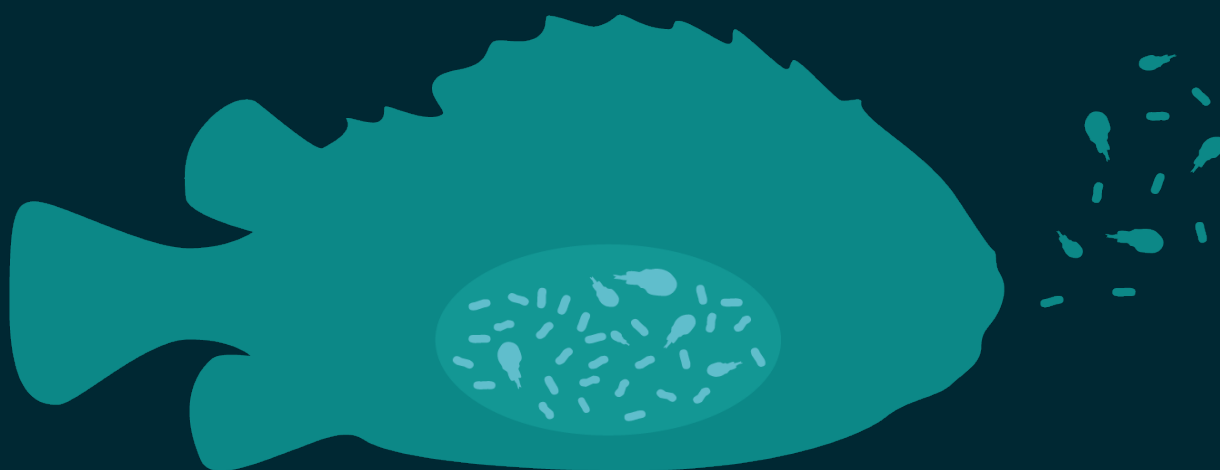


OPPFØLGING AV ERNÆRINGSSTATUS HOS ROGNKJEKS I MERD OG TILPASNING AV FÔRINGSSTRATEGIER

HÅNDBOK



Lauris Boissonnot, Camilla Karlsen, Patrick Reynolds, Silje
Stensby-Skjærvik, Fredrik Staven, Albert Imsland



OPPFØLGING AV ERNÆRINGSSTATUS HOS ROGNKJEKS I MERD OG TILPASNING AV FÔRINGSSTRATEGIER HÅNDBOK

Versjon 1 - November 2023

Lauris Boissonnot¹, Camilla Karlsen¹, Patrick Reynolds², Silje Stensby-Skjærvik¹, Fredrik Staven¹
& Albert Imsland^{3,4}

¹ *Aqua Kompetanse AS, 7770 Flatanger, Norge*

² *Gildeskål Forskningsstasjon AS (GIFAS), Inndyr, Norge*

³ *Akvaplan-niva AS, 201 Kopavogi, Island*

⁴ *Universitet i Bergen, Institutt for Biovitenskap, 5020 Bergen, Norge*

Forslag til sitering: Boissonnot L., Karlsen C., Reynolds P., Stensby-Skjærvik S., Staven F. & Imsland A. (2023) Oppfølging av ernæringsstatus hos rognkjeks i merd og tilpasning av fôringsstrategier - Håndbok. Versjon 1, november 2023. 24 sider.

Denne håndboken ble finansiert av Aqua Kompetanse AS og Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF-901693 STRATEGI). Forfatterne ønsker å rette en stor takk til alle som har deltatt i prosjektet!

1	HVORDAN BRUKE DENNE HÅNDBOKEN	4
2	BAKGRUNN	5
2.1	Ernæringsstatus	5
2.1.1	Hold	6
2.1.2	Katarakt	7
2.1.3	Leverfarge	8
2.1.4	Andre parametre	9
2.2	Lusebeite-effektivitet	10
2.3	Fôring	10
3	FORDELER OG ULEMPER MED ULIKE FÔRINGSSTRATEGIER	12
3.1	Daglig fôring eller periodevis fasting med pellets	12
3.2	Bruk av fôrbløkk eller pellets	12
4	TILPASNING AV FÔRINGSSTRATEGIER	13
4.1	Valg av fôringsstrategi	13
4.2	Første periode etter utsett	13
4.3	Endringer i fôringsstrategier underveis	14
5	PROTOKOLL: OPPFØLGING AV ERNÆRINGSSTATUS	15
5.1	Utvalg og uttak av fisk	15
5.2	Vekst og hold	16
5.3	Katarakt	16
5.4	Obduksjon	18
5.4.1	Leverfarge	18
5.4.2	Mageinnhold	18
5.4.3	Hepatosomatic index	20
5.5	Prøvetaking	20
5.5.1	Histologi	20
5.5.2	Gasskromatografi	20
6	Bildekreditering	24

1 HVORDAN BRUKE DENNE HÅNDBOKEN

Målet med håndboken er å bistå oppdrettsnæringen med enkle og standardiserte evalueringsverktøy for oppfølging av ernæringsstatus hos rognkjeks i merd for optimal tilpasning av fôringsstrategi. Denne håndboken kan brukes i samhold med håndboken for vurdering av rognkjeksvelferd som er fritt tilgjengelig på Aqua Kompetanse sine nettsider. Håndbøkene er også gode supplement til, eller kan være en del av, de lovpålagte risikobaserte helsekontrollene i henhold til Forskift om helsekontroll med akvakulturdyr.

Det foreligger per i dag lite systematisk uttesting av, og forskning på, ulike fôringsstrategier og hvordan disse påvirker rognkjeksens ernæringsstatus og helse. Dette gjør det svært vanskelig å ta kunnskapsbaserte valg vedrørende fôringsstrategi som ivaretar ernæringsstatus og lusebeiteeffektivitet til rognkjeks. Denne håndboken tar derfor sikte på å samle eksisterende kunnskap og erfaringer i et hjelpemiddel for både valg og oppfølging av fôringsstrategi. Håndboken begynner med en introduksjon om kunnskapsstatus vedrørende ernæringsstatus, lusebeite-effektivitet og fôringsstrategier for rognkjeks i merd. Videre presenteres det erfarings- og forskningsbaserte funn om ulike fôringsstrategier som går på fôrdistribusjon og/eller fôringshyppighet. Til slutt presenteres en detaljert protokoll for systematisk oppfølging av ernæringsstatus.

Dette er den første håndboken for oppfølging av ernæringsstatus hos rognkjeks og tilpasning av fôringsstrategier for å tilrettelegge for god fiskevelferd og lusebeite-effektivitet. Det forventes at anbefalingene i denne håndboken vil justeres og suppleres etterhvert som ny kunnskap om ernæringsstatus hos rognkjeks og fôringsstrategier innhentes. En slik kunnskapsutviklingen krever tett samarbeid mellom oppdretterne, fôrleverandører, fiskehelsepersonell og forskere. Systematisk registrering av ernæringsstatus kan gi informasjon om egnetheten til fôringsstrategi benyttet på lokaliteten, og behov for eventuelle tilpasninger.

Aqua Kompetanse tar gjerne imot tilbakemeldinger, samt innspill om denne håndboken og dens anbefalinger. Slik tilbakemelding er verdifull for utarbeidelse av fremtidige versjoner som bistår kommersielle aktører med å ta kunnskapsbaserte valg. Kommentarer kan sendes til:

Lauris Boissonnot
Aqua Kompetanse
Havbruksparken, Storlavika 7
7770 Flatanger
Epost: lauris@aqua-kompetanse.no
Telefon: 942 14 611

2 BAKGRUNN

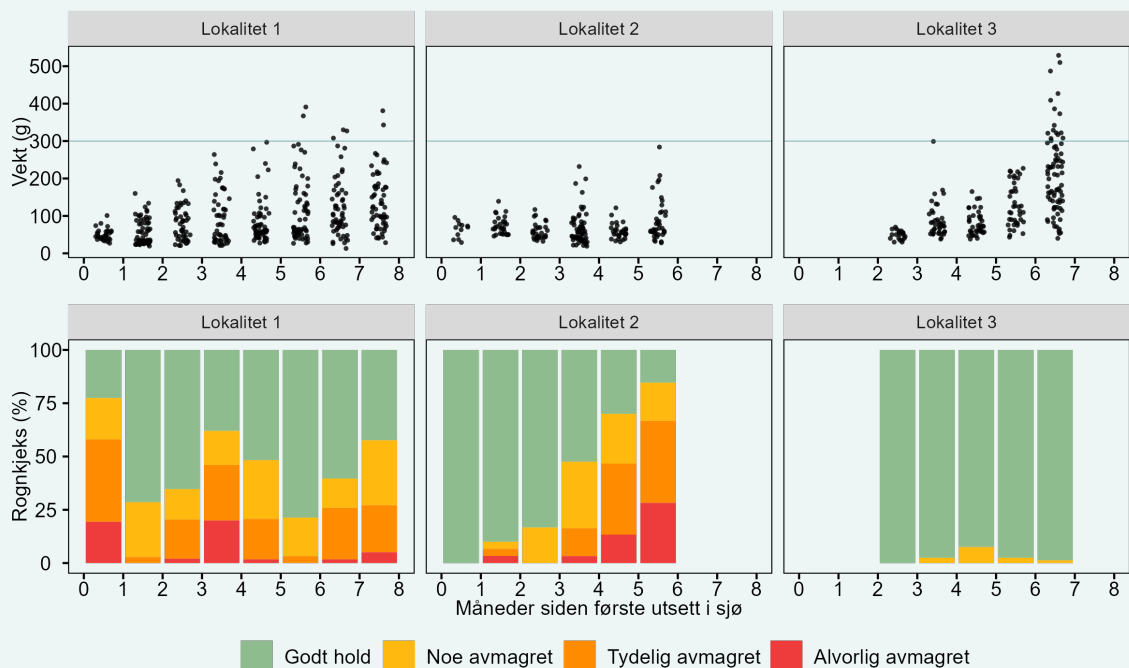
2.1 Ernæringsstatus

For å vurdere ernæringsstatus anbefales det å gjøre en samlet vurdering av utviklingen av hold og vekt på populasjonsnivå. Mens vekt sier noe om veksten til rognkjeksene, er hold et uttrykk for fettreservene til rognkjeksene. Det er viktig å vurdere disse parameterne i kombinasjon, og ikke separat. Dette fordi det er avgjørende å sikre godt hold samtidig som rognkjeksene har en moderat vekst/vektøkning (Infoboks 1).

