

Del 1: Rognkjeks

Toleranse for miljøoverganger hos oppdrettet rognkjeks

Forsøkskar for rognkjeks.

Hva tåler rognkjeks av temperatur- og andre miljøendringer. Her presenteres data fra et prosjekt, og det gis til slutt noen anbefalinger.

Thor Jonassen*, Atle Foss, Thor Arne Hangstad, Ellie Jane Watts og Mette Remen, alle Akvaplan-niva
thor@akvaplan.niva.no

Respons på brå temperaturoverganger hos rognkjeks

Rognkjeks settes ut store deler av året, og opplever ofte en brå økning eller reduksjon i temperatur sammenliknet med temperaturen i oppdrettskar. Det kan være fordelaktig mht. god kontroll med lakselusa å sette rognkjeks ut tidlig på våren. Fisken utsettes da for et betydelig temperaturopp. Tilsvarende vil fisken kunne oppleve brå temperaturøkninger ved utsett seint om høsten. For rognkjeks har man fra tidligere forsøk funnet indikasjoner på at en temperaturøkning fra 8 til 12 °C er uproblematisk, men fysiologisk respons og stress ved større

temperaturøkninger eller plutselige temperaturopp er interessant å undersøke nærmere.

Kontrollerte forsøk i kar ble derfor gjennomført ved Akvaplan-niva sitt Forsknings- og Innovasjonsstasjon avd. Kraknes (FISK) i Tromsø for å skaffe mer kunnskap om stressrespons ved temperatursprang hos rognkjeks, og om hvordan temperaturen spiller inn ved restituering etter en stressbelastning.

Frisk fisk responderer på forskjellige typer stress (stressfaktorer) bl.a. gjennom oppregulering av stresshormonet kortisol, som mobiliserer en rekke fysiologiske og atferdsmessige responser som hjelper fisken til å takle trusler eller miljøendringer.



Blodprøvetaking av rognkjeks.

Plasmakortisol fra blodprøver av rognkjeks flyttet fra en akklimeringsstemperatur på 9,5 °C til høyere, lavere eller lik temperatur ble derfor analysert for å sammenligne stressrespons i forhold til brå temperaturoverganger. Sekundære stressrespons som endringer i plasmaioner (Na^+ , Cl^- , K^+ , Ca^{2+}) og plasma-pH ble også målt.

Materiale og metode

Forsøksfisken ble klekket og startfôret ved forskningsstasjonen FISK i januar 2018 og overført til to oppdrettskar à 1,5 m³ den 16. august 2018 for akklimering. Ved forsøksstart 3. september ble fisken overført fra oppdrettskarene på 9,5 °C til tre forskjellige temperaturbetingelser med to parallelle kar à 110 L per temperaturgruppe og 40 fisk à ca. 45 g i hvert kar (totalt 80 fisk per gruppe). Vannutskiftingen i karene var ca. 80 liter per time. Fisken var sultet en dag før forsøksstart.

Følgende tre forsøksgrupper ble satt opp: T4 (overgang fra 9,5 °C til 4,2 °C); T14

(overgang fra ca. 9,5 °C til 14,2 °C), og T9 (stabil 9,5 °C). All forsøksfisk ble håvet i bøtter og båret over til forsøkskarene, som totalt utgjorde en håndteringsbelastning på ca. 2 minutter før overføring til forsøkskarene. Fisken var akklimerert til en lysintensitet på 3,3 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ i oppdrettskarene og fikk en lysintensitet på 10 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ etter overføring til forsøkskarene.

Forsøket varte i 72 timer med prøvetaking av 6 fisk fra hver gruppe (3 fra hver parallell) etter 1, 8, 24 og 72 timer. 0-prøver (referanse fra ubehandlet fisk) fra 6 fisk ble tatt fra oppdrettskarene (3 fra hvert kar) på 9,5 °C like før forsøksstart. Ved blodprøvetaking ble fisken håvet over i en bølge med overdose bedøvelse (metomidat) hvor fisken mistet likevekten og ble livløs innen 10 sekunder. Blodprøvene ble tatt innen 2-3 minutter og deretter sentrifugert. Blodplasma ble oppbevart ved -80 °C inntil gjennomføring av plasmaanalysene. Flere detaljer om metode og forsøksoppsett kan fås ved henvendelse til artikkelforfatterne.

Prosjekt om stress hos oppdrettet berggylte og rognkjeks

Forhold knyttet til transport eller miljøsprangene fisken opplever ved overføring fra kar på land til den settes ut i laksemerder i sjø har vært pekt på som mulige forklaringer på varierende overlevelse etter utsett i merd. Det finnes noe kunnskap på rognkjeks fra kontrollerte simulerte transportforsøk under forskjellige miljøbetingelser (Akvaplan-niva rapport nr. 7707), men for berggylte er det ikke gjort noen tilsvarende studier.

Kjennskap til fiskens fysiologiske tilstand under forskjellige transportforhold og miljøendringer er viktig for å tilpasse transportmetoder som gir god fiskevelferd, god overlevelse etter utsett i merd og som sikrer at fisken er robust nok til å fungere effektivt som lusespiser.

