

Produksjon av stor laksesmolt – status og utfordringer

Oppdrettsnæringens praksis og erfaringer med produksjon av stor laksesmolt er gjennomgått i forskningsprosjektet «Kunnskapskartlegging av storsmoltproduksjon». De ulike produksjonsregimene som benyttes i dag er også vurdert opp mot det vi har av kunnskap om laksens biologiske krav til oppdrettsmiljøet. Kartleggingen er gjennomført ved hjelp av spørreundersøkelser, intervju og dialogmøter med næringsaktører.

Seniorforsker Trine Ytrestøyl, Nofima
Trine.Ytrestoyl@nofima.no

Norsk lakseproduksjon er i stadig endring med nye krav og forventninger til fiskehelse, vekst og lønnsomhet, hvor flere faktorer påvirker oppdretterens valg av produksjonsregime. Utbygging av store landanlegg muliggjør produksjon av stor smolt for å korte ned produksjonstiden i sjøfasen, og redusere antall behandlinger mot lakselus som forårsaker økt dødelighet, redusert fiskevelferd og vekst. En bedre utnyttelse av konsesjonene i sjø er også en motivasjon for en kortere sjøfase. Det er også en hypotese om at en større fisk er bedre rustet for utfordringene den møter i sjøfasen sammenlignet med en liten smolt. Det er fortsatt relativt få aktører som produserer fisk på over 250 gram for utsett i Norge. Men spørreundersøkelsen viste at 37% av de som ikke produserer stor smolt i dag vurderer å gjøre dette, og av de som produserer stor smolt i dag vurderer 68% å øke andelen stor smolt de produserer.

I naturen smoltifiserer laksen når den er mellom 2-8 år og 10-50 g avhengig av breddegrad (Thorstad m. flere 2010). Gjennom smoltifiseringsprosessen skjer en rekke morfologiske og fysiologiske endringer som forbereder smolten til et liv

i sjø. Smoltifiseringen styres hovedsakelig av endringer i daglengde, der kortere dager (vinter) etterfølges av økende daglengde om våren. Temperatur er også viktig for hvor raskt smoltifiseringsprosessen foregår (McCormick, 2012). Disse miljøsignalene sikrer en synkron utvikling og endringer av nødvendige egenskaper. Hormonelle endringer i smolten gjør at lengdeveksten øker, den blir sølvfarget og vekstpotensialet øker slik at den kan utnytte den økte næringstilgangen i sjøfasen. Den endrer også adferd fra å være territoriell og orientere seg mot vannstrømmen til å gå i stim med strømmen. Det skjer også store endringer i immunsystemet når laks smoltifiserer. Kanskje en av de viktigste egenskapene gjennom smoltifisering er utviklingen av økt sjøvannstoleranse slik at laksen kan regulere vann- og saltbalansen i sjøvann (Hoar 1988). Økt mengde og aktivitet av Na-K-ATPase (Nka) enzymet i gjeller, tarm og nyre indikerer at en smolt har god sjøvannstoleranse.

Smoltproduksjonen er i endring

For en del år tilbake ble smolt satt ut i sjø bare på våren, slik som i naturen. Størrelsen ved utsett på 1980-tallet var også ganske lik den som er naturlig for laksen, mellom 30-50 gram, og det ble som oftest brukt naturlig lysstyring og temperatur (Bergheim m. flere 2009). Etter hvert gikk man over til å gi fisken et vintersignal med redusert daglengde i en kortere periode, etterfulgt av en periode med fullt lys for å indusere smoltifisering. Denne endringen i produksjonsregime var basert på forskning som konkluderte med at et vintersignal med kort dag i seks uker etterfulgt av 24 timer lys i 300-400 døgngader, var tilstrekkelig til å indusere smoltifisering og sikre at smolten var klar for å overføres til sjøvann (Handeland og