Ved mistanke om redusert ernæringsstatus eller utfordringer med å tolke utviklingen av hold og vekst, anbefales det å innhente ytterligere informasjon om rognkjeksens helse- og ernæringsstatus. Det bør scores forekomst av katarakt (grå stær), samt obduseres et begrenset utvalg av rognkjeksene for å vurdere andre indre avvik og relevante ernæringsparametere som leverfarge og levervekt. For å vurdere rognkjeksens tarmhelse kan histologi benyttes. Det kan også tas prøver av lever for å få et mål på innholdet av fett og protein i rognkjeksens lever. Mer bakgrunninfo om disse parameterne er presentert senere i dette kapitlet, mens protokollen for oppfølging av ernæringsstatus er presentert i kapittel 5.

Info 1 - Viktigheten av å vurdere vekt og hold samlet

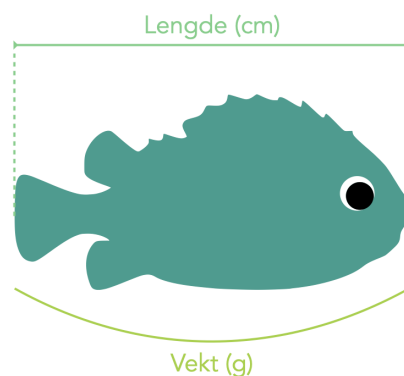
For å ikke feiltolke rognkjeksens ernæringsbehov er det viktig å vurdere både rognkjeksens vekt og hold før man endrer fôringsstrategien. Nedenfor er tre eksempler fra ulike lokaliteter presentert for å eksemplifisere dette. Ved lokalitet 1 var det store vektvariasjoner. Enkelte rognkjeks vokste raskt, samtidig som en betydelig del hadde redusert hold og lav vekt. Ved lokalitet 2 veide rognkjeksene lenge under 300 gram, noe som er bra med tanke på lusebeiteeffektivitet. Ser man derimot på rognkjeksens hold i tillegg er det tydelig at rognkjeksene gradvis ble underernærte og fikk for lite fôr. Den siste lokaliteten (lokalitet 3) klarte derimot å begrense veksten til rognkjeksene, samtidig som rognkjeksens hold var godt.



2.1.1 Hold

Rognkjeksens hold kan vurderes visuelt ved å se på rognkjeksen fra oversiden, og kjenne på muskel/fett rundt og mellom den andre raden med hudtapper og ryggkammen. Grunnlaget er at et individ som tærer på muskelmasse for energi, gjerne vil få en litt innsunken profil sett ovenfra, litt som et timeglass. Det anbefales derimot ikke å bruke visuell vurdering av avmagring alene, da denne måten er for upresis. Vurderingen er subjektiv og svært påvirket av om fisken nylig har spist, og dermed har full magesekk, eller ikke.

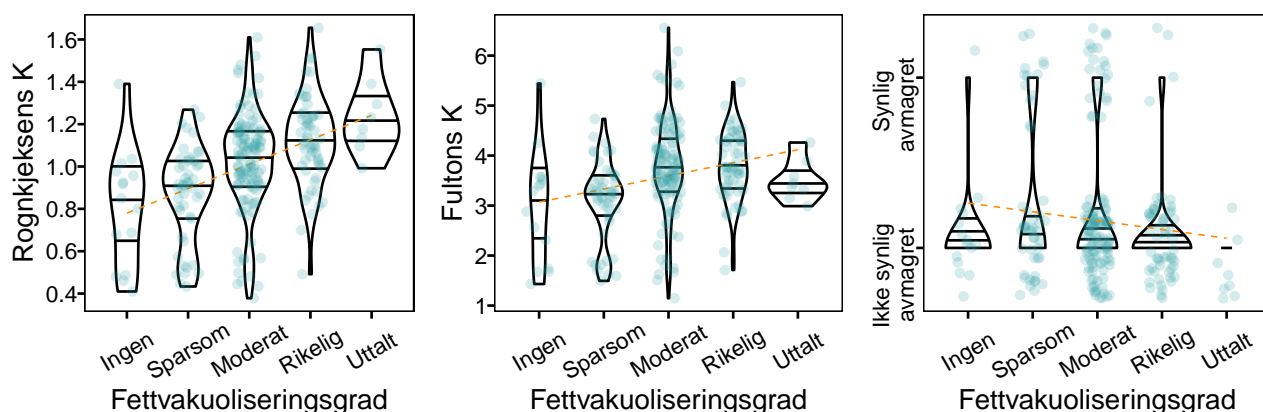
Selv om Fultons kondisjonsfaktor lenge har vært brukt for rognkjeks (Imstrand et al., 2014, 2018b, 2019a; Geitung et al., 2020), er den ikke tilpasset kroppsfasongen til rognkjeks. Fultons kondisjonsfaktor antar at fisken ikke endrer form når lengden øker, altså at den vokser isometrisk (Daborn and Gregory, 1983). Det anbefales derfor å beregne hold basert på formelen Gutierrez Rabadan et al. (2021) utviklet spesielt for rognkjeks, videre kalt rognkjeksens K (Figur 1).



$$\text{Rognkjeksens K} = \frac{9,057 \times \text{Vekt}}{\text{Lengde}^{2,559}}$$

Figur 1: Rognkjeksens kondisjonsfaktor for vurdering av hold

Denne metoden for å vurdere rognkjeksens hold på er validert av Boissonnot et al. (2022b, 2023), og resultatene viser en positiv sammenheng med fettinnhold i lever. Dette indikerer at formelen er egnet til å vurdere rognkjeksens ernæringsstatus (Figur 2). Visuell vurdering av avmagring har derimot ingen korrelasjon med fettinnhold i lever, og det er kun en svak sammenheng med Fultons kondisjonsfaktor. Disse er derfor ikke egnet til å vurdere ernæringsstatus hos rognkjeks.

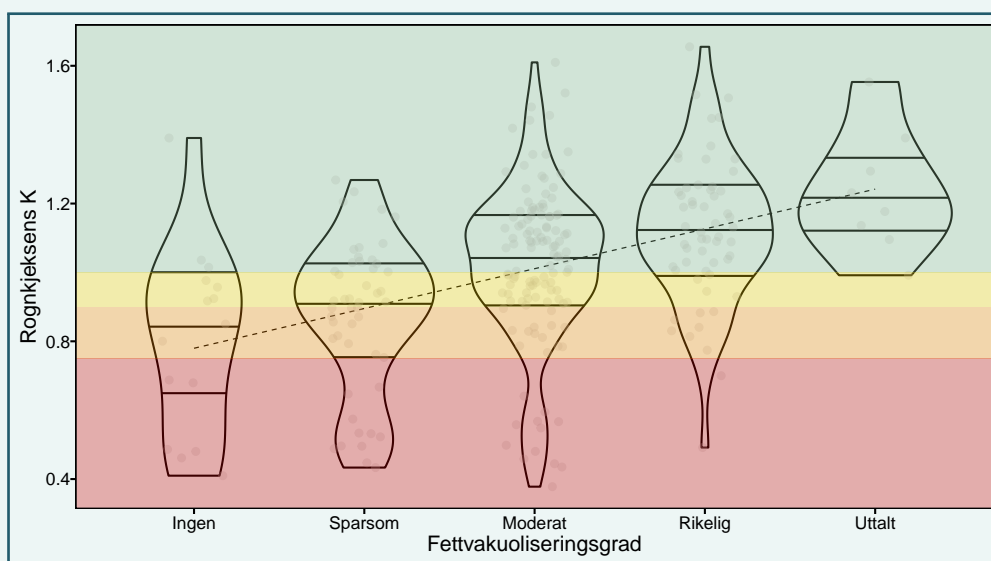


Figur 2: Sammenheng mellom fettvakuoliseringsgrad og a) Rognkjeksens kondisjonsfaktor, b) Fultons kondisjonsfaktor og c) visuell vurdering av avmagring. Fiolinplottet viser fordelingen for hver fettvakuoliseringsgrad, med median, 25% og 75%-kvantiler markert. Antall rognkjeks vurdert: 248.

