

2019:01435 - Åpen

Rapport

**Strategi lakselus 2017: Luseskjørt som ikke-medikamentell metode for forebygging og kontroll av lakselus – Utvikling av kunnskap om miljøforhold for økt effekt og redusert risiko (SKJERMTEK) FHF prosjekt nr.: 901396**

Luseskjørt: Målinger av strøm rett utenfor og rett innenfor luseskjørtet.

**Forfattere**

Zsolt Volent

Kristbjörg Edda Jónsdóttir



SINTEF Ocean AS

Postadresse:  
Postboks 4762 Torgarden  
7465 Trondheim

Sentralbord: 46415000

Foretaksregister:  
NO 937 357 370 MVA

# Rapport

Strategi lakselus 2017: Luseskjørt som ikke-medikamentell metode for forebygging og kontroll av lakselus – Utvikling av kunnskap om miljøforhold for økt effekt og redusert risiko (SKJERMTEK) FHF prosjekt nr.: 901396

Luseskjørt: Målinger av strøm rett utenfor og rett innenfor luseskjørtet.

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
2019:01435	302002409/901396	3.0	2019-12-18
<b>FORFATTER(E)</b>			
Zsolt Volent Kristbjörg Edda Jónsdóttir			
<b>OPPDRA GSGIVER(E)</b>			
FHF			
<b>OPPDRA GSGIVERS REF.</b>			<b>ANTALL SIDER OG VEDLEGG:</b>
Kjell Maroni			11
<b>GRADERING</b>	<b>GRADERING DENNE SIDE</b>	<b>ISBN</b>	
Åpen	Åpen	ISBN 978-82-14-06240-3	

**EMNEORD:**

Luseskjørt  
Strøm  
tetthetsvariasjoner

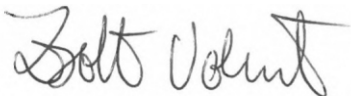
**SAMMENDRAG**

I denne rapporten vil vi se nærmere på effekten av luseskjørt på vannstrømmen innenfor og utenfor en merd med tett og permeabelt skjørt, og relatere dette til tetthetsgradientene og oppløst oksygen innenfor og utenfor skjørtet.

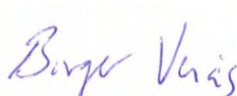
Målingene ble foretatt i Lofoten på Ellingsen Seafood AS sitt anlegg, Soløya, ved Mølnarodden den 22. – 23.5.2019 og Nordlaks Oppdrett AS sitt anlegg, Fornes, i Øksfjorden den 3.7.2019.



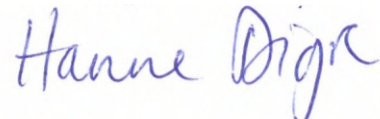
**UTARBEIDET AV**  
Zsolt Volent



**KONTROLLERT AV**  
Birger Venås



**GODKJENT AV**  
Hanne Digre



# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1.0	2019-12-16	Første versjon
2.0	2019-12-17	Kvalitetssikret versjon
3.0	2019-12-18	Korrigert versjon

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Material og metode.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>6</b>
3.1	Tetthetsgradienter på Soløya og Fornes.....	6
3.2	Soløya - Målinger av strøm og oksygen i posisjon 1 og 6 .....	6
3.3	Soløya - Målinger av strøm og oksygen i posisjon 1 og 7 .....	7
3.4	Fornes - Målinger av strøm og oksygen i posisjon 21 og 22 .....	8
3.5	Fornes - Målinger av strøm og oksygen i posisjon 31 og 32 .....	9
<b>4</b>	<b>Diskusjon og konklusjon .....</b>	<b>10</b>

## 1 Innledning

Skjerming med luseskjørt er et tiltak som skal bidra til å redusere lusenivå uten håndtering av laksen, og mange har tatt i bruk ulike avarter av skjermende luseskjørt i kampen mot lusa (Volent & Bekkevoll, 2017). Effekten av luseskjørt har likevel vært varierende (Lien et al., 2015). Kunnskapen rundt god bruk med hensyn til lokale forhold er lav, og det er uklart hvilke faktorer som er årsaken til den varierende effekten.

En mulig faktor er vannstrømmens hastighet og retning. Resultater fra prosjektet "Permanent luseskjørt for reduisering av lusepåslag på laks" (Lien et al., 2015), viste at vannet som treffer luseskjørtet strømmer både rundt luseskjørtet og ned under luseskjørtet ([www.sintef.no/permaskjort](http://www.sintef.no/permaskjort)). Denne horisontale og vertikale omdirigering av vannmassene kan medføre en redusert vannsirkulasjon innenfor luseskjørtet, og videre redusert oksygenivå (Stien et al. 2012).

Strømforholdene alene kan ikke forklare de varierende resultatene ved bruk av luseskjørt. På fullskala anlegg er det observert forskjell i transport av vannmassene til tross for relativt like strømningsforhold i samme merd (Frank et al., 2015).

I denne rapporten vil vi se nærmere på effekten av luseskjørt på vannstrømmen innenfor og utenfor en merd med tett skjørt på Soløya og permeabelt skjørt på Fornes og relatere dette til tetthetsgradientene i sjøvannet og oppløst oksygen innenfor og utenfor skjørtet.

## 2 Material og metode

Målingene ble foretatt i Lofoten på Ellingsen Seafood AS sitt anlegg, Soløya, ved Mølnerodden den 22. – 23.5.2019 (figur 1A) og Nordlaks Oppdrett AS sitt anlegg, Fornes, i Øksfjorden den 3.7.2019 (figur 1B). Begge anleggene benyttet stigefortøyning.

