

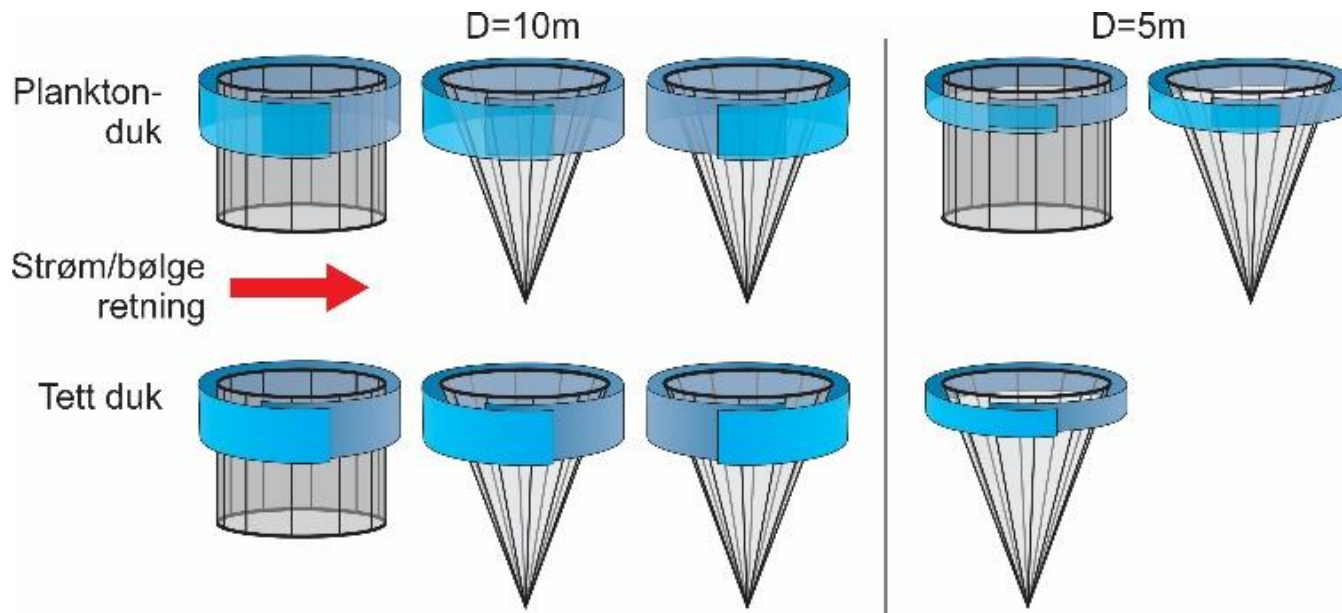
Erfaringsdelingsseminar med demoforsøk. Hirtshals, Danmark. 31. - 2. juni 2017.

Oseanografi og strøm ved, og omkring lokaliteter og resultater fra tidligere relaterte modellforsøk

Zsolt Volent, SINTEF Ocean AS

Zsolt.Volent@sintef.no

Erfaringsdelingsseminaret i Hirtshals 31.05 – 02.06.2017



Modell	Fullskala
V [cm/s]	V [cm/s]
3	12,4
5	20,6
8	33,0
10	41,2
15	61,8
20	82,5

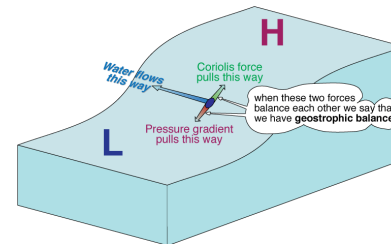
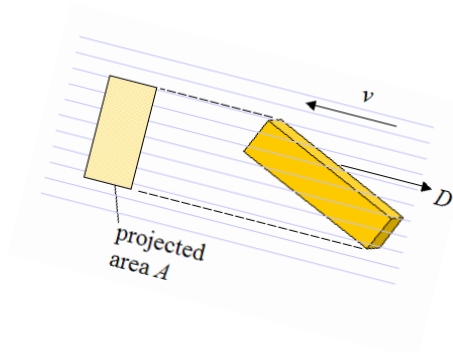
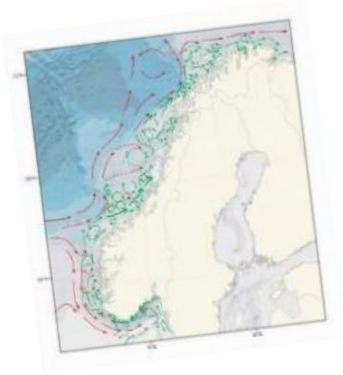
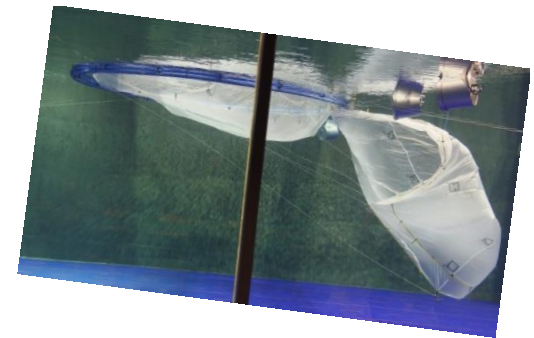
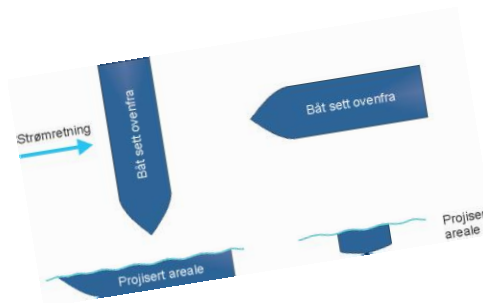
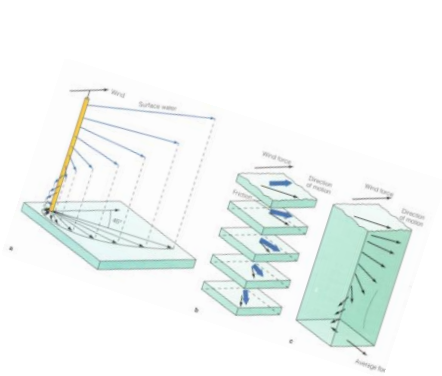
Skala 1:17

Parameter	Symbol	Måleenhet	Skaleringsfaktor (s)	Med s = 17
Lengde	S	m	s	17
Areal	A	m ²	s ²	289
Volum	V	m ³	s ³	4913
Masse	m	kg	s ³	4913
Tid	t	s	\sqrt{s}	4,1
Hastighet	v	m/s	\sqrt{s}	4,1

Modell		Fullskala	
H [cm]	T [s]	H [m]	T [s]
5,1	0,7	0,87	2,9
12,6	1,1	2,14	4,5
17,6	1,3	2,99	5,4

Erfaringsdelingsseminaret i Hirtshals 31.05 – 02.06.2017

Strøm og hydrografi (salinitet og temperatur) – hvorfor, hvordan og hva kan det bety for den daglige driften og under operasjoner?



Av Zsolt Volent

Strøm under operasjoner og i den daglige driften

Hvor tar strømmen veien?

Hva er opphavet til strøm?

Strøm:

I fjorder

Rundt et anlegg

Krefter:

Krefter på merd, not

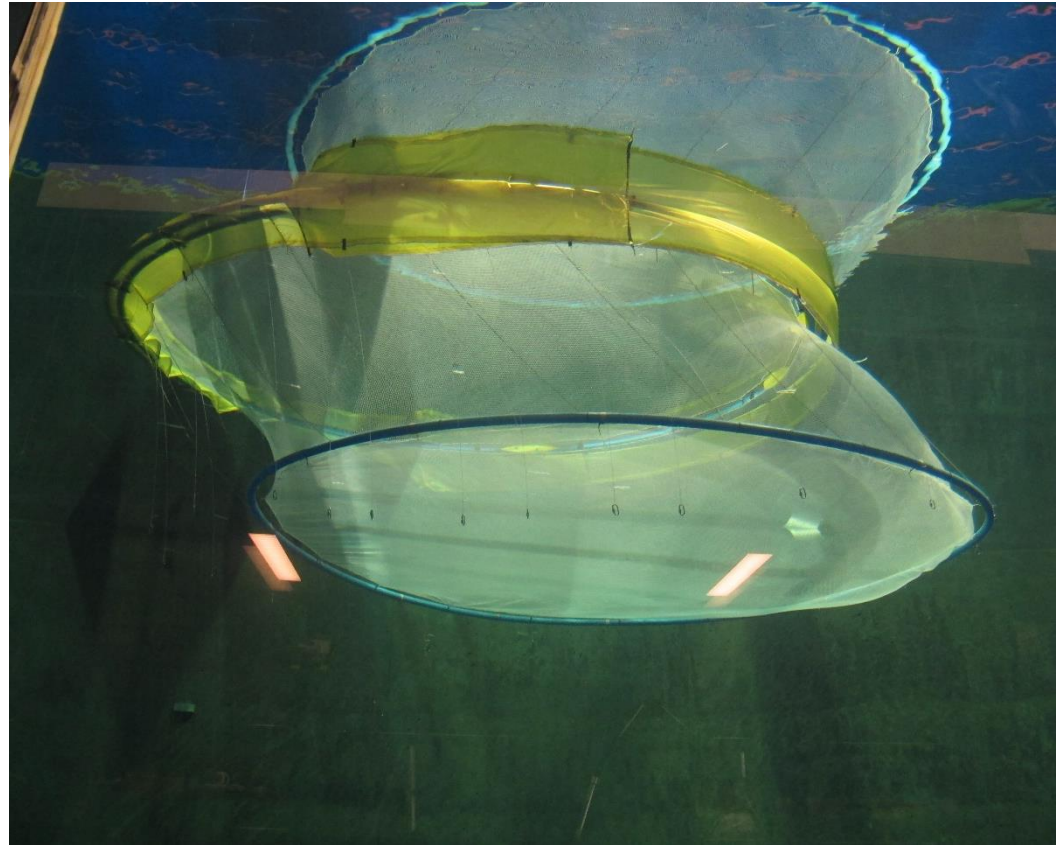
Anløp av brønnbåt/fôrboat

Rigide og fleksible lukkede merder

Hydrografi:

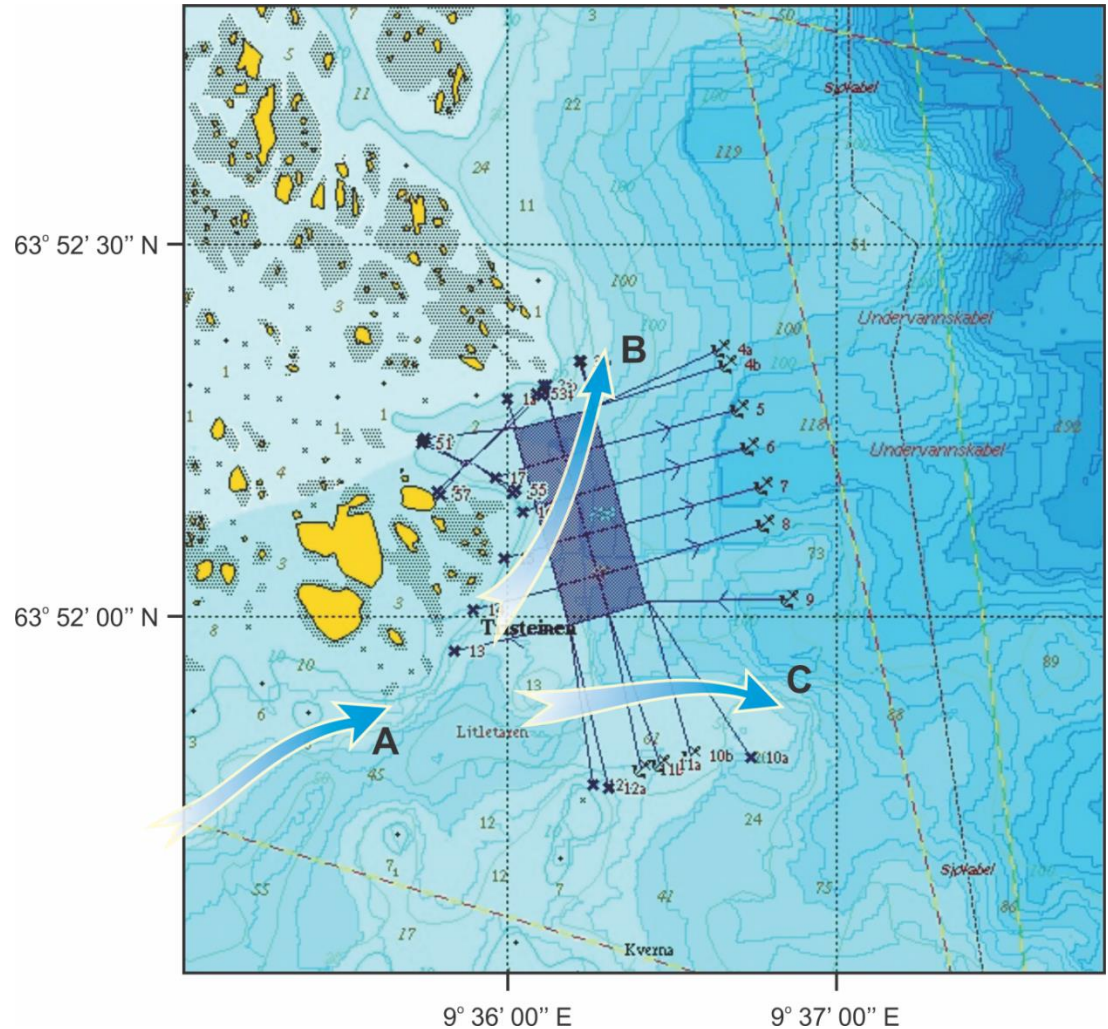
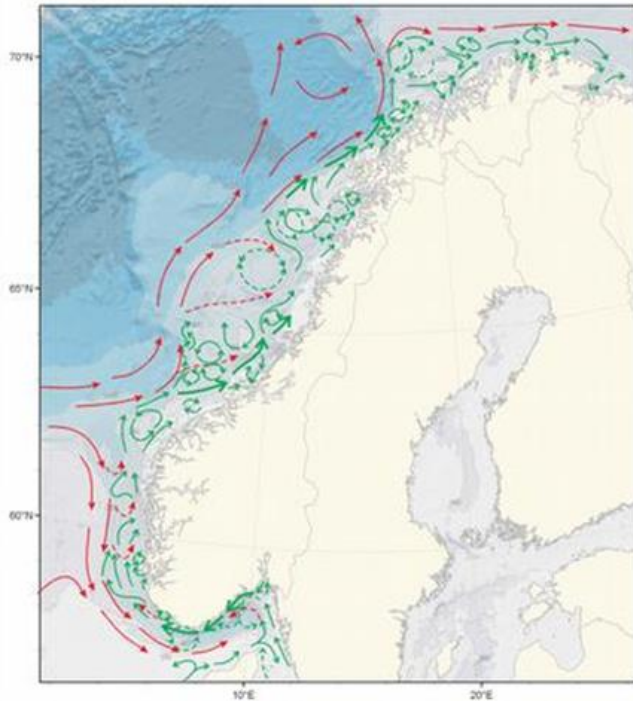
Strøm og tetthetssjiktninger

Strøm og avlusingsoperasjoner



Strøm følger topografien

- Vann er inkompressibelt og kan ikke presses sammen som luft
- Strømmen følger derfor i hovedsak topografien



Strøm dreier mot høyre

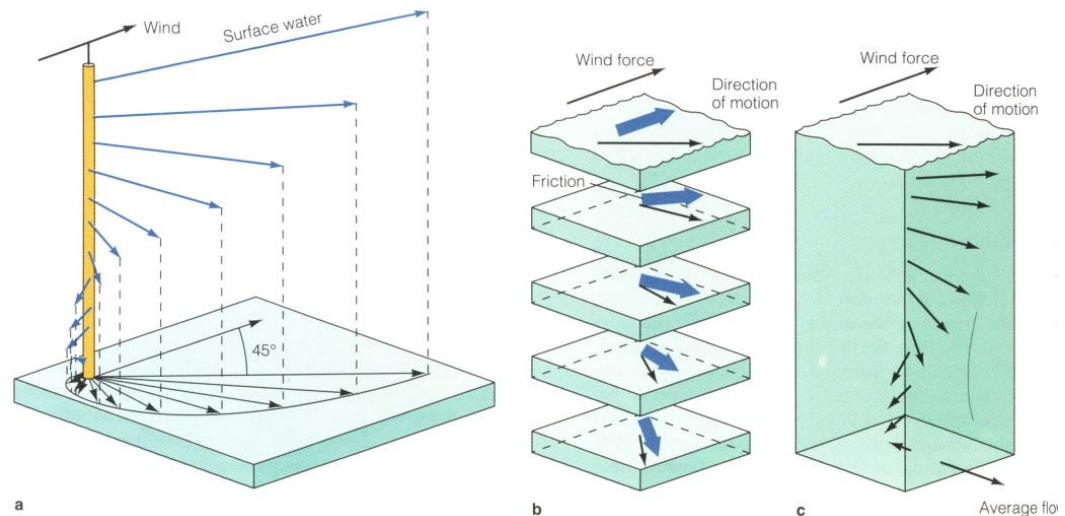


Vinddreven strøm har en massetransport 90° på vindretningen mot høyre. Strømmen i overflaten går 45° på vindretningen mot høyre.

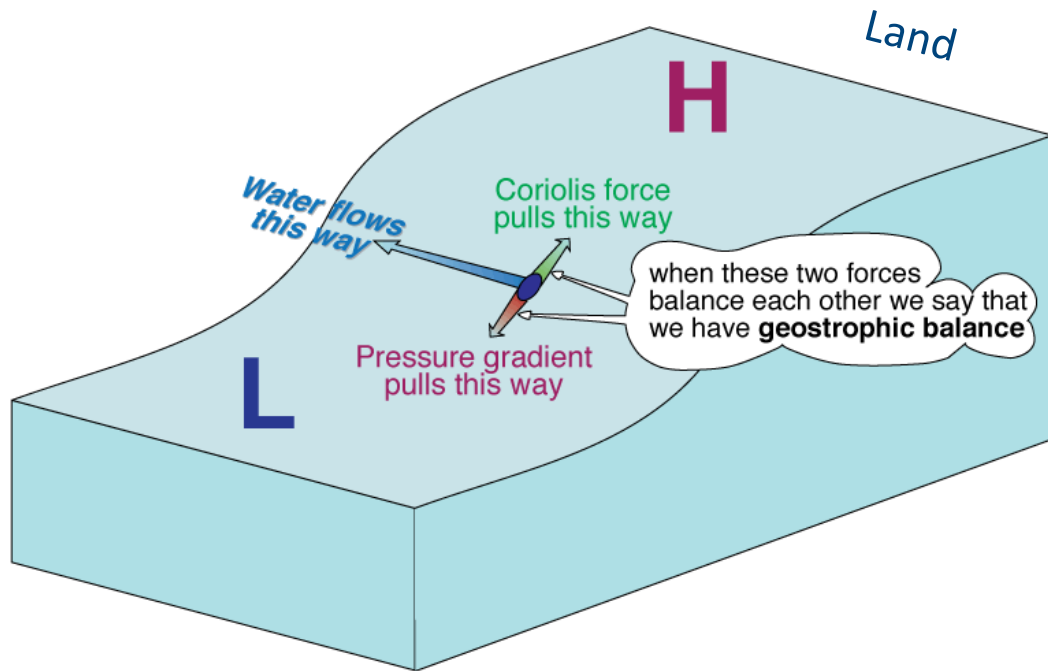
Corioliskraften – hva gjør den?

Corioliskraften er ikke en reel kraft, men påvirker vannet på grunn av jordas rotasjon. Alt i bevegelse har en fiktiv kraft mot høyre på den nordlige halvkule motsatt på den sørlige.

Ekman spiralen

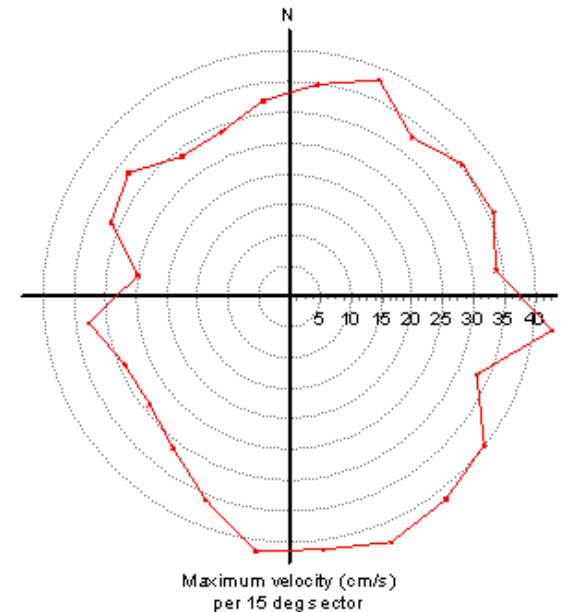


Geostrofisk (trykkdreven) og tidevannsstrøm



- Geostrofisk strøm (trykkdreven)

- Tidevannsstrøm (egentlig en bølge)

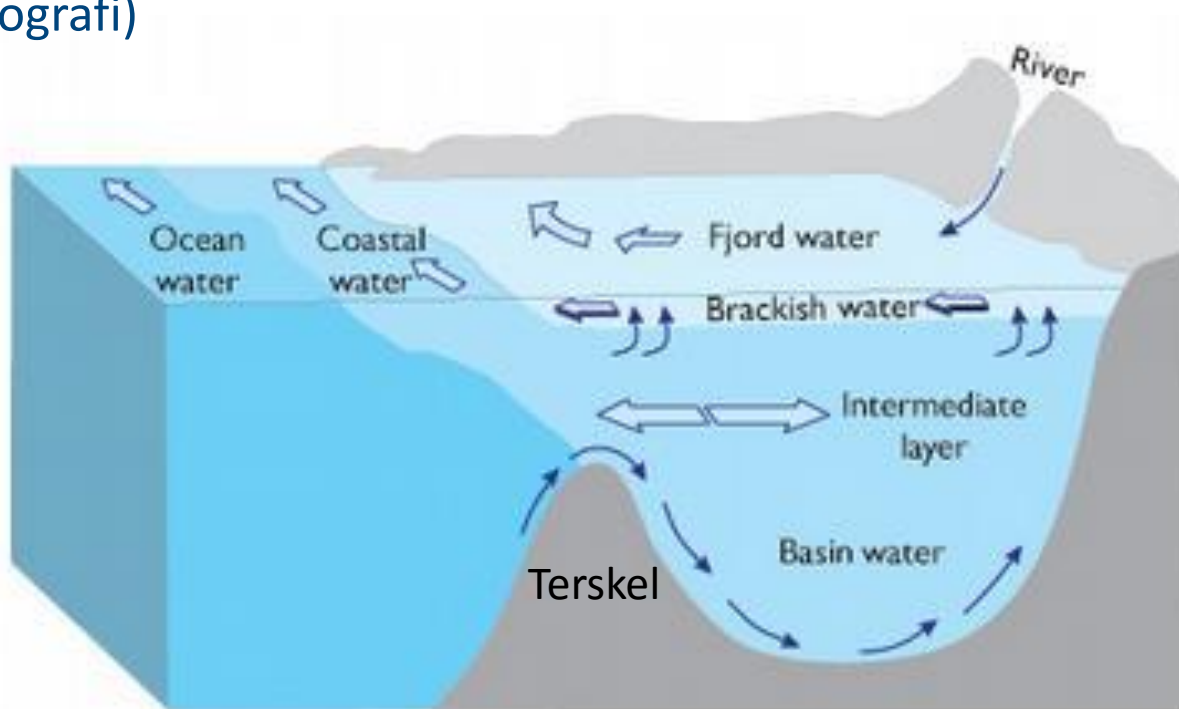


Strøm i fjorder

Strømmen i en fjord kan være svært komplisert.

