlig, men svært lavt antall (kunstig?) før UV. Og alle resultater har live nivå. Lavt nivå pr/l etter, hvor 1 er oppgitt som <1 i prøvesvar.
25.01.2024	UV2	9	3		97,00	92,68	
25.01.2024	UV3	0	1		100,00	97,56	
25.01.2024	UV4	4	1		98,67	97,56	
25.01.2024	UV5	17	1		94,33	97,56	
25.01.2024	UV6	0	1		100,00	97,56	
25.01.2024	Før UV	300	41	84,4			
22.08.2024	UV1	2	10		98,18	99,91	God reduksjon i kimtall. God reduksjonsgrad vibrio.
22.08.2024	UV2	1	2		99,09	99,98	
22.08.2024	UV3	4	3		96,36	99,97	
22.08.2024	FØR UV	110	11000				
23.09.2024	UV1	3	1		84,21	99,99	Kimtall: UV3 skiller seg ut med høyere kimtall enn før UV prøven, men reduksjonsgraden til vibrio er god.
23.09.2024	UV2	1	43		96,00	99,46	
23.09.2024	UV3	25	100		-31,58	98,75	
23.09.2024	UV4	0	1		100,00	99,99	
23.09.2024	UV5	2	1		89,47	99,99	
23.09.2024	UV6	1	130		94,74	98,38	
23.09.2024	Før UV	19	8000				
10.10.2024	UV1	1	6		88,89	99,63	Lagt kimtall før, så det begrenser reduksjonsgrad til kimtallet. Reduksjonsgraden til vibrio er varierende. Fra svært god til nedsatt. I UV2, 3 og 4 er gjenværende vibrio spp. etter UV høyere- og lavere reduksjonsgrad enn hva som forventes?
10.10.2024	UV2	3	100		66,67	93,75	
10.10.2024	UV3	1	99		88,89	93,81	
10.10.2024	UV4	0	100		100,00	93,75	
10.10.2024	UV5	3	1		66,67	99,94	
10.10.2024	UV6	3	8		66,67	99,50	
10.10.2024	Før UV	9	1600				

Resultatene fra UV-prøver, se Tabell 4, viser noe variasjon i effekt og reduksjon i kimtall og vibrio spp. Ved de fleste tilfeller er reduksjonsgraden innenfor norm mtp effekt (+99,9%). Det observeres variasjoner i målinger «før uv» - og etter UV og det kan derfor ikke utelukkes det kan være noe kontaminering pga metode eller gjennomføring av prøvetaking. Det har ikke blitt etablert sykdom eller funnet oppformering av mikroorganismer som danner grunnlag for å mistanke for liten kapasitet på UV-anlegg.

7 Produksjonsdata

7.1 Formål

En rekke produksjonsparametere kartlegges tilsvarende det som gjøres ved konvensjonell drift. Hensikten er å dokumentere at systemet fungerer i henhold til intensjon og avdekke eventuelle systemfeil som kan påvirke biologiske prestasjoner, fiskehelse eller fiskevelferd.

7.2 Program

Følgende produksjonsdata registreres i henhold til program:

- Antall fisk
- Tilvekst
- Utfôring
- Biomassekontroll og tetthet
- Belysning
- Vannmengde
- Effekt UV
- Slaktet antall

Produksjonsdata lagres i FishTalk i henhold til standard prosedyre. Kunstig belysning står på kontinuerlig. Vannmengde og effekt UV lagres i skyløsning.

