



FHF prosjekt-i-bedrift 901453:

Lusebeskyttelse med skjørt og “Midt-Norskringen”

Paul J. Midtlyng^{1,2}, Torolf Storsul³, Arnfinn Aunsmo^{1,4,5},
Martin Munkeby⁶, Marit Stormoen¹

¹ NMBU Veterinærhøgskolen, Oslo

² Aquamedic AS, Oslo

³ Midt Norsk Havbruk AS, Rørvik

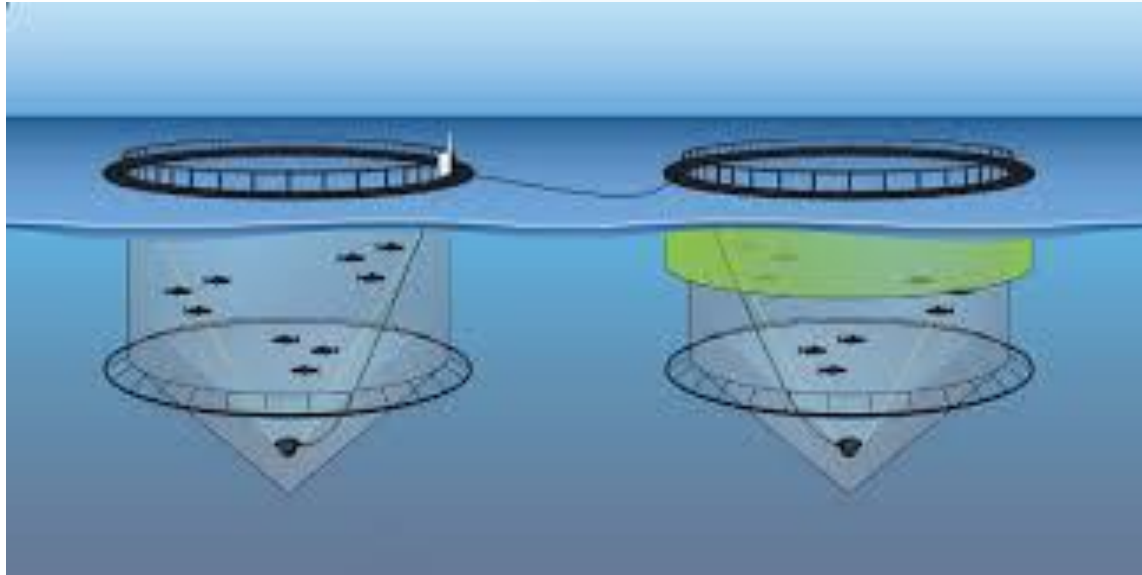
⁴ Måsøval Fiskeoppdrett AS, Frøya

⁵ AquaAnalytics AS, Trondheim

⁶ Norse Aqua AS, Terråk



Skjørt for å kontrollere lakselus

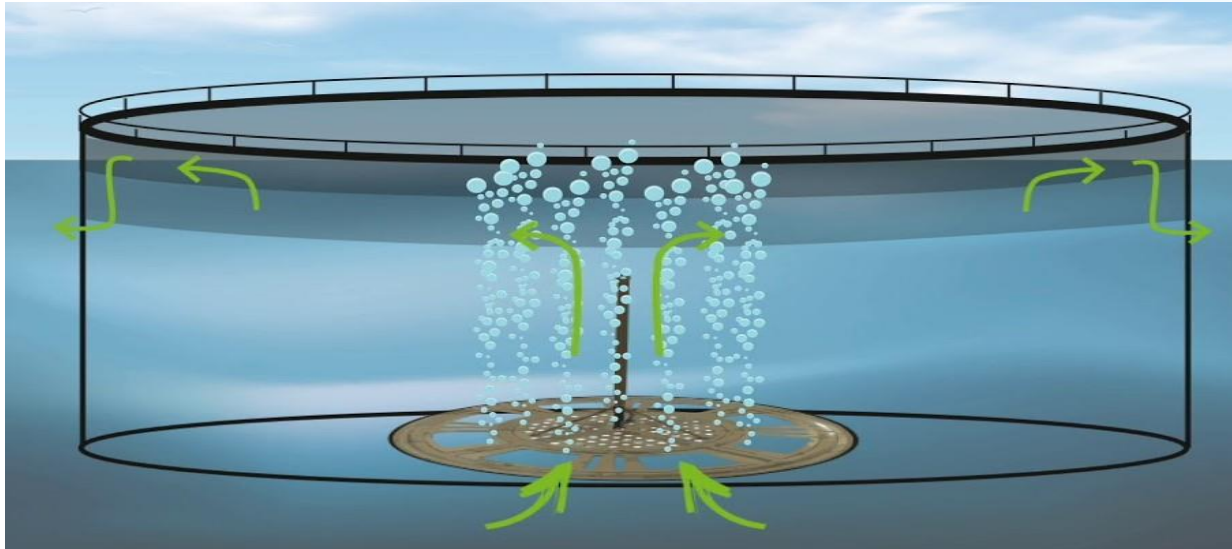


Semipermeable (duk) eller tette skjørt (presenning) blir ofte brukt for å skjerme oppdrettslaks mot smittsomme lakseluslarver (kopepoditter).

Skjørtedybden er stort sett mellom 5-10 m (oftest 8-10 m).



«Midt-Norskringen»



Midt-Norskringen er et teknisk utstyr for å “løfte” vann fra nederste til øverste del av en oppdrettsmerd ved hjelp av luftbobler. Ringen er utviklet for å forbedre miljøforholdene når det brukes skjørt.

I denne feltstudien har vi undersøkt effekten av skjørt pluss Midt-Norskringen mot lusepåslag og miljøparametre, kartlagt biologisk nytte kontra ulemper, og gjennomført en nytte-kostnadsvurdering.



Materiale og metoder

Kommersielle lakselokaliteter
(6-12 merder, ca. 1 mill. fisk)

2 lokaliteter på Frøya

- merder med eller uten skjørt + MNR

1 lokalitet i Namsenfjorden

- Alle merder med skjørt + MNR

Rognkjeks i alle merder

- Data fra ukentlige lusetellinger
- Data fra temp. + O₂-loggere, pluss manuelle målinger
- Produksjonsdata (behandlinger, dødelighet, vekst osv.)



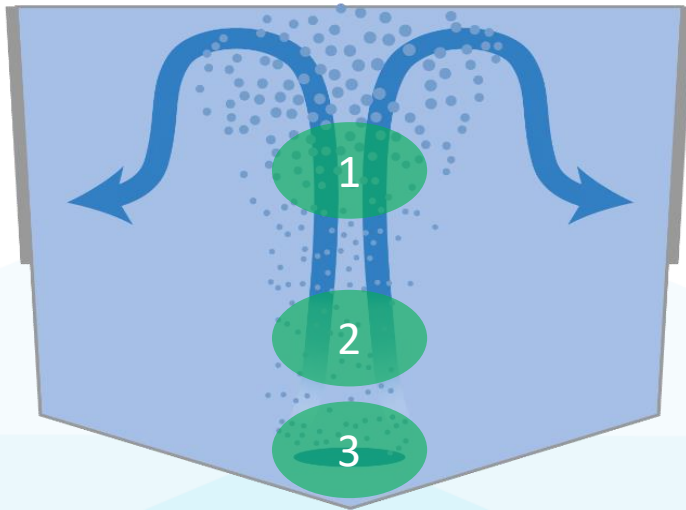


Strømningsforsøk med fargestoff

Hvor kommer vannet fra?