Det er videre arbeidet med å lage et scoringssystem for vurderingen av hold, hvor rognkjeksens hold scores fra 0 til 3 på samme måte som de andre operasjonelle velferdsindikatorerne (OVI). Grensene er basert på Gutierrez Rabadan et al. (2021) sine vurderinger, men Boissonnot et al. (2023) har laget til en ekstra grense for å skille mellom rognkjeks i godt hold og de som er noe avmagret (Tabell 1, se kapittel 5.2 for vurdering av hold). På grunn av store individuelle variasjoner er det noe usikkerhet i disse grensene (Infoboks 2), og arbeidet med å validere og utvikle disse videre vil fortsette.

Info 2 - Begrensninger med bruk av hold

Selv om rognkjeksens hold er tilpasset rognkjeksens kroppsfasong, og er korrelert med fettinnhold i lever (Boissonnot et al., 2022b), viser den store individuelle variasjoner. Man bør derfor ikke legge for mye vekt på vurdering av hold på individnivå. Hold kan likevel brukes for å gi et grovt estimat på ernæringsstatus på gruppenivå og særlig med tanke på utvikling over tid.



(a) Scoringen av hold (definert i Tabell 1) sammenlignet med fettvakuoliseringsgrad, hvor grønn er godt hold (score 0), gul er noe avmagret (score 1), oransje er tydelig avmagret (score 2) og rød er alvorlig avmagret (score 3). Fiolinplottet viser fordelingen av rognkjeksens kondisjonsfaktor for hver fettvakuoliseringsgrad, med median, 25% og 75%-kvantiler markert. N=248.

2.1.2 Katarakt

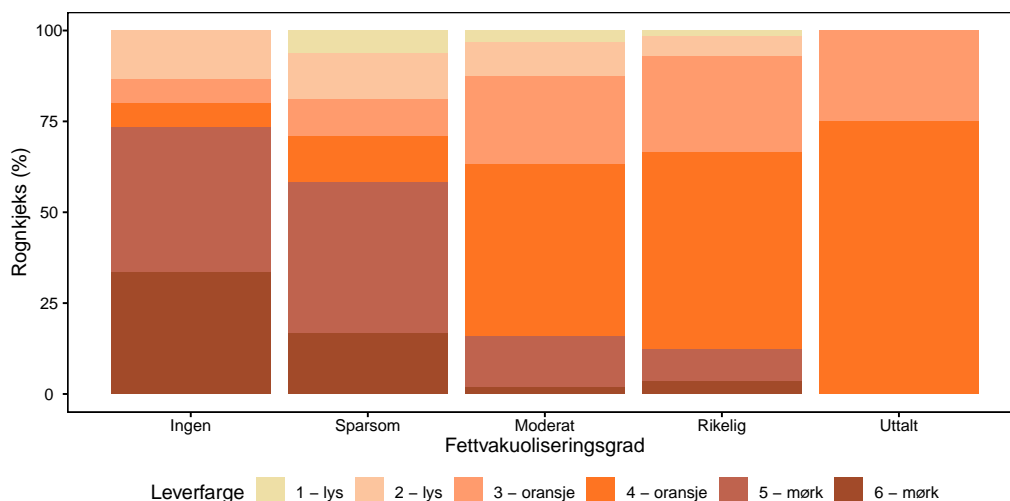
Katarakt kan forårsakes av flere faktorer, inkludert feilernæring, rask vekst, miljøfaktorer og genetikk (Bjerkås et al., 2006). Hos laks har bilateral katarakt (begge øyne) vist seg å skyldes systemiske årsaker relatert til ernæring (Breck et al., 2005), og Imsland et al. (2018a) foreslo at de samme mekanismene også kan gjelde for rognkjeks. Lein et al. (2021) viste også at oksidasjon kan være en medvirkende årsak, et forhold som også er kjent fra både laks og mennesker (Waagbø et al., 2003; Williams, 2006).

Katarakt kan påvirke synet ved både utbredelse i linsen og tettheten av forandringene. Fisk med alvorlig katarakt har nedsatt syn, og siden det er antatt at godt syn er relevant ved næringsøk, kan dette ha dramatiske konsekvenser for overlevelse (Jonassen et al., 2017; Powell et al., 2018).

Det anbefales derfor å vurdere alvorlighetsgrad og forekomst av bilateral katarakt ved vurdering av ernæringsstatus (se kapittel 5.3 for vurdering av katarakt).

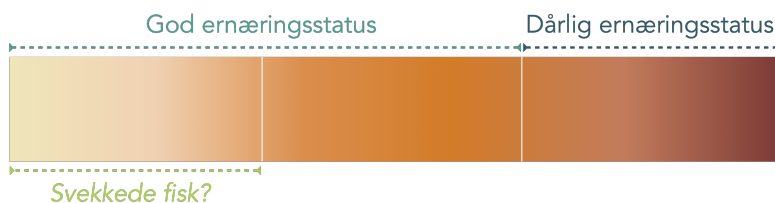
2.1.3 Leverfarge

Et karaktertrekk ved oppdrettet rognkjeks er den signaloransje leveren (se kapittel 5.4.1 for vurdering av leverfarge). Eliassen et al. (2020) fant at en rognkjekslever som er mørk rød-brun hadde veldig lavt innhold av fett (triacylglyserider). Dette indikerer at rognkjeks tærer på fettreservene sine, som kan bety nedsatt velferd og suboptimale fôringsbetingelser. Boissonnot et al. (2022b) viste også at rognkjeks med lavt fettinnhold i lever hadde mørk rød-brun lever (Figur 3). Med bakgrunn i dette bør man være ekstra oppmerksom på mørk leverfarge med tanke på suboptimal fôring (se kapittel 5.4.1 for vurdering av leverfarge).



Figur 3: Fordelingen av leverfarge gruppert etter fettvakuoliseringsgrad (mengde fettvakuoler) i lever estimert ved histologi. Antall rognkjeks vurdert: 248, med følgende fordelingen av fettvakuoliseringsgrad (fra ingen til uttalt): 15, 48, 120, 57, 8.

Både lys og oransje lever ser ut til å indikere en rognkjeks med god ernæringsstatus og gode fôringsbetingelser (Eliassen et al., 2020; Boissonnot et al., 2022b). Eliassen et al. (2020) foreslo derimot at lys/blek lever kan indikere nedsatt velferd. Dette er ikke bekreftet av våre analyser, men erfaringsvis ser vi at en rognkjeks som har lys lever ofte fremstår som redusert (Boissonnot et al., 2023). Ved en høy andel rognkjeks med lys lever i populasjonen anbefales det å ta prøver til PCR, bakteriologi og/eller histologi for å utelukke sykdom i populasjonen.



2.1.4 Andre parametre

- **Specific growth rate (SGR)** er et mål på rognkjeksens veksthastighet. Det har vist seg at rognkjeks har en høy veksthastighet, og i landbaserte studier har det blitt vist at ung fisk kan oppnå en SGR på 1,5–3,5 % per dag eller øke biomassen fra 20 til 260 gram på omtrent 3 måneder ved 13 °C med konstant lys (Nytrø et al., 2014). Etter utsett i sjø forblir SGR høy, men er generelt sett lavere enn det som er observert i settefiskanlegg, og den avtar over tid. Studier har vist at rognkjeks økte vekten med en vekstfaktor på mellom 0,68 % og 0,87 % per dag (Imsland et al., 2018b). Da mindre rognkjeks har en tendens til å beite mer lakselus sammenlignet med større (Imsland et al., 2019b; Boissonnot et al., 2022c), er SGR et nyttig verktøy for å følge med veksthastigheten til populasjonen. Se kapittel 5.2 for vurdering av SGR.
- **Hepatosomatic index (HSI)** defineres som forholdet mellom rognkjeksens levervekt og totalvekt. Imsland et al. (2022) fant en positiv korrelasjon mellom HSI og rognkjeksens tetthet. For andre marine arter, som oppdrettet atlantisk torsk, er hepatosomatisk indeks nært relatert til lipidnivået i kosten (Lie et al., 1988; Jobling et al., 1991). Det er kjent at atlantisk torsk avsetter store mengder av fett fra kosten i lever når fôret etter appetitt (Lie et al., 1988). Boissonnot et al. (2023) registrerte en signifikant sammenheng mellom hepatosomatisk index (HSI) og innholdet av fett og protein i lever hos rognkjeks (lineær regresjon, $p < 0,05$), hvor HSI økte med økende fettinnhold i lever og minket med økende proteininnhold. Se kapittel 5.4.3 for vurdering av HSI.
- **Tarmhelse ved histologi** For vurdering av tarmhelse kan det tas histologi av tarm, pylorusblindsekker og pankreas. Histologi muliggjør en semikvantitativ vurdering av hver tarmregion, samt pankreas for scoring av histopatologiske forandringer i vevet. Ved vurdering av de ulike lagene av tarmen (muskularis, submucosa/lamina propria og epitel) kan histopatologiske forandringer som betennelse, nekroser, blødninger og eventuelle andre forandringer i vevet registreres. Forekomst av fettvakuoler i lever og tilstand til eksokrint pankreas (forekomst av zymogene granula og atrofi) vurderes også. Se kapittel 5.5.1 for protokoll for uttak av prøver til histologi.
- **Innholdet av fett og protein i lever** kan si noe om energireservene til rognkjeksens og videre være et uttrykk for ernæringsstatus. Fett- og proteininnhold i lever kan analyseres ved hjelp av ulike metoder, som for eksempel histologi for semikvantitativ vurdering (antall fettvakuoler) og gass-kromatografi for kvantitativ vurdering (g fett/protein per 100 gram vev). Se kapittel 5.5.2 for protokoll for uttak av leverprøver.

