LAKSVEL

Standardisert operasjonell velferdsovervåking for laks i matfiskanlegg

RAPPORT FRA
HAVFORSKNINGEN
NR. 2022-14

Tittel (norsk og engelsk):

Laksvel

Undertittel (norsk og engelsk):

Standardisert operasjonell velferdsovervåking for laks i matfiskanlegg

Rapportserie:	År - Nr.:	Dato:
Rapport fra havforskningen	2022-14	30.05.2022
ISSN:1893-4536		

Forfatter(e):

Jonatan Nilsson (HI), Kristine Gismervik, Kristoffer Vale Nielsen (Veterinærinstituttet), Martin Haugsmo Iversen (Nord universitet), Chris Noble, Jelena Kolarevic (Nofima), Hilde Frotjold, Kathrine Nilsen (STIM), Eirik Wilkinson (Labora), Barbo Klakegg, Hege Sørvåg Hauge, Per Anton Sæther (Åkerblå), Tore Kristiansen og Lars Helge Stien (HI)

Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Geir Lasse Taranger
Programleder(e): Rune Waagbø

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15542

Oppdragsgiver(e):

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF)

Oppdragsgivers referanse:

901554

Program:

Fremtidens havbruk

Forskningsgruppe(r):

Dyrevelferd

Antall sider:

43

Samarbeid med

Innhold

1 Forord 4

2 Introduksjon til Laksvel-protokollen 5

2.1 Definisjon på fiskevelferd 5

2.2 Velferdsindikatorer 5

2.3 Vurderingsverktøy for fiskevelferd: Laksvel-protokollen 5

3 Miljøbaserte velferdsindikatorer 7

3.1 Oksygen 8

3.2 Temperatur 9

3.3 Saltholdighet 10

4 Gruppebaserte velferdsindikatorer 11

4.1 Atferd 12

4.2 Appetitt 14

4.3 Dødelighet 15

5 Individbaserte velferdsindikatorer 17

5.1 Frekvens og omfang av individundersøkelser 17

5.1.1 *Frekvens av undersøkelser* 17

5.1.2 *Omfang av undersøkelser* 17

5.2 Innfanging og håndtering av fisk 18

5.2.1 *Innfanging* 18

5.2.2 *Håving* 18

5.2.3 *Alle skal med* 18

5.3 Undersøkelse av fisk 19

5.4 Om skåringssystemet og -nivåene 20

6 Skåringskjema for individbaserte indikatorer 22

7 Bildeguide til skåring 23

7.1 Førsteinntrykk 24

7.2 Ryggradsdeformiteter 24

7.3 Avmagring 24

7.4 Kjønnsmodning 24

7.5 Skjelltap 24

7.6 Hudblødning 29

7.7 Kroppssår 30

7.8 Snutesår 31

7.9 Kjevedeformiteter 32

7.10 Øyeblakking 33

7.11 Øyeskade 34

7.12 Gjellelokk 35

7.13 Gjellestatus 36

7.14 Finnestatus 38

8 Appendiks 39

8.1 Eksta bilder, finnestatus 39

8.2 Ekstra bilder, kjønnsmodning 40

9 Referanser 41

1 - Forord

Selv om oppdrettere og fiskehelsepersonell har undersøkt og dokumentert velferden til laksen har det ikke funnes noen standardisert måte å gjøre dette på. Denne protokollen er laget for å kunne brukes som en felles standard.

Når en lager en standardisert protokoll for rutinemessig overvåking av fiskevelferd er det mange hensyn å ta, og disse kan til dels være motstridende. Protokollen bør bygge på solid kunnskap, slik at overvåkingen gir et så klart bilde av velferdsstatusen til fiskegruppen som mulig. Oppgitte grenseverdier for velferdspåvirkning bør være nøyaktige, og målinger og skåringer bør være nøyaktige, gjøres hyppig nok og i et stort nok omfang til at en kan dokumentere velferdsstatusen til hele populasjonen til enhver tid. Dette er imidlertid ikke mulig i praksis. For eksempel endres både miljøet og fisken sin fordeling kontinuerlig i tid og rom, og full kontroll på miljøet ville kreve urealistisk detaljerte miljømålinger. I tillegg vil det samme miljøet påvirke individer med ulik status ulikt. Målinger og skåringer må være såpass enkle å forstå og utføre at alle som bruker protokollen, etter litt opplæring, kan forventes å få tilsvarende resultater på samme fiskegruppe. Tidsbruken må også være gjennomførbar, både for oppdretter og for fisken som undersøkes slik at velferden sikres. Videre bør protokollen bygge på etablerte og gjenkjennelige metoder og rutiner, og ikke stride mot andre standarder eller pålegg.

Denne protokollen bygger i stor grad på kunnskap beskrevet i Fishwell-håndboken[1] og SWIM[2], men også annen vitenskapelig litteratur, i tillegg til kunnskap og erfaringer fra fiskehelsetjenesten og utprøvinger som er gjennomført i Laksvel-prosjektet. Hovedmålet med arbeidet har vært å lage et system for standardisert operasjonell velferdsovervåking, det vil si at alle brukere måler og beskriver velferd på samme måte, og at overvåkingen er enkel og praktisk å gjennomføre. Vi har også så langt som mulig tatt hensyn til andre standarder som for eksempel Norsk Standard (NS 9417) og pålagte prosedyrer som Luseforskriften.

Skåringsskjemaet for individbaserte indikatorer er utarbeidet med utgangspunkt i Fishwell-håndboken. Skårings-skjema har blitt testet ut gjentatte ganger på matfiskanlegg for laks i Hordaland, Trøndelag, Nordland og Troms. Etter hvert uttestingstilfelle har skjemaet blitt etterevaluert og svakheter og uklarheter forbedret. Det er laget en guide med forklaringer og bildeeksempler av hver skår for de ulike indikatorene til støtte ved skåring. Det anbefales at man har gått gjennom og blitt kjent med denne før en påbegynner skåring av fisk.

2 - Introduksjon til Laksvel-protokollen

Velferden til oppdrettet atlantisk laks har i mange år vært et debattert og omtalt tema[3-7]. I kjølvannet av økt søkelys på fiskevelferd er det kommet flere forslag til praktisk tilnærming om hvordan måle eller registrere endringer i fiskevelferden på merdkanten[1, 2, 8, 9, 10]. Denne veilederen er i hovedsak basert på tidligere arbeid innen prosjektet FISHWELL[1, 9] (FHF-finansiert prosjekt 901157 «FISHWELL: Kunnskapssammenstilling om fiskevelferd for laks og regnbueørret i oppdrett), og hovedfokus har vært å standardisere og forenkle bruken av operative velferdsindikatorer på laks i sjø.

2.1 - Definisjon på fiskevelferd

Det er mange fordeler med å ha god velferd i dyrehold, og fiskeoppdrett er ikke et unntak. Oppdretterne vet dette, og har gjennom årene forsøkt å optimalisere driften med et ønske om at fisken skal trives best mulig, vokse og holde seg frisk. I FISHWELL-prosjektet ble fiskevelferd definert som:

Fiskevelferd = livskvalitet som oppfattet av fisken selv

Ved å bruke denne definisjonen, mener en at fisken må ha en viss form for en bevisst kvalitativ opplevelse av livet for å kunne oppleve velferd, og dyrevelferd blir beskrevet som noe enkeltindivider oppfatter. Dyrevelferdsloven påpeker dyrets egenverdi uavhengig av nytteverdi for mennesker, noe denne definisjonen samsvarer med. Det er også samsvar med den justerte definisjonen fra Broom[11]: Dyrevelferd=individets mentale og fysiske tilstand i forsøk på å mestre sitt miljø[12], men dyrets perspektiv fremstår mer i sentrum. En kan innvende at en følelsesmessig definisjon av dyrevelferd ikke er nyttig siden vi ikke kan vite hvordan dyr opplever sitt liv. Vi kan imidlertid få gode indikasjoner på hvordan dyr har det ved å observere dyrenes miljø, adferd, helse og fysiologiske tilstand[1]. Dette blir da indikatorer for dyrene sin opplevde livskvalitet, det vil si velferdsindikatorer (VI-er). For en mer helhetlig diskusjon rundt temaet fiskevelferd viser vi til FISHWELL-håndbøkene[1, 9] og Kristiansen mfl.[6].

2.2 - Velferdsindikatorer

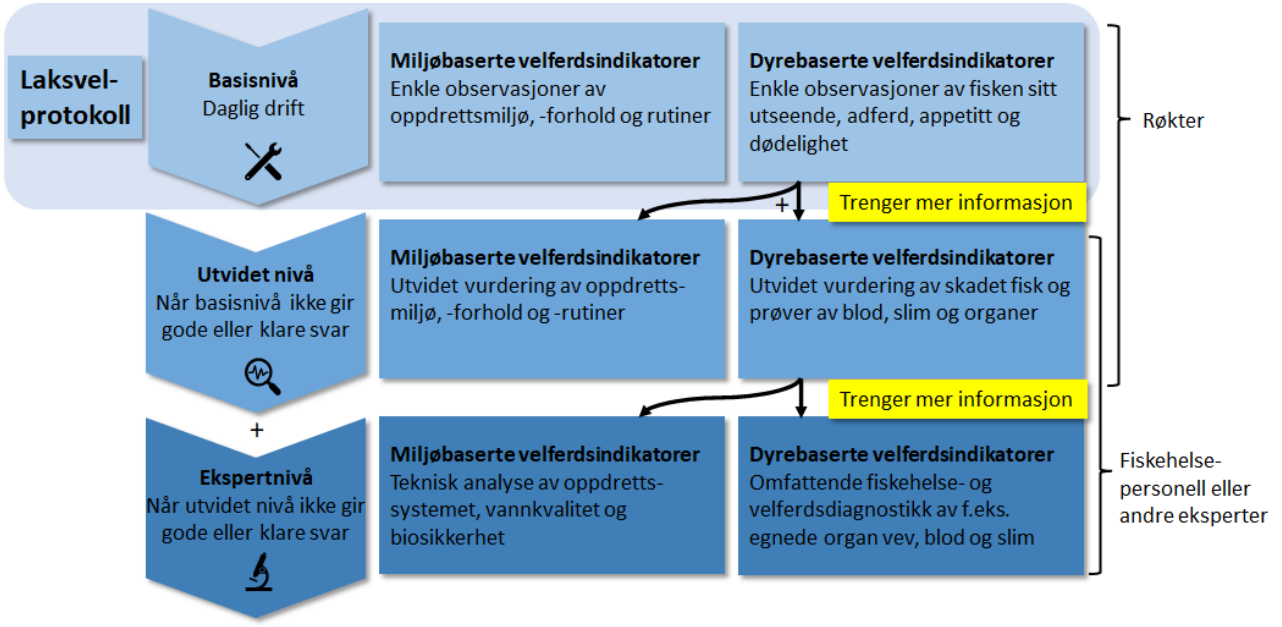
Velferdsindikatorer (VI-er) er alle parametre som kan måles eller observeres og som gir informasjon om hvor god eller dårlig velferden til dyrene er. Dette kan være målinger av hvilke ressurser og miljø dyrene lever under og som påvirker deres velferd, eller parametre som beskriver tilstanden til dyrene, som observasjoner av dyrenes atferd og helse10. VI-er som kan brukes i den daglige driften av kommersiell fiskeproduksjon betegnes som operative velferdsindikatorer (OVI-er). Velferdsindikatorer som må analyseres på labaratorium kalles laboratoriebaserte velferdsindikatorer (LABVI-er)[1, 9].

2.3 - Vurderingsverktøy for fiskevelferd: Laksvel-protokollen

I FISHWELL-håndbøkene[1, 9] ble det foreslått et tre-stegs rammeverk for hvordan velferdsindikatorer er kan benyttes som en velferdsdokumentasjon og vurderingsplattform på merdkanten. Denne vurderingsplattformen ble ytterligere oppdatert av Stien mfl.[10] for å øke søkelyset på både dyre- og miljøbaserte indikatorer. Gjennom Laksvel-prosjektet (og andre) har dette rammeverket blitt raffinert og optimalisert for å øke dets operasjonelle

gjennomførbarhet, samt gjøre dette enklere å innlemme i en allerede eksisterende helse- og velferdsplan for oppdrettsfisk. Det «nye» rammeverket har beholdt de tre nivåene fra det opprinnelige rammeverket foreslått av FISHWELL-håndbøkene[1, 9]. Basisnivået inkluderer bare operasjonelle velferdsindikatorer (OVI-er), indikatorer som er raske og enkle å bruke, som for eksempel noen miljøparametere og visuelle observasjoner av fisken. Ingen LABVI-er er inkludert på dette nivået. Den grunnleggende kvalitative eller til og med subjektive informasjonen som oppnås på dette nivået, kan brukes til raskt å identifisere mulige velferdstrusler. Dette kan være brå avvik eller endringer i en OVI, spesielt hvis OVI-en er miljøbasert. Hvis et problem blir identifisert og en korrigerende velferdshandling kan iverksettes, kan Basisnivået av OVI-verktøy innenfor rammen være tilstrekkelig.

Laksvel-protokollen er tenkt som en styrking og standardisering av Basisnivået, et rammeverket for daglig/regelmessig overvåking av fiskehelse og -velferd. Protokollen består av et sett med miljøbaserte OVI-er, gruppebaserte OVI-er og individbaserte OVI- er. Dersom det, på basis av funn gjort i Basisnivået, er usikkerhet knyttet til årsaken eller alvorlighetsgraden av en identifisert velferdstrussel bør en mer omfattende eller detaljert undersøkelse gjennomføres. Det samme gjelder usikkerhet rundt korrigerende tiltak. En eventuell ny undersøkelse gjennomføres på Utvidet nivå og eventuelt Ekspertnivå og involverer samarbeid med fiskhelsepersonell eller annet relevant fagpersonell.



Tre-nivå beslutningsrammeverk for hvordan velferdsindikatorer kan benyttes som en velferdsdokumentasjon og vurderingsplattform på merdkanten. På Basisnivå vil en bruke operasjonelle velferdsindikatorer (OVI-er), mens en på Utvidet nivå og Ekspertnivå vil bruke større grad av velferdsindikatorer som krever analyse i laboratorium (LABVI-er) og/eller større datagrunnlag.