Drone med videokamera



Utslippspunkt for fargestoff	Posisjon	Utslippssted	Dybde
1	Sentralt	10m over ringen	10m
2	Sentralt	3m over ringen	17m
3	Sentralt	I ringen	20m

Midt-Norskringen



Videodokumentasjon av fargestoff-forsøk

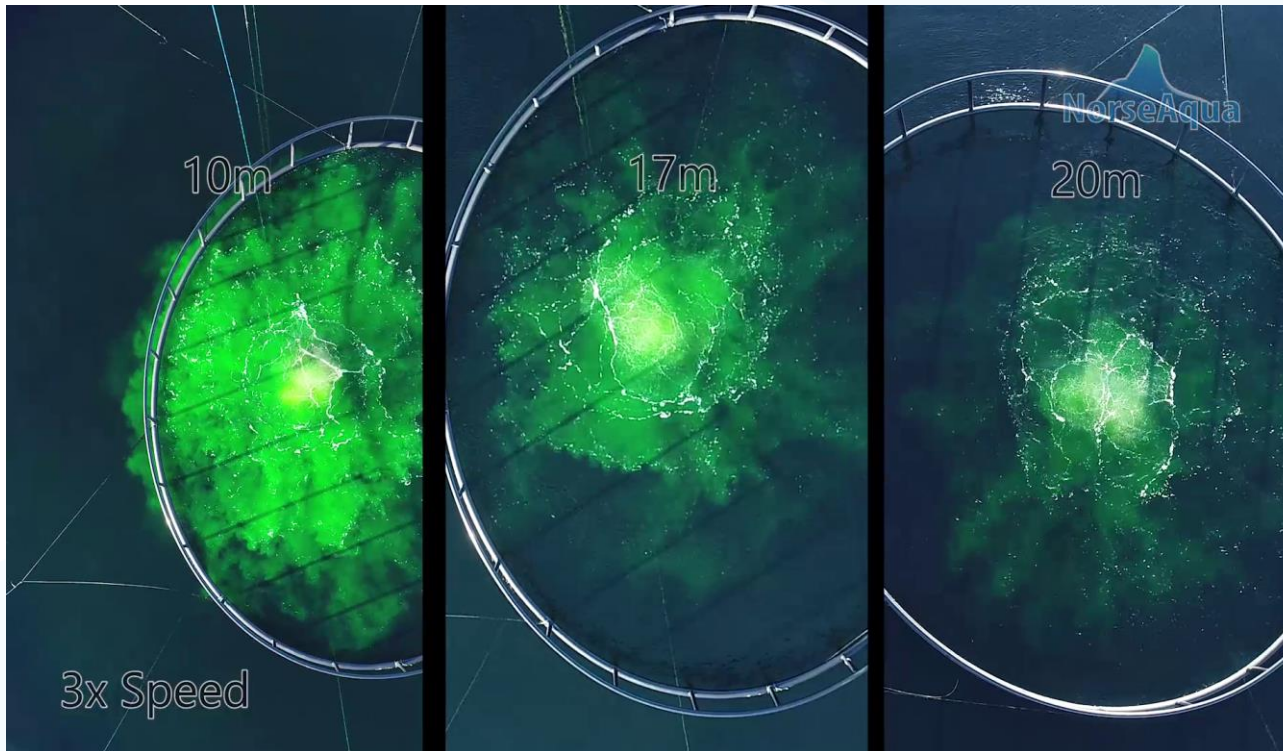


(video 4,5 minutter)



Fargestoffet sluppet på ulike dyp

Ringen er festet på 20m dypt, fargestoffet sluppet på 10, 17 og 20 meter.

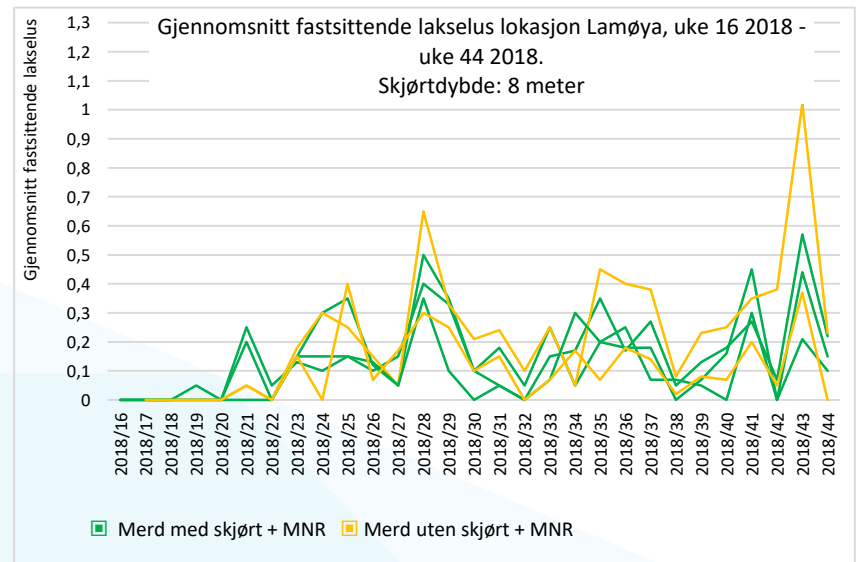
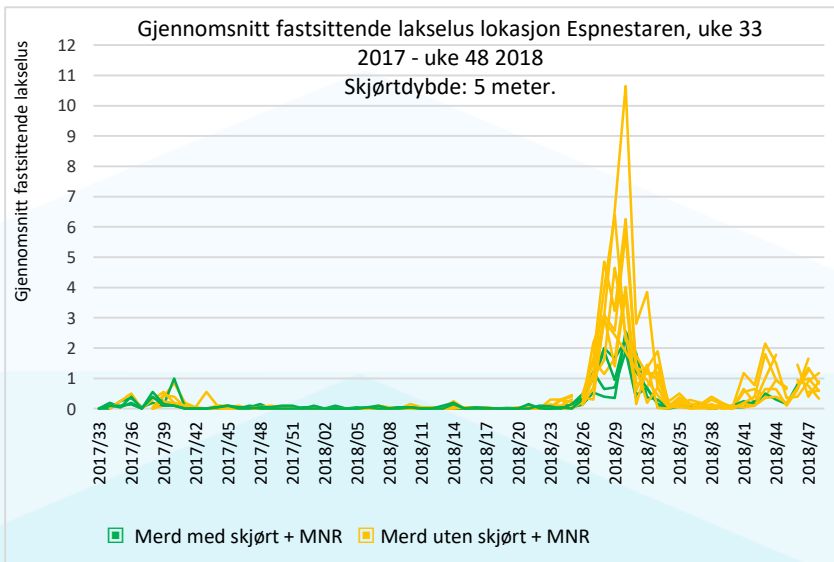


- Vannet løftes sentralt i (“hamsterburet” som har 23 m diameter)
- Boblene løfter gradvis mer når de nærmer seg overflaten
- Video: <https://www.youtube.com/watch?v=x6q2lebHa4E>



Skjerming mot lusepåslag?