7.3 Resultater

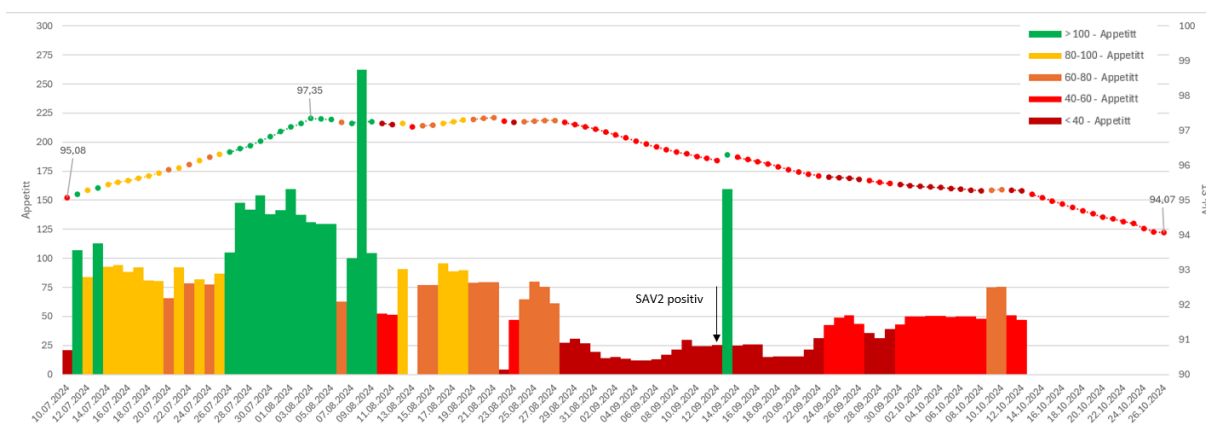
Det ble gjennomført totalt 3 innsett med fisk i MD på første produksjonssyklus med 1 mnd. mellomrom fra første til tredje innsett (se kap.5.2, Tabell 1). Den totale produksjonen for første produksjonssyklus endte på 187 125 kg, snittvekstsøkning på 1,04 kg med en økonomisk førfaktor på 1,36.

To hendelser preget produksjonen mye:

- Bortfall av 3 innløpspumper rett etter innsett av fisk 10. og 13 august.
- Utbrudd av PD (påvist 12.09.24) reduserte produksjonen mye, appetitten ble kraftig redusert fra medio august.

Til tross for dette fikk vi kartlagt merdens biologiske kapasiteter godt, spesielt bortfallet av 3 innløpsspumper var en stresstest av merdens fiskevolum.