3 - Miljøbaserte velferdsindikatorer

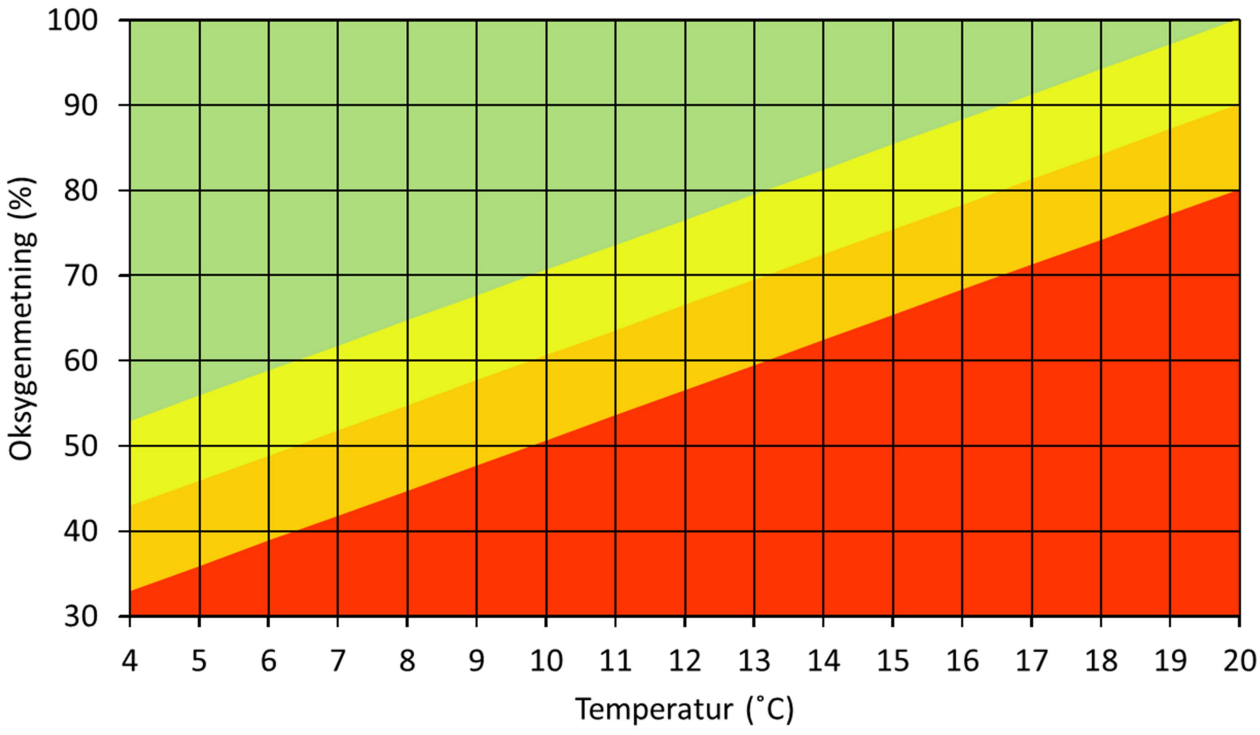
Miljømålinger registreres som kontinuerlige verdier som kan ligge innenfor eller utenfor et optimalt område for fisken. Fargekoder er her brukt for å indikere avstanden fra optimalt område, hvor grønn indikerer innenfor optimalområde, gul utkant av optimalområde, orange utenfor, og rød langt utenfor optimalområde. Skjema for miljømålinger kan lastes ned i Excel-format her.

3.1 - Oksygen

Oksygenmetning måles daglig på 3, 5, 15 og maksimalt merddyp i hver merd i henhold til NS 9417. Dette gjøres for å få informasjon om oksygennivåer ved ulike dyp i merden. Informasjon om oksygennivå både hvor fisken oppholder seg, men også på dyp hvor de ikke oppholder seg, kan bidra til å forstå fisken sin fordeling i merden[15], for eksempel om de unngår vannmasser med lite oksygen.

Vannets oksygenmetning oppgis i prosent (av metning i luft, som er 100%). Vann som er 100% mettet med oksygen inneholder mer oksygen (mg/L) ved lav temperatur enn ved høy temperatur, og når vanntemperaturen øker vil mindre oksygen være tilgjengelig for laksen. Dette harmonerer dårlig med laksens behov for oksygen, som øker ved økende temperatur. Fysisk aktivitet, fordøyelse og stress vil også øke behovet for oksygen. Oksygenmetningen i en merd kan variere betydelig i rom og også i løpet av et døgn som følge av tidevann, fotosyntese og fiskens aktivitet og fordeling. **For å avdekke begrensende oksygennivåer bør måling av oksygen gjøres når og hvor oksygennivået er lavest**, som oftest på dypet med høyest biomasse når strømstyrken er som svakest. Ideelt sett bør oksygen logges kontinuerlig. Begrensende oksygenverdier oppleves oftest i perioder med høy vanntemperatur og høy biomasse.

Grønt, gult, oransje og rødt nivå er gjengitt i figuren for temperaturområdet 4 – 20°C. Ved vanntemperaturer under 7°C vil lav oksygenmetning sjelden være en utfordring i åpne merdsystemer. Ved temperaturer over 19°C kan det være utfordrende å sikre fisken tilstrekkelig oksygen uten ekstra tilsetting, men fisken vil også begynne å slite bare som følge av temperaturen.



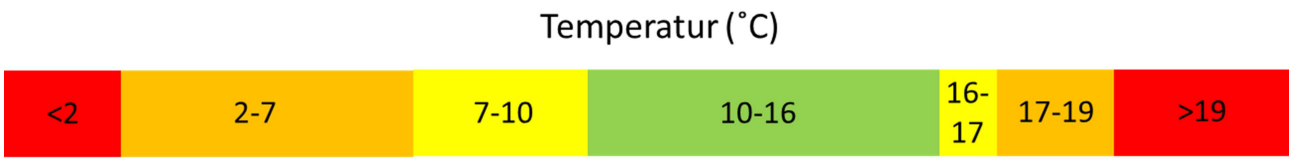
Grenseverdier for oksygenmetning ved 4-20˚C. Ved fastsetting av vurderingskriterier for oksygenmetning er det tatt utgangspunkt i kjente minimums-verdier som sikrer normal aktivitet hos frisk ustresset fisk[13], som representerer grensen mellom rødt og orange nivå. For å ta høyde for variasjon i oksygenbehov som kan skyldes helsestatus, stressnivå etc. er det lagt til 10% margin for gult nivå og 20% for grønt nivå.

3.2 - Temperatur

Vanntemperatur måles daglig på 3, 5, 15 og maksimalt merddyp i henhold til NS 9417. Dette gjøres for å få informasjon om temperaturer ved ulike dyp i merden. Informasjon om temperatur både hvor fisken oppholder seg, men også på dyp hvor de ikke oppholder seg, kan bidra til å forstå fisken sin fordeling i merden[15], for eksempel om det er temperaturpreferanse som driver fisken sin fordeling.

Siden laks er vekselvarme dyr har vanntemperaturen stor påvirkning på deres fysiologi og stoffskifte. I tillegg påvirker temperaturen andre faktorer med betydning for laksen, som f.eks. løselighet til oksygen og levekår for patogener og parasitter som lakselus. Temperatur kan i tillegg til årstidsvariasjon variere mye med dyp, særlig på lokaliteter med et tydelig sprangsjikt. Den vertikale temperaturprofilen er en sterk driver for laksen sin dybdeposisjon i merden, da laksen oppsøker dypet med den mest foretrukne temperaturen hvis ikke andre forhold overstyrer dette. Laks i sjømerd har en preferanse for stigende temperaturer opp mot ca 16˚C, men unnviker temperaturer over ca 17˚C.

Forventet velferdspåvirkning av vanntemperatur er vist i figuren under. Hvis laksen har mulighet for å flytte seg bort fra dårligere temperaturer gjelder velferdskoden for den beste temperaturen som laksen har tilgang til. Hvis f.eks. temperaturen er 7-10˚C i de øvre vannlaget men 10-16˚C dypere i merden, er velferdskoden grønn. Temperaturer utenfor grønn fargekode betyr ikke nødvendigvis at laksen sin velferd er redusert, men risikoen for velferdsproblemer er økende utenfor det grønne temperaturområdet.



Velferdspåvirkning av vanntemperatur. Fargekodene må sees på som omtrentlige, da temperaturen sin velferdspåvirkning avhenger av en rekke faktorer, f.eks. om temperaturen er stigende eller fallende, stressnivå og tilstedeværelse av patogener i vannet.

3.3 - Saltholdighet

Saltholdighet måles daglig på 3, 5, 15 og maksimalt merddyp i henhold til NS 9417. Post-smolt laks har relativt stort toleranseområde for saltholdighet. Den høye saltholdigheten i fullt sjøvann (32-34‰) øker imidlertid laksen sin energiforbruk for å opprettholde osmotisk balanse og har derfor en noe negativ effekt på vekst i forhold til mer brakt vann[16]. I tillegg øker risikoen for at individer ikke klarer å opprettholde osmotisk balanse, noe som kan resultere i helseproblemer og tidlig død. Høy saltholdighet er først og fremst en utfordring for smolt og mindre postsmolt, særlig hvis de er ufullstendig smoltifisert. Nylig sjøutsatt smolt synes å foretrekke brakkvann og gjerne oppholde seg i eller over haloklinen hvis mulig. For frisk og større laks i sjømerder har saltholdighet i seg selv trolig liten påvirkning på laksen sin velferd. Måling av salinitet er nyttig for å vite hvilke sprangsjikt og vannmasser som er representert i merden. Dette har betydning for hvordan andre miljøparametre kan utvikle seg og for forventet fordeling av lakseluslarver, som unngår lavere saltholdighet.

4 - Gruppebaserte velferdsindikatorer

Blant de gruppebaserte velferdsindikatorene registreres Atferd og Appetitt som en skår fra 0-3, mens Dødelighet registreres som mer kontinuerlige tall (antall individer, %). Nivådelingen for gruppebaserte velferdsindikatorer er derfor angitt med både skår og fargekoder.

4.1 - Atferd

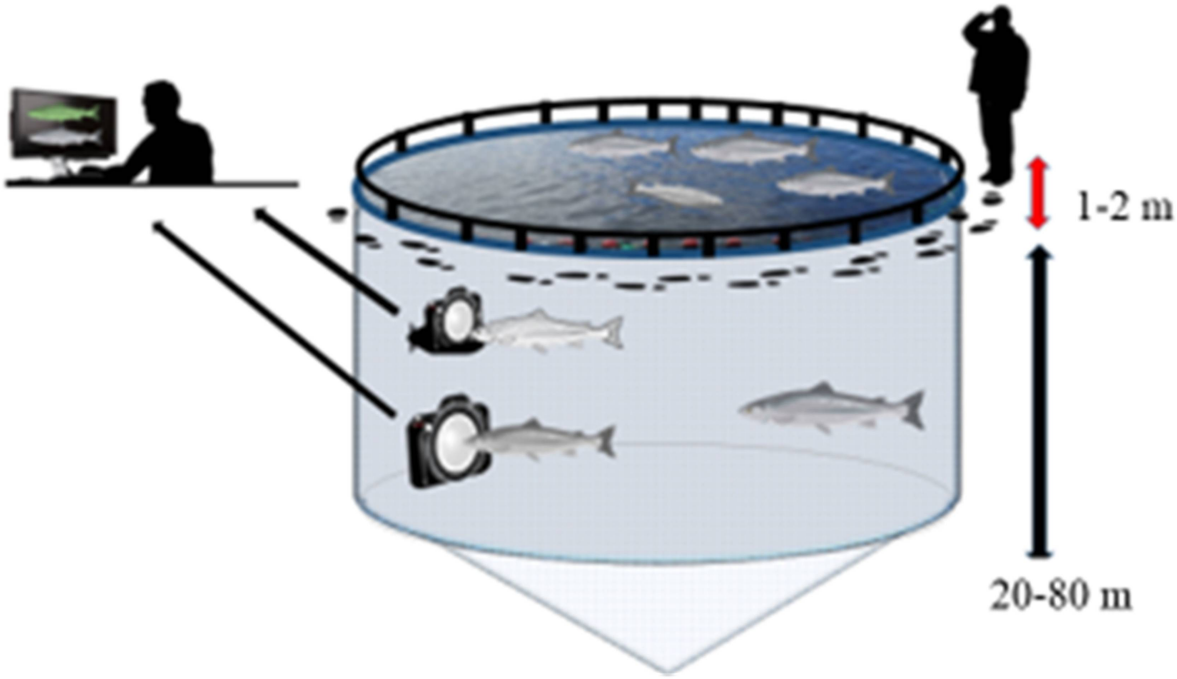
Standardisering av atferdsbeskrivelse og -avvik er vanskelig siden hva som karakteriseres som normal atferd kan variere mye i tid og mellom lokaliteter. I tillegg kan avvik beskrives både som grad av avvik eller som andel av gruppen, eller begge deler. På trass av dette er atferd en av de beste velferdsindikatorene, da den kan gi et umiddelbart signal om hvordan fisken opplever sin situasjon.

Laks i merd svømmer normalt rundt i en mer eller mindre løselig organisert stim, men stimstrukturen brytes ved fôring. Laksens atferd og posisjon i merdene kan variere med fiskestørrelse, tid på døgnet, årstid, og miljøforhold, men med gode observasjoner og erfaring vil røkterne få en god formening om forventet atferd til enhver tid. Plutselige endringer i atferd kan skyldes giftige alger, maneter, rovdyrangrep, håndteringsstress eller brå endringer i miljøforhold, som oppstrømming av oksygenfattig dypvann. Mer gradvise endringer i svømmeatferd og fôringsrespons, og ofte bare hos en del av fiskegruppen, kan skyldes sykdom. Gradvise endringer i miljøforhold på grunn av vær og årstid fører til at hele gruppen endrer atferd.

Observasjon av atferden til laksen fra merdkanten gjøres ved at en går en runde på gangbanen rundt merden. Kun fisken i de øverste meterne av en not, som kanskje er 50 meter dyp, vil da kunne observeres. Fisk med avvikende atferd havner ofte i de øvre vannlag (såkalte «svimere») og vil dermed være relativt godt synlige fra merdkanten. Likevel vil en ved å telle antall fisk med avvikende atferd som oftest bare ende med en viss andel av det reelle antallet i merden. For å kunne vurdere atferden til hoveddelen av stimen, som ikke er synlig fra merdkanten, brukes undervannskamera i merden, men dette gir også kun en del av totalbildet.

Det er viktig at atferdsobservasjonen gjøres likt og standardisert på anlegget hver dag, og at de som skårer er omforent om metode og skåringsnivå. Det bør i tillegg til skåringen føres logg med kommentarer om mistenkte årsaker til atferdsendringen. Hvis atferdsavvik kan kobles sammen med andre data som miljømålinger eller håndteringshendelser er de lettere å forstå og respondere på.

Skår	Atferdsinntrykk
0	Normal atferd med ingen eller svært få individer med avvikende atferd
1	Normal atferd av de aller fleste, men mindre grupper avvikende individer som ikke deltar i stimen («sturer», «svimere» eller «taperfisk»)
2	Tydelig avvikende atferd av store deler av gruppen eller en økende eller betydelig del av gruppen med unormal atferd eller sykdomsatferd
3	Svært tydelig avvikende atferd, eller store deler av gruppen med atferd som tyder på dårlige miljøforhold eller sykdom, gjerne knyttet til økt dødelighet



Illustrasjon av daglig atferdsobservasjon av laks i merd, og eksempler på tegn å se etter.