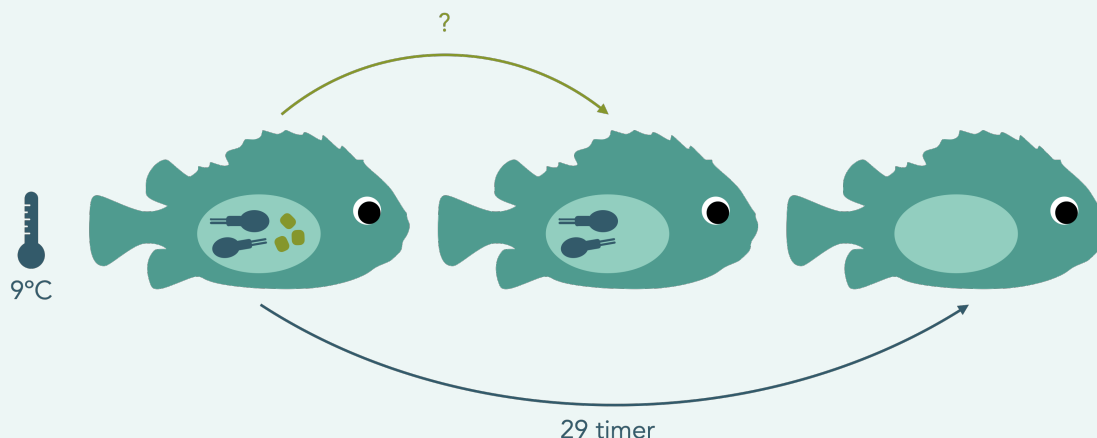
2.2 Lusebeite-effektivitet

For å følge opp lusebeite-effektiviteten anbefales det å vurdere lusestatus (antall lus per laks) på merdnivå, kombinert med vurdering av mageinnhold hos rognkjeks (se kapittel 5.4.2 for vurdering av mageinnhold). Hvis det også er merder uten rognkjeks på lokaliteten kan man sammenligne lusetallene mellom merdene for å få en indikasjon på rognkjeksens lusebeite-effektivitet. Antall gjennomførte avlusninger, samt tidspunktet for den første avlusningen i sesongen kan også gi nyttig informasjon om lusebeite-effektiviteten. Ved god lusebeite-effektivitet vil tiden frem til første avlusning øke, og det totale antallet gjennomførte avlusninger potensielt reduseres.

Info 3 - Hvor lang tid er ulike fôrtyper synlige i magen?

Forventet fordøyelsestid for lus i rognkjeksens mage er estimert til 29 timer ved 9 grader (Staven et al., 2024). Denne kunnskapen om fordøyelsestid av lakselus er et viktig bidrag for å kunne estimere mer nøyaktig hvor mye lus rognkjeks har spist. Ved å dele det gjennomsnittlige antallet lakselus funnet i rognkjeksens mage på 1,39, kan man få et estimert forventet antall lakselus konsumert per rognkjeks per dag.

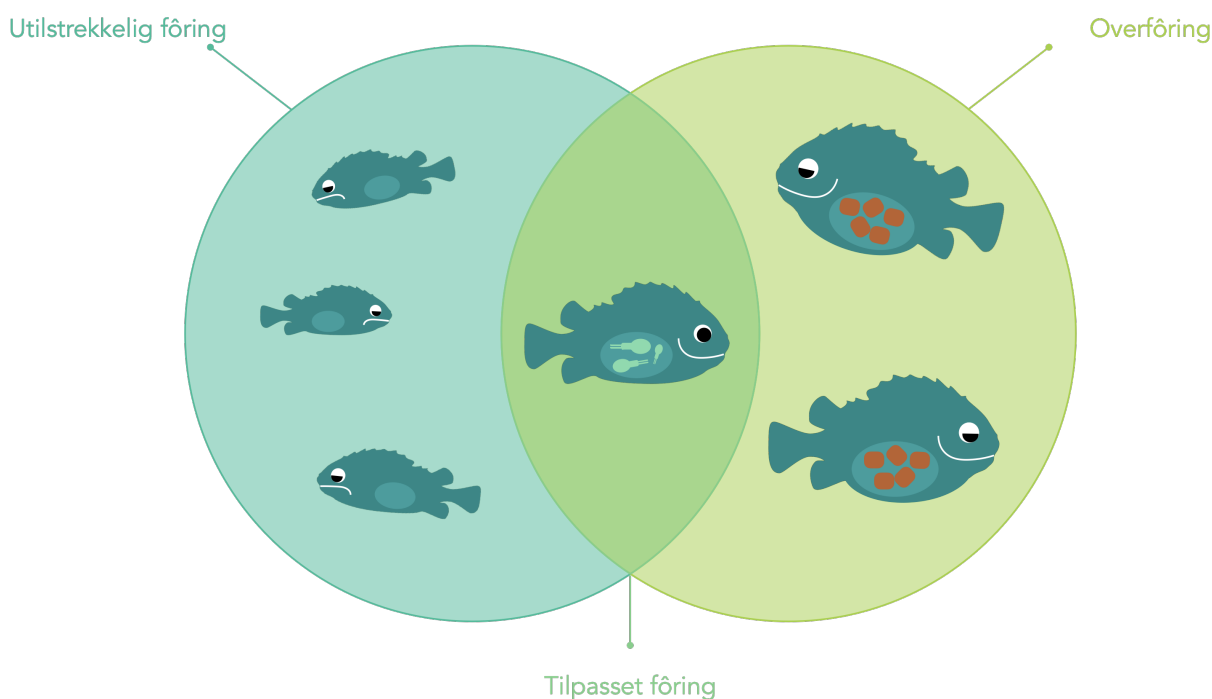
Tilsvarende fordøyelsestiden for pellet var ikke mulig å estimere, men resultatene indikerer en tydelig kortere fordøyelsestid enn for lakselus. Dette indikerer at vurdering av mageinnhold hos rognkjeks kun er et øyeblikksbilde, og bør derfor ikke vektlegges i for stor grad, spesielt ikke ved vurdering av ernæringsstatus.



2.3 Fôring

Målet med å optimalisere fôringen av rognkjeks er å sikre god ernæringsstatus og dermed god velferd, kombinert med redusert vekstrate for å sikre høy lusebeite-effektivitet. Utilstrekkelig fôring vil føre til underernæring, og over tid til at rognkjeks blir avmagret, svekket og mer mottakelig mot sykdommer. Det er sannsynlig at rognkjeks da vil ha for lite energi til å beite på lus. Overfôring vil derimot føre til rask vektøkning, det vil si at rognkjeks raskt blir så stor at lusebeite-effektiviteten avtar og at den heller foretrekker å spise laksepellet (Imslund et al., 2016; Eliassen et al., 2018; Boissonnot et al., 2022c; Engebretsen et al., 2023). I tillegg kan overfôring, særlig av fôrtyper som ikke er tilpasset rognkjeks, føre til velferdsutfordringer som irritasjon av tarmsystemet og utvikling av katarakt (Imslund et al., 2019b,c; Bjerås et al., 2006; Breck et al., 2003). Se nedenfor for mer detaljert informasjon om disse temaene:

- **Sammenhengen mellom vekt og lusebeite:** Det er dokumentert at rognkjeks som veier > 300 gram sjelden spiser lus, mens små rognkjeks (< 100 g) er de som viser høyeste luseappetitt (Imsland et al., 2016; Eliassen et al., 2018; Boissonnot et al., 2022c). Dette samsvarer også med Boissonnot et al. (2023), der den optimale vekten for rognkjeks med tanke på lusebeite, blant ca. 20 000 undersøkte rognkjeks, ble funnet til å være ca. 40 gram (Engebretsen et al., 2023). Det er med bakgrunn i dette ønskelig at rognkjeks vokser langsomt etter at den er satt ut i sjøen.
- **Sammenhengen mellom hold og lusebeite:** Det er funnet flere lus i magen hos rognkjeks med god kondisjon, noe som understreker at det er viktig med god ernæringsstatus for å få optimal effekt av rognkjeks (Boissonnot et al., 2023).
- **Sammenhengen mellom alternative fôrtyper og lusebeite:** Det finnes indikasjoner på at individer som har tilgang til alternative fôrtyper (særlig begroing) har høyere sannsynlighet til å spise lus (Boissonnot et al., 2022c).
- **Utfordringer ved tilgang til laksepellet:** Hvis rognkjeks får tilgang til laksepellet, enten ved at laksepelleten er liten eller at rognkjeks er stor, er det erfart at rognkjeksens lusebeite-effektivitet reduseres. Ved tilgang til laksepellet vil rognkjeks vokse raskt, noe som kan påvirke lusebeite-effektiviteten.



3 FORDELER OG ULEMPER MED ULIKE FÔRINGSSTRATEGIER

Det finnes per i dag svært lite systematisk forskning og uttesting av ulike fôringsstrategier av rognkjeks. Av den grunn er det ikke mulig å komme med klare anbefalinger for hva som er optimal fôringsstrategi. Basert på forfatternes erfaringer og tilgjengelig litteratur, presenteres derfor fordeler og ulemper knyttet til ulike fôringsstrategier. Målet er at dette skal være med å støtte beslutningene som gjøres på lokalitetene.