Produksjon av stor laksesmolt

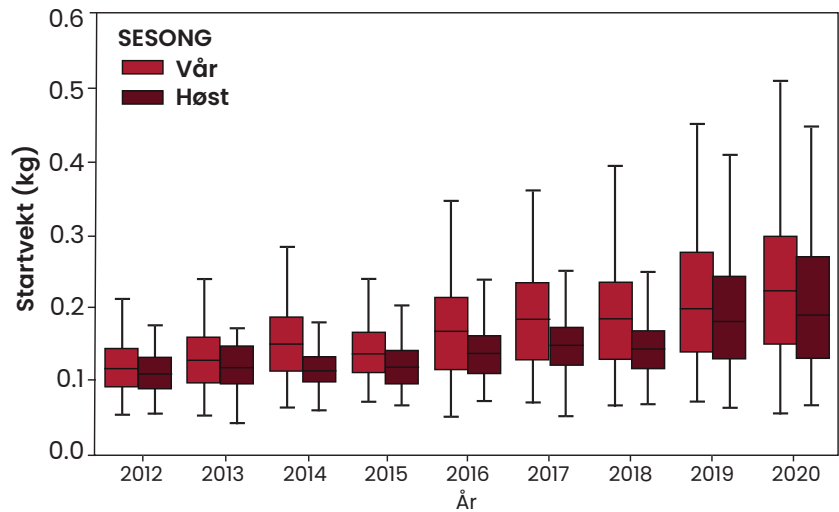
- Prosjektet er finansiert av FHF (#901701) og er ledet av Nofima. Deltakere i prosjektet har vært:
- Nofima (Trine Ytrestøyl, Anja Striberny, René Alvestad, Åsa Maria Espmark, Lill-Heidi Johansen, Jelena Kolarevic)
- BDO (Vibeke Emilsen Wetterwald, Ellie Johansen, Merete Gisvold Sandberg)
- Åkerblå (Iris Jenssen, Henriette Alne)
- Fiskaaling (Heidi S. Mortensen)
- Avrik (Rúni Dam)
- Norce (Tom Ole Nilsen)
- Kontakt: trine.ytrestoyl@nofima.no

Mer informasjon om prosjektet «Kunnskapskartlegging: Produksjon av stor laksesmolt» skann QR-koden:

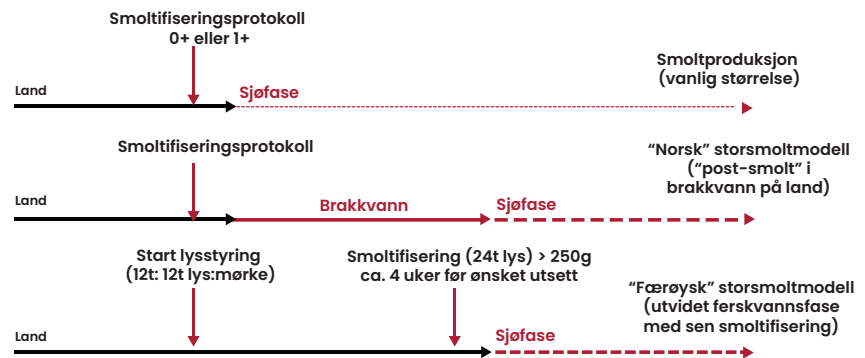


Stefansson 2001). Det ble dermed mulig å produsere en smolt som kunne settes ut på høsten, slik at man kunne få to utsett per år. Frem mot år 2000 hadde størrelsen ved utsett økt til mellom 70-120 gram.

Livsløpet i dagens produksjon er vesentlig endret sammenlignet med det som er naturlig for laksen. En stor andel av smoltproduksjonen skjer i resirkuleringsanlegg (RAS) som karakteriseres av en relativt høy vanntemperatur (12-14°C) i store deler av produksjonssyklusen og kontinuerlig lys som gir rask vekst i tidlige livsstadier. Størrelsen på laksesmolten som settes i sjø i Norge har fortsatt å øke de siste 10 årene. Gjennomsnittsvekt ved utsett i sjø var i 2020 ca. 200 gram på vårutsett og ca. 180 gram på høstutsett (**Figur 1**). Om lag 30 % av settefiskprodusentene som deltok i spørreundersøkelsen produserer i dag en smolt som er større enn dette (gjennomsnittlig andel av storsmolt i produksjon: 37 %) og om lag 68 % av disse ønsker å øke sin produksjon av storsmolt. Produksjonen av stor smolt innebærer en forlengelse av produksjonsfasen på land, enten ved å holde den nylig smoltfiserede fisken i et post-smolt anlegg i brakkvann, noe som er blitt vanlig i Norge, eller ved å utsette fisken i en lengre periode for et vintersignal med kort dag, noe som er vanlig på Færøyene (**Figur 2**). Smolten settes ut i sjø nesten gjennom hele året, noe som gjør at den møter svært forskjellige miljøbetingelser etter utsett. Det er derfor en utfordring å finne ut