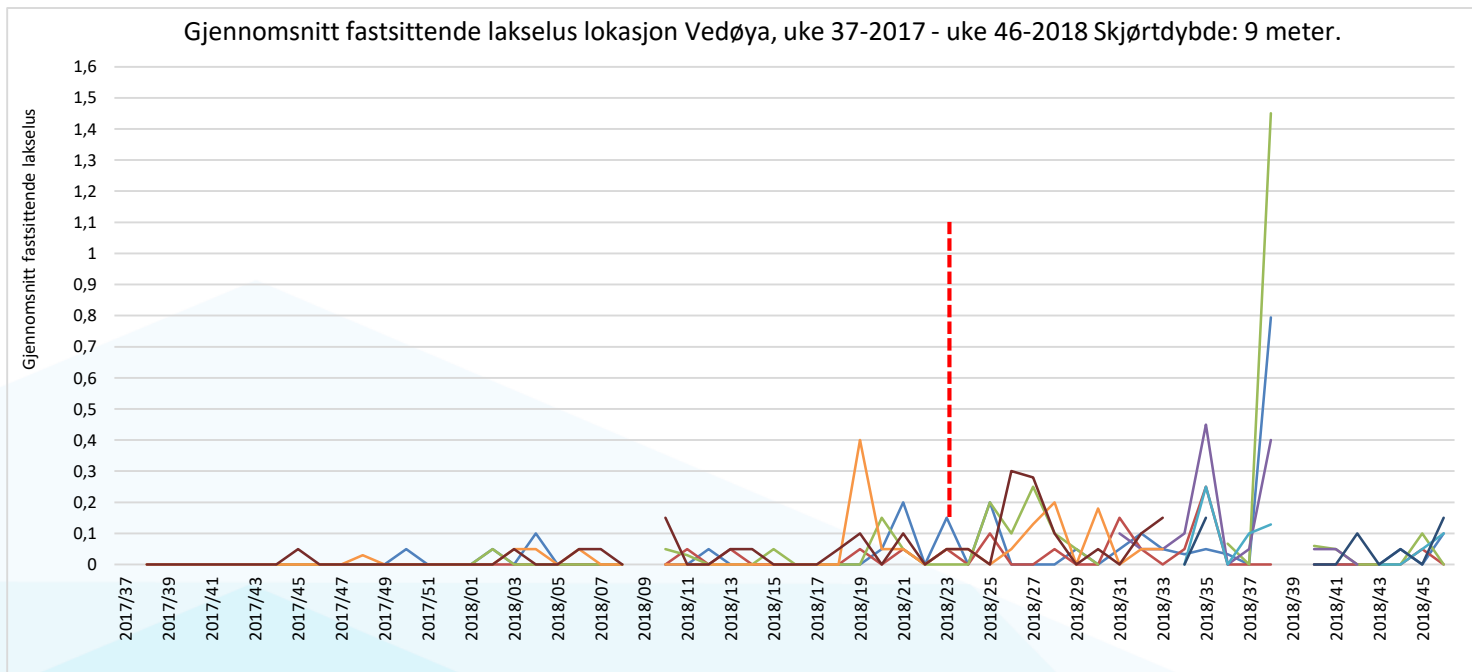
- På to lokaliteter med både testmerder og kontrollmerder var smittepresset svært lavt, og man så liten eller ingen skjerming mot påslag.
- En av lokalitetene opplevde imidlertid en kortvarig «lusebølge» med ca 50% redusert påslag i merdene som hadde skjørt + Midt-Norskringen. Reduksjonen kan (delvis) skyldes at merdene ikke var tilfeldig plassert.
- Ingen lusebølge og tilnærmet ingen effekt ble imidlertid sett på lokalitet nr 2 i samme periode.





Skjerming mot lusepåslag?

- Den tredje lokaliteten hadde ikke kontrollmerder, og mot slutten av mai måtte skjørtene heves på grunn av sterk strøm og lavt oksygen
- Også her var smittepresset lavt og man så ingen tydelig økning i fastsittende lus etter at skjørtene var hevet.



Påslag av lakselus i merd 3 i Namsenfjorden i observasjonsperioden. Stiplet linje angir når skjørtene ble hevet og Midt-Norskringen kom ut av drift.



Skjerming mot lusepåslag: H-17

Tabell 1: Summering av ukentlig påslag (gj. snitt fastsittende lus per fisk) for hver av merdene på Espnestaren gjennom 9-ukersperioden fra og med uke 25 til og med uke 33/2018.

Periode	Merdnr	MNR	Fastsitt.	Gjennomsnitt
Uke 25-33	105	Med skjørt og MNR	5,33	
Uke 25-33	106	Med skjørt og MNR	6,5	
Uke 25-33	111	Med skjørt og MNR	8,52	
Uke 25-33	112	Med skjørt og MNR	8,89	
		Med skjørt og MNR		7,31 (46%)
Uke 25-33	101	Uten skjørt og MNR	29,07	
Uke 25-33	108	Uten skjørt og MNR	11,65	
Uke 25-33	203	Uten skjørt og MNR	11,96	
Uke 25-33	204	Uten skjørt og MNR	17,33	
Uke 25-33	207	Uten skjørt og MNR	12,33	
Uke 25-33	209	Uten skjørt og MNR	10,71	
Uke 25-33	210	Uten skjørt og MNR	18,81	
		Uten skjørt og MNR		15,98 (100%)

Forskjellen vi fant på Espnestaren var sikker rent statistisk ($p < 0,01$)



Skjerming mot lusepåslag: V-18

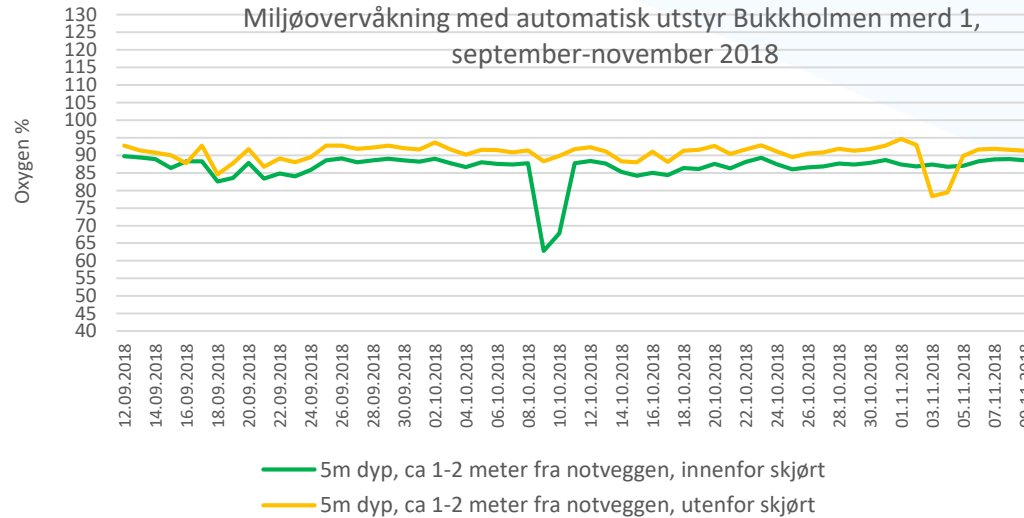
Tabell 2: Summering av ukentlig påslag (gj. snitt fastsittende lus per fisk) for hver av merdene på Lamøya fra og med uke 21 (utsett av siste merd) til og med uke 43/2018.

