



Rapport fra funksjonstesting av Atlantis før utsett på Skrubbolmen



Rapport Funksjonstesting av anlegg/merd				
Dato	Revisjon	Beskrivelse	Utført av	Kontrollert av
01.09.2020	0	I henhold til målkriterium 4.1	Trude Olafsen Henning Holm Jan Inge Tjølsen	Ragnar Sæternes Dag Ove Antonsen Roy Andre Kihl



Innhold

1	Innledning	3
1.1	Beskrivelse av Atlantis som system	4
2	Resultater fra funksjonstesting.....	6
2.1	Heve/senke funksjonen for merd med tilhørende styringssystem	6
2.1.1	Gjennomføring.....	6
2.1.2	Resultater	6
2.2	Luftkuppel og fyllingsgrad.....	9
2.2.1	Gjennomføring.....	9
2.2.2	Resultater	10
2.3	Føringssystem	11
2.3.1	Gjennomføring.....	11
2.3.2	Resultater	11
2.4	Dødfisksystem	11
2.4.1	Gjennomføring.....	11
2.4.2	Resultater	12
2.5	Lastsjakler	12
2.5.1	Gjennomføring.....	12
2.5.2	Resultater	14
3	Diverse utstyr	17
4	Uforutsette hendelser.....	19
4.1	Brudd i flyter	19
4.2	Lys	21
5	Forslag til endringer og forbedringer.....	21



1 Innledning

I henhold til målkriterier for Atlantis Subsea Farming skal anlegget funksjonstestes før det settes fisk i anlegget:

Målkriterium 4.1 Funksjonstesting av merd: Før anlegg/en merd tas i bruk med fisk skal funksjonstesting av anlegg/merd uten fisk gjennomføres i henhold til forhåndsdefinert testplan.

En testperiode avsluttes med en rapport som inkluderer resultater, forslag til endringer og forbedringer. Rapporten leveres til Fiskeridirektoratet.

Planen for funksjonstesting av anlegget omhandlet følgende hovedelementer:

- Heve/senke funksjonen for merd med tilhørende styringssystem
- Luftkuppel og fyllingsgrad
- Vannføring
- Dødfisksystem
- Lastsjakler
- Diverse utstyr

Funksjonstesting ble gjennomført i perioden oktober 2019 til februar 2020.

Selve utsettet ble forsinket på grunn av dårlig vær fra slutten av desember til ut i midten av februar. Atlantis skal ikke tas til overflaten hvis Hs er høyere enn 1,7 meter på Skrubholmen og det trengs i tillegg et værvindu på minimum 2 dager for å kunne gjennomføre en utsettoperasjon på en trygg og forsvarlig måte. Vi utnyttet imidlertid denne tiden til å lære mer om hvilke krefter som virker på systemet da vi hadde montert lastsjakler på de punktene vi forventet å kunne måler mest krefter.

Denne rapporten omfatter funksjonstesting av de viktigste elementene i Atlantis som prosjekt, og i tillegg ble det selvsagt gjennomført kontroll av merd, not og annet i henhold til krav i forbindelse med sertifisering i henhold til NS 9415. Vi hadde også et par uforutsette hendelser under testperioden som blir omtalt i rapporten.

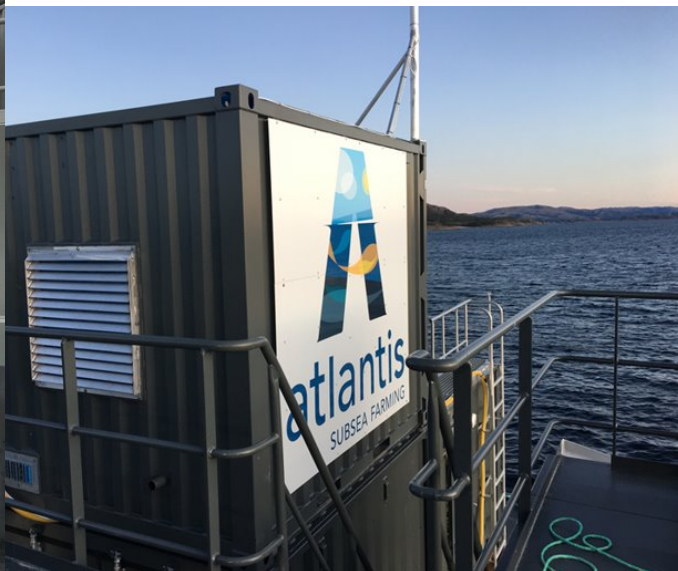
1.1 Beskrivelse av Atlantis som system

Atlantis består av en nedsenkbar merd med tilhørende utstyr; bøyer, fortøyning, luftkuppel med fôringsenhet, not og nottak, flyter, dødfiskoppsamler og diverse kablingssystemer. Inne i merden ble det montert kamera, lys og sensorikk. Figur 1 viser merdens beliggenhet i forhold til fôrflåten. Fôrflåten hadde et conveyorsystem for fordeling av fôr (Flexible Feeding), og det ble fôret med vann – både i Atlantis og i de andre merdene i anlegget. Atlantis var plassert inn i et vanlig anlegg, og det var produksjon i alle merder.



Figur 1 Nedsenkbar merd med flåte, container og styring

Styringssystemet til Atlantis ble bygd inn i en container og plassert på enden av fôringsflåten. Kabler ble forlenget da avstand mellom merd og flåte var lengre enn på Gjerdinga, og det ble kablet noe annerledes enn ved forrige utsett (Figur 2).



Figur 2 Krybbe for kabelføring fra flåte til sjø, samt
containerløsning for utstyr på flåte



2 Resultater fra funksjonstesting

2.1 Heve/senke funksjonen for merd med tilhørende styringssystem

2.1.1 Gjennomføring

Flyteren fylles med vann når den senkes og det blåses inn luft ved heving. Åpning og lukking av ventiler styres med AKVAconnect. Dybdemålere på merden registrerer til enhver tid merdens posisjon, noe som gir god kunnskap om merdens oppførsel i vannsøylen. Dybdesensorene er logget med AKVAconnect med en samplingstid på 10 min. Selv om det var gjort enkelte mindre endringer som bytte av aktuatorer og forlengelse av slanger var prinsippene i selve heve- og senkesystemet på Skrubholmen det samme som på den forrige lokaliteten, Gjerdinga.