Akvaplan-niva har derfor gjennomført en serie forsøk for å kartlegge stressresponsen hos oppdrettet berggylte og rognkjeks, som en del av det FHF-finansierte prosjektet "Toleranse for transportstress og miljøoverganger hos berggylte og rognkjeks" – scan QR-kode for mer informasjon.

Føreløpige data fra kontrollert testing av respons på brå miljøoverganger hos begge artene rapporteres her. I tillegg har det blitt innhentet data fra transporter av berggylte og rognkjeks fulgt opp i felt, for å kartlegge stressrespons og akklimering til merd. Dette vil bli rapportert i en senere artikkel og på FHF-prosjektets hjemmeside.



Resultater

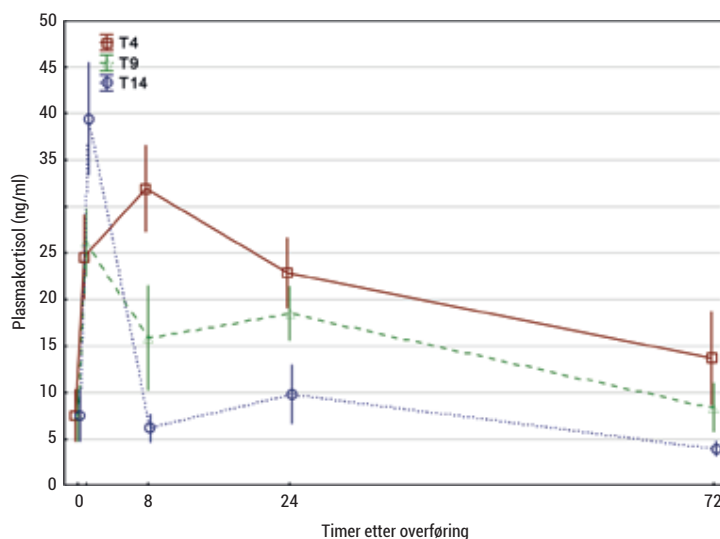
Analysen av uforstyrret rognkjeks før forsøksstart akklimatisert til 9,5 °C viste gjennomsnittlige kortisolverdier på 7,5 ng/ml. Overføringen fra oppdrettskarene til forsøkskarene ga en klar stressrespons for alle temperaturgruppene, med tydelig økning i plasmakortisol for T14 en time etter overføring og tilsvarende rask reduksjon i kortisol (akklimatisering) etter 8 timer (Figur 1). For T4 var stressresponsen noe forsinket, med en topp i kortisol etter 8 timer og en mer gradvis (seinere) akklimatisering enn T9 og T14. Ved forsøksslutt etter 72 timer hadde T14 signifikant lavest kortisol-nivå sammenlignet med T9 og T4, og lavere nivå enn fisk i oppdrettskarene på 9,5 °C før forsøksstart.

Etter overføring til forsøkskarene ble det påvist et tidlig og relativt lite dropp i pH for T9 og T14 målt etter 1 og 8 timer, og en regulering tilbake til utgangsnivået etter 24 timer (Figur 2). I T4-gruppa ble det observert en annen utvikling, med gradvis synkende pH i løpet av det første døgnet. Etter 72 timer hadde plasma-pH i økt noe, men var fremdeles lavere enn i de andre temperaturgruppene.

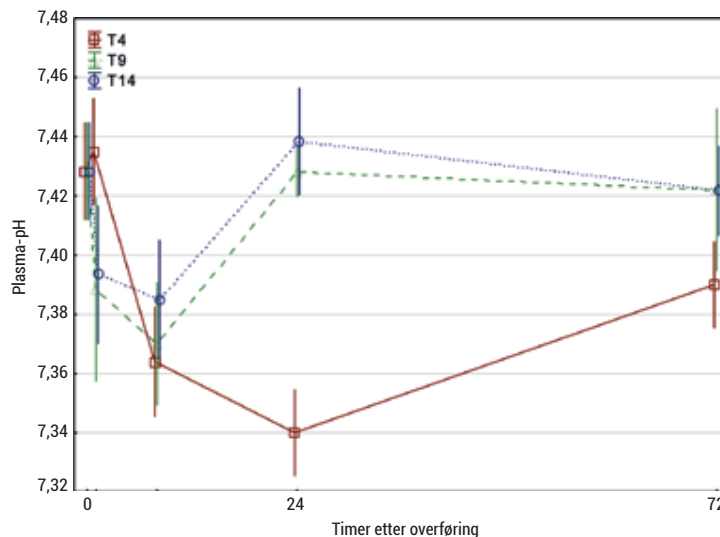
Utviklingen i plasmaioner viste relativt stor variasjon, spesielt for Na⁺, Cl⁻ og Ca²⁺ (Figur 3), hvor T4 sammenlignet med T9 og T14 fikk en svakere økning i Na⁺ og Ca²⁺ og en dropp i Cl⁻ etter en time, samt en dropp i Na⁺ etter 8 timer. Stor variasjon i Na⁺, Cl⁻, og Ca²⁺- konsentrasjonene i T9 etter 72 timer skyldes stor variasjon innad i gruppen, med spesielt høye verdier i to individer. Med unntak av disse fiskene akklimatiserte alle gruppene seg til relativt like nivåer etter 72 timer. For K⁺ var det gjennom hele forsøksperioden en klar temperaturavhengig rangering, med de høyeste nivåene for T14 og de laveste for T4.

