



CERMAQ

iFarm[®]
Individbasert havbruk

iFarm forprosjekt: Konsept-test fiskeadferd i mockup

Prosjektdeltagere: Cermaq Norway, BioSort, Havforskingsinstituttet

Underleverandører: AKVA group, Egersund Net, Adigo, LiftUp, RFID Solutions

Oslo
23. mai 2017

Dette dokumentet er konfidensielt og tiltenkt kun de personer det er adressert til.

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	I
1. INTRODUKSJON	2
1.1 BAKGRUNN.....	2
2. OPPSETT AV KONSEPT-TEST VED SOLHEIM	2
2.1 NOT OG MERD.....	2
2.2 IFARM FORKAMMER OG RETURÅPNINGER.....	3
2.3 UNDERVANNSFØRING.....	4
2.4 DØDFISK HÅNTERING.....	4
2.5 OVERVÅKNINGSVERKTØY:.....	4
3. KONSEPT-TEST UTFORMING AV IFARM ÅPNINGER	6
3.1 GEOMETRI VED OPPSTART.....	6
3.2 TRAKTFORMEDE ÅPNINGER I STØRRELSE 60X60 CM.....	7
3.3 INNSNEVRING UTEN TRAKTFORM.....	8
3.4 INNSNEVRING TIL 80 X80 CM ÅPNINGER.....	9
3.5 INNSNEVRING TIL 60 X60 CM ÅPNINGER.....	9
4. KONSEPT-TEST UTFORMING AV IFARM RETURÅPNINGER	10
4.1 TRAKTFORMET RETURÅPNING MED VERTIKALBEVEGELSE.....	10
4.2 85 CM ENDEÅPNING OG HORIZONTALBEVEGELSE.....	11
5. ANALYSE	12
5.1 SENTRALE FORSKJELLER SAMMENLIGNET MED FULLSKALA.....	12
5.2 HVORDAN VANDRER FISKEN OPP OG NED.....	13
5.3 HVOR STÅR FISKEN.....	13
5.4 FISKEVELFERD.....	14

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

I perioden 24. januar til 28. mars har det vært utført konsept-tester av et iFarm mockup design ved Havforskningsinstituttet avdeling Matre sitt anlegg på Solheim. Formålet med testene har vært å kartlegge fiskens bevegelsesmønster i et iFarm system og verifisere at fisken, frivillig og uten stress, svømmer igjennom den størrelse sensor åpninger som iFarm systemet krever for å fungere godt, samt at fiskevelferden er ivaretatt. Testen har vært utført med 2000 smolt som hver har stått ca. 2 måneder i sjø. 5% av fisken har vært merket med PIT-tag for å bedre kunne monitorere bevegelsesmønsteret.

Det har blitt verifisert at fisken uproblematisk svømmer igjennom iFarm sensor åpninger både på størrelse 80x80 cm og på 60x60 cm. Begge disse størrelsene og størrelser imellom disse er egnet for iFarms formål og hovedprosjektet vil ta endelige valg i forhold til størrelse basert på en rekke sentrale design avveininger.

Link til video av iFarm sensor åpninger og returåpninger: <https://youtu.be/lcmfETb8IEA>

Ved avslutningen av fiskeutsettet har all fisk vært individuelt veid og målt, samt at SWIM indeks (Stien et al., 2013) vurdering har vært gjennomført for den PIT-tag merkede fisken. Basert på disse testene har Havforskningsinstituttet konkludert med at veksten ikke har vært lavere enn det enn kunne forvente under tilsvarende forhold men med åpen merd og at SWIM indeksen viser svært god fiskevelferd. Det var kun 8 dødfisk for fiskeutsett 1, av totalt 2156 fisk.

Det er mange parametere knyttet til geometri, fiskeadferd og fiskens frekvens til overflaten som ikke kan gjenskapes i småskala og iFarm konseptet er helt avhengig av omfattende fullskala testing for utvikling av konseptet. I påvente av tilsagn fortsetter prosjektet med småskala testing for ytterligere læring.

1. INTRODUKSJON

1.1 BAKGRUNN

Cermaq Norway AS har søkt om 10 utviklingstillatelser for prosjektet iFarm, Individbasert Havbruk. For å kunne sjøsette første prototype av iFarm systemet så raskt som mulig etter tilsagn om utviklingstillatelser har Cermaq Norway AS og BioSort AS gjennomført et forprosjekt med følgende målsettinger:

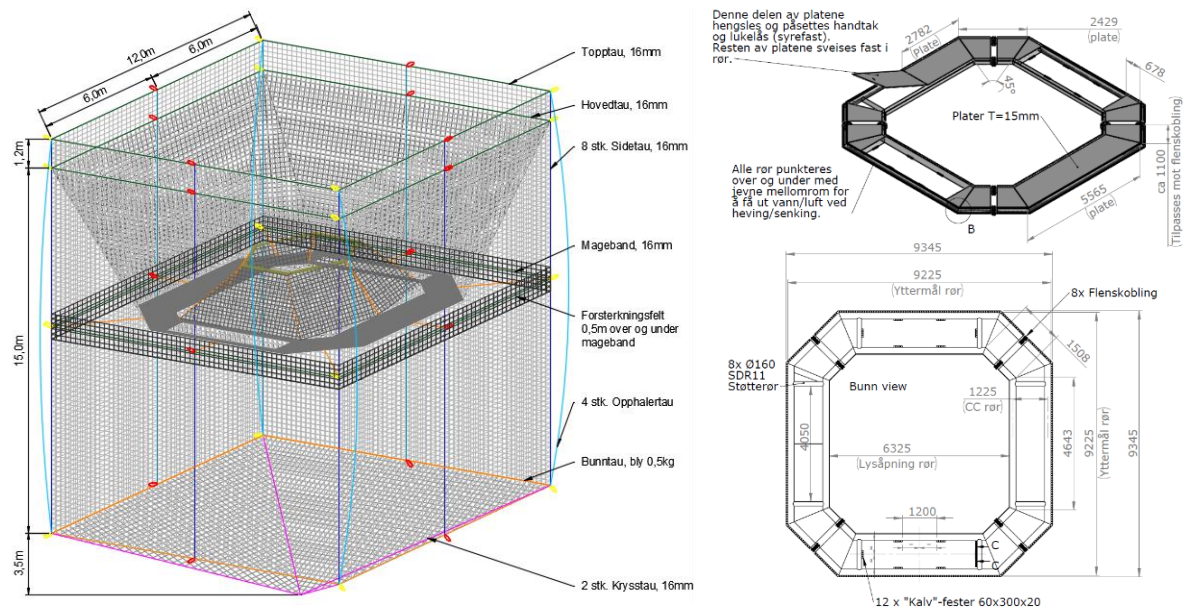
- Kartlegge fiskens bevegelsesmønster i småskala systemet med begrenset antall fisk
- Test av sensorprinsipper som erfaringsunderlag for utvikling av prototype A

Dette dokumentet beskriver tester av fiskens bevegelsesmønster i systemet i perioden 24. januar til 28. mars hvor det har vært utført konsept-tester av et iFarm mockup design ved Havforskningsinstituttet avdeling Matre sitt anlegg på Solheim. Test av sensorprinsipper er beskrevet i eget dokument. I påvente av tilsagn gjennomfører BioSort ytterligere småskala tester og andre forarbeider for å korte ned tiden mellom tilsagn og utsett av første fullskala prototype.