Figur 1: Utvikling i størrelse ved utsett i Norge de siste 10 år (basert på data fra Fiskeridirektoratets biomassestatistikk)



Figur 2: Oversikt over de produksjonslinjene som er mest vanlig i storsmoltproduksjon sammenlignet med konvensjonell smoltproduksjon (øverst).

blutanQ[®]

Den nye standarden for bærekraftig og varig RAS tanker

Med den patenterte blutanQ[®]-teknologi gjør det mulig for akvakulturprodusenter å produsere fisk mer effektivt, øke utbyttet og maksimere lønnsomheten.

For mer informasjon, ta kontakt med Jonathan Smith på:
jonathan.smith@balmoral.co.uk
www.balmoral-blutanq.com

Risiko i landbasert oppdrett*

om prestasjon etter sjøvannsoverføring skyldes betingelser fisken møter før utsett i sjø eller miljø og utfordringer den møter i sjøfasen.

Erfaringene fra kartleggingen viser at mye av det som gjøres bygger på erfaringer gjort ved de enkelte anlegg. Derfor kan det i samme selskap være ulike måter å produsere en smolt på, det er ikke slik at hvert selskap har sin oppfatning av hva som er beste praksis. Spørreundersøkelsen, som ble besvart av 51 settefiskprodusenter fra Norge (36), Storbritannia (3), Færøyene (6), Canada (1) og Chile (5), viser at de fleste produsenter bruker lysstyring for å smoltifisere fisken, enten alene (37 %) eller i kombinasjon med andre metoder (43 %), som for eksempel smoltifiseringsfôr eller salinitetsøkning. Salinitetsøkning alene ble brukt av 6 %, mens 12 % brukte salinitetsøkning i kombinasjon med andre metoder. Ingen av respondentene brukte smoltifiseringsfôr alene, men 33 % av respondentene oppga å bruke smoltifiseringsfôr i kombinasjon med andre metoder. Det er få produsenter (6 %) som kun bruker kontinuerlig lys og

ferskvann frem til utsett (ingen protokoll). Generelt er det en stor variasjon hvordan de forskjellige smoltifiseringsprotokoller anvendes i praksis (**Figur 3**). De som bruker et smoltifiseringssignal gjør dette hovedsakelig mellom 50-150 g, også for den storesmolten. I spørreundersøkelsene definerte vi stor smolt som større enn 250 g ved utsett. I Norge bruker en del produsenter brakkvann med salinitet mellom 12-15 ppt for å holde større postsmolt i RAS i en sjøvannstilpasset tilstand før overføring til sjø.