Periode	Merdnr	MNR	Fastsitt.	Gjennomsnitt
Uke 21-43	101	Med skjørt og MNR	3,97	
Uke 21-43	102	Med skjørt og MNR	4,55	
Uke 21-43	104	Med skjørt og MNR	2,65	
		Med skjørt og MNR		3,72 (79%)
Uke 21-43	103	Uten skjørt og MNR	6,35	
Uke 21-43	106	Uten skjørt og MNR	3,06	
		Uten skjørt og MNR		4,71 (100%)

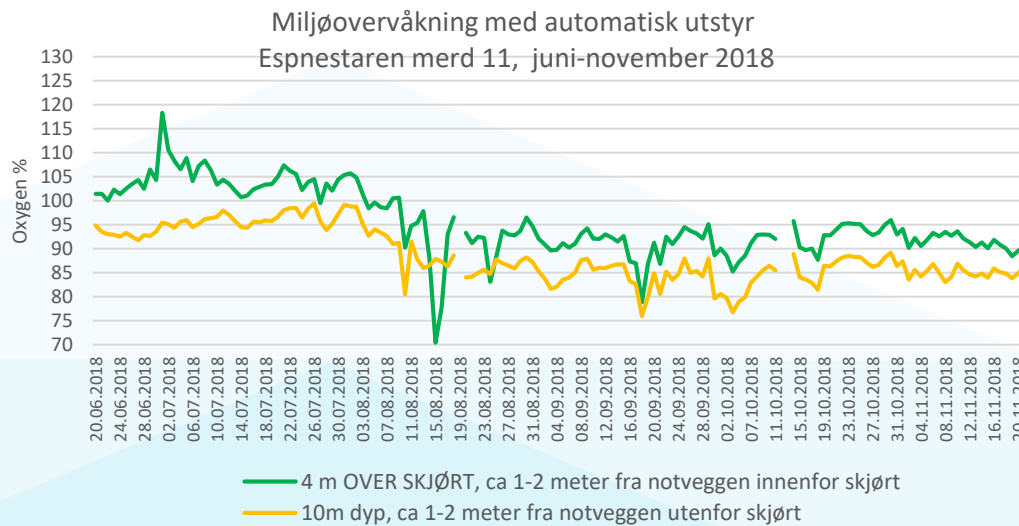
Forskjellen vi fant på Lamøya var ikke statistisk sikker ($p > 0,05$)



Oksygenmetning målt med faststående sensorer



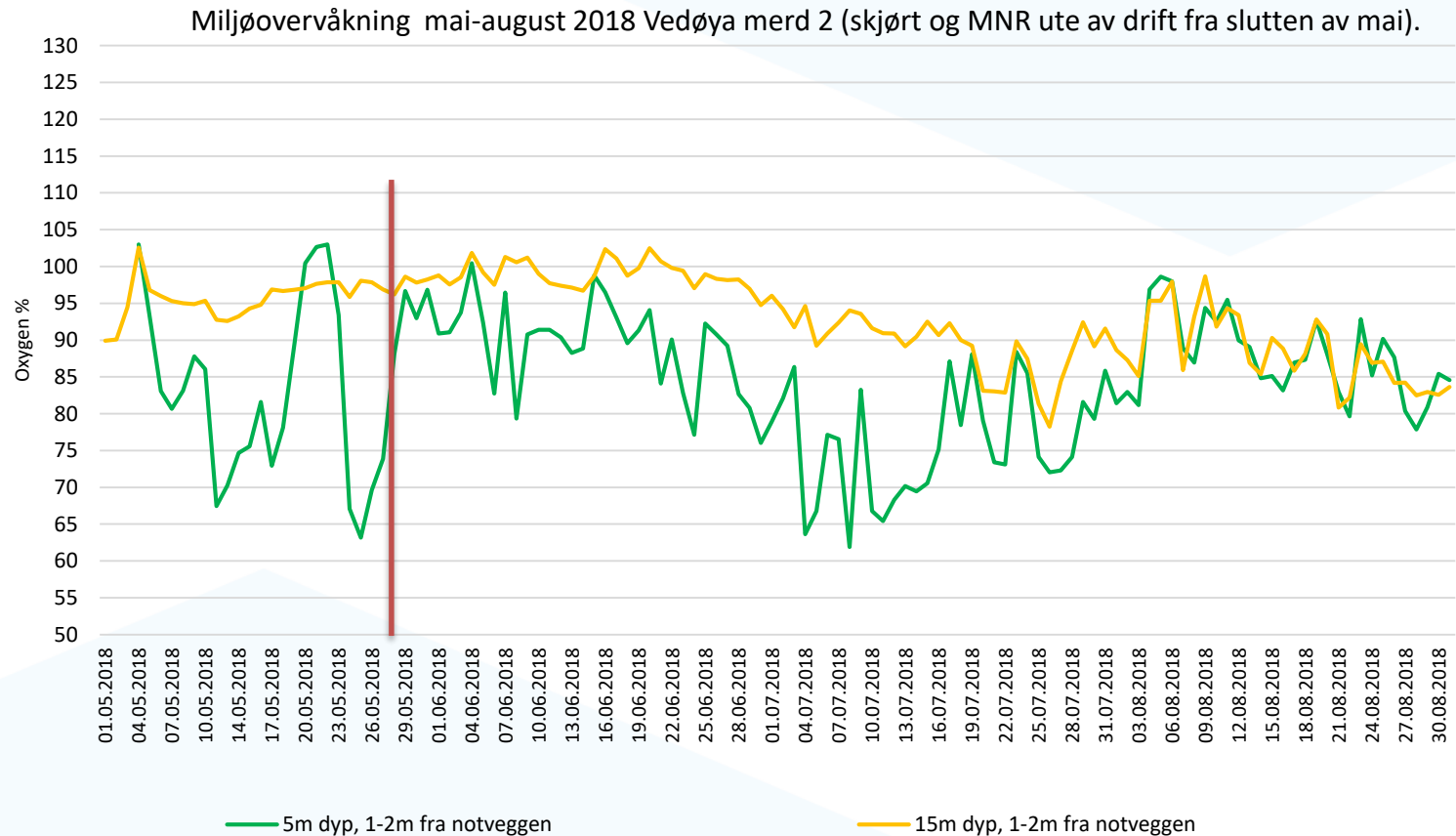
Litt (5%) lavere metning innenfor kontra utenfor skjørt.



Lavere metning under skjørtkanten enn inne i skjørtet.



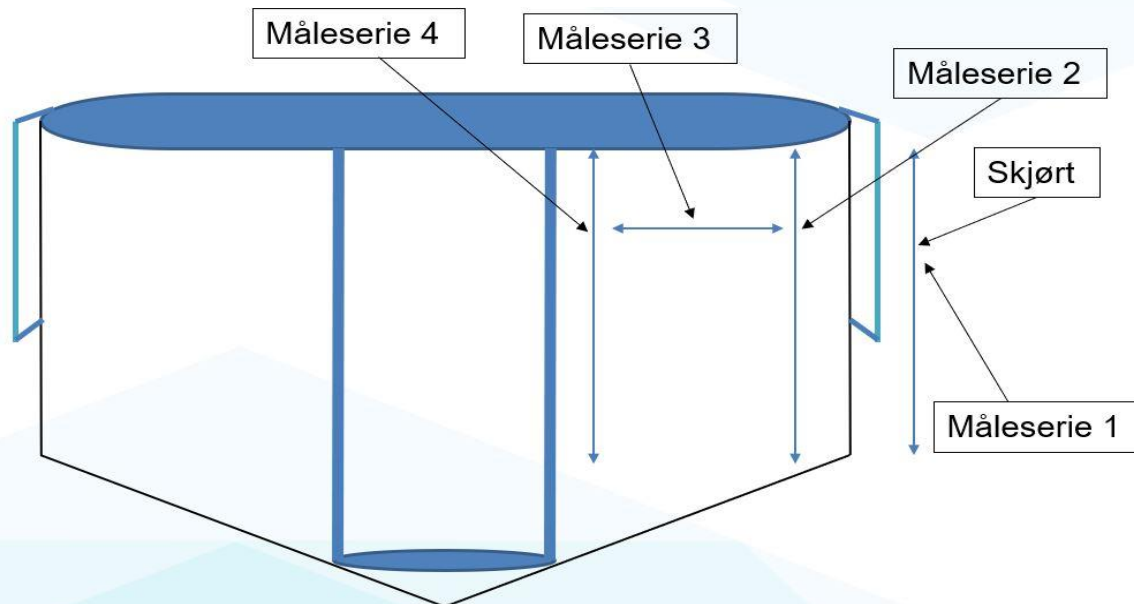
Vår / sommer-hendelsen på Vedøya



3 måneder med sterkt varierende og lav oksygenmetning på 5 meters dyp.



