

NORSMOLT

Optimal produksjon av laks i nord
- bruk av sjøvann, lave temperaturer og intensivt oppdrett –

Hilde Toften, Nofima
FHF-samling verdikjede laks,
11.-12. mai 2011

Nasjonalt og internasjonalt samarbeid

Helene Mikkelsen, Nofima
Linda A. Hansen, Nofima
Børge Damsgård, Nofima
Hege Lysne, Nofima
Tor H. Evensen, Nofima
Torstein Kristensen, NIVA
Sigurd O. Stefansson UiB
Sigurd Handeland, UiB
Hans-Christian Teien, UMB
Bjørn-Olav Rosseland, UMB
Brit Salbu, UMB
Charles Massabuau, UB (Frankrike)



 Norges forskningsråd



**Prosjekt 184997/S40 (2008-2011) finansiert av
Norges Forskningsråd (4,5 mill) og FHF (3 mill)**

NORSMOLT

– muligheter for optimalisering av settefiskproduksjonen

- Fokus på nordområdene og lave temperaturer, men relevant for hele næringen
- Tar utgangspunkt i etablerte praksiser som bruk av sjøvann og intensivt oppdrett
 - Begrensninger pga negative effekter for fisken
 - Muligheter for økonomisering med vann- og energiforbruk

Temperatur og smoltproduksjon

- Lave temperaturer er en ulempe for produsentene i nord
- Oppvarming brukes, men det koster
- Ulike strategier som intensivt oppdrett og sjøvannsinnblanding kan brukes for å redusere kostnadene knyttet til oppvarming
- Også vanlig å bruke uoppvarmet vann i perioder, spesielt under 0+ produksjonen om våren
- Ved overføring til sjø kan ikke temperaturen kontrolleres, men utsettet kan “times” etter klimaet
- Temperatur kan påvirke laksens utvikling, spesielt morfologisk og fysiologisk utvikling i og etter smoltifiseringsperioden

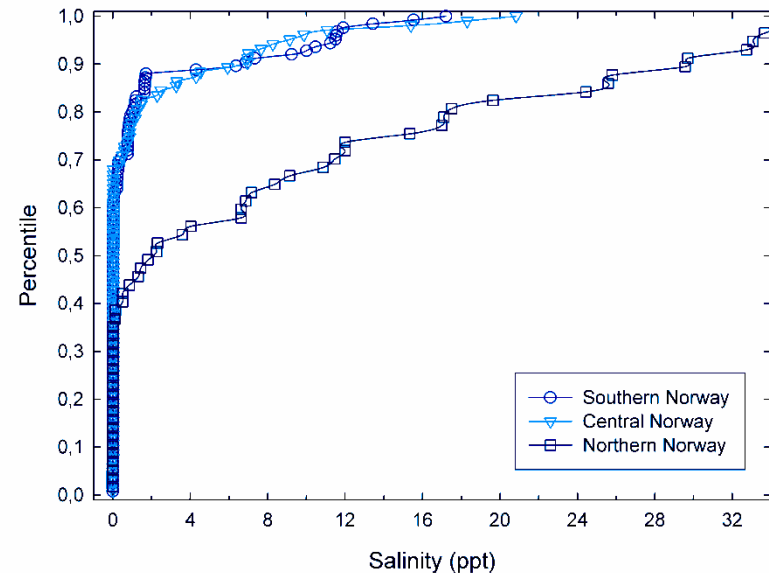
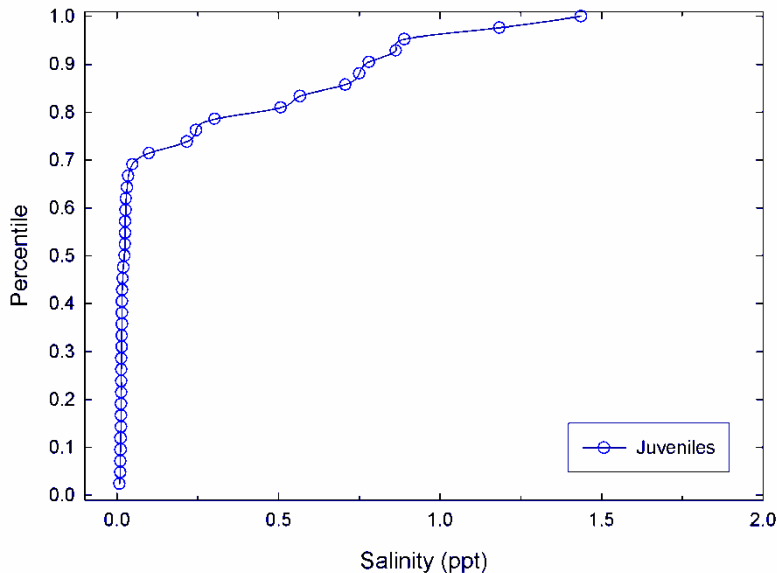
Intensivt oppdrett

- Høy produksjon med lavt vannforbruk ($L\ kg^{-1}\ min^{-1}$)
- Høye fisketettheter
- Tilsetning av oksygen
- Gjerne i kombinasjon med sjøvannsinnblanding der det er mulig
- Negative effekter på fisken om det overdrives



Foto: Bjørn Olav Rosseland

Sjøvann mye brukt i settefiskproduksjonen



- Mest vanlige vannbehandlingsmåte
- Over 50 % av settefiskoppdretterne bruker det, alle kystnære smoltanlegg og mest i nord
- De fleste bruker moderat sjøvannsinnblanding (1-5 ‰)
- Høyere nivåer (6-34 ‰) er ikke uvanlig

Hvorfor brukes sjøvann?

- **Sjøvann fra dype områder med stabil temperatur (6-8 °C) gir muligheter for å øke vanntemperaturen gjennom vinteren og senke den på sommeren**
- **Øke pH, bufferkapasitet (CO₂) og kalsiuminnhold**
- **Øke produksjonskapasiteten, spesielt ved mangel på ferskvann**
- **Avgifting av aluminiumsholdig surt ferskvann (opp til 1 ‰)**
- **Sjøvannsakklimering**

Sjøvann ikke problemfritt

- Sjøvann er ikke sterilt selv etter UV-desinfeksjon
 - risiko for inntak av patogene organismer som vintersårbakterien *Moritella viscosa*
- 1-15 ‰ sjøvannstilsetning
 - mobiliserer aluminium fra humus og partikler i ferskvann som kan gi økt dødelighet og alvorlige skader på fisken
- Redusert smoltkvalitet og velferd ved
 - for tidlig introduksjon
 - for høyt sjøvannsinhold

SJØSMOLT (2005):

Innblanding til saltholdighet på 20 ‰ i smoltifiseringsperioden anbefales ikke!

- **Veksten halvert**
- **Endringer i blodverdier (gasser, ioner og blodceller)**
- **Økning i antall finneskader**
- **Redusert hud og slimlag**
- **Økt mottakelighet for vintersårbakterien *Moritella viscosa***
- **Redusert velferd**

NORSMOLT

Fem forsøk gjennomført

Forsøk	Problemstilling
1. SALIPARR (2008)	Kortvarig brakkvannseksponering
2. SALISMOLT (2008-2009)	Langvarig brakkvannseksponering
3. COLDSMOLT I (2010)	Lave temperaturer og smoltutvikling
4. COLDSMOLT II (2010)	Lave temperaturer og gradvis sjøvannseksponering
5. COMBISMOLT (2010-2011)	Interaksjoner mellom salinitet, temperatur og intensitet