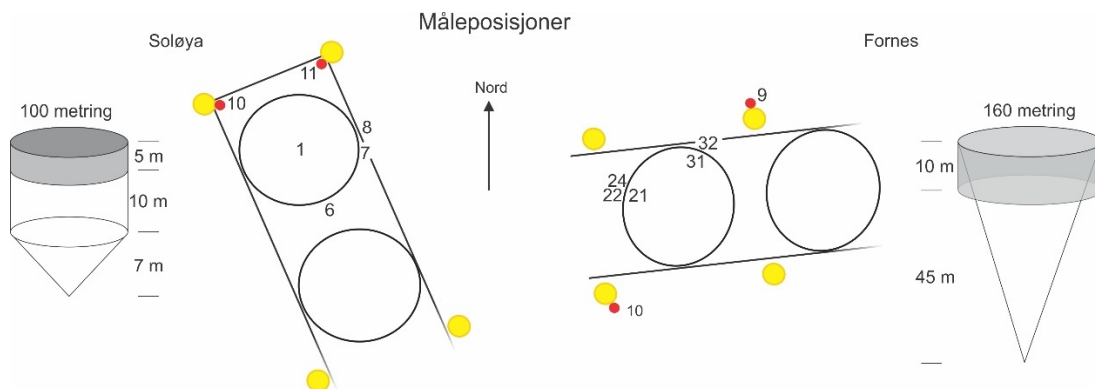


Figur 1. Lokaliseringen av anleggene på Soløya - A og Fornes - B.

Merden på Fornes var en 160 metring, spissnot med et dyp på 55 m med nedloddingsvekt i vann på 2,4 tonn, og et 10 m dypt permeabelt luseskjørt med 50 % soliditet nedloddet med 1,5 kg m<sup>-1</sup>. Biomassen den 2.7.2019 i den merden det ble målt i, var på ca. 686 tonn med ca. 191 300 stk. fisk á 3775 g.

Merden på Soløya var en 100 metring med sylindernot med 15 m dype sidekanter og 22 m i senter nedloddet med 16 lodd av 50 kg langs kanten og 50 kg i sentrum. Skjørtet var tett og 5 m dypt nedloddet med 4 kg m<sup>-1</sup>. Biomassen den 22.5.2019 i den merden det ble målt i, var på ca. 215 tonn med ca. 117 500 stk. fisk med snittvekt på 1827 g.

Under målingene ble det observert at fisken dannet en stim som beveget seg med klokka, relativt høyt oppe i vannmassene på begge lokalitetene. Plasseringen av instrumentene og merdene er vist i figur 2.

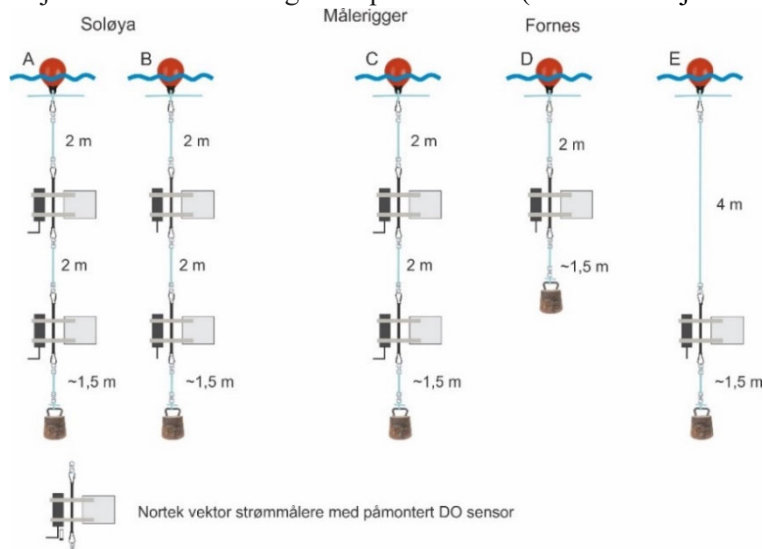


Figur 2. Måleposisjonene på Fornes og Soløya, med prinsippskisse av merdene.

På Soløya ble det benyttet en Nortek Aquadopp profiler 400MHz (ADCP) i posisjon 10, og en Aanderaa SeaGuard II (DCP) i posisjon 11. Begge strømmålerne var montert i forankringsbøyene og pekende nedover i dypet.

På Fornes ble de samme instrumentene benyttet med ADCP-en plassert i posisjon 9 og DCP-en i posisjon 10, montert i forankringsbøyene til stigefortøyningen og pekende nedover i dypet.

Måleriggene som ble benyttet er vist i figur 3. Instrumentene ble hengt opp under blåser med 5 kg lodd i bunnen. Strømmålerne var av typen Nortek Vektor Velocimeter (vektor) punktmålere med påmontert MiniDO<sub>2</sub>T oksygen sensorer fra PME. Rådataen fra vektorene ble filtrert ved bruk av fase-rom filteret beskrevet i Mori, Suzuki & Kakuno (2007), som er en videreføring av Goring & Nikora (2002) sitt filter. Hver måling utført av vektoren består av et puls-par. Målinger hvor korrelasjonen mellom de to pulsene var lavere enn 60% ble fjernet etter anbefalinger fra produsenten (kommunikasjon Nortek).



Figur 3. Måleriggene og plassering av instrumentene som ble benyttet på Soløya og Fornes. Målerigg A og B ble benyttet på Soløya. Målerigg A var plassert på utsiden av flytekragen i posisjon 6 og 7, mens målerigg B ble plassert i midten av merden i posisjon 1. Målerigg C ble benyttet på Fornes i posisjon 22 og 32 på utsiden, mens målerigg D og E ble benyttet på innsiden i posisjon 31. Målerigg D var ca. 3m fra flytekragen, så nærme nota som mulig, mens målerigg E var ca. 6 m fra flytekragen.