2. OPPSETT AV KONSEPT-TEST VED SOLHEIM

2.1 NOT OG MERD

Anlegget på Solheim har 10 stålmerder med størrelse 12x12 meter og en av disse blir brukt til iFarm konsept-test. Figur 2 viser tegning av not og bunnring-tube brukt i testen.



Figur 2: Tegning av not og bunnring-tube

For å kunne gjennomføre konsept-testen i småskala er det gjort en rekke tilpasninger som avviker fra en fullskala versjon. For eksempel kan det nevnes at:

- Avstanden fra bunnring-tube/returåpninger ut til ytternota er kun ca. 1 meter, dette er valgt for å få en relativt stor lysåpning i bunnring-tube, for å guide fisken mot iFarm forkammeret. I fullskala er avstanden fra bunnring-tube/returåpninger ca. 12 meter og det vil være mye vanskeligere for fisk å finne returåpningene nedenifra i storskala sammenlignet med småskala.
- Nota som definerer tuben i testsystemet går til merdkanten og ikke til en egen flytering for tuben, slik en fullskala installasjon vil gjøre. Dette resulterer i at volumet i tuben er mye større sammenlignet med hovednotvolumet nede, sammenlignet med en fullskala versjon.

Det som har vært drivende for kompromissene som måtte tas i småskala konsept-test, var ønske om å kunne bruke full størrelse på iFarm forkammer og sensor åpninger, samt returåpningene, hvor fisken svømmer fra tubevolumet ned til hovednotvolumet nede. Det var også et ønske at lederusen som guider fisken til iFarm forkammeret, når fisken skal til overflaten, er stor nok til å inneha denne guide funksjonen.

Hovedmål for system

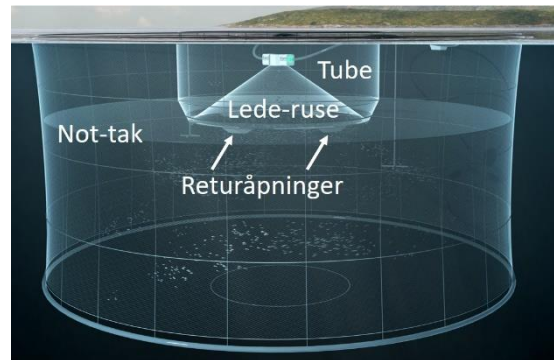
Merd størrelse	12x12 meter
Dybde til bunntau	15 meter
Dybde til senter bunn	18,5 meter
Dybde til bunnring-tube	6,5 meter
Dybde til iFarm forkammer inngang	4 meter

2.2 I FARM FORKAMMER OG RETURÅPNINGER



Figur 3: iFarm forkammer, lederuse, bunnring-tube og returåpninger

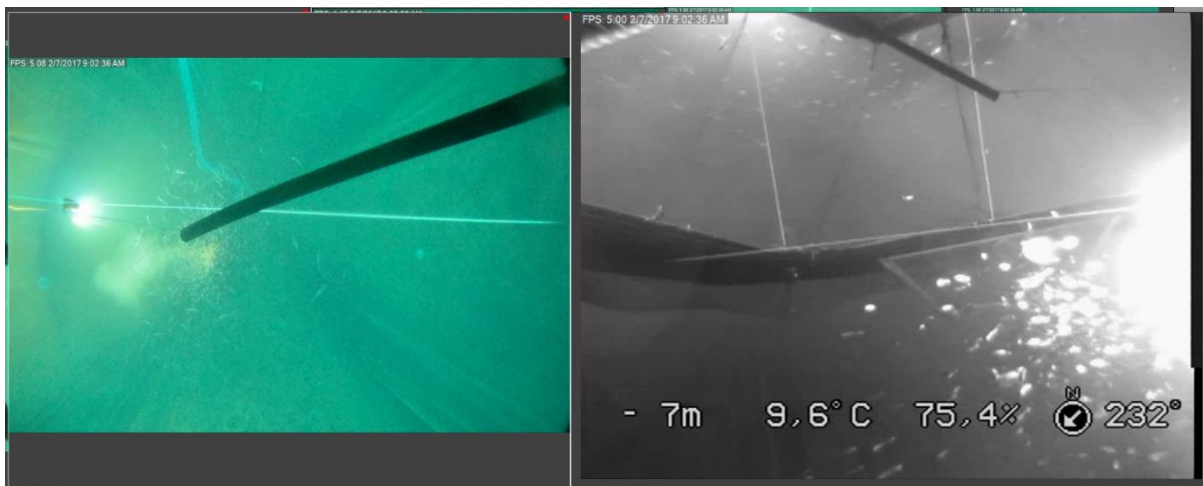
Størrelsen på iFarm forkammer er tilsvarende som tiltenkt i en fullskala merd, dvs. en åpning sett nedenfra er på ca. 3,5 meter i diameter. Åpningene ut av iFarm forkammeret har vært en av de viktigste testparametere i konseptarbeidet og har vært variert fra ca. 115x90 cm til 60x60 cm. Returåpningene (hvor fisken returnerer til nedre volum i nota) som er den andre sentrale test parameteren i konseptarbeidet, har hatt en inngang på 4x0,85 meter og varierende utganger har vært testet. Figur 3 viser iFarm forkammer, lederuse, bunnring-tube og returåpninger for konseptarbeidet. Figur 4 viser tilsvarende systemkomponenter i en fullskala illustrasjon.



Figur 4: Systemkomponenter i fullskala

2.3 UNDERVANNSFØRING

Det ble installert undervannsføring gjennom et rør med utkast på ca. 8 meter, vist i figur 5.