Diskusjon

Økningen i plasmakortisol i alle forsøksgruppene etter flytting av fisk fra akklimatiseringskarene (oppdrettskarene) til forsøkskarene viste at selve håndteringen (håving og trenging) ved overføringen var en stressfaktor. Fisken



Figur 1. Variasjon i plasmakortisol hos rognkjeks etter flytting til kar med forskjellige temperaturer (T4: fra 9,5 til 4,2 °C, T9: fra 9,5 til 9,5 °C, T14: fra 9,5 til 14,2 °C). Punktene er gjennomsnitt av 6 fisk, vertikale linjer indikerer standard feil rundt gjennomsnittet (SEM).



Figur 2. Variasjon i plasma-pH hos rognkjeks etter flytting til kar med forskjellige temperaturer (T4: fra 9,5 til 4,2 °C, T9: fra 9,5 til 9,5 °C, T14: fra 9,5 til 14,2 °C). Punktene er gjennomsnitt av 6 fisk, vertikale linjer indikerer standard feil rundt gjennomsnittet (SEM).

i de forskjellige gruppene responderte også forskjellig på stress, avhengig av temperatur. Tidlig og høy stressrespons på fisken i gruppe T14 (14,2 °C), etterfulgt av en rask regulering tilbake til nivået før flyttingen hvor fisken gikk ustresst, tyder på at rognkjeks på temperaturer rundt 14 °C håndterer stresset effektivt og re-etablerer likevekt etter kort tid. Stressforløpet i T4, hvor kortisolnivåene lå klart høyere enn T14 etter 1 time, tyder på at det tar lengre tid å akklimatisere seg

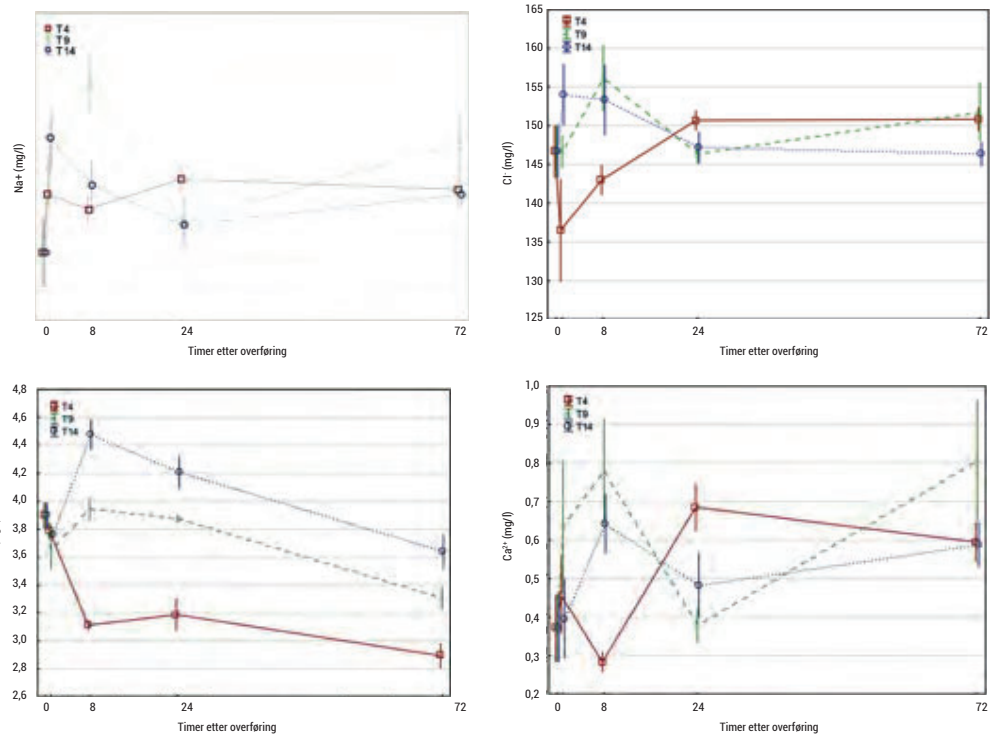
til en lavere temperatur. Etter 72 timer var fremdeles kortisolnivået ved 4,2 °C over tre ganger høyere enn ved 14,2 °C.

Temperaturløansen vil ha betydning for hvordan rognkjeks klarer å tilpasse seg (akklimatisere) i merd etter transport. Det er godt dokumentert at forskjellige stressfaktorer relatert til transport kan akkumuleres til høye nivåer, avhengig av transportmåte og håndtering (Remen og Jonassen, 2017). Dette gjør det

spesielt viktig at fiskens evne til å regulere (respondere på stresset) er god. Fiskekvalitet (robusthet) spiller inn, og det er her vist at temperatur spiller inn i forhold til hvor effektivt rognkjeks klarer å re-etablere likevekt. Dersom fiskens evne til å regulere stress og kompensere for å gjenopprette homeostase (fysiologisk likevekt) ikke er tilstrekkelig, vil fisken utvikle kronisk stress som endrer fiskens fysiologiske likevekt og gir økt risiko for bla. redusert appetitt, aktivitetsnivå, sykdomsresistens og overlevelse.

