

Rapportnummer - Åpen

# Rapport

## Forsøk med FeedServer undervannsfôring

Resultater fra høsten 2010

### Forfatter(e)

Erik Høy

Leif Magne Sunde



# Rapport

## Forsøk med FeedServer undervannsfôring

Resultater fra høsten 2010

EMNEORD:  
Torsk, fôring, teknologiVERSJON  
2DATO  
2011-01-31FORFATTER(E)  
Erik Høy  
Leif Magne SundeOPPDRAGSGIVER(E)  
FeedServer prosjektgruppeOPPDRAGSGIVERS REF.  
187305/S40PROSJEKTNR  
840246ANTALL SIDER OG VEDLEGG:  
10+ vedlegg

### SAMMENDRAG

#### Testresultater, kort oppsummert

Forsøket som oppsummeres her i denne rapporten er gjennomført som avsluttende test av fôringssystemet som er utviklet i prosjektet FeedServer. Prosjektet er drevet et BIP-prosjekt med Fjord Marín Cod som initiativtaker og prosjekteier. Gjennom prosjektperioden er det utviklet et undervanns utfôringssystem og et utfôringsregime som skal være bedre tilpasset torskens fysiologi med lukket svømmeblære enn standard overflatespredere slik de er utviklet for lakseoppdrett. Testen som beskrives her er gjennomført høsten 2010 med gode tekniske resultater og en svært lovende biologisk respons. Det ser ut til at fisken velger å anvende undervannsfôringen til å redusere et antatt oppdriftsstress, i godt samsvar med de grunnleggende hypotesene for prosjektet.

UTARBEIDET AV  
Erik Høy

SIGNATUR

KONTROLLERT AV  
Leif Magne Sunde

SIGNATUR

GODKJENT AV  
Jostein Storøy

SIGNATUR

RAPPORTNR  
RapportnrISBN  
ISBN-nummerGRADERING  
ÅpenGRADERING DENNE SIDE  
Åpen

# Historikk

---

<b>VERSJON</b>	<b>DATO</b>	<b>VERSJONSBEKRIVELSE</b>
1	2011-01-29	Erik Høy - draft
2	2011-01-31	Erik Høy, Leif Magne Sunde - til gjennomsyn i konsortiet

# Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn.....	4
2	Metode.....	4
3	Resultater.....	7
4	Diskusjon.....	8

## BILAG/VEDLEGG

[Skriv inn ønsket bilag/vedlegg]

# Prototype undervannsfôringsystem testet høsten 2010 hos Fjord Marin Cod i Brønnøysund

## 1 Bakgrunn

Testingen av utstyret som er beskrevet her i dette notatet ble gjennomført som avsluttende aktivitet i prosjektet FeedServer der målet har vært å utvikle en mer artspesifikk fôringssteknologi rettet mot torsk. Torsken har en annen fysiologi enn laks, med lukket svømmeblære, og dette begrenser torskens muligheter for vertikalvandring i forbindelse med å ta fôr. I FeedServer er det blitt utviklet en kunnskapsbasert tilnærming til undervannsfôring basert på tidligere forsøk blant annet i regi av Havforskningsinstituttet og på tester i merd og på lab i løpet av prosjektet.

## 2 Metode

De første testene i FeedServer var fokusert på å etablere en god base med data fra et sensornettverk som kunne måle strøm og oksygenforhold i sjøen, fiskens vertikalfordeling i merdene samt en værstasjon med registrering av vind, trykk og temperatur. Sensorene for vær og for oksygen og strøm ble lagt opp med kabel direkte til en PC der dataene ble lagret og vist på en lokal PC på flåten. Ekkoloddsystemet for å måle fiskens vertikalvandring var montert på forsøksmerdene og kommuniserte trådløst til flåten der dataene ble lagret og vist på skjerm. Begge systemer fungerte godt over lang tid og gav gode data som grunnlag for å modellere fôringsdynamikken i merdene. Robustheten i oppsettet var ikke beregnet for fast installasjon og dette viste seg etter hvert i form av problemer med kommunikasjon, med stabilitet på lagring av data og på stabilitet i sensorene selv. Det er tydelig viktig å skille mellom oppsett som skal være av permanent karakter og utstyr som kun er satt opp for forsøk i kortere perioder. Forholdene på anlegget lå godt til rette for forsøksvirksomhet med strømforsyning til alle merder, dyktige og interesserte folk og en god flåte med muligheter for å trekke kabler og montere opp loggeutstyr i mast og kontrollrom.

