

STF80 A044022 – Åpen

RAPPORT

Drift og operasjon Nye rømmingssikre merdkonsept

Mats Augdal Heide, Leif Magne Sunde og Egil Lien

SINTEF Fiskeri og havbruk

Havbruksteknologi

Juli 2005

www.sintef.no

**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse:
SINTEF, Forskningscenteret på Rotvoll
Arkitekt Ebbellsvei 10
7053 Ranheim
Telefon: 73 59 56 50
Telefaks: 73 59 56 60
E-post: fish@sintef.no
Internet: www.fish.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 980 478 270 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Drift og operasjon
Nye rømmingssikre merdkonsept**

FORFATTER(E)

Mats Augdal Heide, Leif Magne Sunde og Egil Lien

OPPDRAAGSGIVER(E)

Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond

RAPPORTNR. STF80 A044022	GRADERING Åpen	OPPDRAAGSGIVERS REF. Svein Hallbjørn Steien, ref. nr. 2002/006494	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 82-14-03315-2	PROSJEKTNR. 840099	ANTALL SIDER OG BILAG 22
ELEKTRONISK ARKIVKODE Rapport-drift&op.doc	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Jørgen R. Krokstad	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Pål Lader	
ARKIVKODE	DATO 2005-07-04	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Jostein Storøy, forskningssjef havbruksteknologi	

SAMMENDRAG

Produsenter av plastmerder har i det siste utvidet sitt sortiment med merder på opptil 157 meter i omkrets. Hvor det tidligere ble benyttet 90-meters ringer, blir det nå tatt i bruk enheter som i volum øker med en faktor på 3. Det medfører nye utfordringer på driftssiden å ta i bruk så store enheter.

Motivasjonen for å ta i bruk større enheter er et ønske om videre effektivisering av oppdrettsvirksomheten. De nye enhetene har så langt ikke innført mer rømmingssikker teknologi, og risikoen for en rømming fra en slik enhet blir i utgangspunktet ikke mindre enn ved bruk av en mindre enhet. Konsekvensen **dersom** en rømming inntreffer, vil derimot kunne bli mye større.

I dette arbeidet er det valgt å se spesielt på problemstillinger og aktuelle teknologiløsninger for drift av store enheter, med formål å redusere rømming fra morgendagens merdløsninger.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Havbruksteknologi	Aquaculture Technology
GRUPPE 2	Drift	Operation
EGENVALGTE	Rømming	Escapes
	Laks	Salmon

INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord	3
1 Drift av store enheter – noen betraktninger	4
1.1 Innledning	4
1.2 Store enheter og driftsrelaterte problemstillinger	4
1.3 Oppsummering	7
2 Tiltak og forbedringer	8
2.1 Innledning	8
2.1.1 Store enheter – egenskaper ved konstruksjonen	8
2.2 Tiltak for sikker og effektiv operasjon	10
2.2.1 Generelt	10
2.2.2 Båttrafikk	11
2.2.3 Fôring	16
2.2.4 Oppbevaring og setting av not	12
2.2.5 Uttak av fisk	12
2.2.6 Logistikk ved frakt av fisk	15
2.2.7 Inspeksjon	15
2.2.8 Heving av not	16
2.3 Prosedyrer	17
2.3.1 Prosedyrer i daglig drift	17
2.3.2 Håndtering av farer og katastrofer	18
2.3.3 Massedød	19
3 Konklusjon	21
Referanser	22

Forord

SINTEF har på oppdrag fra FHF gjennomført prosjektet "Nye rømmingssikre merdkonsept". Prosjektet er inndelt i flere delområder. Denne rapporten dokumenterer arbeid utført i prosjektet under delaktivitet *Drift og operasjon*, delaktivitet *Nye notkonsepter*.

Rapporten har et fokus på nye løsninger og nye metoder for rømmingssikker operasjon, og en har spesielt sett på problemstillinger relatert til drift av store enheter. Denne rapporten vil gi en del forslag til sikker drift, og det foreslås noen løsninger til produktforbedringer.

SINTEF Fiskeri og havbruk, Trondheim 4. juli 2005

1 Drift av store enheter – noen betraktninger

1.1 Innledning

De senere år har havbruksnæringen i grove trekk gått mot stadig større oppdrettsenheter, og hver ansatt har fått ansvaret for stadig mer fisk, og følgelig større verdier. Det produseres i dag i gjennomsnitt ca. 350 tonn laks pr ansatt på merdkanten. En økning i merdenheters størrelse har medført nye utfordringer for røkting og håndtering av fisken i merdene.

