



— 70 years —  
1950-2020

# LUSESKJØRT KOMPENDIUM

## Kunnskapssammenstilling om bruk av skjørt mot lakselus

SINTEF Ocean

Forfattere: Z. Volent, K. E. Jónsdóttir, A. Misund og L. M. Sunde

Versjon: 30. september 2020





Korsnes, Raftsundet, Ellingsen Seafood AS

# Kunnskapssammenstilling om bruk av skjørt mot lakselus

Dette kompendiet sammenfatter kunnskap som er bygd opp siden 2010, i stor grad gjennom FHF støttede prosjekter:

FHF Prosjekt – 90117: Permanent skjørt for redusering av luspåslag på laks

FHF Prosjekt – 901405: Erfaringsdelingsseminar

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

# SINTEF Ocean

---

SINTEF Ocean har arbeidet med havbruksteknologi siden 90-tallet, og med prosjekter innen bruk av luseskjørt siden 2010. Erfaringen med luseskjørt innebefatter bl.a. både krefter, bevegelse, virkningsgrad og påvirkning på fisken, og fiskens påvirkning på luseskjørtet.

Mer informasjon om forskning innen havbruksoperasjoner og havbrukskonstruksjoner finnes på:  
<https://www.sintef.no/ocean/havbruk/>

## Kompendiets perspektiv og formål

---

Dette kompendiet er utarbeidet av SINTEF Ocean for å dele kunnskap for å bidra til å heve kompetansen knyttet til bruk av skjermingsteknologi mot lakselus i havbruksnæringen. Formålet er å fremlegge kunnskapsgrunnlaget som har blitt opparbeidet gjennom et tiår med forskning på luseskjørt, som i dag er et utbredt forebyggende tiltak mot lakselus.

Informasjonen som gjøres tilgjengelig i dette dokumentet er et bidrag for å øke kompetansen rundt bruk av skjermingsteknologi, både innen laksenæringen, i utdanningsinstitusjoner og hos myndigheter.

Resultatene som presenteres i kompendiet består hovedsakelig av tre metodiske fremgangsmåter; modellskalaforsøk i Hirtshals, modellering, og fullskala målinger med innsamling av data fra matfiskanlegg.

Det tas forbehold om at arbeidet med skjermingsteknologi langt ifra er fullført, og at det er et mangfold av faktorer som det må tas stilling til videre. Dette kompendiet åpner dermed også opp for innspill og diskusjoner for videre arbeid med skjermingsteknologi.

# Kompendiets "Beskjed å ta med hjem"

## 3. Fysiske belastninger – Modellskala

- Det er liten forskjell på belastningen på forankringen påført fra de forskjellige skjørttypene og uavhengig av skjørtdybde. ([Side 24](#))
- Å øke nedlodningen på skjørtet gir ingen effekt på deformasjonen i strøm. ([Side 29](#))
- Punktlodding øker deformasjonen. ([Side 29](#))
- Behold etablerte vektorer for nedlodning av skjørt på 4 – 5 kg/m. Skjørtets deformasjon i bølger tilsvarer bølgehøyden. ([Side 31](#))

## 5. Vertikalposisjonen for skjørtet

- Med skjøten på skjørtet i bakkant (nedstrøms) med fri overlapp, vil ikke strømmen bli fanget i duken i like stor grad som om skjøten er på siden. Med skjøten oppstrøms vil overlappen legge seg inntil hverandre og nota vil hindre at skjøten sklir fra hverandre. ([Side 35](#))

## 6. Oksygen (DO)

- Det er dårligst forhold med hensyn til DO på innsiden av et tett skjørt i front (oppstrøms), 2- 3 m dypt og 3 – 4 m fra duken inn mot midten. ([Side 42](#))

## 7. Hydrografi og vannutskiftning

- Det å ta CTD-målinger på innsiden og utsiden av merden er en rask måling som kan gi en indikasjon på hvor mye utskiftning man har av vannet på innsiden av merden, og dermed en indikasjon på hvor mye av vannet som har blitt ført rundt merden. ([Side 50](#))

## 8. Alger (planteplankton)

- For å få nøyaktige data om alger, må man ta flere replikate vannprøver over tid. ([Side 56](#))

## 8. Oppsummering

- Kjenn din lokalitet! ([Side 60](#))



# Kompendiets konklusjoner

## 3. Fysiske belastninger – Modellskala

### Belastning ([Side 24](#))

- ✓ Forskjellen i dragkreftene på forankringen mellom tett duk, planktonduk, sylindernot eller spissnot øker lite opp til 20 cm/s strøm i forhold til merd med not uten skjørt. Fra 20 cm/s og oppover, så øker dragkraften tilnærmet lineært med strømhastigheten for alle typer skjørt.
- ✓ Det er liten variasjon mellom de forskjellige skjørttypene, planktonduk eller tett duk, uavhengig av dyp.
- ✓ Tilsvarende resultater ble funnet i Permaskjørt prosjektet (Lien og Volent 2012).

### Deformasjon ([Side 26](#))

- ✓ Det er liten forskjell i deformasjonen mellom planktonduk og tett duk.
- ✓ Det er stor forskjell i deformasjonen mellom sylindernot og spissnot, med 10 m skjørt, mellom 0 og 60 cm/s uavhengig av duktype, som skyldes at sylindernoten begrenser vandringen til skjørtet, mens for spissnoten kan duken vandre lengre før nota begrenser skjørtet. For 5 m skjørt er effekt og forskjellen mindre tydelig.
- ✓ Ingen nevneverdig forskjell ble observert på deformasjon mellom forsøkene med forskjellige nedloddingsvekter.
- ✓ Punktloading øker deformasjonen.

### Bølger ([Side 31](#))

- ✓ Skjørtet blir dratt opp med bevegelsen til flytekragen i bølger, og rekker ikke å synke før den neste bølgetoppen.
- ✓ Skjørtet kryper opp minst tilsvarende bølgehøyden.
- ✓ I bølger oppstår det rykkrefter, som ikke er målt i modellskala.
- ✓ Rykkrefter er vanskelig å måle.



# Kompendiets konklusjoner

---

## 5. Vertikalposisjonen for skjørtet ([Side 35](#))

- ✓ Resultatene fra fullskala målingene i forkant (oppstrøms) stemmer godt overens med modellskala.
- ✓ I bakkant (nedstrøms) er vertikalposisjonen avhengig av hvordan skjøten er plassert på siden, nedstrøms, oppstrøms eller om skjøten er sydd.
- ✓ Om skjøten er plassert i bakkant, kan skjørtet bli hevet opp til nærheten av overflaten.
- ✓ Om skjøten er plassert på sidene (90 grader på strømmen), vil skjørtet i bakkant heve seg mindre en i forkant.
- ✓ Med skjøten sydd, vil duken ikke ha noe fleksibilitet, og skjørtet vil da bli rigid og deformasjonen bli enda mindre en om den hadde vært åpen.
- ✓ Med skjøten sydd eller lagt på siden, vil duken oppføre seg som en fallskjerm og rette strømmen inn i merden.

## 6. Hvor skal man måle DO? ([Side 42](#))

- ✓ CFD analysen er en beregning med konstant påtrykt strøm i hele dypet. Dette er sjeldent tilfelle i virkeligheten.
- ✓ Område 2 i CFD analysen stemmer ikke overens med virkeligheten.
- ✓ Områdene med lavest DO i fullskalaobservasjonen er i samsvar med områdene med minst utskiftning av vann beregnet med CFD analyse.
- ✓ CFD analysen av strømmen bak merden kan forbedres ved å ta hensyn til deformasjoner av skjørtet.
- ✓ Dersom man er på jakt etter de laveste DO forholdene i en merd med skjørt, bør man måle i 2 - 3 m dyp 3 m fra skjørtet på innsiden, oppstrøms.



# Kompendiets konklusjoner

## 7. Hydrografi og vannutskiftning ([Side 50](#))

- ✓ Tetthetssjiktninger kompliserer strømningsbildet.
- ✓ Det er store lokale forskjeller i det hydrografiske miljøet.
- ✓ Ved å måle tetthet på innsiden og utsiden av merden kan man observere hvordan vannet beveger seg gjennom merden.

## 8. Alger (planteplankton) ([Side 56](#))

- ✓ Det ser ut som om det gjennomgående er høyere antall alger på innsiden av merd i forhold til utenfor gjennom perioden, selv om forskjellen ikke er så stor.
- ✓ Tellinger av enkelte vannprøver gir et mye høyere resultat innenfor en utenfor. F.eks. Fornes 22.04.2019 og Soløya 26. – 27.04.2019. Ved et tilfelle var algebestanden mye høyere på utsiden en på innsiden på Fornes 17.04.2019.
- ✓ Disse variasjonene kan muligens skyldes 2 forhold:
  - Vannet byttes ikke ut innenfor skjørtet i samme takt som utenfor, og blir stående slik at algene får tid til å vokse og dele seg.
  - Algene kommer flekkvis med strømmen på utsiden av skjørtet. Prøvetakingsmetoden tar ikke hensyn til dette, så vannet på innsiden kan være av annen opprinnelse (tidsmessig) en utenfor.

## 9. Oppsummering ([Side 60](#))

- ✓ Resultatene fra forskning og utvikling det siste 10-året, har ført til kunnskap som kan hjelpe næringen til en bedre forståelse av hvordan luseskjørt virker.
- ✓ Påvirkningsgraden av miljøet innenfor skjørtet er påvirket av fysiske ytre forhold og det biologiske innenfor.
- ✓ Disse forholdene varierer mye i løpet av en dag, uker, måneder og år, og bør kontinuerlig observeres.



# Innholdsfortegnelse

---

1. Introduksjon	<u>9</u>
2. Dagens bruk av luseskjørt	<u>15</u>
3. Fysiske belastninger – Modellskala	<u>20</u>
4. Grunnlagsmateriale – Fullskala	<u>34</u>
5. Vertikalposisjonen av skjørtet	<u>35</u>
6. Oksygen (DO)	<u>42</u>
7. Hydrografi og vannutskiftning	<u>50</u>
8. Alger (planteplankton)	<u>56</u>
9. Oppsummering	<u>60</u>
10. Hva mangler for å effektivisere luseskjørt ytterligere?	<u>61</u>
Referanser	<u>62</u>

# 1. Introduksjon

---

Forskning har vist at lusa hovedsakelig befinner seg i de øvre vannlagene. På grunn av dette har bruk av skjermingsteknologi økt betraktelig, som et forebyggende tiltak mot lakselus de siste ti årene. Hovedprinsippet bak skjermingsteknologi er å sette opp en "barriere" rundt merden, som hindrer vannmassene i de øverste lagene, og dermed lusen fra å slippe inn til laksen. Vanligvis består skjermingen av en presenningsduk som henges fra flytekragen og ned til et gitt dyp. I løpet av årene har det kommet mange varianter, både når det gjelder dybde og materialet til duken (både tette og permeable duker.)

Mange oppdrettere rapporterer om positive resultater i form av reduserte luspåslag ved bruk av skjermingsteknologi, andre ser ingen effekt, mens atter andre opplever store utfordringer med deformasjon av not, lavt oksygenivå inne i merdene, dårligere appetitt, samt gjelleproblematikk.

Gjennom det siste tiåret har SINTEF Ocean bidratt i forskningen for å heve kompetansen og øke kunnskapsbasen rundt bruk av skjermingsteknologi. I dette kompendiet ønsker vi å oppsummere funnene fra de ulike aktivitetene som har pågått hos SINTEF Ocean over en tiårsperiode, og å etablere et veiledningsverktøy for bruk av skjermingsteknologi.

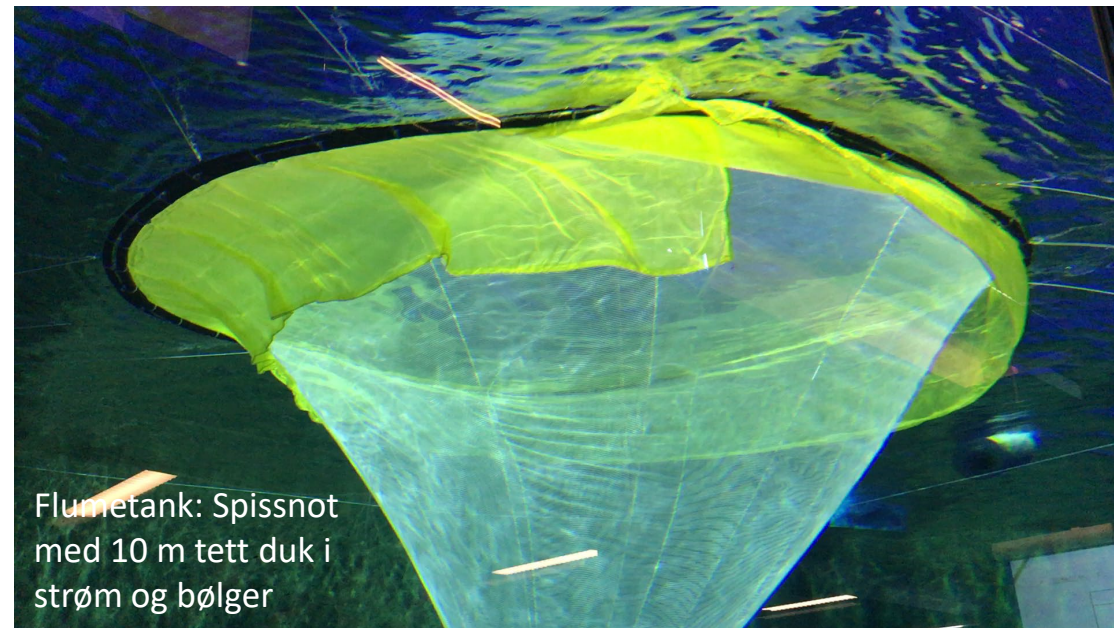
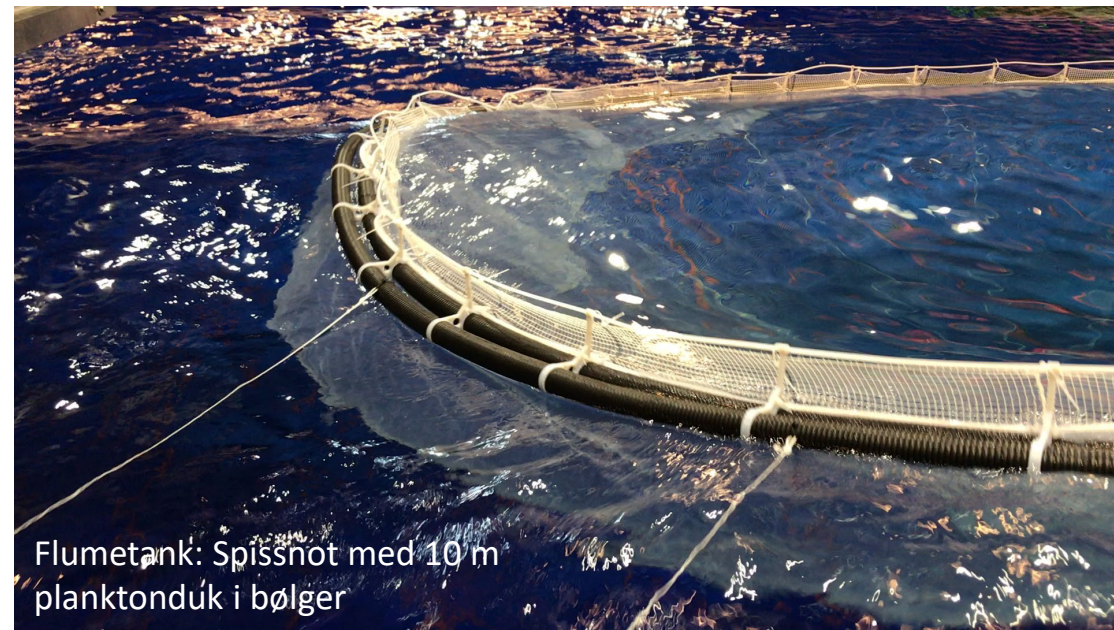
I kompendiet oppsummeres kunnskap om dagens bruk av skjermingsteknologi, samt resultater fra modellforsøk gjennomført i Hirtshals og fullskalamålekampanjer på ulike anlegg. I del 1 presenteres de ulike fasilitetene som har blitt benyttet, før del 2 oppsummerer dagens bruk av skjermingsteknologi. Del 3 presenterer de fysiske belastningene på merder med luseskjørt, og studiet av disse i modellskala. I del 4 til 8 presenteres resultater fra fullskala forsøk. Del 5 viser resultater fra målinger av deformasjon av luseskjørt, del 6 viser målinger av oksygen inne i merder, del 7 oppsummerer noen av funnene rundt interaksjon mellom hydrografi og vannutskiftning, og del 8 presenterer algemålinger gjennomført på to lokaliteter.



# 1. Introduksjon

## 1.1. Modellskala – Fasiliteter for forskning, SINTEF Ocean

- Flumetank: Hirtshals  
<https://www.sintef.no/alle-laboratorier/stromningstanken-i-hirtshals/>
- Slepetank: Tyholt  
<https://www.sintef.no/alle-laboratorier/skipsmodelltanken/>
- Havbasseng: Tyholt  
<https://www.sintef.no/alle-laboratorier/havbassenget/>





# 1. Introduksjon

## 1.1. Modellskala – Fasiliteter for forskning, SINTEF Ocean

Erfaringsdelingsseminar 31.05. – 01.06.2017

- Det ble gjennomført 77 registrerte forsøk med forskjellige konfigurasjoner av skjørt montert på merd med spiss- og sylindernot med bunnring, med forskjellige strømhastigheter og bølger.
- 8 foredrag ble holdt med variert innhold, med hovedsakelig bekjempelse av lus med skjørt som tema.



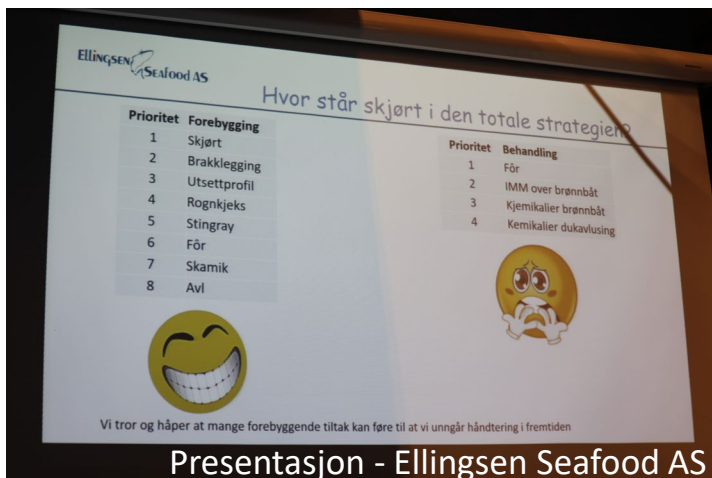
Video fra "Erfaringsdelingsseminaret i 2017"



# 1. Introduksjon

## 1.1. Modellskala – Fasiliteter for forskning, SINTEF Ocean

- Noen bilder fra Erfaringsdelingsseminaret i 2017



Presentasjon - Ellingsen Seafood AS





# 1. Introduksjon

## 1.2. Fullskala – Fasiliteter for forskning

- SINTEF ACE – Forskningsverktøy for fullskalamålinger
- SINTEF ACE er et storskala laboratorium hvor det utvikles og testes ny havbruksteknologi. <https://www.sintef.no/alle-laboratorier/ace/>

SINTEF Ocean har en rekke instrumenter for forskningsformål som trykkceller, lastsjakler, strømmåler, DO, pH, turbiditet, CTD, ROV, AUV, o.l. for målinger i og utenfor oppdrettsanlegg, oseanografiske forsøk og i laboratorier.

SINTEF har erfaring med fullskala forsøk for oppdrettsnæringen siden 90-tallet, og har gjennomført en rekke oppdrag både innen grunnforskning, vitenskapelige studier og oppdragsforskning.



Bilder fra lokalitetene benyttet i undersøkelsen av luseskjørt

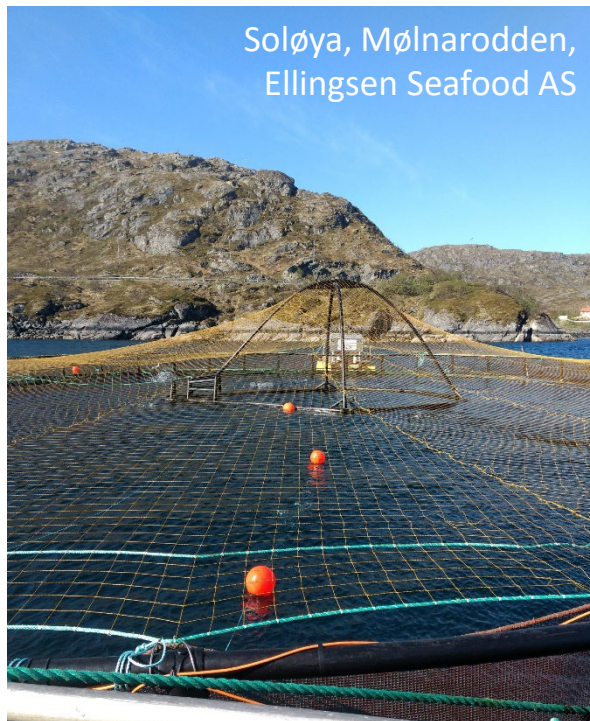




# 1. Introduksjon

## 1.2. Fullskala – Fasiliteter for forskning

- Utvalgte oppdrettsanlegg som har vært med i forskning og utviklingsarbeid



Bilder fra lokalitetene benyttet i undersøkelsen av luseskjørt



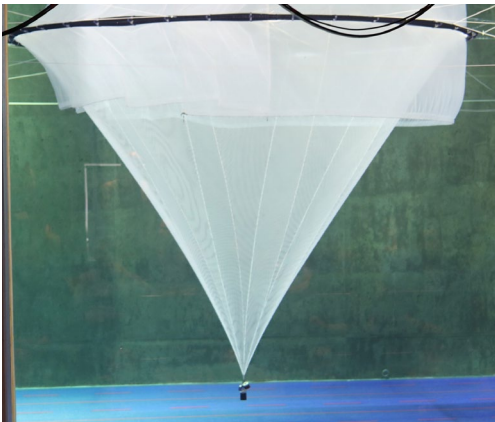


## 2. Dagens bruk av luseskjørtteknologi

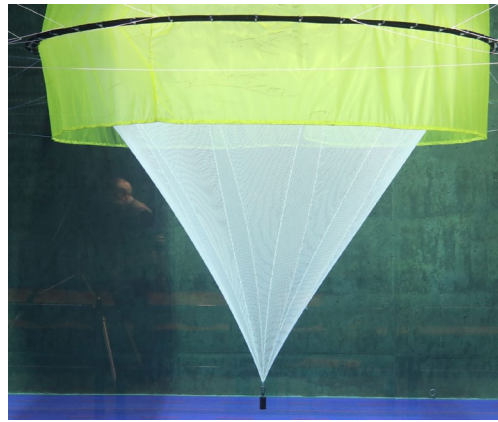
### 2.1. Luseskjørt og notvarianter

- De fleste skjørt monteres innenfor flytekragen eller gangbanen nærmest nota.
- De fleste skjørt består av enten 1 lang del med 10 – 20 m overlapp, eller 2 deler med overlapp på 5 -10 m.
- Det finnes 2 varianter av luseskjørtmateriale – tett duk og planktonduk med soliditet på ca. 50 % (permeabel).
- Dybde på skjørt er gjerne 5, 7 eller 10 m.
- Nedlodding varierer fra 2 – 8 kg/m.