Figur 5: Rør for undervannsføring sett ovenfra (til venstre) og fra siden (til høyre)

2.4 DØDFISK HÅNDTERING

Dødfisk har vært håndtert med LiftUp system med en PE ring gjennomføring i nottak. Dette fungerte godt og det planlegges å gjøre dette på tilsvarende måte i storskala.

2.5 OVERVÅKNINGSVERKTØY:

For å følge med på fiskens adferd ble det under konseptarbeidet brukt fem stk. fastmonterte IP kameraer. Posisjonen av disse kameraene ble variert ilt. testperioden etter behov. Figur 6 viser bildene fra disse kameraene ved oppstart av første fiskeutsett. I tillegg ble det brukt et Stensvik Orbit undervannskamera, med vinsj, som kan posisjoneres etter ønske. Figur 7 viser eksempler på bilder fra dette kamera.



Figur 6: Fem stk. fastmonterte kameraer ved første oppsett



Figur 7: Et stk. Steinsvik Orbit kamera på vinsj som kan posisjoneres etter ønske

Utover kameraene beskrevet over, ble det også i deler av testen brukt PIT-tag antenner montert på utgangen av iFarm åpningene. 5% av fisken i testen har vært merket med PIT-tag slik at disse fiskene kunne registreres når de svømte igjennom iFarm åpningene. Figur 8 viser PIT-tag antenner med størrelsen 60x60 cm åpning.



Figur 8: PIT-tag antenner størrelse 60 x 60 cm

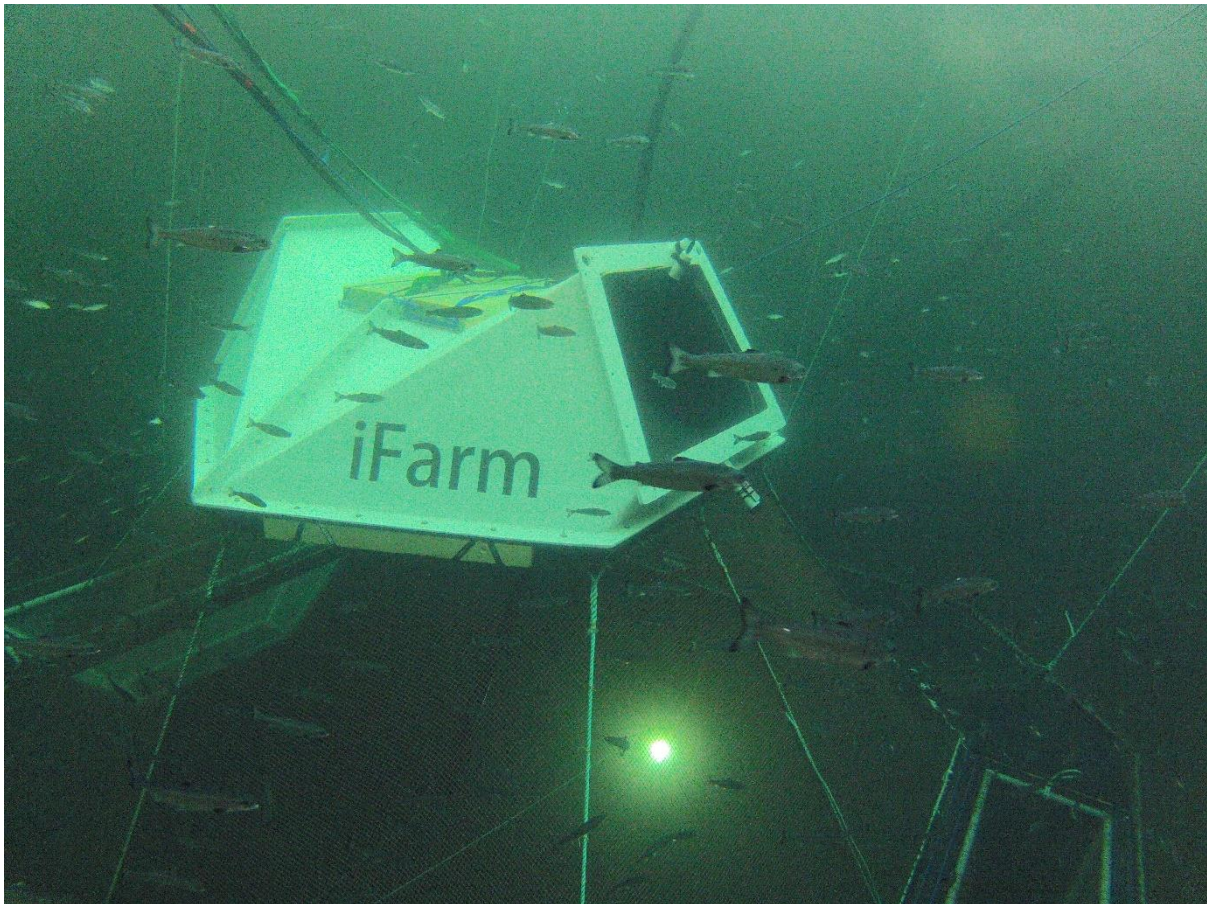
3. KONSEPT-TEST UTFORMING AV IFARM ÅPNINGER

En viktig design parameter er utformingen av iFarm åpningene hvor fisken går igjennom når den forflytter seg fra nedre kammer med føring, til øvre kammer med tilgang til overflaten for å fylle svømmeblæren med luft. Det var svært sentralt for forprosjektet å evaluere om fisken frivillig og uten stressbevegelser går igjennom en åpning med en størrelse som er egnet for å kunne implementere sensormålingene som står sentralt i iFarm prosjektet. For gode målinger av sykdomssymptomer, lus, fiskens størrelse samt individgjenkjenning er det nødvendig å komme tett på fisken og forprosjektet har vist at åpninger på både 80x80 cm og 60x60 cm fungerer. Begge disse størrelsene og størrelser imellom disse er egnet for iFarms formål og hovedprosjektet vil ta endelige valg i forhold til størrelse basert på en rekke sentrale design avveininger. Konseptarbeidet har også vist at dersom iFarm sensoråpningene blir utformet annerledes enn det fisken liker, så velger fisken heller å gå opp igjennom returåpningene og dersom ved utforming av returåpningene er uheldig for naturlig fiskeadferd, velger fisken heller å gå ned igjennom iFarm sensoråpningene. Konsept-testen viser videre at ved riktig balansert utforming av åpningene i forkammeret til iFarm og returåpningene så vil fisken gå riktig vei gjennom systemet.

Her følger en beskrivelse av de viktigste testene som har vært gjennomført i konseptarbeidet.

