

Fargen på ferskvannet under behandling mot lakselus i brønnbåter kan fortelle mye om fiskevelferden

Fargen på brønnbåtvannet kan fortelle oss mye om hvordan fisken har det. Farge på råvannet fra ferskvannskilden skyldes oftest løst naturlig organisk materiale (DNOM), også kalt humusstoffer. Dette kan beskytte fisken mot giftige nivåer av sink. Blir vannet mer farget under behandling er det imidlertid sannsynligvis blod fra skadet fisk som farger vannet.

Rolf D. Vogt, Endre Steigum, Silje K. Bekkeli, Janaki Rajakumar, Sara Calabrese, og Ole-Kristian Hess-Erga, alle ved Norsk institutt for vannforskning.

Rolf.David.Vogt@NIVA.no

Hva er det i vannet?

Hvis det benyttes naturlig ferskvann under behandling mot lakselus i brønnbåter, inneholder dette vannet løst naturlig organisk materiale (DNOM), også kalt humusstoffer, fra råvannskilden. I tillegg inneholder vannet fiskeslim (mucus) og avføring (feces) som fisken skiller ut, og eventuelt blod fra skadet fisk. Under behandling i brønnbåter utsettes fisken for ulike typer påkjenninger, som kan føre til at den slipper ut mer av disse stoffene. Noen ganger er det observert at fargen på brønnbåtvann øker underveis i behandlingen, og dette kan settes i sammenheng med redusert fiskevelferd. Som en del av NYBRØK – II prosjektet ønsker vi å finne ut hva det er som gir denne fargeøkningen.

Fargen på vannet er en tydelig signatur

DNOM/humusstoffer gir ferskvannet en gulbrun farge, mens blod gir vannet en litt mer rødbrun farge, med en klar absorpsjonstopp av lys med bølgelengde 410 nm (som gir en synlig rød komplementærfarge). Se også faktaboks. Feces absorberer lys i hele det synlige spekteret og gir det vi oppfatter som en brun farge på vannet. Mucus i vann er på den annen side fargeløs, men absorberer UV stråler. Det kan derfor være vanskelig å se med det blotte øye hva en økning i farge skyldes. Ved å bruke UV-Vis-spektroskopi kan vi måle hvilke deler av lysspekteret som absorberes av de organiske stoffene i vannet, og derved finne ut hva slags stoffer som finnes der.

For å teste dette, ble vannprøver samlet fra brønnbåter under ferskvannsbehandling,

og sammenliknet med vannprøver fra råvannskilden og laboratorielagede ferskvannsløsninger av blod, mucus og feces fra laks. Analysene inkluderte blant annet UV-Vis-spektroskopi. Se også faktaboks.

Resultatene: Lysspekteret forteller historien

Ved hjelp av lysmålinger på filtrerte prøver kunne vi avdekke hva som faktisk var til stede i vannet. De viktigste funnene var:

- Brønnbåtvann med økt farge hadde tydelig absorpsjon av lys med bølgelengde 410 nm, helt i tråd med hemoglobin fra blod – et slags kjemisk fingeravtrykk.
- Løst mucus ga en absorpsjonstopp av UV lys ved 270 nm.
- Feces i vann absorberte lys også i den oransje delen av lysspekteret (600 nm), noe vi ser lite av i lysspektrene av brønnbåtvann.
- Lysspektrene fra brønnbåtvannet kunne

UV-Vis-spektroskopi er en metode som måler hvor mye lys et stoff absorberer ved ulike bølgelengder. Ved å analysere slike lysspektrum kan man finne ut hvilke stoffer som finnes i vannet, basert på deres unike «lysavtrykk». I denne studien brukes metoden til å identifisere blod og fiskeslim (mucus) i vann, samt å skille disse stoffene fra DNOM.

Blod inneholder hemoglobin, et molekyl med en sterk rødfarge og tydelig lysabsorpsjon rundt 410 nm i lysspekteret. **Mucus** består av glykoproteiner, mens **avføring** (feces) inneholder proteiner, fett og karbohydrater.

gjenskapes nesten nøyaktig ved å summere lysabsorbansen til DNOM i råvann med lysabsorbansen av små mengder blod og mucus.