Tidligere forsøk med rognkjeks har vist en økning i pH under transport, i samsvar med økende kortisol, ulikt tendensen i dette forsøket hvor en fikk en dropp i pH under den tidlige stressperioden, og deretter en økning igjen da rognkjeks gjenopprettet likevekt. Økning i pH ved økt stress har i tidligere forsøk med rognkjeks vært under høyere stressnivåer enn i dette forsøket, og overkompensering har vært fremlagt som en forklaring. I dette forsøket fulgte pH en mer "typisk" utvikling, hvor økt energiomsetning og aktivitet som følge av økt stressnivå kan forklare en reduksjon i plasma-pH.

En av de primære fysiologiske rollene til kortisol er reguleringen av vann-saltbalansen og energiomsetningen i blodet. Endringer i bl.a. konsentrasjonen av plasma-ioner blir derfor sett på som en sekundær stressrespons, noe en tidligere har sett hos rognkjeks i forbindelse med transport. Kraftige stressreaksjoner vil generelt redusere kapasiteten for ione-regulering og i sjøvann vil fisken dehydrere. Settett av plasmaioner analysert i dette forsøket (Na^+ , Cl^- , K^+ og Ca^{2+}) viste generelt en samvariasjon med kortisol, med økende konsentrasjoner med økende stress og en stabilisering da fisken nærmet seg akklimatisering etter 72 timer. Dropp i Cl^- , K^+ og Ca^{2+} i gruppe T4 var et unntak, og kan være et resultat av overkompensering for gjenvinning av osmotisk likevekt i en periode hvor



Figur 1. Variasjon i plasmakortisol hos rognkjeks etter flytting til kar med forskjellige temperaturer (T4: fra 9,5 til 4,2 °C, T9: fra 9,5 til 9,5 °C, T14: fra 9,5 til 14,2 °C). Punktene er gjennomsnitt av 6 fisk, vertikale linjer indikerer standard feil rundt gjennomsnittet (SEM).

stressnivået er på sitt høyeste for denne gruppen.

Med den begrensede kunnskapen man har på rognkjeksens fysiologi er det usikkert om kjente forklaringsmodeller for syre-baseregulering og ione-regulering i fisk gjelder fullt ut for rognkjeks. Det er bl.a. vist at ferskvann kan akkumuleres i mage/tarm hos rognkjeks (Franzen m.fl. 2015), at den har vev med lavt ione-innhold som har betydning for regulering av oppdrift (Davenport og Kjærsvik 1986), og det er nylig oppdaget en ny type celler i huden til rognkjeks med en struktur som kan tyde på en funksjon forbundet med regulering av salt-vannbalansen. Muligens skiller rognkjeks seg ut fra andre arter i måten den regulerer fysiologisk likevekt.

Konklusjoner og anbefalinger

Det ble observert en raskere og tidlig forbigående stressrespons hos rognkjeks

på 14,2 °C sammenlignet med fisk som gikk på hhv. 4,2 og 9,5 °C, som førte til en hurtigere akklimatisering og stabilisering på et lavere stressnivå etter 72 timer enn før stresseksponeringen. Dette tyder på at rognkjeks takler stress bedre ved høye temperaturer enn ved lave temperaturer og at overføring av rognkjeks til lave temperaturer er mer kritisk enn til høyere temperaturer. Stressreduserende tiltak under transport og håndtering av rognkjeks er derfor spesielt viktig ved lave temperaturer. En kan også forvente en lengre akklimatiseringstid i merd ved lave temperaturer, som gjør at det kan ta litt tid før rognkjeks er en aktiv lusespiser.

Takk

Takk til Sara Calabrese (NIVA) for kortisolanalyser og teknikere på Akvaplan-niva sitt Forsknings- og Innovasjonsstasjonen avd. Kraknes (FISK) for tilrettelegging av forsøket •

Del 2: Berggylte

Toleranse for miljøoverganger

hos oppdrettet berggylte

Bildet viser forsøkskarene med berggylte.

Det finnes lite kunnskap på berggylte og toleranse for brå miljøendringer som fisken kan utsettes for i forbindelse med transport og overgang fra oppdrettsmiljøet i kar til miljøet i merder i sjø. I dette forsøket ble derfor stressresponsen etter brå overgang til redusert salinitet, økt lysintensitet og redusert temperatur hos berggylte undersøkt.