Strømbildet er avhengig av:

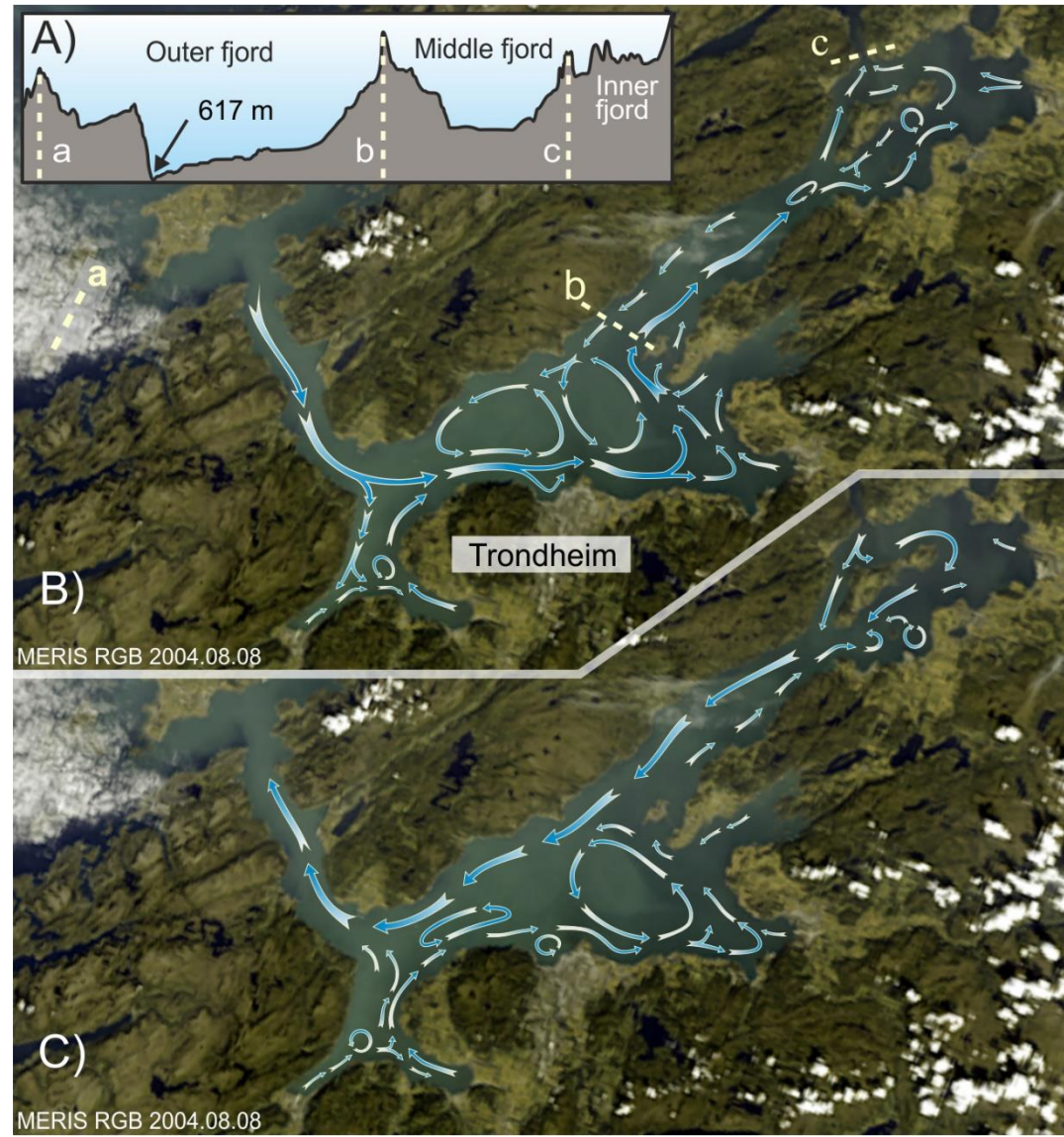
- Terskeldypet
- Bredden og dybden (topografi)
- Ferskvannsavrenning
- Tidevann
- Årstid
- Vær og vind



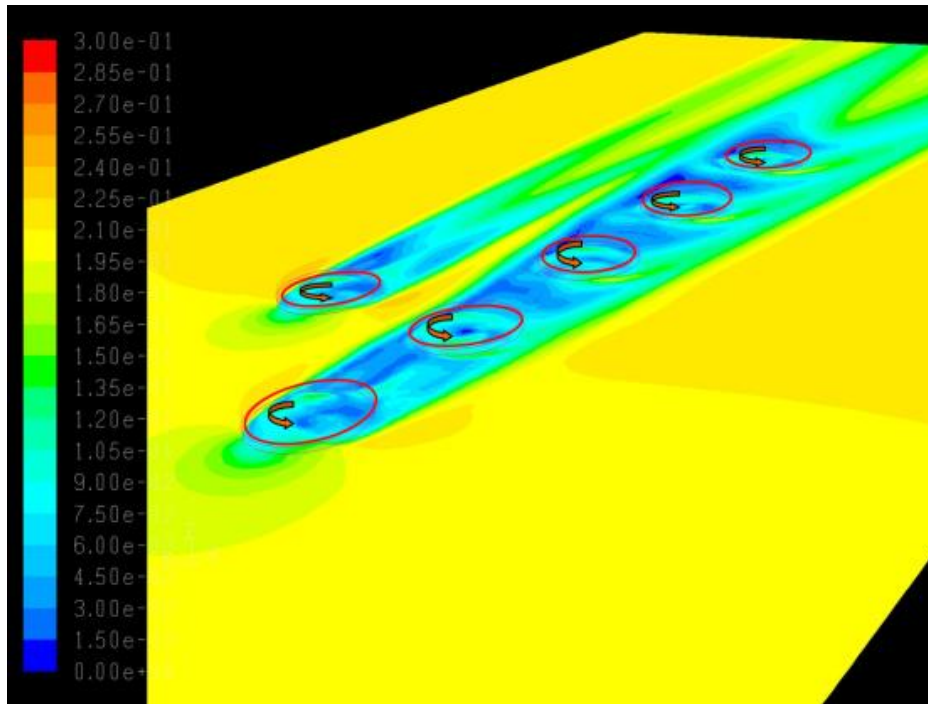
Strøm i fjorder

Eksempel på strøm i Trondheimsfjorden:

- 3 terskler
- Strømmen holder seg til høyre (Coriolis)

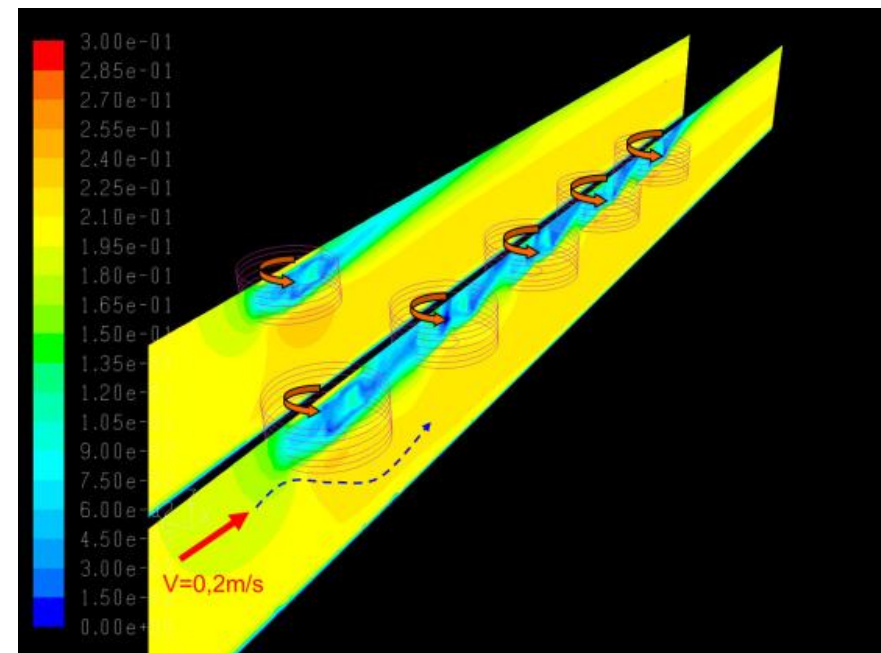


Strøm i og rundt et anlegg – Selvskygging (matematisk modell)



Horisontalt snitt

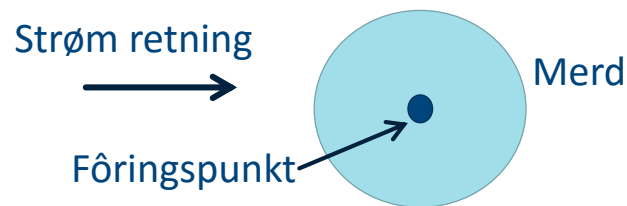
Vertikalt snitt



Foring og strøm

Når tar strømmen fôret slik at den forsvinner ut av sideveggene på en 157 metring, 20 meter dyp?

Tenkt tilfelle der fôret slippes akkurat i midten (25 m vei å gå til den treffer notveggen).



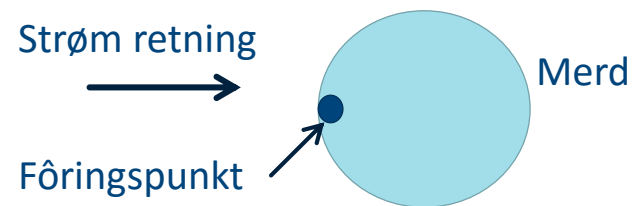
Forflytning av fôret sideveis etter 20 meters fall med hensyn på strøm og synkehastighet

Synkehastighet (m/s) \ Strøm (m/s)	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2
0,1	100	50	33	25	20	17	14	13	11	10
0,2	200	100	67	50	40	33	29	25	22	20
0,3	300	150	100	75	60	50	43	37	33	30
0,4	400	200	133	100	80	67	57	50	44	40
0,5	500	250	167	125	100	83	71	62	55	50
0,6	600	300	200	150	120	100	86	75	67	60
0,7	700	350	233	175	140	117	100	87	78	70

Foring og strøm

Når tar strømmen fôret slik at den forsvinner ut av sideveggene på en 157 metring, 20 meter dyp?