Planktonduk

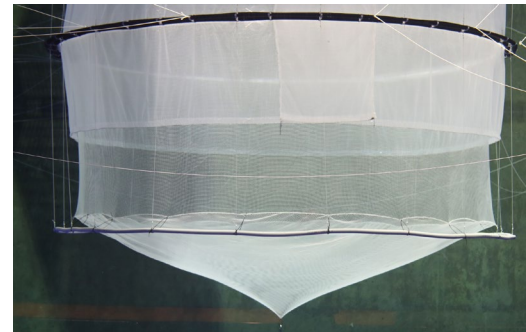


Tett skjørt

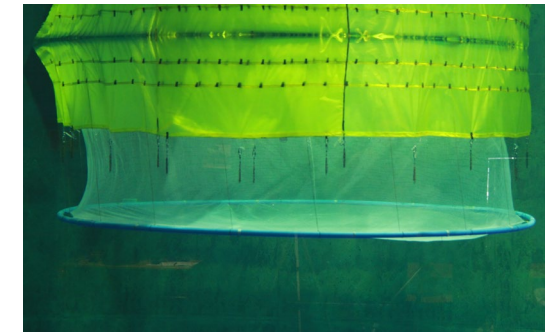


Merd med spissnot

Planktonduk



Tett skjørt



Merd med sylindernot og bunnring

## 2. Dagens bruk av luseskjørt

### 2.2. Resultater fra spørreundersøkelse 2020 - Generelt

- Datagrunnlag: dybdeintervju med 13 oppdrettere.
- Stor variasjon i skjørtedybde blant oppdretterne - fra 5 meter til 10 meter. Enkelte oppdrettere eksperimenterte med skjørt som var 12 og 15 meter dype.
- Mange benyttet seg av midt-norskringen og noen strømsettere for å øke oksygenmetning og optimalisering av merdmiljøet.
- Forskjellige praksiser relatert til logging av oksygen og merdmiljø.
- Plassering, dybde og antall oksygensensorer varierte blant oppdretterne.



Finnkjerka, Raftsundet, Nordlaks Oppdrett AS



## 2. Dagens bruk av luseskjørt

### 2.3. Resultater fra spørreundersøkelse - utfordringer med luseskjørt

- Utfordringer med oksygen – ofte periodevis på grunn av høy biomasse og temperatur.
- Bekymringer for gjellehelsen, tilvekst og godt merdmiljøet blant enkelte oppdrettere, men ikke alle.
- Bruk av skjørt på lokaliteter som var strømuttsatt var problematisk.
- Deformasjon (timeglass) av luseskjørtene på grunn av ulik vanntetthet var en utfordring hos noen av oppdretterne. Ulik vanntetthet resulterte i en vakuumeffekt av duken som gjorde at den fikk en timeglassform.



## 2. Dagens bruk av luseskjørt

---

### 2.4. Resultater fra spørreundersøkelse - Oppfatninger om effekten av luseskjørt

- Mange oppdrettere opplevde varierende effekt av luseskjørt.
- På enkelte lokaliteter hadde oppdretterne god effekt av skjørt, mens på andre lokaliteter opplevde de dårlig effekt.
- Noen av oppdretterne så ikke noen effekt av luseskjørtene, og hadde dermed valgt å ikke benytte seg av skjermingsteknologi.
- De fleste mente at luseskjørtene hadde en viss effekt og bidro til å redusere antall avlusinger.
- Dybde på luseskjørt var avgjørende for god effekt, ifølge enkelte oppdrettere.

Region	Skjørt	Utfordringer	Overvåkning	Effekt av skjørt
Informant 1 (Midt)	Ja	Oksygenet i perioder	Oksygenmålere i hver not	God effekt av luseskjørt
Informant 2 (Midt)	Ja	Problemer med oksygen når det er høy biomasse	2-3 oksygenmålere i øvre og nedre del av skjørtet	Ser ikke effekten
Informant 3 (Midt)	Ja	Det har vært noen spekulasjoner rundt gjellehelse, men ikke noe dokumentert	I mesteparten av merdene så er det oksygensensor på kameraet. Har miljøstasjoner på noen lokaliteter, men står utenom merdene	Det tar lengre tid før påslagene kommer med skjørt, men det varierer litt.
Informant 4 (Midt)	Ja	Gjelleproblemer i skiftet august-september	Logger oksygen på 1 og 5 meter i to merder	Det går mye lengre tid før tiltak må settes inn. Ser en grei effekt
Informant 5 (Midt)	Ja	Merker litt dårligere tilvekst. Samler mer rødåte i merden. Dårligere oksygenivå i perioder	Eksterne sensorer, men ikke i alle merder på alle lokalitetene. Har referansemerder, 3 og 7 meter. Måler manuelt på flere dybder av og til	Opplever ikke noe særlig effekt på lusepåslag, men har mindre avlusninger.
Informant 6 (Sør)	Nei, men har forsøkt	Dårlig tilvekst på fisken, økt produksjonstid, deformasjon (timeglass), dårlig gjellehelse	Manuell kontroll av oksygen på flere dybder	Grei effekt på en lokalitet, dårlig effekt på en annen lokalitet
Informant 7 (Sør)	Ja	Utfordring med merdmiljøet, bruker midtnorsk, men skal bruke strømsetter	Sensorer i alle merder med skjørt. En sensor på 3 meter og en sensor i skjørtovergangen på rundt 10 m. Måler oksygen, temperatur og salinitet	Bruker 10- 15 m dype skjørt. Dybden er avgjørende for effekten
Informant 8 (Sør)	Nei, men har forsøkt	Fisken trakk nedover, litt problemer med oksygen og gjellehelse	Logget på forskjellige dyp, husker ikke hvilken dybde	Så effekten av skjørtene
Informant 9 (Sør)	Ja	Dårlig oksygen med tette skjørt, deformasjon (timeglass)	Temperatur og salinitet inne i noten. Oksygen på 1, 3 og 7 meter (referansemerd)	Virker til en viss grad
Informant 10 (Nord)	Ja	Litt problemer med oksygenivåene, skal ha forsøk med strømsettere. Ble litt redusert appetitt på grunn av stillestående vann (korte perioder)	Logger utenfor og innfor skjørtene. Har loggestasjon på 5 meter, innenfor, utenfor og referansemerd. Logger på 5 og 10 meter i merdene	Har troen på luseskjørt og at det sparer oss for noen avlusningsrunder
Informant 11 (Nord)	Ja	Lavere oksygen på større fisk	Oksygenmåler på kamera og på utsiden av merdene	Ser ikke effekten
Informant 12 (Nord)	Ja	Lavere oksygenivå i perioder i forbindelse med høy biomasse og høye temperaturer	Miljøsensorer i hver merd, måler i overflate og på 5 meter	Ser effekten til en viss grad, men vanskelig å se effekten under høyt lusepress
Informant 13 (Nord)	Ja	Gjellebetennelse grunnet tett merdmiljø, litt dårligere tilvekst	Både faste oksygenmålere og manuell måling	Ser effekten, men det kan variere mellom lokalitetene

## 2. Dagens bruk av luseskjørt

### 2.5. Oppsummering av spørreundersøkelsen

- Tabell oppsummerer de mest sentrale funnene fra spørreundersøkelse gjennomført i 2020.

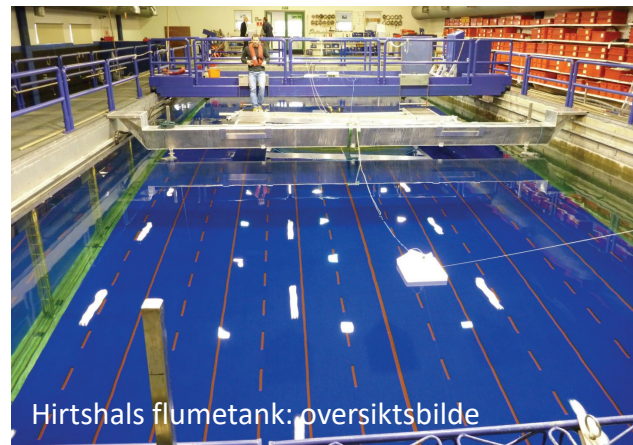
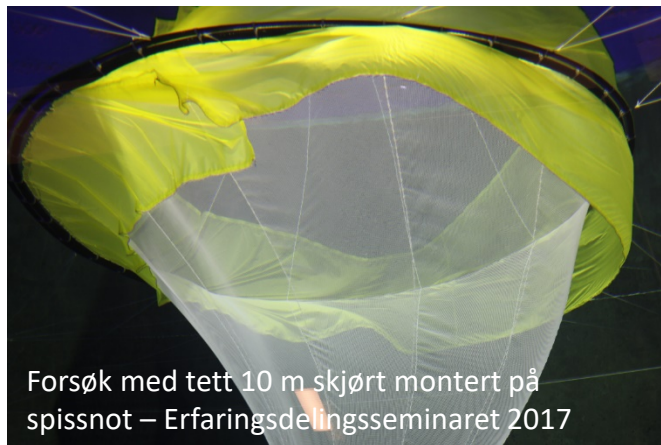


# 3. Fysiske belastninger – Modellskala

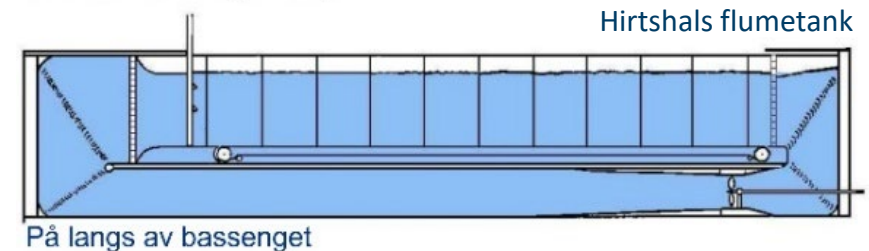
## 3.1. Grunnlagsmateriale

### Modellskalaforsøk og observasjoner i skala 1:17

- Modellskalaforsøk ble gjennomført i flumetanken i Hirtshals i 2 prosjekter.
- Permaskjørt (FHF prosjekt 900711), der 3 forskjellige lengder av tette skjørt med dybde 5, 7 og 10 m montert på en sylindernot ble undersøkt i varierende strøm, og i tillegg til noen spesialtilfeller bl. a. forskjellig nedlodning av skjørt.
- SKJERMTEK (FHF prosjekt 901405), Erfaringsdelingsseminaret mai/juni 2017, der 4 ulike skjørt ble brukt på 2 merdtyper, sylindernot og spissnot. Skjørtelengdene var 5 og 10 m, laget av planktonduk (permeable skjørt) og av tett duk, som ble undersøkt i varierende strøm. I tillegg til planlagte forsøk, noen spesialtilfeller bl. a. punkt nedlodning og visuelle observasjoner i bølger.



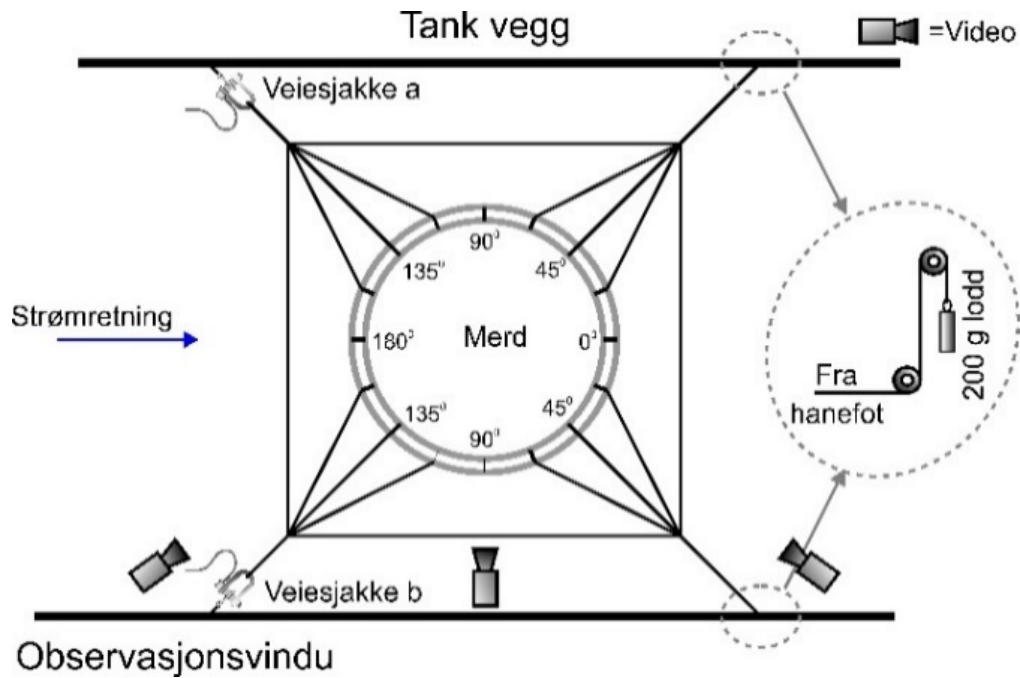
Måleområdet (L\*B\*D): 21,3\*8,0\*2,7m.  
Vannvolum: 1200m<sup>3</sup>.  
Vinduer: 2 x 3m (20 stk.)



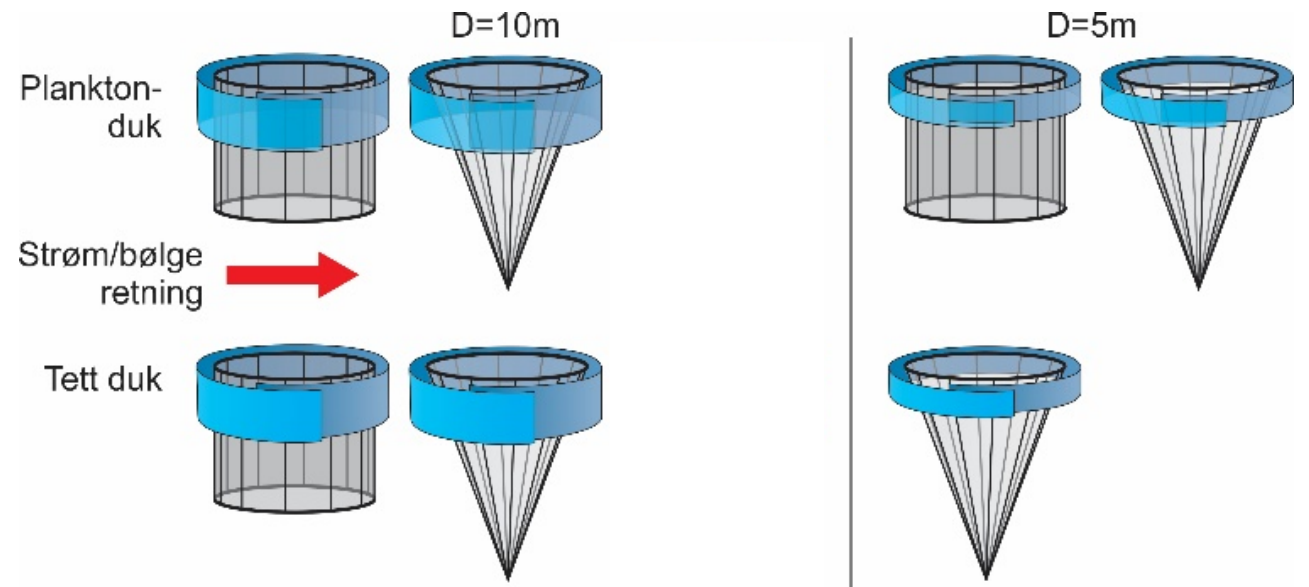
# 3. Fysiske belastninger – Modellskala

## 3.2. Forsøksoppsett i skala 1:17

Froude skaleringslov ble benyttet til å skalere modellene av en fullskala merd, 160 metring med 20 m dyp sylindrisk not og 55 m dyp spissnot med påmontert tett og permeabelt skjørt, 5 og 10 m dype.



Illustrasjon av forankringen av modellene og veiesjakkenes plassering.



Illustrasjon av montering av de forskjellige merdene og konfigurasjonene, alle skjørtene montert på innsiden av flytekragen, med en nedlodning på 4 kg/m.

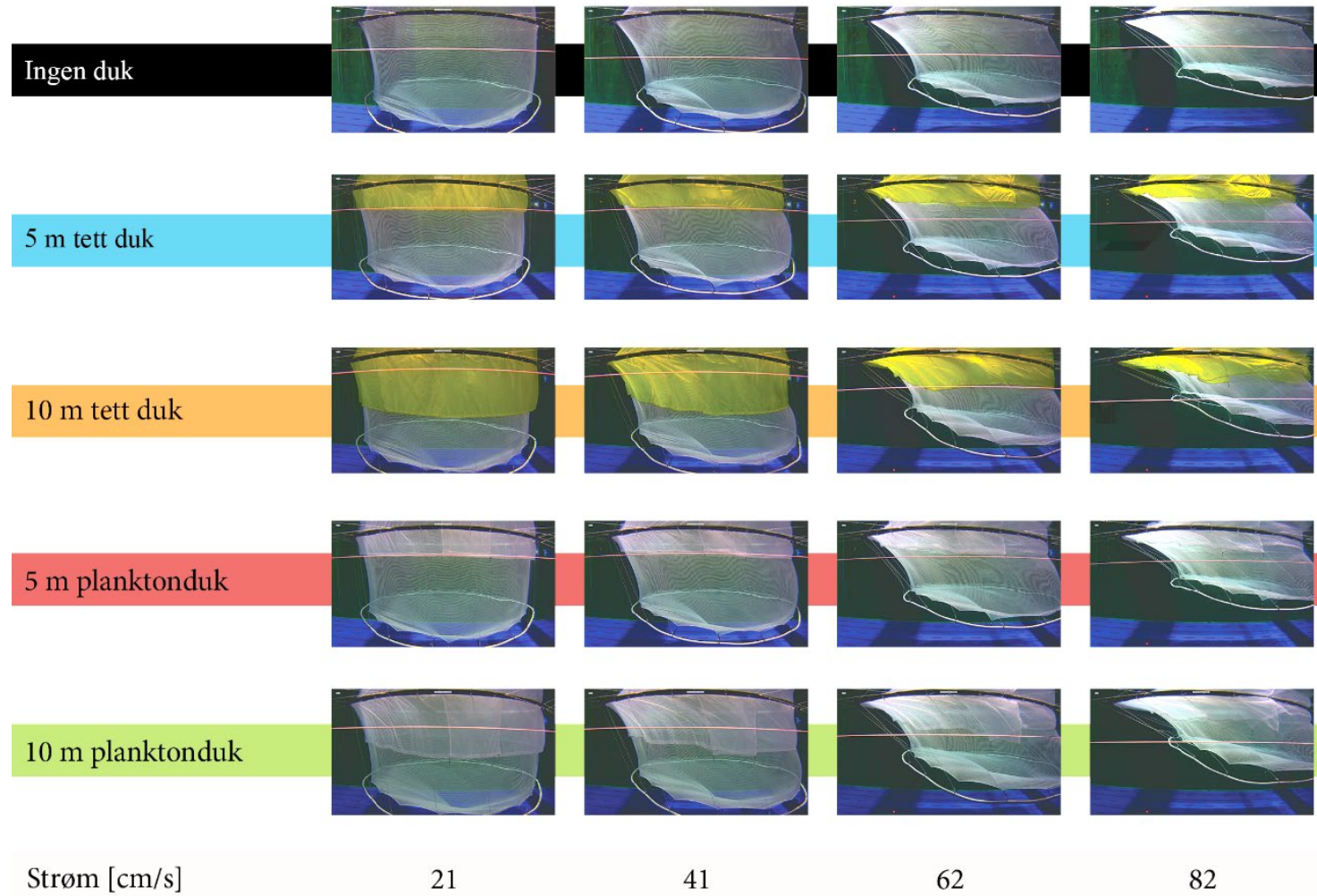


# 3. Fysiske belastninger – Modellskala

## 3.3. Gjennomføringen av forsøkene

- Spissnot med 5 og 10 m dype planktonskjørt – Erfaringsdelingsseminar 2017

Skjematisk fremstilling av forsøkene med sylindernot og bunnring med de forskjellige kombinasjonene sylindernot med bunnring uten duk, 5 m og 10 m tette skjørt, og 5 og 10 m planktonduk skjørt med strømhastigheter fra 21 – 82 cm/s i fullskala. Bildene er tatt vinkelrett på strømmen med strømreretning mot høyre.

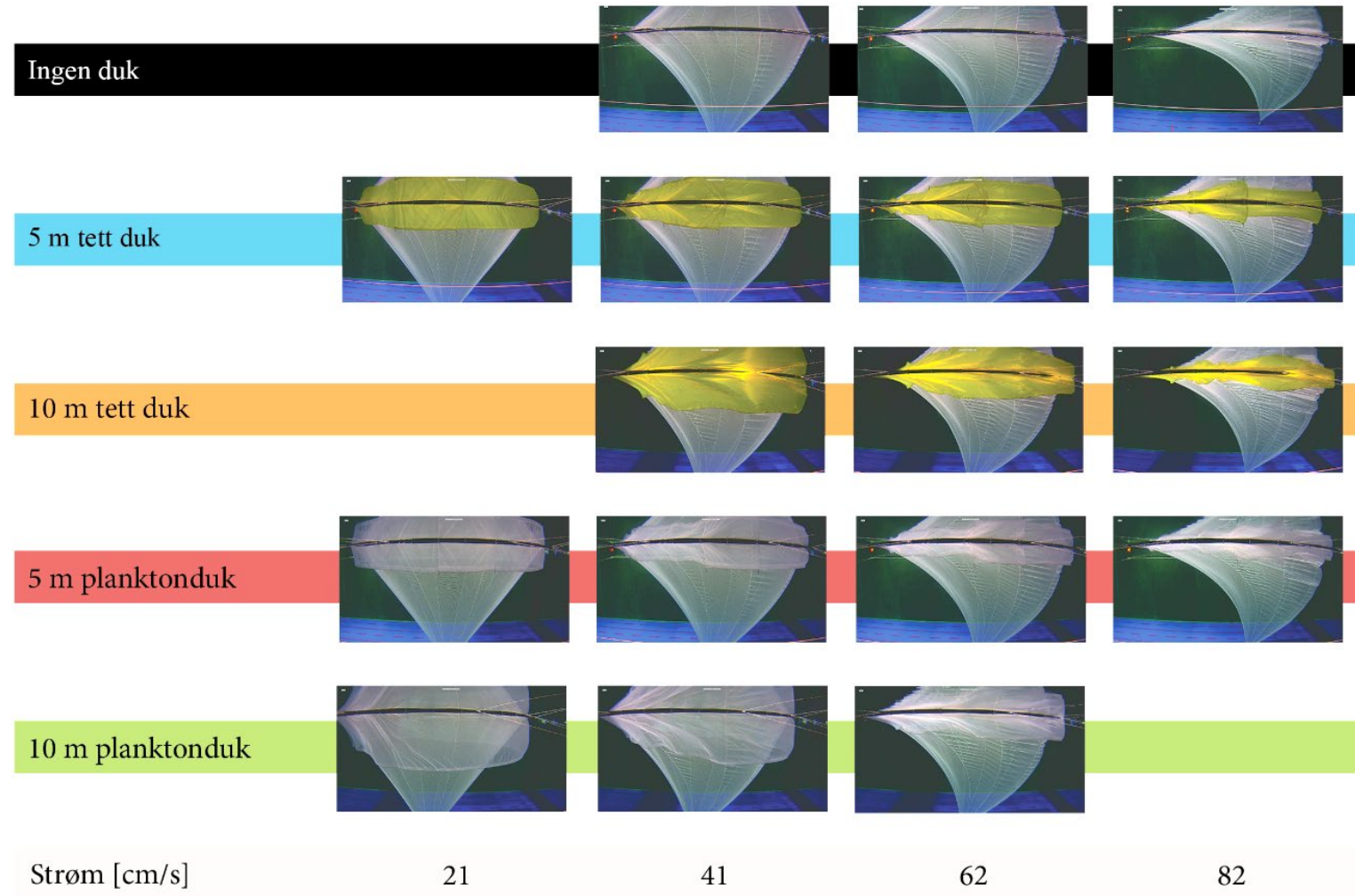


# 3. Fysiske belastninger – Modellskala

## 3.3. Gjennomføringen av forsøkene

- Spissnot med 5 og 10 m dype planktonskjørt – Erfaringsdelingsseminar 2017

Skjematisk fremstilling av forsøkene med spissnot med de forskjellige kombinasjonene uten duk med et lodd på 5 tonn tørrvekt, 5 m og 10 m tette skjørt, og 5 og 10 m planktonduk skjørt med strømhastigheter fra 21 – 82 cm/s i fullskala. Bildene er tatt vinkelrett på strømmen med strømretning mot høyre.