Produsenter av plastmerder har i det siste utvidet sitt sortiment med merder på opptil 157 meter i omkrets. Hvor det tidligere ble benyttet 90-meters ringer, blir det nå tatt i bruk enheter som i volum øker med en faktor på 3. Det medfører helt nye utfordringer på driftssiden å ta i bruk så store enheter.

Motivasjonen for å ta i bruk større enheter er et ønske om videre effektivisering av oppdrettsvirksomheten. De nye enhetene har så langt ikke innført mer rømmingssikker teknologi, og risikoen for en rømming fra en slik enhet blir således ikke mindre enn ved bruk av en mindre enhet. Konsekvensen **dersom** en rømming inntreffer, vil derimot kunne bli mye større. Samtidig kan store enheter åpne for andre driftsformer og teknologier, og gi nye muligheter.

”Drift og operasjon” er hovedtema, og med ovennevnte bakteppe ønsker en å se nærmere spesielt på utfordringer relatert til store enheter. Problemstillingene er selvfølgelig relevante også for mindre enheter. ”Store enheter” bygges så langt primært som plastring-merder, og fokus vil derfor rettes mot plastmerdteknologi. Videre kan arbeidet sier å være løsningsorientert, og det tas noen forbehold i forhold til (uverifiserte) betraktninger som gjøres.

1.2 Store enheter og driftsrelaterte problemstillinger

Fremveksten av det mekaniserte havbruket, med omfattende bruk av kraftige hale- og løftesystemer gjorde det i sin tid mulig å operere større ringer enn før. På den annen side fikk operasjoner et nytt fokus – med store krefter tilgjengelig ble det viktig å være forsiktig. De første forsøkene med 120-meters nøter endte som kjent med flere større rømminger, men også med forbedrede nøter (introduksjon av krysstau). Med de nye 157-meters nøtene som i dag settes ut, er det all grunn til å tenke over erfaringene som tidligere er gjort. Det er også en åpen problemstilling hvorvidt røktere kan basere seg på å utføre alle operasjoner selv.

Større nøter vil kreve større krefter for å opereres, noe som i utgangspunktet vil øke faren for rømming. Dette setter høyere krav til forsiktighet og kompetanse hos operatørene. Som diskutert i delrapport ”Oversikt over notsystemer”, er en hovedårsak til riving av not (med påfølgende rømming), bruk av store krefter ved operasjon av nøtene. Forøvrig er det ikke innført ny og mer skånsom teknologi for håndtering/operasjon. Dette er ikke positivt med tanke på riveskader ved operasjon.

Materialer og konstruksjon som benyttes i de nye store enhetene er i all hovedsak oppskaleringer av gammel teknologi. I forhold til mindre nøter er de viktigste forbedringene knyttet til bruk av flere og kraftigere tau. Blant annet benyttes gjerne krysstau fra alle stavtauene på disse nøtene.

Et ledende servicefirma vurderer for tiden å gå til innkjøp av en større båt for å håndtere drift av slike store enheter. De ønsker seg blant annet en 100 t/m kran på denne båten. Hvilke

forutsetninger har da ”den jevne røkter” til å håndtere disse enhetene med eget utstyr? (En oppdrettsbåt har vanligvis kraner i størrelsesorden 6-25 t/m)

Generell driftsstrategi for disse merdene vil gå i retning av minst mulig håndtering. Det er et uttalt ønske fra enkelte oppdrettere å la nota stå ute en hel generasjon før den tas opp. NYTEK krever p.t. at nøter skal inspiseres hvert år (§8.9 Krav til brukerhåndbok), men det ønskes å endre denne regelen.