3.1 Daglig fôring eller periodevis fasting med pellets

Oppdrettsnæringen har i flere år gjennomført periodevis fasting av rognkjeks som et mulig tiltak for å øke lusebeite-effektiviteten. Resultater fra Boissonnot et al. (2023) viser at fasting kan bidra til å redusere vektøkningen til rognkjeksene, men at det er viktig å finne en balanse i fôrtilgang slik at rognkjeksene får vedvarende godt hold og god velferd. Implementering av periodevis fasting må også optimaliseres i forhold til utfôringsprosent i henhold til utvikling av vekt, hold og velferdsscore på hver enkelt lokalitet. Hvorvidt fasting kan gi økt lusebeite er foreløpig ikke tilstrekkelig undersøkt i storskala.

3.2 Bruk av fôrblokk eller pellets

Tidligere småskalastudier har vist at bruk av fôrblokk kontrollerer veksten hos rognkjeks uten at dette tilsynelatende kompromitterer helsestatusen til fisken (Immland et al., 2018b, 2019b). Erfaringene fra Boissonnot et al. (2023), hvor fire lokaliteter testet ut fôring med blokk og pellet i ulike merder, tilsier at fôringsstrategien må tilpasses til hver enkel lokalitet, for både å ta hensyn til miljøforhold og rutiner knyttet til røkting. Blant annet kan fôring med pellet være utfordrende på lokaliteter med sterk strøm, da avdrift av pellet vil påvirke rognkjeksens fôrtilgang i stor grad. Sterk strøm vil også bidra til økt slitasje på fôrblokkene i merden, og dermed bidra til at også disse forsvinner raskere. Det er derfor viktig med hyppig bytte av fôrblokker på strømsterke lokaliteter. Det er videre erfart at plassering av fôrblokker i tilknytning til skjul er fordelaktig for rognkjeksens tilgang til fôr og for å sikre lusebeite. Oppdretterne fra de deltagende lokalitetene ga også tilbakemelding om at fôring med fôrblokk krever mer oppfølging sammenlignet med pellet. Ved blokkfôring kan det være et godt tiltak å supplere med pellet dersom ernæringsstatusen i merden over tid forverres. Dette forutsetter at andre årsaker til avmagring som sykdom er utelukket.

Småskalaforsøket i Boissonnot et al. (2023) viste at fôring med moderate mengder blokk var fordelaktig for langsom vekst og god velferd (Immland et al., 2024). Veksten til rognkjeksene i småskalaforsøket ble redusert med 30 % når den ble fôret med moderate mengder fôrblokk (≤ 2 % av biomassen) 3 dager i uka, sammenlignet med pellet fôret 3 dager i uka (3 % av biomassen). Det samme fôringsregime med blokk ga også 30-35% lavere forekomst av katarakt sammenlignet med pellet. Det ble ikke observert redusert velferd eller negativ utvikling av tarmhelse ved fôring med blokk. Disse funnene kan være med på å begrense vekst, som igjen potensielt kan forlenge perioden rognkjeksene spiser lus. Se Infoboks 4 for fôringsstrategien benyttet i dette småskalaforsøket. Storskalaforsoket i samme prosjekt klarte derimot ikke å ettervise disse funnene, da det ikke ble registrert noen tydelige forskjeller i rognkjeksens velferd

og lusebeite-effektivitet mellom gruppene fôret med pellet og blokk. Variasjonen i forsøksdesign i storskalaforsøket kan være medvirkende til dette resultatet.

Info 4 - Fôringsstrategi for blokk

Dette er fôringsstrategien for blokk som ble benyttet i småskalaforsøket i (Imstrand et al., 2024):

- Fôrblokk ble testet med utfôring på 1, 2 og 3 % av biomassen 3 dager i uka
- Fôring med ≤ 2 % av biomassen 3 dager i uka ga mest fordelaktig resultat
- Eventuelle rester av fôrblokk på fôringsdag, ble erstattet med ny fôrblokk
- Rognkjeksene ble akklimatisert til fôring med fôrblokk i en periode på 1-2 uker
- Fôrblokkene ble plassert horisontalt i vannsøylen i tilknytning til skjul

Dette kan benyttes som et utgangspunkt for fôring med blokk, men fôringsstrategi må tilpasses hver lokalitet. Det anbefales å gjennomføre månedlig oppfølging av rognkjeksens ernæringsstatus og velferd for å vurdere eventuelle behov for tilpasninger av fôringsstrategi underveis. Eventuelle tilpasninger inkluderer økt eller redusert utfôringsprosent, samt endring i antall fôrdager. Det kan også være behov for å vurdere plassering av blokk i merd. For eksempel kan det være behov for å øke fôrmengden og/eller hyppigheten i de kaldeste månedene når tilgang til naturlig fôr er begrenset. Tilsvarende kan det være behov for å redusere fôrmengden om sommeren når tilgangen til naturlig fôr er størst.

4 TILPASNING AV FÔRINGSSTRATEGIER

4.1 Valg av fôringsstrategi

Ved valg av fôringsstrategi er det viktig å tenke på forholdene ved den enkelte lokaliteten. Blant annet må strømforholdene på lokaliteten vurderes, samt kapasiteten til de ansatte. Se kapittel 3 for erfarte fordeler og ulemper med de ulike fôringsstrategiene, og benytt dette til å vurdere hvilke muligheter din lokalitet har.

Det er foreløpig ingen generell anbefaling på optimal utfôringsprosent for rognkjeks. Det anbefales derfor initialt å følge fôrleverandørens anbefalinger, og forta vurderinger av rognkjeksens ernæringsstatus over tid. Dette for å vurdere behovet for eventuelle endringer i fôringsstrategi 4.3. Erfaringer fra småskalaforsøk gjennomført i Boissonnot et al. (2023) viste at fôring med moderate mengder fôrblokk (utfôringsprosent på ≤ 2 %) kan være fordelaktig for langsom vekst og god velferd (Imstrand et al., 2024).

4.2 Første periode etter utsett

Det er viktig å følge ekstra nøye med på fôringen de første 2-3 ukene etter utsett. Rognkjeksene blir satt ut i et nytt miljø, og tilstrekkelig fôring er derfor viktig for å unngå ekstra stress. På grunn av det store miljøskiftet rognkjeksene blir utsatt for ved utsett i merd, er det også viktig

at skjul er på plass før utsett av rognkjeks. For å gi rognkjeks ro den første perioden etter utsett er det også fordelaktig at aktiviteten i merden begrenses til det minimale. Å sette ut rognkjeks sammen med smolt gjør laksefôret lettere tilgjengelig for rognkjeks på grunn av pelletstørrelsen. Samtidig utsett av rognkjeks og smolt kan derfor utgjøre en risiko for raskere vekttoppgang og dermed lavere lusebeite-effektivitet.

4.3 Endringer i fôringsstrategier underveis

Som beskrevet i kapittel 2.3 er det viktig å finne den riktige balansen, for å unngå utilstrekkelig fôring (underfôring) og overfôring. Har rognkjeks god hold, men for rask vekttoppgang bør man redusere fôrmengden noe, mens man må øke utfôringen dersom rognkjeks har redusert hold og lav vekttoppgang. Er det stor spredning i rognkjeksens vekt og hold bør man vurdere å endre fôringsstrategi. Store individuelle variasjoner tyder på at man ikke har tilstrekkelig oversikt over hvilke individer som har tilgang til fôr. I slike tilfeller kan det være aktuelt å tilleggsfôre med pellet eller blokk avhengig av fôringsstrategien anlegget benytter i utgangspunktet, eller å se på fordelingen av fôret i arealet i merden.

Det er viktig å være konsekvente i fôringen, og ikke gjøre for hyppige endringer i fôringsstrategien. Erfaringene tilsier at det tar omtrent tre uker før man ser endringer i hold og vekst, og det er derfor mot sin hensikt å bytte fôringsstrategi annen hver uke. Det bør forligge et godt beslutningsgrunnlag før det foretas et skifte eller en endring i fôringsstrategi. En presis logg av fôringsstrategi sammen med registreringer på vekt og hold vil bidra til et slikt godt vurderingsgrunnlag, sammen med supplerende invasive prøver for vurdering av hold.

Info 5 - Dårlig hold og vekst kan skyldes andre årsaker enn fôring

Rognkjeksens appetitt er også med å påvirke rognkjeksens hold og vekst. Appetitten er ofte redusert ved sykdom, og det anbefales derfor å kontakte autorisert fiskehelsepersonell ved dårlig appetitt. Ved obduksjon av et utvalg fisk, inkludert svekkede og døde individer, samt potensiell prøvetaking, kan eventuell sykdom oppdages.

5 PROTOKOLL: OPPFØLGING AV ERNÆRINGSSTATUS

Det ble i forbindelse med utarbeidelsen av håndboken for oppfølging av rognkjeks i merd (Boissonnot et al., 2022a) utviklet et feltskjema for velferdsscoring og obduksjon av rognkjeks. Dette feltskjemaet kan også godt benyttes under oppfølgingen av ernæringsstatus, og er fritt tilgjengelige på Aqua Kompetanse sine nettsider. Feltskjemaet er bygd opp slik at man ikke nødvendigvis må score alle parametere, og det er derfor rom for å bruke dette slik man selv ønsker (mer info om feltskjemaet og velferdsparametere finnes i Boissonnot et al. (2022a)).