4.2 - Appetitt

Appetitt er en god gruppebasert velferdsindikator for oppdrettslaks, og redusert appetitt kan være en indikator for en rekke ulike problemer. En må imidlertid være oppmerksom på at kortvarig redusert interesse for fôr også kan ha andre forklaringer enn redusert velferd, for eksempel at fisken er mer mett enn antatt, noe som må hensyntas når en bruker appetitt som velferdsindikator.

Oppdrettslaksen blir stort sett fôret etter appetitt ved at en ved hjelp av undervannskamera observerer fôringsatferden til laksen og mengden av uspist pellet. I programvaren til fôringsanlegget blir det også beregnet estimert vekst og fôrinntak for laks av gjeldene størrelse under de rådende temperaturforhold og årstid, slik at oppdretteren har en forventning om hvor mye fôr som bør fôres ut gjeldene dag. Siden laks som spiser seg mett en dag ofte vil spise mindre neste dag, noe som særlig gjelder for stor fisk ved lave temperaturer, vil det kunne bli noe variasjon i fôrinntak fra dag til dag, men over tid vil en ha en jevn stigning i fôrforbruk etter som biomassen øker. Skal en bruke appetitt som velferdsindikator må en derfor vurdere fôrforbruket over flere dager eller en uke, og sjekke om det over tid avviker fra fôrventet mengde. En gradvis nedgang i appetitt kan være et tegn på sykdom, som f.eks. PD, mens en akutt nedgang i fôrinntaket hos nesten all fisk i anlegget kan tyde på giftige alger aller andre skadelig stoffer eller organismer i vannet. Også etter at fisken har blitt stresset under f.eks. lusebehandling kan det ta noen dager før appetitten er tilbake til normalen, og tiden dette tar kan også brukes som en indikator for graden av stress fisken har blitt utsatt for.

Som en enkel loggføring av appetitt brukes følgende skala:

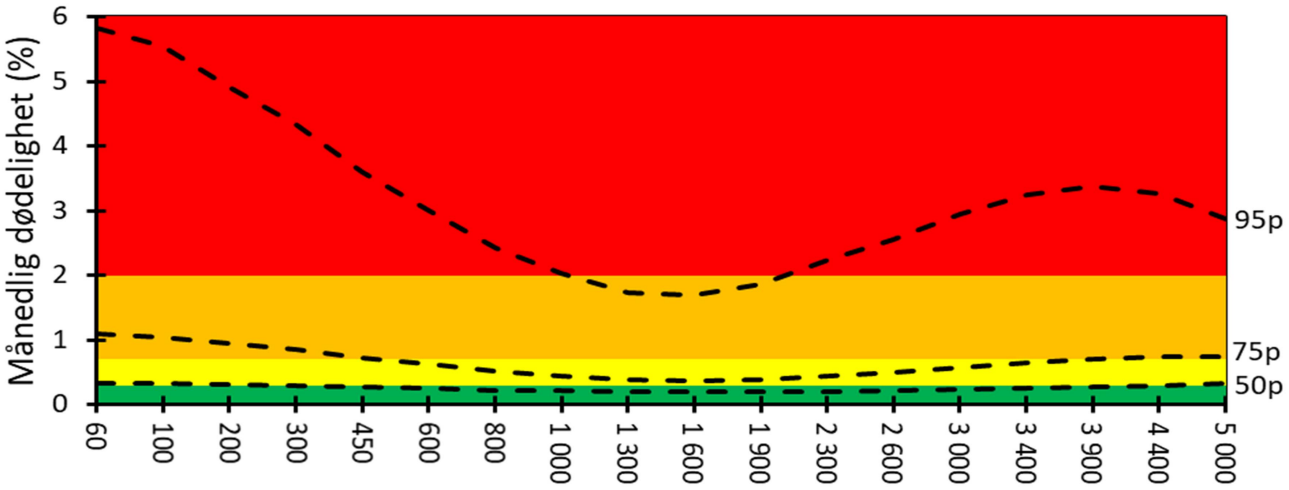
Skår	Appetittvurdering
0	Fisken har den siste uken vist stor interesse for fôret og spist minst like mye som forventet ut fra gitt størrelse og temperatur
1	Fisken har den siste uken vist noe svakere fôringsatferd enn normalt og spist noe mindre enn forventet ut fra gitt fiskestørrelse og temperatur
2	Fisken har den siste uken vist tydelig svakere foringsaktivitet enn normalt og spist betydelig mindre enn forventet ut fra gitt fiskestørrelse og temperatur
3	Fisken har den siste uken vist lite interesse for fôret og spiser svært lite

4.3 - Dødelighet

Dødelighet er en uspesifikk men god indikator for velferd på populasjonsnivå. For å estimere forventet dødelighet i forhold til vekt har vi her valgt å bruke data for 2011-2021 generasjonene. I denne perioden har det vært en utvikling, der dødeligheten har gått ned tidlig i produksjonen og opp utover i produksjonen. Men siden både dødeligheten for liten fisk har potensial til å gå opp igjen, og dødeligheten for stor har potensial for å bli bedre har vi likevel valgt å bruke hele perioden i beregningene for hva som kan anses som forventet dødelighet ved produksjon av laks i merder. Dataene viser at 50% av merdene hadde månedlig dødelighet under 0,3%, men varierer med fiskestørrelse. En merd som gjennom hele produksjonen ligger under 0,3% månedlig dødelighet vil etter 18 måneder ha en akkumulert dødelighet på under 5%. Dette må betegnes som bra i forhold til gjennomsnittet på 0,8% månedlig dødelighet, og dødelighet <0,3% per måned settes derfor som skår 0 (grønt nivå). 75% av merdene hadde en gjennomsnittlig månedlig dødelighet på <0,7% (0,4-1,1% avhengig av fiskestørrelse). En merd som hele tiden ligger på 0,7% månedlig dødelighet vil få en akkumulert dødelighet etter 18 måneder på 12%. Dette er fortsatt lavere enn gjennomsnittet, men med potensiale til å være bedre. Månedlig dødelighet mellom 0,3 og 0,7% settes derfor som skår 1 (gult nivå). De 5% verste merdene hadde >2% månedlig dødelighet, som vil gi en akkumulert dødelighet på over 30%. Dette må betegnes som svært høyt, og >2% månedlig dødelighet settes som skår 3 (rødt nivå). Skår 2 (orange nivå) er månedlig dødelighet mellom 0,7 og 2%.

Skåring av dødelighet i forhold til måned-, uke- eller døgn-dødelighet. Disse nivåene er også angitt i figuren.

Skår	Månedlig	Ukentlig	Døgn
0	0,0-0,3%	0,0-0,7‰	0,0-0,1‰
1	0,3-0,7%	0,7-1,7‰	0,1-0,25‰
2	0.7-2%	1,7-4,9‰	0,25-0,7‰
3	>2%	>4,9‰	>0,7‰



Standard månedlig dødelighetskurver i forhold til vekt. De stiplete linjene angir henholdsvis 50- 75- og 95-persentilen for dødelighet i norske oppdrettsmerder som rapportert til Fiskeridirektoratet for laks satt ut 2011-2020. Merder med <50 000 fisk, eller der avlusing er rapportert inn til Mattilsynet samme måned, eller måneden før, er ikke inkludert.

5 - Individbaserte velferdsindikatorer

5.1 - Frekvens og omfang av individundersøkelser

5.1.1 - Frekvens av undersøkelser

Å fange inn fisk for velferdsundersøkelser er både tidkrevende for oppdretter og en påkjenning for fisken, særlig de individene som blir tatt ut men i noen grad også resten av merdpopulasjonen som også blir forstyrret. Det vil derfor være naturlig å gjennomføre velferdsundersøkelser når fisk likevel må fanges inn for andre formål, hvilket oftest skjer ved lusetelling. Lusetelling skal gjennomføres **minst hver 7. dag ved når sjøtemperaturen er 10˚C eller mer, og hver 14. dag når sjøtemperaturen er 4-10˚C**.

5.1.2 - Omfang av undersøkelser

Ved lusetelling er kravet i Luseforskriften[14] at minst 10 tilfeldige individer fra hver merd skal undersøkes. Med så få undersøkte individer vil imidlertid usikkerheten av den reelle andelen av fisk med en gitt velferdsskår være stor, særlig for avvik som forekommer på en liten andel av individene. På den andre siden må ofte et urealistisk stort antall individer undersøkes for å få ganske presise estimat. En avveining må derfor gjøres mellom ressursbruk og nøyaktighet på estimat, men **minst 20 individer per uttakstilfelle anbefales**. Selv om estimater er relativt upresise for hvert uttakstidspunkt vil en over tid kunne se mønster i hvordan tallene utvikler seg, og med flere undersøkte merder vil datagrunnlaget også bli mer robust enn hvis en bare ser på hver merd isolert. I tillegg til regelmessig velferdsskåring ved for eksempel lusetelling kan uttak med et betydelig større antall individer gjennomføres med lavere frekvens for å få mer presise estimat. Ved bruk av undervannskamera for maskin-skåring fra bilder vil antall skårede individer kunne økes betraktelig i forhold til hva som er realiskisk gjennomførbart ved tradisjonelle uttak av fisk.

5.2 - Innfanging og håndtering av fisk

5.2.1 - Innfanging

Fisken som skal undersøkes skal være så representativ for populasjonen som mulig. Luseforskriften[14] forutsetter at fisk for lusetelling **fanges inn med orkast**, og det samme bør gjelde for velferdsevaluering. Hvis fôring har begynt før innfanging av fisk er det vanskeligere å få tak i fisk som er aktive på fôringen mot sentrum av merden, eller er mett og ikke motivert til å respondere på lokkefôr i orkastet. Innfanging vil da bli vanskeligere og mindre representativ, typisk med overrepresentasjon av svimere og taperfisk. **Fôring i merden skal derfor holdes tilbake til innfanging er ferdig**.

5.2.2 - Håving

Fra orkastet håves fisken ut og opp i bedøvelseskar. Luseforskriften angir maksimalt fem fisk av gangen i håven. Risikoen for å påføre fisken skader som skjelltap og finnesplitter ved håving øker trolig med antall fisk i håven, særlig for større individer, og det anbefales å **minimere antall individer i håven**. Karakteristikker ved håven som brukes har også betydning for skaderisikoen. Stor maskestørrelse og hull i håven øker sannsynligheten for at finner presses ut og splittes, og masker med knute påfører mer skade enn knuteløse masker. **Uskadde, knuteløse håver med 5-10 mm maskestørrelse anbefales**. Skader påført under trenging, håving og håndtering av fisken vil i tillegg til unødig belastning for individene gi et overestimat av den reelle skadeforekomsten i merden.

Eksempler på skader påført ved uttak. Venstre: en brystfinne som trykkes ut gjennom og splittes i en 20 mm håvmaske. Høyre: skjell som har løsnet ved håving og falt av i bedøvelseskaret.

5.2.3 - Alle skal med

Individer som fanges inn skal ikke utelates fra undersøkelse basert på utseende, for eksempel svimere eller «pinner», selv om en anser at de er overrepresenterte i uttaket. Individer med nedsatt fluktrespons og som enkelt lar seg fange kan bli overrepresenterte ved innfanging, men ekskludering av disse vil også gi et feilaktig mål på merdsituasjonen. Dersom en har en sterk mistanke om at utvalget av individer er misvisende bør en heller sette et nytt orkast for å få et bedre utvalg.

5.3 - Undersøkelse av fisk

Ved undersøkelse bør en sørge for at **tiden fisken er holdt i luft reduseres så langt det er mulig**, særlig når luften holder kuldegrader eller høye temperaturer. Veiing av fisk kan være nyttig for å estimere gjennomsnittsstørrelse i merden, men størrelse er ikke i seg en velferdsindikator. Måling av vekt og lengde er nødvendig for å beregne kondisjonsfaktor, men dette vil medføre ekstra tidsbruk og lufteksponering. I tillegg er det ofte vanskelig å få presise vektmål under realistiske forhold med vind og bølger. En mer subjektiv vurdering av individet sin kondisjon, Avmagring, er derfor inkludert i protokollen som et alternativ til vekt- og lengdebasert kondisjonsfaktor.

Rekkefølgen på de individbaserte indikatorene i denne protokollen er satt slik at de som bedømmes utfra hele fisken undersøkes og skåres først, deretter indikatorer som skåres fra hoderegionen, og til sist finnene. Ved å alltid skåre indikatorene i samme rekkefølge vil en få inn en rutine som gjør tiden for undersøkelse av hvert individ kort.

En bør være forberedt på å effektivt kunne avlive fisk som har alvorlige skader eller som har vært for lenge i luft på ekstreme temperaturer, for eksempel ved å ha en bøtte med sterk bedøvelse klargjort.

Hvis fisken holdes rett over bedøvelseskaret ved undersøkelse kan den lett dyppes i vann for å holdes fuktig, og det gir redusert risiko for fisken hvis den blir mistet. Med et målebånd på karkanten kan fiskelengden raskt måles for å få et mål på fisken sin størrelse.

5.4 - Om skåringssystemet og -nivåene

Skåringsnivåene går fra 0 til 3, og er ment å beskrive skaden eller avvikets størrelse i forhold til hva som er forventet for en helt skade- og avviksfri fisk. Velferdsindikatorene er til dels ulike av natur, f.eks. kan noen skader, som sår og skjelltap, gro og forbedre seg, mens andre, som deformiteter, er kroniske. Kjønnsmodning er en naturlig biologisk prosess, men som kan få negative konsekvenser for laksen hvis den blir gående i sjøvann.

Alvorlighetsgraden av de ulike indikatorene er ikke vektet mot hverandre. Noen indikatorer kan være mer alvorlige for fiskens velferd enn andre ved samme skåringsnivå. Et hovedmål med systemet er både å vurdere velferdstilstanden og årsakene til eventuelt dårlig velferd.

Under følger en kort beskrivelse av de ulike nivåene. Forventede konsekvenser for fisken under normale forhold som er angitt for de ulike skårene er ment som en støtte for å beskrive skaden sitt omfang.

Skår	Omfang av skade eller avvik
0	En sunn uskadet og avviksfri fisk
1	En mindre skade eller avvik, som normalt antas å ha lite påvirkning på velferden, men som likevel indikerer at noe ikke er helt optimalt
2	En tydelig skade eller avvik, typisk skader av moderat betydning for fisken eller som vil leges under normale omstendigheter
3	En alvorlig skade eller avvik som antas å ha store konsekvenser for fiskens velferd og helse. For individer som gis skår 3 på en eller flere indikatorer vil en ofte vurdere avliving

Hvilke konsekvenser en gitt skår faktisk kan ha for fisken kan påvirkes av mange faktorer som temperatur, salinitet, smittetrykk, grad av håndtering osv. **Dette skal ikke hensyntas når en skårer**, selv om det kan ha konsekvenser for eventuelle tiltak som settes inn.