Følgende hovedmomenter testes under funksjonstesting:

- AKVAconnect
 - Dybdemålere
 - Kalibrering
 - Alarm ved luftside for lav for senking
 - Tilkopling til kontrollrom flåte
 - Oppsett og kontroll av TeamViewer for fjernstyring og kontroll
- Dybdemålere på ring; sjekking av forbindelse
- Aktuatorer og initiatorer; sjekking av prosedyre for montasje og igangkjøring
- Pneumatikk i container; kvalitetssikring skjema, sjekk start dieselkompressor, sjekk at luft kommer frem
- Gjennomføring av selve heve og senkeprosessen; følge med på kabler i trekkør og slanger og at det ikke oppstår overbelastning eller strekk

Det ble også gjennomført en egen test for å se på om det er mulig å redusere senkehastigheten i tilfelle dette skulle vise seg å være mer gunstig for fisken.

2.1.2 Resultater

Første testen ble gjennomført uten luftkuppel 10-11. oktober – se figur 3 og 4.

Første gang vi skulle senke merden hadde den ligget i overflata i 6 uker, det har vært noe vann i ringen i denne perioden. Vindretningen gjorde at vi fikk vann på luftsiden av ringen og luftsiden gikk ned først. Vi løste dette med å bruke båt til løfte luftsiden og gjennomførte en kontrollert senking. Flyteren stabiliserte seg på 34 meter og etter stramming av haneføtter ble merden liggende stabilt på 29-30 meter. Dybdemålerne viste at det var mindre enn ca. 1 meter forskjell mellom dybdemålerne i nedsenket posisjon, noe som betyr at flyteren ligger nokså horisontalt. Funksjonaliteten på systemet var den samme som på forrige lokalitet.



Figur 3 Vannsiden er på vei ned



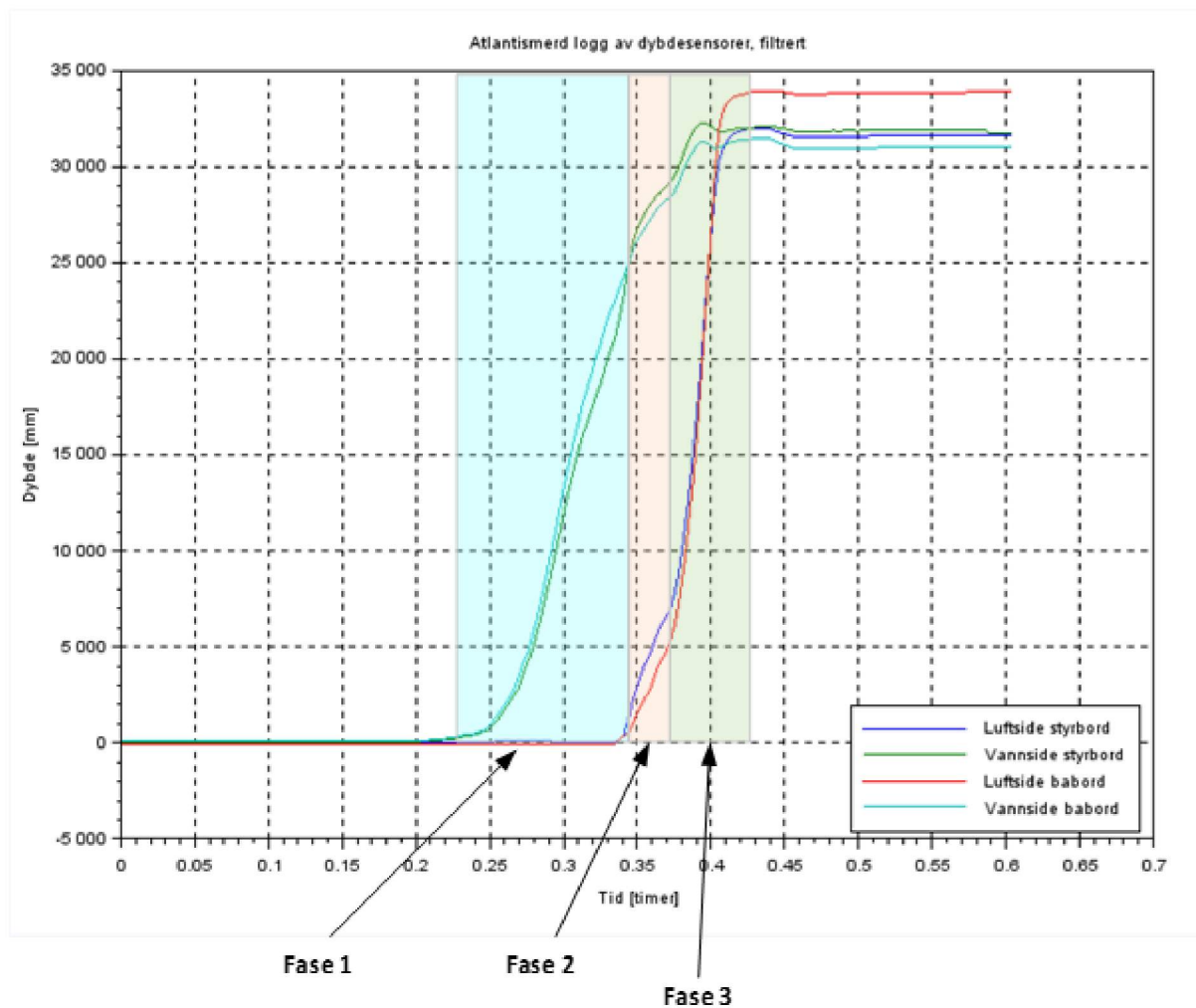
Figur 4 Siste del av flyteren i ferd med å dykke under overflaten



Deretter ble merden hevet og senket i flere omganger, og totalt ble merden hevet og senket 20 ganger før utsett.