SALIPARR

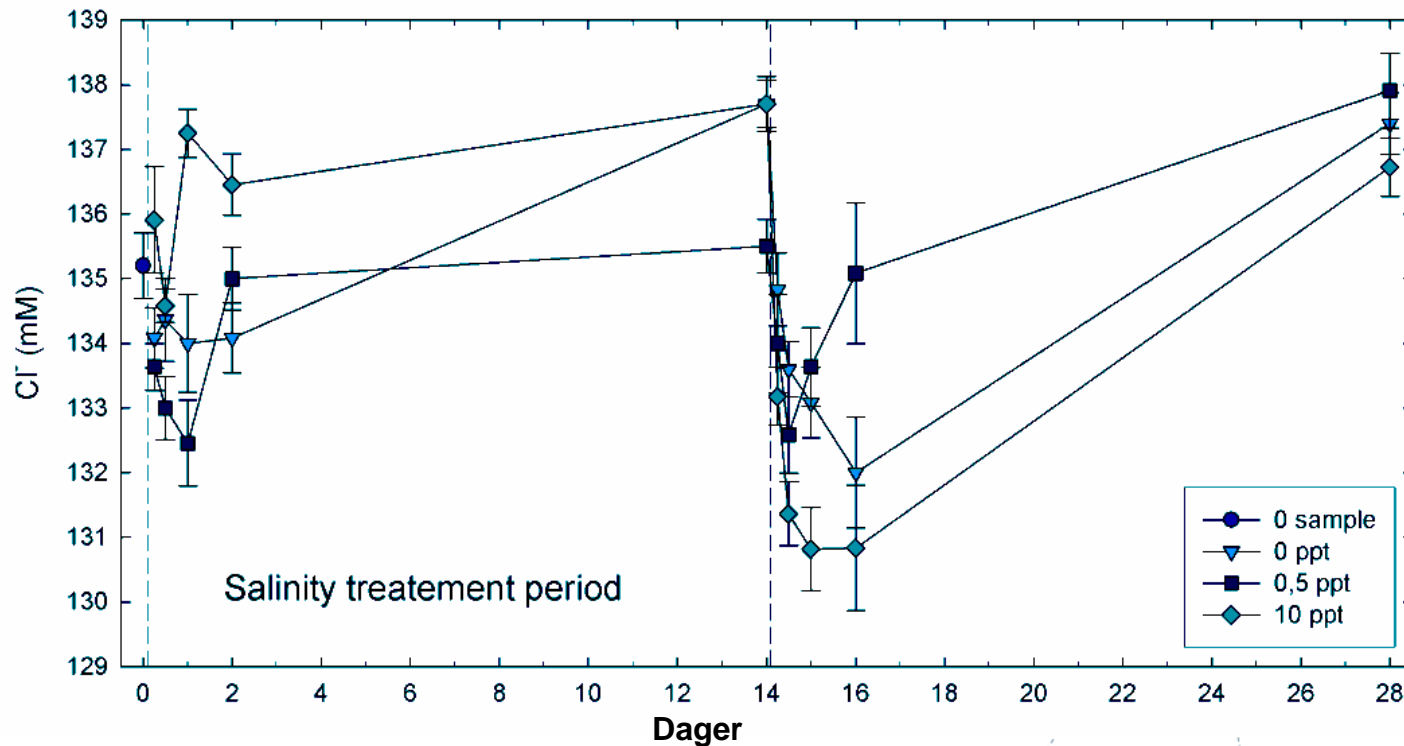
Brakkvann (0,5 og 10 ‰) i parrstadiet

Ansvarlig: Torstein Kristensen (NIVA)

- 25 % av settefiskanleggene bruker sjøvannsinnblanding fra 0.2 til 10 ‰
- Ved lave saliniteter endres nivåene av de divalente ionene Ca og Mg dramatisk
- Fisken har salinitetsreseptorer som reagerer på endringer i nivå eller forholdet mellom enkelte ioner
- Selv korte endringer i salinitet kan føre til endringer i fysiologisk utvikling og aktivering av gener forbundet med smoltifisering
- Vi har sammenlignet grupper av parr som har fått 14 dagers eksponering til ulike saliniteter, deretter 14 dager FV
- Gjennomført ved HiT med god vannkvalitet uten metallproblemer

SALIPARR

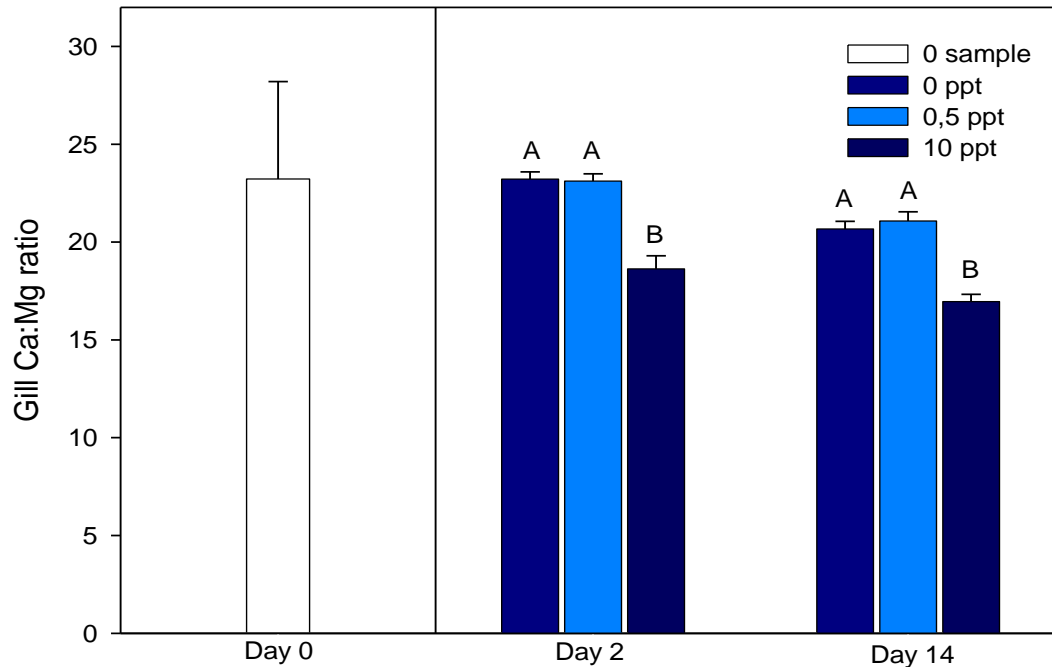
Plasma klorid



- Ingen store endringer i kloridinnhold i blod
- Forhøyet Cl^- ved 10 ‰, men normalisert etter 14 d på FV

SALIPARR

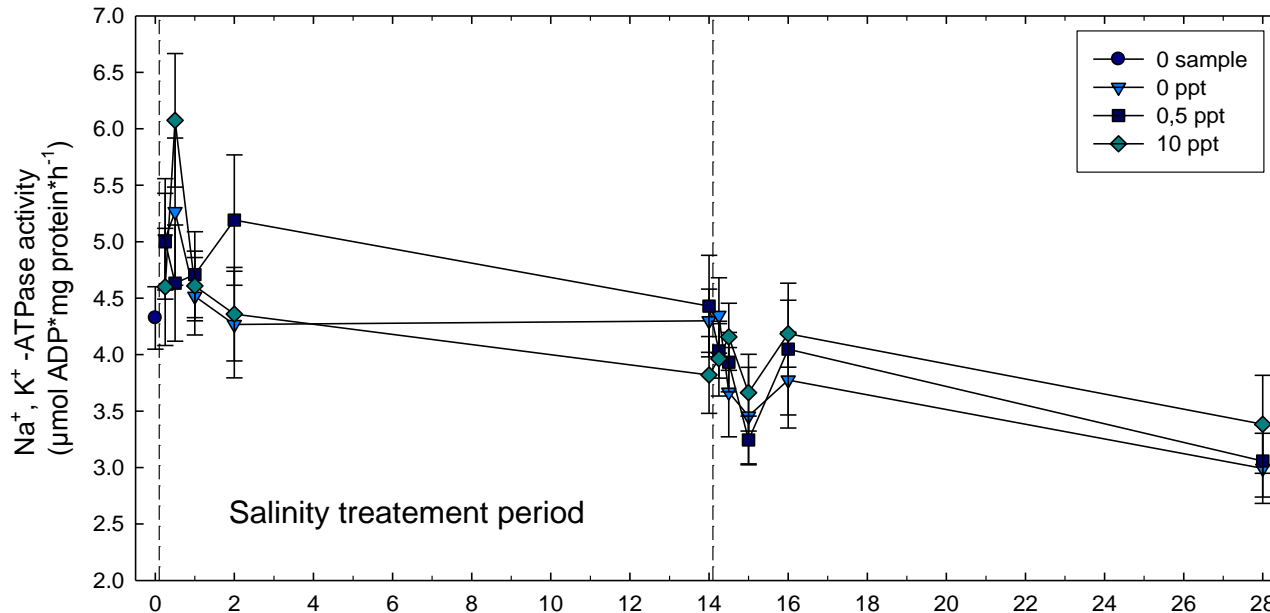
Ca:Mg forholdet i gjellene



- Lavere Ca:Mg ratio hos fisk i 10 ‰ gruppen, noe som tyder på økt Mg-nivå i gjellene