Ved sampling av fisk fra merd vil en få en distribusjon av fisk med ulik velferdsskår. Ved overvåking av en populasjon er det relativt innslag, og eventuelt endring i andel, av fisk med de ulike skåringsnivåene som er av interesse. Skåringsnivåene er ikke lineære og resultater fra skåringer må derfor **aldri** presenteres som snitt-verdier, eller endringer i snitt-verdier, da dette kan gi særs misvisende representasjon av resultatet. For eksempel, hvis en går fra å ha 100 individer med skår 1, til 90 individer med skår 1 og 10 individer med skår 3 etter en håndteringsoperasjon, medfører dette bare en endring i snittskår fra 1.0 til 1.2, som kan synes neglisjerbart, men populasjonen har gått fra å ha 100% fisk med kun mindre avvik til at 10% av populasjonen nå har svært alvorlige skader. Skåringene av hver indikator bør derfor presenteres som andel av den undersøkte populasjonen med det respektive skåringsnivå.

6 - Skåringskjema for individbaserte indikatorer

Vekt, lengde og antall lus er ikke blant velferdsindikatorene i denne protokollen, men er inkludert i skjemaet da de ofte vil bli registrert på de samme individene. [Skjemaet kan lastest ned i Excel-format her.]

LUSETELLING OG VELFERDSSKÅRING

LAKSVEL

Anlegg	
Dato	
Merd	
Bedøvelse	
Utført av	

Skåringskriterier (se bildeguide for mer detaljerte kriterier):

0	=	Ingen skade eller avvik
1	=	Mindre skade eller avvik
2	=	Tydelig skade eller avvik
3	=	Alvorlig skade eller avvik

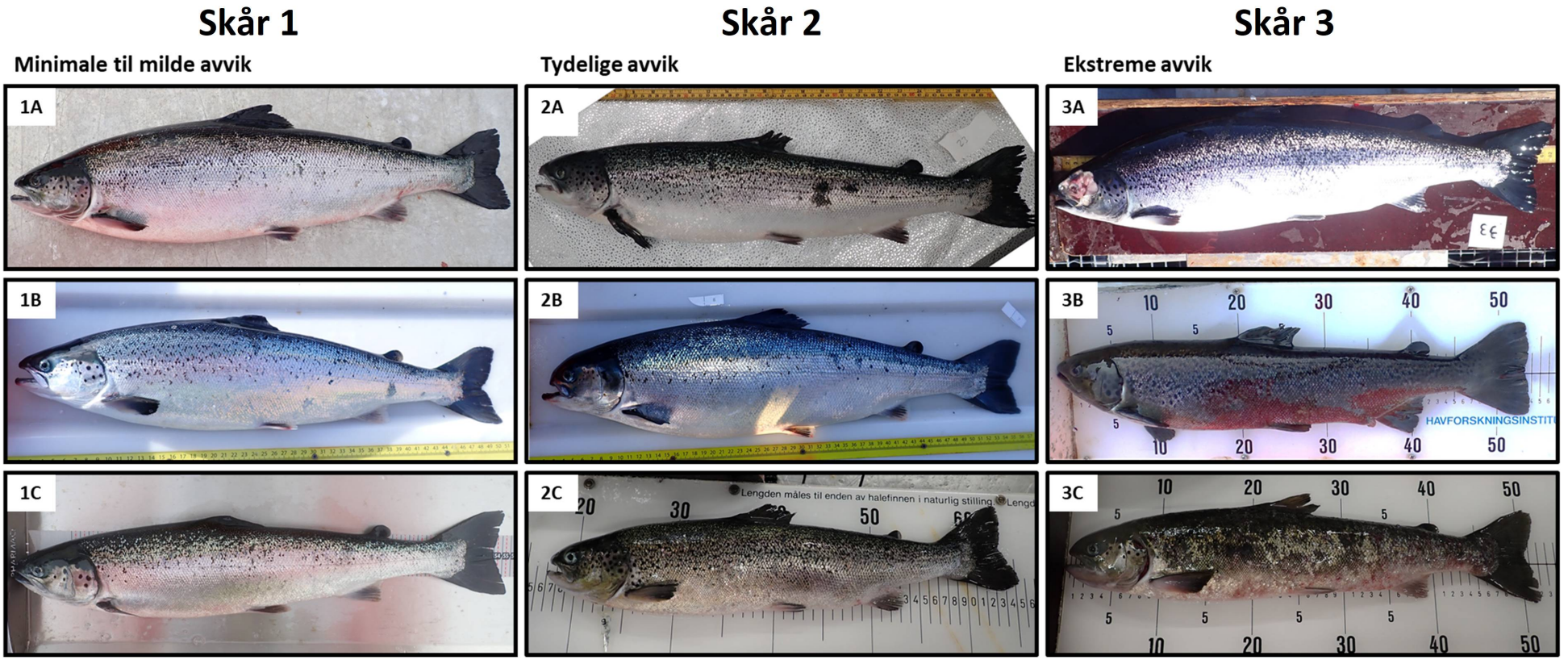
			Lus				Velferdsindikatorer														Merknad
Fisk #	Lengde (cm)	Vekt (g)	Fastsittende	Bevegelige	Kj.mod hunnlus	Skottelus	Førsteinntrykk	Ryggradsdeformiteter	Avmagring	Kjønnsmodning	Skjelltap	Hudblødning	Kroppssår	Snutesår	Kjevedeformiteter	Øyeblakking	Øyeskade	Gjellelokk	Gjellestatus	Finnestatus	Beskrivelse av skade, finne med mest skade, andre skader, type deformitet, sykdomstegn etc.
		I kar																			

7 - Bildeguide til skåring

I bildeguiden er det vist 3 eksempelbilder for hvert skåringsnivå fra 1 til 3 for hver indikator. Skåringsnivå 0 (sunn, uskadet og avviskfri) er ikke vist. Eksempelbilder av Finnestatus skår 0 er gitt i Appendiks.

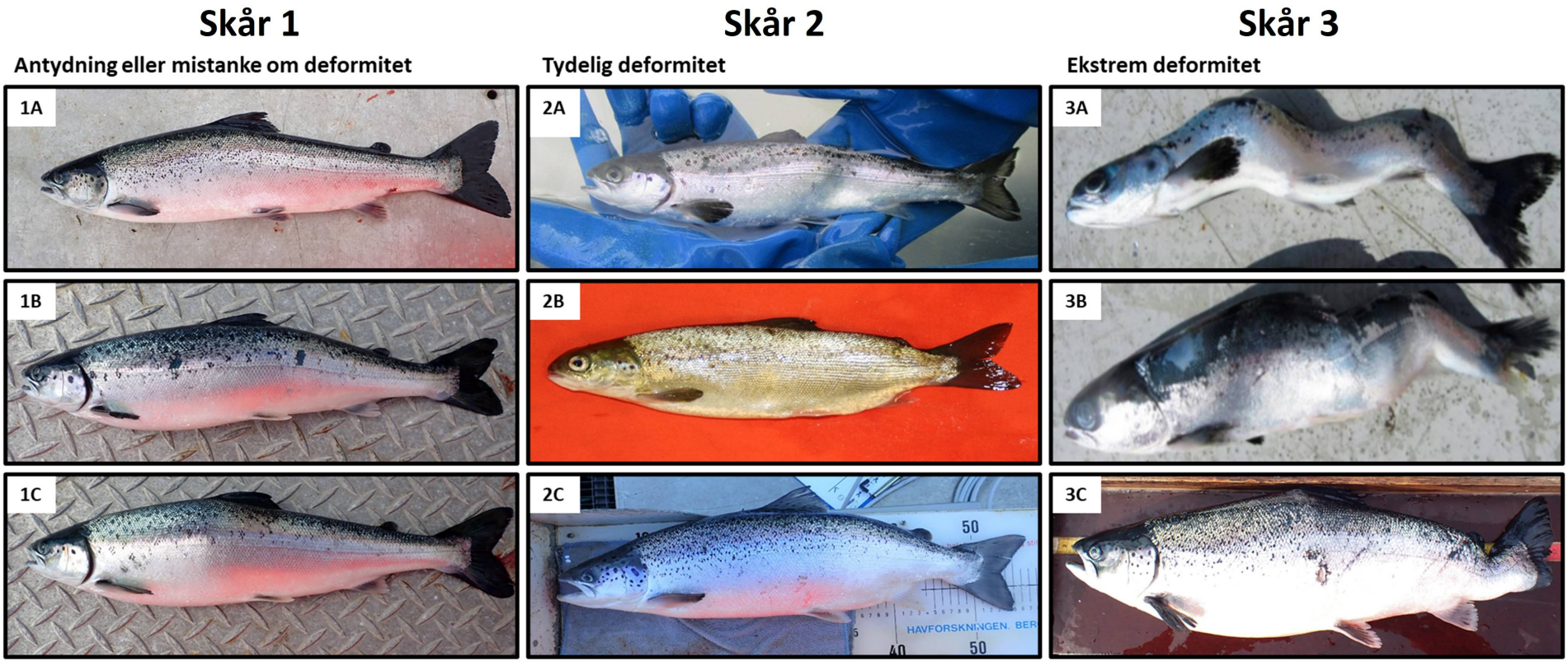
7.1 - Førsteinntrykk

Med førsteinntrykk mener vi inntrykket en får ved første blikk på laksen. Nesten ingen oppdrettslaks har et helt perfekt ytre (skår 0, bilde ikke vist), de fleste har mindre lyter som f.eks. noe finneskader eller skjelltap (bilde 1A-B), eller andre mindre avvik som antydning til avmagring (bilde 1C). Er de for øvrig velfungerende og av forventet størrelse og kondisjon gis de skår 1. Laks av forventet størrelse men med mer uttalte ytre lyter (bilde 2A-C), med f.eks. moderate, men tydelige, deformiteter, sår, skader, sykdomstegn eller kjønnsmodning gis skår 2. Laks med svært dårlig helhetsinntrykk som f.eks. store sår (bilde 3A), deformasjoner, full gytedrakt (bilde 3B), stagnert vekst med avmagring (bilde 3B) eller tydelige sykdomstegn (bilde 3C) gis skår 3.



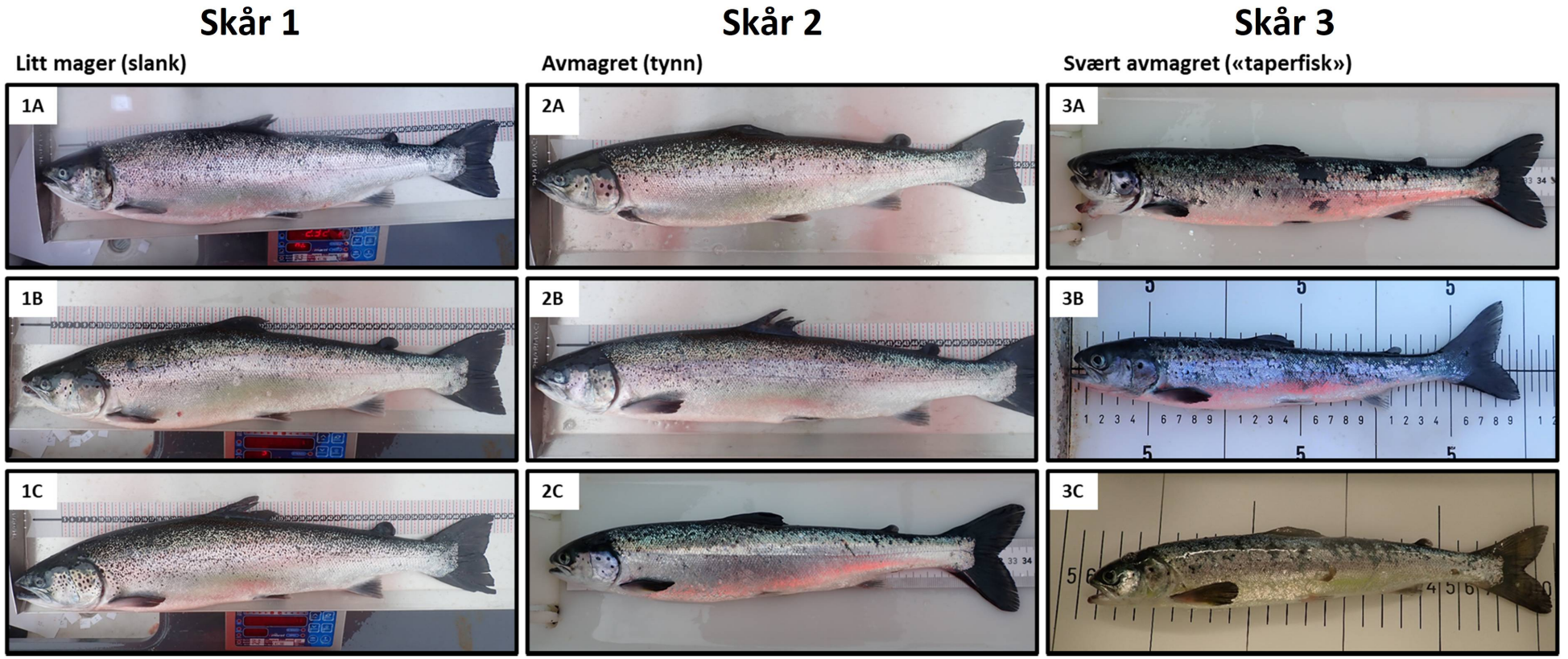
7.2 - Ryggradsdeformiteter

Det er sannsynlig at ryggradsdeformiteter er et resultat av flere medvirkende faktorer som ernæring, for høy egginkuberingstemperatur, hurtig smoltvekst, vaksinasjon, vannstrøm og -kvalitet, miljøforurensning og/eller triploditet. Mindre deformiteter (bilde 1A-C) gis skår 1. Disse kan være lettest å oppdage om en stryker hånden over fisken. Tydelige deformiteter men hvor fisken har relativt normal størrelse og hvor deformiteten ikke har ført til ytterligere skader (bilde 2A-C), gis skår 2. Store deformiteter som åpenbart reduserer fisken sin bevegelsesevne og funksjon eller medfører ytterligere skader (bilde 3A-C) gis skår 3.