Tenkt tilfelle der fôret slippes ved kanten på oppstrømsiden (50 m vei å gå).



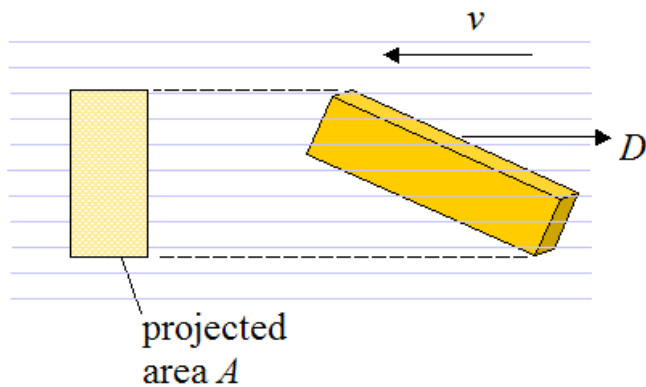
Forflytning av fôret sideveis etter 20 meters fall med hensyn på strøm og synkehastighet

Synkehastighet (m/s) \ Strøm (m/s)	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2
0,1	100	50	33	25	20	17	14	13	11	10
0,2	200	100	67	50	40	33	29	25	22	20
0,3	300	150	100	75	60	50	43	37	33	30
0,4	400	200	133	100	80	66	57	50	44	40
0,5	500	250	167	125	100	83	71	63	56	50
0,6	600	300	200	150	120	100	86	75	67	60
0,7	700	350	233	175	140	117	100	88	78	70

Midten
Oppstrøms

Krefter på merd, not og konstruksjoner på grunn av strøm

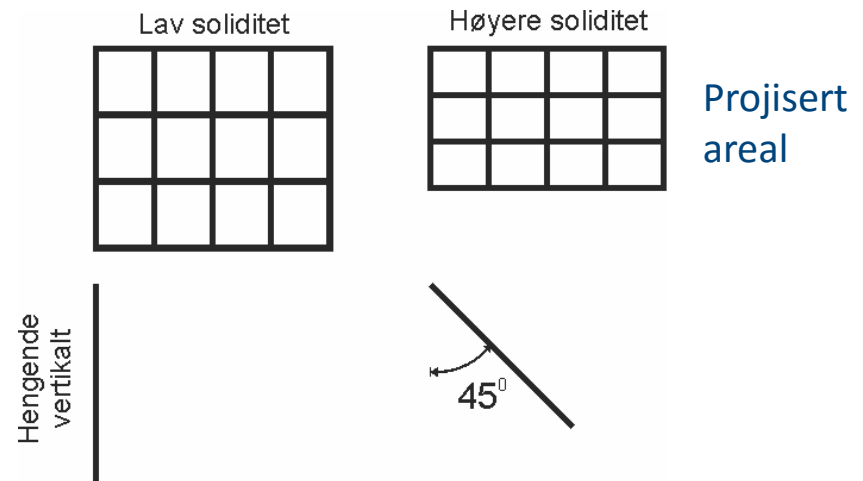
Tverrsnittet (projisert areal) av konstruksjonen som bestemmer kraften som virker på konstruksjonen.



Eksempel:

Notas soliditet = hvor mange prosent av arealet som dekkes av nota

Hvorfor er det viktig å vite notas soliditet? Fordi man da får vite det projiserte arealet av hindringene (trådene).

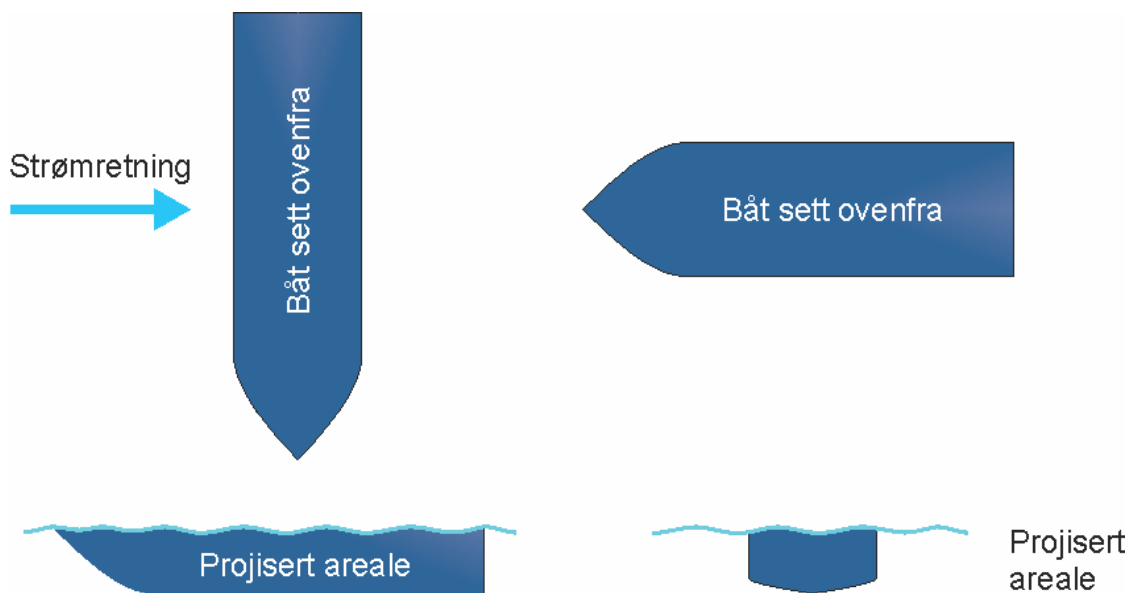
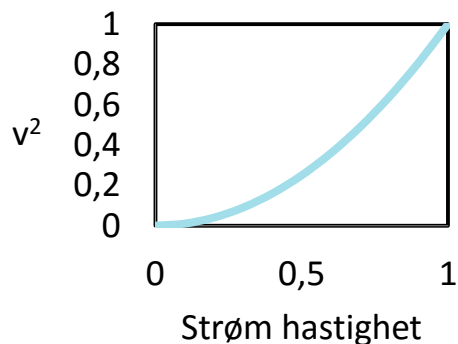


Krefter på merd grunnet båtanløp i strøm

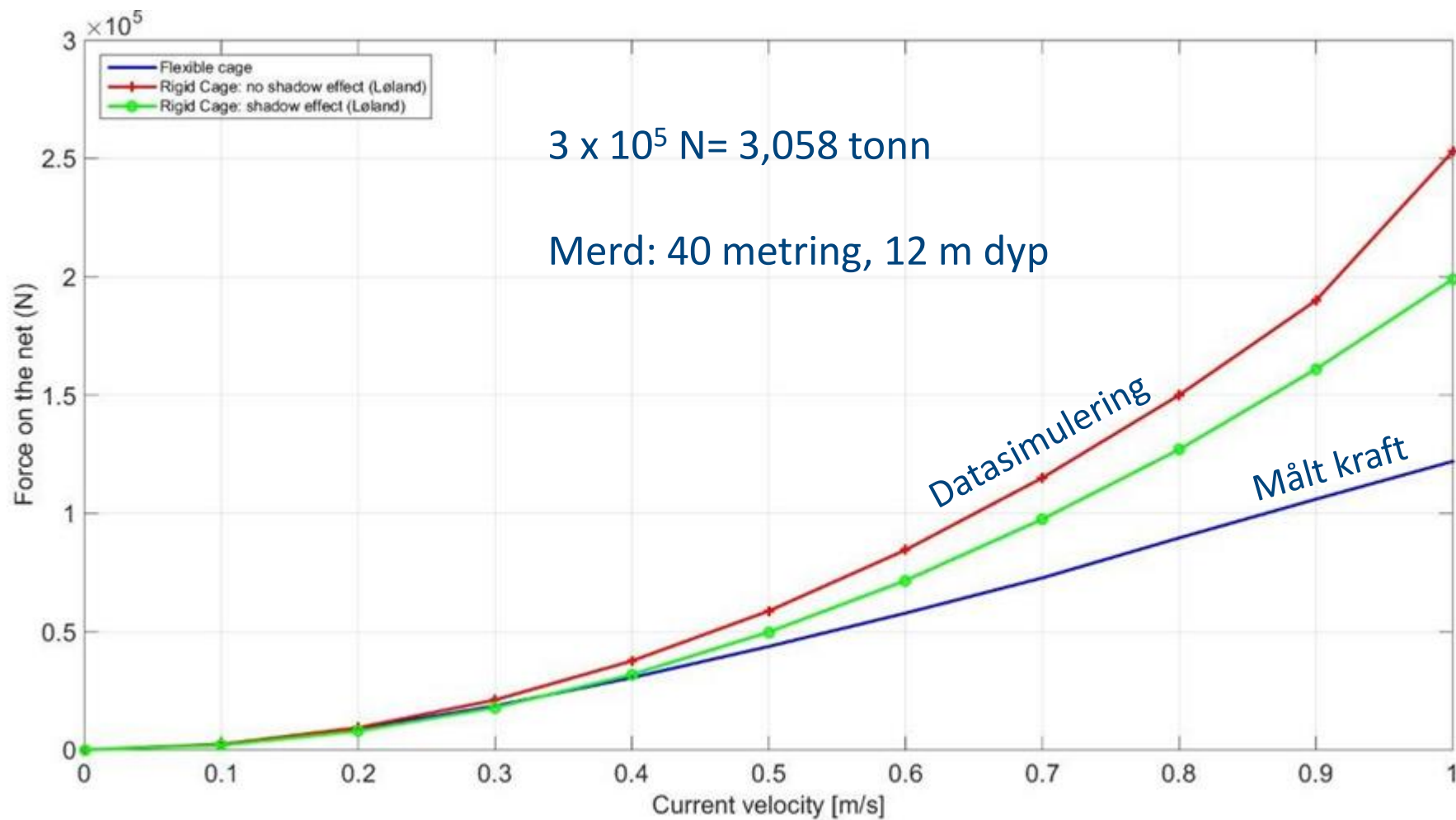
Det er viktig å vite strømmen ved båtanløp. Kraftene på båten er avhengig av strømretning og det projiserte arealet av båten på tvers av strømmen.

Man kan da si at strømfanget blir mye større når båten er på tvers av strømmen enn på langs.

Kraften øker som en funksjon av kvadratet av strømhastigheten (v^2).