Appetitt og tilvekst



Stolper = Appetitt

Prikket linje = Akkumulert ST

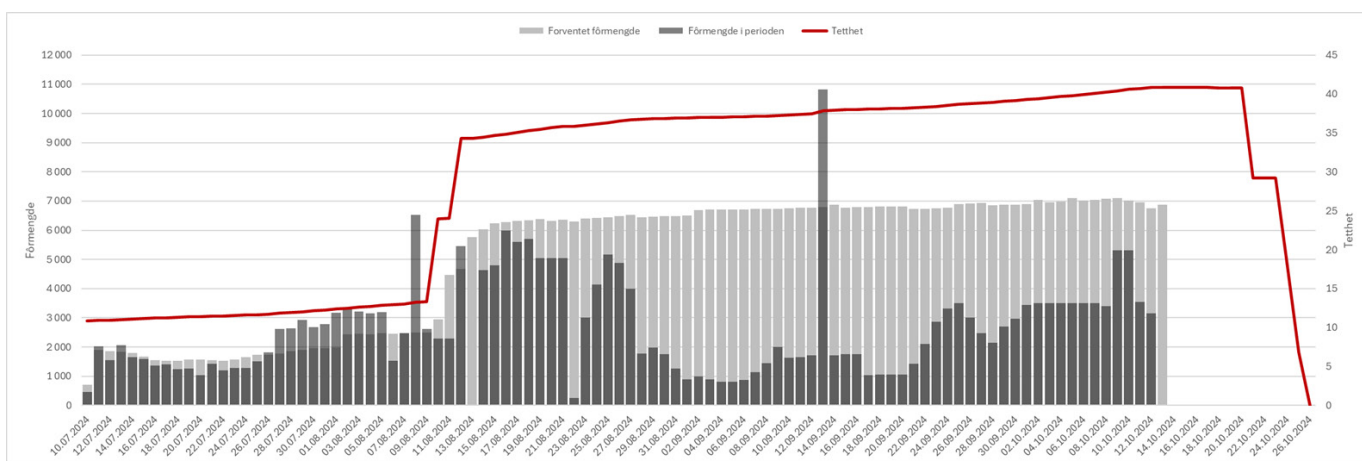
3



Figur 25 Oversikt over appetitt og tilvekst gjennom produksjonssyklus 1

Figur 25 viser at appetitten den første måneden er god, akkumulert ST øker fra 95 til 97. Det vil si at tilveksten er høyere enn forventet i denne perioden. Etter innsettet 10 og 12 august er appetitten lav, dette er forventet. Biomassen i merden øker med 460 tonn, en slik endring vil påvirke fisken noen dager. Etter 2-3 dager med dårlig appetitt har vi ca en uke med utføring på 70-80% av forventet mengde. Dessverre samfaller dette med bortfallet av 3 pumper, så det blir vanskelig å få fisken skikkelig i gang. De dagene vi hadde totalt 3 pumper ute av drift stoppet vi føring for å redusere oksygenforbruket og redusere CO2 verdiene.

I slutten av august dropper appetitten betydelig, det samfaller med PD utbruddet. Akkumulert ST faller fra 97 i starten av august til 94 ved slaktetidspunkt.



Figur 26 Reell tilvekst sammenlignet mot forventet tilvekst

Figur 26 viser noe av det samme som Figur 25, de mørkegrå stolpene er utføring og de lysegrå er forventet utføring ved ST 100. Tallene viser at appetitten er relativt høy i perioden med bortfall av inntakspumper. Det største droppet er bevisst sulting i de dagene med bortfall av 3

innløpspumper. Det store tapet i tilvekst kommer i slutten av august, dette sammenfaller som tidligere nevnt med utbrudd av PD.

Det er interessant at fôringen øker såpass raskt etter de to innsettene i august, den første uken er fôringen tilnærmet normal. Tettheten i merden har samtidig økt fra 13 kg/m³ til 35 kg/m³ uten at det påvirker fôringen i stor grad.

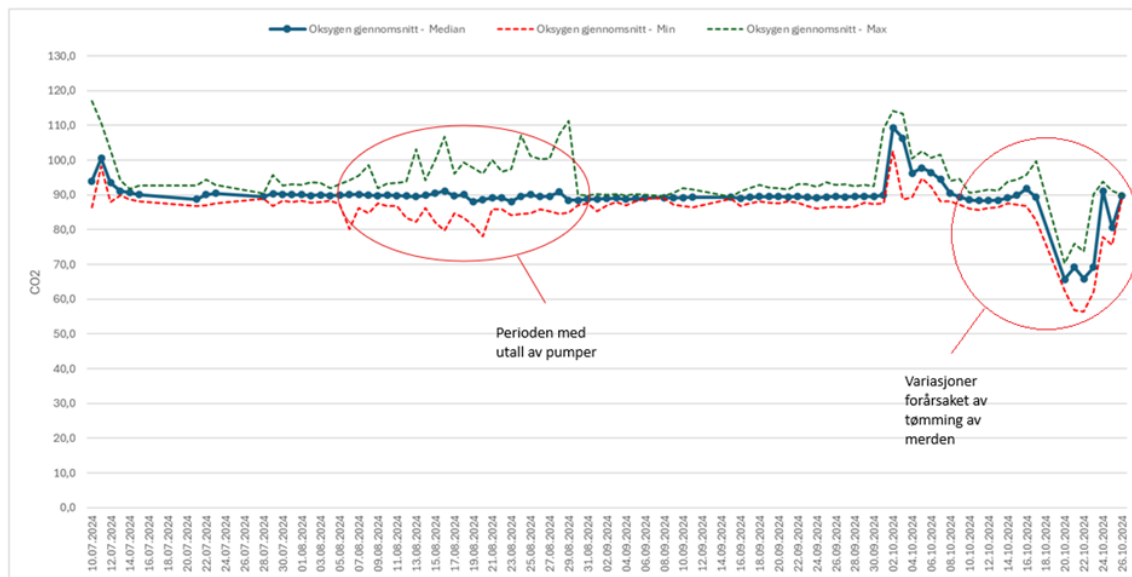
Vannflow og CO2



Figur 27 Vannflow og CO2 nivåer i merden

CO2 nivåene steg markant når bortfallet av innløpspumper startet, den største økningen kom ved bortfall av andre pumpe. Fallet i CO2 i perioden med bortfall av 3 innløpspumper er trolig forårsaket av fôringstopp.