Her er det mest hensiktsmessig å ta med data fra testingen gjennomført 18.12. Figuren under viser en typisk senking der 3 faser fra senkeforløpet er markert:

- Fase 1: Vannside på vei ned og luftside i overflate
- Fase 2: Vannside så godt som nede, luftsiden på vei ned, men del av luftsiden fremdeles i overflaten
- Fase 3: Vannside så godt som nede, luftsiden på vei ned, ingenting av merden i overflaten.



Figur 5 Dybdesensorer fra en typisk senking

Muligheter for å senke saktere/holde igjen merden

Testingen av mulighetene for å senke saktere eller holde igjen merden på bestemte punkt ble også gjennomført. Resultatene fra testen er positive, det går an å kontrollere senkehastigheten / stoppe senkeforløpet ved å stenge luftventilene under senking. Responsen er langsom men kontrollerbar med litt trening og varsom operering av ventilene. I noen tilfeller vil det også være nødvendig å

regulere/balansere dybden ved vekselvis å slippe ut luft/fylle luft. Sannsynligvis kan en med litt mer erfaring finne fornuftige mellomposisjoner på luftventilene som gjør at senkeprosessen går langsommere. Slik Atlantiskonseptet fungerer vil merden alltid ligge på skrå under senking (og heving), bortsett fra i øvre og nedre posisjon er det ikke mulig å få den horisontal.

2.2 Luftkuppel og fyllingsgrad

2.2.1 Gjennomføring

Funksjonstesting av luftkuppelen hadde hovedfokus på å se hvorvidt man klarte å oppnå en tilfredsstillende stabilitet med tilhørende luftlomme for fisken eller ikke. Luftlommen må være i størrelsesorden mellom 3 og 5 meter i diameter før det er forsvarlig å sette fisk i merden¹. Stabilitet blir målt ved hjelp av en strømmåler som er montert på kuppelen. Strømmåleren måler dybde, pitch, roll og heading (el stamp, rull og gir - se rapport funksjonstesting fra Gjerdinga).

Ved gjennomføring av selve testen hentes det inn data fra dybdesensorer på merden og data fra strømmåler. Luftlomme vurderes ved hjelp av ROV og kamera som henger rett under kuppelen. Data fra strømmåleren kan hentes ut fra den tidsperioden man ønsker, og vi valgte å hente ut data fra en periode med mye dårlig vær rett over nyttår for å se om kuppelen over tid og i dårlig vær fortsatt var stabil.