Anlegget som ble brukt i forsøkene er Fjord Marin Cod sin lokalitet Lissmåsøy som ligger like utenfor Brønnøysund. Anlegget består av merder med 90 og 120 meters omkrets. Forsøket ble gjennomført i to merder som lå ved siden av hverandre, på tvers av den fremherskende strømmretningen (Figur 1). Begge merdene hadde 120 meters omkrets og var utstyrt med nøter med 15 meter dybde på blylina og nærmere 25 meter i spissen. Fisken i merdene er hentet fra det samme utsettet (september 2008). Det var 70 000 – 80 000 fisk i hver merd med en startvekt på 1,5-2kg.



**Figur 1.** Lokaliteten ved Lissmåsøya. 90 meters merd i forgrunnen. De to 120 meters forsøksmerdene sees lengst bak i bildet og til venstre.

Hovedkomponenten i utstyret som ble testet var en konstruksjon med et langt rør, 6m, med diameter 40cm. Røret ble reist stående i merden og utstyrt med flytelegemer i overflata for å sikre stabil flyt. Den øverste meteren av røret fløt over overflaten og fungerte som en trakt for fôret som ble tilsatt i toppen med en fleksibel slange fra det luftdrevde fôringsssystemet på anlegget. Det er laget et eget notat med beregninger og prinsipp for en mer utfyllende beskrivelse av utstyret (vedlegg 2 i hovedrapporten). I den første testen var det ingen mekanisme for spredning av fôret etter at det kom ut av rørenden, og løsningen fungerte dermed kun som en skjerming av fôret fra overflaten og ned til ca 5meters dyp. Den konsentrerte utdoseringen fra røret gjorde det mulig å undersøke hypotesen om at fôret kunne spres effektivt av fiskens egen fôringsadferd under røret. Dette ble undersøkt ved å senke ned en horisontal målestang til bunnen av merden og observere spredningen av fôret som passerte forbi fisken ved hard fôring. Målingene viste liten spredning fra fisken, 13 meters fall i merden gjennom et tett lag med fisk i aktiv fôringsaktivitet gav ikke mer enn omlag 3 ganger økning i diameteren på fôringsområdet. En løsning for større grad av spredning ble bedømt som nødvendig, og flere muligheter ble diskutert på en teknisk workshop hos AKVAgroup i Bryne. Valget falt på en løsning med en spredertallerken som skulle henge under røret (Figur 2). Løsningen ble dimensjonert og beregnet ved SINTEF Fiskeri og havbruk og produsert hos AKVAgroup i Bryne.



**Figur 2.** Fôringsrør med spredertallerken, svingoppheng og loddning under spreder for å hindre effekt som strømseil.

Fôringsrøret med spredertallerkenen ble montert i forbindelse med tårnet til fuglenettet i midten av merden og forbundet med en ekstra slange strukket fra en ledig port ved en av fôrvelgerne på flåten. Med denne løsningen kunne det fritt alterneres mellom undervannsfôring og overflatefôring i den samme merden. To merder ble satt opp på denne måten og det ble gjennomført et forsøksregime med fire ganger tre ukers

perioder der fisken vekselvis ble føret over og under vann (Tabell 1). Behandlingen med overflate- og undervannsføring var forskjøvet mellom de to merdene slik at de var i motfase og den ene merden kunne fungere som kontrollbehandling for den andre. Forsøket gikk over nesten tre måneder i perioden 29. juni til 22. september 2010.

**Tabell 1.** Oppsett for forsøk. Behandling A er med undervannsføring, B er med standard overflatespredning. Hver behandling hadde en varighet på 3 uker.

Behandlinger				
Merd 1	A	B	A	B
Merd 2	B	A	B	A

Undervannsføringen ble kombinert med 50% vanlig overflatespredning for å optimalisere spredningen av fôr i merdvolumet og gi best mulig tilgang til fôr for all fisken i merden.