SALIPARR

Na⁺, K⁺-ATPase activity (NKA)



- Litt endring i NKA-aktivitet etter endring av vanntype
- Gradvis nedgang gjennom og etter behandlingsperioden
- Bruk av SV i pre-smolt stadiet synes lovende, men langtidsforsøk bør gjennomføres før det kan anbefales

SALISMOLT

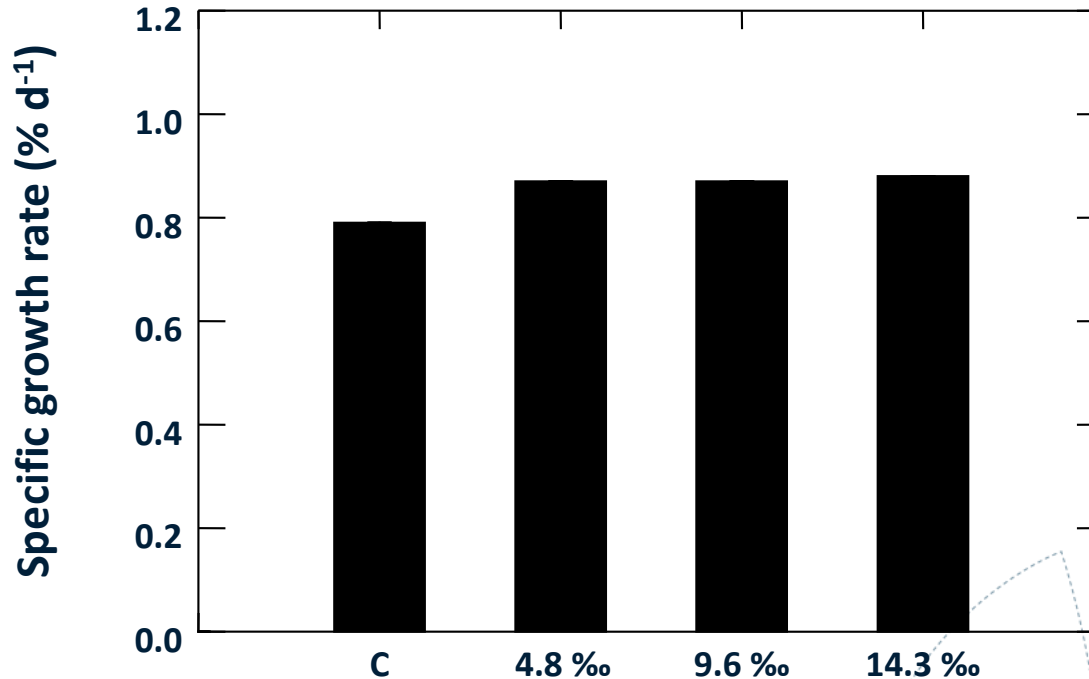
Brakkvann (5, 10 og 14 ‰) i smoltifiseringsstadiet

Ansvarlig: Hilde Toften (Nofima)

- Sjøvannsinnblanding til saliniteter mellom 1-15 ‰ anbefales ikke der det er fare for remobilisering av metaller (spesielt Al og Fe), men hva med områder der det ikke er et problem?
- Vi har sammenlignet grupper av laks under smoltifisering som har blitt utsatt for ulike saliniteter
- Forsøk gjennomført ved HiT med god vannkvalitet uten metallproblemer

SALISMOLT

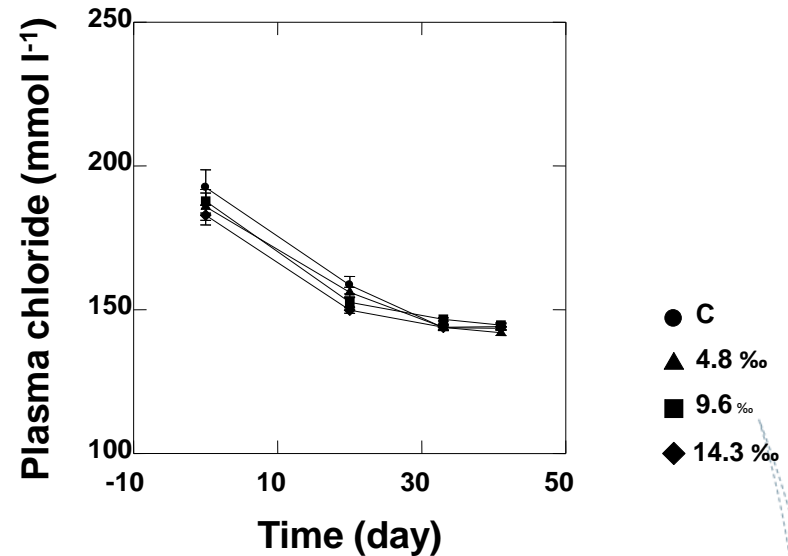
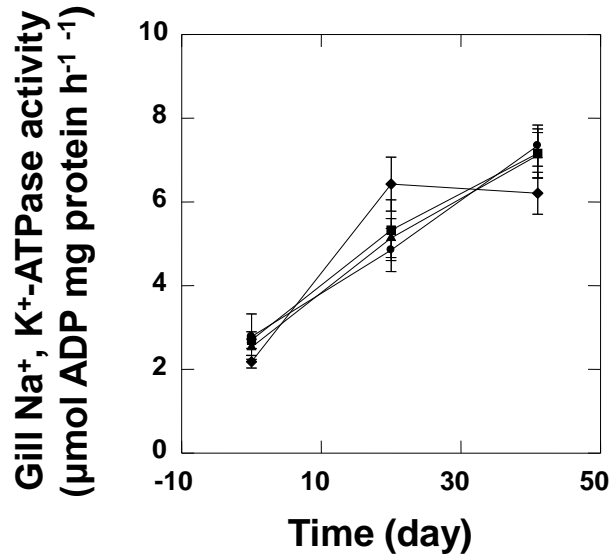
Vekst i behandlingsperioden



- Økt vekst i brakkvannsgruppene
- Liten forskjell i vekst etter overføring til fullt sjøvann