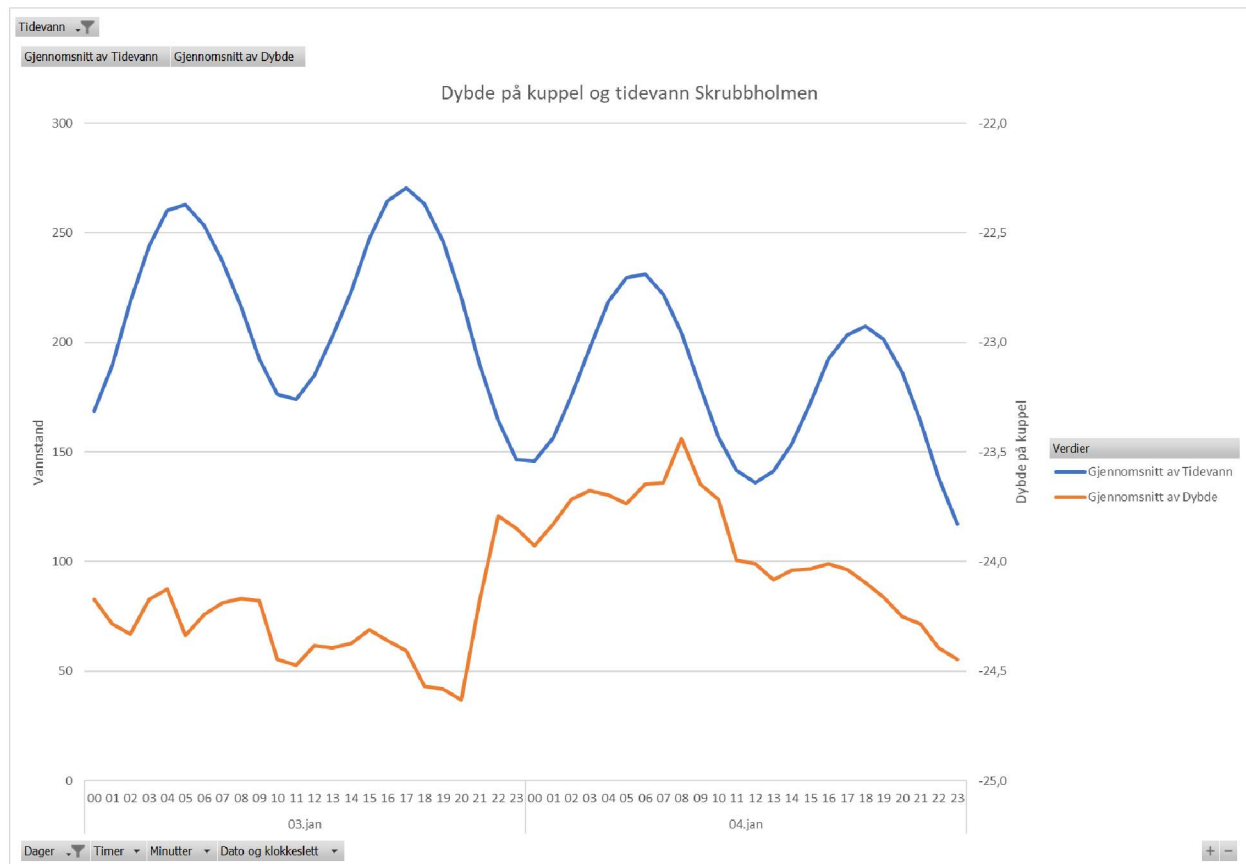
Figur 6 Luft kuppel under montering

¹ Ref FÔRDOM, NFR prosjekt ledet av Frode Oppedal, HI



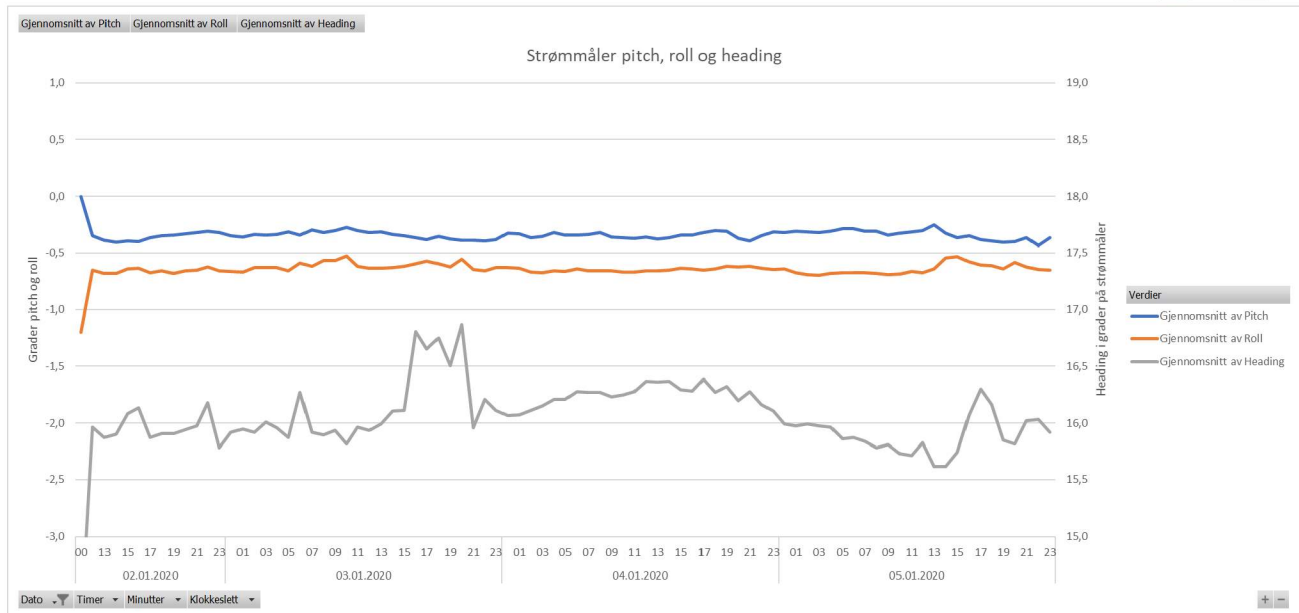
2.2.2 Resultater

Resultatene viser at kuppelen varierer i dybde mellom 23 og 25 meter. Dybden er i liten grad påvirket av tidevannet (se Figur 7)



Figur 7 Gjennomsnittlige målinger av endringer i tidevann og dybde på kuppel

Figur 8 viser at luftkuppelen ligger veldig stabilt. I løpet av disse dagene tidlig i januar var været dårlig – se figur 13.



Figur 8 Måling av pitch, roll og heading i strømmåler montert på luftkuppel.

I sum viste funksjonstesting med luftkuppel at luftkuppelen var stabil og at luftlommen hadde en tilfredsstillende størrelse. Når luftkuppelen finner sin posisjon i nedsenket tilstand, endrer posisjonen seg lite over tid og luftlommen er også stabil. Den må etterfylles med luft, men har en nokså lik plassering over tid. Den samme erfaringen ble gjort under forrige utsett på Gjerdinga.

For å sikre at luftkuppelen fortsatt hadde oppdrift hvis både luft i loddrør og i kuppel skulle forsvinne, valgte vi å montere en bøye på 1000 l som en ekstra sikring over kuppelen.

2.3 Fôringssystem

2.3.1 Gjennomføring

Oppsettet for fôringen i Atlantis på om bord på flåten var det samme som for de andre merdene i anlegget da alle merdene ble koblet på det vannbårne fôringssystemet på flåten. Testingen av fôringssystemet om bord i flåten ble gjennomført på samme måte som for de andre merdene i anlegget.

Løsningen fra flåten og til utløpet på utfôrerer i merden var det samme oppsettet som på Gjerdinga. Der ble det fôret uten problemer, og det var derfor ingen grunn til å forvente noe annet på Skrubholmen.

2.3.2 Resultater

Det å kjøre fôr helt ut til merden ble derfor gjort rett før utsett, og det oppstod ingen uforutsette hendelser.

2.4 Dødfisksystem

2.4.1 Gjennomføring

Lift Up systemet som ble montert var i prinsippet det samme som på Gjerdinga, men med unntak av at slangene var lengre da avstanden mellom merd og flåte var lengre. Dødfisken ble ført med slange fra merden til flåten. Systemet ble testet før fisken kom i anlegget ved å tilføre luft i dypet slik at det



oppstår et sug i oppsamleren som igjen gir en kraftig vannstrøm i slangen som går til flåten. Etter utsett var det viktig å kontrollere at Lift Up også fungerer med tanke på å få fisken opp.

2.4.2 Resultater

Under testen før utsett ble vannstrømmen vurdert som tilfredsstillende. De første dagene etter utsett var det utfordrende å få dødfisken opp, og vi valgte å øke trykket. Kapasiteten på kompressoren som ble brukt var i grenseland, og i neste utsett bør kapasiteten økes. Det må også sees på om selve slangesystemet kan optimaliseres ytterligere da vi under drift hadde utfordringer med slangesystemet (slinger som ryker, slitasje) og det å finne optimalt lufttrykk og luftmengde. Dette vil bli nærmere omtalt i erfaringsrapporten fra selve utsettperioden.