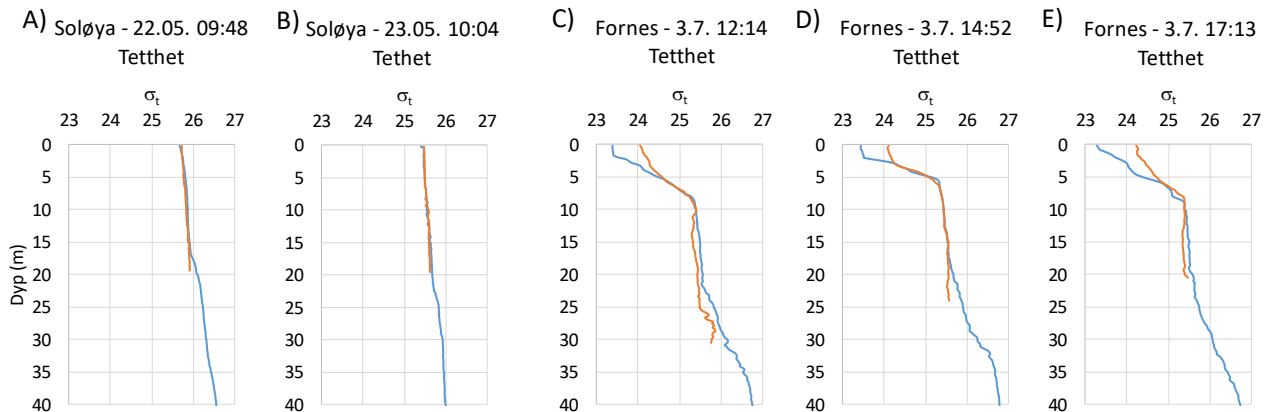
I tillegg til strøm og oksygenmålinger ble det gjennomført målinger av konduktivitet, temperatur og dyp (CTD) for å undersøke tetthetsvariasjonene i dypet utenfor og inne i merden. CTD målingene på Soløya

ble tatt i nærheten av posisjon 8 på innsiden og utsiden av merden med en CastAway CTD fra SonTek. Samme sensor ble benyttet på Fornes, og målingene ble tatt midt imellom posisjon 22 og 32.

### 3 Resultater

#### 3.1 Tetthetsgradienter på Soløya og Fornes

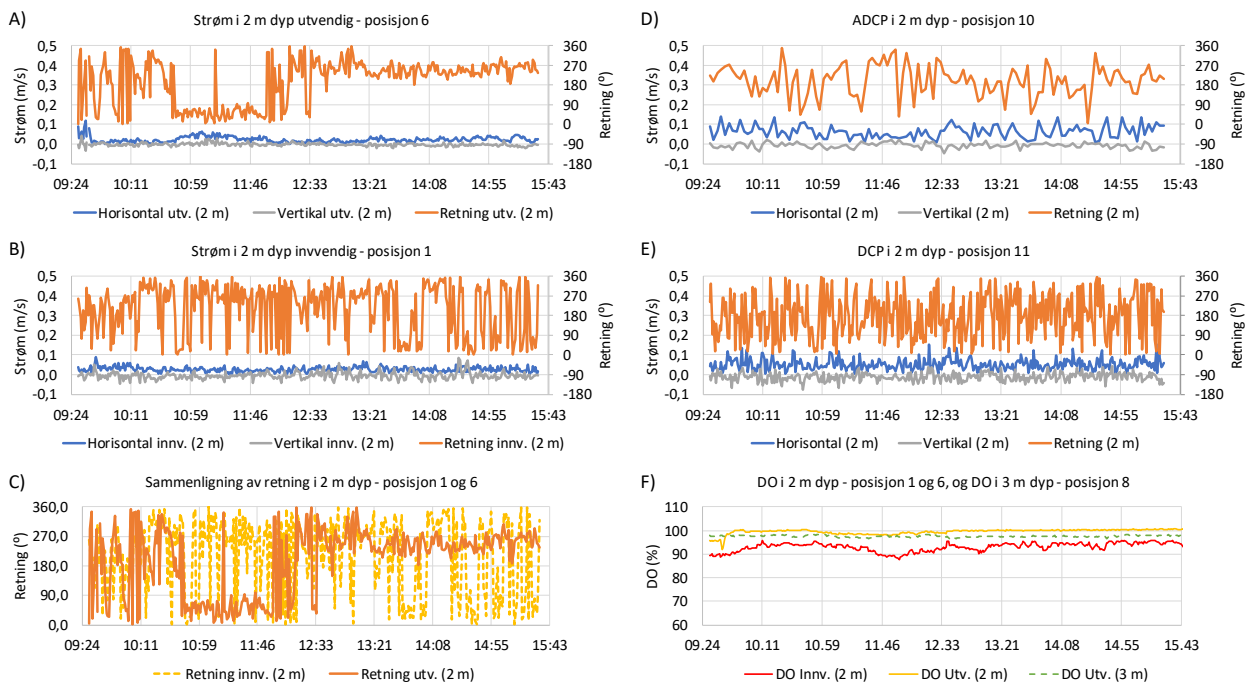
Tettheten av vannet på Soløya i løpet av måleperioden er vist i figur 4 A og B, mens for Fornes er vist i figur C, D og E.



Figur 4. Tetthetsgradientene for Fornes og Soløya ( $\sigma_t = \text{Tetthet (kg m}^{-3}) - 1000$ ). Blå kurver er tettheten på utsiden mens røde er på innsiden