Mengden feces fra fisk i vannet kan ikke ha hatt noen særlig betydning på fargen, da dette ville ha gitt en mye sterkere absorpsjon av lys med høy bølgelengde enn det som ble målt i brønnbåtvannet. Dette er som forventet siden fisken sultes før behandling. I stedet kan lysabsorpsjonsspekteret til det filtrerte brønnbåtvannet med fargeøkning forklares ved innhold av blod og mucus, i tillegg til DNOM fra råvannet som var fortynnet av revers osmose (RO) vann (**Figur 1A**). RO vann er laget fra sjøvann som er ultrafiltrert ved omvendt osmose. Det inneholder derfor ikke noe signifikant mengdeorganiskmateriale. I en avprøvene med brønnbåtvann uten synlig økning i farge, kunne lysabsorpsjonsspekteret av det filtrerte vannet gjenskapes ved å summere spektrene til kun fortynnet DNOM og mucus (**Figur 1B**).

Hvis fisken imidlertid ikke er tilstrekkelig sultet og dermed også skiller ut mer feces vil dette sees som en økning i lysabsorbansen ved 600 nm. Her er den molare lysabsorbsjonskoeffisienten til feces (8,9 per m per mmol) tilsvarende den for blod (7,5 per m per mmol), men dobbelt så høy som DNOM (4,1 per m per mmol). Det vil si at feces og blod absorberer dobbelt så mye oransje lys som DNOM. En dobling i lysabsorbans ved 600 nm på grunn av økt feces vil kunne forklare en mer enn fire ganger så sterk økning i lysabsorpsjon ved 410 nm, siden der er koeffisienten til feces (21 per m per mmol). Dette er imidlertid 5 ganger svakere enn for blod (110 per m per mmol).

Effekt på fiskehelse av DNOM, mucus og blod

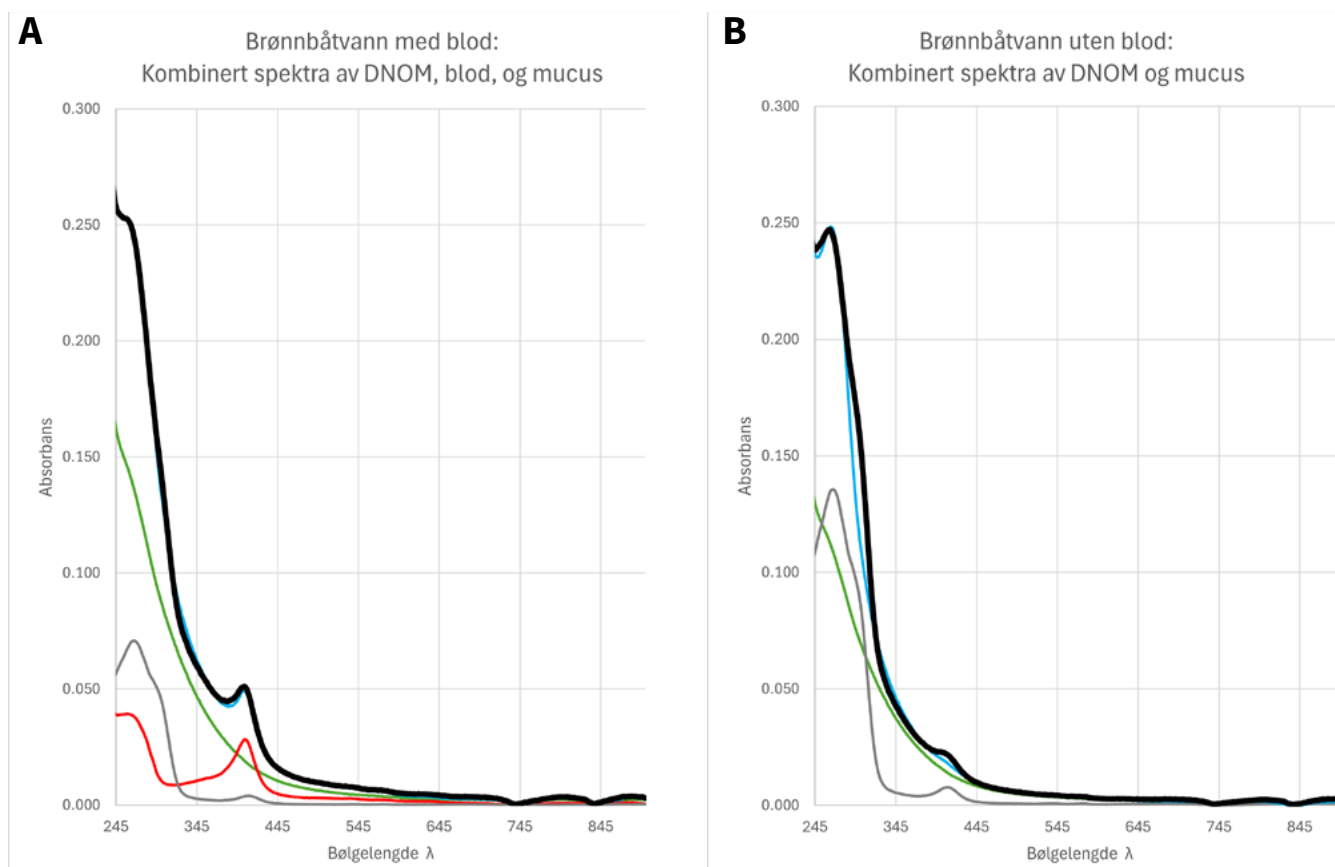
Det NIVA ledede NYBRØK-prosjektet (Hess-Erga mfl., 2024), finansiert av FHF, viste at DNOM i brønnbåtvannet reduserer den giftige effekten av høye konsentrasjoner