3.1 GEOMETRI VED OPPSTART

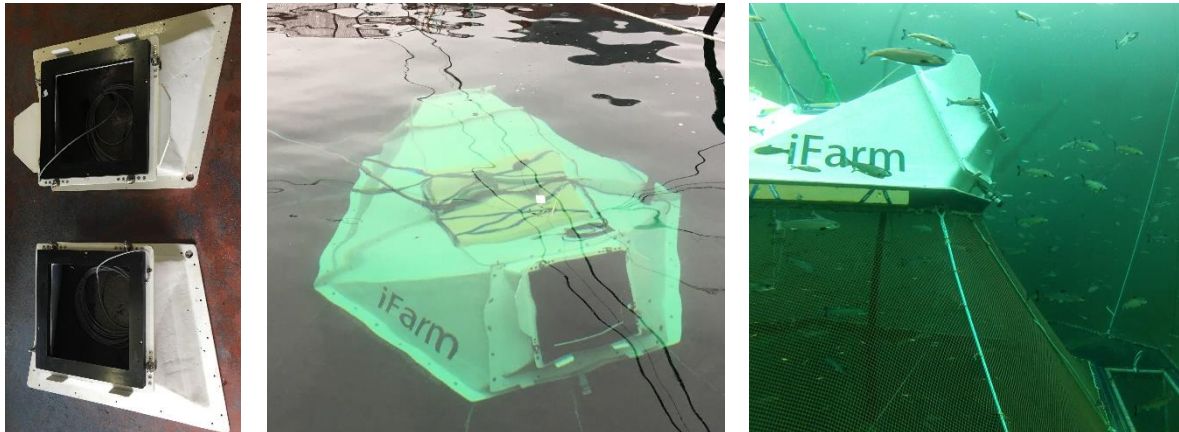
Ved oppstart var iFarm åpningene ca. 90x115 cm store se figur 9. Returåpningene var på dette tidspunktet ikke heldig utformet, nesten ingen fisk brukte returåpningene, og fisken brukte iFarm åpningene både til å gå opp og til å gå ned. Åpningen er også for stor for en god implementasjon av gjenkjenning og sortering og mindre åpninger ble testet ut senere i konseptarbeidet.



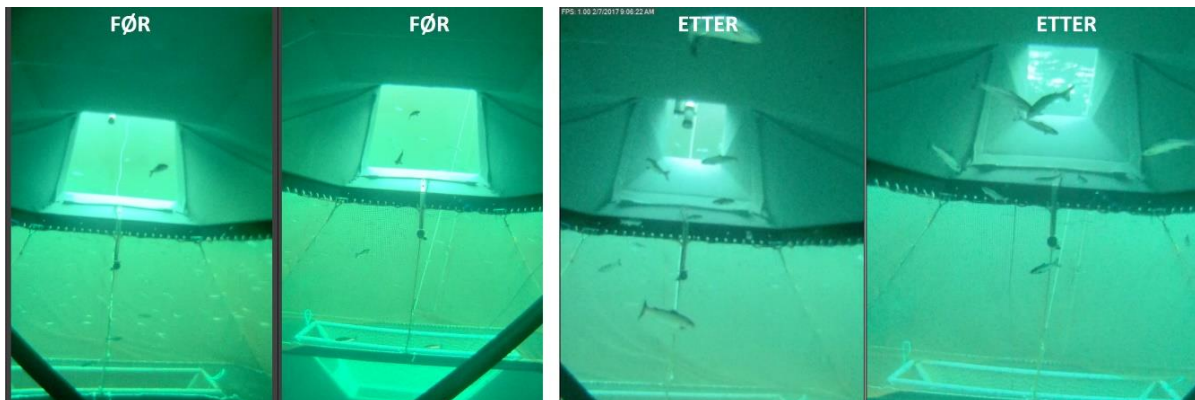
Figur 9: iFarm med åpningene brukt ved oppstart, ca. 90x115 cm store

3.2 TRAKTFORMEDE ÅPNINGER I STØRRELSE 60X60 CM

10 dager inn i fiskeutsettet ble det montert en traktformet forlengelse på iFarm forkammeret, vist i figur 10 og 11. Denne modifikasjonen hadde to elementer i seg. Åpningene ble redusert fra 90x115 cm til 60x60 cm. I tillegg hadde forlengelsene en utforming som snevret inn åpningen som en trakt samt vinklet åpningen oppover mot overflaten, noe som var et bevist valg, men som viste seg å være i konflikt med fiskens preferanser. Resultatet var at svært få fisk svømte igjennom disse åpningene. På dette tidspunkt hadde vi returåpninger med utforming slik at disse ble brukt både til å gå opp og ned.



Figur 10: Traktformede forlengelser med påmontert PIT-tag antenner



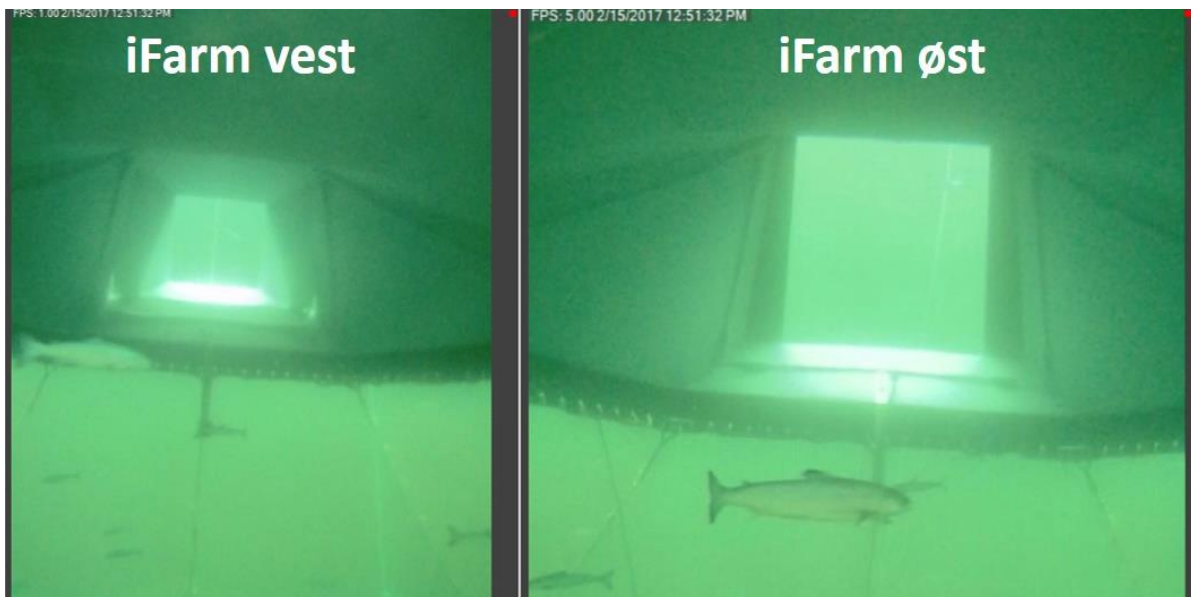
Figur 11: Viser åpningene før og etter montasje av mellomflenser

3.3 INNSNEVRING UTEN TRAKTFORM

20 dager in i fiskeutsett ble iFarm åpningene modifisert på følgende måte (vist i figur 12):

- Åpning vest beholdt den traktformet åpningen, men den ble snudd opp-ned slik at åpningen pekte mer rett ut enn oppover
- Åpning øst ble snevret inn med blendeplater til å ha 83 cm bredde og 90 cm høyde.