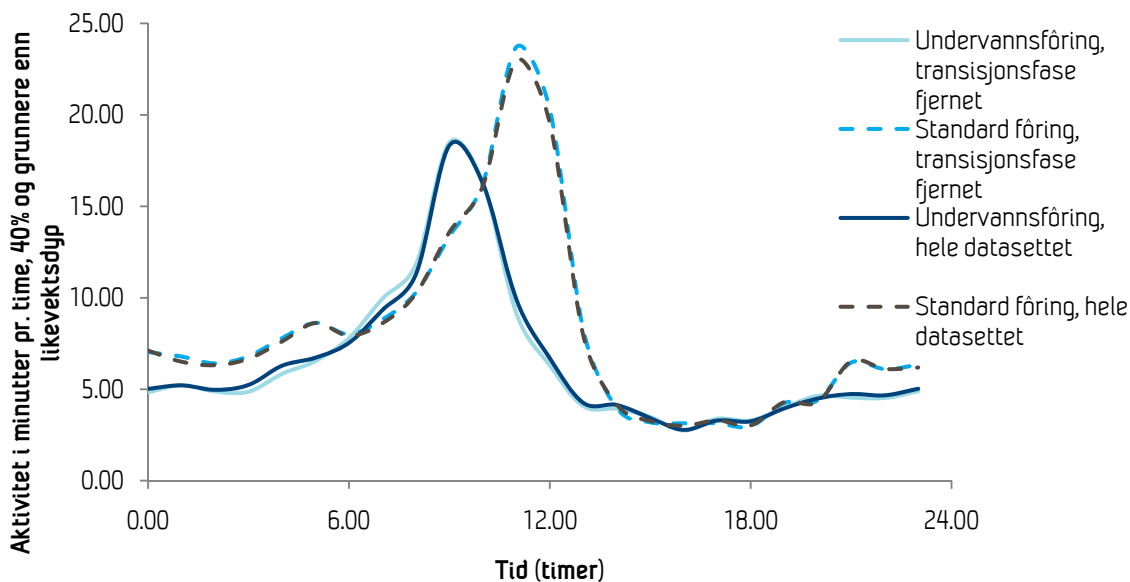
Fisken ble kontrollveid en gang i måneden for å holde kontroll med veksten. Kontrollveiene ble gjort ved at fisk ble fanget inn på to ulike nivå i merden, 5 og 10 meters dyp, med ruser. Fisken i rusene ble talt opp og bulkveid for snittvekt i et veiekar.

For å overvåke vertikalvandring i forbindelse med føring direkte, ble 20 fisk fordelt på de to forsøksmerdene utstyrt med sensormerker fra ThelmaBiotel (13mmx40mm). Metode for å sette inn merkene er beskrevet i en egen delrapport som er vedlagt hovedrapporten til FeedServer (vedlegg 5 i hovedrapport). Sensorene fungerte slik at de målte trykk og rapporterte til overflaten med jevne mellomrom hvilke trykkvariasjoner fisken hadde utsatt seg for. Sendingene fra merkene ble fanget opp og lagret i et sett med akustiske loggere (Vemco VR2 og ThelmaBiotels egen mottaker), som var plassert på fire ulike steder rundt merdene. En dekningsstest ble gjennomført for oppsettet som viste at begge merdene var innenfor rekkevidde av hydrofonene ved de rådende forholdene. Dessverre viste redundansen i systemet seg å være nødvendig da hydrofonsystemet for den ene av to benyttede frekvenser sluttet å fungere tidlig i forsøket. Med dette ble antall fisk med effektive data i forsøket redusert til 10 stykker. Disse fiskene var fordelt med fem fisk i hver merd, der 3 av fiskene var fanget med ruser på 10 meters dyp og 2 fisk var fanget på 5 meters dyp. Hvert sekund målte merkene omgivelsestrykket og sammenlignet dette med et likevektsdyp som ble beregnet som det glidende snittet for de 8 siste timene. Tallet 8 timer er basert på forsøk fra Havforskningsinstituttet som er gjort i andre prosjekter og publisert tidligere (Korsøen et al, 2010). For perioder på 16 minutter ble det så summert opp hvor lenge fisken hadde oppholdt seg innenfor fire ulike trykkfallskategorier, 10-20% oppover i vannsøylen, 20-30 % oppover i vannsøylen, 30-40% oppover i vannsøylen og med siste kategori som dekket 40% og mer bevegelse oppover i vannsøylen.

Ekkolodd var også montert i begge merdene for å overvåke vertikalbevegelsen til den totale biomassen i tillegg til individmerkene. Systemet fungerte godt i de innledende testene som ble gjort i 2009 der ekkolodddata ble overført direkte til flåten og vist på en PC der. Via grensesnittet med ekkogrambilder kommer føringadferden til fisken godt fram og stressadferd med urolig fisk var tydelig å se på skjermen. Ekkolodd som aktivt instrument for bedre kontroll med fisken i kommersiell oppdrett ble med dette godt presentert i prosjektet. Dessverre så viste det seg i den siste testen av undervannsføringen, at datalagringen sviktet allerede første dagen etter oppstart. Denne gangen var utstyret satt opp med lagring ute på merd og ved ettersyn av skapet der utstyret stod, fungerte systemet tilsynelatende som det skulle. Feilen ble ikke fanget opp før data skulle lastes ned ved forsøksslutt.