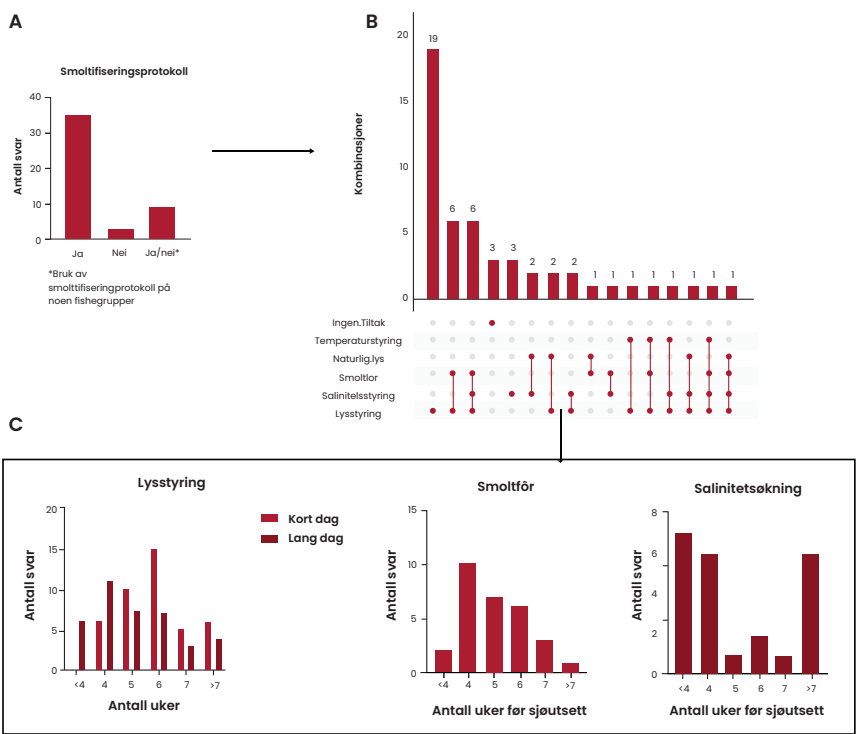
Selv om laksen ikke mottar et vintersignal for å indukere smoltifisering, vil den bli sølvblank og tåle overføring til sjøvann når den når en viss størrelse, og det er vist at laksen kan ha høye nivå av gjelle Nka aktivitet selv om den ikke har fått et vintersignal (Handeland m. flere 2013, Ytrestøyl m. flere 2022). Men er en laks like godt rustet til et liv i sjø dersom den ikke har gått gjennom en tradisjonell lysstyrt smoltifisering? Det er mye litteratur på liten smolt som viser at et vintersignal er nødvendig for god sjøvannstoleranse, med det er lite tilgjengelig informasjon om hvordan fravær av et vintersignal

påvirker prestasjon til stor smolt i sjøfasen. Noen studier indikerer at fisken vokser litt dårligere i sjø, særlig i den første perioden etter sjøoverføring, hvis den ikke har fått et vintersignal (Striberny m. flere 2021, Ytrestøyl m. flere 2022).

Det er lenge kjent og godt dokumentert at laksen må ha en viss størrelse for å respondere på en økning i daglengde med smoltifisering (Wedemeyer m. flere 1980), en øvre størrelsesgrense for effekten av lysstyring er derimot ikke blitt fastsatt basert på vitenskapelige studier. Handeland m. flere (2013) observerte en spontan økning og topp i Nka aktivitet når laksen var mellom 113-162 g, uavhengig av lysregimet. Mens det er vist i tidligere studier at kortdagsregimet burde vare i minimum 4,5-6 uker for å stimulere smoltifiseringsresponsen (Sigholt m. flere 1995, Duncan og Bromage 1998), finnes det ingen dokumentasjon på om det finnes en øvre grense på lengden av vintersignalet og om intensiv produksjon ved høy temperatur påvirker effekten av lysstyring. Ved produksjon av større smolt er det også blitt vanlig å holde smoltifisert laks i brakkvann en periode over flere uker til måneder før sjøsetting. Dette er avvikende fra forhold i naturen hvor laksen blir ferdig smoltifisert i ferskvann før den vandrer direkte ut i sjø. Det foreligger få studier på hvordan en lengre periode på brakkvann påvirker fiskens helse og prestasjon i sjøfasen.

På Færøyene har det vært en utvikling med stadig større smoltstørrelse de siste 10 årene, og gjennomsnittlig størrelse ved overføring til sjø er nå litt over 400 gram. Nesten 60 % av utsett ligger mellom 250-500 gram, men ca 30 % er over 500 gram (**Figur 4**).