Thor Jonassen*, Atle Foss og Mette Remen, alle Akvaplan-niva og Espen Grøtan, Marine Harvest
thor@akvaplan.niva.no

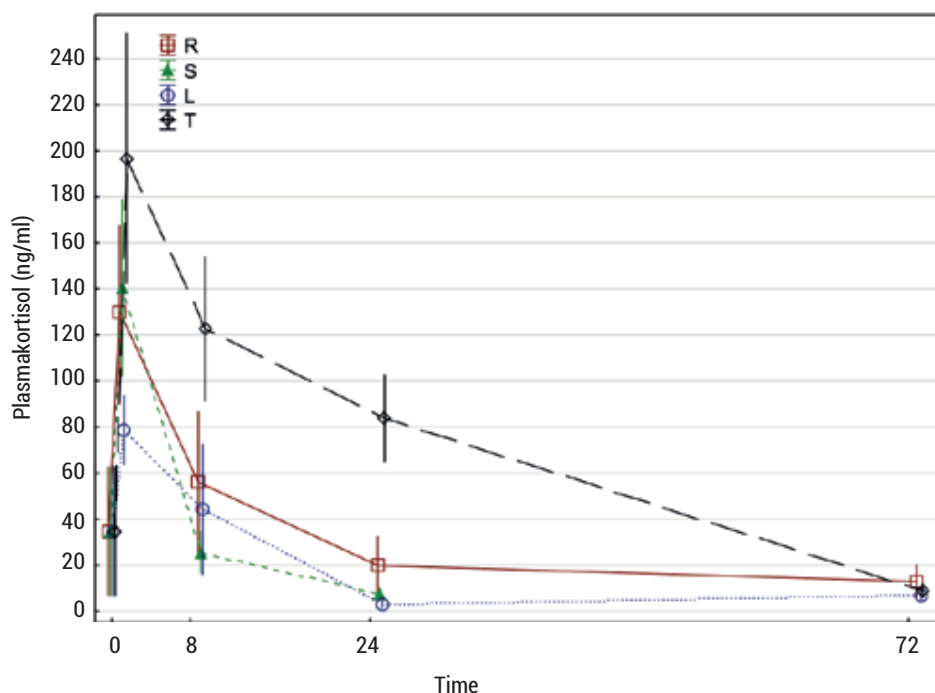
Materiale og metode

120 berggylte med snittvekt 51,7 g, klekket og oppdrettet ved Marine Harvest Labrus i Øygarden, ble fordelt på to stk. 1,3 m³ holdekar plassert i et eget forsøksrom 6 dager før forsøksstart med normale oppdrettsbetingelser (12,2 °C, fullt sjøvann, kontinuerlig dimmet belysning) Følgende forsøksbetingelser var etablert ved forsøksstart:

- Gruppe R (referansekare): Normale oppdrettsbetingelser med temperatur på 12,2 °C, dimmet belysning (1,7 – 3,6 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) og salinitet på ca. 34 ppt.
- Gruppe S (salinitet-overgang): Samme betingelser som referansekarene,

men med innblanding av ferskvann for justering til lav salinitet (17 ppt.).

- Gruppe L (lys-overgang): Samme betingelser som referansekarene, men med ekstra kontinuerlig belysning fra metallhalogenlamper like over karene for justering til høy lysintensitet (26,3 – 46,1 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Denne gruppen var skjermet fra de andre gruppene med presenning for å unngå lysspredning til de andre forsøkskarene.
- Gruppe T (temperatur-overgang): Samme betingelser som referansekarene, men med uoppvarmet vann for justering til lav temperatur (8,7 °C).



Figur 1. Utvikling i stressnivå (plasmakortisol) i de forskjellige forsøksgruppene med berggylt.

Ved forsøksstart 9. oktober 2018 ble fisk overført direkte fra de to holdekarene plassert i forsøksrommet på "normale" oppdrettsbetingelser til forsøkskar på de respektive forsøksbetingelsene (lav salinitet, høy lysintensitet, lav temperatur og normalreferanse), med to parallelle kar à 1,3 m³ per gruppe og 30 fisk per kar. Mellom hver gruppe var det lagt inn en tidsforskjell i tidspunktet for overføring på 30 minutter for å ta høyde for et tidsforbruk ved prøvetaking på 30 minutter. Prøvetidspunktet ble dermed lik for alle gruppene. Fisken ble ikke føret i forsøksperioden og alle kar hadde lik vannutskifting.

Forsøket varte i 72 timer med prøvetaking av 6 fisk fra hver gruppe (3 fra hvert kar) etter 1, 8, 24 og 72 timer. 0-prøver (referanse fra ubehandlet fisk) fra 6 fisk ble tatt fra holdekarene (3 fra hvert kar) på 12,2 °C like før forsøksstart. I tillegg ble det tatt prøver fra 6 fisk fra et uforstyrret oppdrettskar i påveksthallen på anlegget på 12,2 °C og dimmet belysning.

Blodprøvetaking, behandling og analysing av prøvene var ellers likt som beskrevet for rognkjeks ovenfor, hvor plasmakortisol, pH og plasmaioner (Na⁺, Cl⁻, K⁺, Ca²⁺) ble brukt for analysing av

stressrespons på de brå miljøovergangene i forsøket.