### 3 Resultater

Resultatene fra sensormerkene viser en helt klar forskjell mellom periodene der fisken ble fôret med overflatefôring og der de ble fôret med en kombinasjon av undervannsfôring og overflatefôring. I den mest aktive fôringsperioden brukte fisken 20% mindre tid på dyp 40% grunnere enn likevektsdypet (snitt  $\pm$  S.D. Treat A =  $18,5 \pm 6,5$  minutter, treat B =  $23,7 \pm 3,3$  minutter per time) (Figur 3). Dette var den høyeste kategorien for dybdeendring som ble registrert og det er ved denne typen vertik Alvandringer en regner med at torsken opplever størst stress med å holde kontroll med oppdriften. Merden med undervannsfôring fikk fôr før merden med overflatefôring og dette er grunnen til at aktivitetstoppene for de to ulike behandlingene er forskjøvet i tid i forhold til hverandre.

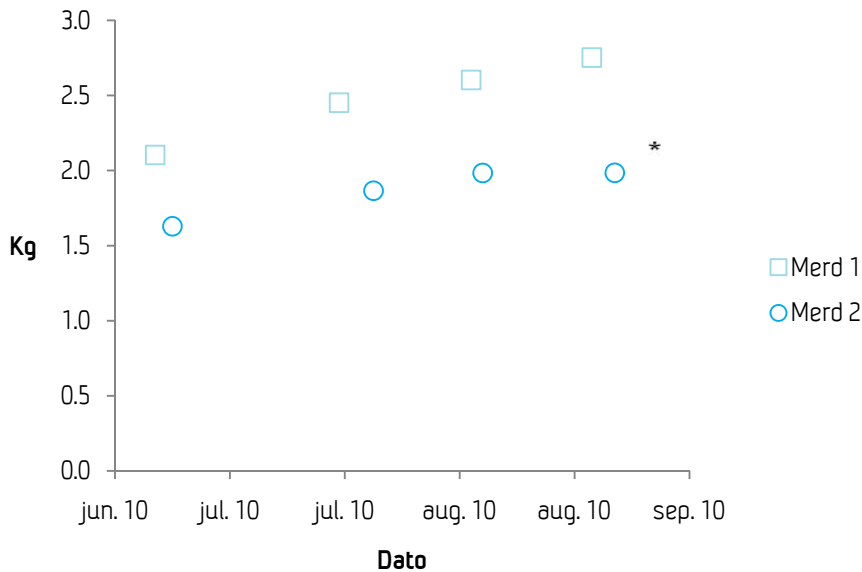


**Figur 3.** Antall minutter aktivitet pr. time, som er benyttet på dyp 40% eller grunnere enn likevektsdypet. Med transisjonsfase menes her de fem første dagene etter overgang til nytt fôringsregime.

Et annet moment som kommer fram i datasettet er hvordan fisken bruker minimalt med tid på å tilpasse seg det nye fôringsregimet. Hvis en tar ut en antatt transisjonsfase mellom hver behandling (grafene over viser et eksempel der de fem første dagene av hver behandling er tatt ut av datasettet), og sammenligner dette med kurvene som kommer fram basert på hele datasettet, så er disse svært sammenfallende både i forløp og variasjon mellom de to ulike behandlingene (Figur 3).

Det er samlet inn vekstdata fra forsøket med månedlige veieprøver (Figur 4). Fisken til snittveing (ca 100 stk pr veing) er samlet inn med ruser på to dyp, 5 og 10 meter, for å sikre et godt og representativt utvalg. Forsøket ble strukket i tid til nesten tre måneder for å kunne fange opp endringer i vekst som kunne spores tilbake til fôrings teknologi.