Her brukes en annen strategi i landfasen enn det som er vanlig i Norge. Fisken settes på kort dag, 12:12 timer lys:mørke ved om lag 40-80 g (etter vaksinasjon) og holdes på dette inntil 4 uker før den settes i sjø, den får da kontinuerlig lys frem til utsett. På Færøyene er det ikke tillatt å blande inn sjøvann i RAS anlegg på grunn av risiko for sykdom, så fisken går på ferskvann i hele land-fasen. I et enkelt tilfelle ble et utsett utsatt, slik at fisken ble holdt i ferskvann ett år ekstra. Tolv måneder senere ble den satt ut ved 350 g, og den hadde et av de beste biologiske resultatene oppnådd i

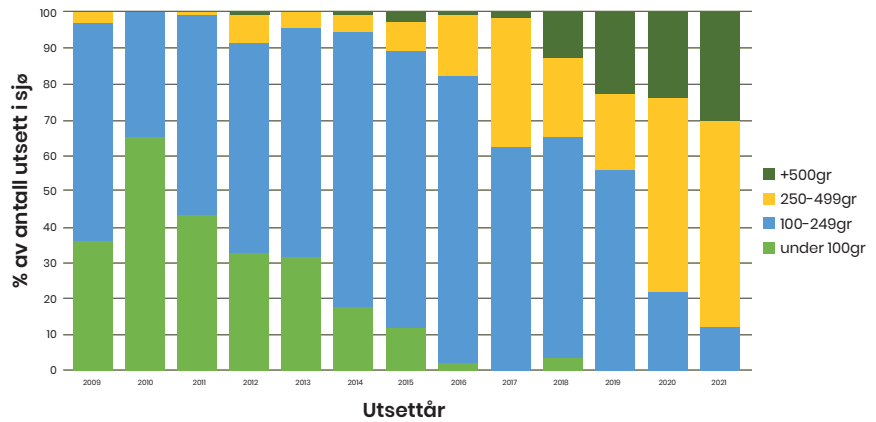


Figur 3: Bruk av smoltifiseringsprotokoll (a), kombinasjoner av brukte smoltifiseringsprotokoller (b), og tidsmessige aspekter av de mest brukte smoltifiseringsprotokoller (c) angitt i spørreundersøkelsen.

sjøfase. Denne episoden gjorde at man valgte å begynne å holde fisken lenger på land, og denne modellen er nå blitt normen på Færøyene. Som et resultat er produksjonstiden i sjø redusert fra ca 18 måneder til ca 12-14 måneder i dag. Den totale produksjonstiden fra rogn til slakt er likevel den samme.

Smoltkvalitet og helseutfordringer for stor smolt

For å prestere godt i sjø er det viktig at smolten har god sjøvannstoleranse og helsestatus når den settes ut. I prosjektet er det også kartlagt hvilke indikatorer som brukes for å indikere sjøvannstoleranse og helsestatus samt hva som er viktigste indikatorer som brukes på prestasjon etter utsett i sjø (**Tabell 1**). De fleste bruker mer enn én indikator for å avgjøre om fisken er klar for sjøvann. Mest brukt er en kombinasjon av vurdering av ytre trekk som sølvfarging og kondisjonsfaktor, adferd og å gjøre sjøvannstester med måling av klorid-innhold i blod. Kommersielle produkter som omfatter både ytre trekk og måling av genuttrykk



Figur 4: Utvikling i størrelse ved utsett på Færøyene (Kilde: Avrik)

eller Nka-aktivitet er mye brukt. En problemstilling med smoltvurdering av større smolt er en mulig asynkron smoltifisering i fiskegruppen. I en nylig publisert studie ble det funnet en større spredning i smoltutvikling blant 1+ smolt ($256,4 \text{ g} \pm 68,6 \text{ g}$) enn i mindre 0+ smolt ($137,7 \text{ g} \pm 27,6 \text{ g}$) (Khaw m. flere 2021). Indikatorer som er brukt på liten smolt for å indikere sjøvannstoleranse er ikke nødvendigvis relevante for en større fisk. En stor smolt klarer å osmoregulere i sjøvann og ha

normale ione-verdier i en sjøvannstest siden den har et større volum, og den kan også være sølvfarget og ha høye Nka-verdier.