Resultater

Analysene av prøvene fra samlekarer tatt like før overføring av fisk til forsøkskarene indikerte at fisken allerede var relativt stresset (gjennomsnittlig kortisolnivå på 117 ng/ml), sannsynligvis pga. forstyrrelser i rommet i forbindelse med klargjøring av forsøket. Det var også store individuelle variasjoner i stressnivå i samlekarer, med to fisk mellom 12 og 24 ng/ml og fire fisk mellom 142 og 225 ng/ml kortisol. Prøvene fra uforstyrret fisk fra produksjonskarer hvor fisken ble flyttet fra 6 dager før ble derfor vurdert som mer representative for ustresst fisk og representerer derfor 0-prøvene i analysene. Disse viste et gjennomsnittlig kortisolnivå på 6,76 ng/ml, varierende fra 1,44 til 14,25 ng/ml.

Gruppe S, som fikk direkte overgang fra normalt sjøvann (34 ppt) til brakkevann (17 ppt), fikk en moderat økning i kortisol en time etter overføring, omtrent på nivå med referansegruppen (R) på normalt sjøvann. Begge gruppene stabiliserte seg allerede etter 24 timer på nivåer mellom 12 og 19 ng/ml (**Figur 1**).

Gruppe L hadde lavest økning i kortisol en time etter overføring fra kar med dimmet belysning til høy lysintensitet en time etter overføring. Fra 8 timer og utover fulgte denne gruppen gruppe R og S (**Figur 1**), som stabiliserte seg på et nivå rundt 3,8 ng/ml etter 24 timer.

Gruppe T fikk den kraftigste økningen i kortisol en time etter overføring til lavere temperatur (fra 12,2 til 8,7 °C), og beholdt det høyere kortisolnivået de neste 24 timene. Etter 72 timer var fisken akklimatisert til samme nivå som de øvrige gruppene (**Figur 1**). Temperaturen i gruppe T ble noe redusert gjennom forsøket og endte på 8,5 °C ved forsøksslutt.

Ved kontrollmåling av salinitet i karene med ferskvannsinnblanding etter 51 timer ble det oppdaget at sjøvannstilførselen i blandetanken var stengt, og saliniteten i de to karene var hhv. 0 g 5 ppt. Det ble åpnet for sjøvann igjen og saliniteten ble regulert til 17 ppt. Prøvene tatt ved avslutningen av forsøket etter 72 timer ble derfor ikke tatt med i analysene, men varierte fra 321 – 1400 i karet på 0 ppt. og 4,4 – 23,6 i karet på 5 ppt.

Det var relativt liten variasjon og generelt små og forbigående forskjeller mellom

gruppene med hensyn på de sekundære stressresponsene pH og de undersøkte plasmaionene. Det var heller ingen korrelasjon mellom kortisol og pH (Figur 2), Na^+ og Cl^- (Figur 3) eller K^+ og Ca^{2+} (Figur 4). Den relativt moderate kortisolsresponsen fremprovosert i forsøket kan også forklare den moderate variasjonen i pH og osmotisk stress.

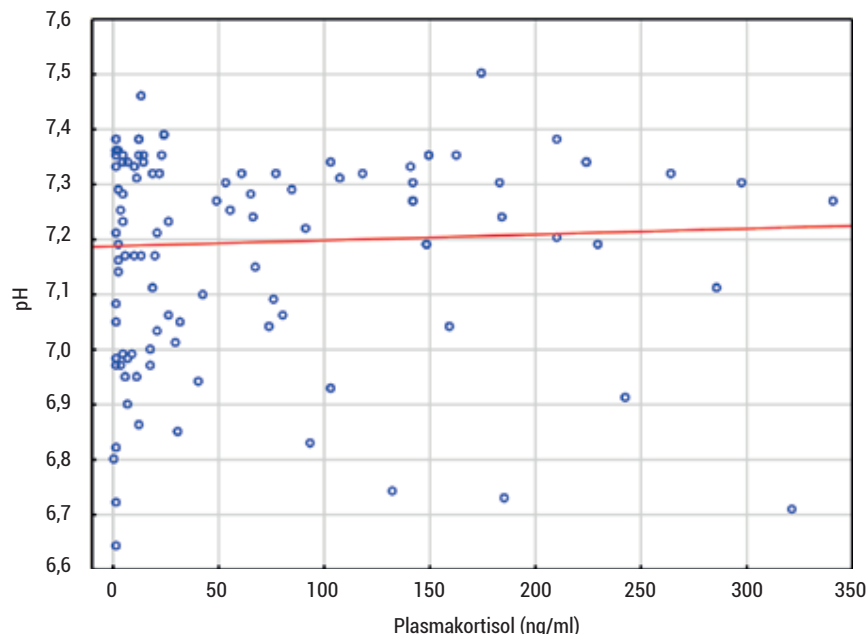
Diskusjon

Stressmålingene fra samleketet som fisken ble fordelt fra ved forsøksstart viste at fisken allerede var stresset, og det var kun overføringen til lavere temperatur som ga noen videre økning i stressnivå. Det additive stresset ved brå overgang til lav salinitet (gruppe S) eller høy lysintensitet (gruppe L) ser derfor ut til å være lite.