2.5 Lastsjakler

2.5.1 Gjennomføring

Lastsjaklene ble klargjort og kalibrert før montering. Lastsjaklene er i stål.

Lastsjakler ble montert på fem steder i konstruksjonen der vi gjennom analyser i AquaSim hadde avdekket at det var størst krefter som virket i systemet. Lastsjakler ble montert på følgende steder:

- I kjetting fra bøye til koblingsplate (Figur 10)
- I tre haneføtter
- I krysstau i tak (Figur 9)

Alle lastsjaklene ble kablet inn til container på flåte der en egen software tar i mot og behandler signalene fra hver enkelt sjakkel. Teamviewer ble satt opp slik at det er mulig å følge registreringene fra hvilken som helst PC. Det viktigste med funksjonstesting var å sjekke om signalene fra alle lastsjaklene var bra. Nå fikk vi en ekstra mulighet til å foreta lastsjakkelmålinger gjennom uværperioden i desember-februar, og noen resultater presenteres her. Dette vil bli ytterligere omtalt i rapporten fra oppsummeringen av utsett på Skrubholmen.

Kalibrering og montering ble foretatt av SINTEF Ocean, Nærøysund Aquaservice og AKVA group.



Figur 9 Lastsjakkell monterert på innfestingsløkke i tak



Figur 10 Lastsjakkell monterert mellom koblingsplate og bøye



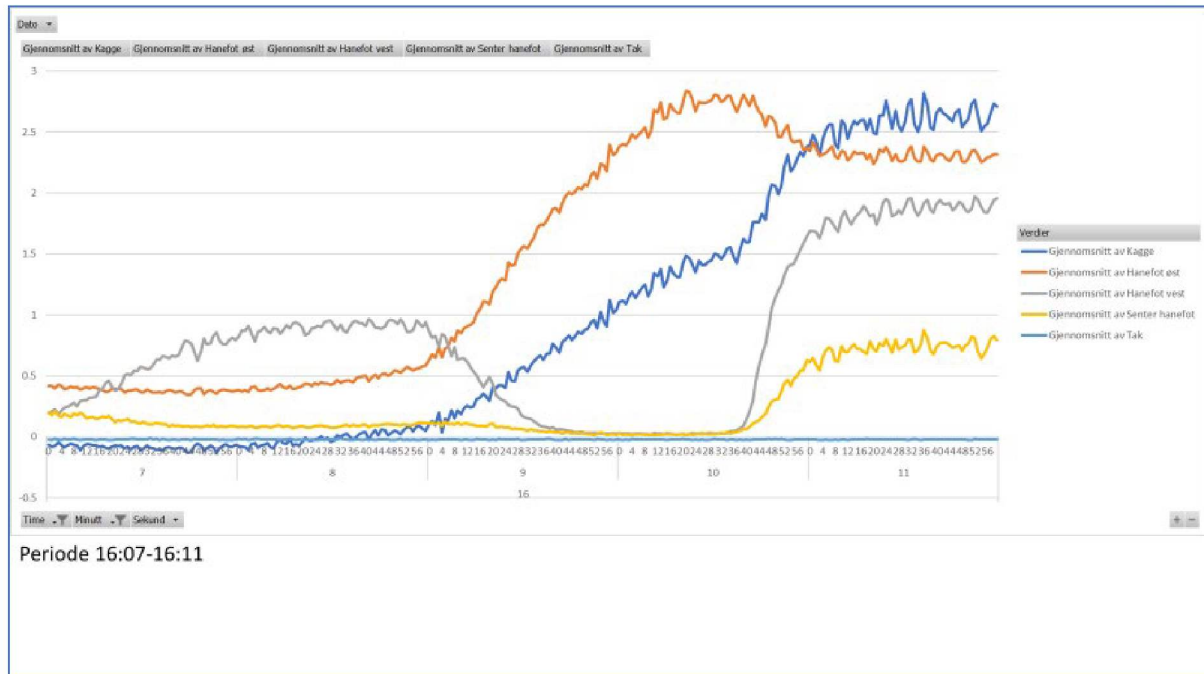
2.5.2 Resultater

Den innledende testen viste at vi hadde gode signaler på alle sjaklene. Etter første senking mistet vi signalene fra tre av sjaklene i taket. Årsaken var at kablene ble liggende under hovedtrekkkrøret ved senking, noe som gav for stor belastning på kablene. Nå viste de innledende målingene at det var mindre krefter som virket i taket enn det som var beregnet i AquaSim. I det videre arbeidet valgte vi derfor å ikke montere opp de tre sjaklene der kabelen var røket og heller fortsette med måling på ett punkt i taket.