Basert på undersøkelser utført i prosjektet opplever ikke oppdrettere at det er større utfordringer med smittsomme sykdommer eller produksjonslidelser ved produksjon av stor smolt sammenlignet med produksjon av ordinær smolt. I prosjektet kom det frem at ca. 10%

PREPLAST

INDUSTRIER AS

Samlestokker med uttrekk for optimal flow. Produksjon av bend, grenrør, T-rør og kryss inntil 1200 mm

6440 Elnesvågen
Tlf. 71 26 65 50
www.preplast.com

frena-trykk.no

Risiko i landbasert oppdrett*

av storsmoltprodusentene hadde hatt påvisning og/eller litt forøket dødelighet grunnet HSMB, men at dette var ikke ansett som et stort problem. Kjente produksjonslidelser hos storsmolt er blant annet nefrokalsinose, sårproblematikk, hemoragisk smoltsyndrom (HSS) og gjelleproblemer. Enkelte storsmoltprodusenter svarte at de har opplevd utfordringer med HSS, nefrokalsinose eller gjellehelse i noen fiskegrupper. Flere av produsentene som tidligere hadde hatt utfordringer med HSS, hadde løst dette ved å igangsette smoltifisering ved bruk av smoltifiseringsfôr eller lysstyring, ved en lavere snittvekt, eller ved å øke saliniteten i driftsvannet til 5 ppt eller høyere. I tillegg hadde én oppdretter erfart at lavere temperatur i yngelfasen gav mindre HSS senere. Sårproblematikk var ikke ansett som en vesentlig nåværende utfordring.

Tilbakemeldingene fra oppdretterne viser at det ikke er større utfordringer med gjellehelse ved storsmoltproduksjon i RAS sammenlignet med tradisjonell smolt. Samtidig mener aktører at dette burde vært bedre dokumentert gjennom forskning. Mange produsenter beskriver størrelsesspredning i fiskegrupper som en utfordring ved produksjon av storsmolt, i tillegg til at enkelte fiskegrupper har høyt innslag av taperutvikling uten at en kjenner årsaken til denne utviklingen.

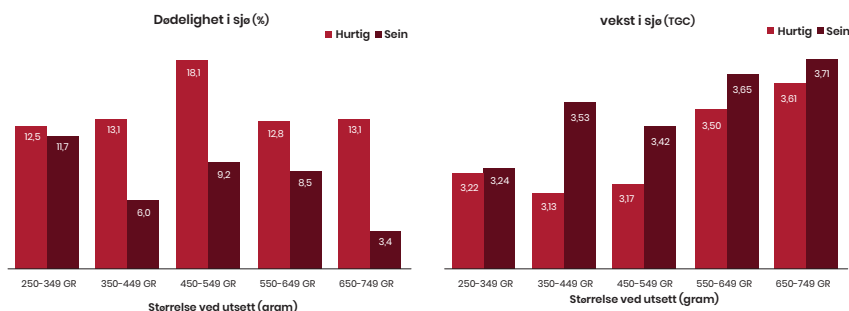
En samlet vurdering fra oppdretterne definerer god storsmoltkvalitet som en homogen og robust fiskegruppe som har høy overlevelse og god tilvekst i sjø, der fiskegruppen vil tåle påkjenninger og ha en generell god helsetilstand. I dag benyttes flere indikatorer for hvordan kvalitet og prestasjon av storsmolt skal vurderes, hvor de viktigste er tilvekst, fôrintak etter utsett og overlevelse (**Tabell 1**).

Tabell 1: Indikatorer for vurdering av kvalitet og prestasjon av storsmolt, basert på informasjon fra intervju og dialogmøter

Indikator	Målemetode
Overlevelse på land	Registrere dødelighet i landfasen.
Smoltifisering	Kloridtester, sjøvannstester og vurdering av ytre trekk og atferd
Overlevelse i sjø etter utsett	Registrere dødelighet t.o.m 90 dager etter utsett
Tilslag ved fôring	Utfôringsprosent den første tiden i sjø, %-vis daglig tilvekst (SGR)
Smoltutbytte	Forholdet mellom kilo slaktet fisk og kilo smolt som settes i sjøen
Dødelighet frem til slakt	Registrere dødelighet i sjø
Tilvekst	Ulike vekstfaktorer (VF3, EGI, RGI) og fôrfaktor (bFCR, eFCR)
Vurdering av helsestatus – hjertehelse, gjellehelse, skinnhelse og nyrer	Individbasert velfersscoring av normalfisk (eks. hudhelse, nefrokalsinose), histologi (vurdering av gjellehelse)

Hva påvirker prestasjon etter utsett i sjø?