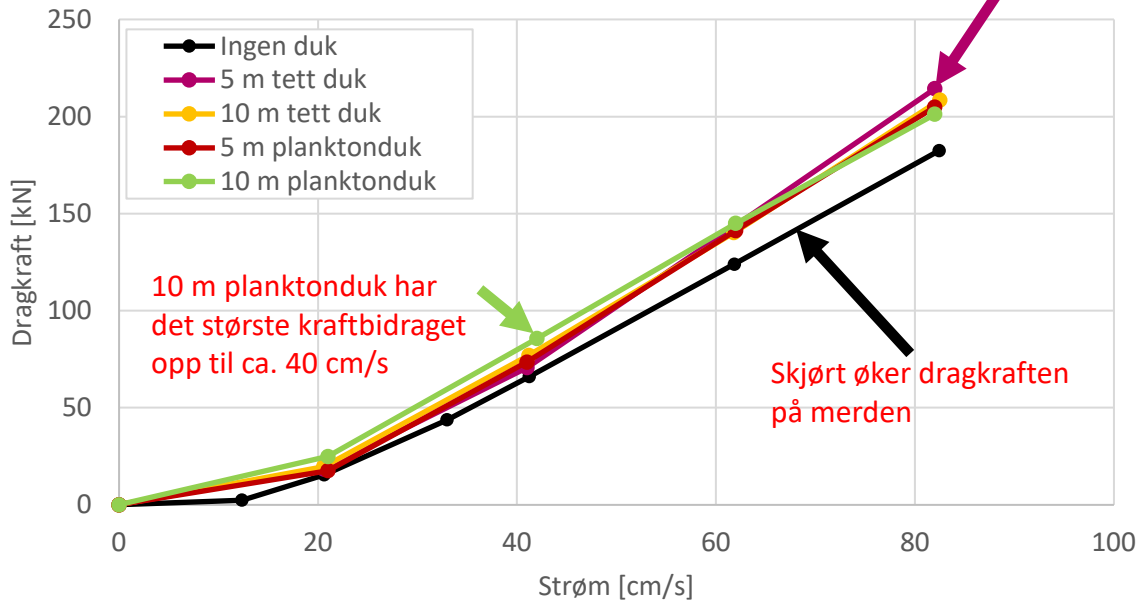


# 3. Fysiske belastninger – Modellskala

## 3.4. Strøm – Dragkrefter

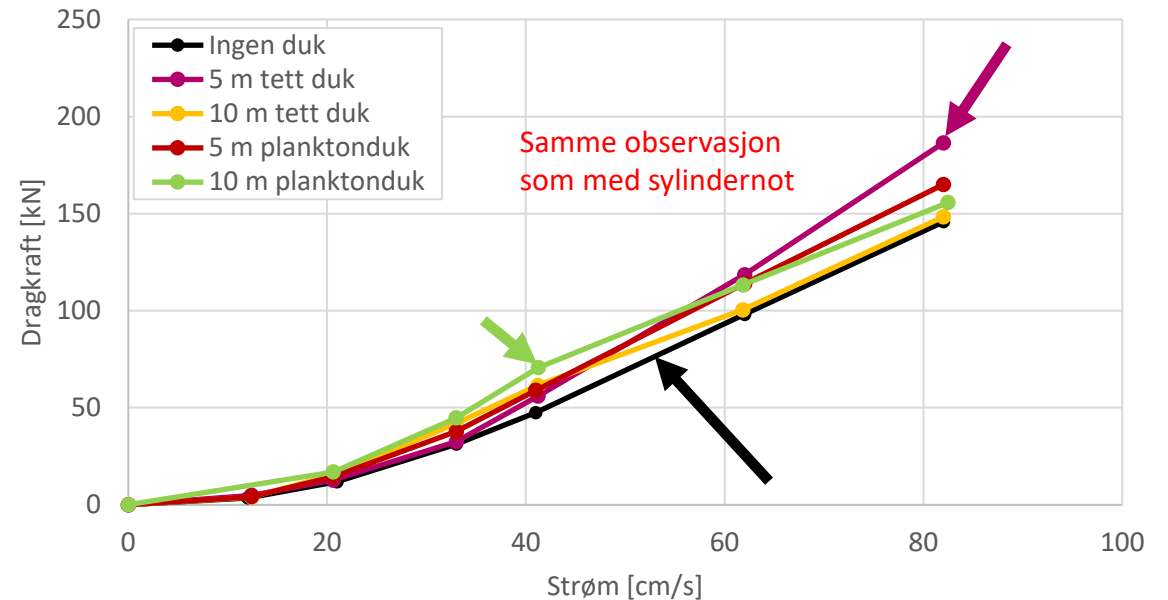
Ved høyere strøm har 5 m tett duk det største kraftbidraget

Dragkraft i strømretning, sylindernot



Dragkrefter parallelt med strømmen (vertikal akse) med hensyn på strømhastigheten (horisontal akse) for konfigurasjonene sylindernot med bunnring uten duk, 5 og 10 m dyp tett duk, og 5 og 10 m dyp planktonduk.

Dragkraft i strømretning, spissnot



Dragkrefter parallelt med strømmen (vertikal akse) med hensyn på strømhastigheten (horisontal akse) for konfigurasjonene spissnot med 5 tonns lodd uten duk, 5 og 10 m skjørt med tett duk, og 5 og 10 m skjørt med planktonduk.

# 3. Fysiske belastninger – Modellskala

## 3.4. Strøm – Dragkrefter

### Konklusjon

- ✓ Forskjellen i dragkreftene på forankringen mellom tett duk, planktonduk, sylindernot eller spissnot øker lite opp til 20 cm/s strøm i forhold til merd med not uten skjørt.
- ✓ Fra 20 cm/s og oppover, så øker dragkraften tilnærmet lineært med strømhastigheten for alle typer skjørt.
- ✓ Det er liten variasjon mellom de forskjellige skjørtypene, planktonduk eller tett duk, uavhengig av dyp.
- ✓ Tilsvarende resultater ble funnet i Permaskjørt prosjektet (Lien og Volent 2012).

### Beskjed å ta med hjem

Det er liten forskjell på belastningen på forankringen påført fra de forskjellige skjørtypene og uavhengig av skjørtdybde.

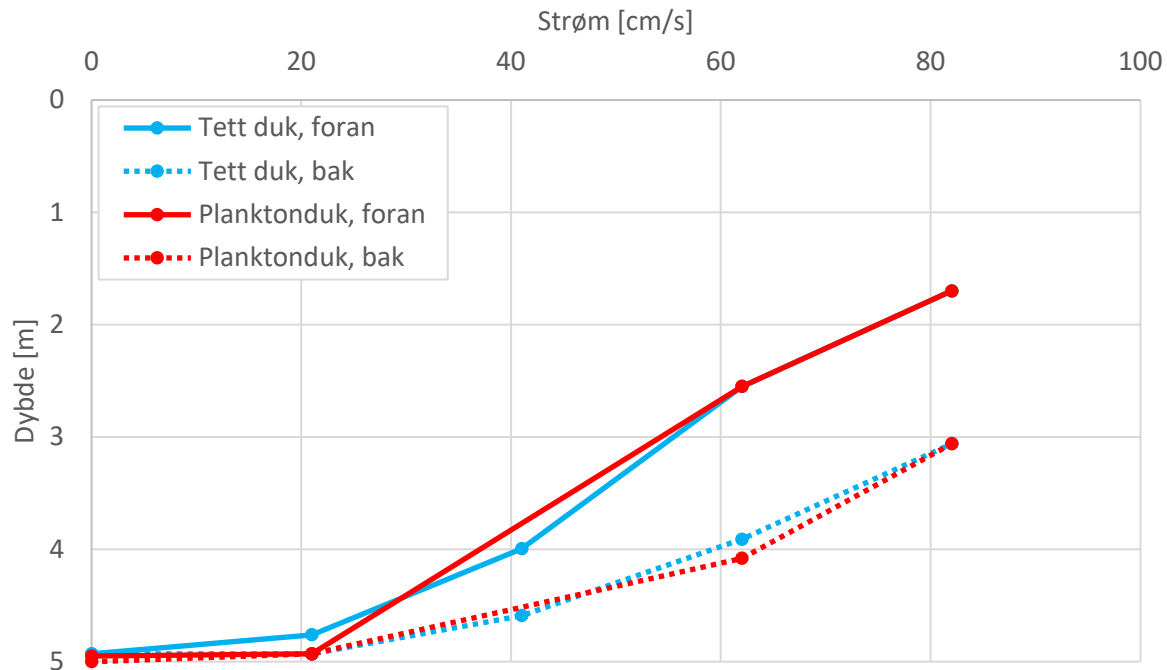


# 3. Fysiske belastninger – Modellskala

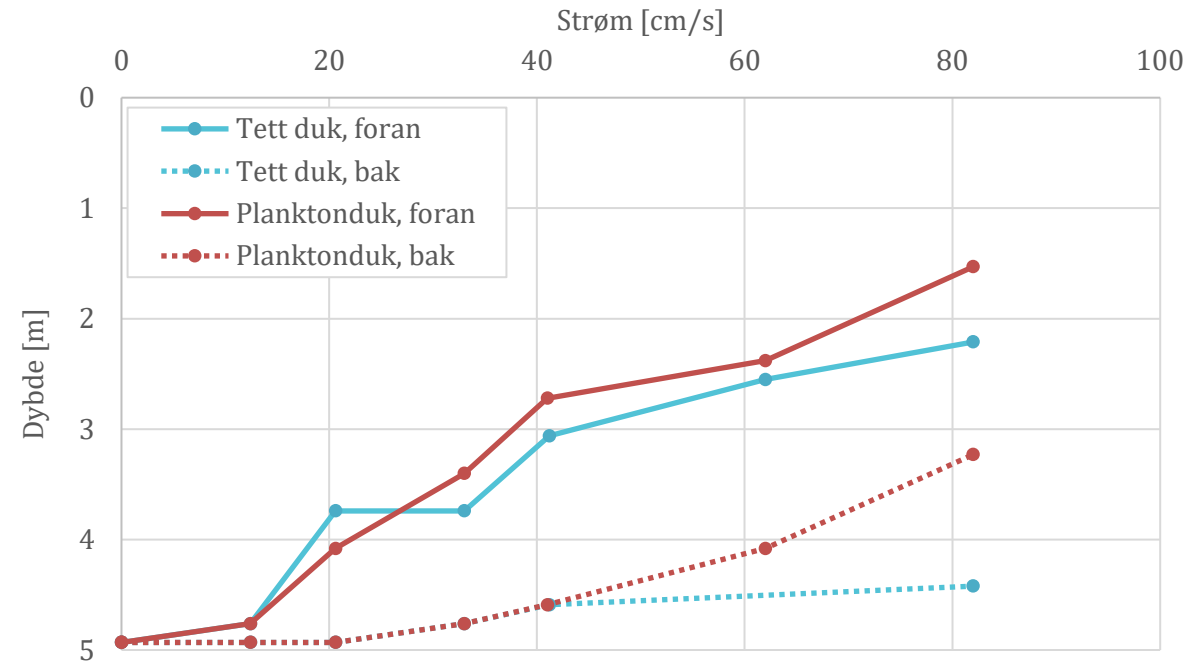
## 3.5. Strøm – Deformasjon

Ingen forskjell av betydning på tett duk og planktonduk

Skjørtdybde på sylindernot, 5 m skjørt



Skjørtdybde på spissnot, 5 m skjørt



Skjørtdyp (vertikal akse med vannflaten ved 0) med hensyn på strømhastighet (horisontal akse) for konfigurasjonen spissnot med 5 tonns lodd med tett duk og permeabelt 5 m dypt skjørt.

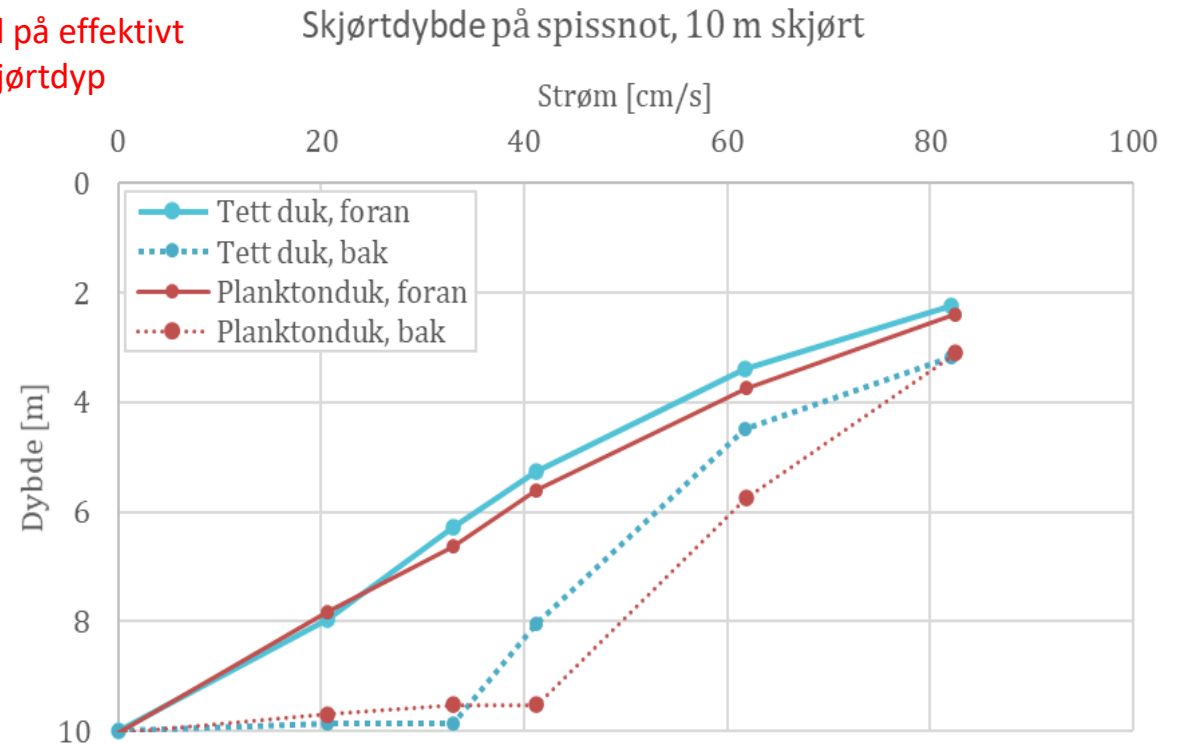
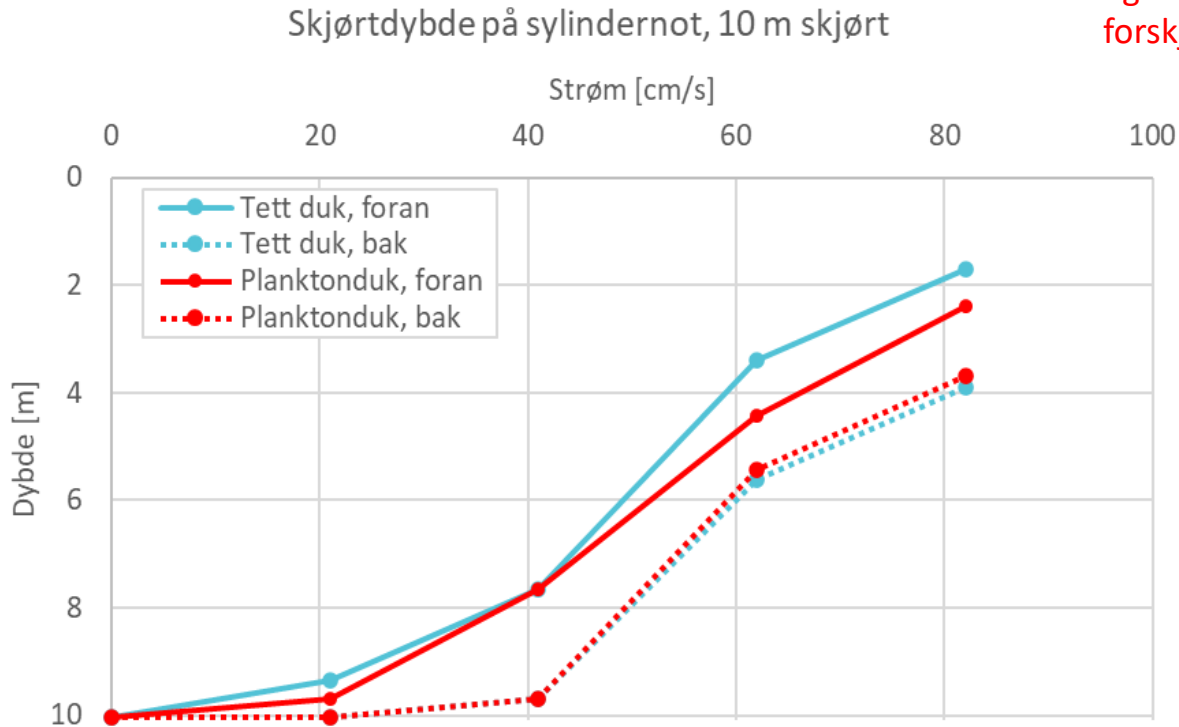
(Data for planktonduk ved 42 cm/s er utelatt på grunn av feilmåling)

Skjørtdyp (vertikal akse med vannflaten ved 0) med hensyn på strømhastighet (horisontal akse) for konfigurasjonen spissnot med 5 tonns lodd med tett duk og permeabelt 5 m dypt skjørt.

# 3. Fysiske belastninger – Modellskala

## 3.5. Strøm – Deformasjon

Også her er det liten forskjell på effektivt skjørtdyp



Skjørtdyp foran og bak (vertikal akse med vannflaten ved 0) med hensyn på strømhastighet (horisontal akse) for konfigurasjonene sylindernot med bunnring, tett duk og planktonduk for 10 m skjørt.

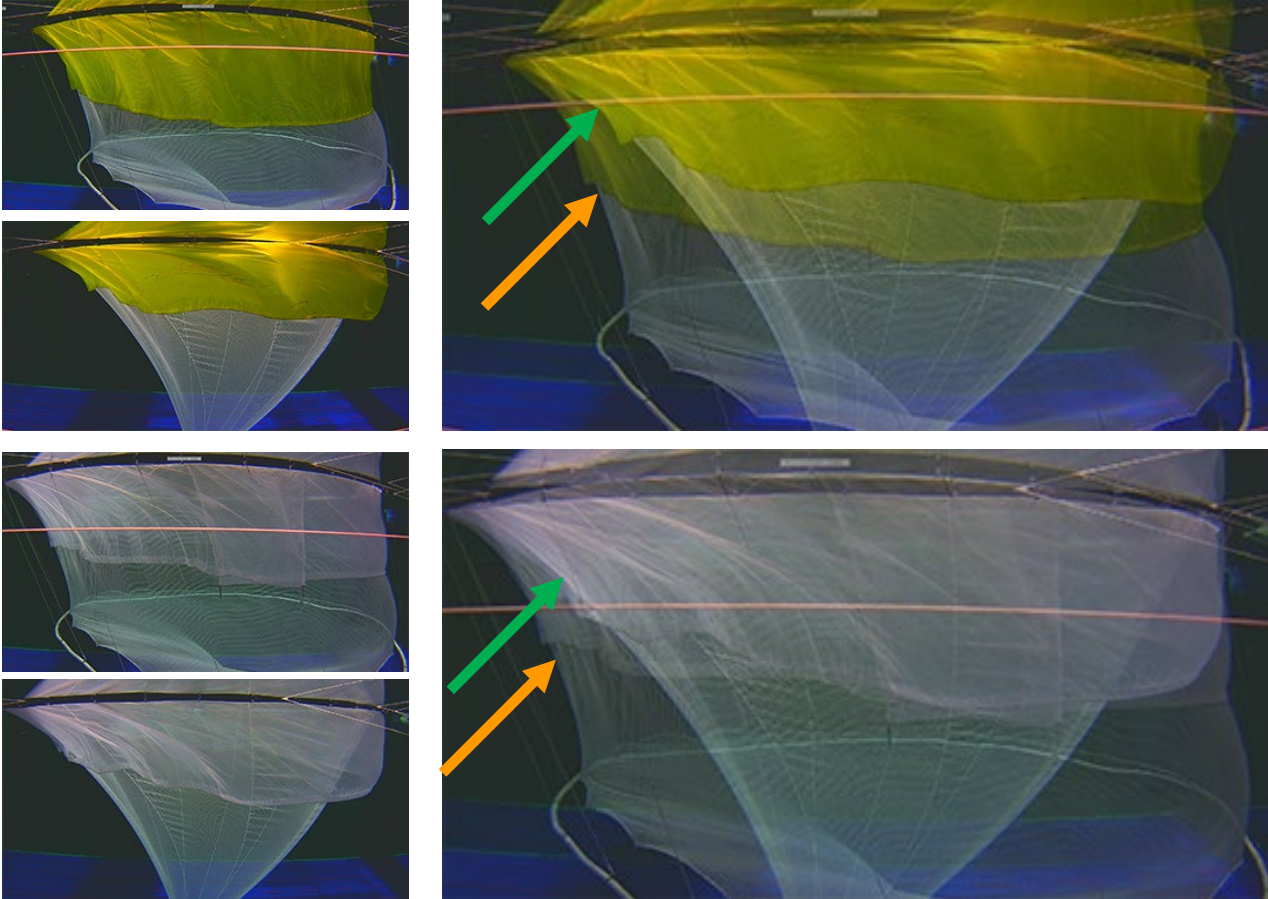
Skjørtdyp foran og bak (vertikal akse med vannflaten ved 0) med hensyn på strømhastighet (horisontal akse) for konfigurasjonene spissnot med 5 tonns lodd med tett duk og planktonduk for 10 m skjørt.