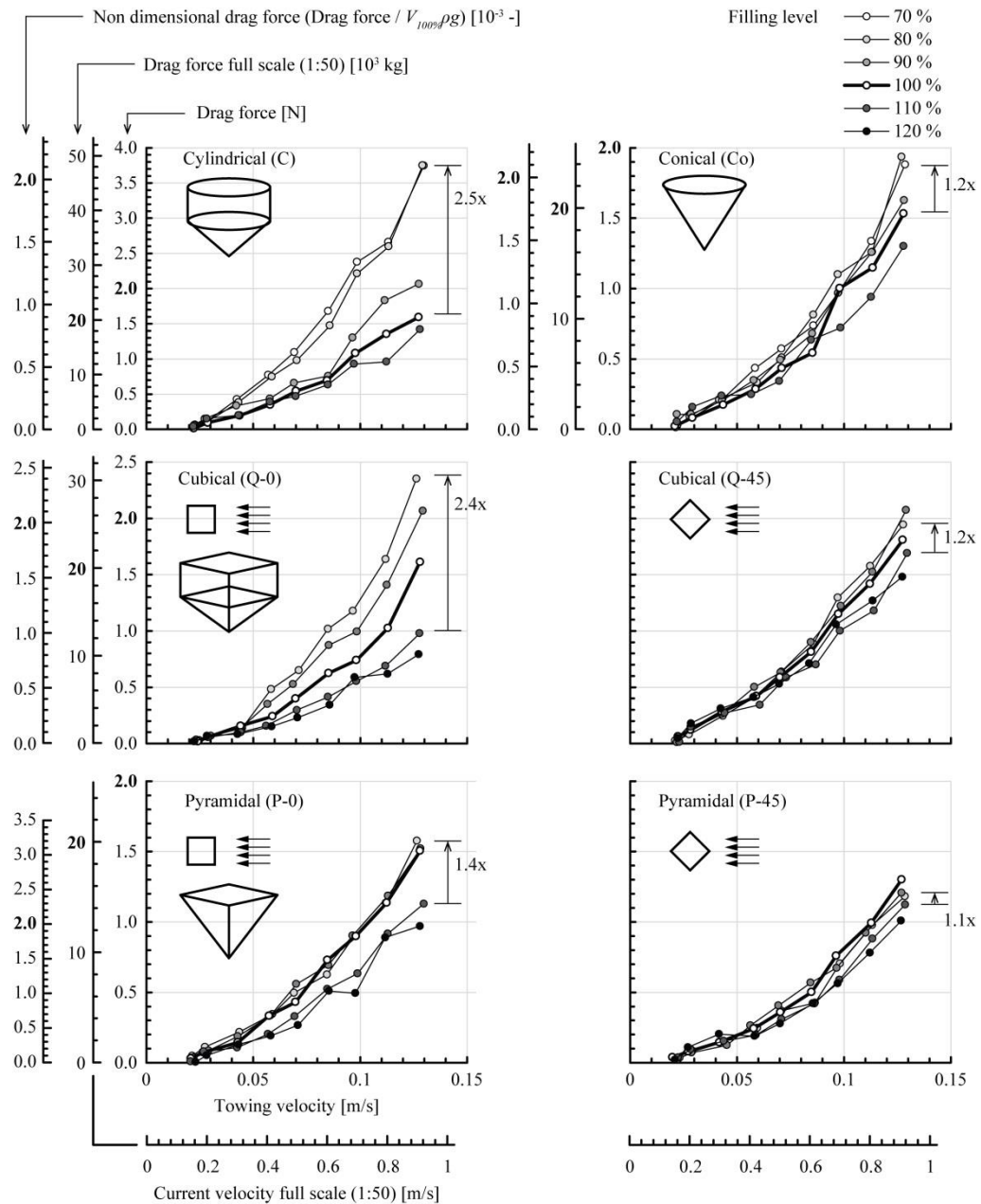
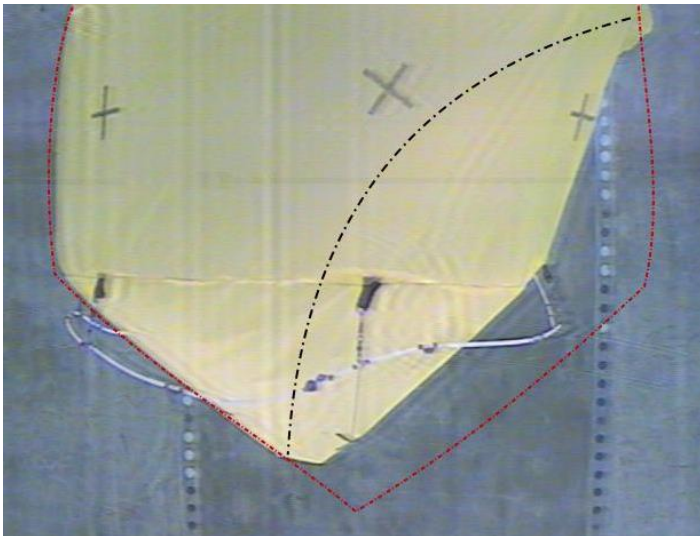
Krefter på not på grunn av strøm



Krefter på fleksible konstruksjoner i strøm

(ikke vanngjennomtrengelig, f.eks. avlusingsduk, lukket anlegg etc.)

Deformasjon – underfylling 70 %



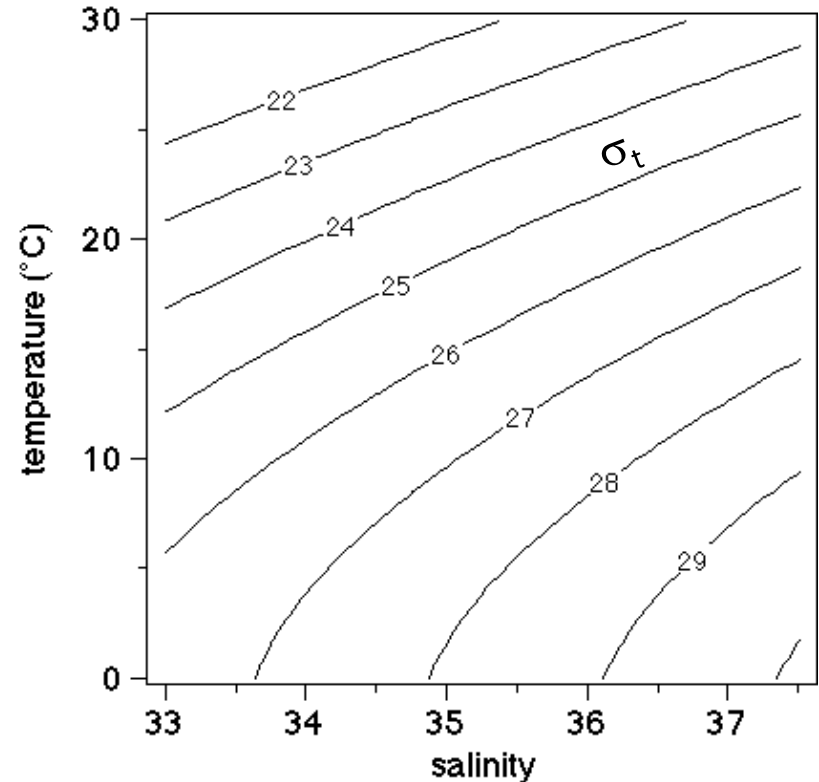
Tetthetsforskjeller grunnet saltholdighet og temperatur

Relasjon mellom temperatur (T) saltholdighet (S) og tetthet (σ_t)

dersom tettheten er gitt i " g cm⁻³ " så oppgis vanligvis tettheten i oseanografisk sammenheng som sigma-t:

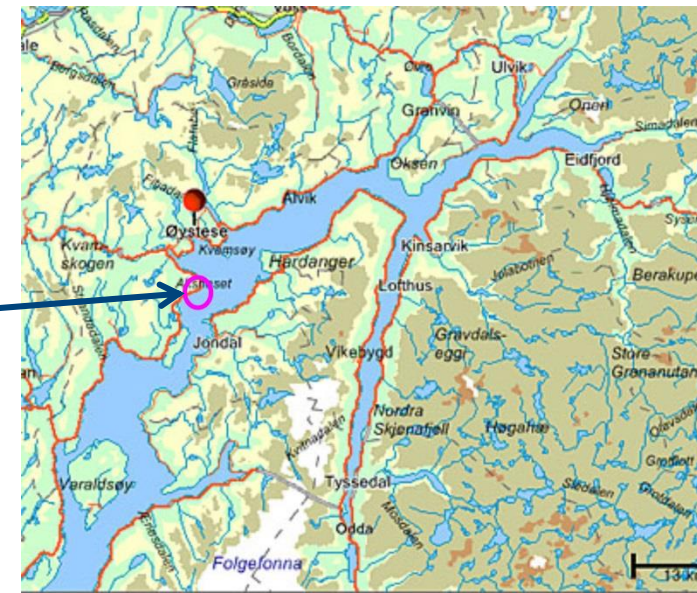
$$\sigma_t = [(Tetthet \text{ av sjøvann} - 1) \times 1000]$$

Salinitet \ Temp	34,9	10	Variierende (S ppt)
5	27,621	7,933	19,688
20	24,714	5,820	18,894
Variierende T (°C)	2,907	2,113	σ_t



Strøm i fjorder – sprangsjikt

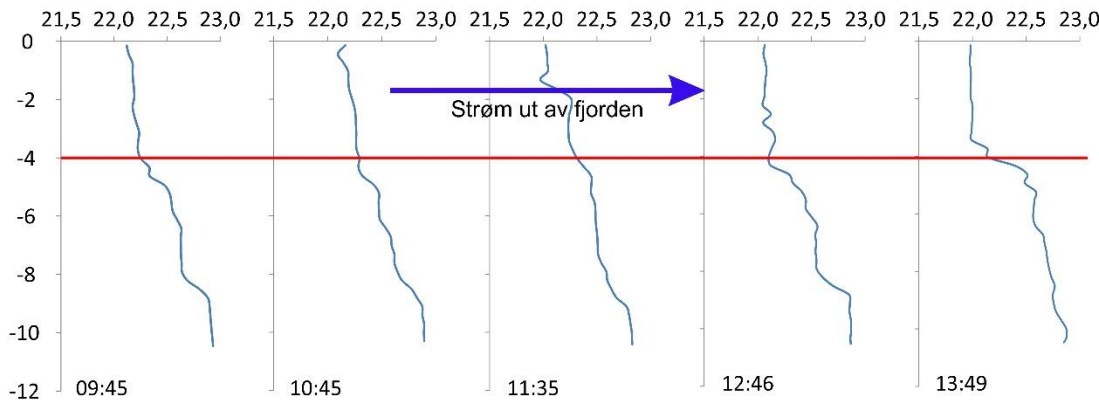
Eksempel:
Hardangerfjorden
medio november