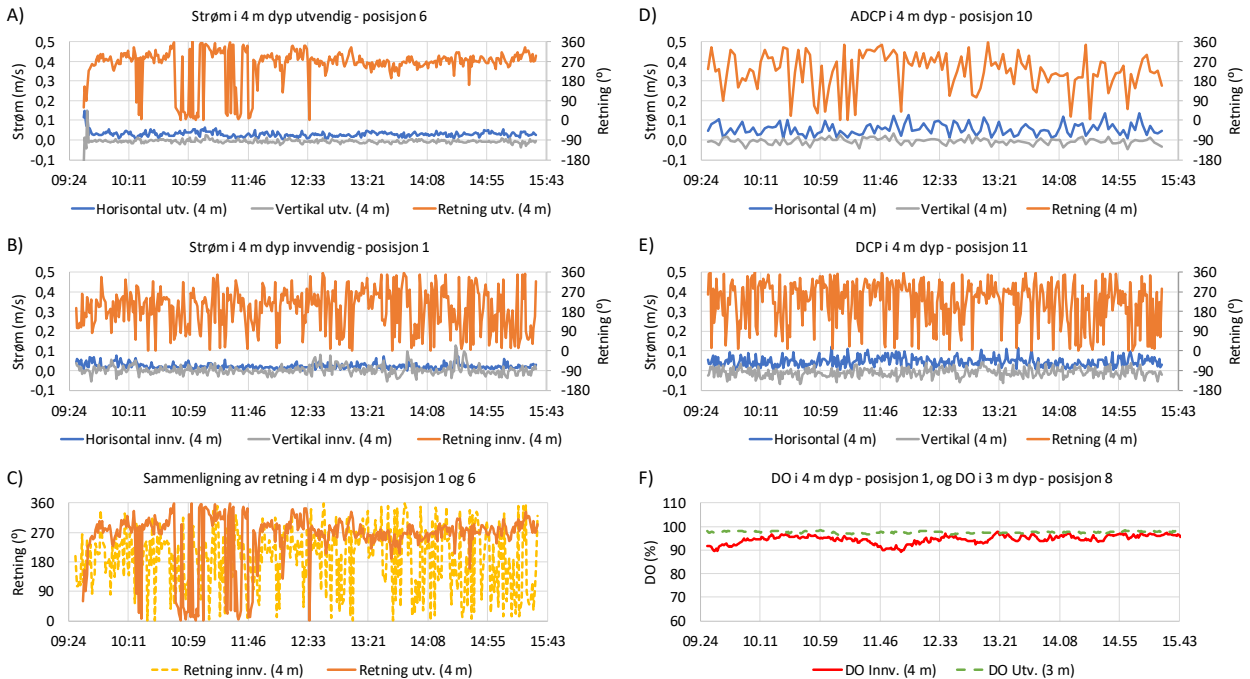
#### 3.2 Soløya - Målinger av strøm og oksygen i posisjon 1 og 6

Figur 5 viser målinger av strøm på Soløya i 2 m og oksygen i 2 og 3 m dyp i perioden 22.5.19 kl. 9:30 til kl. 15:35.



Figur 5. A og B viser strømmen på Soløya i 2 m dyp i posisjon 6 utvendig (utv.) og posisjon 1 innvendig (innv.), figur C vises en sammenligning av retningen for strømmen innenfor og utenfor. D og E, vises strømmen for posisjonene 10 (ADCP) og 11 (DCP), mens F vises oksygenet for posisjon 1 (innv.) og 6 (utv.) i 2 m dyp og posisjon 8 (utv.) i 3 m dyp.

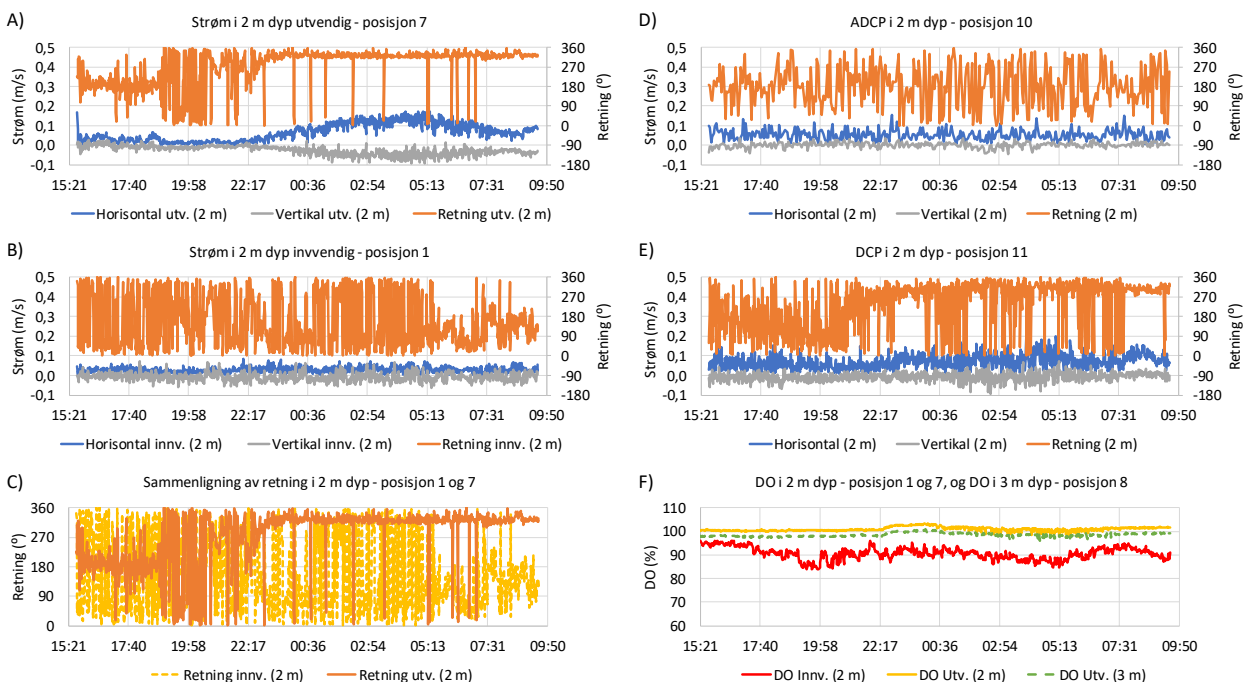
Figur 6 viser målinger av strøm på Soløya i 4 m, og oksygen i 4 og 3 m dyp i perioden 22.5.19 kl. 9:30 til kl. 15:35.



Figur 6. A og B viser strømmen på Soløya i 4 m dyp i posisjon 6 (utv.) og 1 (innv.), figur C viser en sammenligning av retningen for strømmen innenfor og utenfor. D og E, viser strømmen for posisjonene 10 og 11, mens F viser oksygenet for posisjon 1 og 6 i 4 m dyp og posisjon 8 i 3 m dyp.