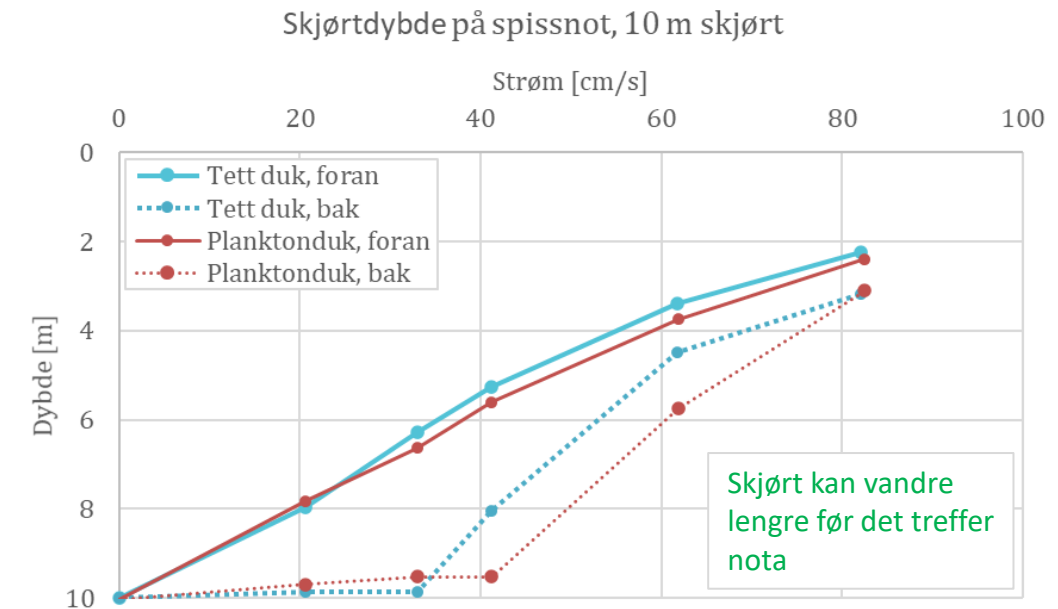
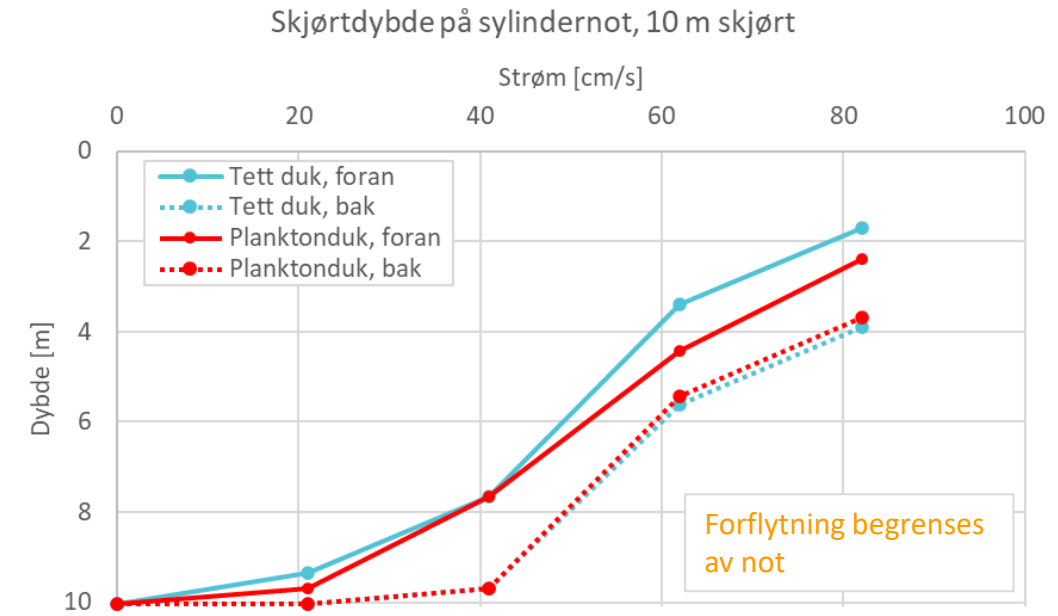
# 3. Fysiske belastninger – Modellskala

## 3.5. Strøm – Deformasjon

Sylindernot versus spissnot



Sammenligning av 10 m duk i 42 cm/s strøm



# 3. Fysiske belastninger – Modellskala

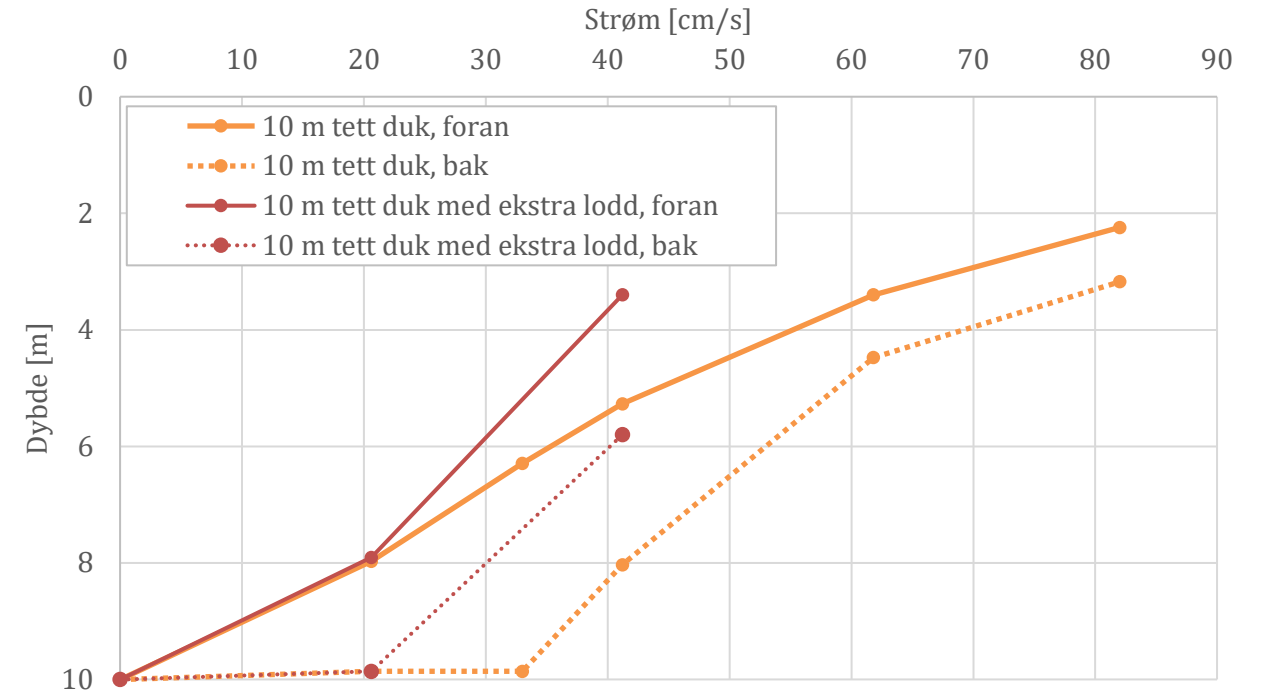
## 3.5. Strøm – Deformasjon

### Andre forsøk

I Permaskjørt prosjektet (FHF prosjekt 900711) ble det gjennomført modellforsøk med forskjellige nedloddinger, 3,6 og 12,4 i tillegg til 24,4 kg/m, fordelt rundt nedre kant av duken. Analysene er ikke tatt med her, men kan finnes i Lien og Volent 2012).

Det ble gjennomført deformasjonsmålinger med et ekstra punktlodd på 100 kg i forkant (oppstrøms) og i bakkant (nedstrøms) på 10 m dypt tett skjørt montert på merd med spissnot.

Skjørtdybde på spissnot, 10 m skjørt





# 3. Fysiske belastninger

## 3.5. Strøm – Deformasjon

### Konklusjon

- ✓ Det er liten forskjell i deformasjonen mellom planktonduk og tett duk.
- ✓ Det er stor forskjell i deformasjonen mellom sylindernot og spissnot, med 10 m skjørt, mellom 0 og 60 cm/s uavhengig av duktype, som skyldes at sylindernoten begrenser vandringen til skjørtet, mens for spissnoten kan duken vandre lengre før nota begrenser skjørtet. For 5 m skjørt er effekt og forskjellen mindre tydelig.
- ✓ Ingen nevneverdig forskjell ble observert på deformasjon mellom forsøkene med forskjellige nedloddingsvekter.
- ✓ Punktlodding øker deformasjonen.

### Beskjed å ta med hjem

Å øke nedloddningen på skjørtet gir ingen effekt på deformasjonen i strøm.

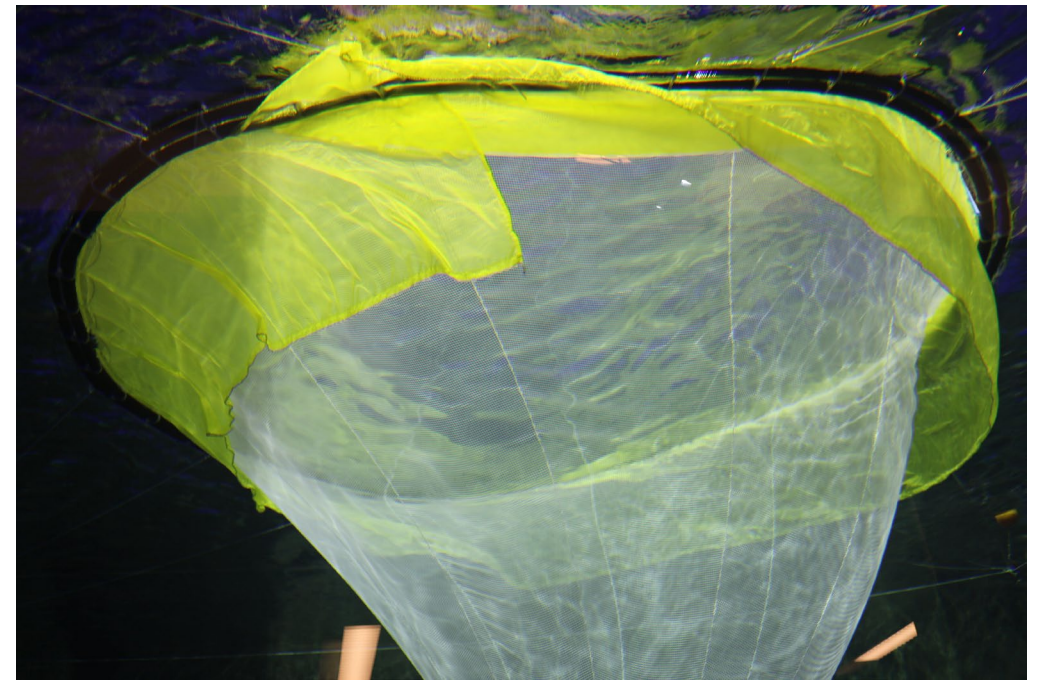
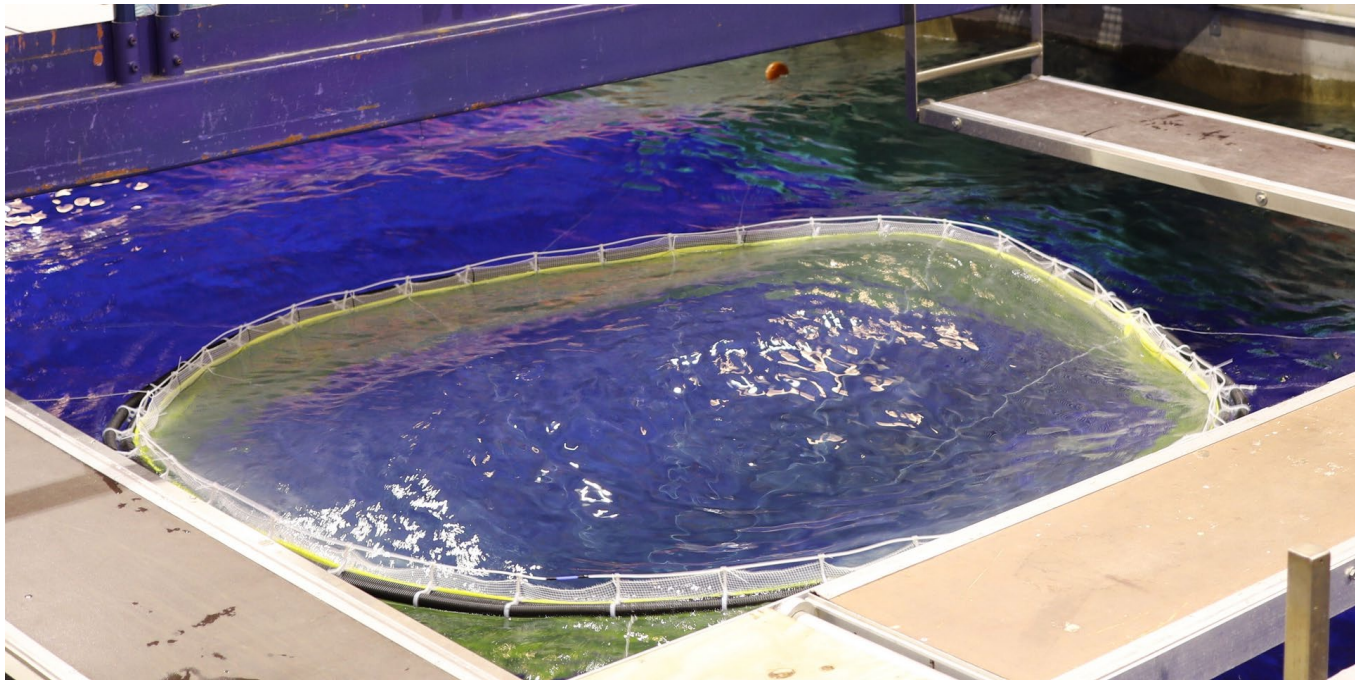
Punktlodding øker deformasjonen.

Behold etablerte vekter for nedloddning av skjørt på 4 – 5 kg/m.

# 3. Fysiske belastninger – Modellskala

## 3.6. Bølger

- Det ble gjennomført forsøk med sylindrer- og spissnot med skjørt av begge typene i dybdene på 5 og 10 m.
- Sylindernot med planktonduk på 10 m er vist på neste side som et eksempel.

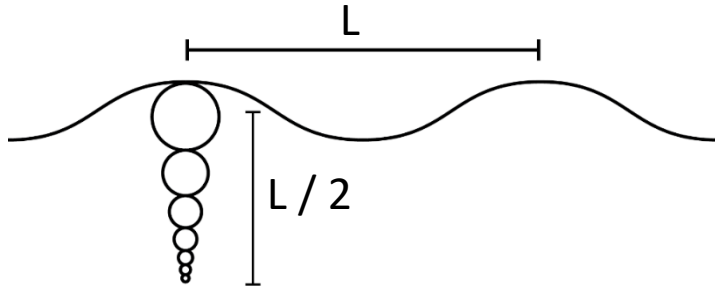




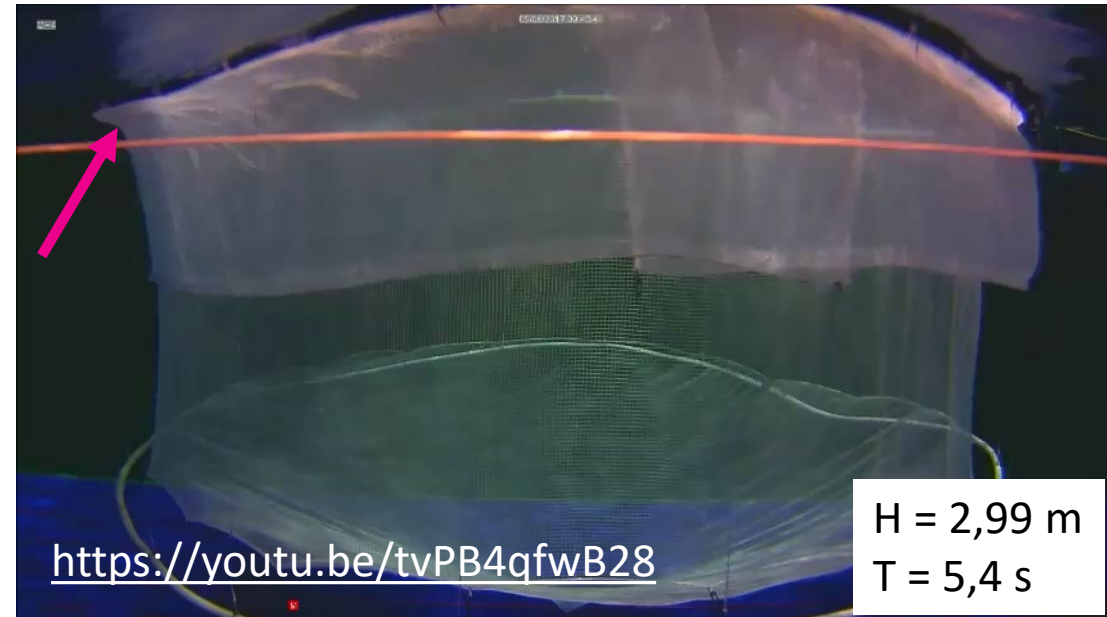
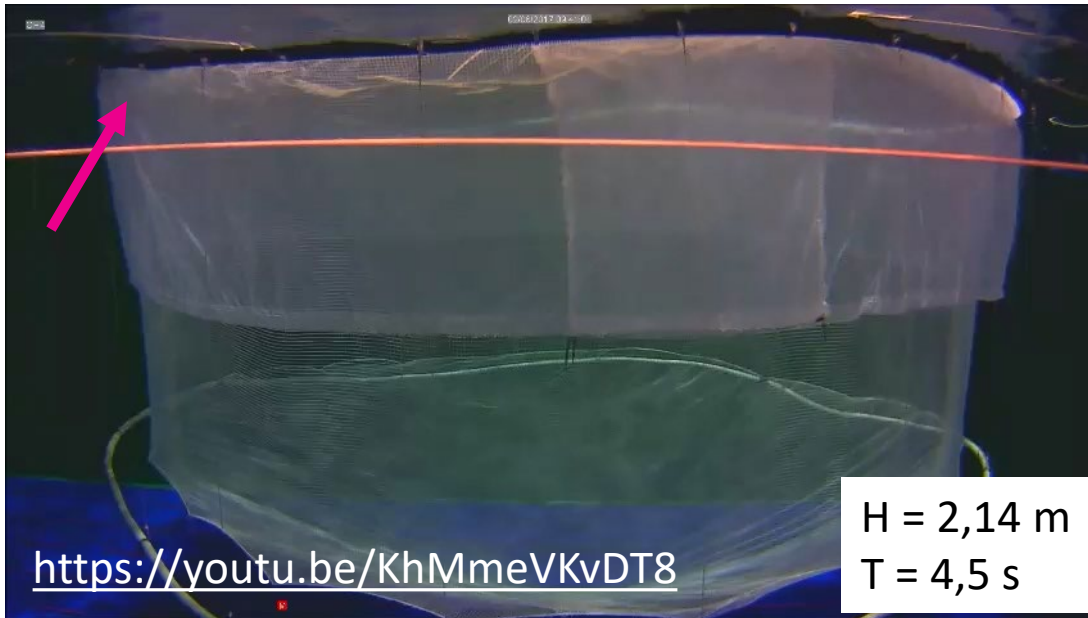
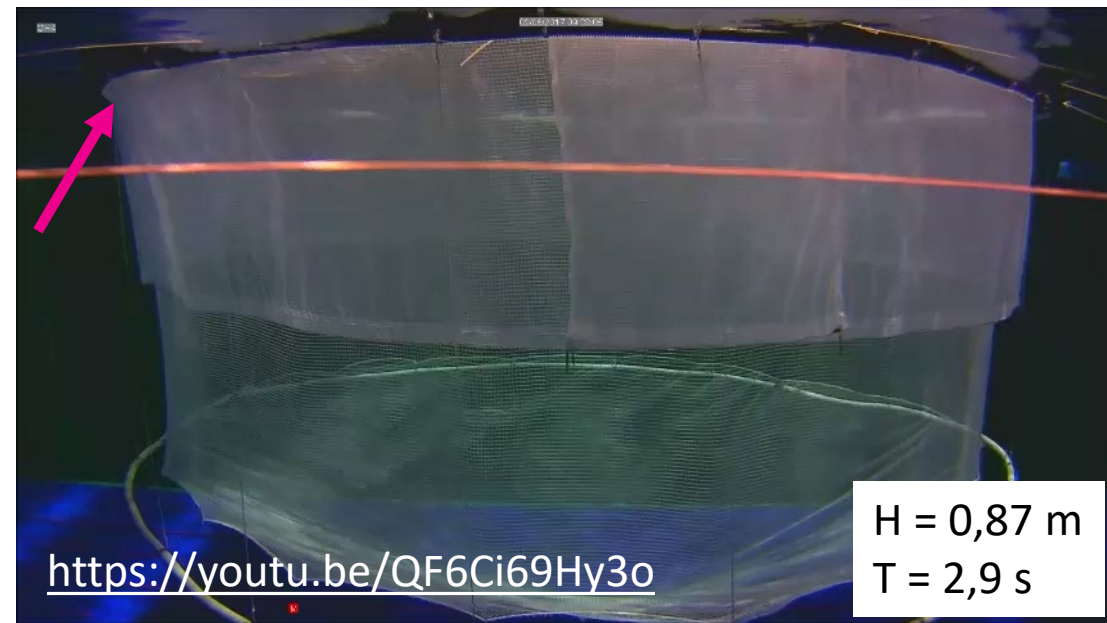
# 3. Fysiske belastninger - Modellskala

## 3.6. Bølger

- Sylindernot
- 10 m planktonduk



Vannbevegelsene er størst på overflaten → skjørtet kan krype oppover (se der pilen peker når videoen startes)



# 3. Fysiske belastninger – Modellskala

## 3.6. Bølger

### Konklusjon

- ✓ Skjørtet blir dratt opp med bevegelsen til flytekragen i bølger, og rekker ikke å synke før den neste bølgetoppen.
- ✓ Skjørtet kryper opp minst tilsvarende bølgehøyden.
- ✓ I bølger oppstår det rykkrefter, som ikke er målt i modellskala.
- ✓ Rykkrefter er vanskelig å måle.

### Beskjed å ta med hjem

Skjørtets deformasjon i bølger tilsvarer bølgehøyden.

# 4. Grunnlagsmateriale - Fullskala

## Fullskalamålinger og observasjoner

- 13 målekampanjer ble gjennomført i Lofoten-området, Trøndelag og Nordmøre.
- Lokalitetene var Korsnes (Ellingsen Seafood AS) og Finnkjerka i Raftsundet (A), 3 målekampanjer på Fornes i Øksfjorden (B), Josommarset i Hellmofjorden (C), 2 målekampanjer på Soløya ved Mølnarodden (D), Korsneset i Korsnesfjorden (E) og 2 målekampanjer på Hosnaøyan rett utenfor Stokkøya (F) (begge de siste på ACE/SalMar AS lokalitet).
- Lokalitetene var utstyrt med forskjellig type skjørt og lengde, samt forskjellige merd- og nottyper. Korsnes, Josommarset og Soløya hadde 100 metring merd med 5 m tett skjørt, Finnkjerka og Fornes hadde 160 m merd med 10 m skjørt av permeabel plankton dukt mens Korsneset og Hosnaøyan hadde 160 metring merd med tette 7 m dype skjørt.
- Målinger av strøm, CTD og oksygen (DO) ble målt på alle lokaliteter både innenfor og utenfor merdene i kortere og lengre perioder.
- Skjørte-dyp med trykkceller ble målt på 3 lokaliteter (B, C og E).





# 5. Vertikalposisjonen av skjørtet

## Fullskala sammenlignet med modellskala

### *Fullskala data*

- Strøm utenfor merden og vertikalposisjonen til skjørtet på 3 lokaliteter ble målt (lokalitetene B, C og E).
- Målelokalitetene var Josommarset, Fornes og Korsneset.
- Strøm ble målt med Doppler strømmålere med oppløsning på 2 m i dybden ned til 40 m.
- Trykkceller ble montert i 6 – 8 posisjoner rundt nedre kant av skjørtet. 2 av trykkcellene (oppstrøms og nedstrøms) ble benyttet i analysen.
- Trykket gir vertikalbevegelsen til skjørtet.
- Dataene presentert er et utvalg fra langtidsmålingene der strømmen er mest mulig ensrettet.

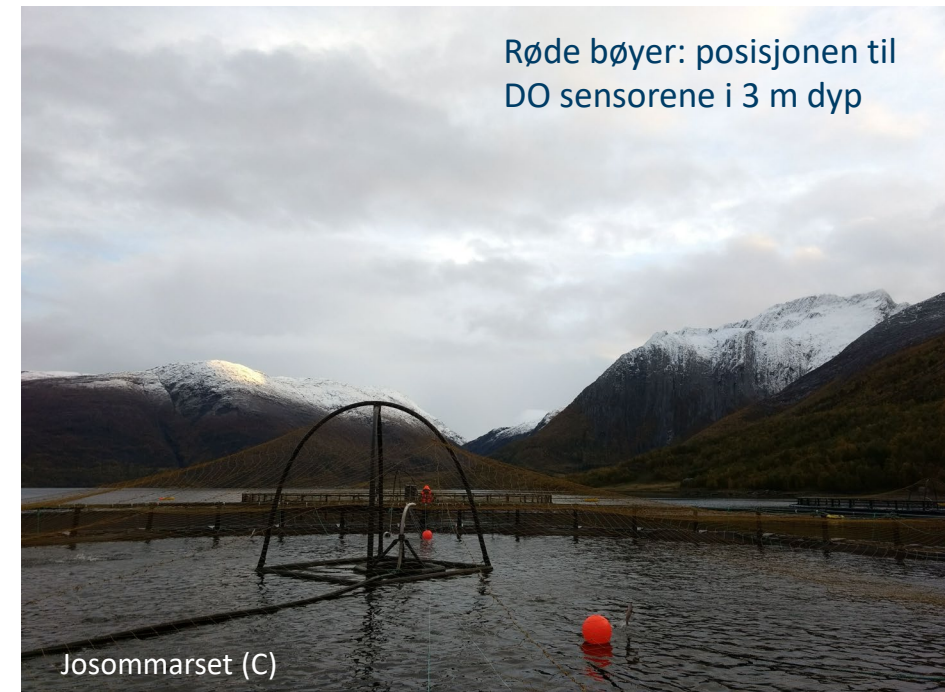
### *Modellskala data*

- Modellskala dataene, er beskrevet ovenfor, i kapittel 3.