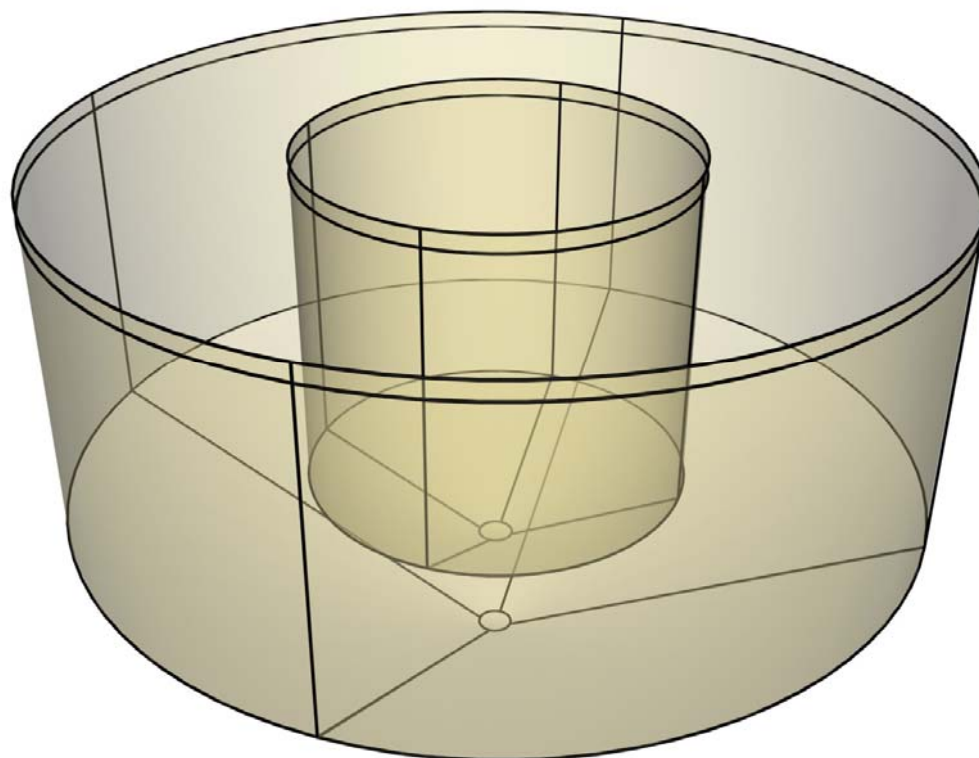
La oss nå ta et reelt eksempel ved å sammenligne vanlige 70- og 90-meters nøter med en 157 meters not (tabell 1).

Tabell 1. Sammenligning av størrelsesforhold mellom forskjellige sirkulære oppdrettsnøter.

	70 meters not – dybde 20 meter	90 meters not – dybde 20 meter	157 meters not – dybde 20 meter
<i>Diameter</i>	22,3 meter	28,6 meter	50 meter
<i>Volum:</i>	7 807 m ³	12 841 m ³	39 250 m ³
<i>Relativt volum:</i>	1	1,6	5,0
<i>Notareal:</i>	1 791 m ²	2 438 m ²	5 103 m ²
<i>Relativt areal</i>	1	1,4	2,8
<i>Maks tverrsnittsareal:</i>	446 m ²	572 m ²	1 000 m ²
<i>Relativt tverrsnittsareal:</i>	1	1,3	2,2

Volumet øker med 5 ganger ved overgang fra 70 til 157-meters nøter. Dette vil teoretisk gi plass til 5 ganger så stor biomasse. Samtidig øker tverrsnittsarealet med kun 2,2 ganger (tverrsnittsareal sier noe om hvor mye vann som vil strøomme gjennom en not pr tidsenhet). Av denne grunn vil det være større sannsynlighet for oksygenmangel i en stor enhet forutsatt at relativ biomasse (kg fisk/m³) er den samme. Store enheter bør derfor plasseres på lokaliteter med god oksygentilgang, og det vil være viktig å holde dem rene for groe. Det vil også være viktig å holde god avstand mellom hver merd. Kunstige oksygeneringssystemer kan bli nødvendig for å opprettholde et oksygennivå som sikrer god fiskevelferd og produksjonseffektivitet. Tredje alternativ er å redusere tettheten av fisk i nota.

Totalt notareal (vegger og bunn) for den største enheten er 5103 m² (til sammenligning er gressmatta på et fotballstadion ca 7100 m²), og 2,8 ganger større enn den minste, dvs. det er 2,8 ganger så mye notareal å se over og vedlikeholde. Dette betyr også 2,8 ganger så mye masse som må flyttes for å heve en slik not. Figur 1 gir en visuell fremstilling av størrelsesforhold.



Figur 1. Størrelsesforhold mellom en 70-meters og en 157-meters not.

Avslutningsvis tas med en liten risiko – konsekvensvurdering ved drift av slike store enheter. I en stor enhet er det potensielt mye større konsekvens ved et havari. Det må her stilles spørsmål ved om denne risikoen kan tolereres. En 157-meters merd kan inneholde inntil 800-1000 tonn med fisk (tall gitt av røkter), eller i størrelsesorden 200 000 fisk. Dersom fem slike merder plasseres i en rammefortøyning, kan man regne en maksimal konsekvens på 1 million rømte fisk ved totalhavari av fortøyning. Kan en så høy ”innsatsfaktor” aksepteres? Kanskje det bør være et krav om enkeltfortøyning av slike merder? All erfaring viser at rømminger av forskjellige årsaker skjer fra tid til annen, og det er liten grunn til å tro at store enheter er mindre rømmingsutsatte enn andre. Utvikling av teknologi som er risikoreduserende er en vei å gå.