### 3.3 Soløya - Målinger av strøm og oksygen i posisjon 1 og 7

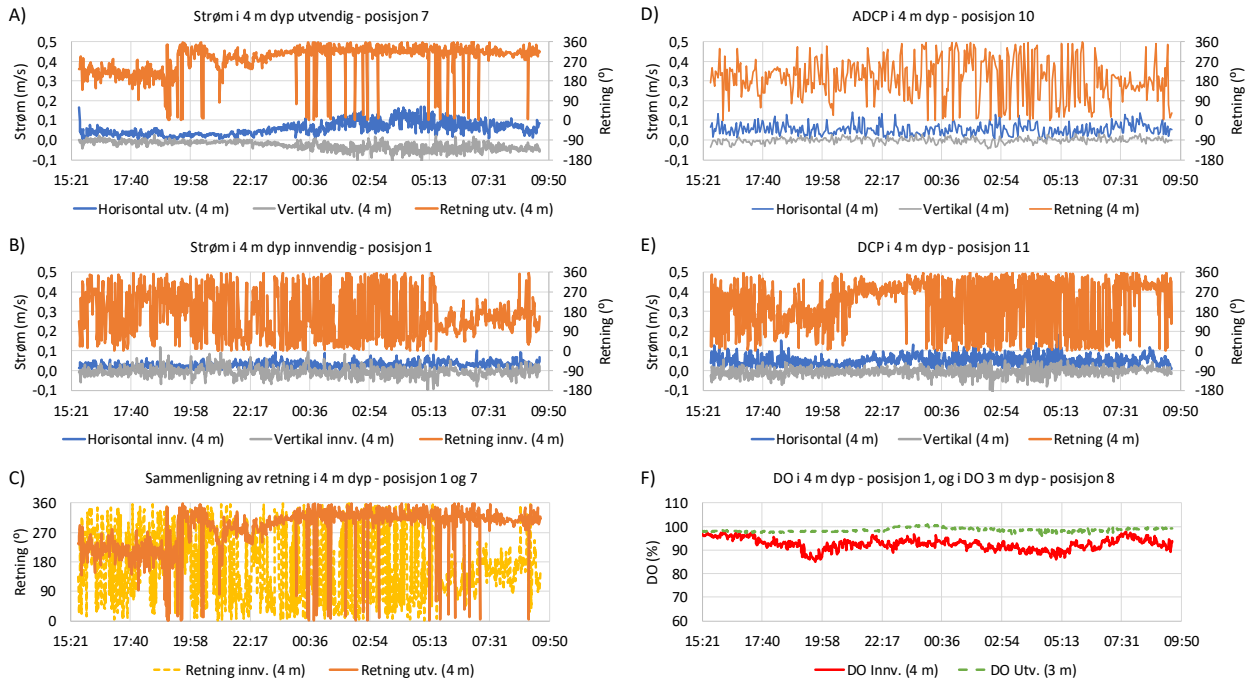
Figur 7 viser målinger av strøm på Soløya i 2 m, og oksygen i 2 og 3 m dyp i perioden 22.5.19 kl. 15:40 til 23.5.19 kl. 09:30.



Figur 7. A og B viser strømmen på Soløya i 2 m dyp i posisjon 7 (utv.) og 1 (innv.), figur C viser en sammenligning av retningen for strømmen innenfor og utenfor. D og E, viser strømmen for posisjonene 10 og 11, mens F viser oksygenet for posisjon 1 og 7 i 2 m dyp, og posisjon 8 i 3 m dyp.



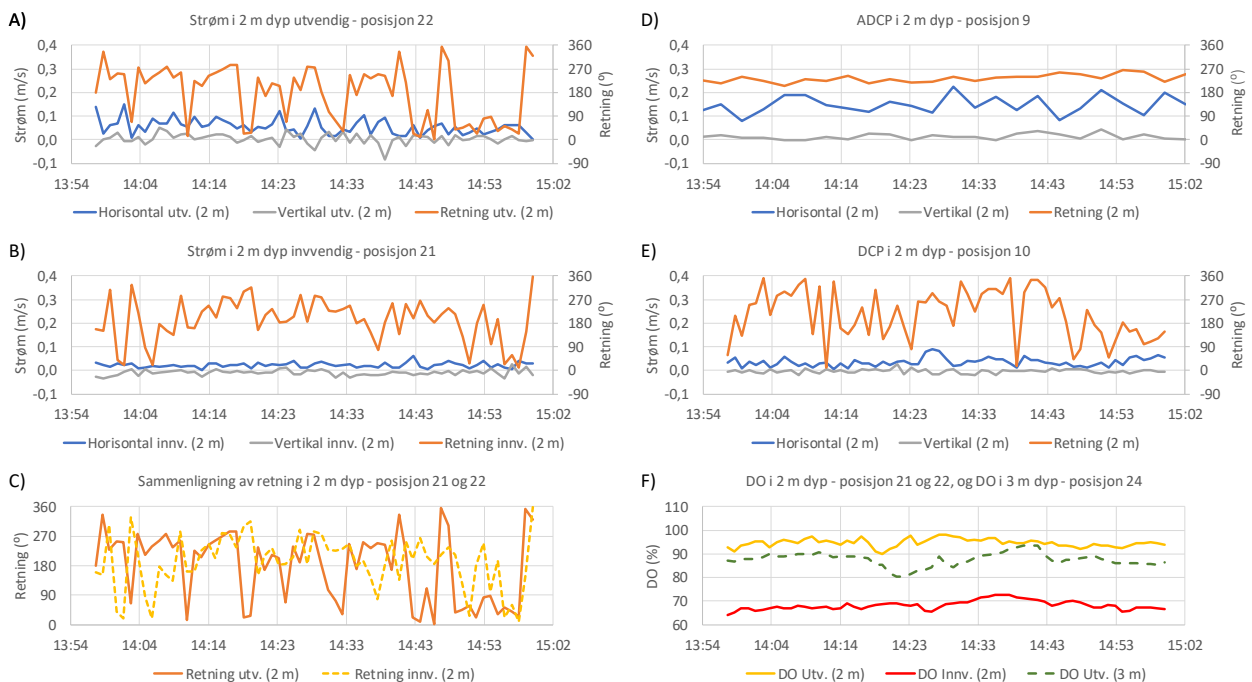
Figur 8 viser målinger av strøm på Soløya i 4 m og oksygen i 4 og 3 m dyp i perioden 22.5.19 kl. 15:40 til 23.5.19 kl. 09:30.