Trykksensor  
montert på skjørt



Røde bøyer: posisjonen til  
DO sensorene i 3 m dyp

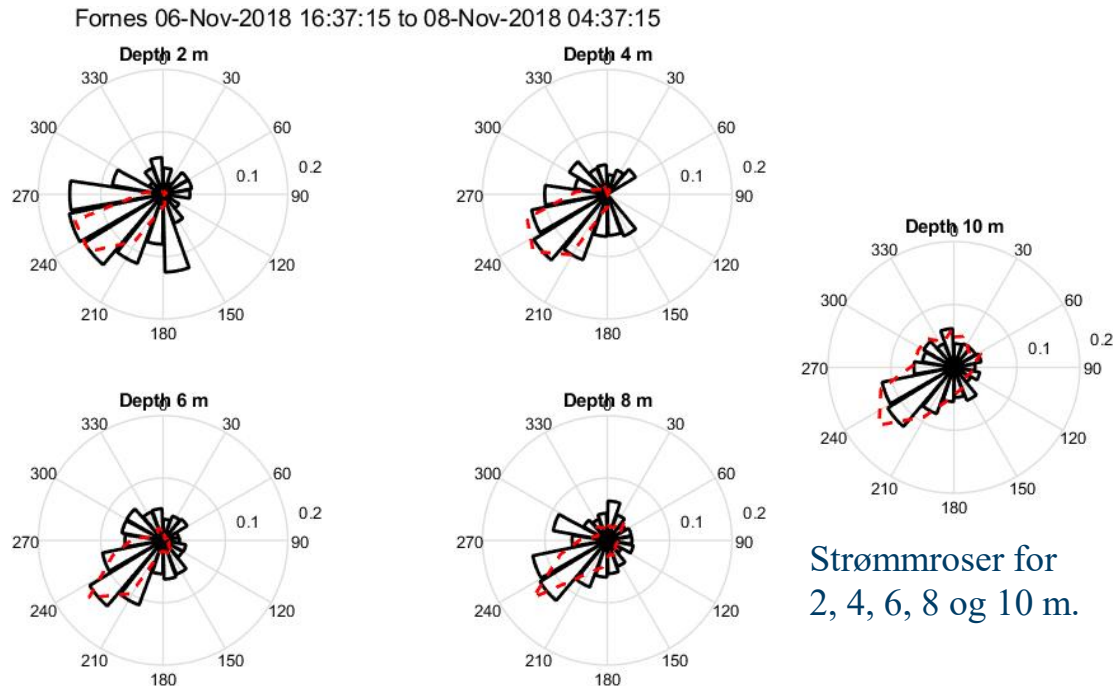


# 5. Vertikalposisjonen av skjørtet

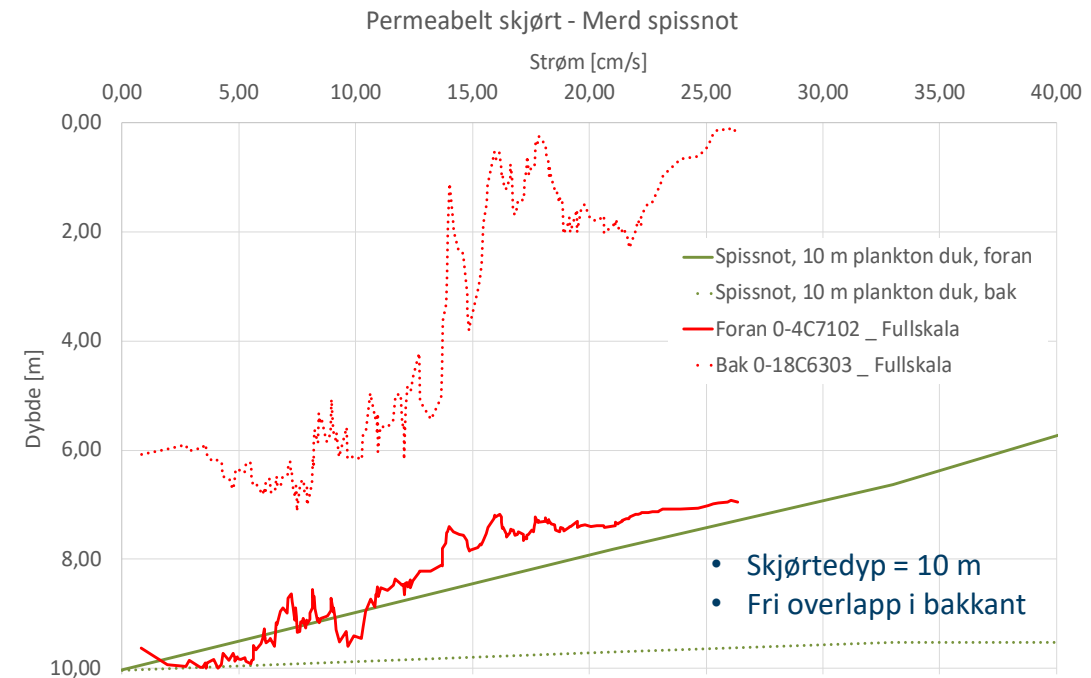
## Fullskala sammenlignet med modellskala

Formes - Periode 1 (06. – 08.11.2018)

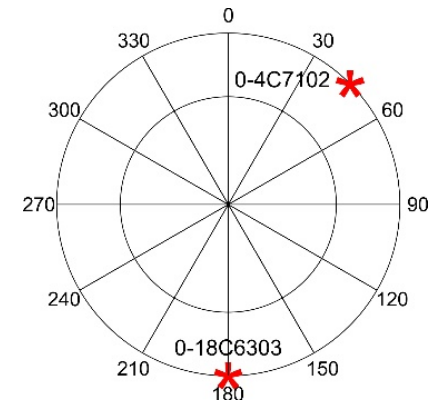
- Skjørtedybden i fullskala samsvarer bra med modellskala observasjonene i front (oppstrøms).
- I bakkant (nedstrøms) ser det ut til at duken i fullskala er helt i vannoverflate (0 – 2 m dyp) for strøm > 13 cm/s. Dette kan skyldes at duken har en 10 m fri overlapp plassert i bakkant, som splittes opp og tas med strømmen.



Strømmroser for 2, 4, 6, 8 og 10 m.



Sammenheng mellom dybden på skjørtet i forhold til strømhastigheten i fullskala i perioden 6. – 8.11.2018, og modellskala målt i Hirtshals juni 2017.



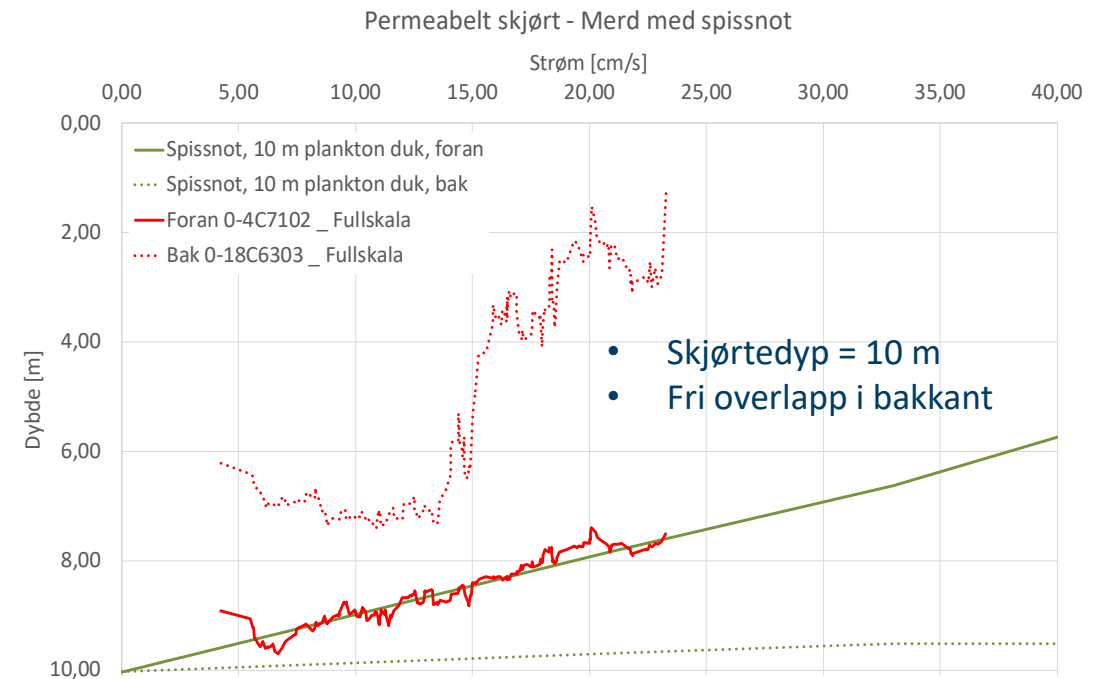
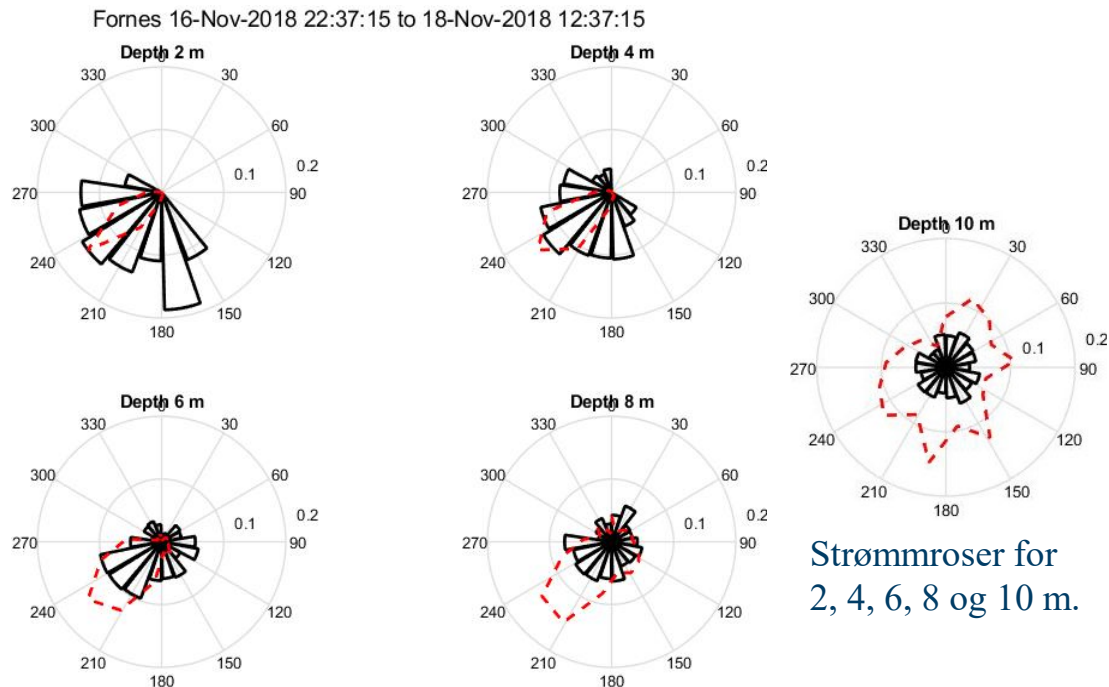
Plassering av trykkceller som er med i analysen

# 5. Vertikalposisjonen av skjørtet

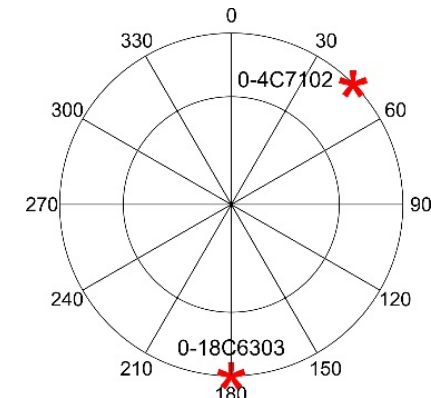
## Fullskala sammenlignet med modellskala

Fornes, periode 2 (16. – 18.11.2018)

- Skjørte dybden i front i fullskala samsvarer meget bra med modellskala observasjonene.
- Som beskrevet på forrige side, kryper skjørtekanten tilsvarende oppover i bakkant for strøm > 13 cm/s.



Sammenheng mellom dybden på skjørtet i forhold til strøm hastigheten i fullskala i perioden 16. – 18.11.2018, og modellskala målt i Hirtshals juni 2017.



Plassering av trykkceller som er med i analysen

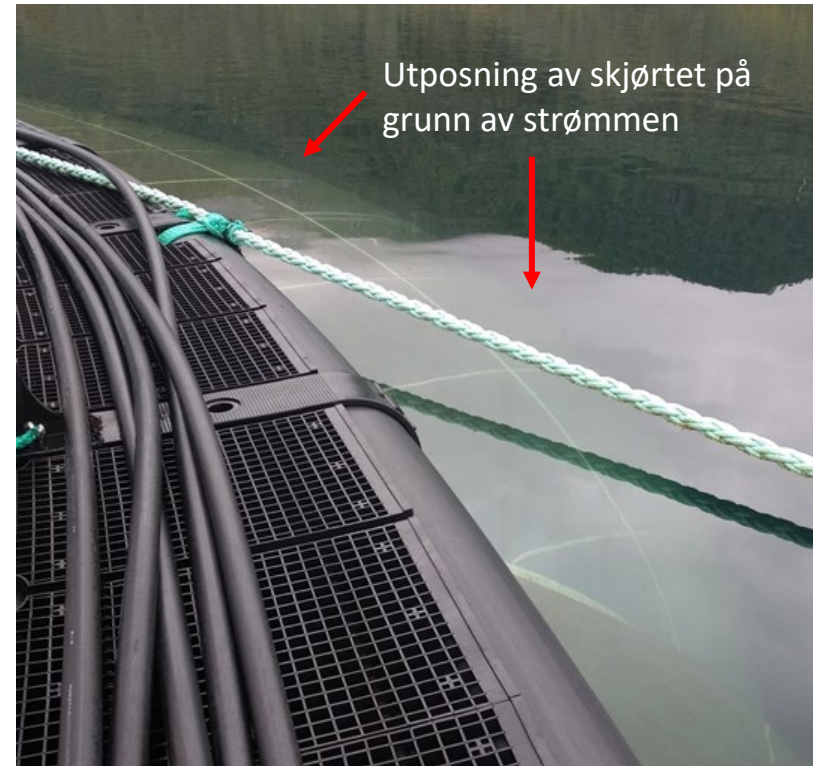


# 5. Vertikalposisjonen av skjørtet

## Fullskala sammenlignet med modellskala

Fornes, periode 1 og 2 (16. – 18.11.2018)

- Deformasjon av skjørtet på Fornes var tydelig fra merdkanten (se bilder).
- Ved å ta hensyn til, at skjørtet løfter seg, kunne man forbedre resultatene av CFD analysen.

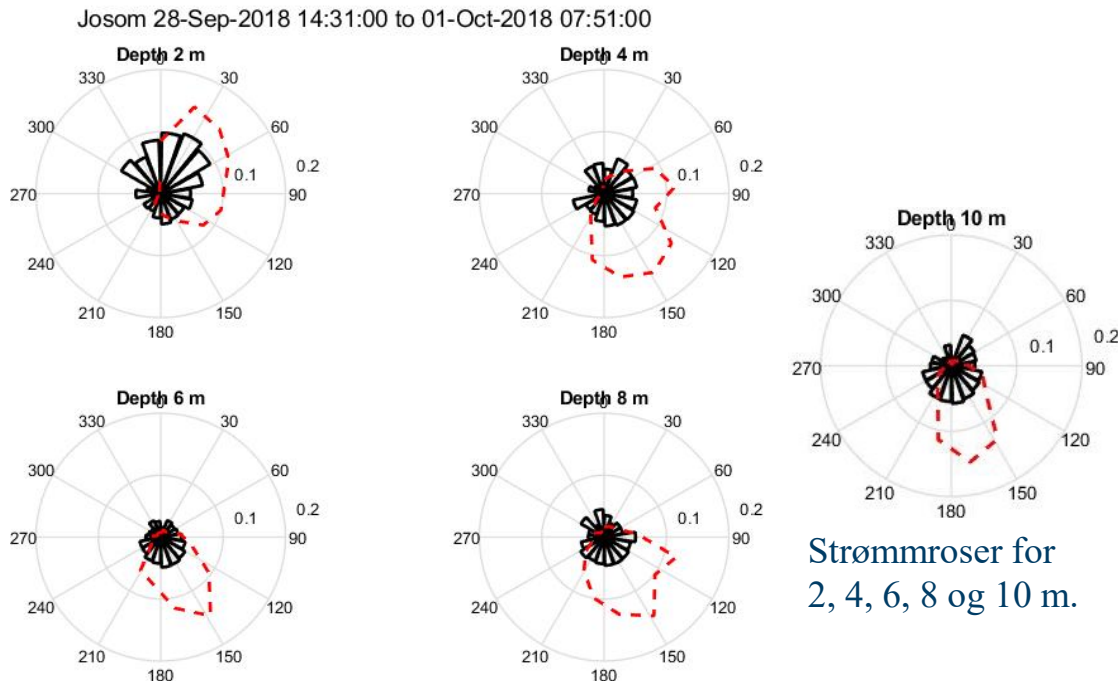


# 5. Vertikalposisjonen av skjørtet

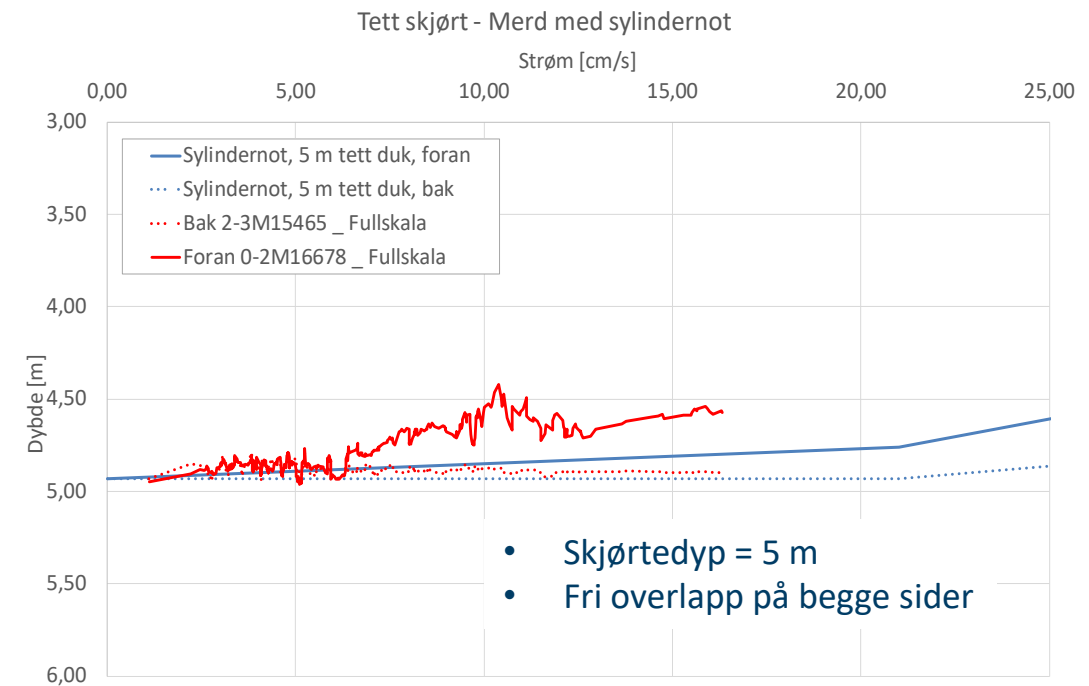
## Fullskala sammenlignet med modellskala

Josommarset (28.09 – 01.10.2018)

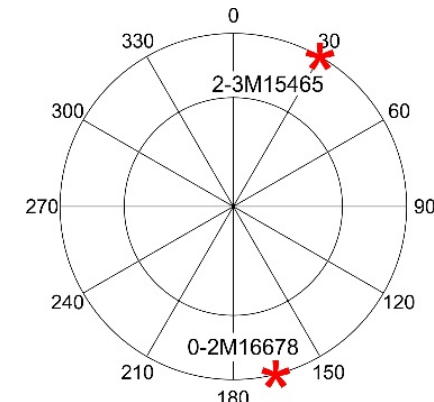
- Skjørtedybden i fullskala samsvarer ikke like bra med modellskala observasjonene i front (oppstrøms).
- Dette kan skyldes at strømmen ikke er helt ensrettet, der strømmen på 2 m har en annen retning en 4 og 6m.
- I bakkant (nedstrøms) stemmer resultatene bedre med modellen.



Strømmroser for 2, 4, 6, 8 og 10 m.



Sammenheng mellom dybden på skjørtet i forhold til strømhastigheten i fullskala i perioden 28.09. – 01.10.2018, og modellskala målt i Hirtshals juni 2017.



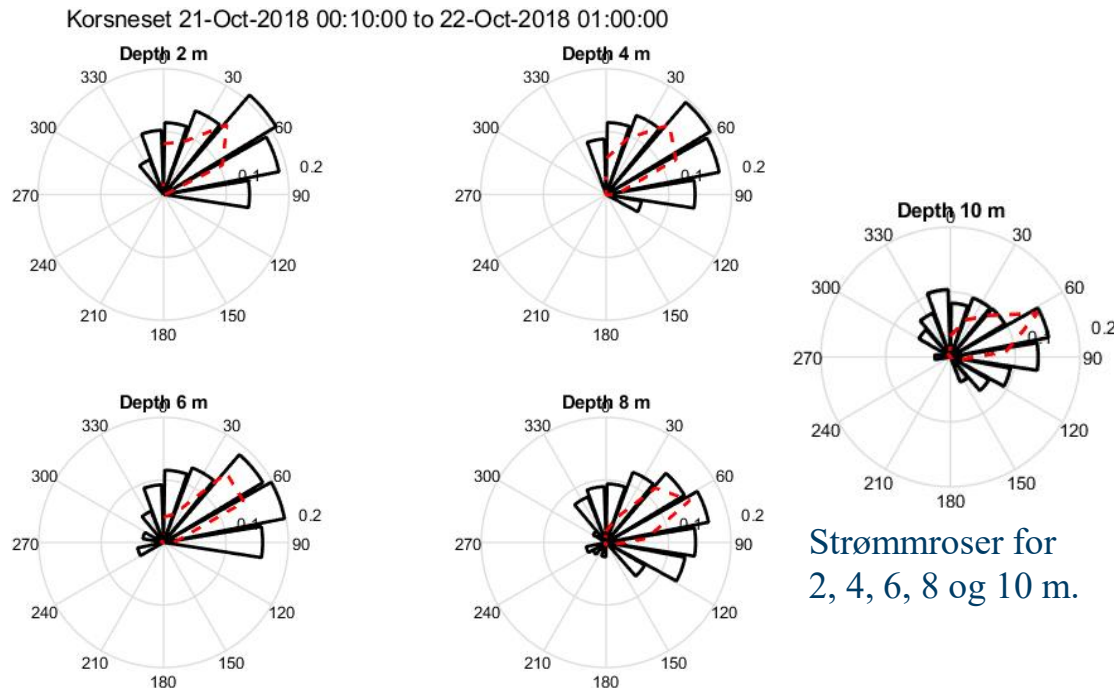
Plassering av trykkceller som er med i analysen

# 5. Vertikalposisjonen av skjørtet

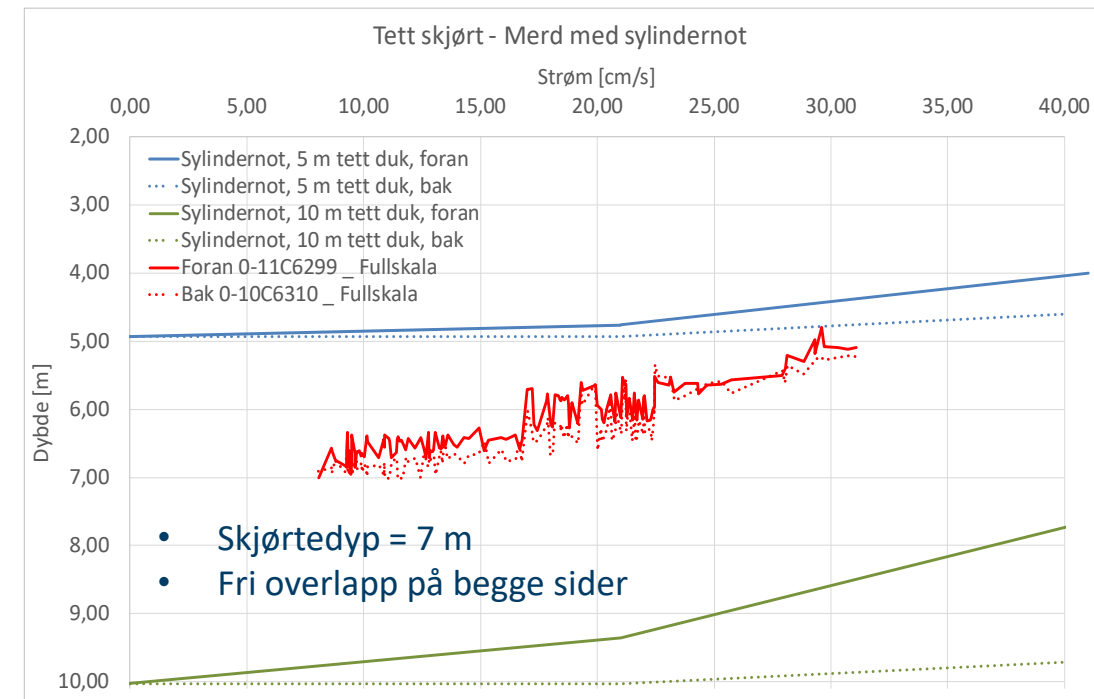
## Fullskala sammenlignet med modellskala

Korsneset (21. – 22.10.2018)

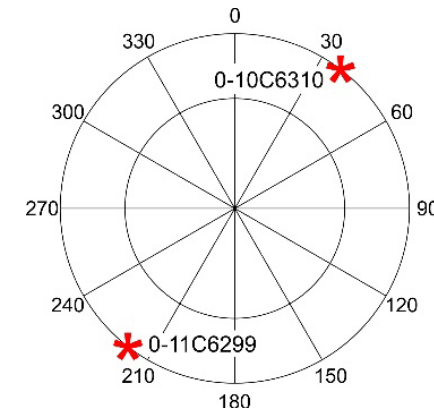
- Siden det ikke finnes målinger i modellskala for 7 m skjørt, er 5 og 10 m resultatene tatt med her for sammenligningens skyld.
- Resultatet ser ut til treffe bra med forløpet til 10 m skjørt i forkant (oppstrøms), men kryper litt mindre oppover.
- I bakkant (nedstrøms) kryper skjørt opp mer en i modellskala.