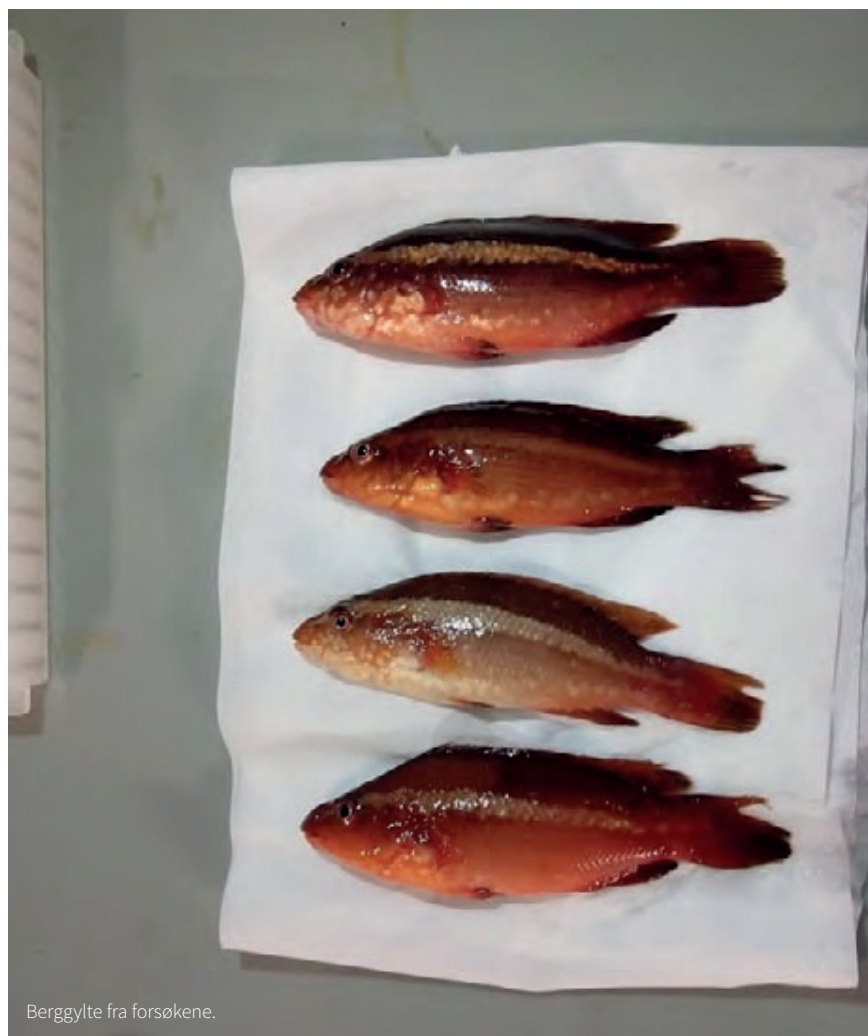
I tillegg stabiliserte både gruppe S og L seg på et lavt stressnivå allerede etter 24 timer og viste et likt stressforløp som normalreferansen på dimmet belysning og fullt sjøvann (gruppe R), noe som tyder på at disse miljøovergangene på lys og temperatur er uproblematisk for berggylte. God toleranse for redusert salinitet er også tidligere vist for en rekke marine oppdrettsarter, og kan forklares med det lavere energiforbruket fisken har for å regulere ione-balansen.

Den lavere stressresponsen i gruppe L etter overføring til høyere lysintensitet sammenlignet med de andre forsøksgruppene har sannsynligvis også sammenheng med at denne gruppen var skjermet med presenning og derfor var mer uforstyrret. Det er likevel noe overraskende all den tid en i oppdrett av berggylte reduserer lysintensiteten for å redusere stress.

Overgang til lavere temperatur ser ut til å være den miljøendringen som stresser berggylten mest og som krever lengst akklimatiseringstid, tilsvarende følsomheten for temperaturoppgang en har sett hos rognkjeks. Generelt for fisk går metabolismen og dermed akklimatiseringen seinere når temperaturen går ned. For berggylte i det temperaturområdet en her har undersøkt kan man forvente at det går ca. tre dager før fisken har akklimatisert seg til de nye



Figur 2. Utvikling i pH i blodplasma hos oppdrettet berggylte når stressnivået (plasmakortisol) øker.



Berggylte fra forsøkene.

miljøbetingelsene, forutsatt at det ikke oppstår annet additivt stress. Ved lavere temperaturer vil en forvente at det går lenger tid.

Det relativt høye stressnivået på fisk i holdekarer før fisken ble overført til de forskjellige forsøkskarene tyder på at berggylte er spesielt følsomme for forstyrrelser (aktiviteter) i nærheten av karet. Den lave stressresponsen og raske akklimatiseringen etter overføring av fisk til gruppe L, som til forskjell fra de andre gruppene var avskjermet med presenning, indikerer at skjerming fra aktiviteter/forstyrrelser kan ha spesiell betydning for reduksjon av stress hos berggylt.