Det må også bemerkes at 157-meters ringer ikke er uttestet i samme grad som 90-metringene. Dette gjelder både selve konstruksjonen og metoder for operasjon. Erfaringsgrunnlaget som er en forutsetning for å drive rømmingssikkert kan derfor ikke sies å være etablert. På den annen side bekrefter samtaler med oppdrettere at anlegg legges ut etter beste erfaring. Både ringer og forankringer dimensjoneres i forkant sammen med akkrediterte organer (i henhold til NYTEK-standardene).

1.3 Oppsummering

Som følge av utvikling i dimensjoner på merder kan det stilles spørsmål ved om det er automatikk i positive gevinster ved å øke størrelsen på merdene. Det er blant annet risiko for at oksygentilgangen vil bli dårligere i større enheter. Skader på store enheter kan få større konsekvenser, og det blir derfor viktig å være sikker på at produksjonen i slike enheter skjer under full kontroll.

De komponenter som grenser til merdene må også dimensjoneres opp i henhold til økte belastninger som større enheter vil påføre. Dersom store enheter monteres på eksisterende rammefortøyninger, må en huske på at strømkrefter på forankringen vil bli vesentlig høyere. Det er sannsynlig at forankringen må dimensjoneres vesentlig opp.

Det er all grunn til å være grundig forberedt når en skal ta steget opp en ”divisjon”, og starte med oppdrett med de største enhetene på markedet. Spørsmålet er om næringen er klar for dette spranget - og i tilfelle, hvordan ta spranget på en måte med akseptabel risiko. En stor enhet vil være vanskeligere å kontrollere – det er større flater å forholde seg til, og det blir mer komplekst å holde oversikt over faktorer som strøm, påført last, posisjon til not, båtposisjon, forankring osv. For øvrig vil nok de største nøtene bli håndtert minst mulig. Ved bruk av impregnering arbeides det for at nøtene skal kunne stå ute en hel generasjon, og at håndtering generelt vil bli utført så sjelden som mulig.

I neste kapittel vil en del konkrete problemstillinger innen drift og operasjon av storvolummerd diskuteres nærmere. Det vil også foreslås teknologiske forbedringer og nye løsninger for disse.

2 Tiltak og forbedringer

2.1 Innledning

Ved drift og operasjon av havbruksanlegg forutsettes både erfaring og gode prosedyrer for å kunne utføre oppgavene på en tilfredsstillende sikker måte. Teknologien kan i noe grad tilpasses slik at korrekt håndtering sikres, men den menneskelige faktoren vil nok alltid være vesentlig. Det vises til Aqua Management 's rapport av 2004 med tittel "Fisken rømmer", som også tar for seg operasjoner av oppdrettsanlegg. Der konkluderes med at "*hovedårsaken til rømming er mangel på prosedyrer og manglende implementering. Implementering av prosedyrer og kontinuerlig forbedring av disse er essensielt for å redusere rømmingstilfeller ved norske oppdrettsanlegg.*" Prosedyrer vil også diskuteres noe i dette kapitlet, men det er teknologiske problemstillinger som vil ha hovedfokus.

Drift og operasjon er også belyst i den tidligere SINTEF-rapporten "Alternative notkonsepter" (spesielt kapittel 2.8 – Drift og operasjon).

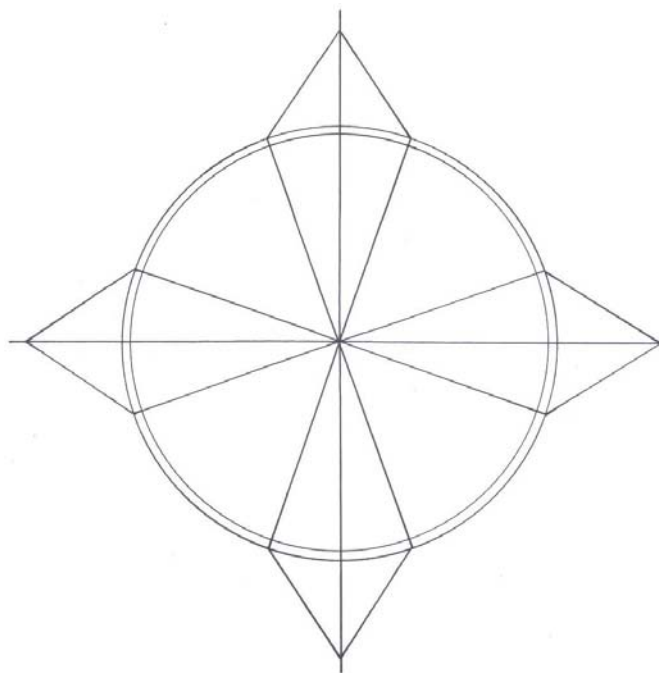
2.1.1 Store enheter – egenskaper ved konstruksjonen