SALISMOLT

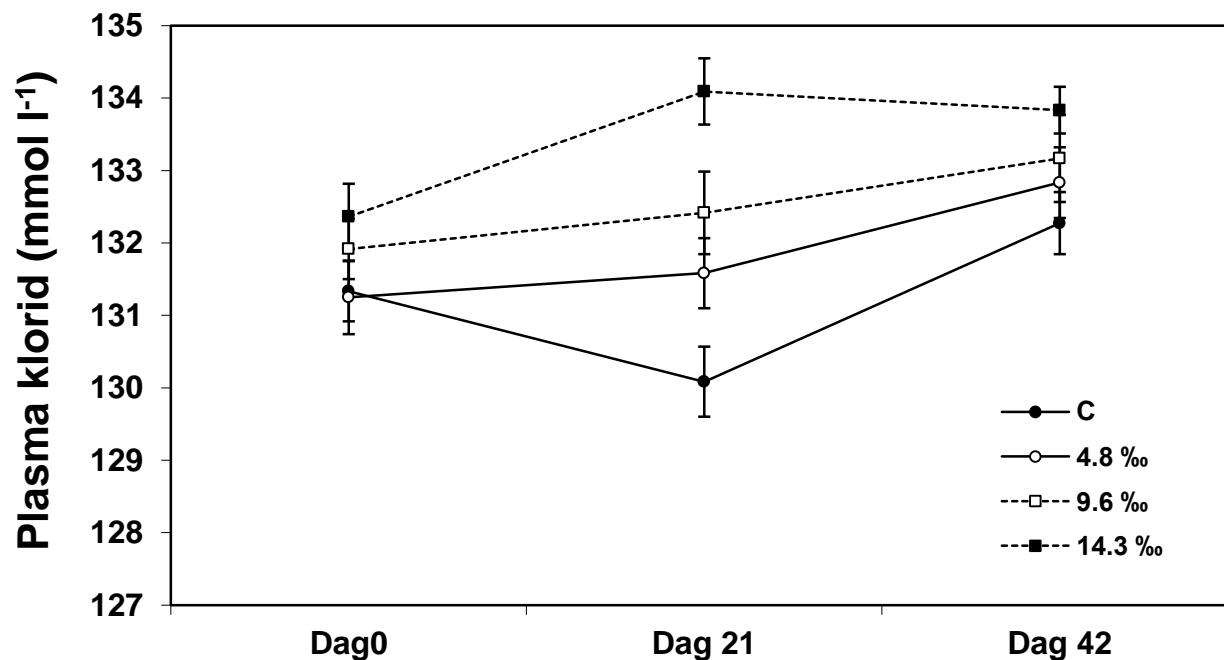
Osmoreguleringsevne



- Tidligere økning i ATPase-aktiviteten i den høyeste BV-gruppa, men forholdsvis likt på slutten
- Normal utvikling av sjøvannstoleranse i SV-testene
- Ingen stor forskjell i evne til å regulere kloridinnhold i blod mellom de ulike salinitetsgruppene ved overføring til sjø

SALISMOLT

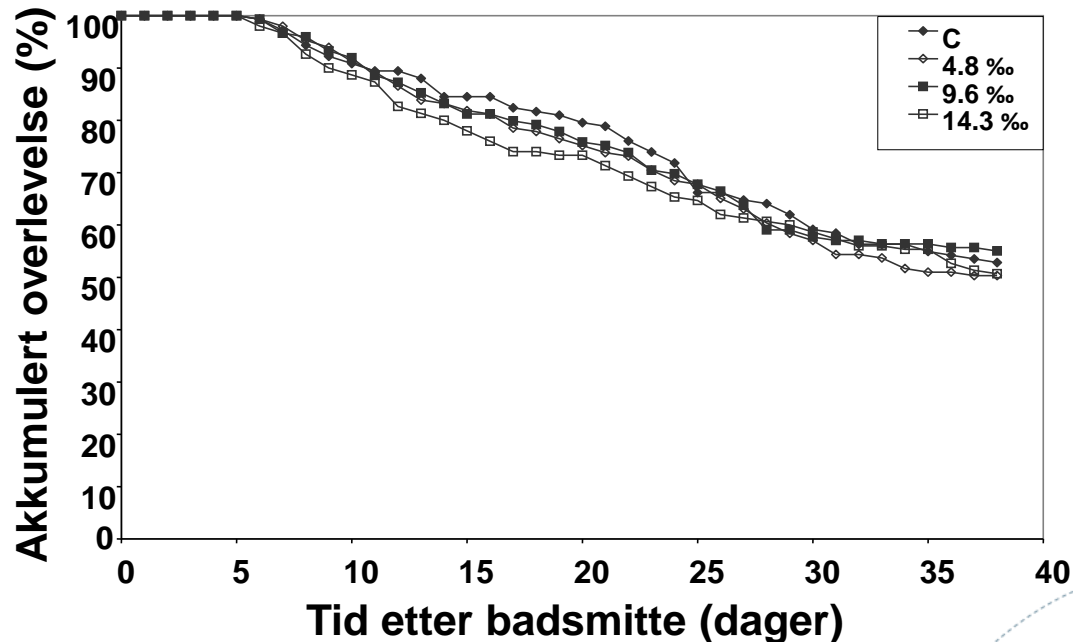
Blodfysiologi



- Økende kloridinnhold i blodet med økende salinitet

SALISMOLT

Mottakelighet for *M. viscosa*



- Ingen forskjell i forløp eller akkumulert andel overlevende i de ulike gruppene
- Sjøvannsinnblandinger til saliniteter mellom 5 og 14 ‰ kan brukes under smoltifiseringsperioden

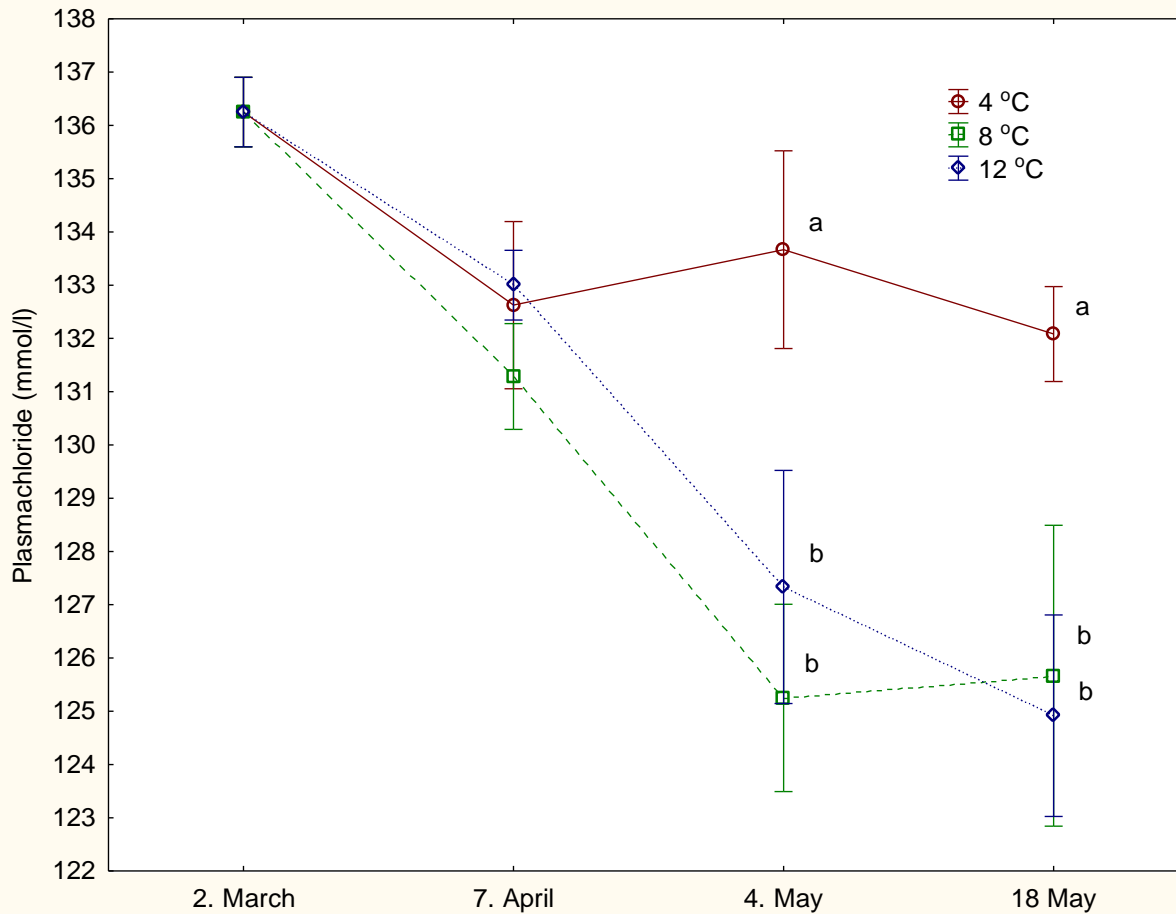
COLDSMOLT I

4, 8 eller 12 ° C under smoltifiseringen

Ansvarlig: Sigurd Stefansson (UiB)