5.1 Utvalg og uttak av fisk

Vi anbefaler månedlig oppfølging av rognkjeksens ernæringsstatus i minimum fire merder på lokaliteten, gjerne i sammenheng med oppfølging av rognkjeksens velferd (Boissonnot et al., 2022a). Det bør gjennomføres en individkontroll, hvor vekt, lengde og katarakt vurderes på minst ti levende fisk fra hver merd. For å få et godt sammenligningsgrunnlag bør det være de samme merdene som følges opp hver måned. Dersom det er behov velges nye merder til oppfølging.

Uttak fra merd gjøres enten ved bruk av orkast eller håv fra båt. Dersom rognkjeksene oppholder seg i overflaten og nært notveggen kan man også bruke håndholdt håv fra merdkanten. Det er fordelaktig å være mest mulig konsekvent med hvordan man gjennomfører uttakene fra merd. Rognkjeksene som fiskes ut legges i ei bønne med friskt sjøvann. I forbindelse med uttak av rognkjeks er det svært viktig at dette gjennomføres så skånsomt som mulig for å unngå skade på rognkjeksene. Måling av lengde og scoring av katarakt kan gjennomføres på ikke bedøvd rognkjeks under vann (Skår et al., 2017), mens veiing må gjøres utenfor vannet.

Basert på velferdsstatus kan det være nødvendig å foreta obduksjon samt evt. prøveuttak. Ved obduksjon kan man også estimere lusebeite-effektiviteten ved å vurdere mageinnhold. Avliving kan foretas med en overdose av f. eks benzokain (Benzoak vet. eller Benzorion) eller trikainmesilat (Tricaine Pharmaq, Finquel), med påfølgende avblødning. Tilgjengelig forskning har konkludert med at trikainmesilat er mest egnet til avliving av rognkjeks (Skår et al., 2017). Ved avliving av rognkjeks fra 10 til 20 gram (6 og 12 °C), samt 200 til 400 gram (12 °C) benyttes det mer enn 1,6 gram trikainmesilat per liter vann i minimum 10 minutter. Tilsvarende bør det for benzokain benyttes minimum 800 mg/liter vann i 10 minutter (dvs. 4 ml benzokain 200 mg/ml per liter). Det finnes per i dag ikke anbefalinger vedrørende dosering av de samme preparatene av rognkjeks mellom 20 og 200 gram, samt for rognkjeks fra 200 til 400 gram ved 6 °C (Skår et al., 2017). En god måte å sjekke om fisken er tilstrekkelig anestesert på, er å vurdere reaksjon på berøring av munn/lepper. Dette bør gjøres for å sikre tilstrekkelig overdose av anestesimidlet før man kutter gjellebuene.

5.2 Vekst og hold

Hvert individ veies med en vekt med minimum 1 gram presisjon, og vekten noteres til nærmeste hele gram. Måling av lengde gjennomføres med en linjal fra snute/munn til ytterst på halefinnen. Lengde noteres i cm med minimum 0,1 cm presisjon.

Hold

Rognkjeksens kondisjonsfaktor som benyttes til å vurdere rognkjeksens hold beregnes etter formelen publisert av Gutierrez Rabadan et al. (2021):

$$\text{Rognkjeksens } K = \frac{9,057 \times V}{L^{2,559}}$$

hvor vekt (V) er gitt i gram og lengde (L) i cm. Rognkjeksens hold scores deretter fra 0-3, hvor score 0 indikerer en rognkjeks i godt hold og score 3 en rognkjeks som er alvorlig avmagret (Tabell 1). Grensene er basert på Gutierrez Rabadan et al. (2021) sine vurderinger, men det er lagt til en ekstra grense for å skille mellom rognkjeks i godt hold og de som er noe avmagret. Ved å bruke feltskjemaet som er tilgjengelig på Aqua Kompetanse sine nettsider vil scoringen av hold bli regnet ut automatisk når rognkjeksens vekt og lengde registreres.

Tabell 1: Oversikt over tilstandsscoreing av hold hos rognkjeks.

Rognkjeksens K	Score	Vurdering
$1,00 \leq$	0	Godt hold
0,90 - 1,00	1	Noe avmagret
0,75 - 0,90	2	Tydelig avmagret
0,00 - 0,75	3	Alvorlig avmagret

Specific growth rate (SGR)

Som et tillegg til å følge opp rognkjeksens vekt og hold, kan man beregne rognkjeksens veksthastighet. For å gjøre dette kan formelen for specific growth rate publisert av Houde and Schekter (1981) benyttes:


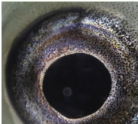

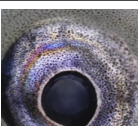
$$\text{SGR} = (e^g - 1) \times 100, \quad g = \frac{\ln(V_2) - \ln(V_1)}{t_2 - t_1}$$

hvor V_2 og V_1 er vekt på henholdsvis dag t_2 og t_1 .

5.3 Katarakt

Katarakt klassifiseres med en 0-3 scoring, som kvantifiserer relativt kataraktareal i forhold til linse størrelse (Tabell 2). Scoringsmetoden er hentet fra (Boissonnot et al., 2022a), hvor de har tatt utgangspunkt i standardiseringen til Bass and Wall (2008), men slått sammen score 3 og 4 for å tilpasse scoringene til velferdsmodellen. Venstre og høyre øye scores separat ved vurderingen av katarakt. Det anbefales å benytte en spaltelampe ved vurderingen av katarakt, da det er vanskelig å oppdage de mildeste tilfellene av katarakt.

Tabell 2: Scoring av katarakt, modifisert fra Bass and Wall (2008).

Eksempel	Score	Dekningsgrad av linsediameter
	0	Ingen katarakt
	1	< 10 %
	2	10 - 50 %
	3	≥ 50 %

Info 6 - Katarakt opasitet

For å score katarakt mer nøyaktig kan opasiteten også vurderes (Tabell 3), men dette anbefales ikke dersom man ikke har riktig utstyr eller erfaring med dette. I tilfeller hvor både utbredelse og opasitet scores kan et gjennomsnitt av de kvadrerte scoringene for hvert øye benyttes som et mål på alvorlighetsgraden.

Tabell 3: Scoring av katarakt opasitet.

Eksempel	Score	Vurdering av linse
	0	Ingen katarakt
	1	Nesten helt gjennomsiktig
	2	Hvitaktig, krystallisk
	3	Krystallhvit, ugjennomsiktig perlemorslinse

5.4 Obduksjon

Ved mistanke om redusert ernæringsstatus eller utfordringer med å tolke utvikling av hold og vekst, anbefales det å obdusere et utvalg av rognkjeks for å vurdere parameterne som er listet nedenfor. Da systemisk sykdom også vil kunne medføre redusert appetitt og hold er det viktig å utelukke sykdom forårsaket av bla. infeksjose agens som årsak til negativ utvikling av hold. For å få en sikrere vurdering av ernæringsstatusen anbefales det å ta prøver til histologi eller leveranalyse (se kapittel 5.5) av enkelte av rognkjeksene som obduseres.

5.4.1 Leverfarge

Leverfarge scores fra blek, fargeløs lever (score 1-2) til lysende oransje (score 3-4) og brun/rød lever (score 5-6; Figur 4). Fargeforandringer, eller blødninger, i levra kan vanskeliggjøre scoringen, men det er grunnfargen som skal scores og ikke fargen i blødningsområdet.



Figur 4: Scorings-indeks av leverfarge hos rognkjeks. Innenfor hver score vil det være ulike nyanser, og da velges den scoren som er nærmest.