Manuelle miljømålinger - metode



Skjematisk oppsett av manuelle miljømålinger hos Måsøval.

1. Vertikal serie utenfor not ned til 10-15m dybde, og tilbake (referanse-/kontrollserie).
2. Vertikal serie innenfor not g ned til 10-15m dybde, og tilbake.
3. Horisontal måleserie fra merdkanten inn mot boblesøylen. Måledybden var ca. halvparten av skjørtdybden
4. Vertikal måleserie ved kanten av (men ikke inne i) boblesøylen, til samme dybde som måleserie 2.



Manuelle miljømålinger – forskjeller

Tabell 3a: Espnestaren merd 112 (med skjørt + MNR)

Meter dyp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Innenfor skjørt	93,30	90,99	89,96	91,34	90,97	90,88	91,45	90,47	90,45	89,72	90,20	89,91	89,79	89,85	90,19	
Utenfor skjørt	100,22	99,32	95,10	93,44	92,91	92,36	92,30	91,78	91,95	92,81	93,14	93,73	96,02	94,15	93,21	95,36
Differanse	-6,92	-8,33	-5,14	-2,10	-1,94	-1,48	-0,85	-1,30	-1,49	-3,09	-2,94	-3,82	-6,23	-4,30	-3,03	

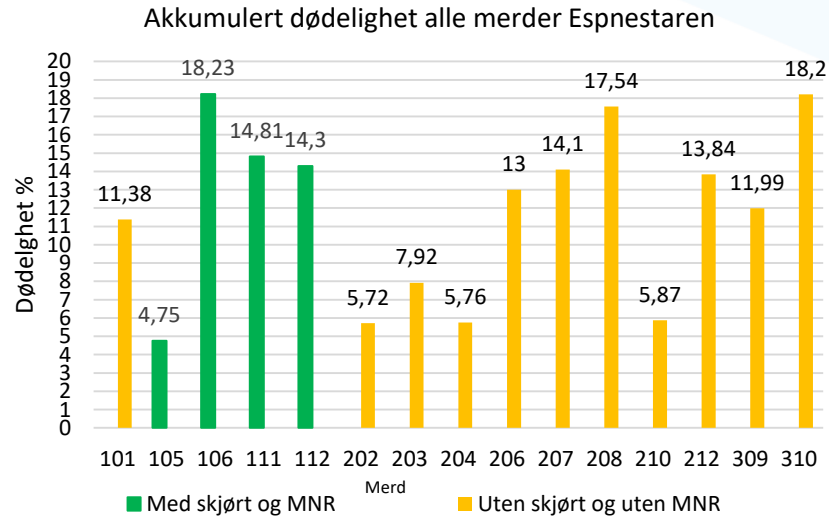
Tabell 3b: Espnestaren merd 210 (uten skjørt + MNR)

Meter dyp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Inne i not	102,98	102,64	102,43	102,21	102,24	101,85	101,61	101,89	100,99	101,55	101,14					
Utenfor not	105,74	103,62	103,72	102,95	102,74	102,32	101,30	101,70	100,84	101,41	100,66					
Differanse	-2,76	-0,98	-1,29	-0,74	-0,50	-0,47	0,31	0,19	0,14	0,14	0,48					

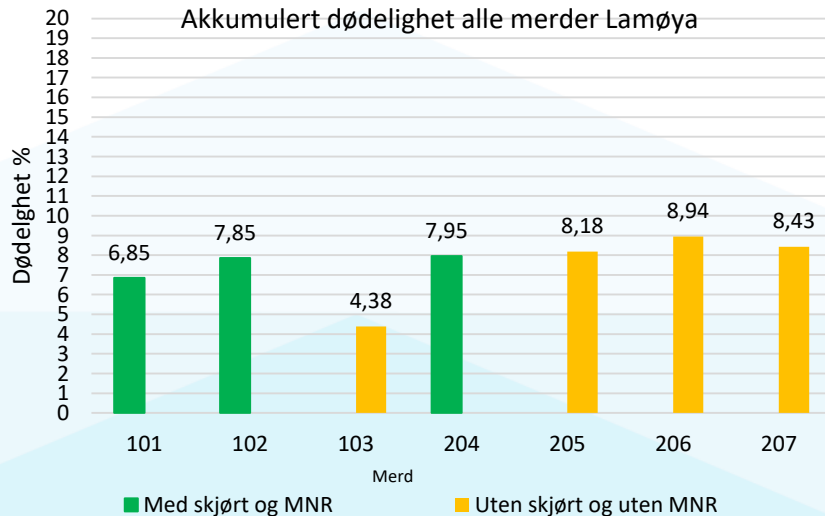
Forskjellene i oksygenmetning på Lamøya (neste dag) var langt mindre.



Biologisk nytte - biologisk risiko: kumulativ dødelighet



Espnestaren: fra utsett til slakt.



Lamøya: fra utsett til og med 10 måneder i sjø.



Dødelighet H-17

Tabell 4: Summering av dødelighet for hver av merdene på Espnestaren fram til slakting.

Periode	Merdnr	MNR	Dødelighet	Median/gjennomsnitt
August 2017 - august 2018	105	Med skjørt og MNR	4,75	
August 2017 – august 2018	106	Med skjørt og MNR	18,23	
August 2017 – november 2018	111	Med skjørt og MNR	14,81	
August 2017 – oktober 2018	112	Med skjørt og MNR	14,30	
		Med skjørt og MNR		16,52/13,02
August 2017 – desember 2018	101	Uten skjørt og MNR	11,38	
September 2017 – oktober 2018	202	Uten skjørt og MNR	5,72	
September 2017 – desember 2018	203	Uten skjørt og MNR	7,92	
September 2017 – september 2018	204	Uten skjørt og MNR	5,76	
August 2017 – november 2018	206	Uten skjørt og MNR	13,00	
September 2017 - januar 2019	207	Uten skjørt og MNR	14,10	
August 2017 – januar 2019	208	Uten skjørt og MNR	17,54	
August 2017 – oktober 2018	210	Uten skjørt og MNR	5,87	
September 2017 - januar 2019	212	Uten skjørt og MNR	13,84	
September 2017 – Januar 2019	309	Uten skjørt og MNR	11,99	
August 2017 – januar 2019	310	Uten skjørt og MNR	18,20	
		Uten skjørt og MNR		11,99/ 11,39



Dødelighet og tapsårsaker V-18

Tabell 5: Summering av dødelighet for hver av merdene på Lamøya fra utsett til februar 2019.