- Smoltifiseringen styres av fotoperiode og temperatur
- Lave temperaturer kan påvirke utviklingen av osmorguleringsevnen hos laksesmolt gjennom
 - Lengden på smoltvinduet
 - Hindre fisken fra å respondere på økning i fotoperiode pga begrenset endokrin responsevne
- Vi har undersøkt hvordan tre ulike temperaturer påvirker:
 - Grunnleggende mekanismer hos vill laks
 - Endringer i genuttrykk av NKA α 1a, α 1b subenheter og NKCC
 - Smoltkvalitet
 - Utvikning av NKA-aktiviteten i gjellene, plasmaklorid, (glukose og vekst)

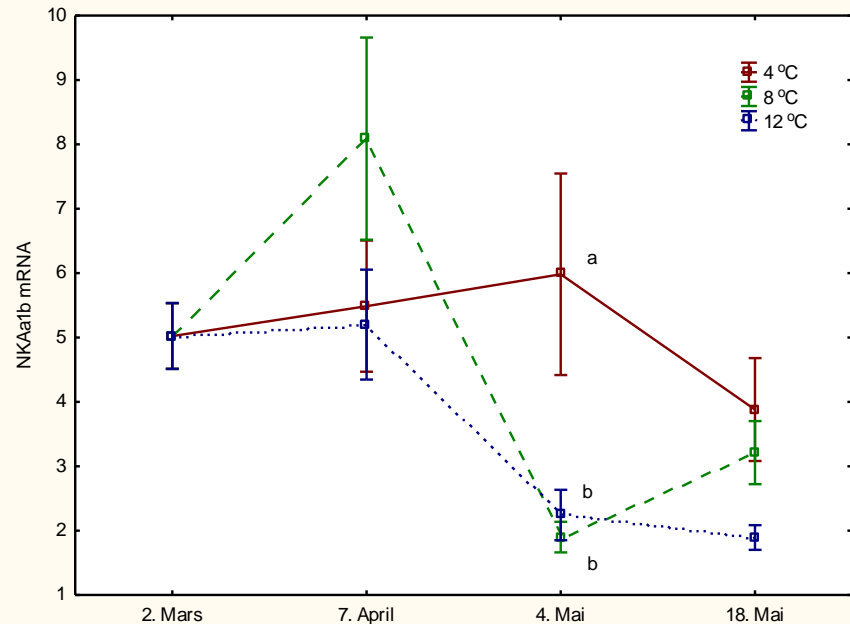
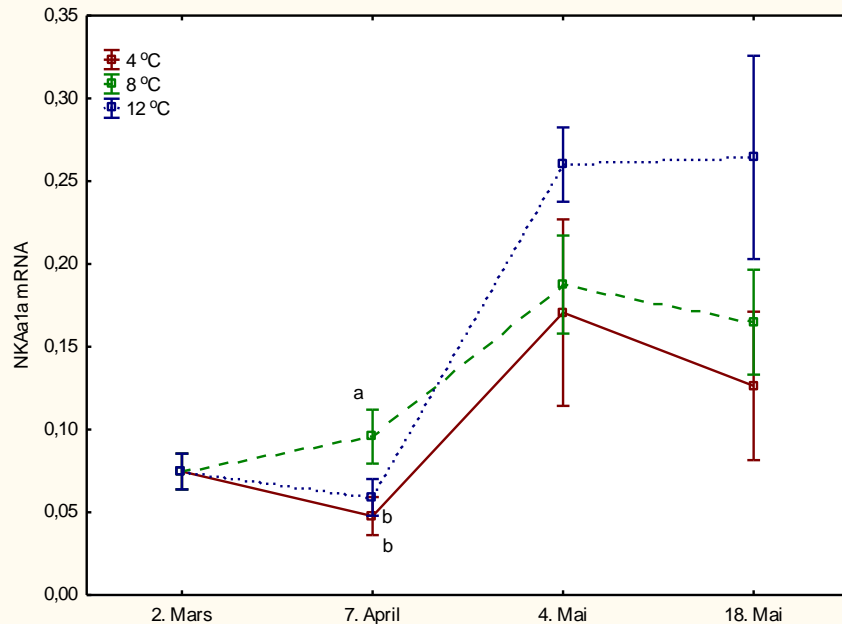
COLDSMOLT I Plasmaklorid



- Senere nedgang i plasmaklorid-nivåene ved 4° C enn ved 8 og 12° C

COLDSMOLT I

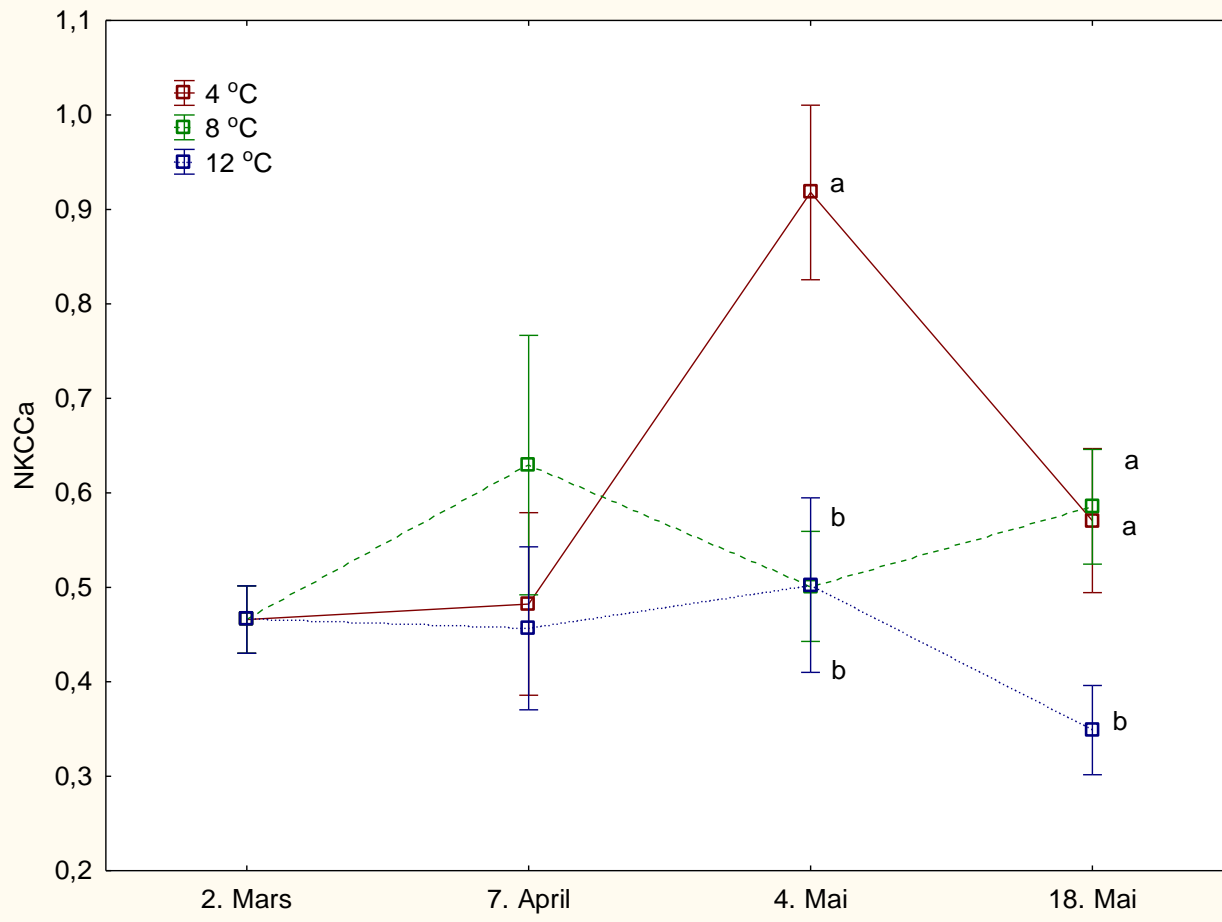
Genuttrykk av NKA α 1a og α 1b



- Genuttrykket av isoformen NKA α 1a økte i alle grupper mellom mars og mai, men raskere økning ved 12° C enn ved 4° C
- Genuttrykket av isoformen NKA α 1b minsket i alle grupper mellom mars og mai, men senere nedgang ved 4° C