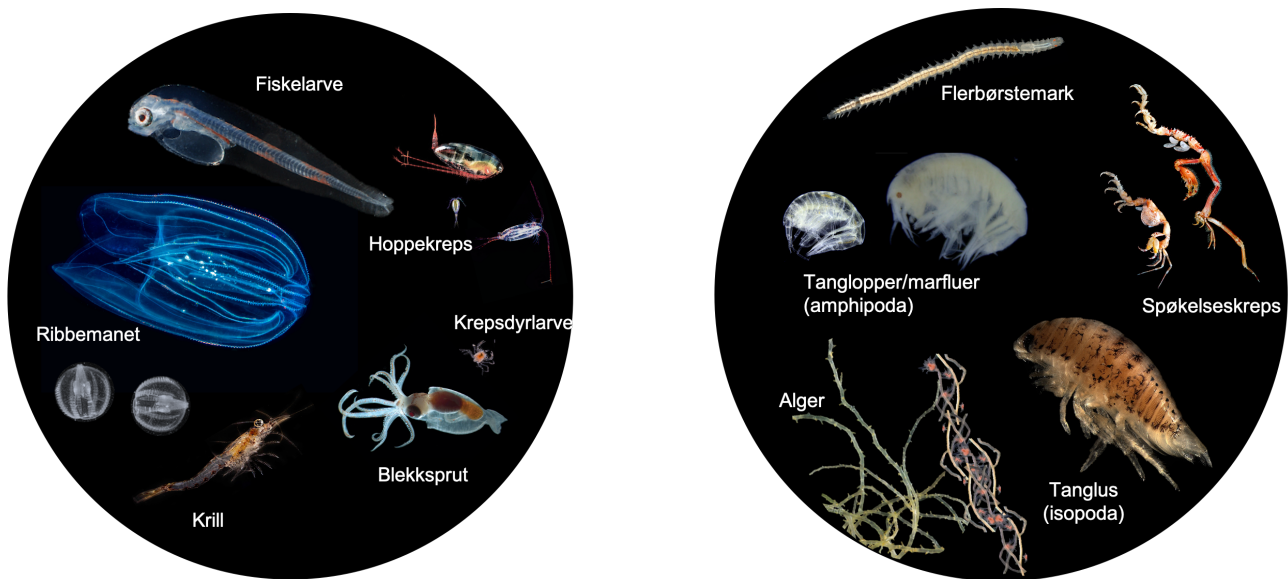
5.4.2 Mageinnhold

Magesekken åpnes med et skalpellblad, og innholdet tømmes på én eller flere petriskåler (eller annen egnet og ren beholder) ved hjelp av en sprutflaske med vann. Innholdet i magesekken deles inn i ni kategorier. De første seks kategoriene - rognkjekspellet, fôrbløkk, laksepellet, dyreplankton, begroingsorganismer og annet - scores 1 dersom kategorien finnes i magesekken, og 0 dersom den ikke finnes. De tre siste kategoriene er lakselus, skottelus og uidentifiserbar lus. Her skal antallet lus i hver kategori registreres, da dette fører til en mer presis vurdering av lusebeiting (Boissonnot et al., 2022c). Feltskjemaet som er tilgjengelig på Aqua Kompetanse sine nettsider kan benyttes for registrering av mageinnhold.

Rognkjeksfôr og laksefôr Laksepellet har som regel en diameter på 0,5 - 1 cm, og varierer avhengig av størrelsen på laksen. De er brun-oransje i fargen, og har et høyt fettinnhold som vises tydelig når laksepellet står i vann. Rognkjekspelleten derimot er oftest betraktelig mindre enn laksepelleten, og mørkebrun med lavt fettinnhold. Fôrbløkk for rognkjeks er også mørkebrun, og identifiseres i magen som noe løsere enn pellets. Det anbefales å benytte tørre laks- og rognkjekspellet og fôrbløkk som visuelle referanser for å lettere kunne identifisere de ulike fôrtypene i mageinnhold.

Dyreplankton og begroingsorganismer Eksempler på dyreplankton man kan finne i rognkjeksmagene er ribbemaneter (eks. sjøstikkelsbær og agurkmanet), små glassmaneter, kopepoder (eks. hoppekrepser/raudåte), krill og mysider, små blekkspruter, fiskelarver og pelagiske krepsdyrlarver (Figur 5a). Eksempler på begroingsorganismer man finner i rognkjeksmagene er tanglopper/marfluer (amfipoder), spøkelseskreps, tanglus (isopoder), flerbørstemark, ulike

alger, hydrozoer og mosdyr (bryozoer) (Figur 5b).

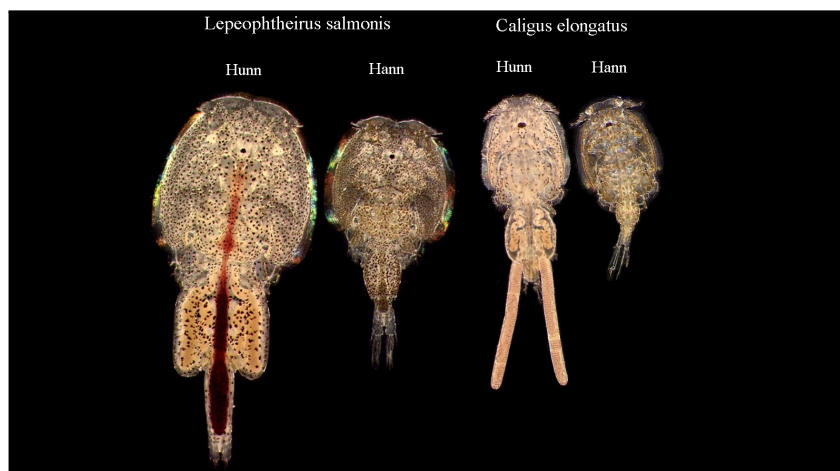


(a) Dyreplanktonsorganismer.

(b) Begroingsorganismer.

Figur 5: Eksempler på ulike organismer man ofte finner i magesekken til rognkjeks. Figuren representerer omtrentlig relativ størrelse i forhold til en petriskål på 10 cm i diameter. Se Tabell 4 for bildekreditering.

Skottelus og lakselus Det er relativt enkelt å skille kjønnsmoden hunn-lakselus fra de øvrige stadiene og fra skottelusa (Figur 6). En kjønnsmoden hunn-lakselus er vesentlig større, og har en markant bakpart som kan være med eller uten eggstrenger. En lakselus vil være rundere og bredere enn skottelusa, som har en mer oval kroppsfasong. Skottelusa har ofte også en mer oransje farge, mens lakselusa er mer brunlig. Et godt referansepunkt for å skille de to artene er øyet til lusa. Lakselusa har et sirkelformet og lite øye i forhold til hodet, mens skottelusa har to øyne som ser ut som ett ”rektangulært øye” som også er betydelig større i forhold til hodet sammenlignet med lakselusa.



Figur 6: Kjønnsmoden hunn og hann av både lakselus (til venstre) og skottelus (til høyre). Se . Tabell 4 for bildekreditering.

5.4.3 Hepatosomatic index

Mål levervekten med 0,1 gram presisjon, og beregn deretter hepatosomatic index (HSI),

$$\text{HSI} = \frac{\text{Levervekt}}{\text{Kroppsvekt}} \times 100.$$

Det er funnet en signifikant sammenheng mellom HSI og innhold av fett og protein i lever, der HSI øker med økende fettinnhold i lever og minker med økende proteininnhold (Boissonnot et al., 2023).

5.5 Prøvetaking

5.5.1 Histologi

Det er svært viktig at samtlige prøver som skal analyseres histologisk tas så raskt som mulig etter at rognkjeksene er avlivet. Dette for å forhindre at autolyse forringer prøvematerialet. Dersom flere individer avlives samtidig av praktiske årsaker, bør rognkjeksene ideelt oppbevares kjølig fram til prøvetaking, f. eks i kjølebag eller i kaldt vann. Det tas vevsbiter av fortarm med pankreas, samt av midttarm, baktarm og lever. Tarmsegmentene kan vurderes semikvantitativt med tanke på inflammatoriske forandringer, endringer i epitel eller andre patologiske forandringer. Dette kan si noe om individets tarmhelse. Det kan også foretas en semikvantitativ vurdering av patologiske forandringer i lever, samt en vurdering av fettinnhold i leverprøvene basert på fettvakuoliseringsgrad.

Det skal benyttes ett formalin glass per individ. Optimalt skal vevsbitene være maksimalt 0,4 cm x 1 cm x 1 cm. Det skal maksimalt være 1 del vev til 10 deler formalin per glass. Glasset oppbevares ved romtemperatur fram til vevene er tilstrekkelig fiksert. For å sikre rask fiksering av preparatene skal formalinbeholderen vendes umiddelbart etter at beholderen er fylt for å sikre at vevene ikke klebrer seg sammen. Prøvene sendes til aktuelt laboratorie for histopatologisk analyse.

5.5.2 Gasskromatografi

Det anbefales å ta prøver fra de samme rognkjeksene som de histologiske prøvene ble tatt av. En så stor bit som mulig tas av leveren og overføres til et rør, uten kjemikalier. Det benyttes en stålkule for homogenisering av prøven i forkant av analyse. For å begrense håndteringen av prøvene kan det være fordelaktig å legge stålkulen i røret sammen med leverprøven. Ta kontakt med laboratoriet for avklaring omkring behovet for dette. Etter prøveuttaket må prøvene legges i en eske med isolasjonsplater og kjøleflasker umiddelbart. De kan lagres i fryser til de sendes inn til analyselaboratorium senest neste dag, med ekspress over natt. Prøvene kan analyseres for total proteininnhold ved bruk av gasskromatografi med Kjeldahl-metoden og totalt fettinnhold ved å benytte Schmid-Bondzynski-Ratslaff metoden (SBR). Dette vil gi svar på kvantitativt innhold av fett og protein i lever.