Den globale bøyestivheten til et ringformet legeme minker med omkretsen i fjerde potens. Ved en dobling av omkretsen vil en altså få en 16-dobling av utbøyningen, gitt den samme tverrsnittsdimensjonen og samme materiale. Forankringen hjelper til med å holde plastringen utspent, og det vil være høy sannsynlighet for knekking (havari) av ringen ved tap av forankringsliner. Kraftigere rør har blitt tatt i bruk for å kompensere for dette, men store plastringer vil fortsatt være avhengig av at forankringen er intakt.

For å øke driftsikkerhet kan andre tiltak vurderes, for eksempel:

- Større dimensjoneringsfaktorer ved design av oppdrettsenheter
- Løsninger som øker driftsikkerheten ved feil eller i skadet tilstand (f.eks. skumfylling av flyterør, flere forankringstau e.l.)
- Alternative forsterkninger

Et enkelt forsterkningsarrangement som kan være aktuelt, er en løsning der tau strekkes over ringen i forlengelsen av haneføttene (figur 2).



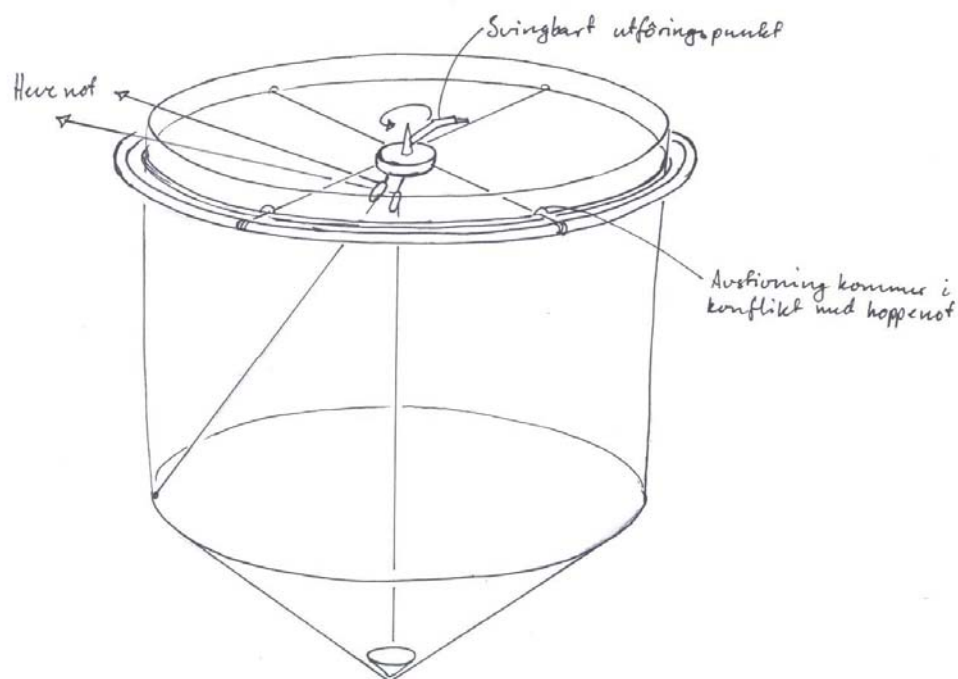
Figur 2. Avstivet plastmerd sett ovenfra. Med tau i forlengelsen av haneføtter, strukket over ringen vil konstruksjonen bli vesentlig mer stabil.

Løsningen over er analysert, og øker ringens styrke vesentlig, særlig dersom en forankringsline ryker. Det vises for øvrig til SINTEF rapport "Forankring av plastringer" der løsningen forklares nærmere.

Eksemplet over vil imidlertid kunne få innvirkninger på driften, fordi tauene kommer i konflikt med hoppenettet. Tauene kan også vanskeliggjøre operasjoner som tørking og orkast.