**Figur 4.** Resultat fra veieprøver, snittvekter for fisk fanget i ruser på 5 og 10 meters dyp. Fisken var ikke av lik størrelse ved forsøksstart og veksten er også ulik i perioden. Det er følgelig vanskelig å se noe effekt av undervannsføringen på grunnlag av vekstdataene. (\* Den siste målingen for merd 2 inneholder kun 33 fisk pga. problemer med rusene, de andre målingene representerer omlag 100 fisk)

Teknisk sett så har utstyret fungert svært godt med bare mindre justeringer underveis. På det meste ble det føret ut over 500 kilo før gjennom systemet i løpet av en føringperiode på omlag to timer. Dette medførte ingen problemer med tetting eller opphopninger.

## 4 Diskusjon

Den tekniske siden av løsningen som ble valgt er hverken komplisert eller praktisk revolusjonerende sett i sammenheng med det som har lansert blitt av løsninger tidligere. Men det er en svært robust løsning som er utviklet her og den har vist seg å være driftsikker under lengre tids testing. Metoden med spredning av før over og under vann samtidig tilbyr en elegant løsning for tilbakekoblet kontroll av fordelingen mellom de to føringssystemene, slik at føret i størst mulig grad kan tildeles der hovedmengden av fisken velger å stå.

Erfaringene viser at det er mange detaljer som må tilpasses og som trenger oppmerksomhet for at denne typen utstyr skal kunne virke over tid. For eksempel at det er viktig å ha nok slakk og en fleksibel kobling mellom føringrøret og den fleksible slangen som forbindes med den konvensjonelle føringsslangen. Selve slangen må kunne bevege seg, men samtidig må enden monteres fast i føringrøret slik at den ikke blir liggende med enden under vann eller faller ut. Hvis enden havner i vannet vil det føre til stor motstand for blåseranlegget på flåten og ujevn mating av før i slangen med fare for tilstopping.

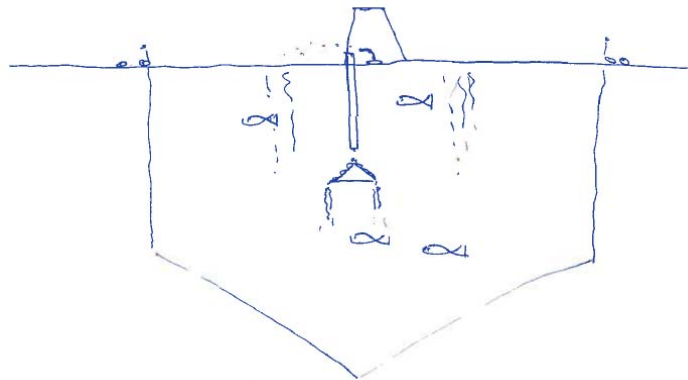
Anlegget på Lissmåsoya er utsatt for kraftige dønninger fra nord, i en slik størrelse at det er vanlig å finne tang hengene i fuglenettet etter uvær. Dønningene medførte store relative bevegelser mellom det tunge føringrøret med lite restoppdrift og det relativt lette tårnet for fuglenettet. En god kobling her som tillater bevegelse er nødvendig for å hindre avriving og brudd.

Videre ble det også tydelig at det er nødvendig med en viss vinkel på spredertallerkenen for å sikre at føret renner godt ut og ikke blir liggende på sprederen over tid. Det ble produsert sprederer med ca 10° helling for de første forsøkene etter at forsøk i kar viste at dette var tilstrekkelig til å få pelleten til å trille. Dette viste

seg å være for lite helling og det ble laget en modifisert spreder der vinkelen ble økt til omlag 30°. Den samme duken ble brukt med den nye spredervinkelen og det gav folder eller kanaler som fôret kunne renne ned. Sammen med den større hellingsvinkelen fungerte dette svært godt for å fordele fôret.

Avstanden mellom sprederen og rørenden er også et viktig moment i designet ettersom det også her blir store relative bevegelser i tung sjø. Dette ble beregnet i starten, men ikke tatt fullt hensyn til ved montering slik at sprederen rev seg løs fra røret under et uvær sommeren 2010. Løsningen ble å øke avstanden mellom rør og spreder, samt å bruke en fleksibel gummikobling lik de som brukes for båtfortøyning i havner. For å hindre at nysgjerrige fisk skulle sette seg fast oppe i selve røret, ble enden sikret med grovmasket not. Selve prinsippet med å skjerme fôret i røret førte ikke til problemer med tilstopping eller lignende.