Konklusjoner og anbefalinger

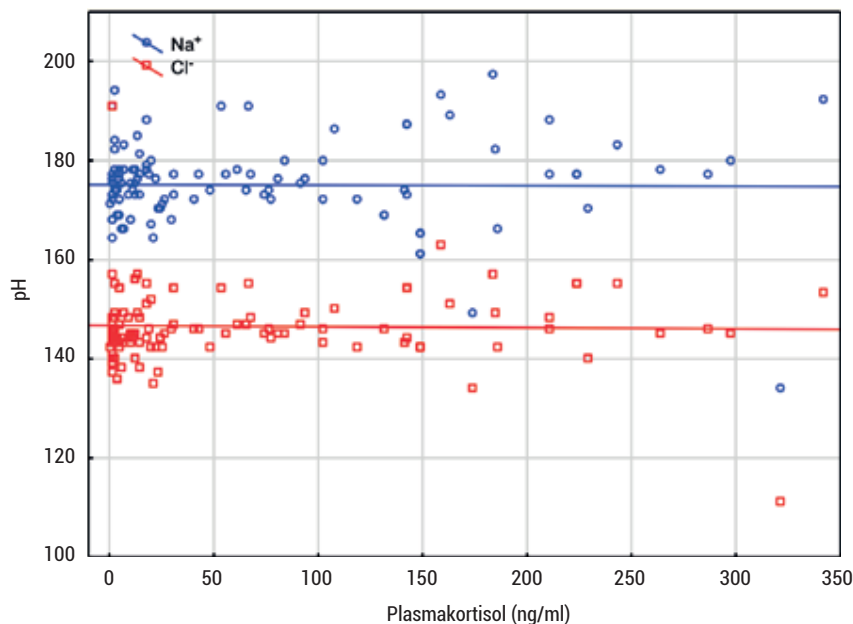
Ved utsett av berggylte vil en ikke forvente at lokaliteter med redusert salinitet vil være ugunstige for berggylte eller gi additivt stress på fisken. En skal likevel være obs siden elvevann om våren vanligvis har lavere temperaturer enn sjøvann, og ferskvannspåvirkede lokaliteter kan derfor være spesielt kalde. Siden fisk generelt trenger lengre tid på akklimatisering ved lave temperaturer øker sjansen for akkumulering av stress etter utsett i kalde perioder, og det er spesielt viktig å tilrettelegge forhold og strategier før og under transport som reduserer stress, og at fisken etter utsett i merd skjermes for additivt stress spesielt i tilvenningsfasen etter utsett.

Basert på dette forsøkt ser det ut til at berggylte raskt tilpasser seg en brå økning i lysintensitet, og at dette ikke er en kritisk stressfaktor under ellers gode miljøforhold. Det er ikke grunn til å tro at høy lysintensitet er mer stressende for berggylte enn lav.

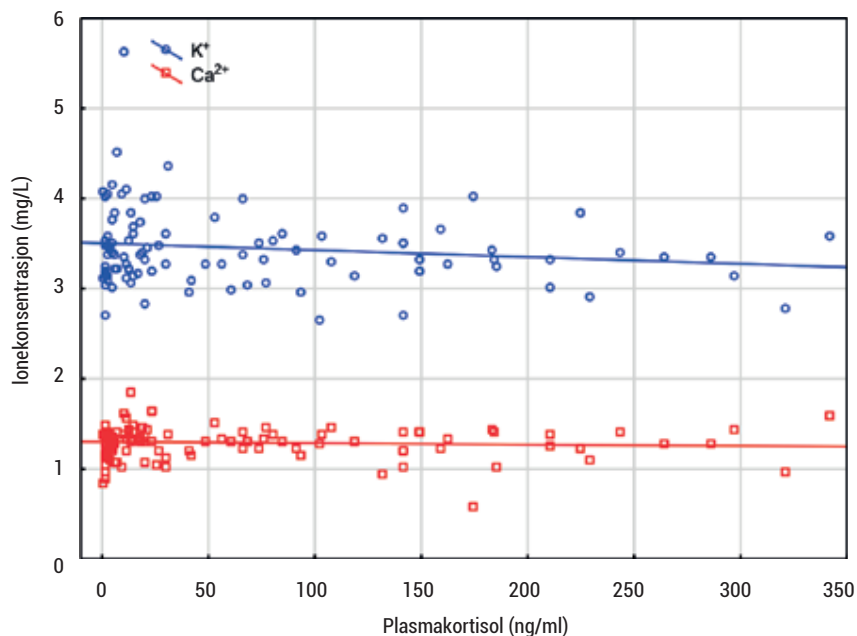
Skjerming av fisk fra forstyrrelser og aktiviteter rundt karet kan være spesielt viktig for å redusere stress hos berggylt.

Takk

Takk til Sara Calabrese (NIVA) for kortisolanalyser og ansatte ved Marine Harvest Labrus for tilrettelegging av forsøket.



Figur 3. Utvikling i konsentrasjonen av Na⁺ og Cl⁻ -ioner i blodplasma hos oppdrettet berggylte når stressnivået (plasmakortisol) øker.



Figur 4. Utvikling i konsentrasjonen av K⁺ og Ca²⁺ -ioner i blodplasma hos oppdrettet berggylte når stressnivået (plasmakortisol) øker.