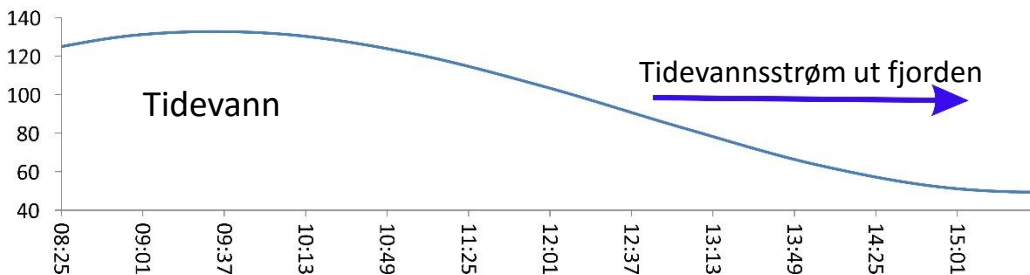
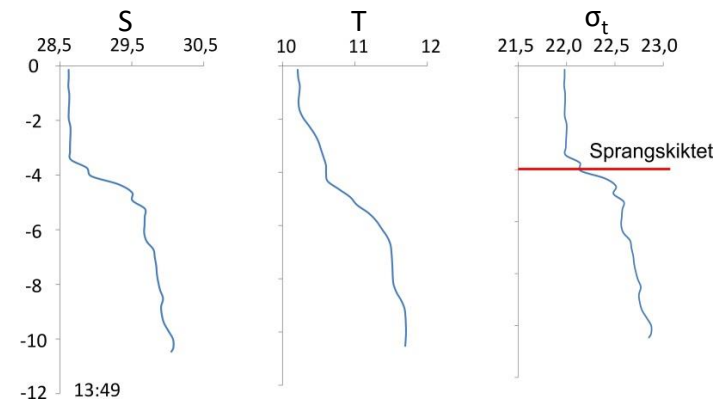
Kan være mulig strømforløp ved fallende sjø

Hardangerfjorden:

Tetthet (σ_t)



Tettheten av vann bestemmes
av salt, temperatur

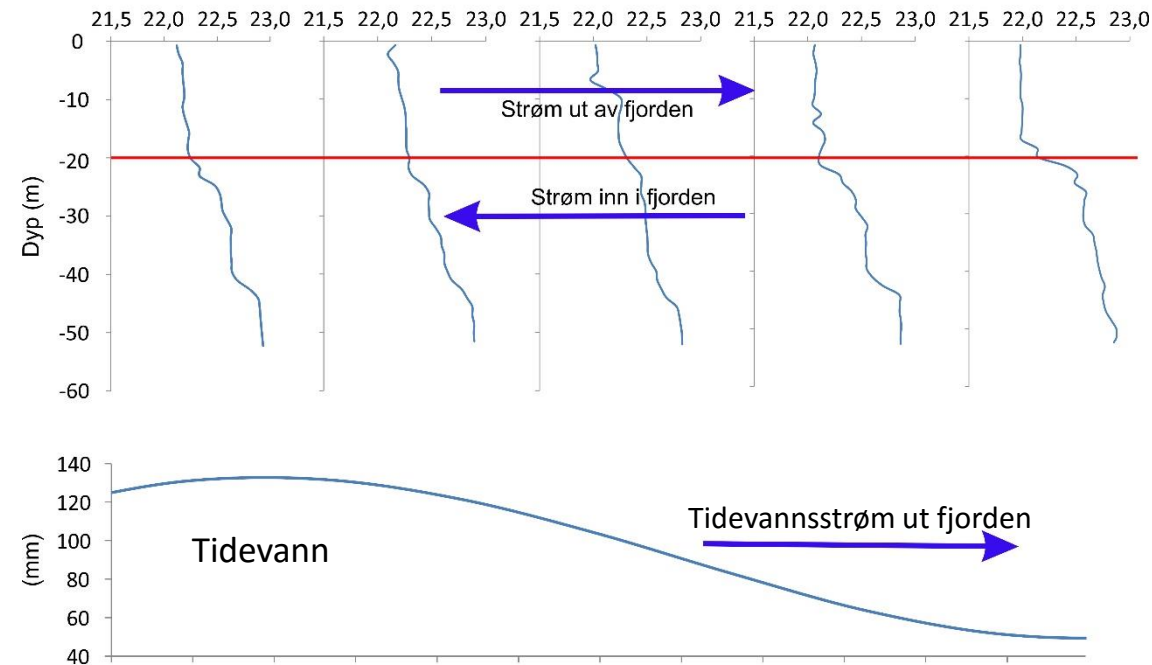


Strøm i fjorder – sprangsjikt

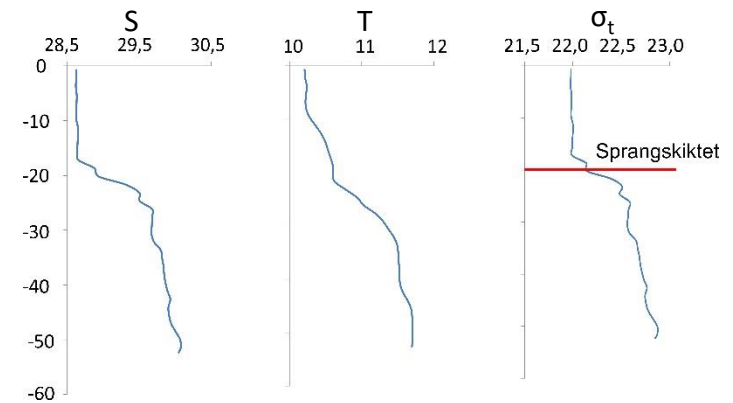
Kan være mulig strømforløp ved fallende sjø

Fiktiv fjord:

Tetthet (σ_t)



Tettheten av vann bestemmes
av salt, temperatur



Effekten av tetthetsforskjeller mellom saltvann og ferskvann

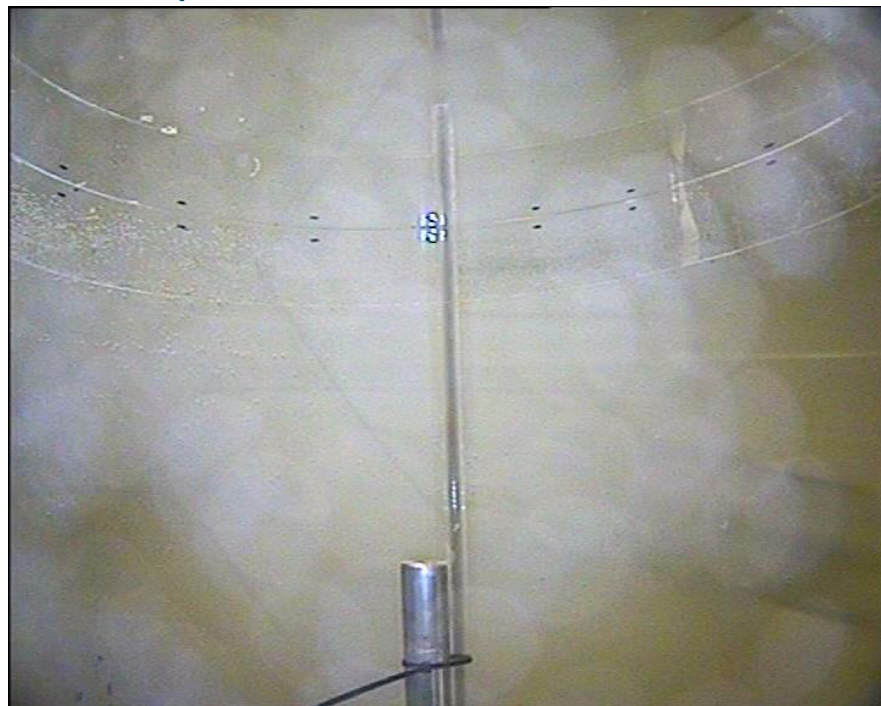
Hva skjer når saltere (tyngre vann) blir flyttet opp til overflate?

$\sim 2,7 \sigma_t$ i tetthetsforskjell



$\sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$ i tanken med ferskvann og $\sim 10 \text{ }^\circ\text{C}$ tilført ferskvann med kontrast (tilsvarer en salinitetsforskjell på $\sim 3,2\text{‰}$)

$\sim 18,8 \sigma_t$ i tetthetsforskjell



$\sim 11 \text{ }^\circ\text{C}$ i både i tanken (ferskvann) og i tilført saltvannet med kontrast (tilsvarer salinitetsforskjell på $23,2\text{‰}$).

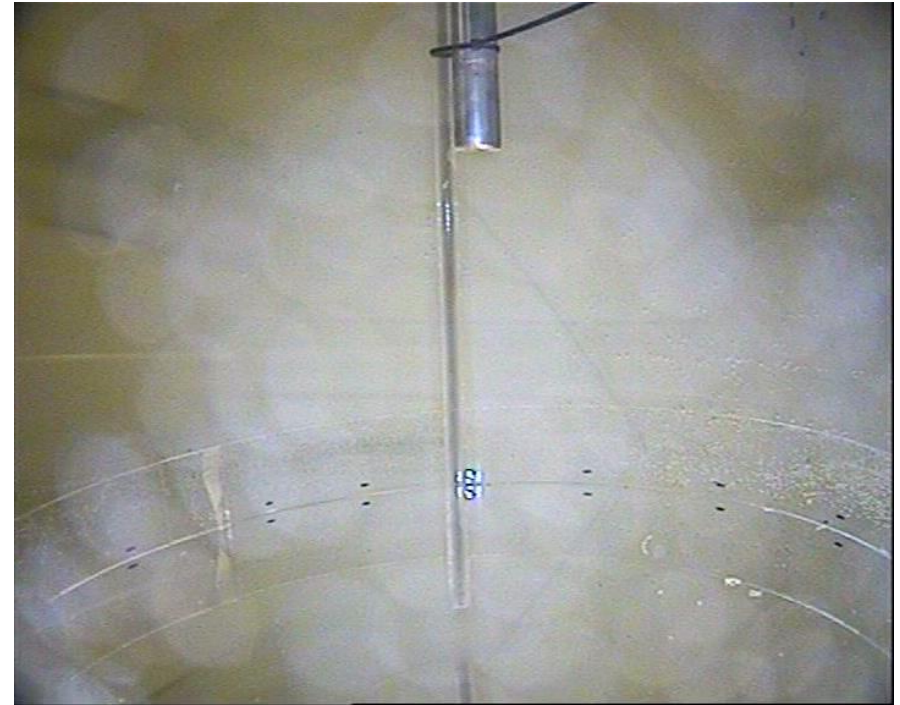
Effekten av tetthetsforskjeller mellom saltvann og ferskvann

Ferskere overflatevann ned i dypet?

~2,7 kg/m³ i tetthetsforskjell



~ 18,8 kg/m³ i tetthetsforskjell



Ferskvannet stiger opp.

Strøm, tetthetsforskjeller og luseskjørt



Man vet at:

- Luseskjørtet blir presset opp i forkant (oppstrøms) avhengig av strømhastigheten.
- Mesteparten av vannet som blir presset ned i forkant havner inne i skjørtet.