Slike forsterkninger kan imidlertid også innebære driftsmessige fordeler. Det vil være et fast punkt i senter av ringen. Følgende muligheter kan være aktuelle:

- Det kan monteres et styrbart utføringspunkt, slik at utføring kan foregå mer optimalt i forhold til strømrretning (se figur 3).
- Via tau og trinser kan muligens nota opereres (heves, inspiseres) fra innsiden (figur 3). Spissen i notbunnen er det sterkeste punktet i nota. (Tradisjonelt har man ønsket færrest mulig objekter inni oppdrettsnota. Det er viktig at komponentene ikke kan komme i kontakt med nota. Hvorvidt fisken får skader av noen ekstra tau, er imidlertid usikkert).



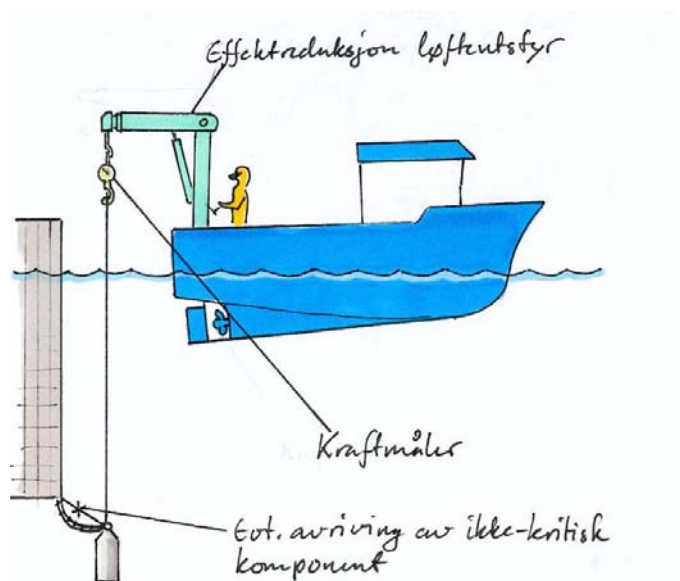
Figur 3. Avstivet merd med utføringspunkt og forhalingsystemer montert i en sentral bøye.

2.2 Tiltak for sikker og effektiv operasjon

2.2.1 Generelt

I det følgende vil det foreslås mer konkrete teknologiløsninger og metoder som kan bidra til sikker og effektiv operasjon av store enheter.

Det kan også vises til SINTEF rapport "Alternative notkonsepter", som tidligere har foreslått noen alternative operasjonelle løsninger og metoder (figur 4).



Figur 4. Detaljer som kan sikre en skånsom heving av not. Figur hentet fra rapport "Alternative notkonsepter".

2.2.2 Båttrafikk

Så lenge det benyttes overflatebaserte oppdrettsystemer, vil det alltid være en fare for påkjørsel eller annen uønsket kontakt med not, flytekrage og forankring. Det er nok størst fare for at dette skal skje med en oppdrettsbåt, da disse beveger seg mest i "farlige" soner. Andre båter som brønnbåt, førbåt og annen trafikk innebærer imidlertid også fare.

Følgende tiltak kan redusere faren for uønsket kontakt mellom båt og merd:

Direkte operasjonsrelatert:

- Bedre visuell merking – ved at det brukes godt synlige objekter med klar farge og evt. lys for klart å signalisere farlige soner.
- Bedre opplæring av fører av oppdrettsbåt, førbåt og brønnbåt.
- Benytte operasjonsmetoder som kan utføres uten bruk av båt.
- Korrekt plassering av oppdrettsanlegg i forhold til konsesjon – mange anlegg ligger i nærheten av leder med trafikk. Det er viktig at anlegget ligger plassert der en har konsesjon, og ikke nærmere leder. Det er også viktig å huske på at et anlegg kan flytte seg mye med varierende strømforhold.

Mulige teknologiforbedringer:

- Teknologi som kan fortelle båtførere hvor nota befinner seg.
- Alternative forankringsløsninger – forankringer plassert dypere vil redusere faren for påkjørsel.
- Oppdrettsanlegg på sjøkart – Kanskje en skulle få oppdrettsanlegg tydelig avmerket på elektroniske sjøkart (Olex o.l.)
- Bedre radarsignaturer – Spesielt for plastranlegg kan det være et poeng å plassere ut komponenter som gjør at anlegget synes på en radar.
- Utforming av båt som gjør kontakt mindre kritisk (eksempelvis propellkurv).

I dag benyttes automatiske varslingsystemer mot kollisjonsfare om bord på alle større fly. Kanskje det er hensiktsmessig med tilsvarende løsning på mindre båter?