Effektene av dette var at iFarm åpning vest fortsatt fungerte dårlig, mens iFarm åpning øst viste lovende effekter.



Figur 12: iFarm vest med traktformet snudd åpning og iFarm øst med åpning 83x90 cm

3.4 INNSNEVRING TIL 80 X80 CM ÅPNINGER

Etter gode erfaringer med iFarm åpning øst, så ble begge iFarm åpningene snevret ned til 80x80 cm ved bruk av blendeplater, vist i figur 13. Dette viste seg å fungere godt og ca. 80% av fisken beveget seg riktig vei igjennom disse.

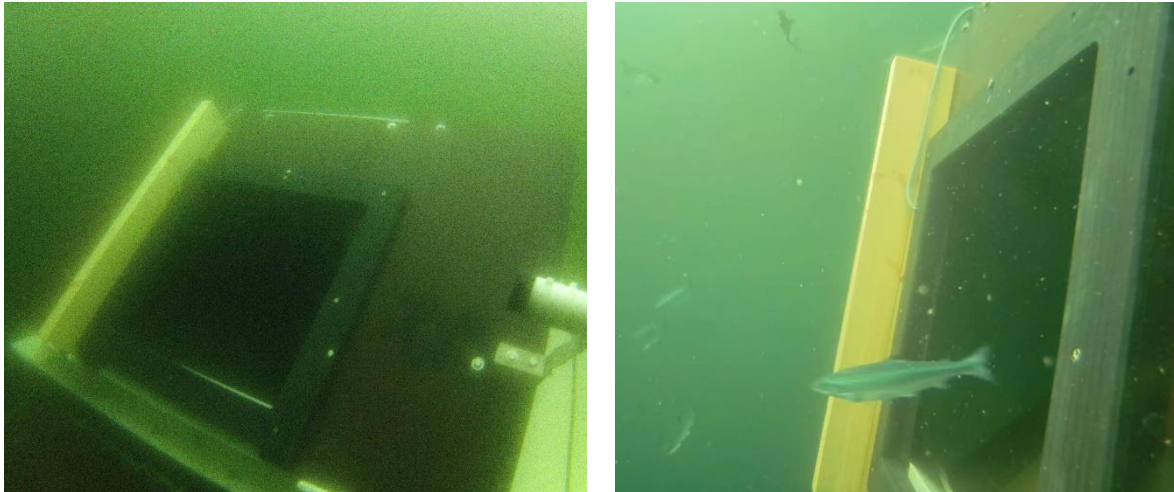


Figur 13: iFarm åpninger med størrelse 80x80 cm

3.5 INNSNEVRING TIL 60 X60 CM ÅPNINGER

Begge iFarm åpningene snevret ned til 60x60 cm ved bruk av blendeplater, vist i figur 14. I starten var det en forskjell fra tidligere 80x80 cm og den tok noen dager før fisken begynte å

gå komfortabelt igjennom 60x60cm åpningene, men når fisken ble vant til denne åpningen svømte den normalt igjennom og 60x60 åpningen ble beholdt på til fisken ble tatt ut, dvs. i totalt 18 dager.



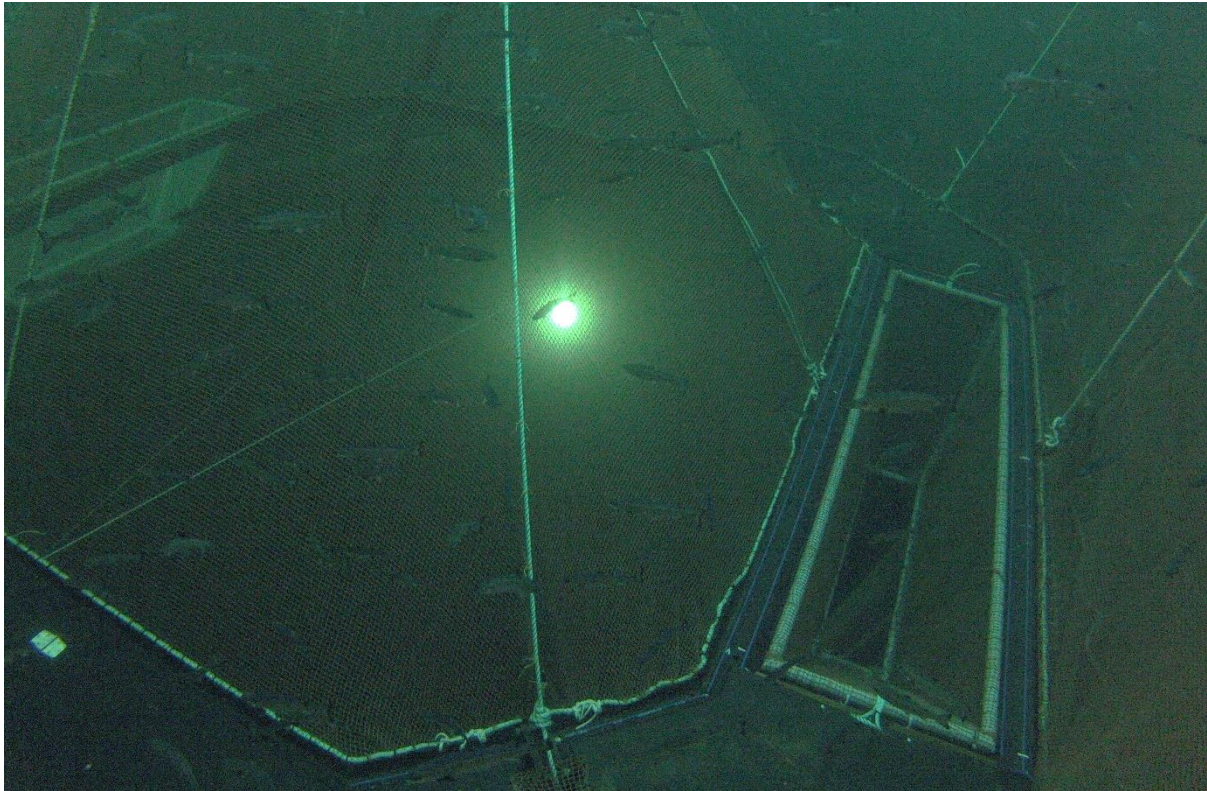
Figur 14: iFarm åpninger med størrelse 60x60 cm og påmontert PIT-tag antenne