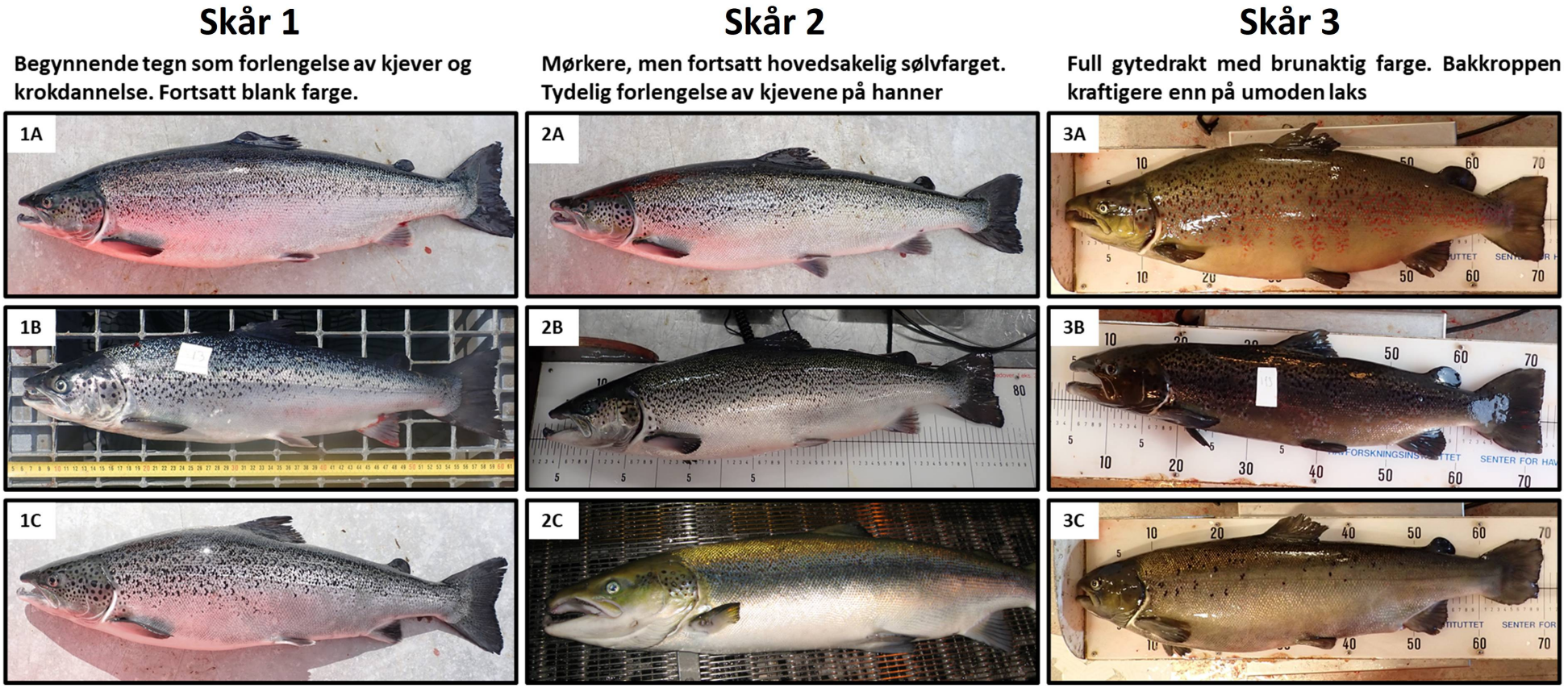
7.3 - Avmagring

Laksen sin kondisjon, dvs. hvor kraftig eller tynn den er, kan variere av naturlige årsaker som størrelse og sesong, men kan også være tegn på underliggende problemer som sykdom. Mindre laks har normalt mer langstrakt kroppsfasong og dermed lavere kondisjonsfaktor enn større laks. Laks som er litt tynn men med potensiale til å kunne vokse bra under riktige forhold (bilde 1A-C) gis skår 1. Dette tilsvarer kondisjonsfaktor på ca 1-1.2, men hva som er forventet i forhold til størrelsen må hensyntas. Tydelig avmagret laks men av relativt gjennomsnittlig lengde (bilde 2A-C) gis skår 2. Svært avmagret laks av betydelig mindre størrelse enn normalfisken, såkalte «taperfisk» (bilde 3A-C), gis skår 3.



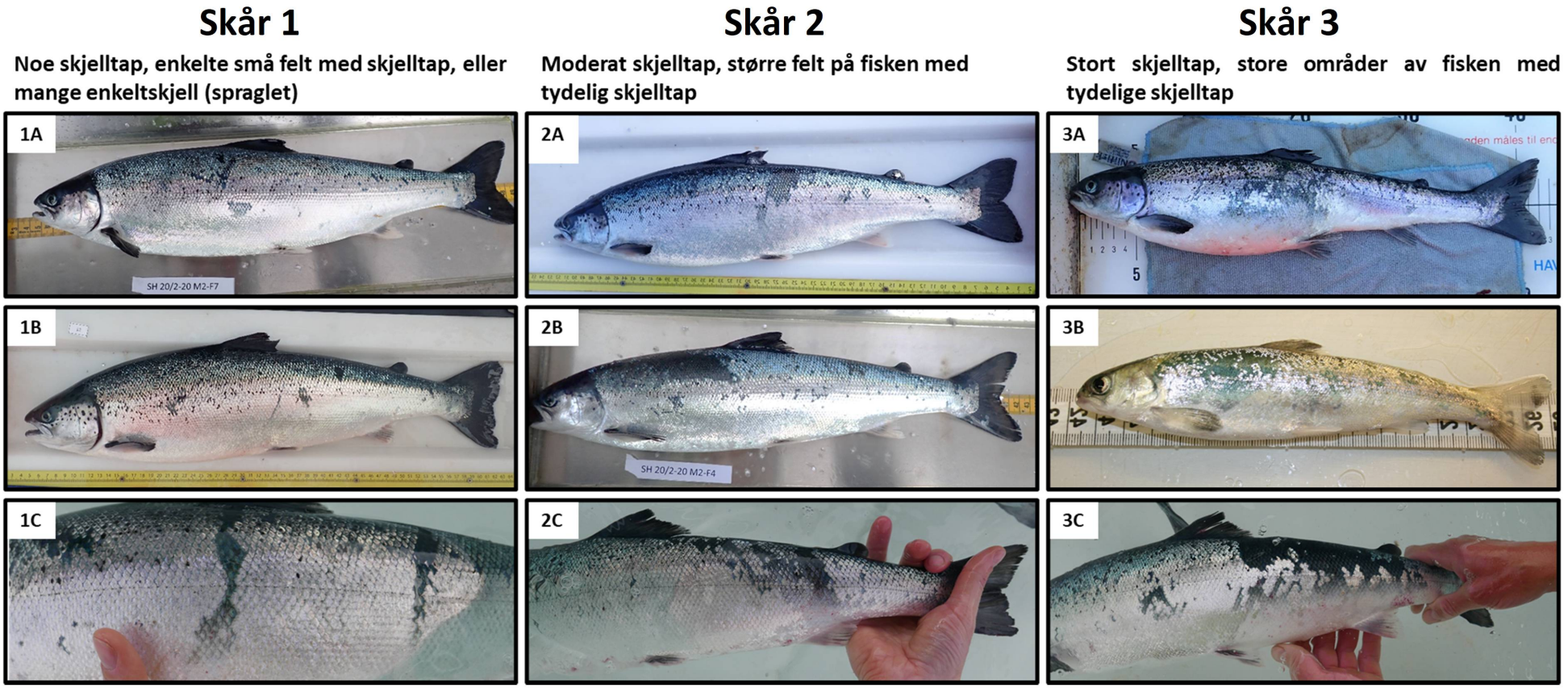
7.4 - Kjønnsmodning

Det er hovedsakelig hanner som kjønnsmodner i oppdrettsmerder, selv om modning også forekommer hos hunner. De første ytre tegnene til modning, som forlengelse av kjevene og krok på underkjeven (bilde 1A-C, skår 1), vises normalt på forsommeren. Umoden laks kan ha fortykkelse lengst frem på underkjeven, men ikke tydelig krok (se Appendiks for bildeeksempel). Utover sommeren opptrer fargeforandringer, særlig på øvre del av kroppen, og ytterligere vekst av kjevene (bilde 2A-C, skår 2). På høsten utvikler de full gytedrakt med brunaktig farge og endret kroppsfasong med kraftigere bakkropp (bilde 3A-B). Kjønnsmodne hunner har ikke de karakteristiske kjevene, men har også fargeforandringer og endret kroppsfasong (bilde 3C). Full gytedrakt gis skår 3.



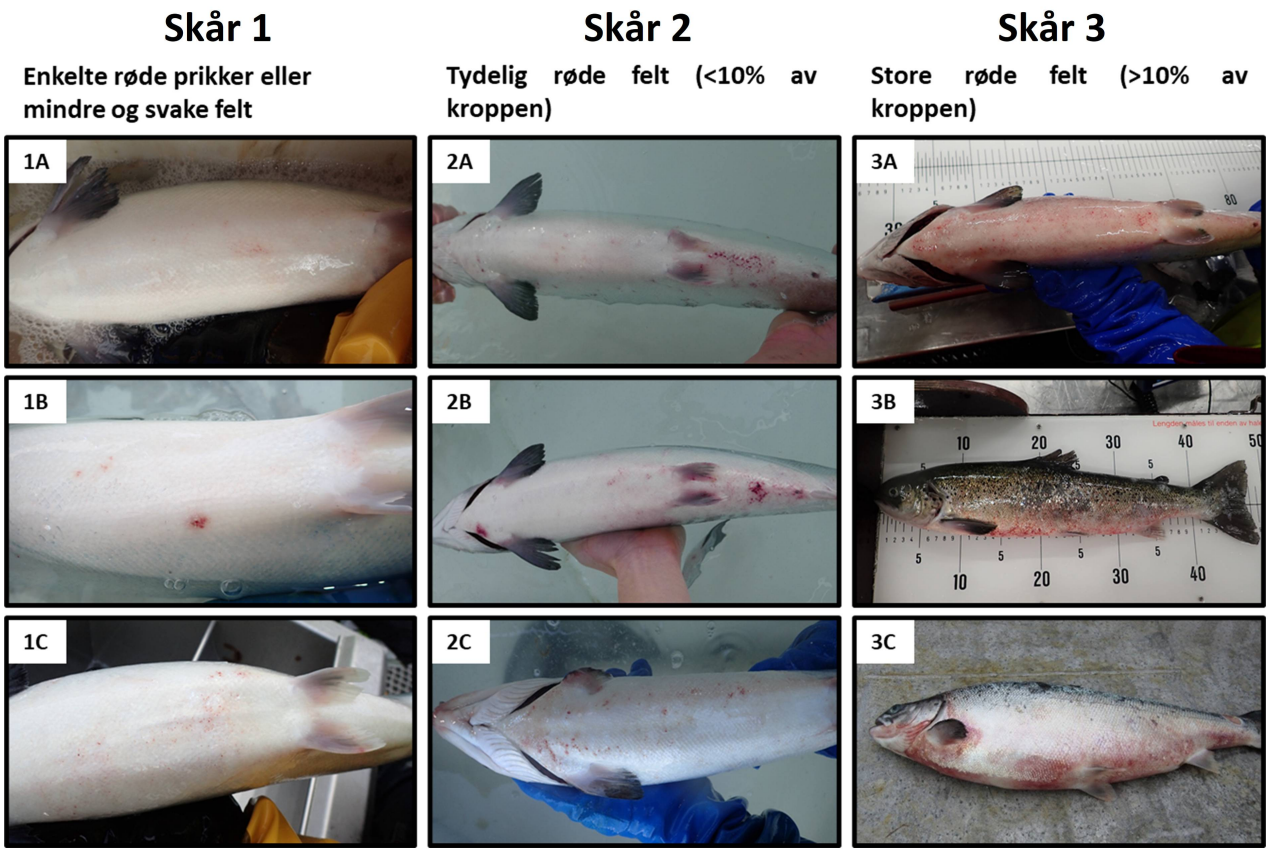
7.5 - Skjelltap

Noe skjelltap kan lett oppstå i forbindelse med håving, prøvetaking og annen håndtering og har normalt ikke vesentlig negativ effekt på fisken. Skjelltap som bare omfatter noen få enkeltskjell skåres derfor som 0. Tap av mange enkeltskjell eller opptil et par små felt med skjelltap (bilde 1A-1C) gis skår 1, mens flere små eller større felt, men uten at skjelltapet dominerer totalinntrykket av fisken (bilde 2A-2C), gis skår 2. Bilde 1C grenser opp mot å være skår 2. Tilfeller der det er tydelig at fisken har gjennomgått en tøff behandling og det visuelle inntrykket av fisken domineres av skjelltap gis skår 3 (bilde 3A-3C).



7.6 - Hudblødning

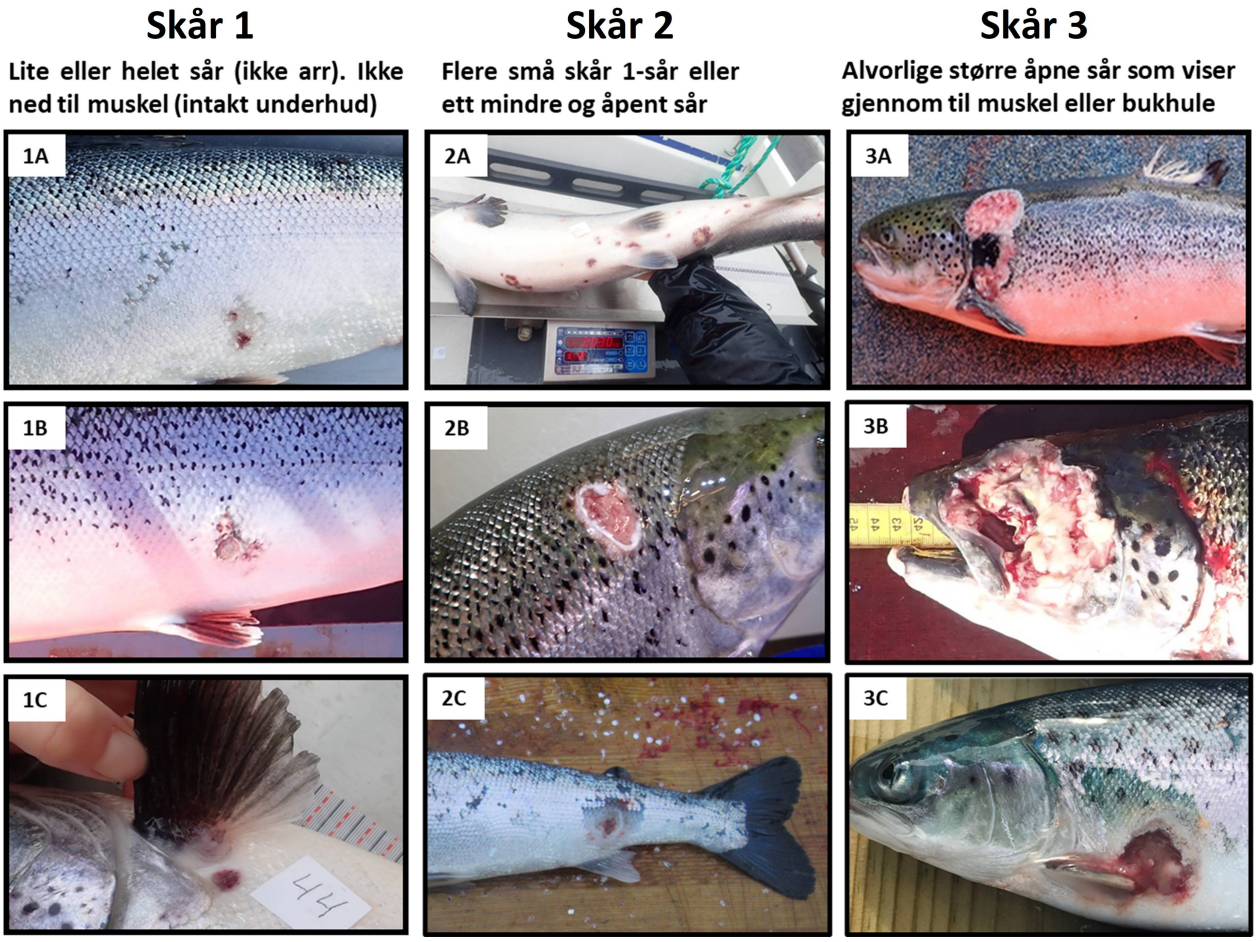
Hudblødninger på kroppen, unntatt på finnebasis og finner. Blødninger kan skyldes håndtering, støt, lakselus og enkelte sykdommer kan også gi hudblødning. Synlige røde prikker (punktblødninger, bilde 1A-B), som også kan være noe spredt og fremstå som svake felt (bilde 1C) gis skår 1. Tydelige blødning som omfatter et større område, men ikke mer enn 10% av fisken (bilde 2A-C), gis skår 2. Mer uttalte blødninger som dekker mer enn 10% av fisken (bilde 3A-C) gis skår 3.