Periode	Merdnr	MNR	Dødelighet	Median/gj.snitt
April 2018 – februar 2019	101	Med skjørt og MNR	6,85	
April 2018 – februar 2019	102	Med skjørt og MNR	7,85	
April 2018 – februar 2019	204	Med skjørt og MNR	7,95	
		Med skjørt og MNR		7,85/7,55
Mai 2018 – februar 2019	103	Uten skjørt og MNR	4,38	
April 2018 – februar 2019	205	Uten skjørt og MNR	8,18	
April 2018 – februar 2019	206	Uten skjørt og MNR	8,94	
April 2018 – februar 2019	207	Uten skjørt og MNR	8,43	
		Uten skjørt og MNR		8,31/7,48



Biologisk nytte/-risiko

Tabell 6a: Summering av antall behandlinger Espnestaren 2018.

Merd	101	105	106	108	111	112	202	203	204	207	209	210
Juli	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2
August		2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2
September										1		
November	1			1						1	1	
Total	3	3	2	5	2	2	4	3	4	5	4	4

Tabell 6b: Summering av antall behandlinger Lamøya 2018.

Merd	101	102	103	104	106	204	205	206	207
September	1	1	2	1	1				
Oktober	2	2	1		1				
November	1	1	2			1	1	1	1
Total	4	4	5	1	2	1	1	1	1



Biologisk nytte/-risiko

Espnestaren H-17

Periode	Mernr.	MNR	Dødelighet (%) i perioden	Biologisk fôrfaktor i perioden	Utgående VF3	Antall behandlinger pr merd
August 2017- mai 2018	Gjennomsnitt med skjørt og MNR		3,54	1,14	2,22	0
	Gjennomsnitt uten skjørt og MNR		2,32	1,06	2,69	0
Mai-august 2018	Gjennomsnitt med skjørt og MNR		8,97	1,18	3,12	2,25
	Gjennomsnitt uten skjørt og MNR		3,13	1,12	2,98	3,38
Nov 2018- feb 2019	111	Med skjørt og MNR	1,50	1,31	2,75	0
	Gjennomsnitt uten skjørt og MNR		5,05	0,69	2,88	0,90



Biologisk nytte/-risiko

Lamøya V-18

Periode	Merdnr.	MNR	Dødeprosent i perioden	Gjennomsnitt Biologisk førfaktor i perioden	Gjennomsnitt Utgående VF3	Antall behandlinger i perioden
April - oktober 2018		Gjennomsnitt med skjørt og MNR	3,79	1,14	2,77	2,33
		Gjennomsnitt uten skjørt og uten MNR	5,35	1,13	2,80	2,50
Nov 2018 - feb. 2019		Gjennomsnitt med skjørt og MNR	4,57	1,16	2,84	3,00
		Gjennomsnitt uten skjørt og MNR	1,92	1,14	2,76	3,00



Biologisk nytte/-risiko

Vedøya H-18

Periode	Merdnr.	MNR	Dødeprosent i perioden	Gjennomsnitt Biologisk fôrfaktor i perioden	Gjennomsnitt Utgående VF3	Antall behandlinger i perioden
Sept 2017-mai 2018	Gjennomsnitt med skjørt og MNR		1,73	1,08	4,00	0
Juni 2018- slakt	Gjennomsnitt uten skjørt og uten MNR		5,01	1,26	2,73	4,5

Konklusjoner basert på innsamlede data:

- Espnestaren: 1-2 færre behandlinger med skjørt+MNR. Kan (delvis) skyldes andre forhold.
- Lamøya: ingen forskjell i behandlinger.
- Vekst: ingen sikker forskjell, Samvarierer med behandlinger.
- BFCR: gjennomgående **litt høyere** i merder med skjørt+MNR.
- Oksygen: lave verdier målt på Vedøya i merder med skjørt + MNR.

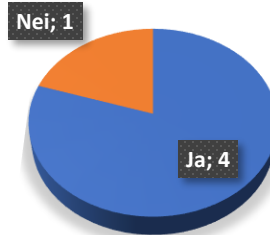


Spørreundersøkelse

Ganske tydelig forskjell i noen av svarene fra de to selskapene.

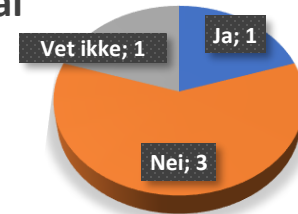
Gir bruk av skjørt redusert påslag i spesielle situasjoner/perioder?

MNH



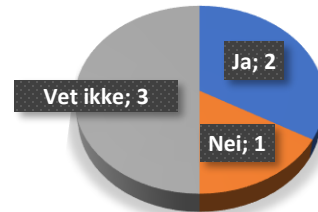
Gir bruk av skjørt redusert påslag i spesielle situasjoner/perioder?

Måsøval



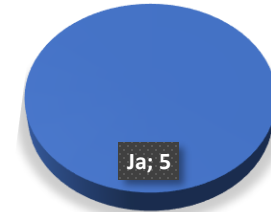
Arbeider rensefisken mer effektivt når det brukes skjørt enn uten skjørt?

MNH



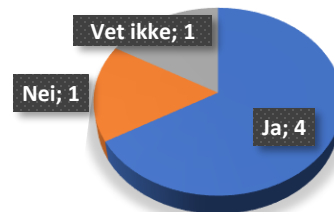
Arbeider rensefisken mer effektivt når det brukes skjørt enn uten skjørt?

Måsøval



Er det bedre biologiske prestasjon i merdene som bruker MNR sammen mer skjørt?

MNH



Er det bedre biologiske prestasjon i merdene som bruker MNR sammen mer skjørt?

Måsøval





Spørreundersøkelse

Men også eksempler på felles oppfatning i begge selskaper

Bruk av skjørt og MNR i framtida	MNH	MÅSØVAL	Total
Bruk av skjørt med MNR i fremtida: i hele sjøperioden fra utsett til slakting	1	0	1
Bruk av skjørt med MNR i fremtida: på bestemte lokaliteter	6	5	11
Bruk av skjørt med MNR i fremtida: i bestemte perioder	4	2	6
Bruk av skjørt med MNR i fremtida: situasjonsbestemt («taktisk») bruk med heving og senking av skjørt og kompressor på/av etter produksjonsledelsen beslutning	4	2	6
Bruk av skjørt med MNR i fremtida: bruken av skjørt med eller uten Midt Norsk Ring vil bli redusert	2	1	3
Bruk av skjørt med MNR i fremtida: Midt Norsk Ringen vil kunne brukes alene, uten skjørt	2	1	3



Nytte-kostnadsvurdering: (forenklet) økonomisk beregningsmodell

$$\text{Nytte} = \text{ØI} + \text{RK} - \text{ØK} - \text{RI}$$

ØI = Økte inntekter i form av økt salgsvolum samt økt kvalitet og kilopris for fisken

RK = Reduserte kostnader i form av færre avlusinger

ØK = Økte kostnader ved investering og drift av skjørt med MNR

RI = Reduserte inntekter ved redusert miljø og evt. negative effekter på produksjon

Nytte/ Kost ratio (**N/K ratio**) = **Økte inntekter/ økte kostnader.**



Tallene i modellen

For både høstutsett og vårutsett er det kjørt simulering for ingen, 3, 4 og 5 lusebehandlinger.