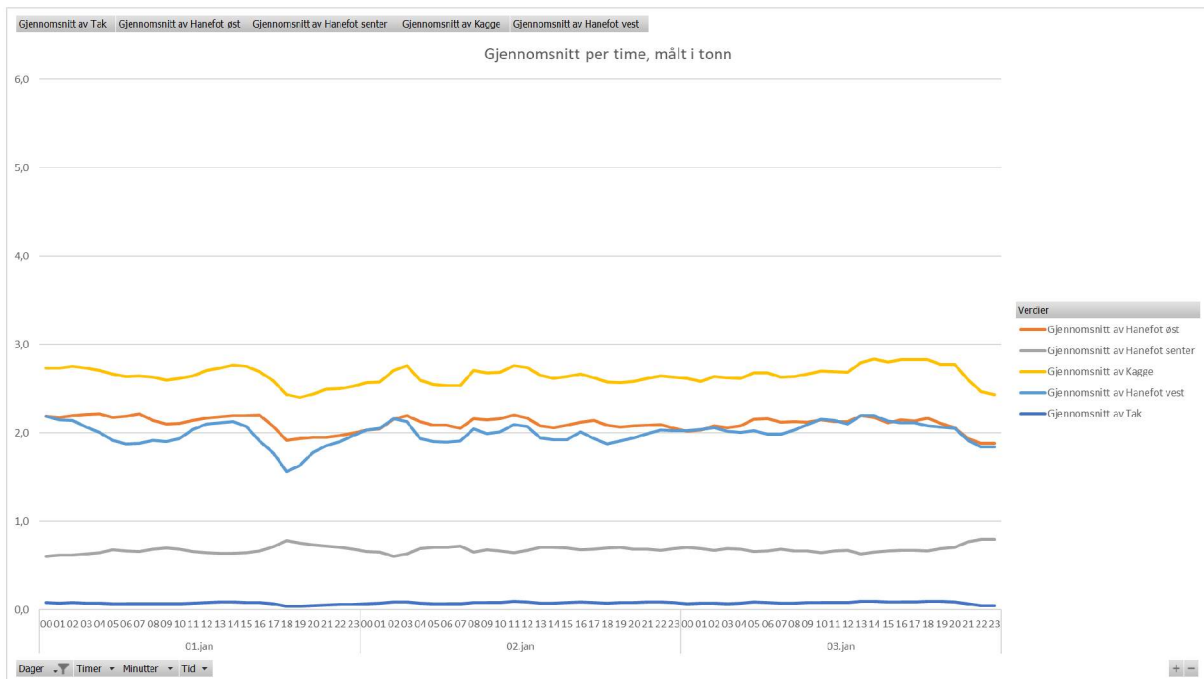
Uværsperioden i januar gav oss en mulighet for å lære mer om hvilke krefter som virker i anlegget under dårlig vær.

Resultatene fra målingene gjort før utsett av fisk kan oppsummeres med følgende punkter:

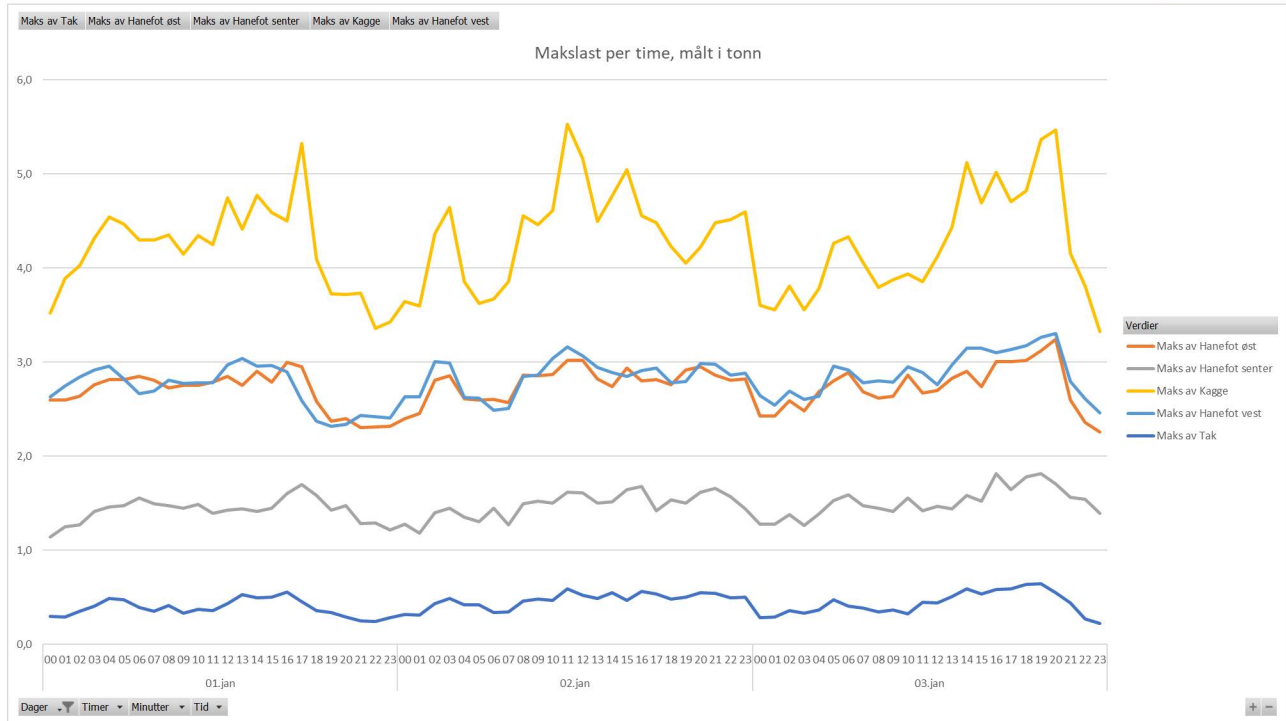
- Gitt den begrensing at merden ikke skal heves hvis H_s er større enn 1,7 meter, virker det mest krefter i systemet i nedsenket posisjon, noe som illustreres i Figur 11
- Figur 11 og Figur 12 viser gjennomsnittskrefter og max krefter i systemet som ble registrert 1.-3. januar
- Vindstyrke i samme periode hadde en max vind på mellom 20 og 30 sekundmeter, og en gjennomsnittsvind på +/- 10 sekundmeter.
- Kreftene på dette målepunktet i denne innfestingsløyken i taket viste seg å være lavere enn antatt. Kreftene i de andre innfestingsløykene kan være både lavere og høyere da vi ikke vet om det er lik last i alle krysstau i taket. Sannsynligvis er det ikke det på grunn av deformasjon av flytekragen.
- Mest krefter registreres i lastsjakkelet mellom bøye og koblingsplate
- Alle målinger ligger godt innenfor de de maksverdier funnet ved analyser i AquaSim