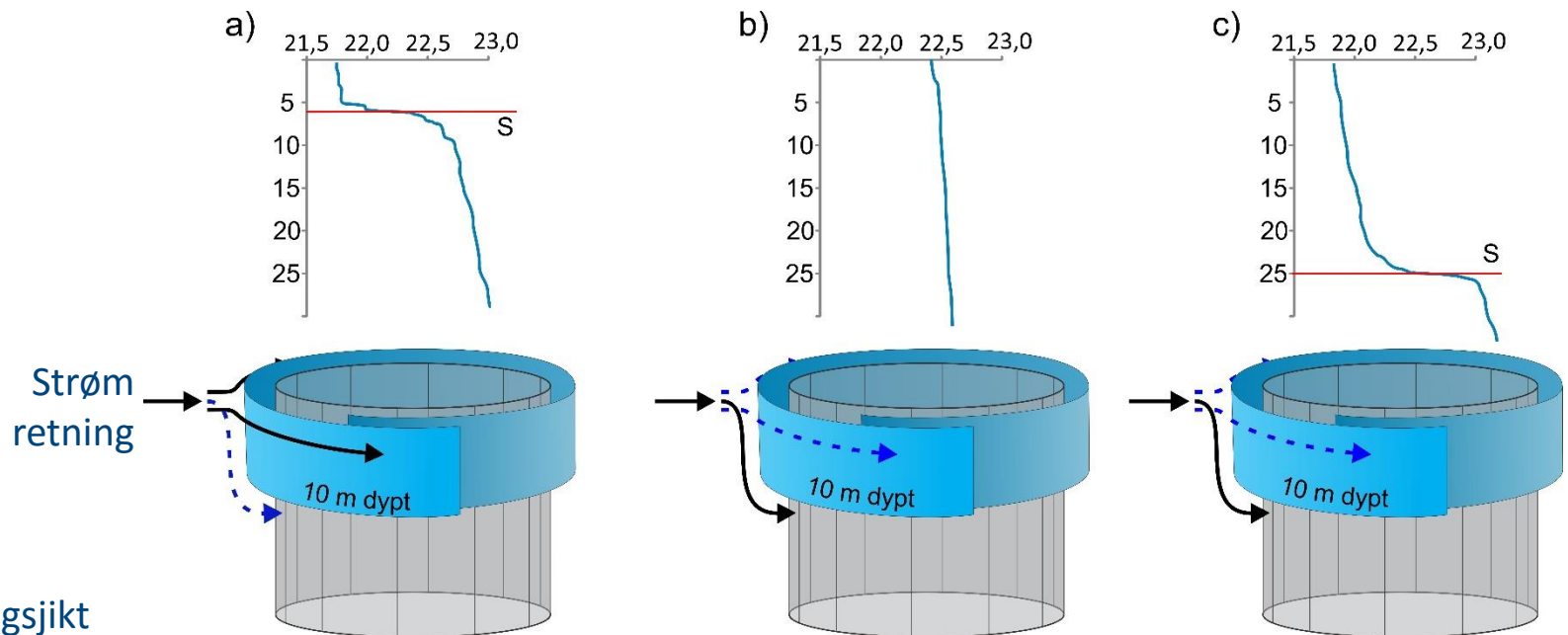
Man vet ikke:

- Hvor mye av overflatevannet, som går rundt skjørtet og hvor mye blir presset ned og under skjørtekanten.
- Tetthetssjiktningens betydning for dette forholdstallet.

Strøm, tetthetsforskjeller og luseskjørt

Sannsynligheten for (muligens):

- At høy tetthetsforskjell og etablert sprangsjikt over skjørtekanten medfører at mesteparten av overflatevannet går rundt skjørtet.
- At lav tetthetsforskjell mellom overflatevann og vann under skjørtekanten medfører at mye av overflatevannet blir presset ned under skjørtekanten.
- At sprangsjiktets plassering i dybden har betydning for om strømmen går rundt skjørtet eller under kanten.



Kjenn din strøm, og reduser din risiko:



Vannstrøm og avlusingsoperasjon –
på knivseggen mellom suksess og fiasko.

FHF, Prosjektnr. 901011

Modellforsøk

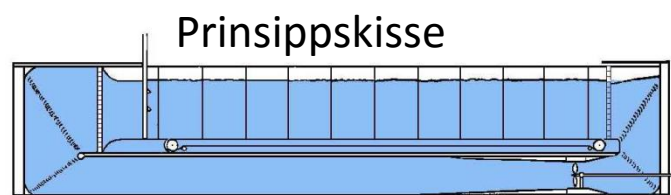
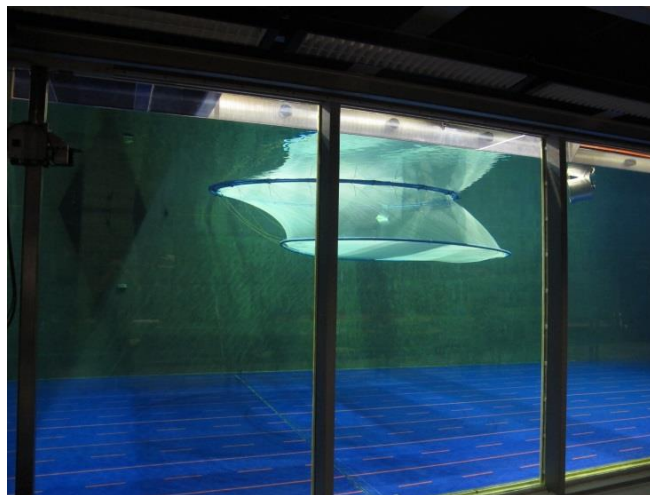
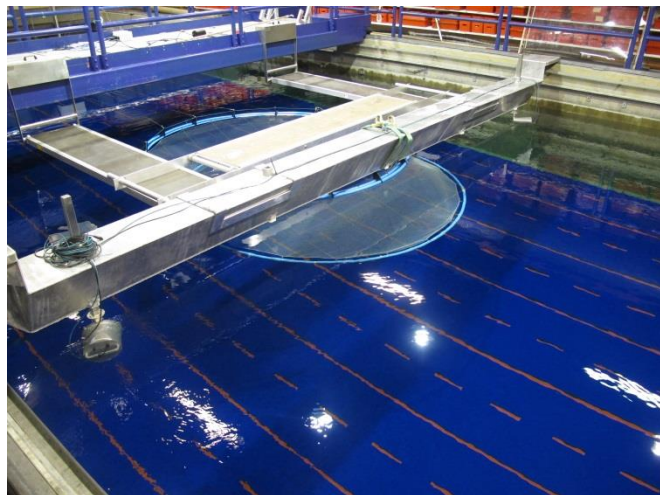


Modellforsøk ble gjennomført i 4 forskjellige prosjekter med til sammen ~ 230 settinger av duken (verdensrekord?).

1. Dukbasert avlusningskonsept
Samarbeid med Botngaard AS
2. Modellforsøk med dukbasert avlusing
Finansiert av FHF, Prosjektnr. 901011
3. Seminar 1: Setting av avlusingsduk (Marine Harvest)
4. Seminar 2: Setting av avlusingsduk (Marine Harvest)

Material og metoder

- Forsøkene ble gjennomført i flumetanken i Hirtshals – altså her.

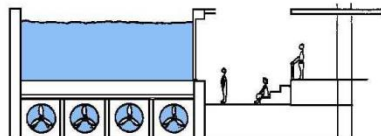


Målområde (L x B x D):

21,3 x 8,0 x 2,7 m.

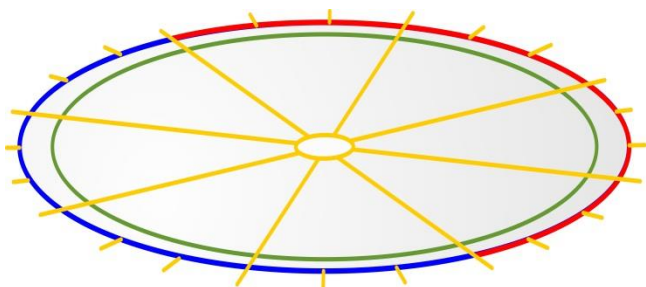
Vannvolum: 1200 m³.

Vindu: 2x3 m

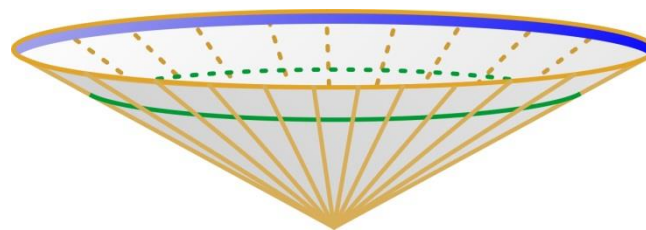


Material og metoder

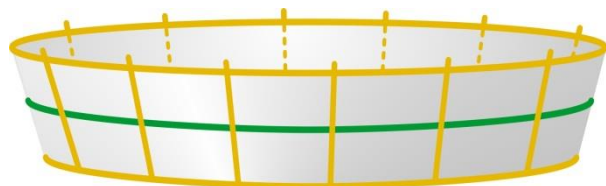
- Modeller: 4 forskjellige duktyper med reduksjonsbånd.



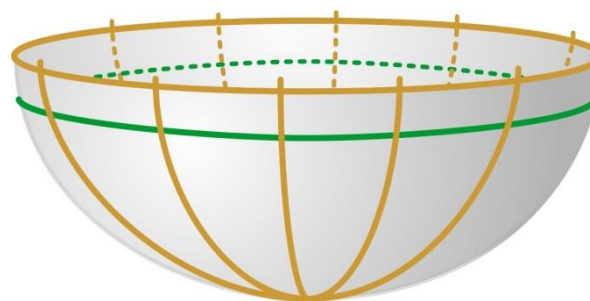
Flat duk



Kjegle
(Kinahattduk)



Avkortet kjegle
(Muffin)

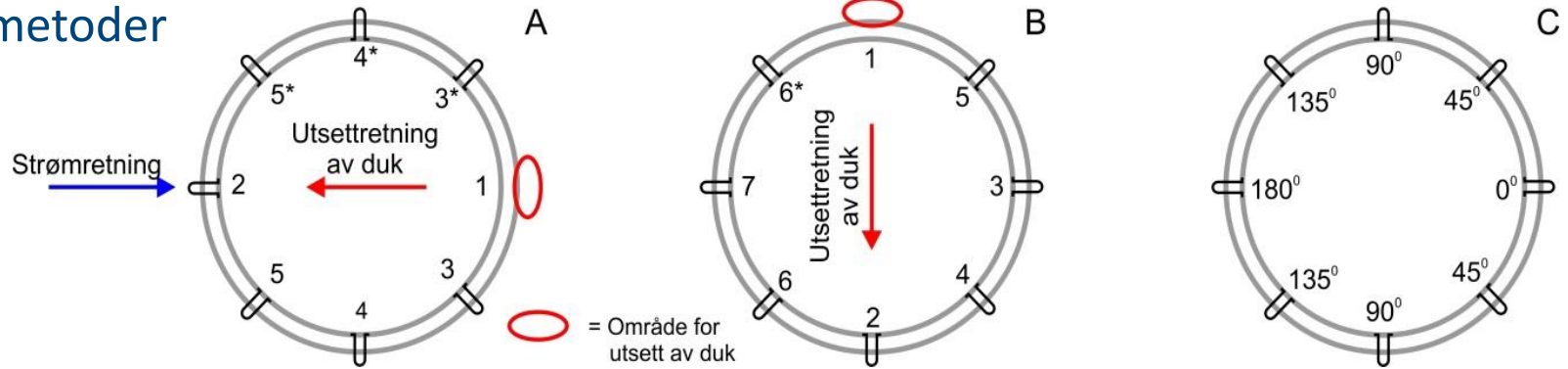


Kuleduk

Detaljert informasjon om modellforsøk 2, finnes på FHF sine sider:
<http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=901011>