NYBRØK- II prosjektet

NYBRØK II – Ny brønnbåtkunnskap – biologiske risikofaktorer ved bruk av brønnbåt til transport og behandling av laks – er en oppfølging av NYBRØK prosjektet (Hess-Erga mfl. 2024). Det har partnere fra NIVA, Aqua Kompetanse, UiB, NUI, ILAB, Seafarming Systems, og Akvaplan-niva.

Prosjektet startet i 2025 og er finansiert av Fiskeri og havbruksnæringens Forskningsfinansiering (FHF). Les mer om prosjektet i FHF's prosjektbase: <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901788/>

Studiet som presenteres her er delfinansiert gjennom NIVAs grunnbevilgning.



Figur 1. Lysabsorpsjonsspektra til vann i brønnbåt (blå kurve) med blod (A) og uten blod (B) i vannet. Grønn kurve er lysabsorpsjonsspekteret til DNOM (1,2 mg C/l) i vann fra råvannskilden, fortynnet med RO vann (til 0,75 og 0,6 mg C/l i hhv. A & B). Rød kurve er lysabsorpsjonsspekteret av fiskeblod (0,6 mg C/l), mens grå kurve viser lysabsorpsjonsspekteret til mucus (1,7 og 3,3 mg C/l i hhv. A & B). En liten absorpsjonstopp av lys med bølgelengde 410 nm i spekteret til mucus skyldes sannsynligvis forurensing av blod under prøvetaking.



Dette studiet har vist at farge på ferskvannet som benyttes til behandling mot lakselus og gjelleamøber ikke er ensbetydende med innholdet av avgiftende organisk materiale i vannet. Foto: Endre Steigum, NIVA