2.2.3 Oppbevaring og setting av not

Rømmingssikkert oppdrett forutsetter i første trinn av driften at en kvalitetsmessig god not med rett størrelse og dimensjonering settes ut. Hvis en studerer fasene før og under setting av nota, er det også her faktorer som er vesentlige for rømmingssikkerheten senere:

- Leveranse av en god not fra notprodusent (eller bøteri) som tilfredsstillende alle dimensjoneringskrav ihht NYTEK.
- Korrekt oppbevaring før utsett. Spesielt kan sollys redusere styrken vesentlig.
- Oppbevaring og frakt som ikke medfører fare for skader, rifter m.m
- Løfting og utsett som utføres slik at det ikke påføres skader som følge av skarpe kanter, belastninger e.l.
- Hensiktsmessige opphengspunkter som ikke belaster nota unødig
- Inspeksjon av nota under og etter utsett, slik at en sikrer at not og lodd står rett, og at ingen rifter i linet har oppstått.

Den enkelte oppdrettsbedrift oppfordres til å gjennomgå sine rutiner for ovennevnte punkter. Opplysninger om oppbevaring, frakt og håndteringsanvisninger skal være dekket fra notleverandørens side dersom NYTEK følges.

2.2.4 Uttak av fisk

I de største nøtene er det vesentlige mengder fisk (tall på 800-1000 tonn pr merd er skissert fra oppdrettere). Her vil en trenge mange anløp med brønnbåt før nota er tom (ca 8 anløp ved bruk av en 650 m³ brønnbåt). Det er to drivende faktorer ved uttak av fisk fra merd:

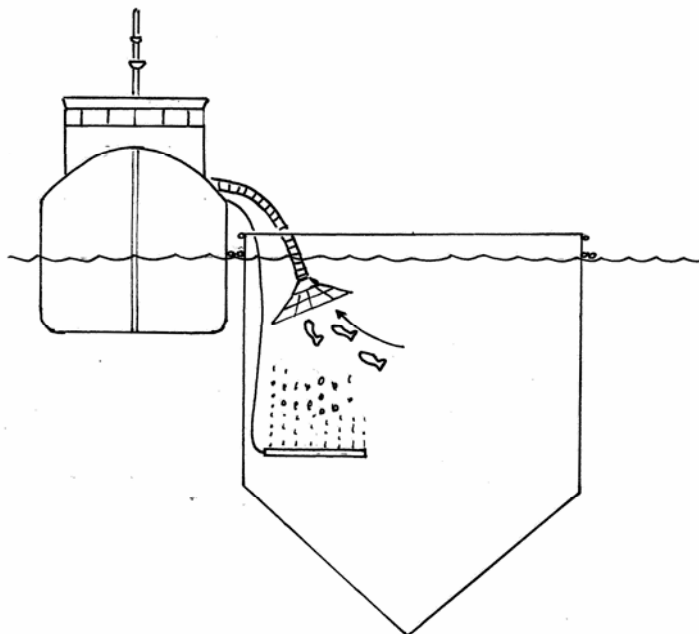
- Metoder for effektivt og sikkert uttak av fisk
- Metoder som stresser og skader fisken minst mulig

Ca 8 anløp med brønnbåt for å tømme en merd betyr også at fisken stresses med gjentatte orkast og opplininger minst 8 ganger før den blir sendt til slakteri. Både av fiskeetiske hensyn og fiskekvalitet kan det være interessant å se på alternative metoder å tømme nota på.

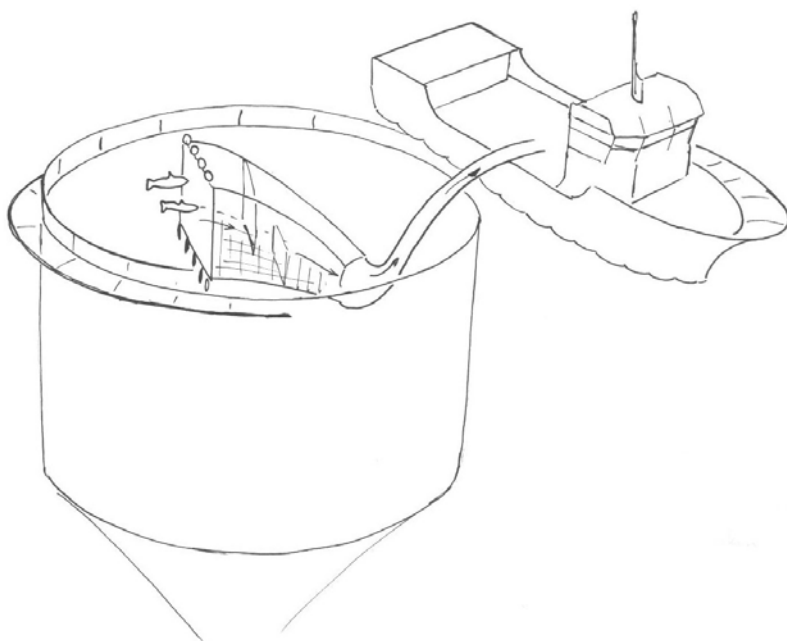
Vanlig metode for innfangning av fisk er i dag å sette orkastnot et antall ganger inntil nota er nesten tom for fisk. Så hentes resten av fisken inn ved å tørke nota. Alternativt kan kuleline benyttes for å redusere aktivt volum i merden. Sistnevnte metode har medført riving av nøter tidligere, så en er tvilende til om dette er en god løsning.