COLDSMOLT I

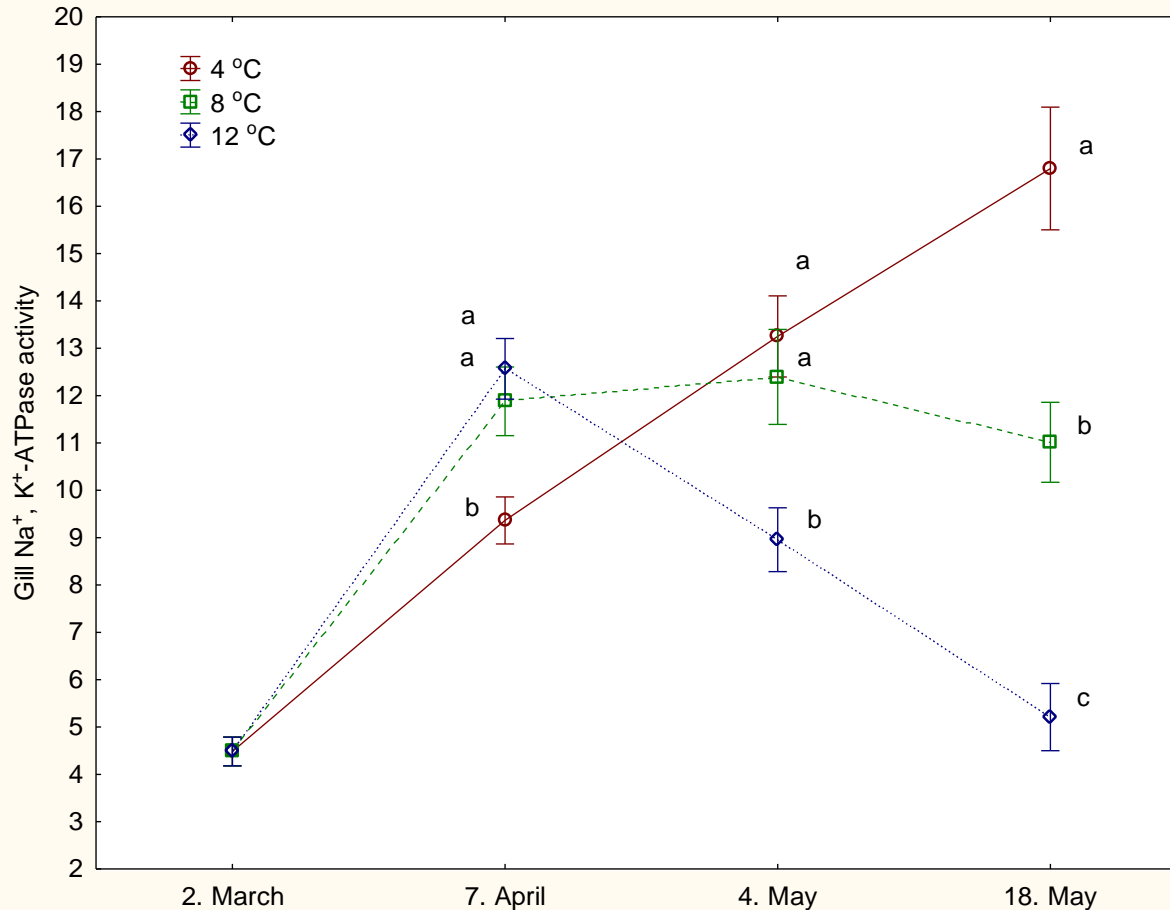
Na⁺, K⁺, Cl⁻ co-transporter (NKCC)



Genuttrykket av NKCC1a hadde en topp i april i 8° C gruppa, mens toppen kom i mai i 4° C gruppa

COLDSMOLT I

Na⁺, K⁺-ATPase activity (NKA)



NKA-aktiviteten økte i alle gruppene, men kom senere i 4° C gruppa

Nedgang i NKA-aktiviteten i 12° C gruppa kan tyde på desmoltifisering

COLDSMOLT I

Konklusjon

- **Gruppene ble fullstendig smoltifisert i henhold til temperaturregimet**
 - **Endringer i NKA-aktivitet og genutrykk av NKA NKA α 1a subenhet og NKCC1a**
- **Hypotesen om at utviklingshastigheten i parr-smolt transformasjonen kontrolleres av temperatur etter lysstimuli stemmer**

COLDSMOLT II

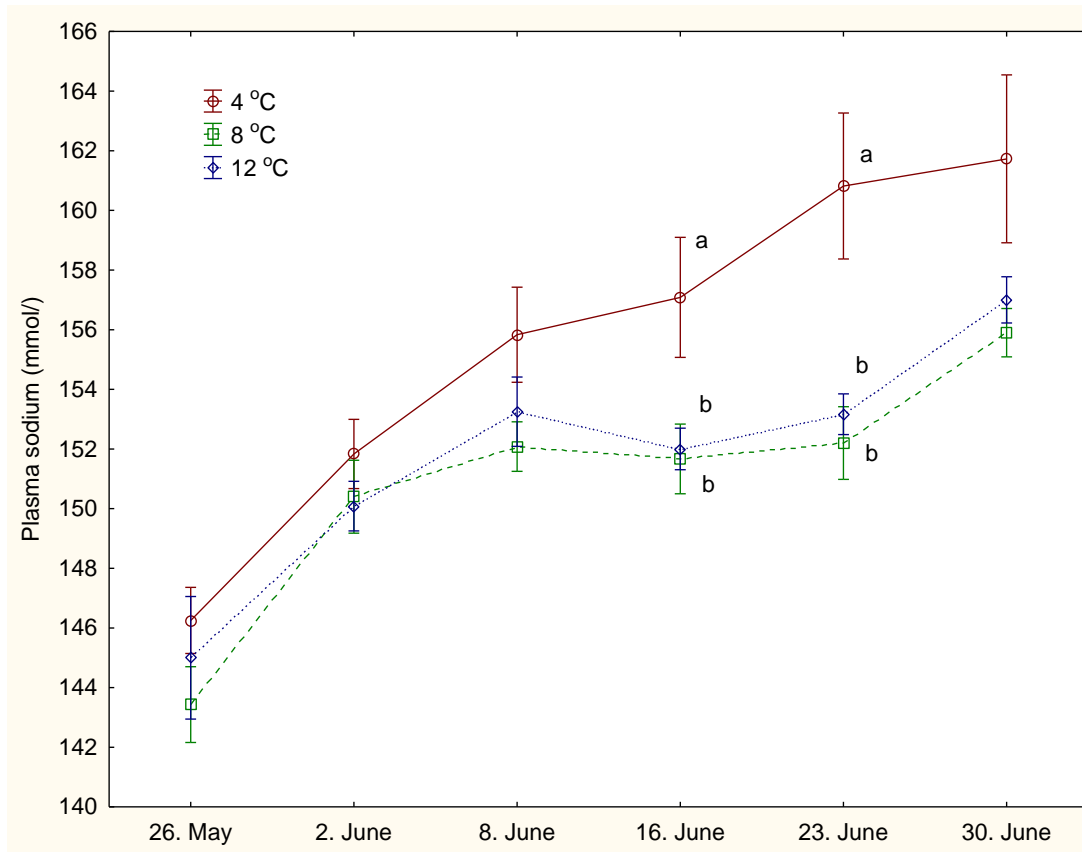
Ulike temperaturer (4, 8 og 12° C) i sjøvann