Oksygennivåer



Figur 28 Oksygenivå i MD produksjonssyklus 1

Oksygenivået i merden har vært svært stabil gjennom hele produksjonssyklusen, det er noe variasjon i perioden med bortfall av pumper. Det viser trolig at styresystemet sliter litt med å korrigere oksygentilsetting ved bortfall av pumper, det er naturlig. Som skrevet tidligere i rapporten er vannkvaliteten i fiskevolumet jevn og av god kvalitet. Innblanding og omrøringen i fiskevolumet er god, det er en forutsetning for god produksjon og god fiskevelferd i en lukket merd.

8 Produktkvalitet

8.1 Formål

Sikre at produktkvalitet på fisken som produseres i Marine Donut ivaretas.

8.2 Resultater

Marine Donut ble tømt for fisk i perioden 17. – 18. oktober 2024. Slakteresultater er vist i Tabell 5.

Tabell 5 Slakteresultater Marine Donut - produksjonssyklus 1

Slakte resultater			Kvalitet			
Slaktet ant	Snittvekt [kg]	Biomasse [kg]	Superior [%]	Prod 1 [%]	Prod 2 [%]	Vrak [%]
190 338	4,659	886 849	93,5	0,41	5,89	0,2

Resultatet er i samsvar med resultatene fra tilsvarende fiskegruppe som har stått i åpne merder.

Hovedårsakene til nedklassing er kjønnsmodning og en liten andel med deformiteter. Dette er nedklassingsårsaker som ikke har sammenheng med å produsere fisk i Marine Donut.

Superior andel i Donut er identisk med superior andel på lokalitet som fisken ble levert fra.

9 Data og kommunikasjon

Data fra sensorer lastes (push) fra ABB til et API hos SalMar og lagres i SalMars datavarehus. På grunn av utfordringer i datavarehuset, er data aggregert til 10-minutters intervall for å holde datamengde nede. Data er så eksportert til Excel for analyse, og til dels videre til Power BI for presentasjon/distribusjon.

Datainnsamling på lokalitet og overføring til SalMars API har fungert godt.

SalMar er i prosess med å velge en ny dataplattform, der tidsseriedata med høyere oppløsning kan håndteres bedre. Det vil da settes opp datastrøm med høyere oppløsning og mer strømlinjeformet rapportering. I datavarehuset kan data fra MD settes sammen med biologiske data fra Fishtalk, kameradata fra Aquabyte og data fra andre kilder på en mer automatisert måte enn hva som har blitt gjort i prosjektet til nå (manuell sammenstilling).

Alle figurer som er presentert i denne rapporten er laget ved manuell sammenstilling av måledata.

10 Tekniske prestasjoner

Teknisk måleprogram for kartlegging av vannstrømhastigheter i Marine Donut er gjennomført i henhold til måleprogram. Resultater fra fullskalamålingene vs. CFD-analysene vil bli presentert i egen rapport.

Fullskala målinger av vanntrykk på mantelen (innvending og utvendig), laster i haneføtter og globale bevegelser til Marine Donut, samt registrering av bølgehøyder, -retning og strøm på lokaliteten pågår. Sammenligning av fullskalamålinger mot analyser vil bli presentert i egen sluttrapport.

11 Referanser

/1/	Rapport 2879-12-23N Seterneset, «Strømmålingsforsøk desember 2023, Marine Donut, Seterneset, Molde kommune», datert 15.01.2024.
/2/	Memo nr. Ranold-2023-1578 «Samsvarsvurdering intern strømning Marine Donut», Rev 01 datert 10. juli 2024.
/3/	Måleprogram; «Marine Donut: Måleprogram 7.1 for dokumentering av resultater fra driftsfase – versjon 2»
/4/	Marine Donut Måleprogram produksjonssyklus 1 – midtveisrapport målekriterie 8.1 Rev. 0, datert 08.10.2024.