Strømmroser for 2, 4, 6, 8 og 10 m.



Sammenheng mellom dybden på skjørtet i forhold til strømshastigheten i fullskala i perioden 21. – 22.10.2018, og modellskala målt i Hirtshals juni 2017.



Plassering av trykkceller som er med i analysen



# 5. Vertikalposisjonen av skjørtet

Fullskala sammenlignet med modellskala

## Konklusjon

- ✓ Resultatene fra fullskala målingene i forkant (oppstrøms) stemmer godt overens med modellskala.
- ✓ I bakkant (nedstrøms) er vertikalposisjonen avhengig av hvordan skjøten er plassert på siden, nedstrøms, oppstrøms eller om skjøten er sydd.
- ✓ Om skjøten er plassert i bakkant, kan skjørtet bli hevet opp til nærheten av overflaten.
- ✓ Om skjøten er plassert på sidene (90 grader på strømmen), vil skjørtet i bakkant heve seg mindre en i forkant.
- ✓ Med skjøten sydd, vil duken ikke ha noe fleksibilitet, og skjørtet vil da bli rigid og deformasjonen bli enda mindre en om den hadde vært åpen.
- ✓ Med skjøten sydd eller lagt på siden, vil duken oppføre seg som en fallskjerm og rette strømmen inn i merden.

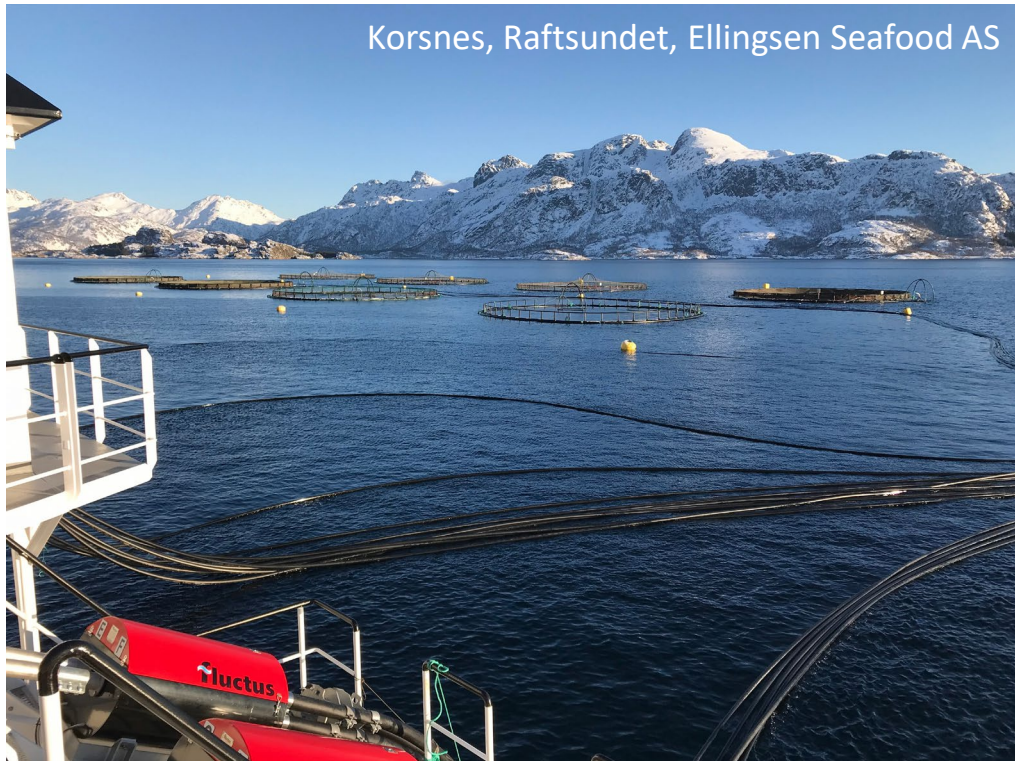
## Beskjed å ta med hjem

Med skjøten på skjørtet i bakkant (nedstrøms) med fri overlapp, vil ikke strømmen bli fanget i duken i like stor grad som om skjøten er på siden. Med skjøten oppstrøms vil overlappen legge seg inntil hverandre og nota vil hindre at skjøten sklir fra hverandre.

# 6. Oksygen (DO)

## 6.1. Hvor skal man måle DO?

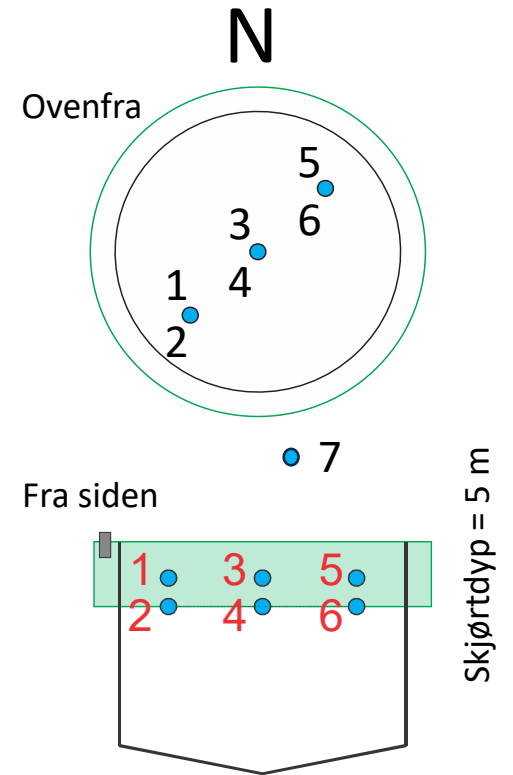
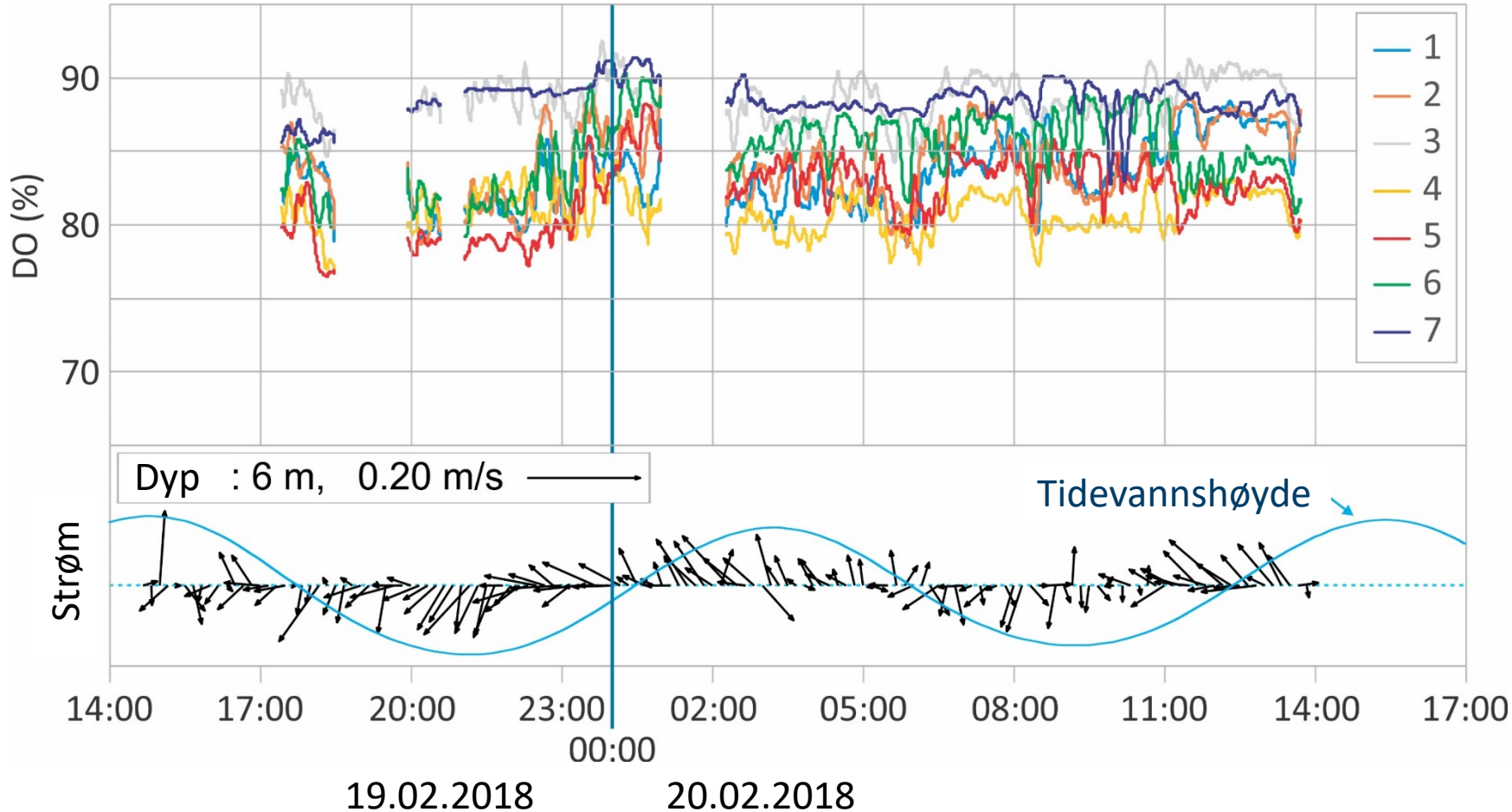
- De færreste har tid, nok instrumenter eller mulighet til å måle DO i hele merden.
- Variasjonene i DO nivå rundt i merder med skjørt er stor. Dette er avhengig av hvor fisken står, hvilken type skjørt som benyttes og fysiske forhold som strøm og hydrografi.
- Hvor er DO nivået dårligst og når skal man aksjonere for å få opp DO nivået?
- Med en eller to DO sensorer må man ta et valg av plassering.



# 6. Oksygen (DO)

## 6.2. Fullskala målinger av DO og strøm

Korsnes - 19. til 20.02.2018



Pos. 1, 3 og 5 m er målt i 3 m dyp mens 2, 4 og 6 er målt i 5 m dyp.

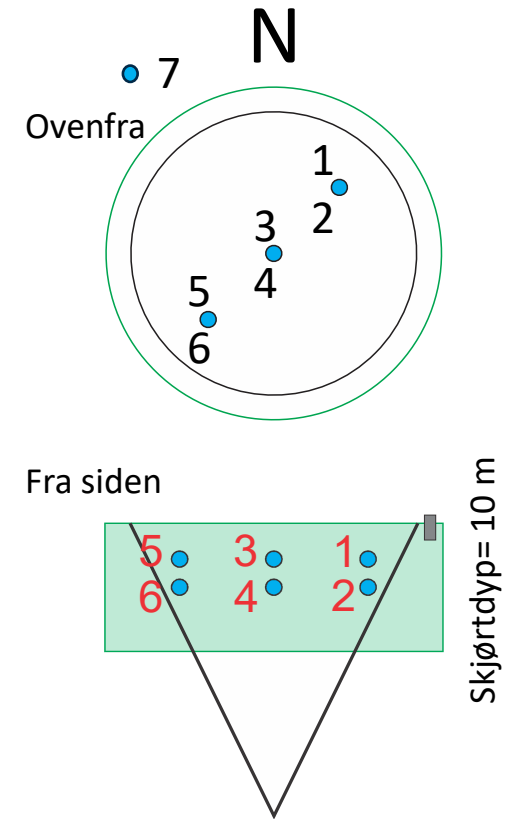
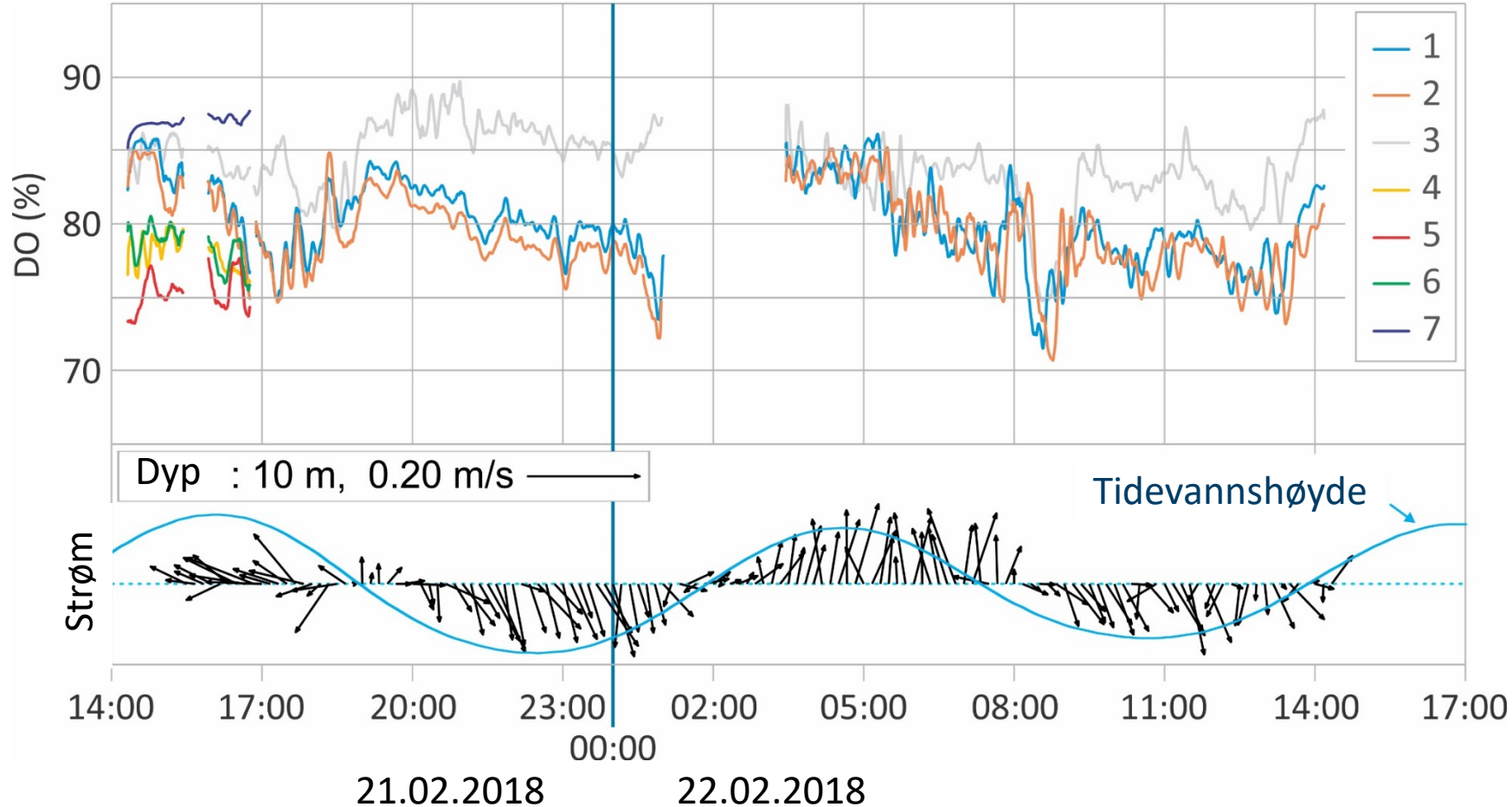
Laveste DO i posisjon 5 oppstrøms til kl. 23:00 og i posisjon 4 resten av perioden



# 6. Oksygen (DO)

## 6.2. Fullskala målinger av DO og strøm

Finnkjerka - 21. til 22.02.2018



Pos. 1, 3 og 5 er målt i 3 m dyp mens 2, 4 og 6 er målt i 5 m dyp.

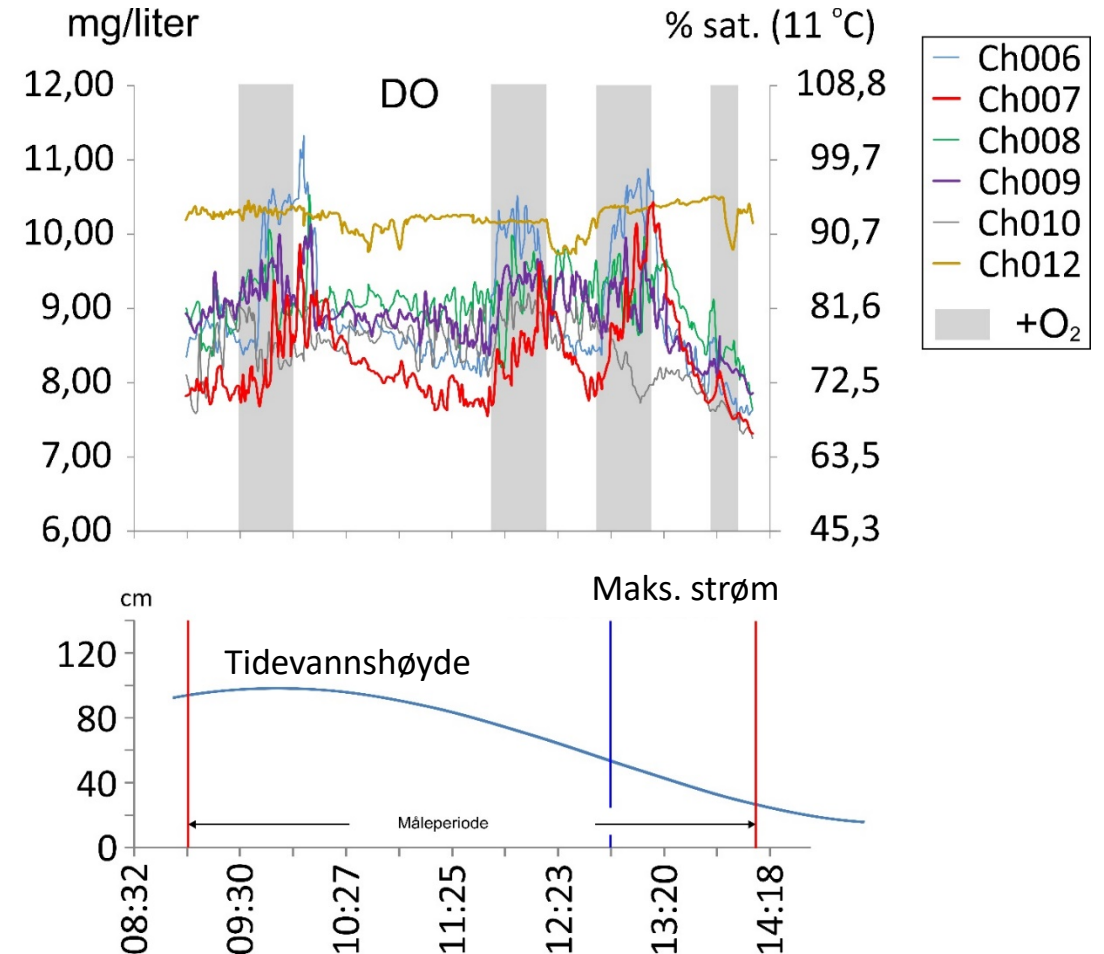
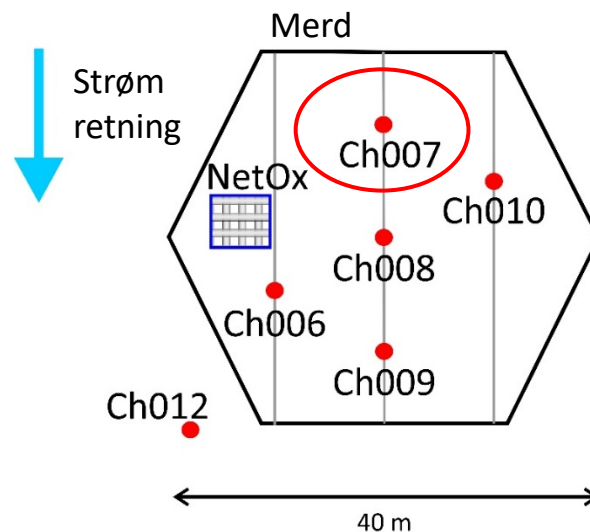
Laveste DO i posisjon 5 oppstrøms inntil ca. kl. 17:00 21.02.2018, da 4 av instrumentene sluttet å virke

# 6. Oksygen (DO)

## 6.2. Fullskala målinger av DO og strøm

Saltkjelen, Hardanger – 20.11.2014

- Målinger gjennomført i 3 m dyp
- 5 m dypt skjørt
- Skjørt montert på utsiden av flytekragen
- +O<sub>2</sub> = NetOx tilsetning av oksygen
- Lavest DO nivå mesteparten av perioden i posisjon Ch007



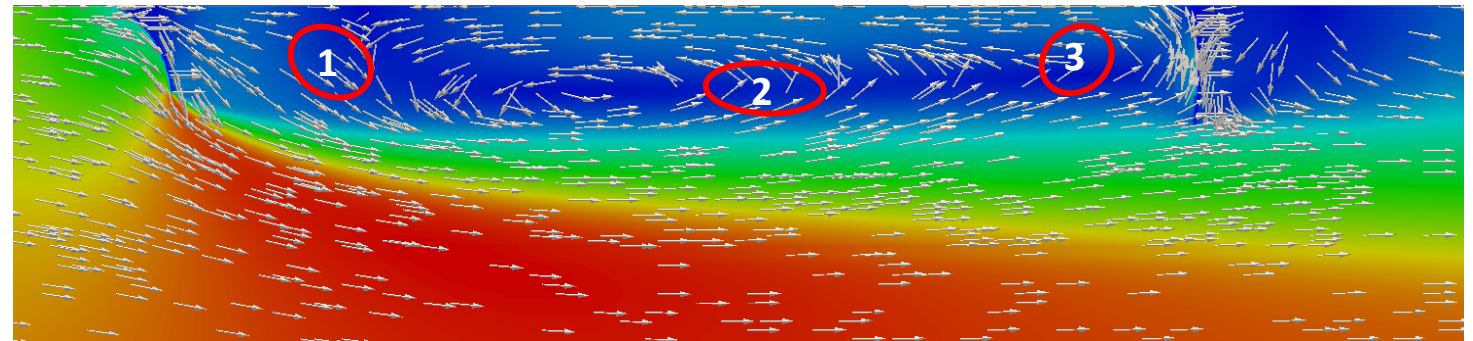
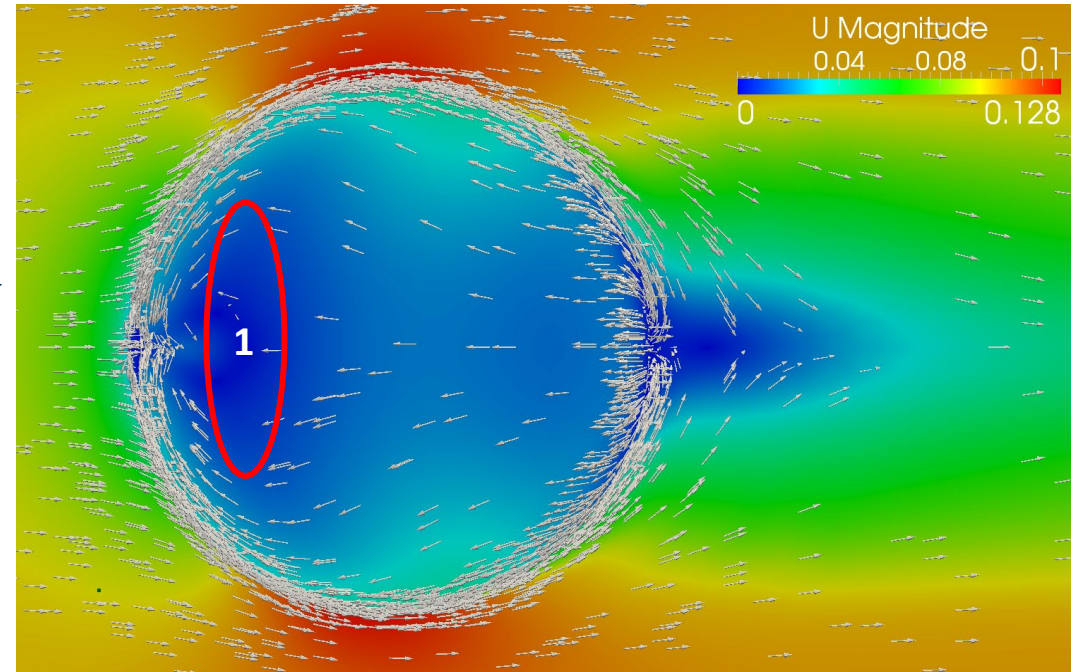
# 6. Oksygen (DO)

## 6.3. CFD analyse

- Matematiske modell av en 120 metring merd med 5 m tett skjørt uten not.
- 1 – 3 er områder med minst utskiftning av vann.
- Område 1 er oppstrøms i 2 – 3 m dyp, 2 er midt i merden i 4 – 5 m dyp, mens område 5 er nedstrømsiden i 2 -3 m dyp.