Hvis det benyttes naturlig ferskvann under behandling mot lakselus i brønnbåter, inneholder dette vannet løst naturlig organisk materiale, også kalt humusstoffer, fra råvannskilden. I tillegg inneholder vannet fiskeslim (mucus) og avføring (feces) som fisken skiller ut, og eventuelt blod fra skadet fisk. Foto: Endre Steigum, NIVA

av sink (Zn) under ferskvannsbehandling (Vogt mfl., 2024). Tidligere er det også vist at DNOM kompleksbinder giftig labilt aluminium slik at det ikke er giftig for fisken (Lydersen mfl., 2002). Det er antatt at både DNOM og mucus i tillegg kan ha en balsamerende effekt på fiskens overflater, spesielt på gjellene, og dermed bidra til å redusere fiskens sårbarhet for sink og aluminium. Våre forsøk har vist at selv ved høye konsentrasjoner binder blod og feces kun ubetydelige mengder sink ($< 10\%$), selv ved totalkonsentrasjoner over $800\text{ }\mu\text{g Zn/l}$. Mucus hadde spesielt liten evne til å binde sink ($\approx 1\%$). Dette betyr at økningen i farge og organisk materiale underveis i ferskvannsbehandlingen ikke innebærer at sink blir mindre giftig ved at det blir organisk bundet, slik DNOM gjør.

Hva betyr dette for deg i brønnbåt- og oppdrettsnæringen?

Dette studiet har vist at farge på ferskvannet som benyttes til behandling mot lakselus og gjelleamøber ikke er ensbetydende med innholdet av avgiftende organisk materiale i vannet. Siden økningen i farge under behandling må skyldes stoffer som er skilt ut fra fisken, kan dette kun være blod og mucus, eller

eventuelt feces. Dette er imidlertid ikke stoffer som kompleksbinder skadelige tungmetaller som sink.

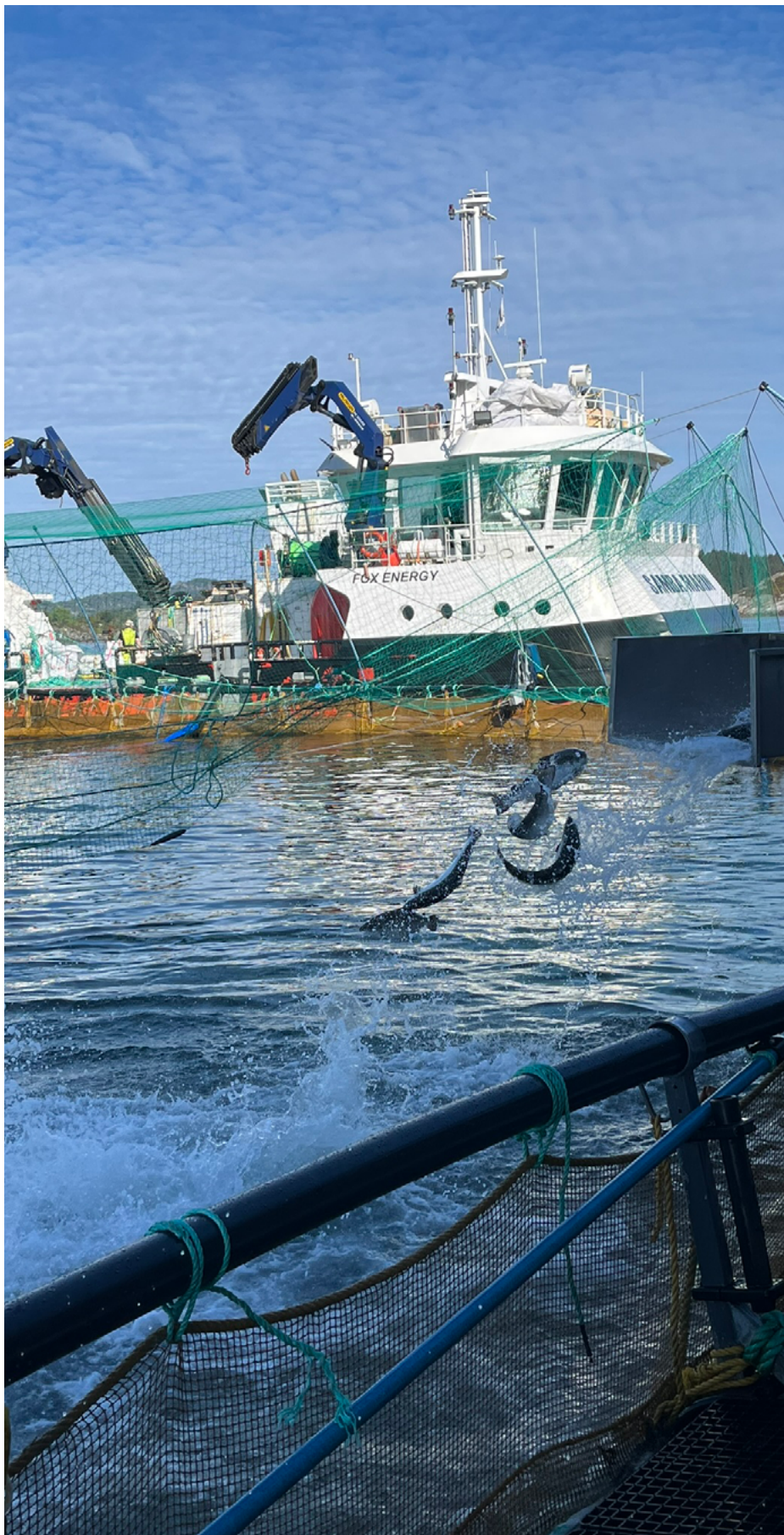
Funnene indikerer en mulighet til å bruke lysabsorpsjonsspekteret til det filtrerte brønnbåtvannet for å oppdage om fisken blør fra gjellene, kanskje som et tidlig varslingsystem hvis dette måles om bord i brønnbåten. Det er mange årsaker til gjelleskader som muligens kan føre til at fisken blør fra gjellene under behandling. NYBRØK prosjektet har vist at det oppstår skader på gjellevev som kan skyldes pumping under lasting av fisk (Hess-Erga mfl. 2023a & b; Storsul mfl., 2024). I NYBRØK prosjektet har vi også vist at eksponering for høye konsentrasjoner av sink kan føre til gjelleskader (Vogt mfl. 2024). Det kan i tillegg oppstå fysiske skader ved trenging og lasting. Nedsatt gjellhelse før behandling vil eventuelt øke sårbarheten og muligens føre til at fisken blør mer fra gjellene.