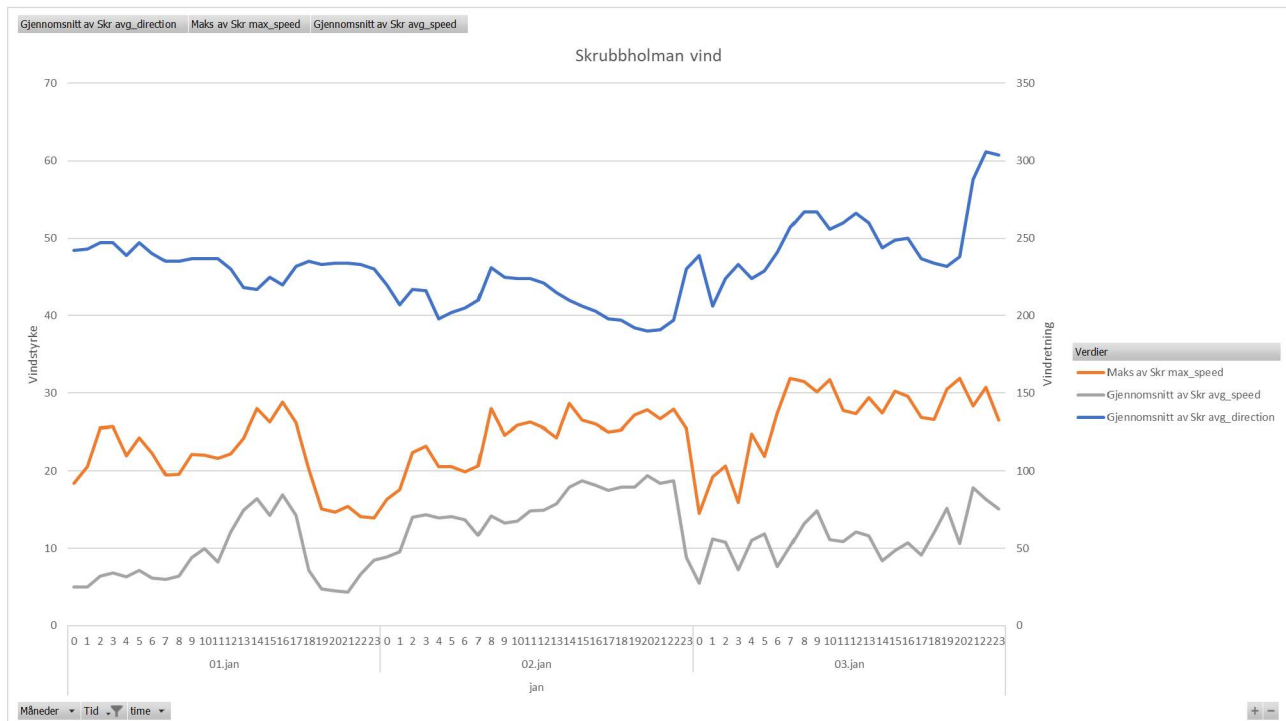
Figur 11 Krefter i lastsjakler under senking av merden



Figur 12 Krefter målt i lastsjakler – tonn målt i gjennomsnitt per time



Figur 13 Krefter malt i lastsjakler – tonn målt i makslast per time



Figur 14 Vindmålinger på Skrubbolmen 1-3. januar

3 Diverse utstyr

I merden er det montert kamera, lys, strømmåler og oksygensensorer. Kameraene styres av AKVA connect, og de settes opp i softwaresystemet og der sjekkes det at alle virker. Lys og strømmåler kontrolleres også. Dykkere brukes til utsett og kontroll av utstyr, samt en rekke andre operasjoner (se Figur 15)



Figur 15 Dykker kontrollerer kamera, lys, not, kabling mm

Uttak av fisk for telling av lus og bedømming av fiskevelferd var en utfordring under første utsett på Gjerdinga. Det er derfor lagd en spesialtilpasset åpning i taket (se Figur 16), og det er også lagd en spesielt stor håv for å ta ut fisk. Før utsett av fisk ble det trent på hvordan dette skulle gjennomføres. Etter utsett av fisk viste det seg at uttakslommen og håven fungerte greit, og det var mulig å få tak i det antall fisk som skulle vurderes.



Figur 16 Testing av uttakslomme



4 Uforutsette hendelser

4.1 Brudd i flyter

I begynnelsen av desember ble det under heving av merd oppdaget skade på indre flyterør (Figur 17). Skaden ble undersøkt og det ble gjort beregninger i AquaSim. Konklusjonen var følgende:

- Ytre haneføtter var for lite strammet opp og dette gav 5.5 tonn statisk last i midtre hanefot
- Med strøm og bevegelse i systemet øker dette raskt med en faktor på minst 1.5 – 2.0 (grovt estimat).
- Innfesting av hanefot i henhold til brukermanualtillegget fungerer som et slags taljeprinsipp som medfører opp mot en dobling av krefter på indre flyterør (se Figur 18)
- Tillatt last på flyterør for denne type merd er 12.5 tonn.
- Last- og materialfaktor hhv 1.3 og 1.25 gir brudd i rør på 20.3 tonn.

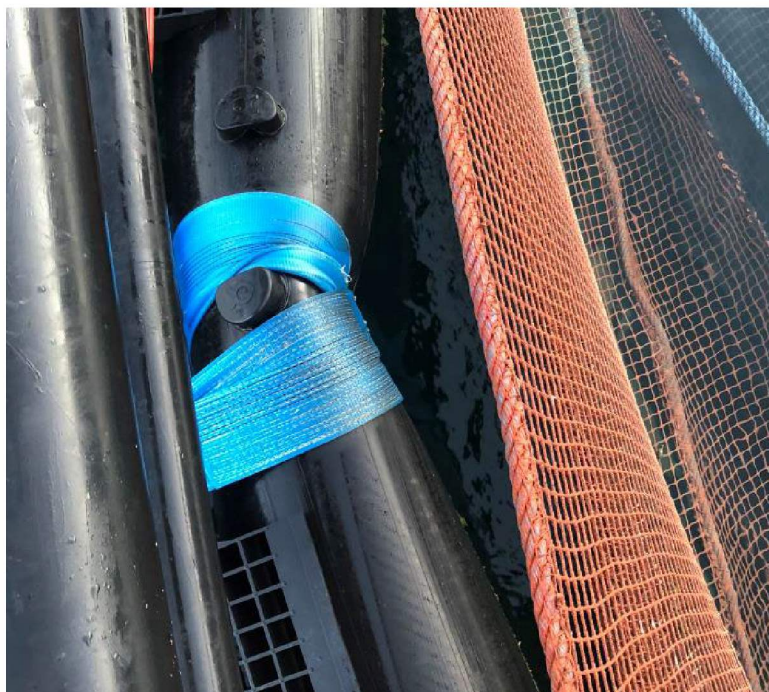
Et ovenfor skissert scenario gir brudd i rør med dynamisk lastfaktor på 1.85: $f_{dyn} = 20.3 \text{ tonn} \times 5.5 \text{ tonn} \times 2 = 1.85$

