



# TEKNOLOGIER FOR MÅLING AV OPERATIVE VELFERDSINDIKATORER

Mats Aarsland Mulelid, Birger Venås, Merete Bjørgan Schrøder

SINTEF Ocean

Leveranse på prosjektet OWITOOLS:

<https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901594/>

25. februar 2022

# Hensikt

---

- Oversikt over eksisterende og nyutviklede teknologiske metoder for måling av OVI ved operasjoner
- Evaluering av nye verktøy
  - Ikke satt opp mot hverandre
- Bidra til riktig valg av teknologi
- Identifisere kunnskapsbehov



# Avgrensninger

---

- Åpne, konvensjonelle anlegg i sjø
- Håndteringsoperasjoner ( trenging, avlusning, lusetelling etc)
- Laks
- OVI hentet fra Velferdsindikatorer for Oppdrettslaks
  - Noble et al. FHF – Fishwell, ISBN 978-82-8296-531-6
  - <https://nofima.no/wp-content/uploads/2016/06/Velferdsindikatorer-for-oppdrettslaks-2018.pdf>

# Metode

---

- Litteratursøk og intervju med aktører i næringen
- Kategorisering
  - Etablert teknologi
  - Teknologi under utvikling
  - Fremtidig teknologi
  - Ikke aktuelt for oversikten
- Identifisert FoU og næringsbehov

# Funn

---

- Stor innsats inn mot nye teknologier som skal svare ut de enkelte utfordringene
- Validering av tredjepart er lite utbredt
- Lite tilgjengelig forskning og dokumentasjon
  - Påvirker omfanget av oversikten
- Etablert teknologi på miljønivå
- Mangler teknologi for gruppe og individnivå.



# Etablerte teknologier

OVI	Beskrivelse	Teknologier
Temperatur	<p>I havbruksnæringen finnes det i dag et mangfold av temperatursensorer. Det brukes i mange sammenhenger frittstående, svært nøyaktige sensorer, i tillegg er temperatursensorer ofte integrert som en ekstrasensor i andre installasjoner som f.eks. kamera i merd.</p> <p>Temperatur er en viktig parameter i forkant av håndteringsoperasjoner. Sjø- og lufttemperatur har påvirkning på hvilke behandlings og håndteringsmetoder som bør velges.</p>	<p>Frittstående temperatursensorer, flere måleprinsipp.</p> <p>Temperatursensorer integrert i andre sensorer og system</p>
Salinitet	<p>Salinitet er en viktig velferdsparameter og gir viktig informasjon om vannkvaliteten ved en lokasjon. I fjorder og i nærheten av elver er salinitet en viktigere parameter enn ved mer eksponert oppdrett.</p> <p>Salinitet påvirker fiskens velferd pga osmosereguleringen i laksen.</p> <p>I lukkede behandlingsenheter, og spesielt ved ferskvannsbehandling, er det viktig å ha tilstrekkelig kontroll over saliniteten i vannet.</p>	Konduktivitet
Vannstrømhastighet	<p>Spesielt viktig for liten fisk.</p> <p>Flere teknologier eksisterer og anvendes i dag.</p>	<p>Doppler current sensors (DPS)</p> <p>Acoustic Doppler Current profilers (ADCP)</p>
Oksygen	<p>Oksygenloggere i og utenfor merd gir verdifull informasjon om miljøet til laksen.</p> <p>Oksygenmetning i vannet er avhengig av temperatur, trykk, salinitet og pH.</p> <p>Ved håndteringsoperasjoner stresses fisken, respirasjonen øker og oksygenivået i vannet synker. Det er derfor viktig å ha kontroll på oksygenmetningen i vannet og trengenota.</p>	<p>Optisk</p> <p>Elektrokjemisk</p>
CO <sub>2</sub>	<p>Høye verdier kan føre til akutt giftighet. CO<sub>2</sub> i vann avledes i dag fra pH-målinger.</p> <p>Det eksisterer sensorer for måling, spesielt egnet for ferskvann.</p> <p>Som for de andre kjemiske miljøparameterne påvirker denne variabelen andre variabler.</p>	Optisk
pH og alkalinitet	<p>Alkalinitet, også kalt bufferevne, påvirker vannets evne til å motsette seg endring i pH. Høy alkalinitet betyr at pH-nivået påvirkes mindre av en tilføring av ioner, enn ved lavere alkalinitet. pH og alkalinitet i vannbehandling henger derfor tett sammen.</p>	<p>Elektrokjemisk</p> <p>ISFET</p>