7.7 - Kroppssår

Sår på kroppen (ikke snute eller finner) med overflatiske eller dypere skader i overhuden og i noen tilfeller blottlegging av underhud og muskulatur.

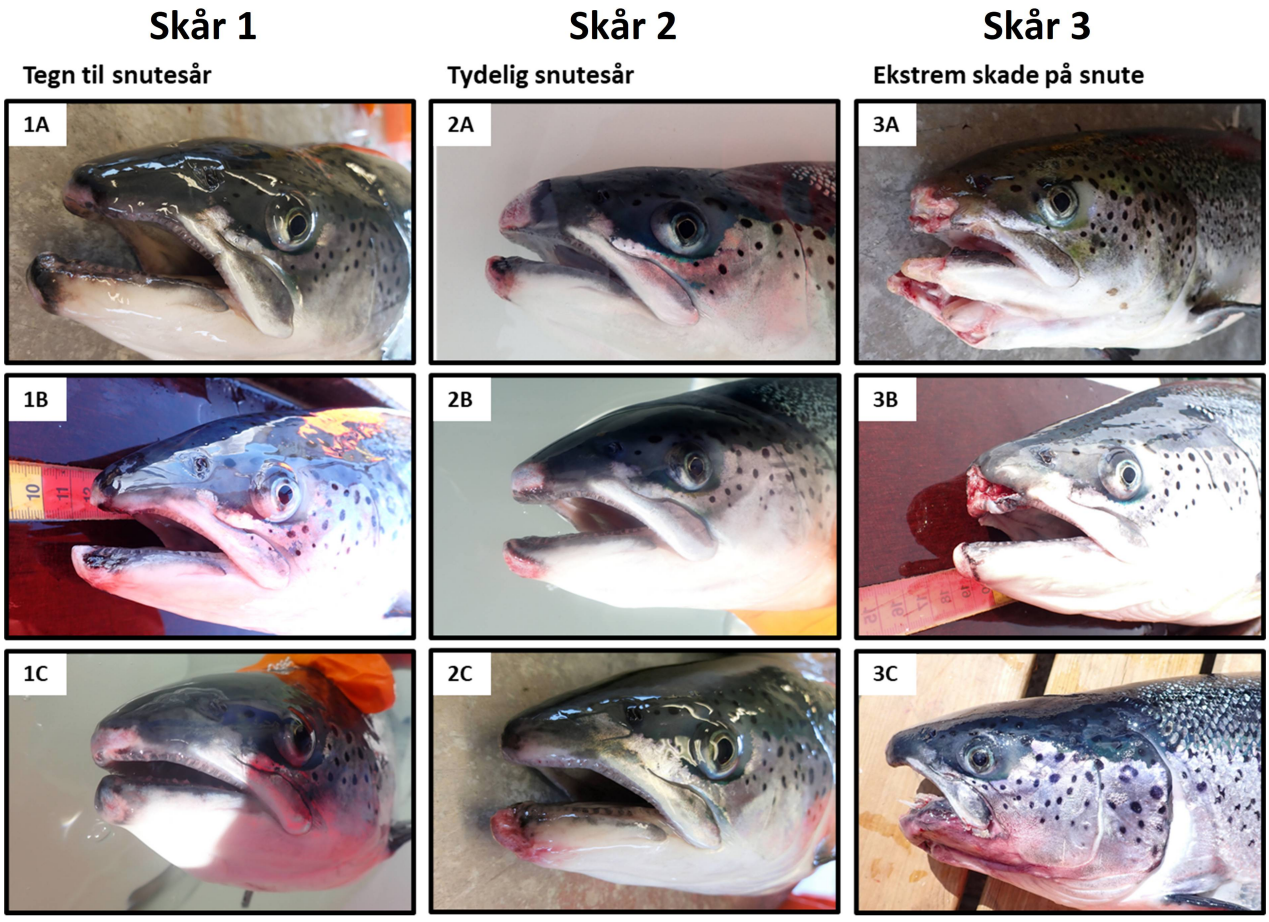
Et lite sår som ikke går ned til muskel, dvs. inntakt underhud (bilde 1A-1C) gis skår 1. Flere mindre sår som alene ville blitt skåret som 1, eller et åpent sår av lite til moderat størrelse (bilde 2A-C) gis skår 2. Alvorlige sår, som ofte er åpne og blottlegger muskulatur (bilde 3A-B), gis skår 3. Sår som perforerer inn til bukhula (bilde 3C) vil uavhengig av størrelse betegnes som alvorlige og skåres som 3.



7.8 - Snutesår

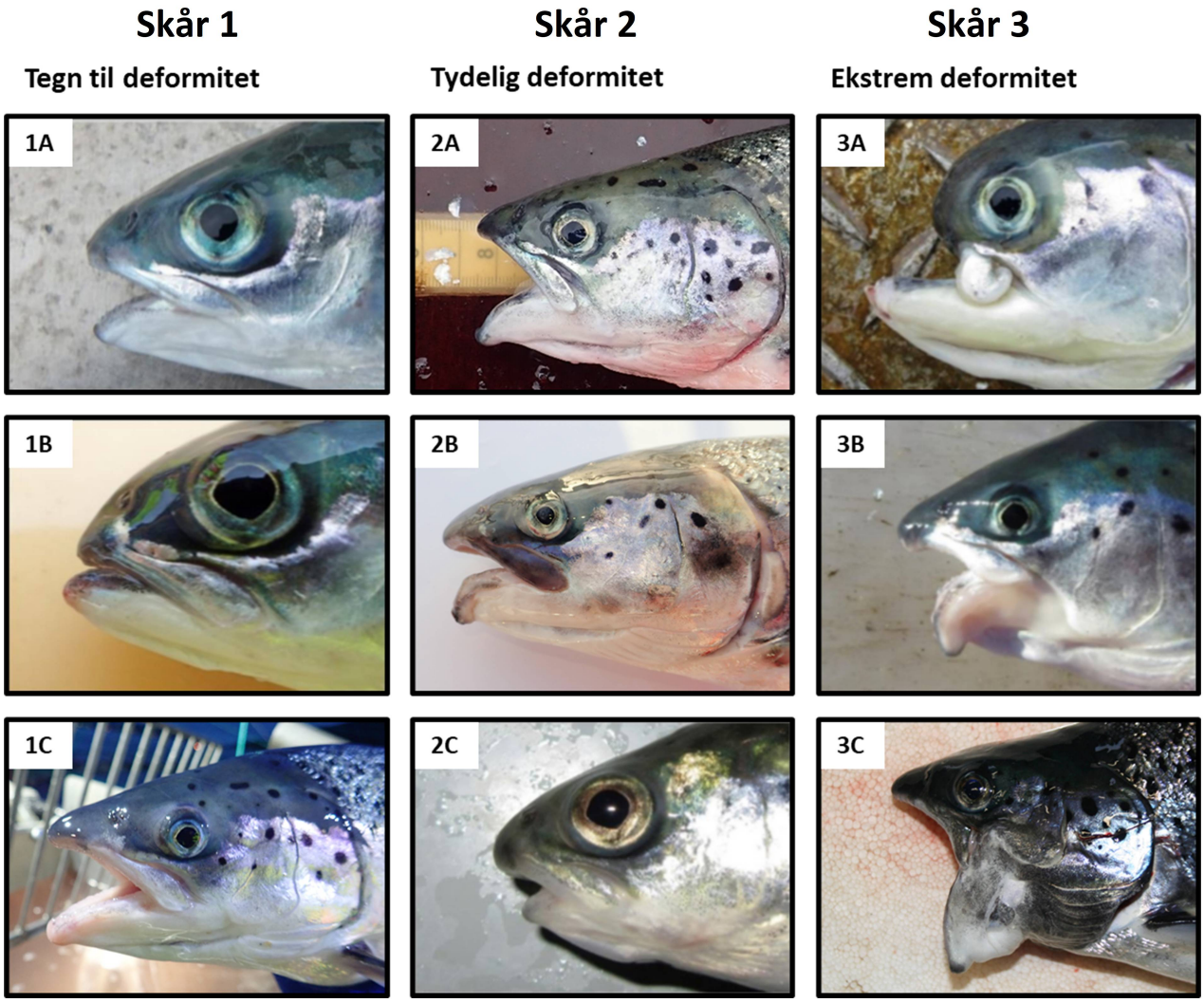
Med snutesår menes sår og skader på snutespissen, på enten overkjeve, underkjeve eller begge. Skaden kan strekke seg bakover og dekke et større område enn snutespissen. Skader på kjeven som ikke omfatter spissen på minst en av kjevene scores som kroppssår.

Snutesår kan ha ulike årsaker, som mekanisk skade etter kontakt med not eller utstyr, og bakterielle infeksjoner, og utseendet på skaden kan variere. Tegn til snutesår, som ikke er åpne sår (bilde 1A-C), gis skår 1. Tydelige skader og sår som er penetrerende eller dekker et større område (bilde 2A-C) gis skår 2. Store skader som dekker et stort område og/eller er dypt nok til at skjelettet eksponeres (bilde 3A-C) gis skår 3.



7.9 - Kjevedeformiteter

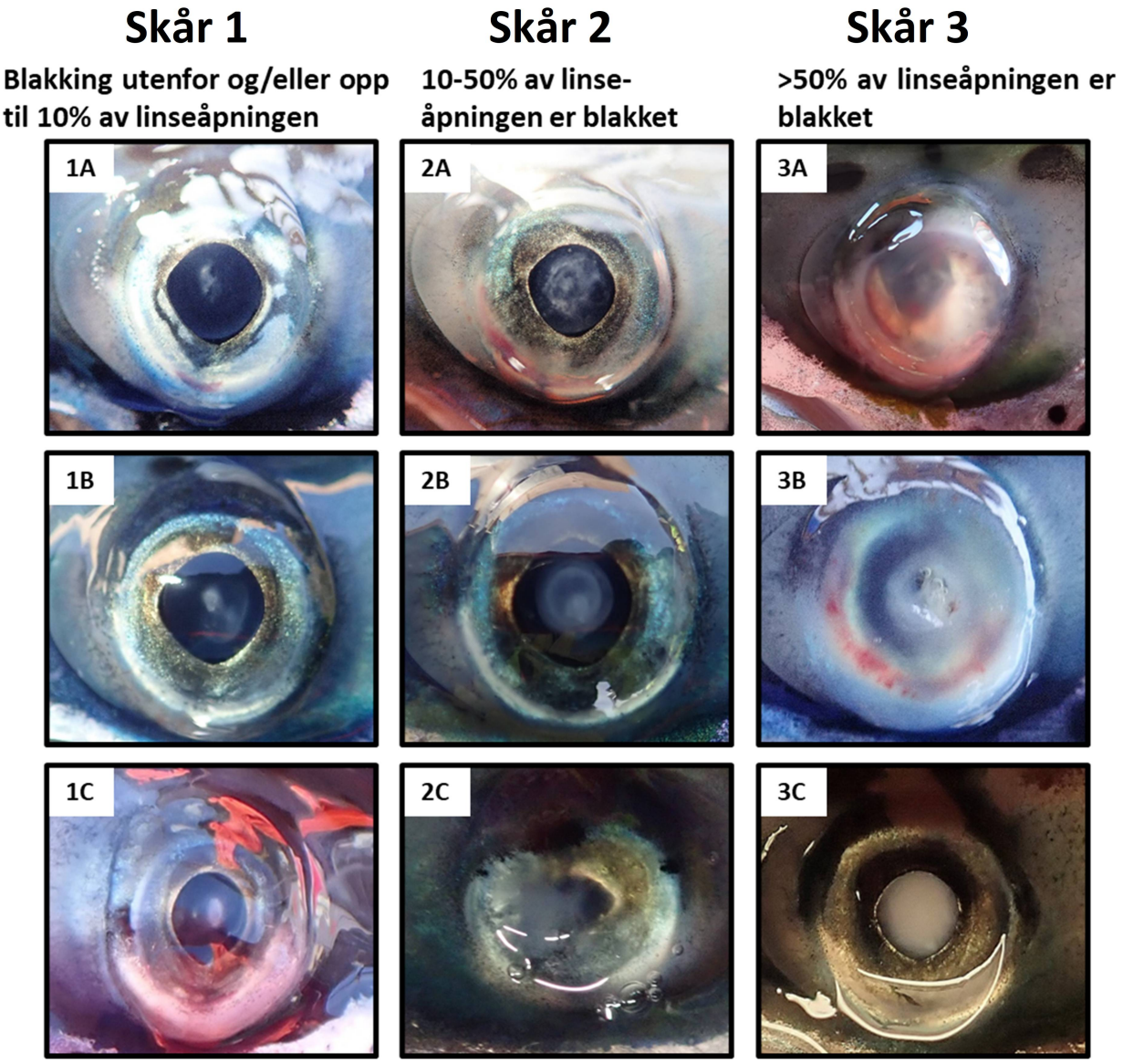
Kjevedeformiteter kan både forekomme i over- (bilde 1B og 3A) og underkjeve (resterende bilder). Deformitetene kan variere fra knapt synlige til ekstreme. Mindre avvik (bilde 1A-C) gis skår 1, tydelige avvik men hvor fisken i stor grad klarer å spise og vokse som normalt (bilde 2A-C) gis skår 2, og ekstreme deformiteter som kan påvirke respirasjon og/eller fisken sin evne til å spise (bilde 3A-C) gis skår 3.