Hva kan du gjøre?

Blødning kan oppdages ved å bruke enkle fotometriske målinger av det filtrerte vannets absorbans av synlig lys, som gir raske svar på hvordan fisken faktisk har det. Det vil da gi mulighet for justeringer av prosedyrer eller teknologi. Fargetallet er en vanlig vannkvalitetsparameter som er beskrevet i Norsk standard NS-EN ISO 7887:2011. Metoden benytter vannprøvens lysabsorbans ved 410 nm som mål på farge og er derfor spesielt egnet til å måle en økning av blod i brønnbåtvannet. UV absorbansen ved 254 nm er et enkelt mål for mengden DNOM i våre ferskvann (Li og Hur, 2017). Lysabsorbansen til råvannet ved 254 nm vil gi deg et godt mål for mengden DNOM i vannet og dermed dets avgiftende effekt på tungmetaller. Hvis 10 % av økningen i lysabsorbans ved 410 nm er større enn økningen av lysabsorbans ved 600 nm, kan det tyde på at det også er noe feces i vannet.

Kort oppsummert

- Økt farge i vann under ferskvannsbehandling skyldes sannsynligvis blod fra fisken
- Måling av Fargetall er en enkel og effektiv metode for å detektere dette
- Kan brukes direkte i brønnbåt ved behandling
- Gir viktig innsikt i fiskens helsetilstand.



Ved trenging og lasting kan det oppstå fysiske skader som blødninger. Dette kan oppdages ved å bruke enkle fotometriske målinger av det filtrerte vannets absorbans av synlig lys, som gir raske svar på hvordan fisken faktisk har det. Foto: Endre Steigum, NIVA

Ved å installere enkle optiske måleinstrumenter kan du overvåke vannkvaliteten og identifisere økning i mengden blod i vannet som en økning i Fargetallet under behandling. Ved å bruke disse dataene aktivt til å justere prosedyrer, kan dette gi bedre fiskevelferd og -helse, samt mindre tap under og etter ferskvannsbehandling i brønnbåt.