Figur 8. A og B viser strømmen på Soløya i 4 m dyp i posisjon 7 (utv.) og 1 (innv.), figur C vises en sammenligning av retningen for strømmen innenfor og utenfor. D og E, vises strømmen for posisjonene 10 og 11, mens F vises oksygenet for posisjon 1 og 7 i 4 m dyp og posisjon 8 i 3 m dyp.

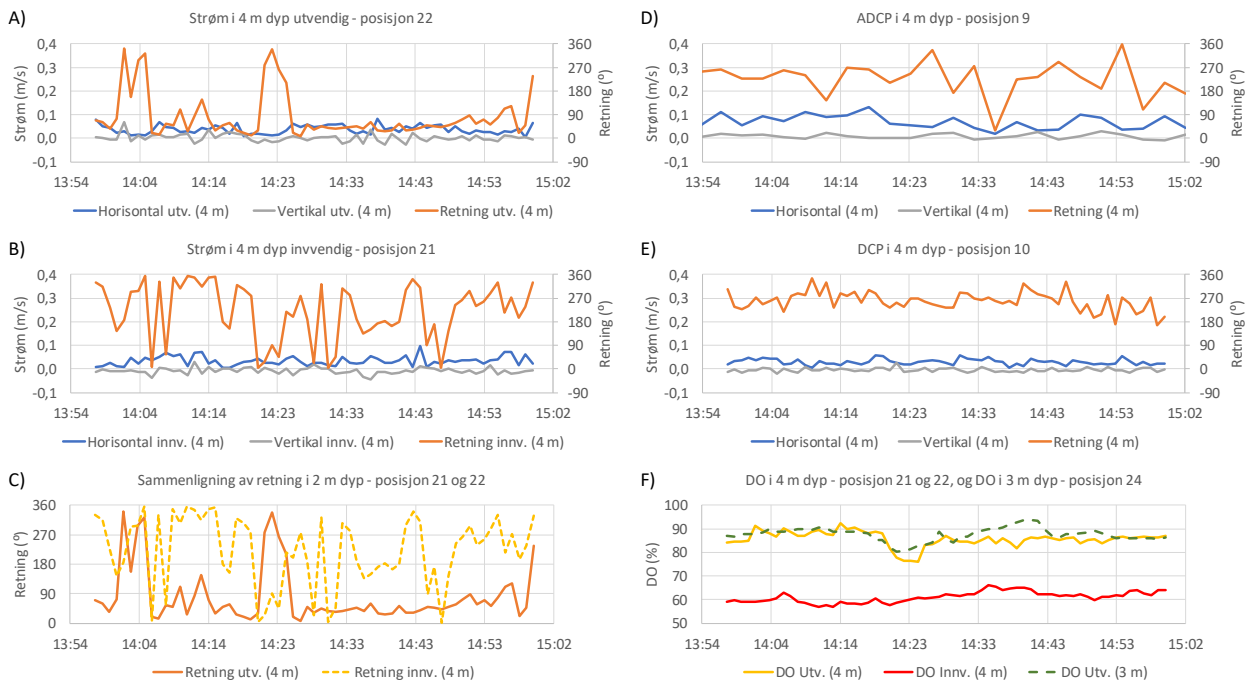
### 3.4 Fornes - Målinger av strøm og oksygen i posisjon 21 og 22

Figur 9 viser målinger av strøm på Fornes i 2 m, og oksygen i 2 og 3 m dyp i perioden 3.7.19 kl. 13:58 til kl. 15:00.



Figur 9. A og B, vises strømmen på Fornes i 2 m dyp i posisjon 22 (utv.) og 21 (innv.), figur C vises en sammenligning av retningen for strømmen innenfor og utenfor. D og E, vises strømmen for posisjonene 9 og 10, mens F vises oksygenet for posisjon 21 og 22 i 2 m, og posisjon 24 i 3 m dyp.