Ansvarlig: Sigurd Stefansson (UiB)

- **Undersøkt hvordan temperatur kontrollerer hvor fort fisken akklimerer seg til sjøvann**
 - **Grunnleggende mekanismer for ioneregulering i gjellene hos vill laks**
 - **Utviking av NKA-aktivitet, plasmaklorid og vekst**
- **Utgangspunkt er 8° C-gruppen fra COLDSMOLT I**
- **Tre nye grupper (4, 8 og 12° C) etablert i løpet av 1 uke**
- **Gradvis overføring til fullt sjøvann i løpet av 2-3 uker**

COLDSMOLT II

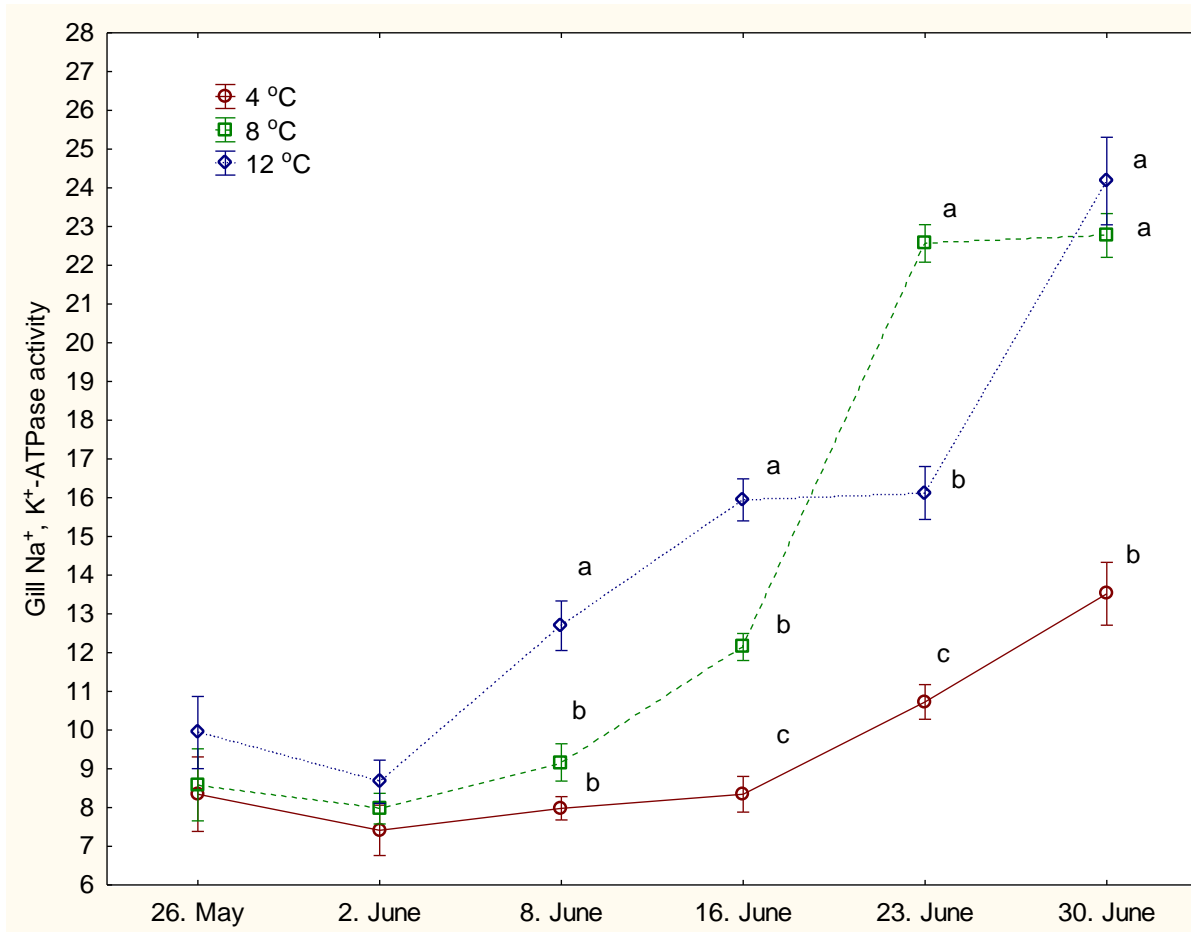
Plasmaklorid



- Gradvis høyere plasmakloridnivå med tiden og økende salinitet på vannet
- Høyere plasmakloridverdi ved 4° C enn ved 8 og 12° C, noe som tyder på redusert osmoregulerings-evne

COLDSMOLT II

Na⁺, K⁺-ATPase activity (NKA)



- Gradvis økende NKA-verdier med tiden og økende salinitet på vannet
- Høyere NKA-verdi ved 8 og 12° C enn ved 4° C

COLDSMOLT II

Konklusjon

- **Gruppene responderte på økningen i salinitet i henhold til temperaturregimet**
 - **Endringer i NKA-aktivitet og evnen til å opprettholde plasmakloridnivået**
- **Hypotesen om at hastigheten på sjøvannsakklimeringen etter parr-smolt transformasjonen kontrolleres av temperatur stemmer**

COMBISMOLT

Interaksjoner mellom intensitet, salinitet og temperatur i smoltifiseringsstadiet

Ansvarlig: Hilde Toften (Nofima)

- Tatt utgangspunkt i resultatene fra tidligere forsøk (temperatur og salinitet)
- Kombinert tre intensiteter med to saliniteter for å undersøke hvilke som gir:
 - Best vekst
 - Lavest risiko for vintersår
 - Best velferd

COMBISMOLT

Vannkvalitet

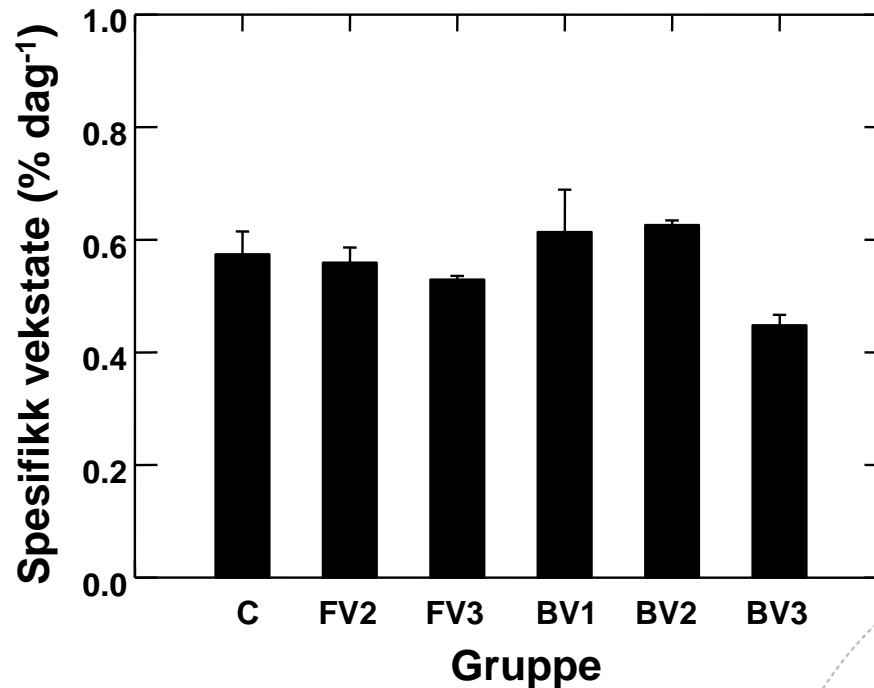
Parameter	C (FV1)	FV2	FV3	BV1	BV2	BV3
Salinitet (‰)	0 ±0.0 (70)	0 ±0.0 (70)	0 ±0.0 (70)	13.8 ±0.24 (70)	13.9 ±0.24 (70)	14.1 ±0.24(70)
SVF (L kg ⁻¹ min ⁻¹)	0.27	0.15	0.12	0.27	0.15	0.12
Temperatur (°C)	7.9 ±0.21 (82)	8.0 ±0.22 (82)	8.1 ±0.22 (82)	7.7 ±0.21 (82)	7.7 ±0.22 (82)	7.8 ±0.22 (82)
CO ₂ (mg L ⁻¹)	9.2 ±3.06 (14)	11.9 ±2.89 (14)	16.1 ±3.71 (14)	8.5 ±1.10 (14)	15.4 ±3.27 (14)	22.4 ±5.21 (14)
pH	6.28 ±0.05 (14)	6.18 ±0.05 (14)	6.15 ±0.08 (14)	7.01 ±0.04 (14)	6.78 ±0.05 (14)	6.63 ±0.13 (14)
O ₂ (%)	88.9 ±11.0 (68)	94.2 ±18.9 (68)	95.2 ±24.3 (68)	87.3 ±13.3 (68)	99.9 ±24.0 (68)	98.1 ±23.9 (68)