(CFD = Computational Fluid Dynamics)

Strøm  
retning →

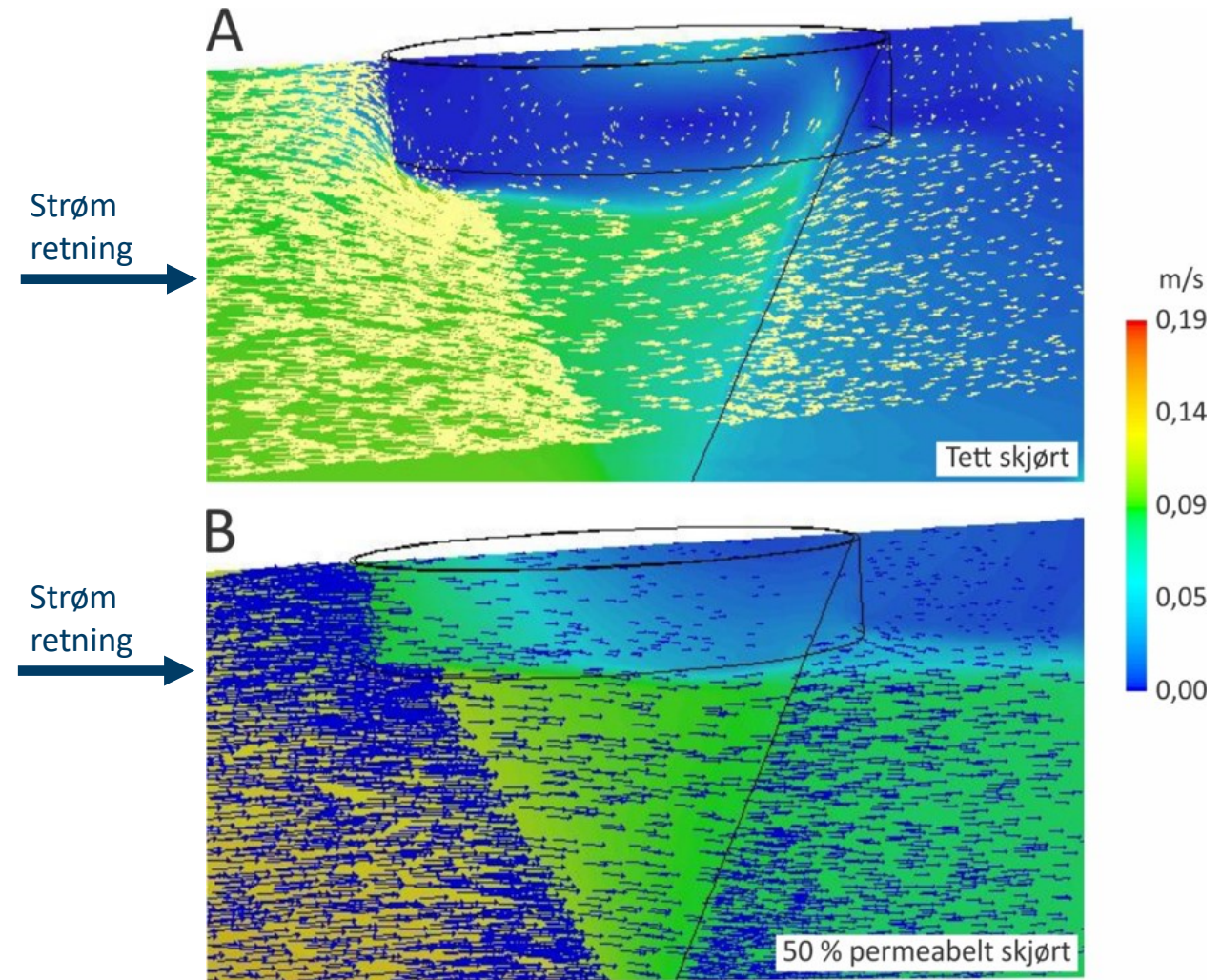




# 6. Oksygen (DO)

## 6.3. CFD analyse

- Matematiske modellen av en 160 metring med 55 m spissnot.
- Ved bruk av tette skjørt er det altså mest gunstig å måle DO oppstrøm.
- Men CFD analysen antyder at ved bruk av permeable skjørt kan det derimot være mest gunstig å måle nedstrøms, hvor strømhastigheten er lavest. Men dette er noe usikkert da dette mønsteret ikke kom fram like tydelig ved fullskalamålingen på merd med permeable skjørt (se side 50).
- Det å flytte målerne når strømmen snur er lite praktisk, men denne informasjonen kan hjelpe med tolkning av DO-data. Vet man strømrretningen kan man estimere om det er lavere DO andre steder i merden enn akkurat der hvor man måler.



CFD analyse av tverrsnittet i strømrretningen av en merd med 10 m tett luseskjørt og homogene vannmasser. Strømmen i figurene kommer inn fra venstre. Figur A viser CFD analyse på tett 10 m luseskjørt, mens figur B viser 10 m permeabelt luseskjørt med 50 % soliditet.

# 6. Oksygen (DO)

## Konklusjon

- ✓ CFD analysen er en beregning med konstant påtrykt strøm i hele dypet. Dette er sjeldent tilfelle i virkeligheten.
- ✓ Område 2 i CFD analysen stemmer ikke overens med virkeligheten.
- ✓ Områdene med lavest DO i fullskalaobservasjonen er i samsvar med områdene med minst utskiftning av vann beregnet med CFD analyse.
- ✓ CFD analysen av strømmen bak merden kan forbedres ved å ta hensyn til deformasjoner av skjørtet.
- ✓ Dersom man er på jakt etter de laveste DO forholdene i en merd med skjørt, bør man måle i 2 - 3 m dyp 3 m fra skjørtet på innsiden, oppstrøms.

## Beskjed å ta med hjem

Det er dårligst forhold med hensyn til DO på innsiden av et tett skjørt i front (oppstrøms), 2- 3 m dypt og 3 – 4 m fra duken inn mot midten.

# 7. Hydrografi og vannutskiftning

## 7.1. Hvordan påvirker luseskjørt strømmen?

- Tette luseskjørt fungerer som en sperre som hindrer strømmen i å bevege seg gjennom merden.
- Dette kan medføre lave nivåer av DO.
- For å undersøke hvordan skjørtet påvirker strømmen, ble det gjennomført en målekampanje på Hosnaøyen, både med og uten skjørt.
- Når skjørtet var på, var den gjennomsnittlige hastighetsreduksjon av vannstrømmen fra utsiden til sentrum av merden på 57%, og det var en svak vertikal komponent i midten av merden mot overflaten.
- DO falt raskt når tidevannet snudde, og det ble nødvendig å fjerne skjørtet når DO falt ned til 59%.
- Fra skjørtet ble løftet tok det 30 minutter før DO inne i merden økte til 81%, som var nesten likt med DO på utsiden av merden på 84%.



# 7. Hydrografi og vannutskiftning

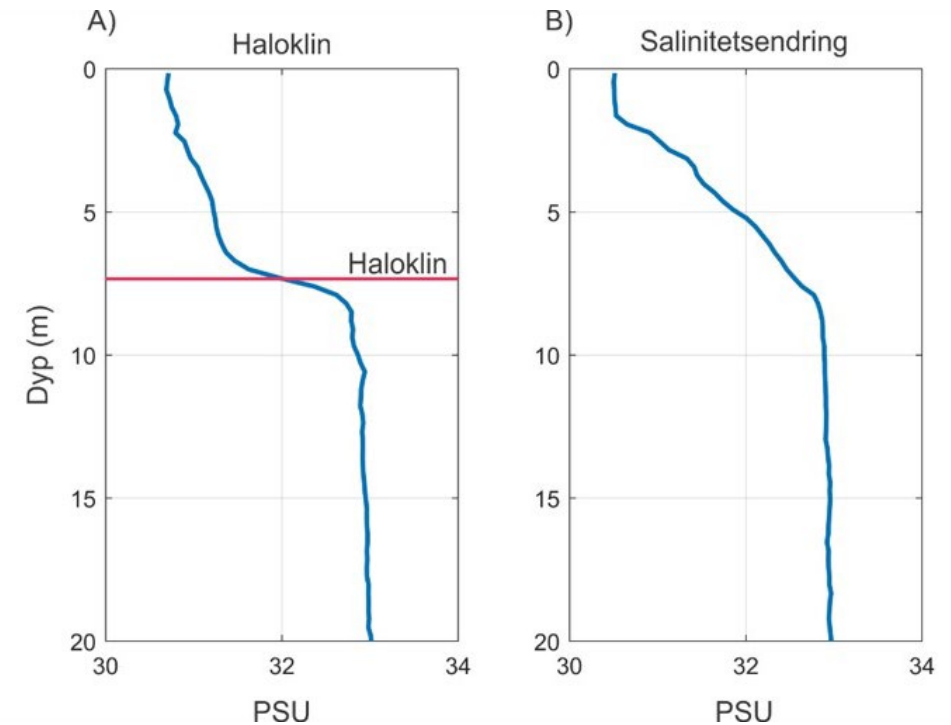
## 7.2. Hvordan påvirker tetthetssjiktninger vannstrømmen og DO?

- De store variasjonene mellom effektiviteten av skjørt på luspåslag kan være grunnet forskjellige strømforhold på lokalitetene, men også pga. forskjellige hydrografiske forhold.
- Tetthetsmålinger gjennomføres med CTD-sensorer som senkes ned i vannsøylen.
- Tetthetssjiktninger oppstår når det er en forskjell i salinitet eller temperatur i vannsøylen.
- Vannet i vannsøylen vil ordne seg slik at vannet med høyere tetthet legger seg under vannet med lavere tetthet. Skillet mellom disse vannlagene vil hindre vertikal innblanding.
- Dette kan påvirke hvordan vannet beveger seg rundt en merd.
- På Fornes i 2019 ble det registrert et slikt tetthetssjikt, og DO på innsiden av merden samvarierte med styrken og posisjonen til dette sjiktet.

# 7. Hydrografi og vannutskiftning

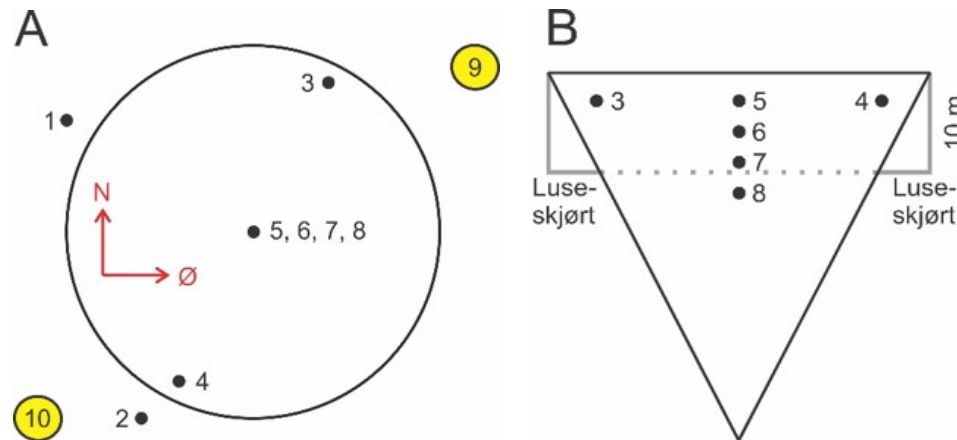
## 7.3. Hydrografi og DO på Fornes

- På Fornes ble det gjennomført målinger av tetthet, salinitet, temperatur, DO og strømstyrke over tre dager, 2- 5 juli 2019.
- Temperaturen var tilnærmet konstant med dybden, slik at det var kun saliniteten som påvirket tettheten.
- Resultatene viser derfor salinitet og ikke tetthet.
- Når det er et tydelig skille mellom vannlagene snakker man om en haloklin, ellers snakker man om en salinitetsendring (se Fig. A) og B) øverst på siden).
- Figur A og B nede til høyre viser plasseringen til sensorene på Fornes.
  - Nr. 1 – 8 er plasseringen til DO-sensorene.
  - Nr. 9 og 10 er strøm-målerne.



A) Viser det som menes med haloklin og B) viser det som menes med salinitetsendring.

A) Instrumentenes posisjon i merden sett ovenfra. B) Instrumentenes plassering i tverrsnittet av merden med 10 m dypt permeabelt luseskjørt i instrumentplanet.



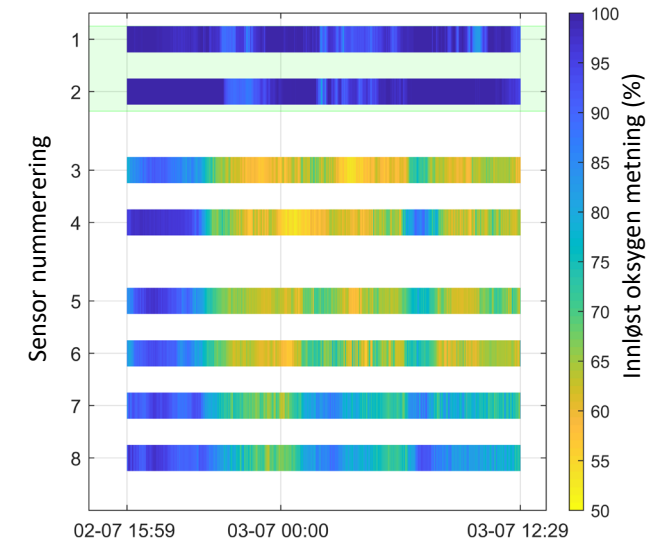
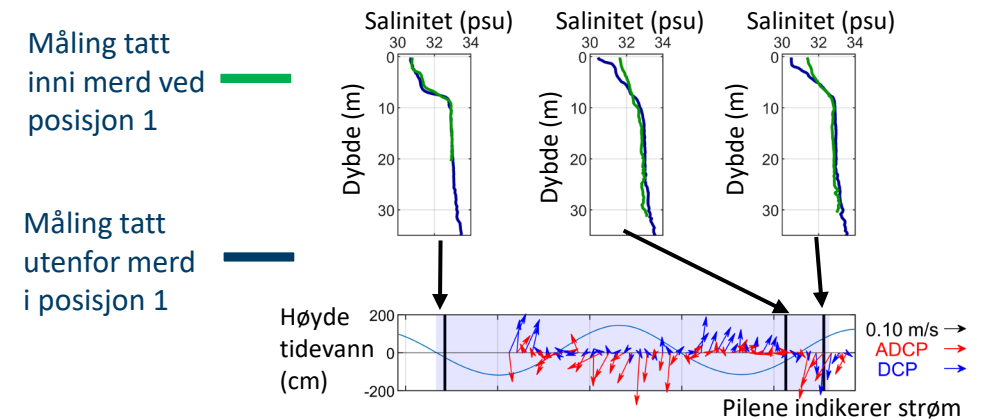
CTD (hydrografi) =  
Konduktivitet, Temperatur, Dyp

# 7. Hydrografi og vannutskiftning

## 7.3. Hydrografi og DO på Fornes

- Den øverste rekken viser salinitetsmålinger med dypet tatt på innsiden av merden rett ved posisjon 1, og på utsiden i posisjon 1.
- Tidspunktet for disse målingene er markert i figuren nedenfor som viser strømhastighet og -retning målt på 3 m dyp.
- De røde pilene er målt i ADCP-en som var i posisjon 10, mens de blå pilene er målt i DCP-en på den andre siden av merden i posisjon 9.
- Tidevannet er også markert for å vise hvordan vannstrømmen ved Fornes snur midt på, og ikke ved toppene og bunnene.
- Den nederste figuren viser endring i DO fra ca. kl. 16:00 den 2. juli 2019 til neste dag kl. 12:30.
- Pos. 1 og 2 er altså referansemålerne på utsiden av merden på 3 m dyp.
- Pos. 3, 4 og 5 er på 3 m dyp på innsiden av merden.
- Pos. 6 er på 6 m dyp, Pos. 7 er på 9 m dyp og Pos. 8 er på 12 m.
- Tilsvarende målinger ble gjort over tre dager og vises på neste side.

Pos. 1 – 9 (se side 48, forrige side)

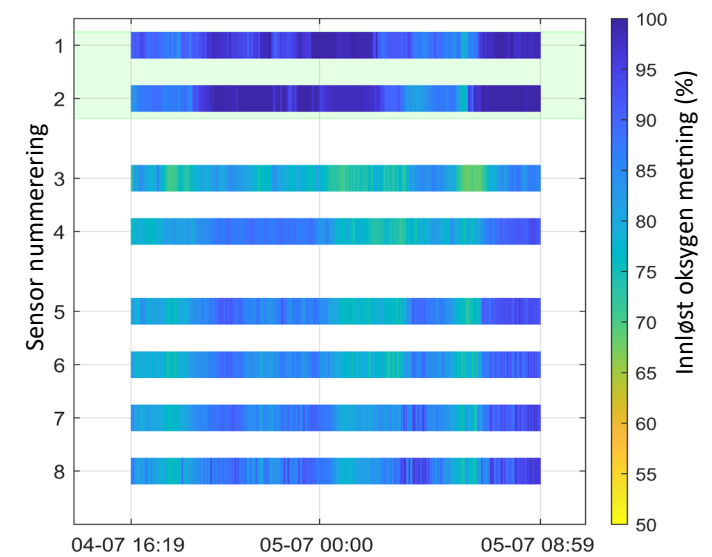
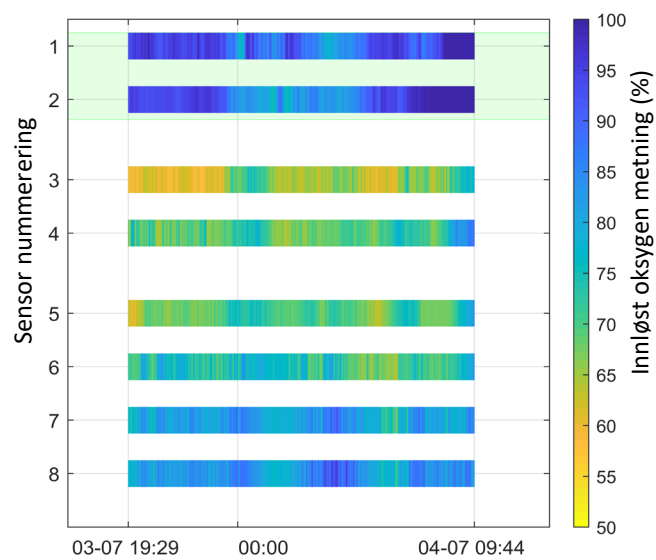
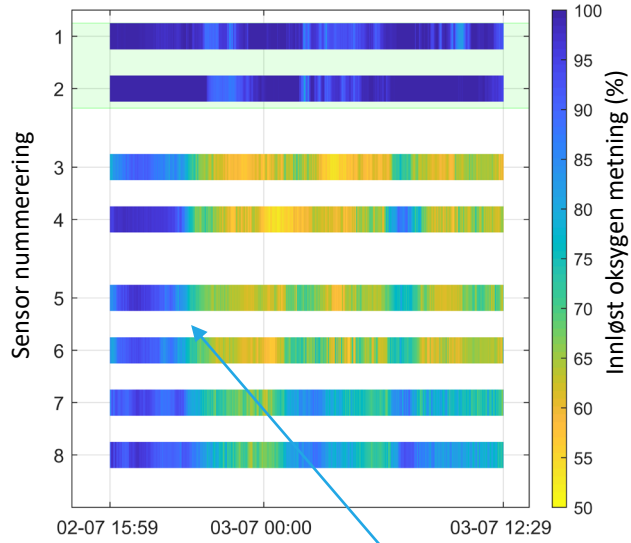
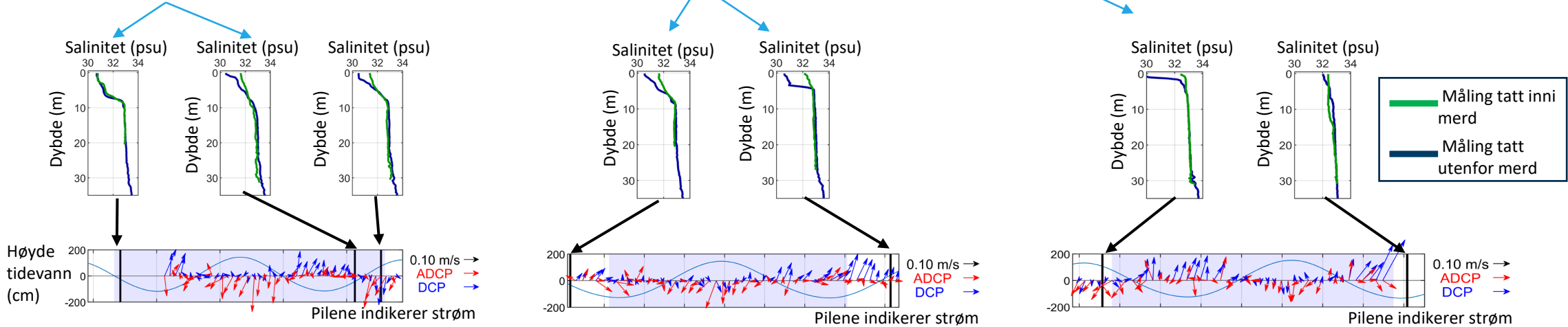




Mellom den første CTD målingen og den andre har det oppstått en forskjell i salinitet på innsiden og utsiden av merden.