4. KONSEPT-TEST UTFORMING AV IFARM RETURÅPNINGER

Returåpningene bruker fisken for å gå fra øvre kammer i merden, ned til nedre kammer hvor fôring finner sted. Som med iFarm åpningene, så er også returåpningenes utforming helt sentral for å få fisken til å bruke disse som tiltenkt.

4.1 TRAKTFORMET RETURÅPNING MED VERTIKALBEVEGELSE

Figur 15 viser returåpningen, ved oppstart, sett fra oversiden. Returåpningene hadde en åpning inn på 4x0,85 meter, en dybde på 1,2 meter og en åpning ut i bunn på 1,85x0,4 meter. Tanken bak dette designet var at ved å ha en stor åpning ovenfra og en liten åpning nedenifra, så ville fisken enkelt finne denne ovenifra, men få fisk ville finne åpningen nedenfra og gå opp returåpningene feil vei.



Figur 15: Traktformet returåpning sett ovenfra

Det viste seg imidlertid at svært få fisk gikk igjennom disse returåpningene og etter prosjektets vurdering var det to primære grunner til dette. For det første virker fisken å mislike traktformede passasjer, også diskutert i kapittel 3.2. For det andre utnytter ikke dette designet seg av fiskens naturlige sirkulærsvømmemønster i merden. Fisken må i dette designet svømme nesten vertikalt for å gå igjennom returåpningene, noe fisken misliker.

4.2 85 CM ENDEÅPNING OG HORISONTALBEVEGELSE

Etter fem iterasjoner av returåpningene fant prosjektteamet et design som i stor grad fungerte godt for fisken. Designet beholdt åpningen ovenfra på 4x0,85 meter. Videre har designet sidevegger og gulv, slik at fisken må svømme ut en av endene på returåpningen. Disse endeåpningene var 1x0,85 meter store. Bilder av designet er vist i figur 16. Dette designet gjør at fisken nær kan beholde sin horisontalbevegelse når den svømmer ned returåpningene, samtidig som gulvet, begrenser at fisk beveger seg opp returåpningene.



Figur 16: Returåpninger hvor fisken svømmer ut enden på enheten

5. ANALYSE

5.1 SENTRALE FORSKJELLER SAMMENLIGNET MED FULLSKALA

Siden man ikke kan skalere ned fisken, vil et skala-forsøk som er beskrevet i dette dokumentet aldri være 100% representativt for hva som vil skje i fullskala. Prosjektet har prioritert å holde geometrien rundt iFarm sensoren så lik som i et fullskala oppsett som mulig, og så heller gå på kompromisser i geometri som er lengre unna sensoren. Dette betyr for eksempel at det er vektlagt å teste åpninger i iFarm enheten som fisken skal svømme igjennom i 1:1 format, mens avstand fra bunnring-tube til yttervegg i nedre kammer er mye mindre enn det vil være i full skala.

Det vurderes allikevel at skalatesten gir en god pekepinn på hvordan fisken vil oppføre seg i et fullskala anlegg, og da spesielt med hensyn på om fiskehelse og tilvekst er godt ivaretatt i et system med et nedre kammer uten tilgang til overflateluft og et øvre kammer med tilgang til overflateluft og med en "smal" passasje mellom disse 2 kammerne der fisken må passere frivillig.

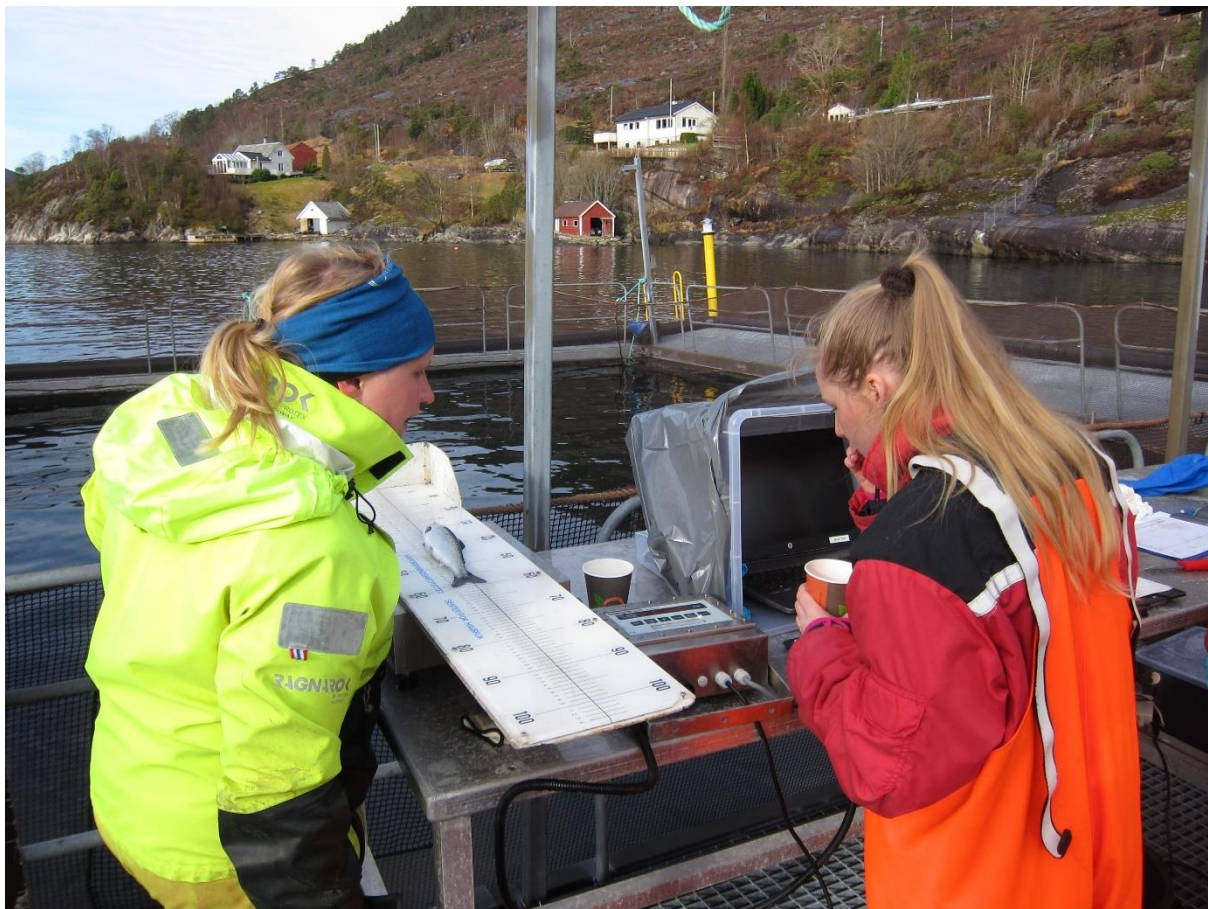
Andre vurderinger om forskjeller mellom gjennomført skalatest og etterfølgende fullskala prototyper/testserier:

- Vurderinger av hvor godt returåpningene begrenser fisk fra å gå opp disse kan ikke gjøres basert på skalatest fordi det ikke er mulig å gjenskape riktig totalgeometri for å prøve ut dette. I konsept-testene ble det valgt å utforme lede-rusen rimelig stor for å inneha sin funksjon, dermed ble nottaket mye mindre enn i fullskala. Effekten av dette er at fisk som svømmer i sirkulærstimer under bunnring-tube, vil svømme svært nær returåpningene og antallet fisk som ender opp med å svømme opp returåpningene blir derfor høyere enn i fullskala hvor returåpningene ligger langt unna ytre notvegg.

5.4 FISKEVELFERD

Når fisken ble tatt ut 28. mars 2017, etter totalt 64 dager i sjø, ble alle fisk (2148 stk.) målt og veid, samt at PIT-tag merket fisk (80 stk.) også ble kontrollert etter SWIM indeksen. Det var kun 8 dødfisk for fiskeutsettet.

Kondisjonsfaktor og vekt fordeling er vist i figur 19. Vekstrate og tilvekst for PIT-tag merket fisk er vist i figur 20. Tilveksten var forholdsvis god (0.97% daglig tilvekst for hele forsøket) og normalfordelt for populasjonen som forventet.



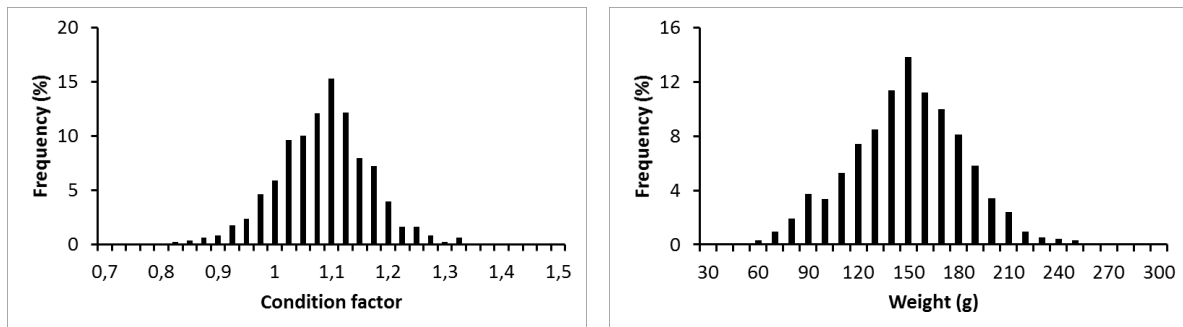
Figur 18: All fisk i forsøkene har blitt målt og veid

Havforskningsinstituttet har sammenlignet veksten for fisken i iFarm systemet med normal vekst for laks på samme årstiden/temperaturene. I følge Skretting sin førkatalog, august 2012, (side 76 (40)) er forventet vekst ved 8 grader 1.44% per dag for 100 g laks. I følge Oppedal¹ var vekstraten i februar ca. 1,3 for laks som hadde fått lys siden utsett på høsten, mens veksten var mye lavere (ca 0,4) for de som fikk lys fra januar av. I iFarm testen har fisken fått undervannsllys fra utsett i januar, så det er litt vanskelig med direkte sammenligning. Videre er vekstraten basert på perioden fra merking (13. jan, 11 dager før utsett) til uttak 28. De 11

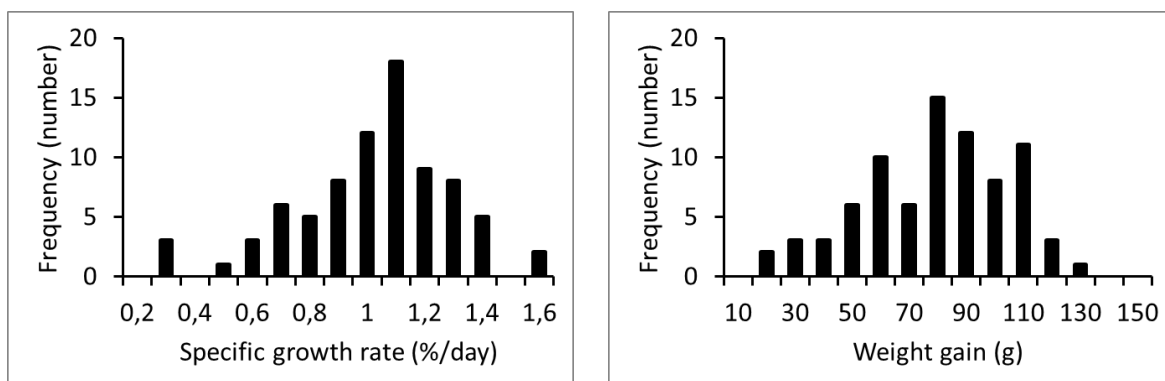
¹ Oppedal, F., Berg, A., Olsen, R.E., Taranger, G.L., Hansen, T., 2006. Photoperiod in seawater influence seasonal growth and chemical composition in autumn sea-transferred Atlantic salmon.

dagene i kar + de første 2 ukene i merd har de nok spist lite på grunn av merking-stress, lav temp i kar, og stress etter utsett i merd, noe som forklarer at vekstraten er lavere enn forventet utfra Skretting sin tabell.