Referanser

- Bass, N., Wall, T., 2008. A standard procedure for the field monitoring of cataracts in farmed atlantic salmon and other species. BIM, Irish Sea Fisheries Board, Dun Laoghaire, Co. Dublin, Ireland, 2p .
- Bjerkås, E., Breck, O., Waagbo, R., et al., 2006. The role of nutrition in cataract formation in farmed fish. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources 1.
- Boissonnot, L., Austad, M., Karlsen, C., Reynolds, P., Stensby-Skjærvik, S., A., I., 2022a. Oppfølging av rognkjeks i sjø - håndbok. versjon 2. Aqua Kompetanse , 34pp URL: <https://aqua-kompetanse.no/rognkjeksoppfolging/>.
- Boissonnot, L., Engebretsen, S., Austad, M., Aldrin, M., 2022b. Kondisjonsfaktor hos rognkjeks. Norsk Fiskeoppdrett 4, 4.
- Boissonnot, L., Karlsen, C., Reynolds, P., Engebretsen, S., Staven, F., Stensby-Skjærvik, S., Aldrin, M., Hanssen, H., Imsland, A., 2023. Fôringsstrategiens påvirkning på ernæring og lusebeite-effektivitet hos rognkjeks i sjø (STRATEGI) - sluttrapport. URL: <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901693/>.
- Boissonnot, L., Kharlova, I., Iversen, N.S., Staven, F.R., Austad, M., 2022c. Characteristics of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) with high cleaning efficacy in commercial Atlantic salmon (*Salmo salar*) production. Aquaculture 560, 738544. doi:10.1016/j.aquaculture.2022.738544.
- Breck, O., Bjerkås, E., Campbell, P., Arnesen, P., Haldorsen, P., Waagbø, R., 2003. Cataract preventative role of mammalian blood meal, histidine, iron and zinc in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) of different strains. Aquaculture Nutrition 9, 341–350.
- Breck, O., Bjerkås, E., Campbell, P., Rhodes, J., Sanderson, J., Waagbø, R., 2005. Histidine nutrition and genotype affect cataract development in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Journal of Fish Diseases 28, 357–371.
- Daborn, G.R., Gregory, R.S., 1983. Occurrence, distribution, and feeding habits of juvenile lumpfish, *Cyclopterus lumpus* L. in the Bay of Fundy. Canadian Journal of Zoology 61, 797–801. doi:10.1139/z83-105.
- Eliassen, K., Danielsen, E., Johannesen, , Joensen, L.L., Patursson, E.J., 2018. The cleaning efficacy of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) in Faroese salmon (*Salmo salar* L.) farming pens in relation to lumpfish size and seasonality. Aquaculture 488, 61–65. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.01.026.
- Eliassen, K., Patursson, E.J., McAdam, B.J., Pino, E., Morro, B., Betancor, M., Baily, J., Rey, S., 2020. Liver colour scoring index, carotenoids and lipid content assessment as a proxy for lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) health and welfare condition. Scientific Reports 10, 8927. doi:10.1038/s41598-020-65535-7.
- Engebretsen, S., Aldrin, M., Qviller, L., Stige, L.C., Rafoss, T., Danielsen, O.R., Lindhom, A., Jansen, P.A., 2023. Salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) in the stomach contents of

- lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) sampled from norwegian fish farms: Relationship between lice grazing and operational conditions. *Aquaculture* 563, 738967.
- Geitung, L., Wright, D.W., Oppedal, F., Stien, L.H., Vågseth, T., Madaro, A., 2020. Cleaner fish growth, welfare and survival in Atlantic salmon sea cages during an autumn-winter production. *Aquaculture* 528, 735623.
- Gutierrez Rabadan, C., Spreadbury, C., Consuegra, S., Garcia de Leaniz, C., 2021. Development, validation and testing of an Operational Welfare Score Index for farmed lumpfish *Cyclopterus lumpus* L. *Aquaculture* 531, 735777. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735777.
- Houde, E.D., Schekter, R., 1981. Growth rates, rations and cohort consumption of marine fish larvae in relation to prey concentrations. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* 178, 441–453.
- Imsland, A.K., Reynolds, P., Boissonnot, L., 2024. Effects of different feeding regimes on growth, cataract development, welfare, and histopathology of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.). *Aquaculture* 578, 740137. doi:10.1016/j.aquaculture.2023.740137.
- Imsland, A.K.D., Berg, M.S., Haugland, G.T., Eliassen, K., 2022. Comparing body density of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) to different operational welfare indicators. *Fishes* 7. doi:10.3390/fishes7050284.
- Imsland, A.K.D., Frogg, N., Stefansson, S.O., Reynolds, P., 2019a. Improving sea lice grazing of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) by feeding live feeds prior to transfer to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) net-pens. *Aquaculture* 511, 734224. doi:10.1016/j.aquaculture.2019.734224.
- Imsland, A.K.D., Jonassen, T.M., Hangstad, T.A., Stefansson, S.O., Elvegård, T.A., Lemmens, S.C., Urskog, T.C., Nytrø, A.V., Reynolds, P., 2018a. The effect of continuous light and compressed photoperiods on growth and maturation in lumpfish *Cyclopterus lumpus*. *Aquaculture* 485, 166–172. doi:10.1016/j.aquaculture.2017.11.053.
- Imsland, A.K.D., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Foss, A., Vikingstad, E., Elvegård, T.A., 2014. The use of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) to control sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestations in intensively farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 424-425, 18–23. doi:10.1016/j.aquaculture.2013.12.033.
- Imsland, A.K.D., Reynolds, P., Hangstad, T.A., Jónsdóttir, D.B., Noble, T., Wilson, M., Mackie, J.A., Elvegård, T.A., Urskog, T.C., Mikalsen, B., 2018b. Feeding behaviour and growth of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) fed with feed blocks. *Aquaculture Research* 49, 2006–2012. doi:10.1111/are.13657.
- Imsland, A.K.D., Reynolds, P., Jonassen, T.M., Hangstad, T.A., Adron, J., Elvegård, T.A., Urskog, T.C., Hanssen, A., Mikalsen, B., 2019b. Comparison of diet composition, feeding, growth and health of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) fed either feed blocks or pelleted commercial feed. *Aquaculture Research* 50, 1952–1963.
- Imsland, A.K.D., Reynolds, P., Jonassen, T.M., Hangstad, T.A., Elvegård, T.A., Urskog, T.C., Hanssen, A., Mikalsen, B., 2019c. Effects of different feeding frequencies on growth, cataract development and histopathology of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.). *Aquaculture* 501, 161–168. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.11.026.

- Imsland, A.K.D., Reynolds, P., Nytrø, A.V., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Jónsdóttir, D., Emaus, P.A., Elvegård, T.A., Lemmens, S.C., Rydland, R., Jonassen, T.M., 2016. Effects of lumpfish size on foraging behaviour and co-existence with sea lice infected Atlantic salmon in sea cages. *Aquaculture* 465, 19–27. doi:10.1016/j.aquaculture.2016.08.015.
- Jobling, M., Knudsen, R., Pedersen, P., Dos Santos, J., 1991. Effects of dietary composition and energy content on the nutritional energetics of cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture* 92, 243–257.
- Jonassen, T.M., Hamadi, M., Remø, S.C., Waagbø, R., 2017. An epidemiological study of cataracts in wild and farmed lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) and the relation to nutrition. *Journal of Fish Diseases* 40, 1903–1914. doi:10.1111/jfd.12664.
- Lein, I., Berge, G.M., Bogevik, A.S., Hamre, K., Aas, G.H., Kousoulaki, K., Krogdahl, , 2021. Ernæringsbehov og føring for optimal helse og overlevelse av renseskjell. Nofima Rapport 28/2021, 82.
- Lie, Ø., Lied, E., Lambertsen, G., 1988. Feed optimization in atlantic cod (*Gadus morhua*): fat versus protein content in the feed. *Aquaculture* 69, 333–341.
- Nytrø, A.V., Vikingstad, E., Foss, A., Hangstad, T.A., Reynolds, P., Eliassen, G., Elvegård, T.A., Falk-Petersen, I.B., Imsland, A.K., 2014. The effect of temperature and fish size on growth of juvenile lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.). *Aquaculture* 434, 296–302. doi:10.1016/j.aquaculture.2014.07.028.
- Powell, A., Pooley, C., Scolamacchia, M., Garcia de Leaniz, C., 2018. Review of lumpfish biology. *Cleaner Fish Biology and Aquaculture Applications* 6, 90–113.
- Skår, M.W., Haugland, G.T., Powell, M.D., Wergeland, H.I., Samuelson, O.B., 2017. Development of anaesthetic protocols for lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.): Effect of anaesthetic concentrations, sea water temperature and body weight. *PloS one* 12, e0179344.
- Staven, F., Engebretsen, S., Aldrin, M., Iversen, N., Staven, A., Egeland, T., Stensby-Skjærvik, S., Imsland, A., Boissonnot, L., 2024. The digestion rate for salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) in lumpfish (*Cyclopterus lumpus*). *Aquaculture* 578, 740103. doi:10.1016/j.aquaculture.2023.740103.
- Waagbø, R., Hamre, K., Bjerkås, E., Berge, R., Wathne, E., Lie, Ø., Torstensen, B., 2003. Cataract formation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolt relative to dietary pro-and antioxidants and lipid level. *Journal of Fish Diseases* 26, 213–229.
- Williams, D.L., 2006. Oxidation, antioxidants and cataract formation: a literature review. *Veterinary Ophthalmology* 9, 292–298.

6 Bildekreditering

Bilde	Kredit
Fiskelarve	Erik Selander
Hoppekrepss	Norsk Polarinstitut
Krepsdyrlarve	Norsk Polarinstitut
Ribbemanet	Erling Svensen, Lennart Nilsson
Krill	Per Harald Olsen
Blekksprut	Russ Hopcroft
Flerbørstemark	Arne Nygren
Spøkelseskreps	Matz Berggren
Tanglopper/marfluer (amphioda)	Anne Helene Solberg Tandberg, Katrine Kongshavn
Alger	Kansas Universitet, Marine Harvest
Tanglus (isopoda)	Hans Hillewaert
Lice	Lars Are Hamre

Tabell 4: Bildekreditering for Figur 5 og Figur 6. Alle andre bilder er tatt av forfattere.