Det er altså høyere salinitet, og derav tetthet, på innsiden av merden enn på utsiden.

Denne forskjellen forsvinner sammen med at det blir bedre DO på innsiden av merden.



Merk at her forekommer det et fall i alle DO-verdiene, tydeligst hos de som er på 3 og 6 m dyp.

# 7. Hydrografi og vannutskiftning

## 7.3. Hydrografi og DO på Fornes

### Diskusjon

- Forbedringen på innsiden av merden sammenfaller med at haloklinen på utsiden av merden beveger seg nærmere overflaten, samtidig som at det kun er forskjell mellom salinitet på utsiden og innsiden i de øverste metrene.
- En forskjell i tetthet på innsiden og utsiden av merden indikerer at store deler av vannet har blitt presset rundt og ikke inn i merden.
- Den høyere tettheten på innsiden av skjørtet kan ha medført at mer av strømmen ble presset rundt skjørtet enn igjennom det permeable skjørtet.
- Det skal bemerkes at det var høy biomasse i merden, slik at fallet i DO kan skyldes en interaksjon mellom endring i strømretning, høy biomasse og tetthetsgradient.

# 7. Hydrografi og vannutskiftning

## 7.3. Hydrografi og DO på Fornes

### Konklusjon

- ✓ Tetthetssjiktninger kompliserer strømningsbildet.
- ✓ Det er store lokale forskjeller i det hydrografiske miljøet.
- ✓ Ved å måle tetthet på innsiden og utsiden av merden kan man observere hvordan vannet beveger seg gjennom merden.

### Beskjed å ta med hjem

Det å ta CTD-målinger på innsiden og utsiden av merden er en rask måling som kan gi en indikasjon på hvor mye utskiftning man har av vannet på innsiden av merden, og dermed en indikasjon på hvor mye av vannet som har blitt ført rundt merden.

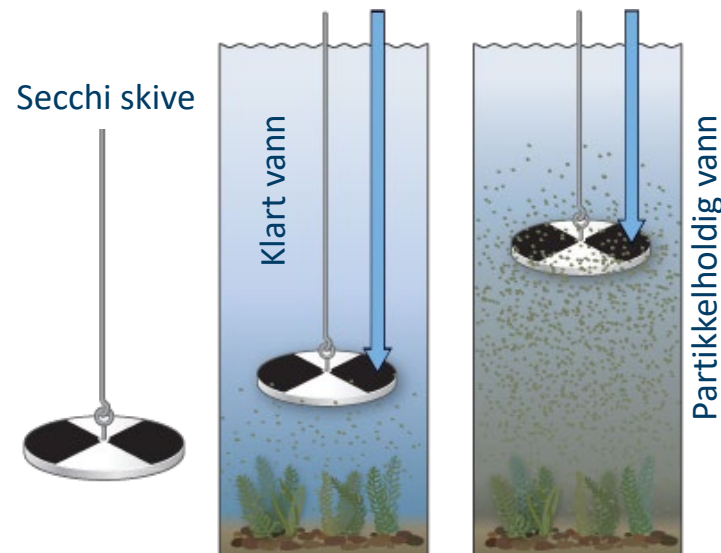


# 8. Alger (planteplankton)

## 8.1. Algesituasjonen innenfor og utenfor et skjørt

- Lokalitetene undersøkelsen ble foretatt på var Fornes og Soløya.
- Siktedypet ble målt utenfor merden mellom kl. 10:00 og 14:00 med Secchi skive i perioden mars/april – mai 2019.
- Vannprøver ble tatt når siktedypet ble dårligere en ca. 7 m.
- 1 vannprøve ble tatt innenfor skjørtet og 1 vannprøve utenfor skjørtet på 3 m dyp.
- Vannprøvene ble sendt til SINTEF for analyse i mikroskop.

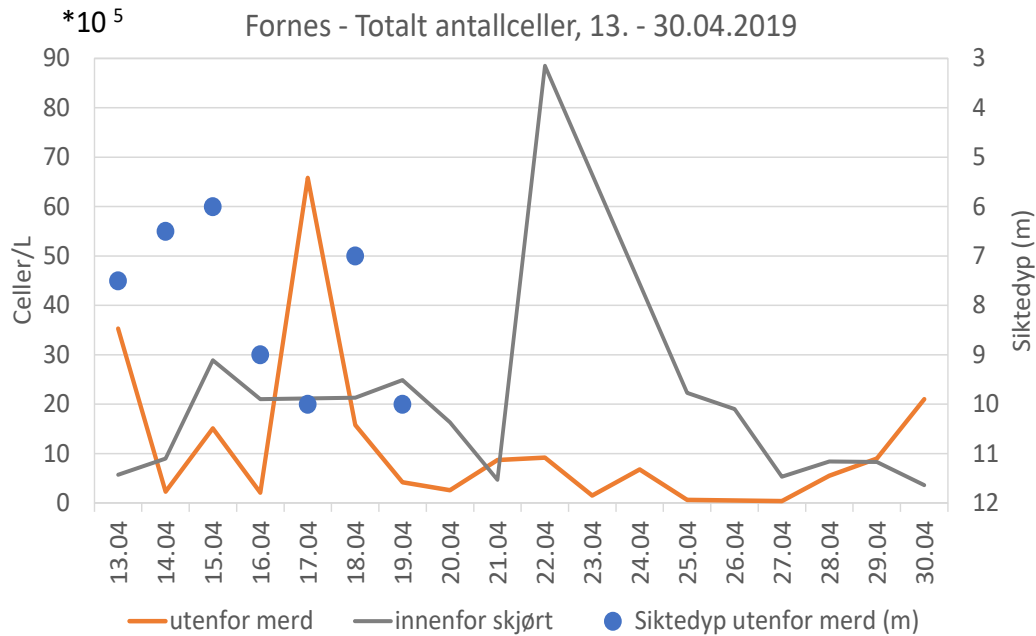
NB! Dataene må benyttes med forsiktighet siden de ikke ble tatt replikate prøver.



# 8. Alger (planteplankton)

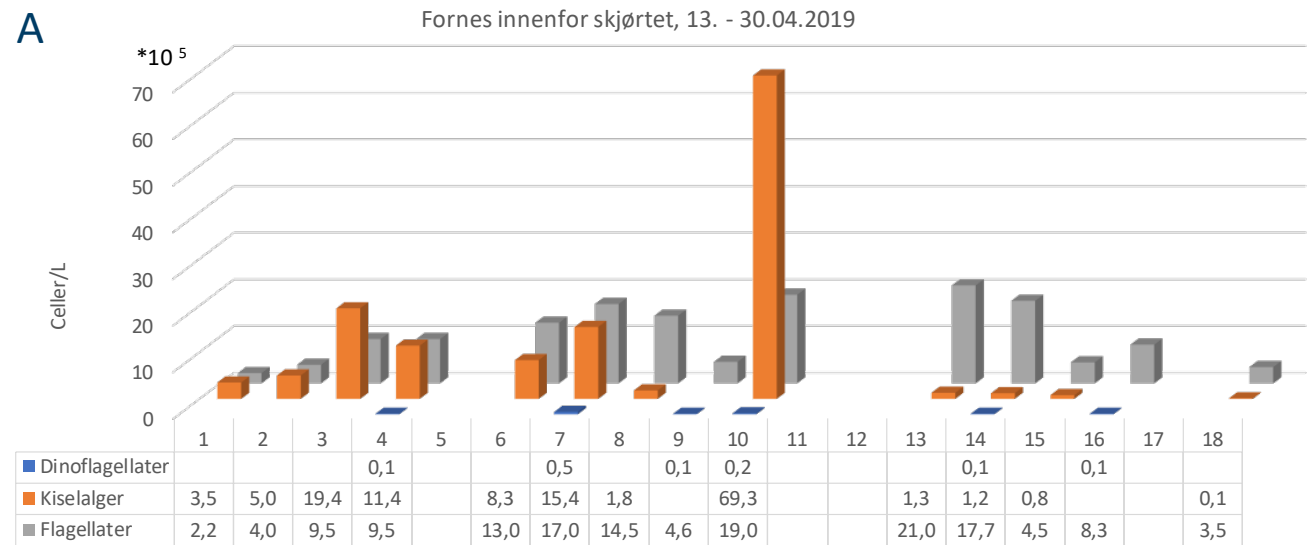
## 8.2. Algetellinger

### Fornes

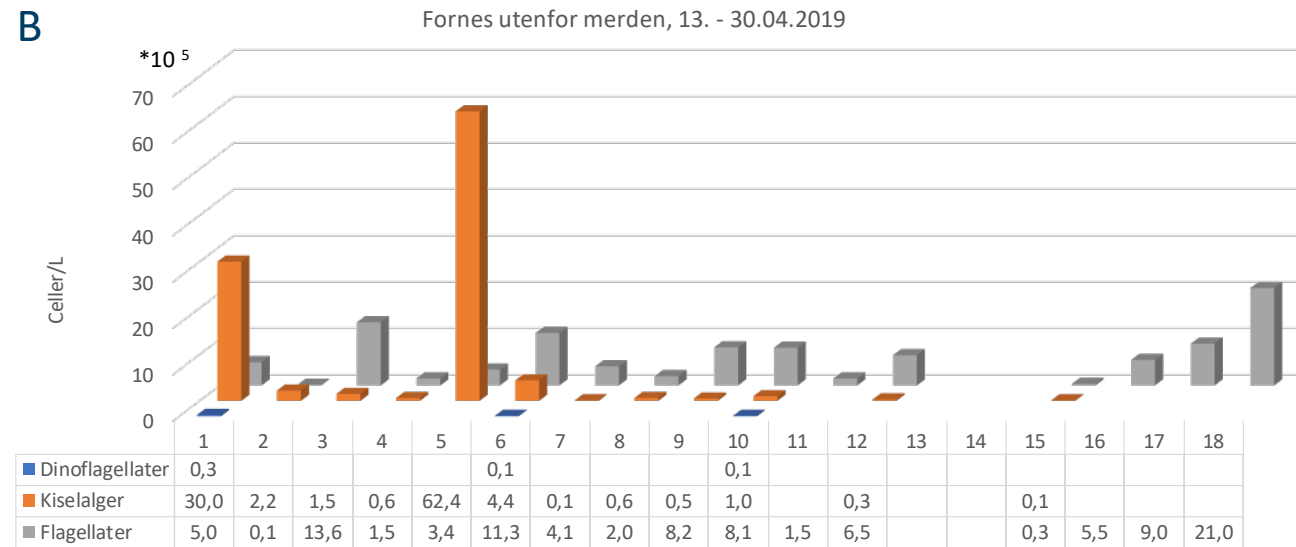


Totalt antall celler i vannprøver fra utsiden av merd (oransje), innenfor skjørt (grått) og siktedyp målt på utsiden av merd (blå sirkler).

A



B

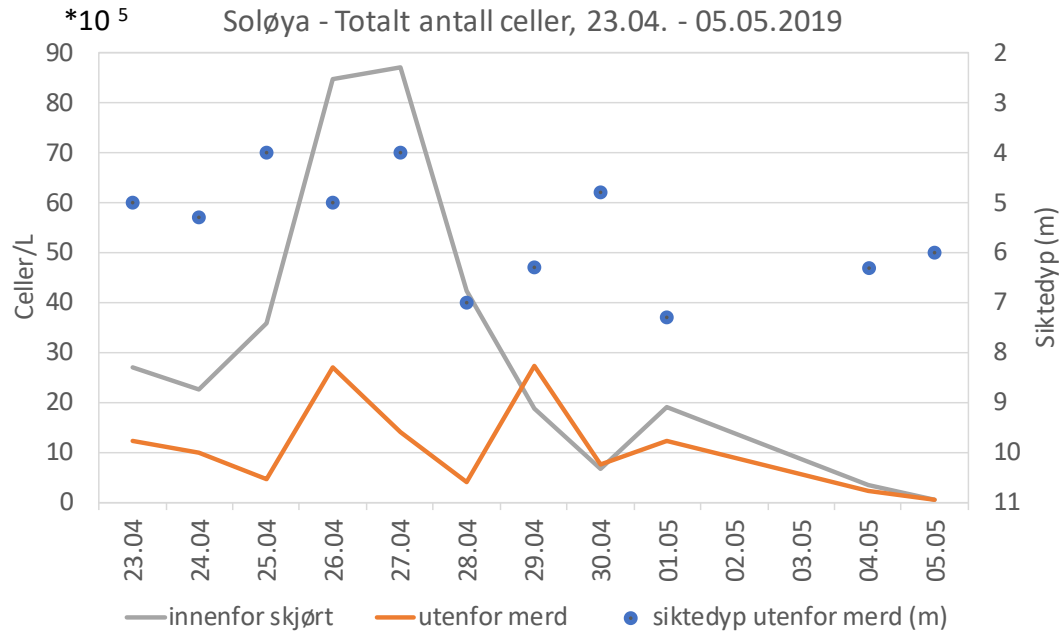


Dinoflagellater, kiselalger og flagellater (celler/L) innenfor skjørtet (A) og utenfor merden (B) i perioden 13.-30. april.

# 8. Alger (planteplankton)

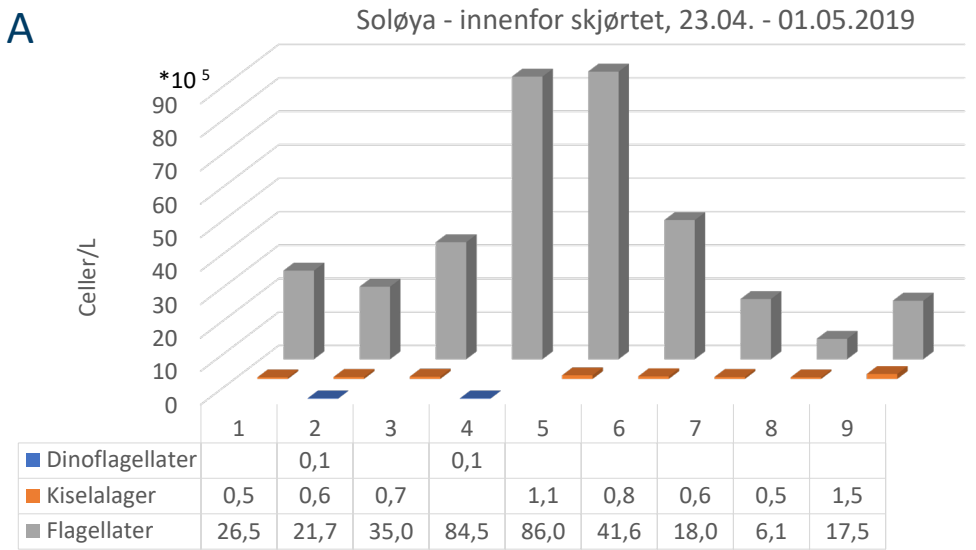
## 8.2. Algetellinger

### Soløya

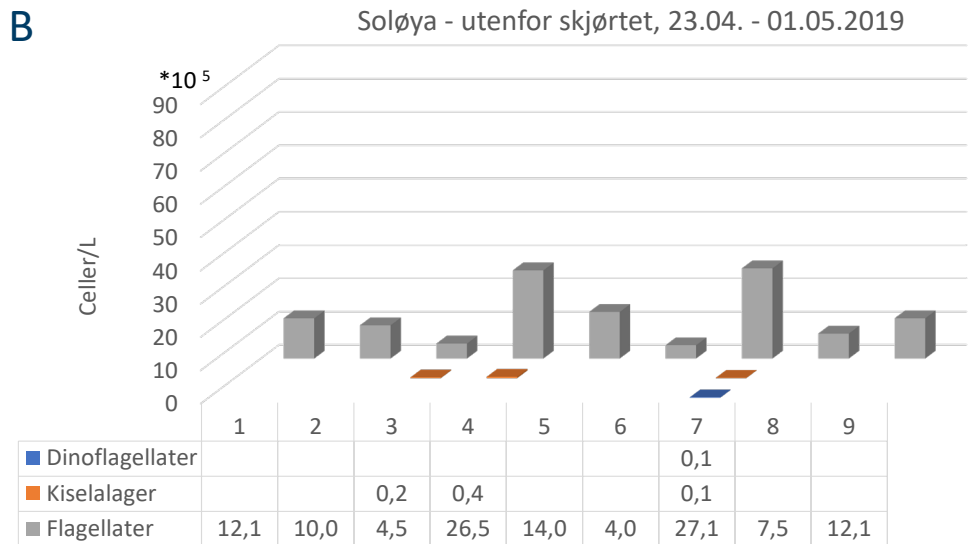


Totalt antall celler i vannprøver fra utsiden av merd (oransje), innenfor skjørt (grått) og siktedyb målt på utsiden av merd (blå sirkler).

A



B



Dinoflagellater, kiselalger og flagellater (celler/L) innenfor skjørt (øverst) og utenfor merd (nederst) i perioden 23. april-1. mai. Samlegruppen Flagellater inkluderer *Chrysochromulina* sp.



# 8. Alger (planteplankton)

## 8.2. Algetellinger

### Konklusjon

- Det ser ut som om det gjennomgående er høyere antall alger på innsiden av merd i forhold til utenfor gjennom perioden, selv om forskjellen ikke er så stor.
- Telling av enkelte vannprøver gir et mye høyere resultat innenfor en utenfor. F.eks. Fornes 22.04.2019 og Soløya 26. – 27.04.2019. Ved et tilfelle var algebestanden mye høyere på utsiden en på innsiden på Fornes 17.04.2019.
- Disse variasjonene kan muligens skyldes 2 forhold:
  - Vannet byttes ikke ut innenfor skjørtet i samme takt som utenfor, og blir stående slik at algene får tid til å vokse og dele seg.
  - Algene kommer flekkvis med strømmen på utsiden av skjørtet. Prøvetakingsmetoden tar ikke hensyn til dette, så vannet på innsiden kan være av annen opprinnelse (tidsmessig) en utenfor.

### Beskjed å ta med hjem

For å få nøyaktige data om alger, må man ta flere replikate vannprøver over tid.

## 9. Oppsummering

---

Resultatene fra forskning og utvikling det siste 10-året, har ført til kunnskap som kan hjelpe næringen til en bedre forståelse av hvordan luseskjørt virker, og under hvilke og hvordan miljømessige forhold har konsekvenser for effektiviteten mot lakselus.

Påvirkningsgraden av miljøet innenfor skjørtet er påvirket av fysiske ytre forhold og det biologiske innenfor. De fysiske ytre forholdene er strøm, ferskvannstilsig, hydrografi, bølger, vær og vind, mens de biologiske forholdene er bl.a. biomasse, DO og CO<sub>2</sub>.

Disse forholdene varierer mye i løpet av en dag, uker, måneder og år, og bør kontinuerlig observeres for å sikre en effektiv anvendelse av luseskjørt og for å kunne tilpasse luseskjørtet best mulig etter forholdene på lokaliteten.

### **Beskjed å ta med hjem**

Kjenn din lokalitet!

# 10. Hva mangler for å effektivisere luseskjørt ytterligere?

## Dagens situasjon:

Effektiviteten til luseskjørt i dag varierer fra lokalitet til lokalitet. Det rapporteres om alt fra svært gode resultater til nedslående negative resultater.

De siste 10 årene med forskning innen bruk av luseskjørt, har gitt en bedre forståelse av virkningsgraden og de fysiske forholdene som rår i og rundt dagens konsepter og bruksmåter av skjørt. Selv om man forstår mye av de fysiske forholdene, er det fortsatt noe arbeid som står igjen.

Lite har blitt gjort i forbindelse med utvikling av nye konsepter, eller nye/andre måter å bruke dagens teknologi på. Forskingen har så langt vært konsentrert om å forstå de fysiske og biologiske prinsippene med bruk av luseskjørt.

## Hva som bør gjøres videre:

Utviklingen og forskningen videre bør konsentreres om å finne nye måter å bruke eksisterende teknologi på, før man utvikler nye.

- Hvordan utnytte luseskjørtets overlapp til å bedre vannsirkulasjonen i merden uten at lusa følger med.
- Få en bedre forståelse av og utnytte betydningen av tetthetssjiktning i forhold til effektiviteten.
- Ta tak i nye ideer i næringa, og videreutvikle disse til gode konsepter.
- Utviklingen videre kan utføres i flere steg både med laboratorieforsøk og med fullskalaforsøk.
- Laboratorieforsøk for å klarlegge hvordan luseskjørtet oppfører seg med forskjellige overlapp med forskjellige skjørtetyper (kort, lang overlapp, motstrøms, medstrøms, med overlapp på sidene etc.)
- Fullskalaforsøk med fokus på tetthetssjiktningens betydning og med de mest lovende overlappmetodene funnet i laboratoriet.
- Gjennomføre arbeidsmøter med næringa der næringen og forskere kan samsnakkes og luften tanker om nye konsepter for å hindre lusa i å komme inn i merden.
- Etter at man har kommet opp med nye ideer og evt. ny konsepter, gjennomført et arbeidsmøte, tilsvarende erfaringsdelingsseminaret i 2017, der man tester ut ideene og konseptene og korrigerer disse underveis i arbeidsmøtet.



# Referanser

---

K. Frank og A. M. Lien, (2015), Permaskjørt og merdmiljø. FHF prosjekt 900711, SINTEF rapport: A26686, ISBN: 978-82-14-05867-3.

<sup>1</sup>K. E. Jónsdóttir, Z. Volent, P. Klebert, R. Mathisen, S. Andorsen, R. Sæternes og L. M. Sunde, (2020), Påvirker tetthetsgradient strømmen og oksygenivået i en fiskemerde med luseskjørt? Norsk Fiskeoppdrett nr. 1, side 66-70, 2020.

<sup>2</sup>K. E. Jónsdóttir, Z. Volent, J. A. Alfredsen, (2020), Flow patterns and dissolved oxygen inside salmon fish-cages with lice shielding skirts at two hydrographically different sites, Aquaculture Environmental Interaction, in press.

<sup>3</sup>K. E. Jónsdóttir, P. Klebert, Z. Volent, J. A. Alfredsen, (2020), Current flow through a stocked conical sea-cage with permeable lice shielding skirt: Field experiment and modelling. Submitted to Ocean Engineering 2020, under review.

<sup>4</sup>K. E. Jónsdóttir, Z. Volent, J. A. Alfredsen, (2020), Current flow and dissolved oxygen in a full-scale stocked fish-cage with and without lice shielding skirts. Submitted to Applied Ocean Research 24.09.2020, under review.

A. M. Lien, L. H. Stien, R. Grøntvedt, K. Frank, (2015), Permanente skjørt for redusering av luspåslag på laks. Sluttrapport, FHF prosjekt 900711, SINTEF rapport: A26790, ISBN: 978-82-14-05873-4.

A. M. Lien og Z. Volent, (2012), Deformasjon av not og Permaskjørt og krefter på fortøyning. Modellforsøk i flumetanken 26.-29. mars 2012. FHF prosjekt 900711, SINTEF rapport: A23184, ISBN: 978-82-14-05445-3.

A. M. Lien, Z. Volent, A. Bekkevoll og L. M. Sunde, (2017), Shielding skirt for prevention of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infestation on Atlantic salmon (*Salmo salar*) in cages – a scaled model experimental study on different skirts and cage nets in currents and waves. EAS 2017. Dubrovnik, October 18<sup>th</sup>, 2017.

A. Misund, Z. Volent, K. E. Jónsdóttir, L. M. Sunde, (2020), Hvordan forholder oppdrettere seg til skjermingsteknologi mot lakselus? Norsk Fiskeoppdrett nr. 9, side 52-57, 2020.

Z. Volent, og A. Bekkevoll, (2017) Erfaringsdelingsseminar med demo forsøk. FHF prosjekt 901405, SINTEF rapport: OC2017 A-155, ISBN: 978-82-7174-309-9.

Z. Volent, B. Venås, J. Birkevold og L. M. Sunde, (2018), Variation of dissolved oxygen (DO) in fish cages with shielding skirt for prevention of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*). EAS 2018, Montpellier. August 29<sup>th</sup>, 2018.

Z. Volent, K. E. Jónsdóttir, A. Misund, K. B. Steinhovden, M. S. Chauton og L. M. Sunde, (2020), 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). Sluttrapport, FHF prosjekt 901396, SINTEF rapport: 2020:00464, ISBN: 978-82-14-06533-6.



— 70 år —  
1950-2020

Teknologi for et bedre samfunn