# Teknologi under utvikling

OVI	Beskrivelse	Teknologier
Sjølus	<p>Telling av lakselus er regulert Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg. Dagen forskrift krever manuell telling av 10-20 fisk, avhengig av årstid, hver uke i alle merder ved anlegget. Snittverdien av antall voksen hunnlus, bevegelig og fastsittende stadier rapporteres.</p> <p>Det finnes mange aktører på markedet som har utviklet kamerasystemer med tilhørende maskinsyn og maskinlæring som kan gjennomføre lusetelling automatisk. Flere av systemene er i dag i bruk på anlegg etter dispensasjon fra Mattilsynet.</p> <p>Fordeler med automatisk lusetelling er at det kan telles lus på et betydelig større antall fisk, og på den måten kan det gi et mer riktig bilde av lusenivået i merden. En annen viktig fordel er at automatisk lusetelling foregår i merden uten uttak av fisk. Dette reduserer håndtering, stress og skader på fisken.</p> <p>Telling av sjølus er viktig i forbindelse med operasjoner, spesielt siden avlusning er en av de hyppigste og største håndteringsoperasjonene som forekommer i dagens oppdrett. Lusetelling er i seg selv en håndteringsoperasjon. Det er ikke ønskelig å avluse fisk som ikke har behov for det, da dette innebærer unødvendig håndtering av fisken som fører til redusert velferd. Samtidig er det viktig å avluse når lusenivåene er over lovlige verdier, fordi høye lusenivå fører til redusert velferd.</p> <p>Under en trenging- og avlusningsoperasjon er det viktig å verifisere at avlusningen faktisk har hatt ønskelig effekt. Dette gjøres i dag ved at man gjennomfører lusetelling på noen fisker etter avlusningsoperasjonen.</p> <p>Automatisk lusetelling kan også føre til positive ringvirkninger ved at det samles inn store datasett som kan analyseres i ettertid, og lusetellingen er etterprøvbart. Disse store datasettene kan over tid potensielt føre til økt kunnskap om ytelsen til forskjellige avlusningsmetoder og fartøy.</p>	<p>Kamera + maskinsyn</p> <p>Felles for de nye automatiske lusetellerene er at de benytter stereokamera, maskinsyn og kunstig intelligens.</p> <p>Stereokamera muliggjør evaluering av avstanden mellom fisken og lusetelleren, størrelse og posisjon på lus.</p>
Dødelighetsrate	<p>Dødelighetsrate fremkommer av daglige dødfisketellinger.</p> <p>Sett i sammenheng med operasjoner ved anlegget kan dette gi informasjon til beste praksis i fremtiden. Utover selve dødelighetsraten er dødsårsak, og raten til forskjellige dødsårsaker relevant å sammenligne. Det eksisterer kamerasystem for automatisk dødfisketelling og kategorisering. Informasjon om dødelighetsrate og årsak i etterkant av håndteringsoperasjoner er viktig informasjon for tilpasning og forbedring av fremtidige operasjoner. Systemer er utviklet for dødfiskeevaluering og telling under operasjoner.</p>	<p>Kamera + maskinsyn</p> <p>Automatisk fisketeller</p>

# Teknologi under utvikling

OVI	Beskrivelse	Teknologier
Produksjonstetthet	<p>Produksjonstetthet estimeres til enhver tid ved det enkelte anlegg. Produksjonstetthet kan avledes ved telling og veiing av et representativt utvalg av populasjonen sammen med utsatt antall i merd og dødfisk tall. Snittvekt, antall og merdvolum gir en teoretisk produksjonstetthet, og samsvarer med lovgivningen på feltet. Utover dette virker det ikke som at produksjonstetthet inngår i røkting og produksjonsplanlegging i stor grad.</p> <p>Ved håndteringsoperasjoner samles fisk i mindre volum, med svært høy tetthet. Dersom fisken trenges for hard vil dette kunne ha negative konsekvenser på fisken. Fiskens oppførsel under trengoperasjoner vil påvirkes av mange faktorer, og det er ikke sannsynlig at produksjonstettheten er uniform under operasjonen</p> <p>Ekkoloddteknologi, tilpasset situasjonen, kan med fordel anvendes i slike sammenhenger for å ha nærmere kontroll på tettheten under selve operasjonen..</p> <p>Kamera og overvåkning med ROV, samt anvendelse av maskinsyn kan også være et supplement i slike situasjoner.</p>	<p>Ekkolodd Kamera + AI ROV</p>
Appetitt	<p>Appetitt er en svært viktig operativ velferdsindikator som påvirkes av mange faktorer. I daglig drift er appetitten viktig å estimere, spesielt med tanke på utfôring og tilvekst. Appetitt kan også brukes som en indikator på tilstanden til fisken, ved sykdomsutbrudd, algeoppblomstring og andre hendelser kan appetitten påvirkes.</p> <p>Det finnes kamerateknologi og softwareleverandører som utvikler system for automatisk deteksjon av appetitt, fôrspill og fôrdistribusjon. Slike system vil trolig kunne gi ny og viktig informasjon med høyere oppløsning enn dagens metoder.</p> <p>Det er også ekkoloddleverandører på markedet som jobber med utvikling av pellet-deteksjon som kan bidra til bedre appetitt-overvåkning og fôringskontroll.</p> <p>Under selve håndteringsoperasjonen er ikke appetitt en egnet velferdsindikator, da fisken ikke fôres, men det er likevel en viktig operativ velferdsindikator frem mot håndtering. Det er vanlig praksis at fisk sultes før en håndteringsoperasjon som avlusning. Appetitt frem mot sulting bør undersøkes og avvik fra normal appetitt og atferd bør utforskes før sulting og håndteringsoperasjonen startes.</p>	<p>Kamera + maskinsyn Ekkolodd, pellet-deteksjon</p>