Bruken av mange ulike produksjonsprotokoller i landfasen gjør det utfordrende å peke på faktorer som påvirker prestasjonen etter utsett i sjø. Oppdretterne gir også sprikende tilbakemeldinger på prestasjon i sjøfasen for den store smolten. Noen melder om økt dødelighet og redusert appetitt etter utsett, mens andre sier at den har god appetitt og vokser godt etter utsett. Også oppdrettere som gir fisken et vintersignal sier at den store smolten kan ha dårlig appetitt og vekst og høyere dødelighet etter utsett i sjø, og den kan være mer sensitiv for håndtering. Andre sier at den store smolten spiser godt umiddelbart etter utsett og er mer robust enn liten smolt med tanke på håndtering. Mange av oppdretterne gir tilbakemelding om at høy intensitet i settefiskfasen trolig påvirker prestasjon etter sjøsetting. Miljøparametere som oppdretterne har nevnt som de viktigste parametere i siste fase av produksjonen på land er temperatur, tetthet, CO₂ og salinitet. Grenseverdier for de ulike parametere varierer fra anlegg til anlegg og er ofte avhengig av teknologiløsninger, men flere oppdrettere mener at temperaturer over 12-14 grader, samt tetthet over 60-70 kg/m³ ikke er gunstig for storsmolten. Flere



Figur 5: Vekst og overlevelse i sjøfasen for fisk som har hatt ulik veksthastighet i RAS og er satt ut på ulik vekt (Kilde Avrik)

Tabell 2: Produksjonsdata fra Færøyene, alle merder slaktet mellom 2006-2021 (Kilde Avrik)

Størrelses Gruppe	Smolt vekt (g)	Slaktevekt (kg)	FCR eco	% døde	Vekst TGC	Vekst SGR	Temperatur i sjø (°C)	Måneder i sjø
S: u/100gr	80	6,04	1,17	8,9	3,026	0,78	8,2	18,3
M: 100-200 gr	134	6,15	1,18	10,1	3,019	0,73	8,3	17,3
L: 200-500 gr	284	6,09	1,18	12,1	3,112	0,68	8,4	14,8
XL: +500 gr	679	5,84	1,12	9,1	3,424	0,64	8,0	11,1

opplever også at intensiv drift med høy tetthet gir utfordringer med riktig fôring og at dette resulterer i størrelsesspredning og finneslitasje. I prosjektet fikk oppdretterne mulighet til å beskrive de viktigste miljøparametrene i dagens praksis opp mot ønsket praksis. Oppdrettere ønsker en mindre intensiv produksjon med temperatur på 10-12°C, men dette vil også føre til lengre produksjonstid på land. Det er derfor viktig å teste effekten av slike omlegginger i produksjonspraksis på ytelse i sjø.

På Færøyene har man gjennomgående en ganske lik protokoll i landfasen og god oversikt over prestasjon i sjøfasen koblet mot faktorer på land. Her viser data fra produksjon i sjø at laks som har vokst raskere i RAS har høyere dødelighet og lavere vekst i sjøfasen sammenlignet med laks som vokste saktere i RAS (**Figur 5**) Forskjellen i vekst var størst for fisk satt ut mellom 350-550 gram. Data på prestasjon i sjøfase fra Færøyene viser også at den største fisken ved utsett gjør det like bra med tanke på vekst i sjø som den mindre fisken, og den har heller ikke høyere dødelighet (**Tabell 2**).

Oppsummering og kunnskapsbehov ved produksjon av stor smolt

Resultatene i dette prosjektet viser at det benyttes mange ulike metoder ved produksjon av stor smolt. Strategien man velger er hovedsakelig basert på erfaring, ofte ved det enkelte anlegg. De mange ulike protokollene som er i bruk gjør det utfordrende å sammenligne prestasjon i sjøfasen. Resultater fra Færøyene viser at det er potensial for god vekst i sjøfase ved utsett av en stor smolt, men resultatene viser også at lavere intensitet i produksjonen gir bedre vekst og lavere dødelighet i sjø.