7.10 - Øyeblakking

Øyeblakking skåres på det verste øyet.

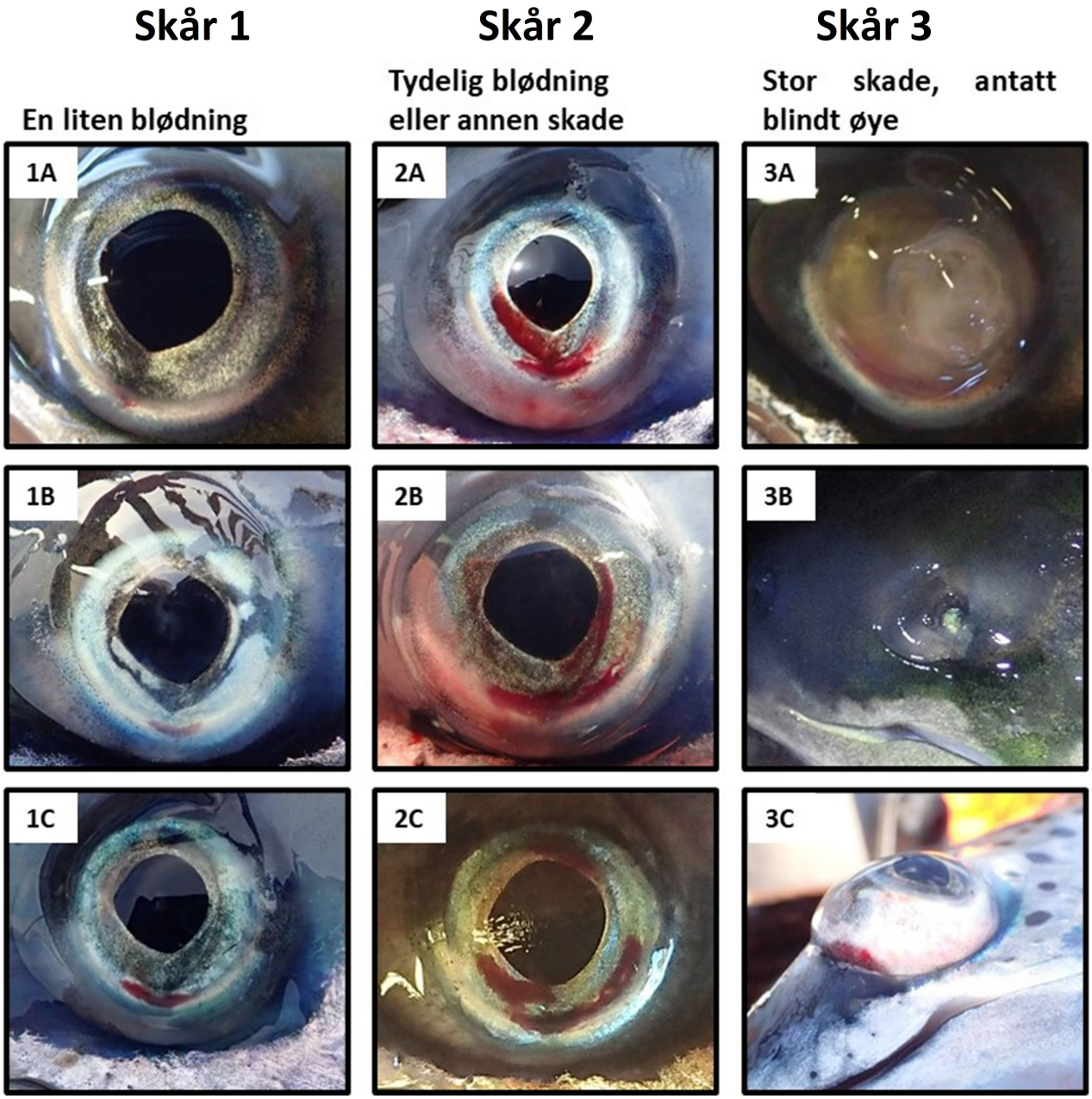
Blakking av øyet kan ha ulike årsaker og utseende. En vanlig årsak til øyeblakking er katarakt, hvor linsen er delvis eller helt ugjennomsiktig (bilde 1A-C, 2A-B og 3C). Andre årsaker til øyeblakking er f.eks. betennelsesforandringer på hornhinnen (bilde 2C og 3A) og andre typer øyeskader (bilde 3B). Under praktiske forhold i felt er det ikke alltid lett å skille mellom blakking av linsen og hornhinnen, og alle typer ugjennomsiktighet av øyet skåres som øyeblakking. Blakking utenfor og/eller av opptil 10% av linseåpningen (bilde 1A-C) gis skår 1. Blakking som dekker 10-50% av linseåpningen (bilde 2A-C) gis skår 2, og blakking av >50% av linseåpningen (bilde 3A-C) gis skår 3.



7.11 - Øyeskade

Øyeskade skåres på det mest skadde øyet.

Øyeskader kan ha mange årsaker men er ofte forårsaket av mekanisk påvirkning under håndtering, da fisken sitt utstikkende øye uten beskyttende øyelokk gjør det utsatt. Mindre blødninger, ofte i nedkant av øyet (bilde 1A-C), gis skår 1. Tydelige blødninger som dekker en større del av øyet (bilde 2A-C) og andre tydelige øyeskader som antas å ikke gjøre øyet blindt, gis skår 2. Store skader som gir antatt blindt øye, som f.eks. punktert (bilde 3A) gjengrodd (bilde 3B) eller svært utstående (bilde 3C) øye gis skår 3.

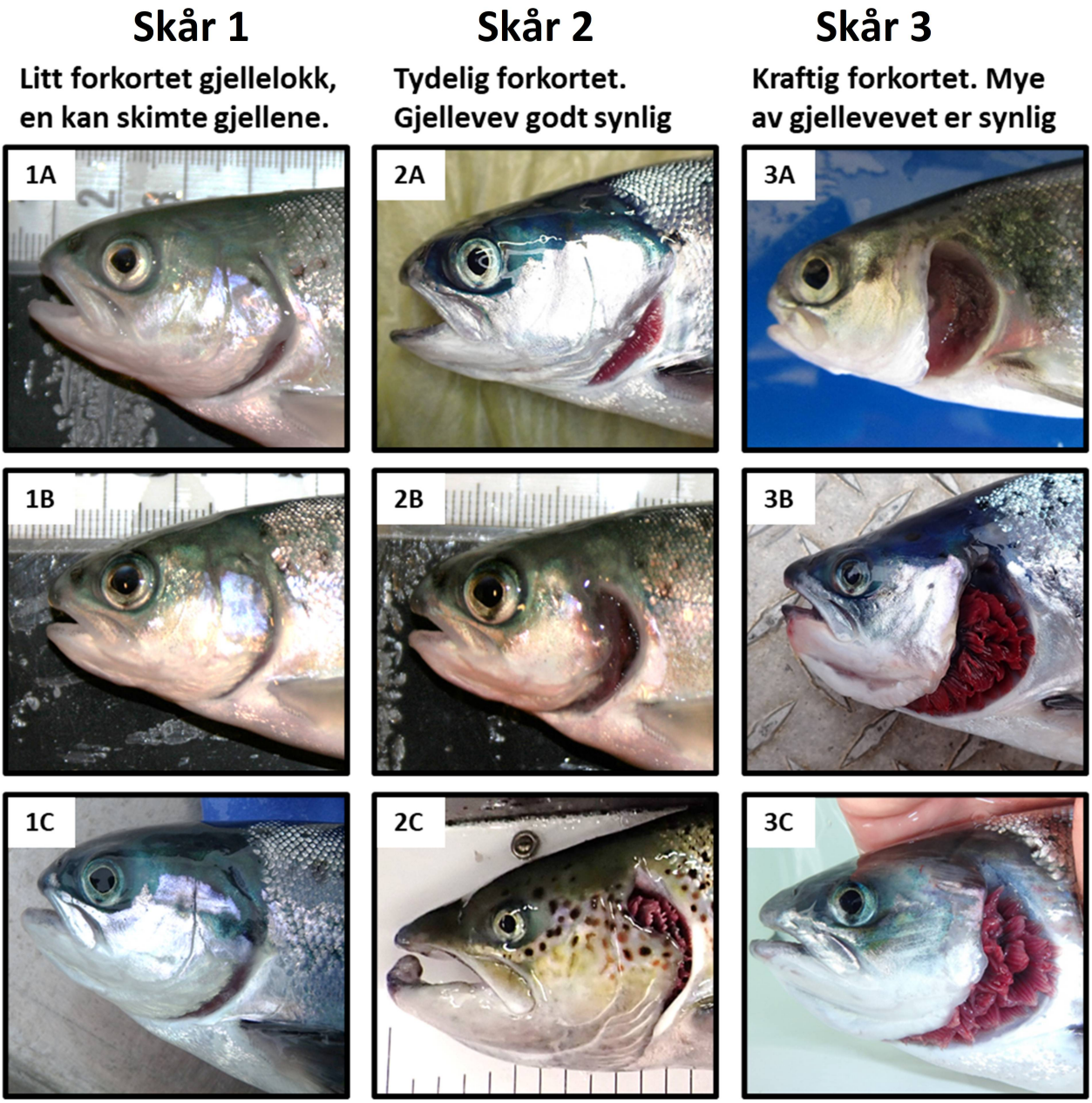


7.12 - Gjellelokk

Gjellelokk skåres på det korteste lokket.

Ved skåring av gjellelokk må hodet holdes i naturlig posisjon for å få en korrekt vurdering av i hvilken grad gjellelokket dekker gjellene.

Fisk kan få skade på gjellelokkene av forskjellige årsaker, som vannmiljø eller aggresjon i settefiskfasen, ufullstendig vekst av gjellelokket, eller mekanisk påvirkning hvor lokket er skadet eller delvis revet av (f.eks. bilde 2C). En liten forkortelse av gjellelokk der en ofte kan skimte det underliggende gjellevevet (bilde 1A-C) gis skår 1. Et tydelig forkortet gjellelokk der gjellevevet er godt synlig (bilde 2A-C) gis skår 2. Kraftig forkortet gjellelokk der mye av gjellene er synlige (bilde 3A-C) gis skår 3. Ofte, men ikke alltid, vil en ved skår 3 også se tydelige skader på gjellene.

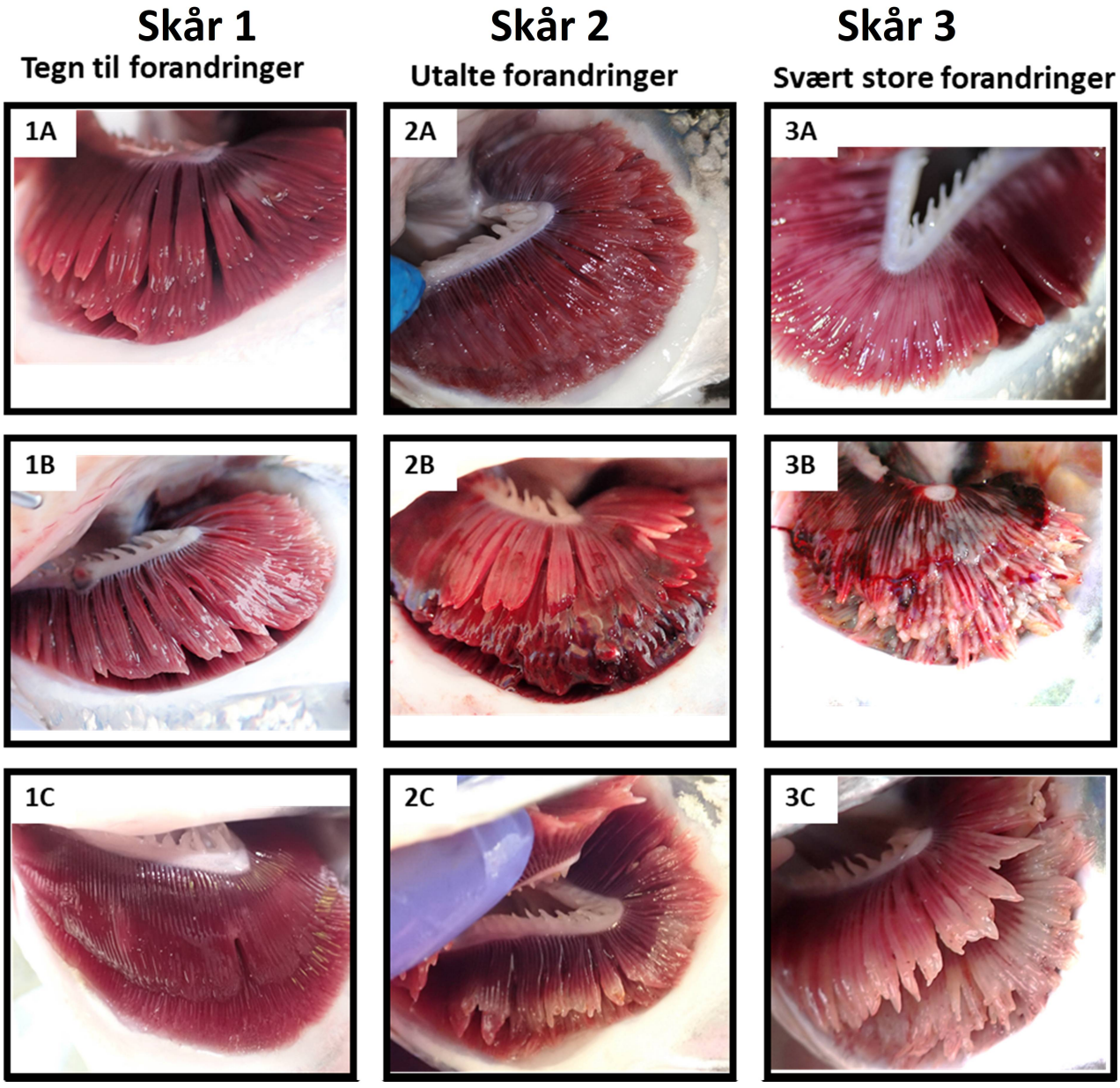


7.13 - Gjellestatus

Gjellestatus skåres på den verste gjellen.

Gjellestatus skåres ved forsiktig å løfte på gjellelokket og ta en kjapp titt på gjellene, dette uten å gå nøye gjennom alle gjellebuene på hver side av fisken.