Type	Ekstra dødelighet	Dager sultetap	Behandlingskostnad
Mild	0,5 %	2	0,3 kr / kg
Normal	1 %	3	0,5 kr / kg
Alvorlig	1,5 %	5	1 kr / kg

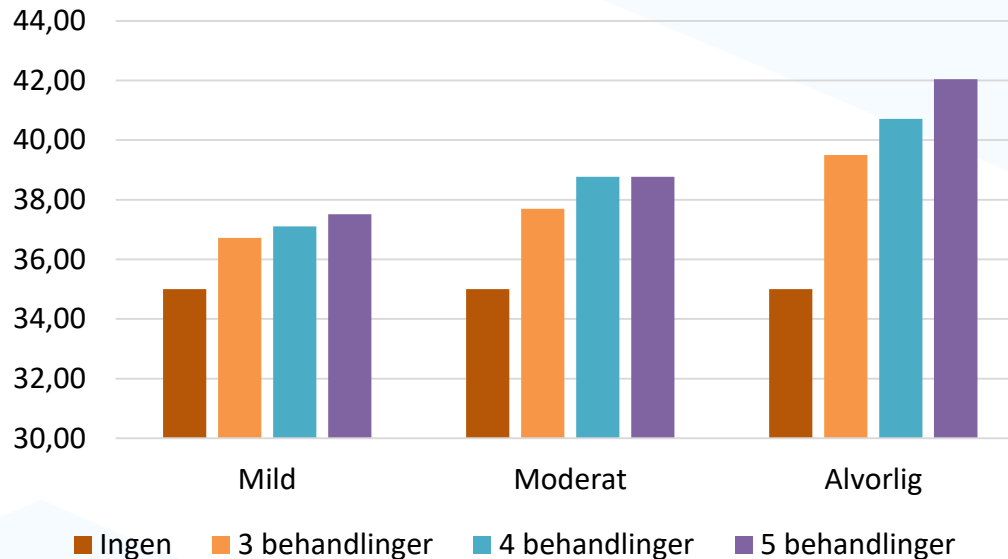
Andre grunnlagsdata i modellen.

Type	Verdi	Type	Verdi
Antall utsatt	1 360 000	Akkumulert døde	12 %
Utsettsvekt	120 g	Prodkost sløyd	35 kr / kg
VF3	2,7	Fôrpris	12 kr / kg fôr
Døgngrader	4474	Slaktekostnad	2,5 kr / kg
Biologisk fôrfaktor	1,05	Salgspris	60 kr / kg



Nytte / kostnadsvurdering: prodkost

Produksjonskost: effekt av lusebehandling



Figuren viser økningen i produksjonskostnad per kg gitt ulike alvorlighetsgrader av lusebehandling.

Alvorlighetsgrad og antall behandlinger medfører en økning i utgifter og tapt tilvekst, som gir økt prodkost per kilo.



Prodkost gitt effekter på vekst

Lusebehandling	# behandlinger	Prodkost	-100g	-200g	-300g
Ingen	Ingen	35,00	+0,70	+1,30	+2,00
Mild	3 behandlinger	36,70	+0,70	+1,50	+2,20
	4 behandlinger	37,10	+0,70	+1,50	+2,30
	5 behandlinger	37,50	+0,70	+1,50	+2,30
Normal	3 behandlinger	37,70	+0,70	+1,50	+2,30
	4 behandlinger	38,80	+0,80	+1,60	+2,40
	5 behandlinger	39,10	+0,80	+1,60	+2,50
Alvorlig	3 behandlinger	39,50	+0,80	+1,60	+2,50
	4 behandlinger	40,70	+0,90	+1,70	+2,70
	5 behandlinger	42,00	+0,90	+1,80	+2,80

Effekten av 1 «spart» lusebehandling spises raskt opp hvis dårligere miljøforhold inne i skjørt gir redusert slaktevekt.

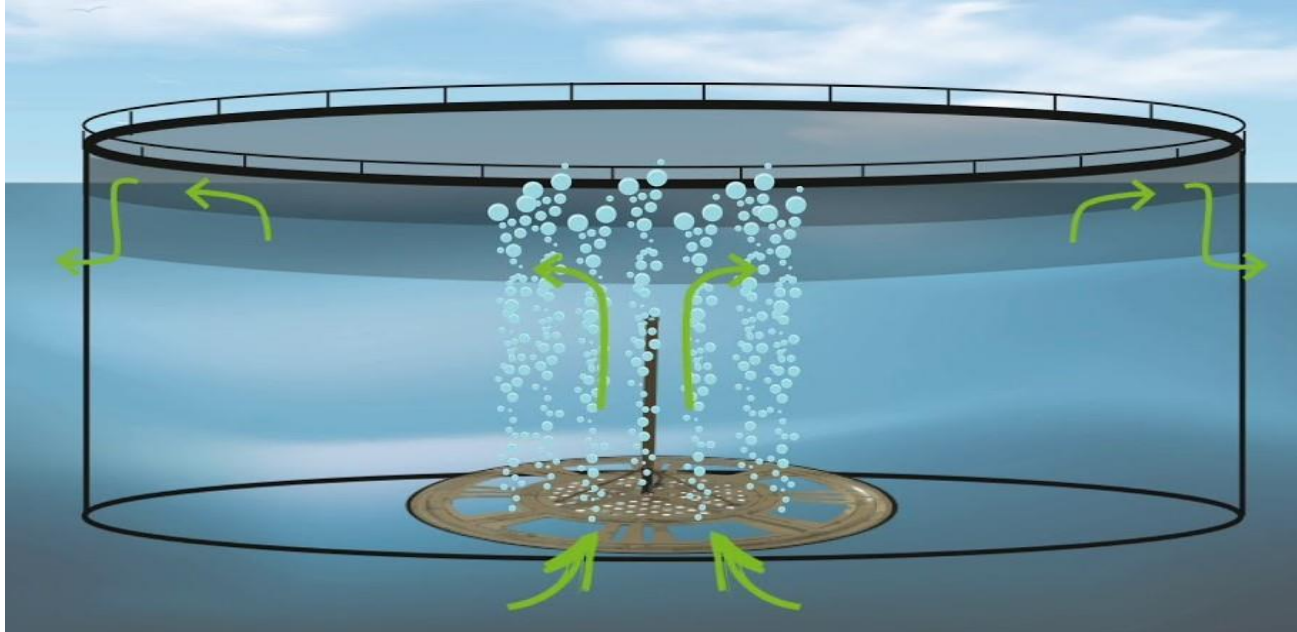


HOVEDFUNN FRA PROSJEKTET

- Resultatene fra prosjektet ga ingen vitenskapelig sikre holdepunkter for at bruken av skjørt gir systematisk beskyttelse mot påslag av lakselus. På én av 3 lokaliteter så vi ca. 50% reduksjon i påslag under en kortvarig «lusebølge». Funnet kan imidlertid (i det minste delvis) skyldes at plasseringen av merdene med skjørt i anlegget ikke var tilfeldig.
- Èn av lokalitetene opplevde en lang periode med sterk strøm og deformering av nøtene, og måtte derfor løfte skjørtene for å hindre kritiske oksygennivåer i merdene. På de to øvrige lokalitetene som hadde generelt høy oksygenmetning under hele prosjektet såes kun ubetydelig oksygenreduksjon inne i merder som hadde skjørt pluss Midt-Norskringen.
- Strømningsforsøk viste at luftboblene fra Midt-Norskringen løfter vann hovedsakelig i midten av merda. Vi ser en gradvis økning av løfteeffekten jo høyere boblene stiger.
- Vi fant ingen vitenskapelig sikker positiv eller negativ effekt av skjørt+ Midt-Norskringen på overordnede biologiske utfallsvariabler (behandlingsfrekvens mot lus, dødelighet, vekst eller biologisk førfaktor).
- Bruk av skjørt + Midt-Norskringen kan gå i balanse dersom en lokalitet «sparer» fra 0,15 til 0,4 behandlinger per utsett, men hvis man får en negativ veksteffekt øker prodkost med 80 øre per 100 gram tapt slaktevekt.