Metoden med å fôre ut halvparten av fôret på overflaten og resten med rørløsningen ser ut til å gi en god spredning av fôret i merden (Figur 5). Fordelingen med akkurat 50/50 var et forsøk, men det ligger nå videre til rette for at fordelingen mellom andel overflate- og undervannsfôr kan justeres direkte, avhengig av hvor hovedmengden av fisken velger å stå. Den vertikale fordelingen av biomassen kan måles med ekkolodd slik det er vist i FeedServer, og dataene kan kobles mot fôrspreidningsmodellen slik at det tildeles mest fôr der det er mest fisk. En slik tilpasset spredning av fôret i dybden vil kunne gi jevnere vekstforhold for fisk i de ulike dypene i merden.



**Figur 5.** FeedServer prinsipp med fôring både over og under vann for økt spredning av fôr i rommet og tilgang på fôr i høy tetthet også for fisken som står dypere i merden og ikke kan bevege seg helt opp til overflaten.

At fisken så tydelig velger å bruke undervannsfôringen til å redusere aktivitet der den har sterkt positiv oppdrift, kan tyde på at den benytter undervannsfôringen aktivt til å redusere oppdriftsbelastningen. Fisken bruker ikke undervannsfôringen til å kunne stå dypere i merden, men velger heller å anvende muligheten til å ta fôret dypere med en større grad av kontroll og i større grad innenfor komfortsonen i forhold til oppdrift. Dette er et tegn på at fisken opplever oppdriftsproblematikken som et direkte negativt stress ettersom den velger å unngå det når den får muligheten.

Forskjellene i vekst er for små til å trekke ut noe konkrete resultater. Det måtte vært gjort langt flere veioprøver for å kunne avdekke mulig veksteffekt og dette var det ikke ressurser til i tillegg til vanlig drift av anlegget. Samtidig er det stor usikkerhet ved denne typen biomassemåling slik at effektene skal være svært store før det går an å trekke bastante konklusjoner på bakgrunn av snittveiinger. De to merdene representerer fisk fra det samme utsettet og den største fisken fra splitting. Likevel er det stor forskjell i størrelse og vekst slik at det ikke lar seg gjøre å sammenligne veksten i de to merdene mot hverandre.

Fôringen under vann alene vil gi en mer begrenset horisontal utspreidning av fôret enn det som er tilfelle med rotorspredning i overflaten og dette kan gi effekter med tanke på at det blir lettere for dominante individ å

monopolisere området rett under sprederen. Likevel vil fôret tildeles på en mer variert måte med denne løsningen slik at noe av fisken kan ta fôret allerede over og på selve sprederoverflaten. Dette vil nok være med på å minske problematikken med dominante individer og aggressivitet i fôringsområdet. Den romlige geometrien med rør, spredertallerkenen, oppheng og lodding vil sannsynligvis gjøre det vanskelig å drive effektiv revirheving i fôringsområdet.

Dybden for røret er en viktig faktor for driften og vil være avhengig av dybden i merden. Ved en not med maksimaldyp på 25-30 meter i notspissen vil den fisken som befinner seg dypest i merden gjerne ha et likevektsdyp på omlag 20-25 meter. Denne vil da ha et øvre operasjonsdyp på 8-11 meter hvis en setter 40% trykkreduksjon som øvre grense (Kristiansen et al. 2010). Plasseres da fôringsrøret med en lengde på 8 meter og med underkant av sprederen på 10 meter vil dette kunne gi en mulighet for å kunne fôre hele merden mer effektivt enn ved å bruke overflatefôring. Hvis utfôringen kombineres med overflatefôring slik som i forsøkene i FeedServer, vil en kunne tilby fôr i et større volum og bidra til at fisken kan anvende hele merdvolumet mer effektivt. Med ekkolodd som overvåker fiskens fordeling i vertikalplanet kan fordelingen av fôr mellom overflate og undervannsfôring gjøres i sanntid og tilpasses til det området i merden der fisken velger å stå. For riktig store merder kan det være et poeng å øke antallet utfôringspunkter under vann for å oppnå en bedre fordeling både vertikalt og horisontalt. Det kan se ut som om det er tilstrekkelig med ett undervannspunkt i merder på 90-120 meter omkrets, særlig hvis det kombineres med overflatespredning. Spredertallerkenen kan lages større med tanke på større spredning horisontalt, men en må være forsiktig med tanke på strømpåvirkningen denne kan få og sørge for at det er god hengsling og lodding under selve sprederen for å hindre at den skråstilles for mye. Det må unngås at fôringssystemet i verste fall trekkes ut og ned slik at det kan komme i kontakt med nota og skade denne.



Teknologi for et bedre samfunn  
[www.sintef.no](http://www.sintef.no)