Det finnes lite systematisk dokumentasjon og forskningslitteratur å støtte seg på ved produksjon av stor

smolt, og oppdretterne etterspør mer forskningsbasert kunnskap for å forbedre produksjonsmetodene. En hypotese blant oppdrettere var at for høy intensitet i RAS gir dårligere robusthet og prestasjon i sjø. De ønsket økt fokus og kunnskap om betydning av tetthet i RAS for skinnhelse, finneslitasje og sårutvikling og om hvilken betydning vannkvalitet og innhold av partikler har for gjelle- og skinnhelse. Det er også behov for mer kunnskap om fôrets nærings sammensetning og utfôringsstrategier og hvilken fotoperiode og salinitet som er optimalt for produksjon av stor smolt og post-smolt som holdes lenge i landbaserte anlegg.

Referanser

Bergheim, A., Drenstvig, A., Ulgenes, Y., Fivelstad, S. (2009). *Production of Atlantic salmon smolts in Europe—current characteristics and future trends*. *Aquacultural Engineering*, 41(2), 46-52.

Duncan, N. J., & Bromage, N. (1998). *The effect of different periods of constant short days on smoltification in juvenile Atlantic salmon (Salmo salar)*. *Aquaculture*, 168(1-4), 369-386.

Handeland, S.O. & Stefansson, S.O. (2001). *Photoperiod control and influence of body size on off-season parr-smolt transformation and post-smolt growth*. *Aquaculture*, 192, 291-307.

Handeland, S.O., Imsland, A.K., Bjornsson, B. T., & Stefansson, S. O. (2013). *Long-term effects of photoperiod, temperature and their interaction on growth, gill Na⁺, K⁺-ATPase activity, seawater tolerance and plasma growth-hormone levels in Atlantic salmon Salmo salar*. *Journal of Fish Biology*, 83(5), 1197-1209.

Hoar, W. S. (1988). 4 *The Physiology of Smolting Salmonids*. In W. S. Hoar & D. J. Randall (Eds.), *Fish Physiology* (Vol. 11, pp. 275-343). Academic Press.

Khaw, H. L., Gjerde, B., Boison, S. A., Hjelle, E., & Difford, G. F. (2021). *Quantitative Genetics of Smoltification Status at the Time of Seawater Transfer in Atlantic Salmon (Salmo Salar)*. *Frontiers in genetics*, 12.

McCormick, S. D. (2012). 5 - *Smolt Physiology and Endocrinology*. In S. D. McCormick, A. P. Farrell, & C. J. Brauner (Eds.), *Fish Physiology* (Vol. 32, pp. 199-251). Academic Press.

Sigholt, T., Staurnes, M., Jakobsen, H. J., & Åsgård, T. (1995). *Effects of continuous light and short-day photoperiod on smolting, seawater survival and growth in Atlantic salmon (Salmo salar)*. *Aquaculture*, 130(4), 373-388.

Striberny, A., Lauritzen, D.E., Fuentes, J., Campinho, M.A., Gaetano, P., Duarte, V., Hazlerigg, D.G., & Jørgensen, E.H (2021). *More than one way to smoltify a salmon? Effects of dietary and light treatment on smolt development and seawater growth performance in Atlantic salmon*. *Aquaculture*, (532) 736044.

Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Rikardsen, A. H., & Aarestrup, K. (2010). *Aquatic Nomads: The Life and Migrations of the Atlantic Salmon*. In *Atlantic Salmon Ecology* (pp. 1-32).

Wedemeyer, G.A., Saunders, R.L., & Clarke, W.C. (1980). *Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids*. *Marine Fisheries Review*, 42(6), 1-14.

Ytrestøyl, T., Hjelle, E., Kolarevic, J., Takle, H., Rebl, A., Afanasyev, S., Krasnov, A., Brunsvik, P., & Terjesen, B. F. (2022). *Photoperiod in recirculation aquaculture systems and timing of seawater transfer affect seawater growth performance of Atlantic salmon (Salmo salar)*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 1–23.