Det er selvsagt vanskelig å finne sammenligningsreferanser med samme temperaturer, stress, utsett lysforhold etc. som brukt i iFarm, men HI sin vurdering er at veksten ikke har vært lavere enn det enn kunne forvente under tilsvarende forhold med åpen merd.



Figur 19: Kondisjonsfaktor og vekt

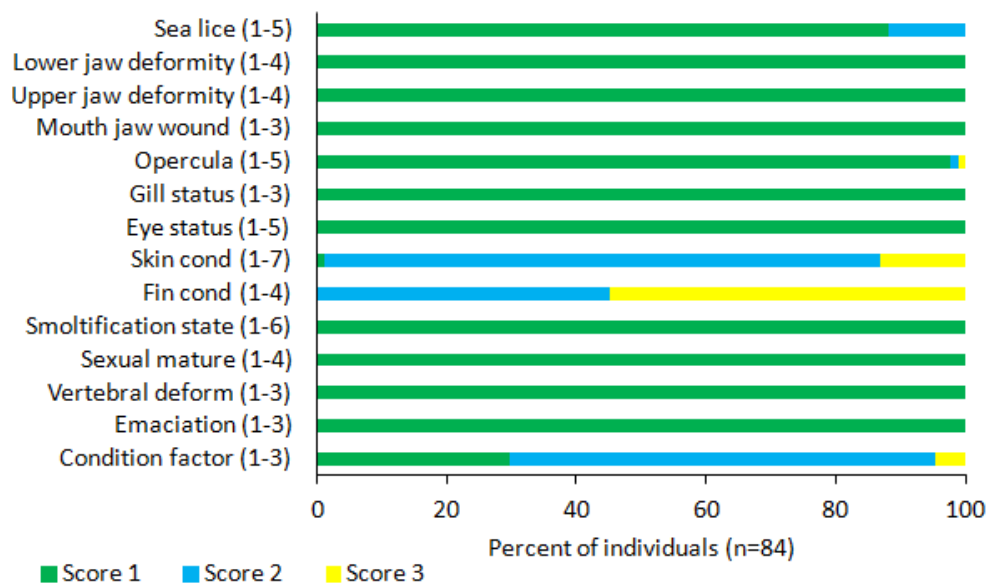


Figur 20: Vekstrate og tilvekst for PIT-tag merket fisk

Alle fisk som har vært PIT-tag merket (80 stk.) ble også kontrollert etter SWIM indeksen. Antall forskjellige score som kan gis for en velferdsindikator varierer for de ulike indikatorene, range står i parentes etter indikator på y-aksen i figur 22. Score 1 er best (ingen feil). Av fisken som ble kontrollert, hadde ingen lavere enn 3 på noen indikator, derfor er bare 3 farger brukt i figur 22. Forklaring til alle scorene er vist i figur 23.



Figur 21: SWIM indeks kontrolleres for 80 stk. PIT-tag merkede fisk



Figur 22: SWIM indeks score

Det er 3 indikatorer hvor mange ikke hadde toppscore, men dette har naturlige årsaker:

-Finne status, skinn status og kondisjonsfaktor. Finnene til oppdrettsfisk er nesten alltid litt erodert, så toppscore er ikke vanlig etter utsett i sjø.

-Skinnet blir ofte påvirket av selve håvingen og håndteringen, og det skal lite til for å miste litt skjell slik at en får høyere score enn 1. Skinn kvaliteten er derfor ikke dårlig.

-Kondisjonsfaktoren øker normalt med størrelsen på fisken (stor fisk er feitere enn små). Score 1 er definert som >1.1. Dette tallet er ganske lavt for en stor laks men helt normalt for nyutsatt post-smolt som her, hvor de fleste var mellom 0.9 og 1.1 (score 2).

Det er også vært å merke deg at i løpet av testperioden på ca. 2 måneder så har iFarm forkammeret vært løftet ut av vannet / bunnring-tube løftet nesten til overflaten for å gjøre modifikasjoner på iFarm åpninger og returåpninger. Det vil si at fisken har vært utsatt for mange trengelignende operasjoner. Samt ved uttak av fisk så har all fisk blitt håvet ut. Dette er operasjoner som det ikke vil være behov for i fullskala, men har vært nødvendig i konseptarbeidet.

Conditionfactor (1-3)	>1.1	0.9-1.1	<0.9				
Emaciation (1-3)	Not emaciated	Potentially emaciated	Distinctly emaciated				
Vertebral deform (1-3)	No external signs of vertebral deformities	'Short-tail' of normal weight	Short-tail' of low weight.				
Sexual mature (1-4)	Not mature	Precocious male	Mature male	Mature female			
Smoltification state (1-6)	Fully smoltified	Parr, access to brackish water	Parr, incomplete smoltification, 10C	Parr, incomplete smoltification, 14C	Parr, incomplete smoltification, 7C	Parr, incomplete smoltification, 20C	
Fin cond (1-4)	Normal healthy fins, nothing to comment	Scar tissue or slight necrosis	Moderate current skin damage and / or necrosis , including splitting and / or thickening	Severe skin damage and / or necrosis with bleeding, and / or inflammation and / or exposed fin rays and severe tissue loss			
Skin cond (1-7)	Normal healthy skin, nothing to comment	Scar tissue, healed	Scale loss (dislocated or missing scales)	Superficial wound or ulcer <1 cm ²	Superficial wound or ulcer >1 cm ²	Penetrating and / or multiple wounds or ulcers possibly infected	Large open wounds, life threatening
Eye status (1-5)	Functional, healthy eyes	Unilateral (one-sided), traumatic injury, moderate exophthalmia or haemorrhages inside the eye	Bilateral (two-sided), traumatic injury, moderate exophthalmia or haemorrhages inside the eyes	Bilateral (two-sided) cataract (more than 50% of lens coverage) or chronic condition with impaired vision	Severe exophthalmia or bilaterally blind individuals		
Gill status (1-3)	Normal healthy gills	Mild signs of focal inflammation, necrosis (dead tissue), lesions or trauma	Severe signs of more generalized inflammation, necrosis, lesions or trauma				
Opercula (1-5)	Normal opercula	Operculum only partly covering the gill on one side (unilateral)	Opercula only partly covering the gills on both sides (bilateral)	Operculum unilaterally absent	Opercula bilaterally absent		
Mouth jaw wound (1-3)	No wound	Light wound	Clear bloody wound				
Upper/lower jaw deformation (1-4)	Normal - Nothing to note	Potential - Suspected malformation, minor malformation	Clearly visible malformation	Strong/Extreme malformation			

Figur 23: Forklaring til alle SWIM indeks scorene