HOVEDKONKLUSJON

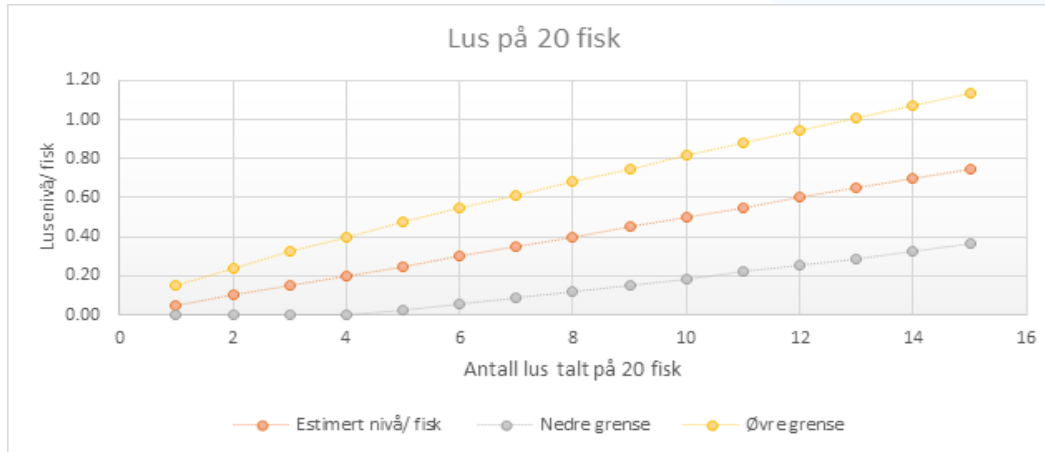


Hvordan skal man bruke skjørt og Midt-Norskringen for å oppnå størst effekt, og uten å pådra seg for stor risiko?

Om det finnes mer lønnsomme måter å bruke ressurser på for å holde lakselusa i sjakk er verdt en grundig vurdering!

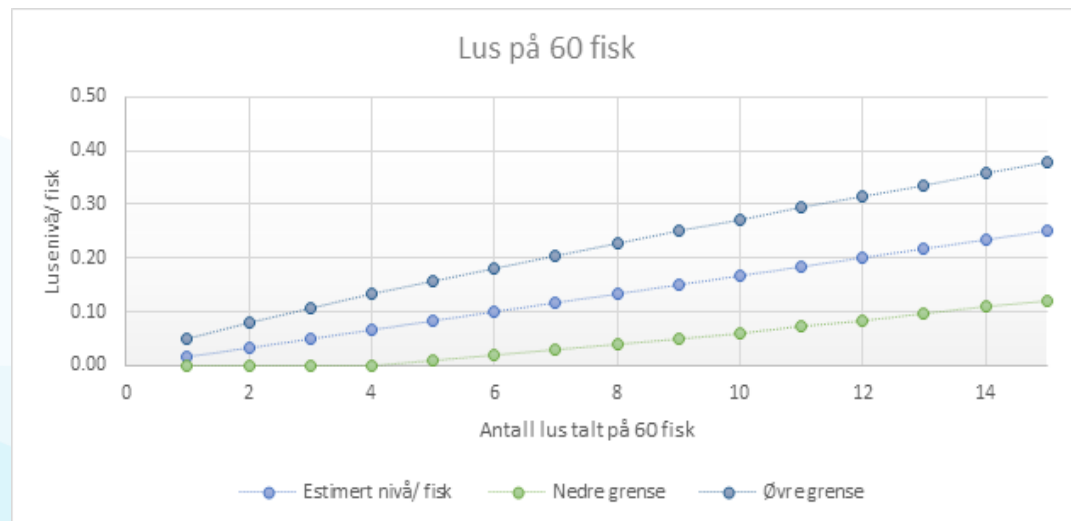


«Presisjonstelling» av lus



20 fisk gir et gjennomsnittstall med stor statistisk usikkerhet.

60 fisk gir et gjennomsnitt med langt mindre statistisk usikkerhet.





Utprøving av presisjonstillinger

- 185 merdtellinger, flest i juni, juli + august.
- 10209 enkeltfisk i databasen.

Lusestadium	Fastsittende		Bevegelige		Kj. modne hunner	
	Estimat ²⁰	Estimat ^{alle}	Estimat ²⁰	Estimat ^{alle}	Estimat ²⁰	Estimat ^{alle}
Maksimum	9,60	10,65	9,45	11,10	2,15	2,17
Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Differanse (Estimat ^{alle} – Estimat ²⁰) i enkelt-tellinger			
Lusestadium	Fastsittende	Bevegelige	Kj. modne hunner
Største forskjell (+)	1,11	1,77	0,37
Største forskjell (-)	-0,90	-1,53	-0,37
Median forskjell	0	0	0



Svært godt samsvar ved lave eller høye lusetall

Samsvar mellom estimatene for kjønnsmodne hunnlus i hver presisjonstilling med utgangspunkt i Estimat²⁰

a) Estimat ²⁰	< 0,3			0,3-0,49			>0,49		
Antall tellinger	93			52			41		
Resultat fra Estimat ^{alle}	< 0,3	0,3-0,49	>0,49	< 0,3	0,3-0,49	>0,49	< 0,3	0,3-0,49	>0,49
Antall tellinger	85	7	1	14	27	11	1	7	33
Andel med avvik	0%	7,5%	1,1%	26,9%	0%	21,2%	2,4%	17,1%	0%



Tidsforbruk for presisjonstilling: 10-12 min ekstra

Merid#	N=	Kl. slutt forr. merd	Lagt til kl.	Kastet loss kl.	Minutter brukt	Total tid pr merd	Telletid 60 fisk (min: sek)	Telletid 20 fisk (min: sek)
106	61	.	08:10	08:58	00:48	00:48	.	.
105	60	08:58	09:05	09:36	00:31	00:38	16:20	05:26
103	60	09:36	09:38	10:09	00:31	00:33	18:50	06:16
107	60	10:09	10:12	10:38	00:26	00:29	14:49	04:56
111	60	10:38	10:40	11:09	00:29	00:31	16:36	05:32
101	60	11:09	11:14	11:43	00:29	00:34	16:13	05:24
108	60	11:43	11:43	12:17	00:34	00:34	14:54	04:58
109	60	12:17	12:20	12:45	00:25	00:28	15:00	05:00
112	60	12:45	12:47	13:20	00:33	00:35	19:48	06:36
Sum	541				Median	00:34	16:16	05:25



Telling for sikrere beslutning om behandling

- Hvis du etter 20 fisk får et uventet resultat, fortsett med presisjonstelling til du når 15 lus, eller til 60 fisk.
- Finner du 6 eller færre kjønnsmodne hunner på de første 20 fiskene behøver du ikke telle fler fisk i denne merda.
- Finner du mellom 7 og 10 kjønnsmodne hunner på de første 20 fiskene bør du fortsette med presisjonstelling.
- Finner du 10 eller flere kjønnsmodne hunner på 20 fisker (0,5 eller høyere gjennomsnitt) er produksjonen av luselarver i gang og du bør iverksette relevante tiltak.



Takk

Vi takker alle prosjektdeltakere for hjelp og bidrag til prosjektresultatene.

Takk til FHF for finansiering (9014503).