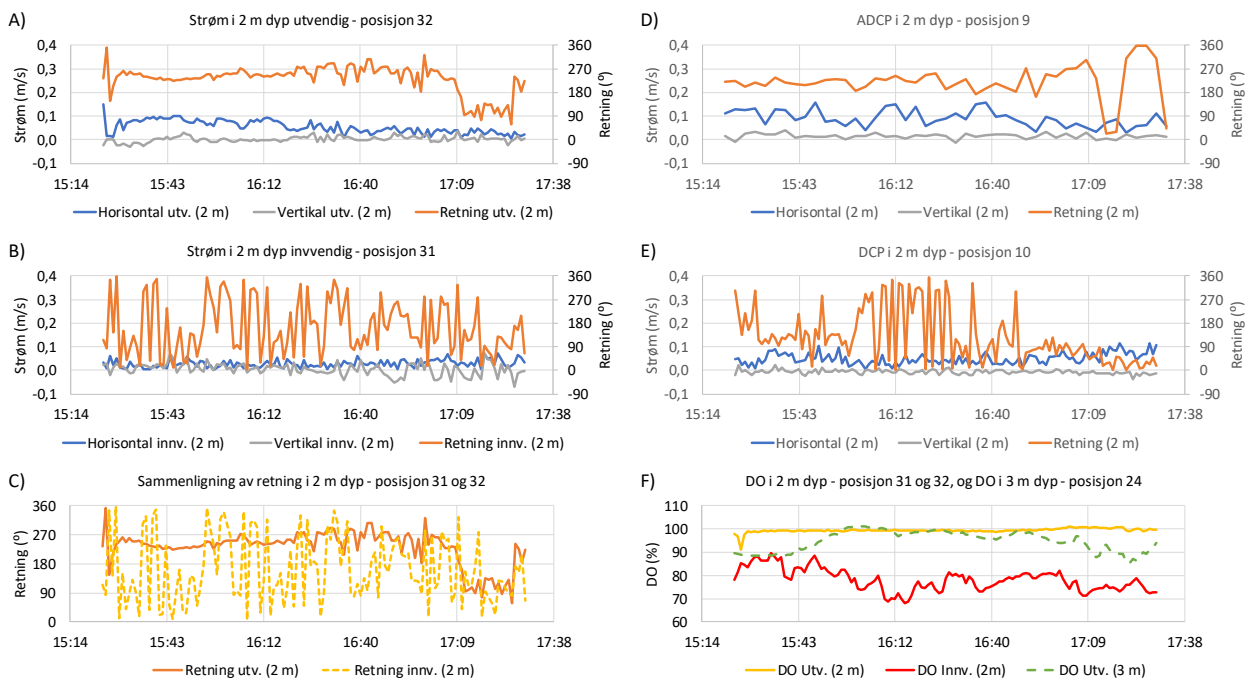
Figur 10 viser målinger av strøm på Fornes i 4 m og oksygen i 4 og 3 m dyp i perioden 3.7.19 kl. 13:58 til kl. 15:00.



Figur 10. A og B, vises strømmen på Fornes i 4 m dyp i posisjon 22 (utv.) og 21 (innv.), figur C vises en sammenligning av retningen for strømmen innenfor og utenfor. D og E, vises strømmen for posisjonene 9 og 10, mens F vises oksygenet for posisjon 21 og 22 i 4 m, og posisjon 24 i 3 m dyp.

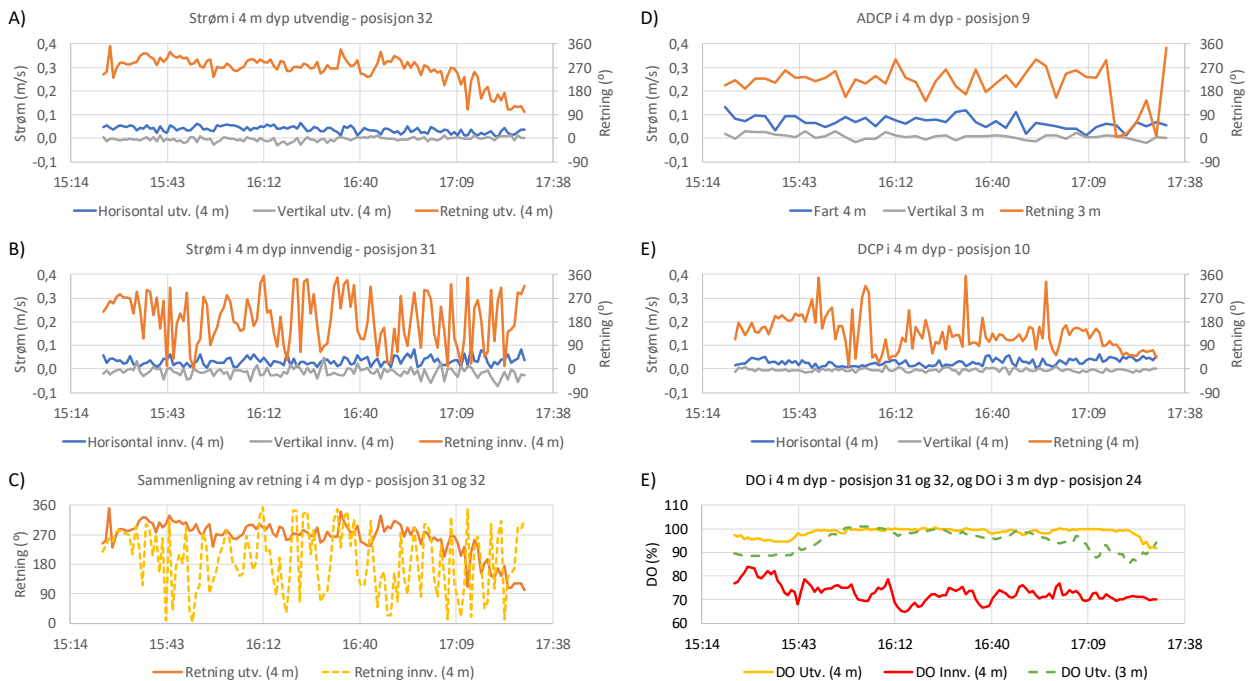
### 3.5 Fornes - Målinger av strøm og oksygen i posisjon 31 og 32

Figur 11 viser målinger av strøm på Fornes i 2 m, og oksygen i 2 og 3 m dyp i perioden 3.7.19 kl. 15:24 til kl. 17:30.



Figur 11. A og B, vises strømmen på Fornes i 2 m dyp i posisjon 32 og 31, figur C vises en sammenligning av retningen for strømmen innenfor og utenfor. D og E, vises strømmen for posisjonene 9 og 10, mens F vises oksygenet for posisjon 31 og 32 i 2 m, og posisjon 24 i 3 m dyp.

Figur 12 viser målinger av strøm på Fornes i 4 m, og oksygen i 4 og 3 m dyp i perioden 3.7.19 kl. 15:24 til kl. 17:30.



Figur 12. A og B, viser strømmen på Fornes i 4 m dyp i posisjon 32 (utv.) og 31 (innv.), figur C vises en sammenligning av retningen for strømmen innenfor og utenfor. D og E, viser strømmen for posisjonene 9 og 10, mens F vises oksygenet for posisjon 31 og 32 i 4 m, og posisjon 24 i 3 m dyp.