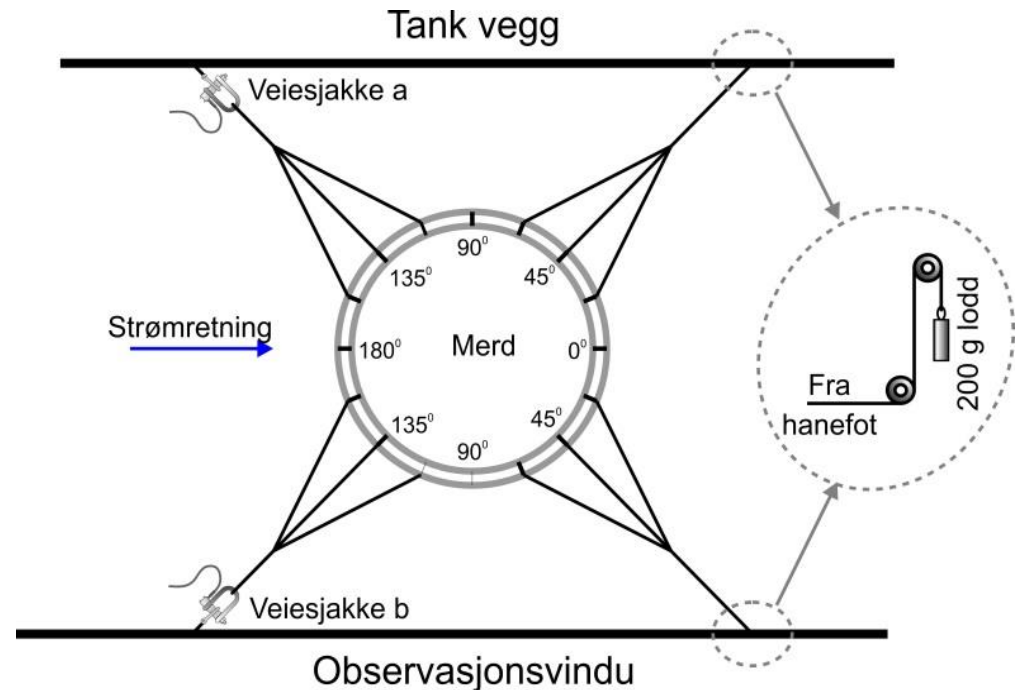
Material og metoder

- Settemetoder



- Målinger av krefter

Oppsett av merd med veiesjaker oppstrøms og forspenning nedstrøms.



Material og metoder



Volumet i duken ble målt ved å pumpe ut vannet gjennom en vannmåler.



Resultater

Krefter

Resultatene i tonn	Utsett mulig				Ekstremstrøm (etter utsett)				
Strøm (cm/s)	21	24	33	41	54	62	71	74	83
Duktype	21	24	33	41	54	62	71	74	83
Fullskala merd med not*		3,7							
<i>Modellforsøk 1**</i>									
Flat duk med bunnring			2,8	3,2					
Flat duk uten bunnring			1,1						
<i>Modellforsøk 2</i>									
Flat	1,1			1,3	1,8	2,7		4,6	
Kinahatt	1,2			1,7	2,3	3,3	6,4	8,8	10,9
Kule	0,9			1,4	Ikke undersøkt				
Muffin **	1,2			1,5		2,7		1	

* Kraftene på fullskala merd med not ble målt på en 157 metring merd med bunnringen på 10 m dyp.

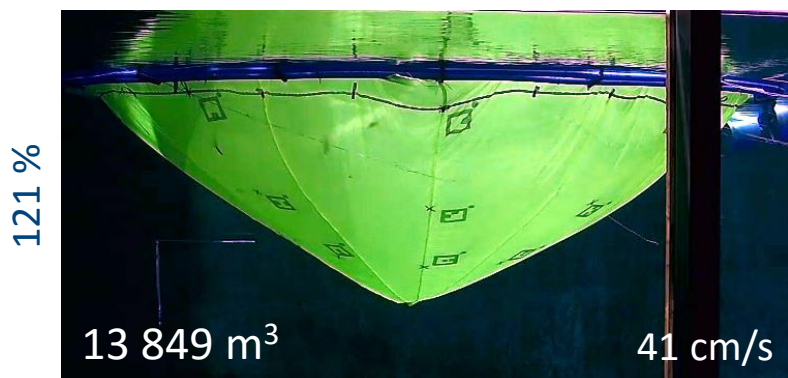
** Forsøkene ble satt på utsiden av merden.

Resultater

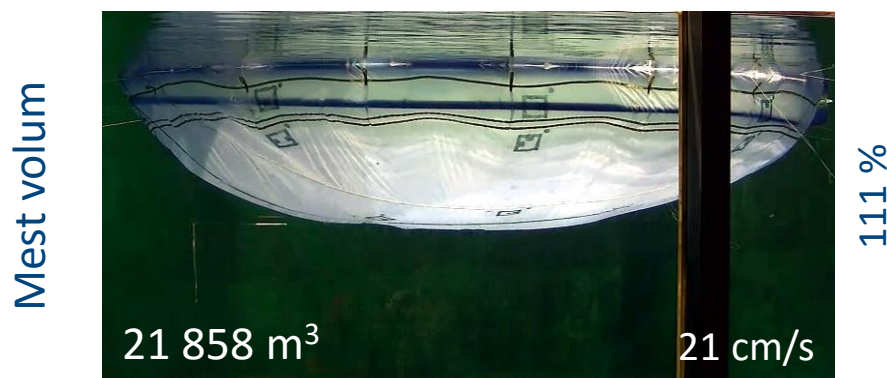
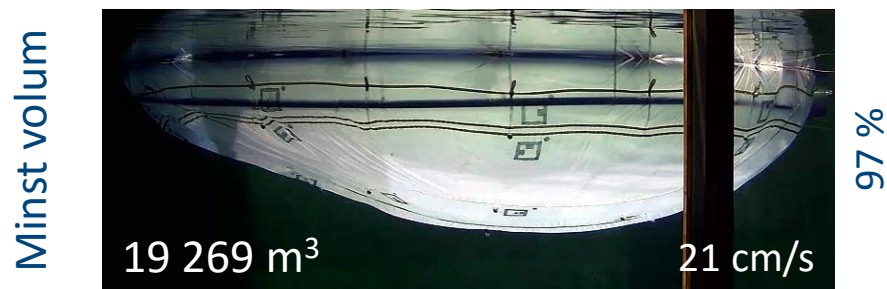
Fyllingsgraden:

Avhengig av strømhastigheten og settemetode. Lite strøm kan gi dårlig fyllingsgrad, mens mye strøm kan medføre havari, eller at setting av duken ikke er mulig.

Kinahatt (teoretisk volum = 11 477 m³)



Muffin (teoretisk volum = 19 681m³)



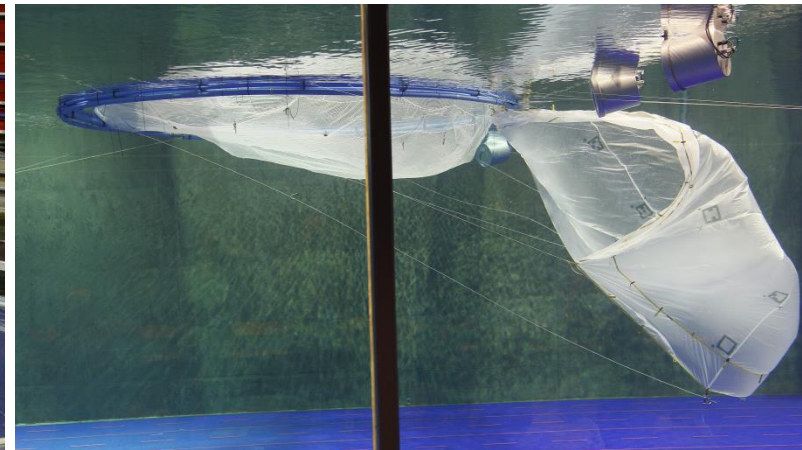
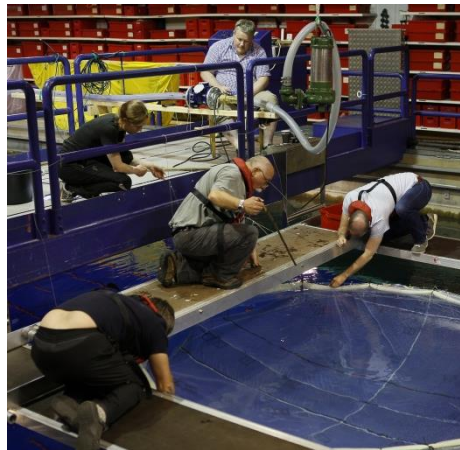
Resultater

Volum i duken

- Resultater viser stor variasjon i fyllingsgrad mellom de forskjellige duktypene avhengig av strømhastighet og settemetode.
- Vanskelig å finne en metode som gir 100 % fyllingsgrad under alle forhold.

Strømpåvirkning

- Lite strøm: Vanskelig å få fylt dukene 100 % ved strømhastigheter $< \sim 10$ cm/s.
- Mye strøm: Alle dukene dro merden ned i bakkant under setting i strøm på 41 cm/s.
- Ekstremstrøm (> 41 cm/s): Ikke mulig å sette duken uten havari.
- Duk satt ved < 41 cm/s - økte så strømmen: Alle dukene ble dratt under ved ca. 62 cm/s, bortsett fra redusert muffinduken, som ble dratt under først ved ca. 83 cm/s.



Grensetilfeller

Visuelle betraktninger (video) av ulykkeshendelser med strømhastigheter ~ 40 cm/s og over.



~ 40 cm/s



~ 52 cm/s



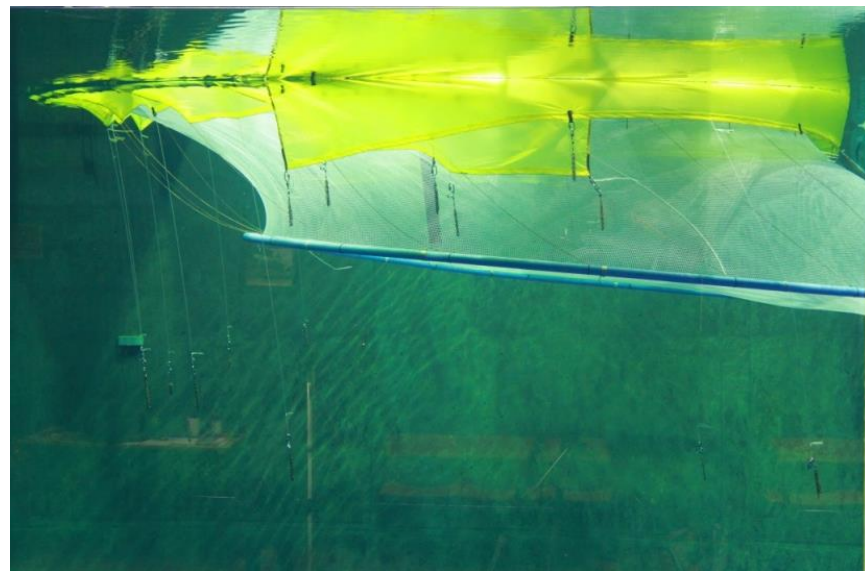
Satt ved 33 cm/s, økt til ~ 60 cm/s

Kommende artikkel:

Volent Z., Birkevold j., Stahl A., Lien M. A., Sunde L. M., Lader P.* (2017), "Experimental study of installation procedure and volume estimation of tarpaulin for chemical treatment of fish in floating cages", *Aquaculture Engineering*, inn press.

Konklusjon

- Å kjenne til strømmen i sanntid i daglig drift, er essensielt for å kunne gjennomføre vellykkede og sikre operasjoner.



Takk for meg!