Andre forhold som kan ha innvirket:

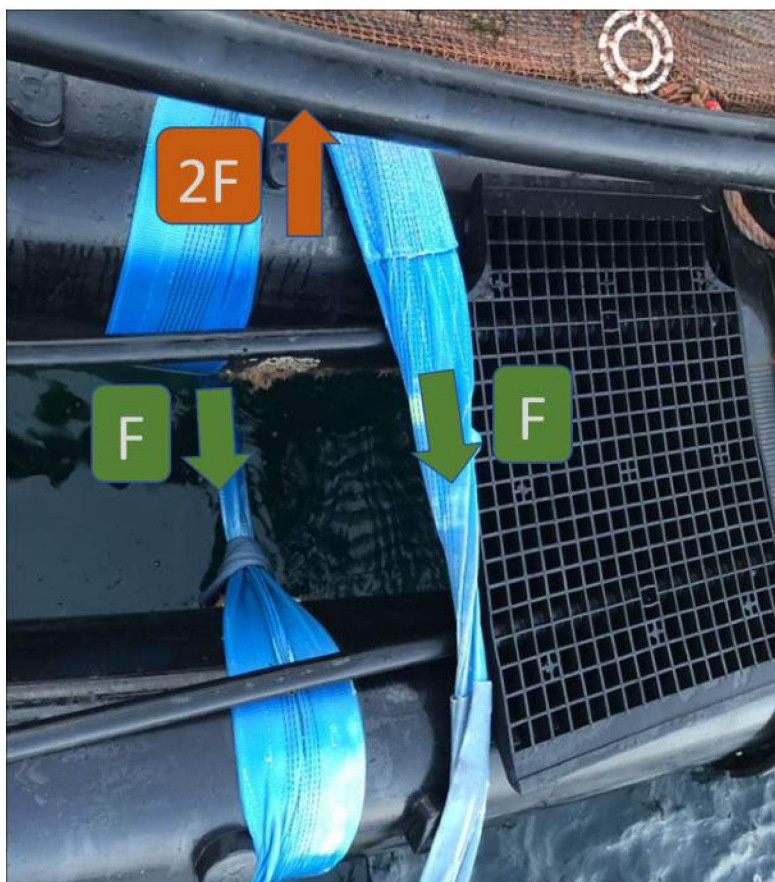
- Bevegelse og kraftoverføring fra overflatebøyer kan forårsake rykk som forplanter seg til haneføttene.
- Not-taket på Skrubholmen-versjonen er laget litt strammere enn Gjerdinga-versjonen og med 30 tau mellom flyter og kuppel mot 20 på Gjerdinga. Det gjør at flyteringen i noe større grad holder formen bedre, blir litt mindre fleksibel og kan dermed bidra til noe økning av makskrefter i hanefot.

Korrigerende tiltak:

1. Alle haneføtter blir justert slik at lastene blir fordelt best mulig. Om det innebærer at ytre haneføtter strammes eller midtre hanefot slakkes av, eller en kombinasjon, det er ikke bestemt pr nå. Overordnet mål blir uansett at man må unngå en situasjon hvor to av tre haneføtter henger slakk hele tiden.
2. Innfesting av hanefot gjøres ved å feste hanefot rett på indre flyterør.
3. Det blir lagt på en klemme rundt røret der hvor hanefot snares fast. Dette øker anleggsflaten og fungerer som en ekstra forsterkning ved festepunktet på røret.



Figur 17 Skade på indre flytrør



Figur 18 Kraftbilde på indre flyterør



4.2 Lys

Før utsett ble det oppdaget at to av lysene ikke virket. De ble tatt opp av sjøen, og det viste seg at de var fylt av sjøvann. Etter en del feilsøk ble konklusjonen at feilen antagelig skyldes kabelbrudd og/eller feil ved montering.

Korrigerende tiltak var å bytte kabler og sette ut to nye lys, samt gjennomføre montering med nøyaktighet prosedyre og erfarent mannskap. Hendelsen viser at det er viktig å enkelt kunne bytte ut utstyr som av en eller annen grunn slutter å virke.

5 Forslag til endringer og forbedringer

Innfestingen av haneføtter kan ikke gjøres slik vi gjorde på Gjerdinga. Vi fikk brudd på ringen på Skrubholmen og gjorde en grundig evaluering av oppsettet etter det. Vi la til forsterkning i ringen, samt at vi endret metoden for innfesting i ringen.

Lift Up fungerte under funksjonstesten, men det ble gjort endringer rett etter oppstart av systemet. Vi må optimalisere systemet for at dette skal fungere effektivt. Dette går i hovedsak på lufttilførsel og slanger mellom merd og flåte.

Det blir veldig mye slanger og kabler, vi ser også at systemet med så mange kabler blir lite fleksibelt hvis vi får skade på utstyret. Før neste utsett må det jobbes med å redusere antall kabler og slanger mellom flåte og merd/kuppel.

De andre elementene som luftkuppel, tak, fortøyning, fôring fungerte etter hensikt og trengte ingen justering før utsett.