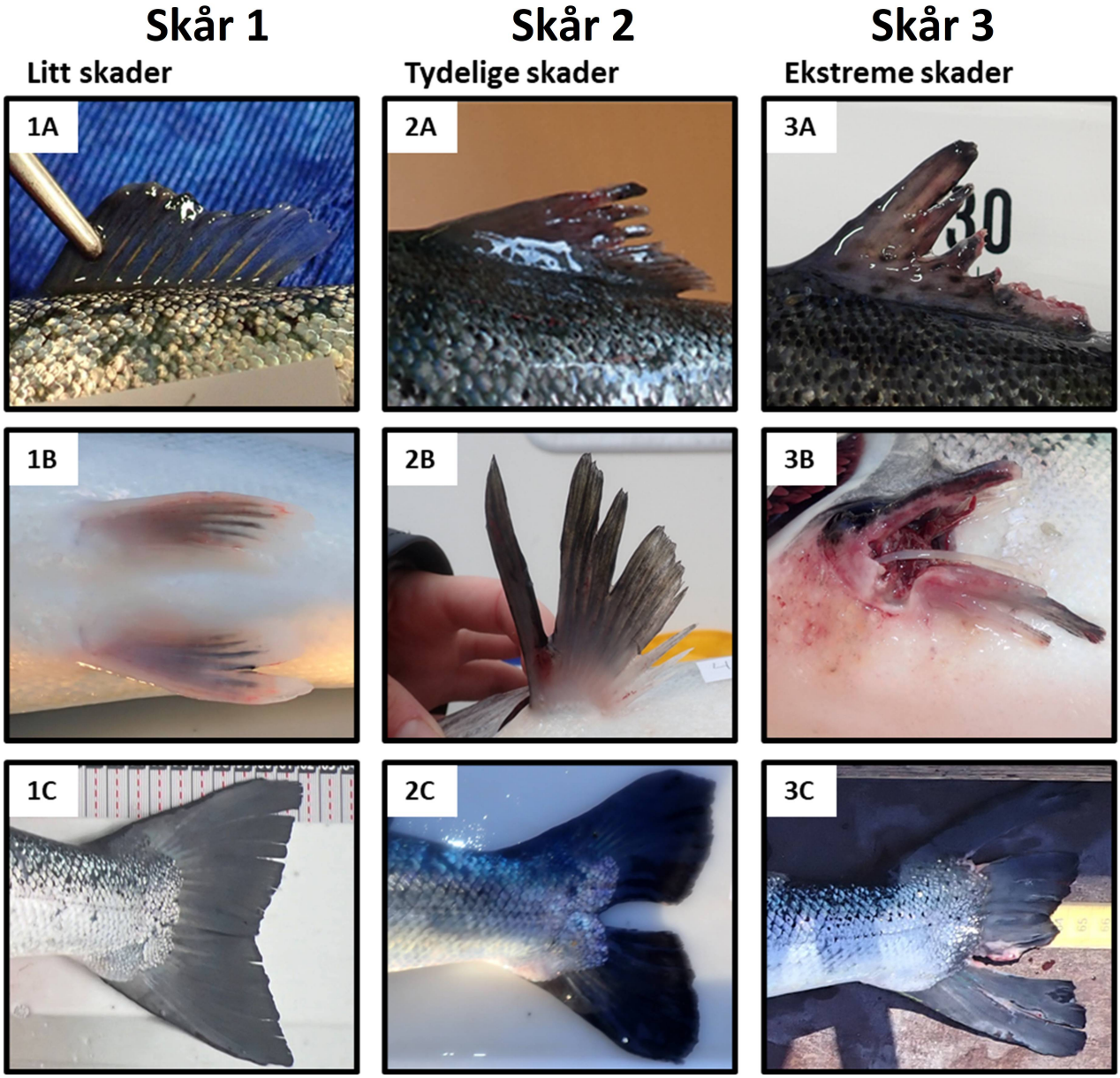
Gjellestatus beskriver antatt gjellefunksjon ut fra summen av alle synlige skader og avvik på gjellene. Forandringer som sees tydelig på gjeller kan være slimflekker, blødninger i lamellene eller som blodkoagel på utsiden, bleike felt eller manglende gjellelameller. Av og til kan det observeres skadde gjellebuer. Årsakene til forandringer i gjellene kan være både ulike infeksjoner som AGD (bilde 1A, 2A og 3A), alger, maneter, kjemikalier og mekaniske skader, f.eks. etter avlusning med medikamentfrie metoder. En forandring som antas å føre til lett nedsatt gjellefunksjon (bilde 1A-C), tilsvarende en totalskår 1 eller 2 ved ordinær gjelleskåring, gis skår 1. En tydelig forandret gjelle med nedsatt gjellefunksjon (bilde 2A-C), tilsvarende totalskår 3 eller 4 ved ordinær gjelleskåring (inntil 50 % av gjellevevet er påkjent), gis skår 2. Gjeller med svært store forandringer (bilde 3A-C), tilsvarende totalskår 5 i ordinær gjelleskåring (>50 % av gjellevevet er påkjent), gis skår 3.



7.14 - Finnestatus

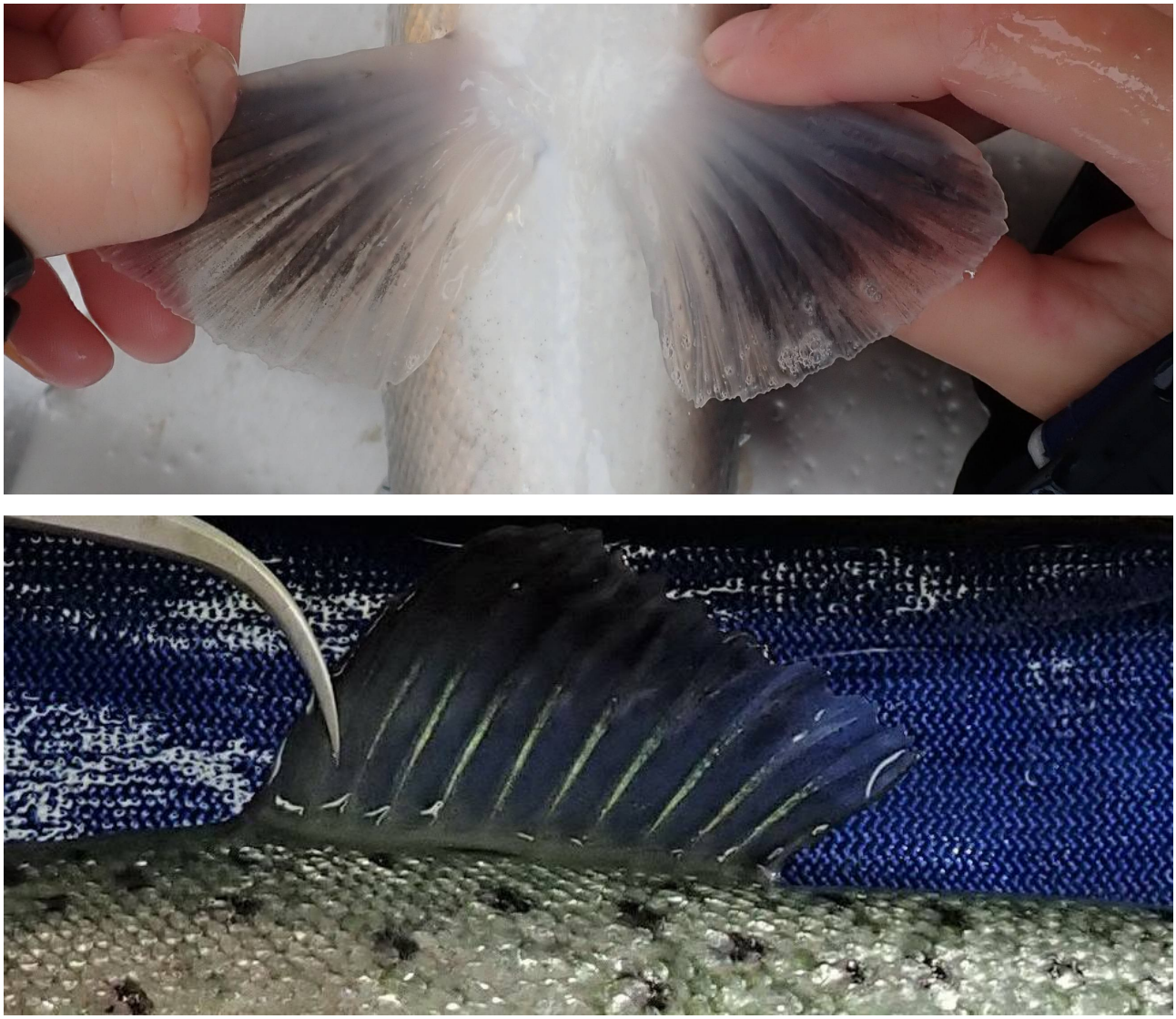
Skader på finner er som oftest resultatet av mekanisk påvirkning under håndtering eller kontakt med not eller annen fisk, men kan også skyldes infeksjoner eller luseangrep. Finneskader omfatter først og fremst erosjon, splitting og blødninger på finnen, men kan også skyldes finnedeformiteter. Finneerosjon er tap av finnestråler eller –vev, hvor finnen sitt areal er redusert. Splitting er når vevet mellom finnestråler er revet opp. Blødninger i finnen kan både være relatert til en gitt skade som f.eks. en splitt (bilde 2B) eller være mer spredt utover finnen (bilde 1B). En finne med mindre skader som lett erosjon (bilde 1A), lette blødninger (bilde 1B) og/eller splitter av <50% av finnedybden (bilde 1C) vurderes som skår 1. En finne med moderat erosjon, tydelige blødninger og/eller splitter som er >50% av finnedybden vurderes som skår 2. Finner med alvorlige skader (bilde 3A-C) som stor grad av erosjon, store blødninger og/eller mange dype splitter, vurderes som skår 3. Eksempler på uskadde finner (skår 0) er gitt i Appendiks.

Finneskader som er helt grodd skåres ikke som skår 3 men som skår 1 for mindre til moderate skader og skår 2 for større skader (bilde 2C).



8 - Appendiks

8.1 - Eksta bilder, finnestatus



Eksempler av finnestatus skår 0. Øverst: Bukfinner uten skader på en oppdrettslaks. Midten: Ryggfinne uten skader på en oppdrettssmolt. Nederst: En villsmolt med uskadde finner. Merk at Finnestatus skåres på den verste finnen, og for å få skår 0 må alle finner på fisken være helt skadefrie.

8.2 - Ekstra bilder, kjønnsmodning

Selv om kjevekrok ofte er et tegn på kjønnsmodning hos hannlaks kan umodne individer kan ha en liten utvekst lengst frem på underkjeven som kan forveksles med begynnende krokdannelse (venstre), mens kjønnsmodne hanner har ikke alltid tydlig krok (midten). Hvis en er i tvil kan forlengelse av kjevene kan være et sikrere tegn på kjønnsmodning enn kjevekroken. Svært tydelig kjevekrok (høyre) er likevel et sikkert tegn på kjønsmodning.

9 - Referanser

1. Noble, C., Nilsson, J., Stien, L. H., Iversen, M. H., Kolarevic, J., & Gismervik, K. (2018). Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd: NOFIMA, 328pp. ISBN 978-82-8296-531-6.

2. Stien, L. H., Bracke, M., Folkedal, O., Nilsson, J., Oppedal, F., Torgersen, T., Kittilsen, S., Midtlyng, P. J., Vindas, M. A., Øverli, Ø., & Kristiansen, T. S. (2013). Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): a semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: review of the selected welfare indicators and model presentation. Reviews in Aquaculture 5, 33-57.

3. Ashley, P. J. (2007). Fish welfare: current issues in aquaculture. Applied Animal Behaviour Science, 104(3-4), 199-235.

4. Branson, E. J. (2008). Fish Welfare: Blackwell Publishing Ltd, Oxford, U.K. 300 pp.

5. Hardy-Smith, P., & Roadknight, N. (2021). Fish Welfare and One Welfare–A Veterinarian's Perspective. In One Welfare in Practice (pp. 255-277): CRC Press.

6. Kristiansen, T. S., Fernö, A., Pavlidis, M. A., & Van de Vis, H. (2020). The welfare of fish: Springer.

7. Medaas, C., Lien, M. E., Gismervik, K., Kristiansen, T. S., Osmundsen, T., Størkersen, K. V., Tørud, B., & Stien, L. H. (2021). Minding the Gaps in Fish Welfare: the untapped potential of fish farm workers. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 34(5), 1-22.

8. Martins, C. I. M., Galhardo, L., Noble, C., Damsgard, B., Spedicato, M. T., Zupa, W., Beauchaud, M., Kulczykowska, E., Massabuau, J. C., Carter, T., Planellas, S. R., & Kristiansen, T. (2012). Behavioural indicators of welfare in farmed fish. Fish Physiology and Biochemistry, 38(1), 17-41.

9. Noble, C., Gismervik, K., Iversen, M. H., Kolarevic, J., Nilsson, J., Stien, L. H., & Turnbull, J. F. (2020). Velferdsindikatorer for regnbueørret i oppdrett: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. : NOFIMA, 309 pp. ISBN 978-82-8296-638-2.

10. Stien, L. H., Bracke, M., Noble, C., & Kristiansen, T. S. (2020). Assessing fish welfare in aquaculture. In The welfare of fish (pp. 303-321): Springer.

11. Broom, D.M. (1986). Indicators of poor welfare. British Veterinary Journal 142, 524-526.

12. Gismervik, K., Tørud, B., Kristiansen, T. S., Osmundsen, T., Størkersen, K. V., Medaas, C., Lien, M. E. & Stien, L. H. (2020). Comparison of Norwegian health and welfare regulatory frameworks in salmon and chicken production. Reviews in Aquaculture 12, 2396-2410.

13. Remen, M., Sievers, M., Torgersen, T. & Oppedal, F. (2016). The oxygen threshold for maximal feed intake of Atlantic salmon post-smolts is highly temperature-dependent. Aquaculture 464, 582-592.

14. Lovdata (2016). Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg. Publisert 07.12.2012 , Korrigert 16.03.2016.

15. Oppedal, F., Dempster, T. & Stien, L. H. (2011). Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages:

a review. Aquaculture 311(1), 1-18.

16. Ytrestøyl, T., Takle, H., Kolarevic, J., Calabrese, S., Timmerhaus, G., Rosseland, B. O. Teien, H. C., Nilsen, T. O., Handeland, S. O., Stefansson, S. O., Ebbesson, L. O. E. & Terjesen, B. F. (2020). Performance and welfare of Atlantic salmon, Salmo salar L. post-smolts in recirculating aquaculture systems: Importance of salinity and water velocity. Journal of the World Aquaculture Society 51, 373-392.

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes
5817 Bergen
Tlf: 55 23 85 00
E-post: post@hi.no
www.hi.no