# Fremtidig teknologi - atferd

OVI	Hva behøves	Potensiell teknologi 1
Unormal atferd	<p>For at atferd skal bli en velferdsindikator som kan brukes operativt må det tydelig defineres hva som er normal og avvikende atferd.</p> <p>Det er forskjell på fiskegrupper, og lokaliteter, og det legges i dag ned en innsats på identifikasjon av konkrete, kvantifiserbare parametere som kan måles</p>	<p>Kamera + maskinsyn</p> <p>Ekkoloddteknologi</p>
Aggresjon	Inngår i atferd.	<p>Kamera + Ai</p> <p>Inngår i atferd.</p>
Overflateaktivitet	<p>Allerede kamerasystem på flere merder og lokaliteter.</p> <p>Forsknings og utviklingsinnsats bør rettes mot utarbeidelse av programvare som kan tolke overflateatferden sett i sammenheng med annen produksjonsdata.</p> <p>Under trenging brukes Fishwell hos de fleste aktører. Dette innebærer visuell inspeksjon av fiskehelsepersonell/veterinær eller likende.</p> <p>System for kontinuerlig monitorering og evaluering bør vektlegges.</p>	Overflatekamera og programvare
Gjellelokkrate	<p>Gjellelokkrate gir en indikator på laksens respirasjon, atferd og stressnivå.</p> <p>Gjellelokkraten påvirkes også av vannkvaliteten.</p> <p>Under operasjoner kan systemer som fanger opp gjellelokkraten brukes til å identifisere avvikende rate sammenlignet med kjente normalverdier (grunnlaget må dannes). Avvik fra normal gjellelokkrate kan blant annet bli en indikator på økt stress eller lavt oksygenivå.</p>	Kamera ved trenging og i behandlingsenhet,

# Fremtidig teknologi – ytre morfologi

OVI	Hva behøves	Hva behøves
Ryggraddeformitet	Alle typer eksterne skader og misdannelser kan potensielt fanges opp av avanserte kamerasystem.	Kamerasystem med maskinsyn
Finneskade og status	Det er flere aktører på markedet som jobber med utvikling av maskinlæringsalgoritmer som, i kombinasjon med avanserte kamera, kan kunne identifisere, kvantifisere og kategorisere sår, misdannelser og skader på fisk.	Velferdsscoringsenhet
Skjelltap og hudtilstand		
Snute- og kjeveskade	Disse teknologiene er satt i fremtidig teknologi fordi det er, etter forfatterens oppfatning, ingen som pr nå har utviklet system som er i bruk, og som er validert.	
Øyblødninger og -status		
Gjellelokkskader	System som kan kvantifisere eksterne skader og misdannelser kan og bør inngå både som fast installasjon i merder og daglig drift, samt før, under og etter	
Håndteringsskader	håndteringsoperasjoner for kvantifisering av belastningen og skadene påført av håndteringen.	
Hudforandringer (farge)	En utfordring med kamerabaserte system er riktig plassering i merd for å få et representativt utvalg av populasjonen. Dette er dog også et problem med dagen manuelle metode.	

# Ikke aktuelt for oversikten

OVI	Ikke aktuell fordi
Amoniakk*	Ikke aktuelt ved håndteringsoperasjoner Eksempel på OVI som kan være aktuelt ved ferskvannsbehandling i brønnbåt
Totalt ammonium nitrogen*	Ikke aktuelt ved håndteringsoperasjoner
Nitritt og nitrat*	Ikke aktuelt ved håndteringsoperasjoner
Turbiditet*	Ikke aktuelt ved håndteringsoperasjoner. Kan være aktuelt ved lokalitetsundersøkelser, notvask og ved algeoppblomstring. Finnes sensorer for måling
Belysning	Ikke aktuelt ved håndteringsoperasjoner
Totalt suspendert tørrstoff(LABVI)	LABVI

# Nye OVler og muligheter

---

Kamera og AI kan gjøre mye, men ikke alt.

- Fysiologiske målinger i sanntid
  - Aktivitetssensorer
  - Puls
- Lyd fra fisk
- Munnåpningsfrekvens
- Kontaktløs velferdsscoring

# Forskningsløp

---

- Salmon Insight – Fysiologiske målinger
- Crowdmonitor – Trenging og nye velferdsindikatorer
- Crowdguard – Trenggevakt og kontroll
- Owitools – Trykk, støt, lyd mm
- Fish Behaviour 4.0 - Atferdsindikatorer



Teknologi for et bedre samfunn