Litteratur:

Hess-Erga, O.-K., Calabrese, S., Vogt, R. D., Steigum, E., Svendsen, F. S., Furseth, K., Storsul, T., Dalum, A. S., Stensby-Skjærvik, S., Rønnestad, I., Segadal, K., Løseth, K., Sandstad, A. R., Andersen, L., Eide, S. H., & Handegård, R. (2024). *Ny brønnbåtkunnskap – biologiske risikofaktorer ved bruk av brønnbåt til transport og behandling av laks* (NIVA-Rapport 8005-2024, NIVA. <https://www.niva.no/publikasjoner/publikasjon?cristinid=2306678>. Se omtale i: <https://www.kyst.no/fikk-viktige-fiskehelsesvar/1777871>

Hess-Erga, O.-K., Storsul, T., Rønnestad, I., Segadal, K., Dalum, A., Stensby-Skjærvik, S., Wahl-Ovesen, H., Calabrese, S., Sandstad, A. R., Andersen, L., Løseth, K., Eide, S. H., Sjøstrand, M. V., Abdo, H. A., Myklebust, A. T., De Waal, G., Solerød, M.S., & Handegård, R. (2023a). *Laks utviklet trykfallssyke under simulert lasting*. Norsk Fiskeoppdrett, 10. NF102023-web.pdf. Se omtale i: <https://www.kyst.no/akvaplan-niva-aqua-kompetanse-fhf/fagartikler-gassovermetning-i-oppdrettsnaeringen/1583371>

Hess-Erga, O.-K., Storsul, T., Rønnestad, I., Segadal, K., Dalum, A., Stensby-Skjærvik, S., Wahl-Ovesen, H., Calabrese, S., Sandstad, A. R., Andersen, L., Solerød, M.S., & Handegård, R. (2023b). *Gassovermetning i oppdrettsnæringen, del 1 – Hva betyr totalgasstrykk, trykfall og når er det fare for bobledannelse*. Norsk Fiskeoppdrett, 10. NF102023-web.pdf. Se omtale i: <https://www.kyst.no/akvaplan-niva-aqua-kompetanse-fhf/fagartikler-gassovermetning-i-oppdrettsnaeringen/1583371>

Li, P., & Hur, J. (2017). *Utilization of UV-Vis spectroscopy and related data analyses for dissolved organic matter (DOM) studies: A review*. Critical Reviews in Environmental Science and Technology,

47(3), 131–154. <https://doi.org/10.1080/10643389.2017.1309186>

Lydersen, E., Rukke, N.W.A., Jensen, J.G.B., Kjelsberg, B. M., Tørnsjø, B., Vogt, R. D., Vøllestad, L. A., & Poleo, A.B.S. (2002). *Seasonal variation in mortality of brown trout (Salmo trutta) in an acidic aluminium-rich lake*. Journal of Limnology, 61(1), 61–68. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2002.61>

Storsul, T., Dalum, A. S., Stensby-Skjærvik, S., Segadal, K., Løseth, K., Andersen, L., Eide, S. H., Handegård, R., Wahl-Ovesen, H., Hess-Erga, O.-K., Calabrese, S., & Rønnestad, I. (2024). *Gassovermetning i oppdrettsnæringen, del 2: Hvor stort trykfall tåler fisken*. Norsk Fiskeoppdrett, 4. NF042024-web.pdf. Se omtale i: <https://www.kyst.no/gassovermetning-nybrok/fagartikkel-fra-nybrok-hvor-stort-trykfall-taler-fisken/1767618>

Vogt, R. D., Calabrese, S., Steigum, E., Svendsen, F. S., Ulven, K., Dalum, A., Andersen, L., Lai, F., Sjøstrand, M. V., Wedaa, L., Hanson, O., & Hess-Erga, O.-K. (2024). *Laks påvirkes negativt av sink*. Norsk Fiskeoppdrett, 4. NF042024-web.pdf. Se omtale i: <https://www.kyst.no/bronnbat-nybrok-sink/laks-pavirkes-negativt-av-sink-i-bronnbat/1764668>