SVF – Spesifikt vannforbruk

- **Forskjellige intensiteter (SVF) kombinert med ulike saliniteter påvirker vannkvaliteten**
- **Økende CO₂ og redusert pH med økende intensitet**
- **Høyere CO₂ og pH i brakkvannsgruppene**

COMBISMOLT

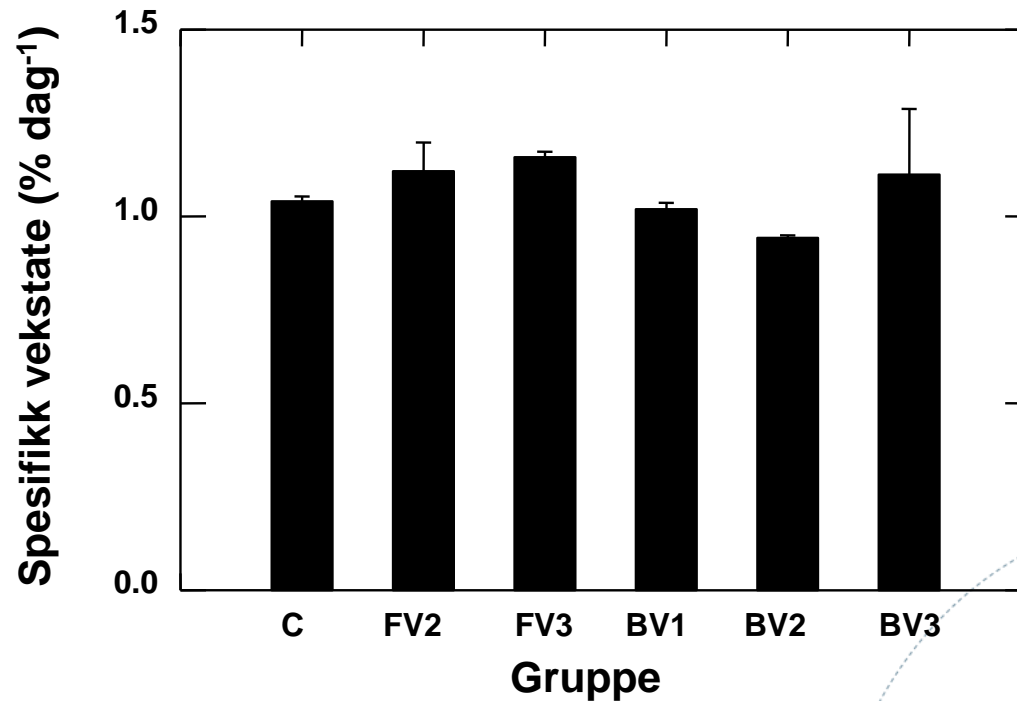
Vekst i behandlingsperioden



- Tendens til redusert vekst i de mest intensive gruppene
- Tendens til økt vekst i to av BV-gruppene, noe som tyder på at bruk av sjøvannsinnblanding kan tillate høyere intensitet

COMBISMOLT

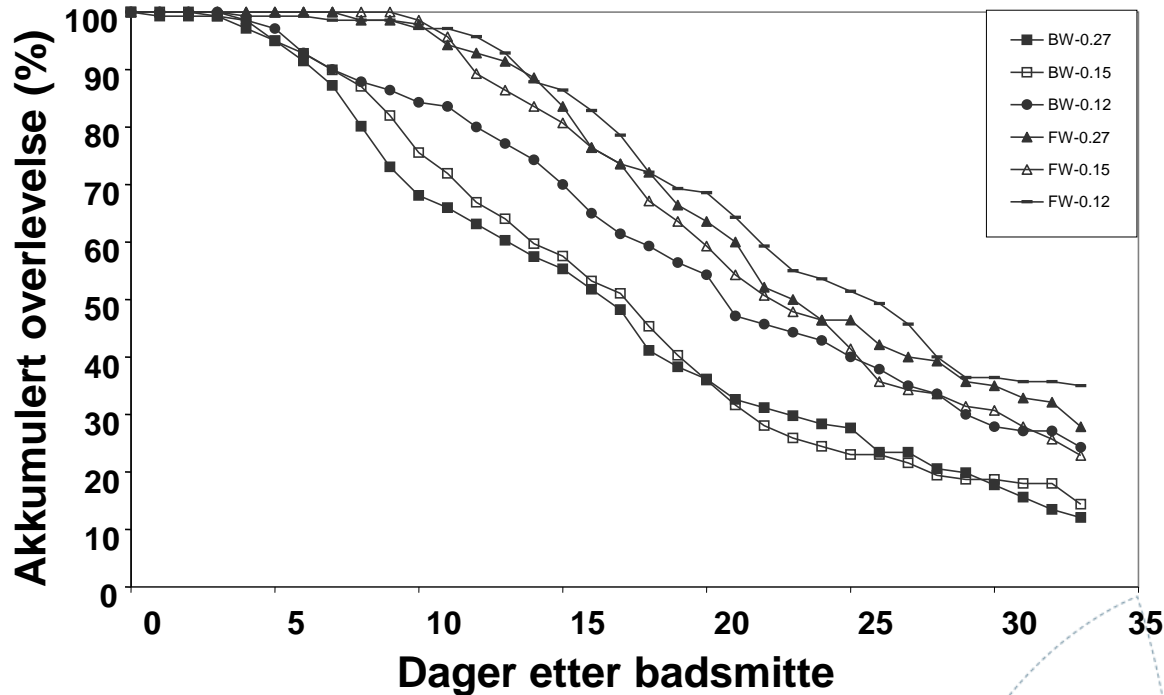
Vekst i SV etter behandling



- Tendens til kompensasjonsvekst
- Alle klarer overgangen til fullt sjøvann godt

COMBISMOLT

Mottakelighet for *M. viscosa*



- Lavere overlevelse for to av BV-gruppene, både etter 10 dager og ved slutten av smitteforsøket
- Intensive produksjon i kombinasjon med sjøvannsblanding synes akseptabelt i områder med lite metallproblemer

Oppsummering

- **Kortvarig (14 dager) eksponering til brakkvann er ikke negativt for lakseparr (SALIPARR)**
- **Saliniteter på 5, 10 og 14 ‰ i smoltifiserings-perioden kan brukes, i hvert fall der en har god råvannskvalitet (SALISMOLT)**
- **Utviklingshastigheten i parr-smolt transformasjonen kontrolleres av temperatur etter lysstimuli (COLDSMOLT I)**
- **Hastigheten på sjøvannsakklimeringen etter parr-smolt transformasjonen kontrolleres av temperatur (COLDSMOLT II)**
- **Intensive produksjon i kombinasjon med sjøvannsinnblanding synes akseptabelt i områder med lite metallproblemer (COMBISMOLT)**