## 4 Diskusjon og konklusjon

Lokalitetene Soløya og Fornes er svært forskjellige. På Soløya er det homogene vannmasser og lite variasjon av tettheten i dypet (figur 4). Dette tyder på at det kreves lite energi for å forflytte en vannpartikkel fra overflaten og ned under skjortekanten. Med en påtrykt strøm på duken kan vannpartiklene bli presset ned og opp under skjørtet. Vannet innenfor skjørtet vil da bli oftere byttet ut, i motsetning til områder med sterk pyknoklin, som på Fornes. Utskiftningen på Soløya resulterer i en bedre vannkvalitet med relativt lite fall i oksygenivåene (figur F i figur 5 – 8), i motsetning til Fornes som har større variasjon i oksygenivå.

Forskjell i størrelse på fisken og mengden kan påvirke omrøringen. Forhold mellom merd volumet og biomassen på de to lokalitetene er omtrent den samme, og derfor trolig ikke bidrar til forskjell i omrøringen.

Strømforholdene på lokaliteten Soløya ser kaotisk ut. De profilerende strømmålerne ADCP-en og DCP-en viser at retningen er lite forutsigbar og gir ikke noen klar indikasjon på en hovedstrømretning under måleperioden, men for DCP-en skyldes dette at strømmen går mot nord slik at i plottet så svinger det fra +0 til -360 grader og fremstiller det som kaotisk. Strømfarten er lav og under  $10 \text{ cm s}^{-1}$ . Bortsett fra i 2 m, posisjon 11, mellom 22:30 den 22.5.19 til rundt 05:30 den 23.5.19 hvor farten er noe høyere.

Strømmen målt i 2 og 4 m dyp, rett utenfor i posisjon 7 ser ut til å ha en retning som går rett mot duken fra kl. 22:17 den 22.5.19. Strømmen øker samtidig til ca.  $12 \text{ cm s}^{-1}$  rundt kl. 4, og den vertikale strømmen øker til ca.  $5 \text{ cm s}^{-1}$ . Dette tyder på at det er en del av vannmassene som presses ned og under skjørtet. Den kaotiske retningen på strømmen innenfor skjørtet, både i 2 og 4 m dyp, tyder sannsynligvis på turbulens og omrøring innenfor skjørtet (figur B i figur 5 – 8). På grunn av homogene vannmasser og en kaotisk retning på strømmen innenfor skjørtet, er sannsynligheten stor for at vannet innenfor duken blir byttet ut.

På Fornes var det en relativt sterk pyknoklin til stede under målingene (figur 4 C, D og E). Posisjonen til pyknoklinen gjør det tyngre å bringe en vannpartikkel i overflaten ned og under skjørttekanten. Selv om duken er permeabel så er det lite som tyder på at det kommer vann utenfra og inn i duken i de øverste meterne ut ifra det som er målt. Disse antagelsene begrunnes i at det er forskjell i tettheten utenfor og inne i duken.

I figur 4C og E er vannet likt innenfor og utenfor duken fra ca. 5 m dyp og ned, i figur 4D har dette krysningspunktet flyttet seg opp til rundt 2,5 m. Dette kan indikere at vannet har gått igjennom duken, eller at vannpartiklene har kommet seg under og innenfor duken. Over disse dypene er det derimot tyngre vann på innsiden av duken enn utenfor, som tilsier at det er lite vann fra utsiden som har klart å komme seg inn. Dette gjenspeiles i dårligere vannkvalitet enn på Soløya (figur F i figur 9 – 12).

Forskjellen mellom Soløya og Fornes gjenspeiler seg i en bedre vannkvalitet innenfor duken på Soløya enn på Fornes. Dette skyldes i stor grad av forskjellen i tetthetsgradientene. De homogene vannmasene på Soløya medfører at vannet i de øvre lagene med lus kan bevege seg under og inn i skjørtet, mens stratifikasjonen på Fornes fører til at vannet beveger seg rundt eller gjennom skjørtet. Skjørtet på Fornes vil da sannsynligvis ha en bedre effekt på lusekontroll enn skjørtet på Soløya.

Målemetoden og målingene som er foretatt på Fornes gir ingen indikasjon på at det permeable skjørtet slipper igjennom vann. For å klarlegge om det permeable skjørtet slipper igjennom vann og i hvilken grad, må man benytte andre målemetoder.

## Referanser

- Frank, K., Gansel, L. C., Lien, A. M., & Birkevold, J. (2015). Effects of a shielding skirt for prevention of sea lice on the flow past stocked salmon fish cages. *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 137(1), 011201.
- Goring, D. G., & Nikora, V. I. (2002). Despiking acoustic Doppler velocimeter data. *Journal of hydraulic engineering*, 128(1), 117-126.
- Kincaid, D., and Cheney, W., "Numerical Analysis: Mathematics of Scientific Computing", 3<sup>rd</sup> edition, American Mathematical Society, 2002.
- Lien, A. M., Stien, L. H., Grøntvedt, R. N., Frank, K., (2015), *Permanent skjørt for redusering av lusepåslag på laks*. FHF prosjekt 900711. Rapport nr.: SINTEF rapport nr.: A26790.
- Mori, N., Suzuki, T., & Kakuno, S. (2007). Noise of acoustic Doppler velocimeter data in bubbly flows. *Journal of engineering mechanics*, 133(1), 122-125.
- Stien, L. H., Nilsson, J., Hevrøy, E. M., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Lien, A. M., & Folkedal, O. (2012). Skirt around a salmon sea cage to reduce infestation of salmon lice resulted in low oxygen levels, *Aquacultural Engineering*, 51, 21-25.
- Volent, Z. og Bekkevoll, A., (2017), *Rapport: Erfaringsdelingsseminar med demoforsøk*. FHF prosjekt 901405. SINTEF rapport nr.: OC2017 A-155.