Hardhendt trenging av fisk i en stor enhet kan raskt føre til oksygenmangel og fiskedød, eller i det minste svært høyt stressnivå i fisken. Med orkast vil det være en risiko for å fange inn alt for store mengder fisk. Kan en komme frem til en metode der fangstmengde kan kontrolleres, hvor en kan unngå å stresser fisken unødig, og eventuelt kunne ”slippe” fisken raskt i tilfelle en uventet situasjon?

Figurer 5 og 6 illustrerer prinsipielle løsninger for alternativ innfangning av fisk. Dersom en hadde vært i stand til å styre fisken aktivt, hadde det muligens åpnet for effektive innfangingsmetoder uten bruk av orkast. En kan for eksempel tenke seg løsninger der lys, luft eller lyd brukes for å styre fisk til bestemte områder av nota. Brønnbåten kan da fange inn fisken ved bruk av en stor "sugetut". Det er ikke verifisert om denne metoden kan fungere, men det kan være verdt å undersøke dette nærmere.

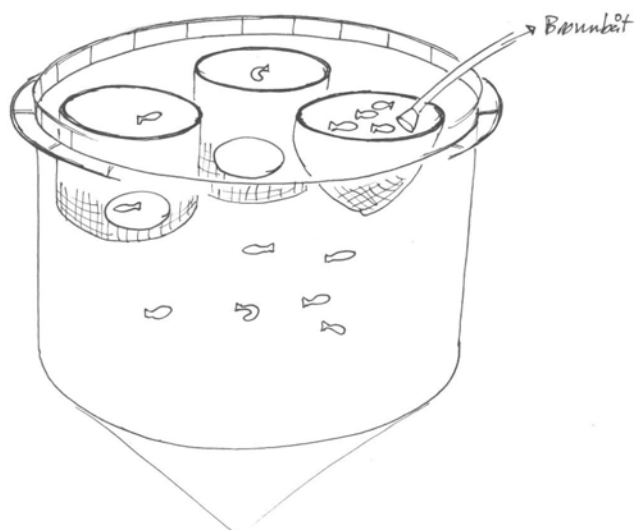


Figur 5. Uverifisert ide. Kan fisken styres inn i en stor "sugetut" ved hjelp av en luftgardin eller lignende?



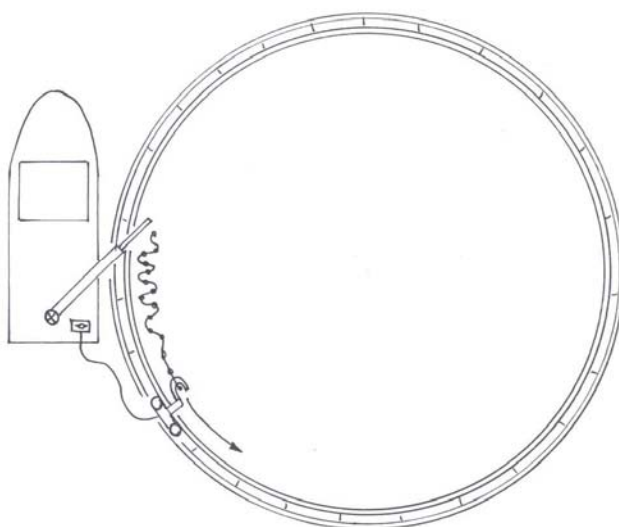
Figur 6. Teknologiutfordring. Kan det utvikles innfangingsmetoder som får fisken om bord i brønnbåten uten at fisken må trenge, og med et minimum av stress?

En alternativ fangstmetode som antas å fungere er skissert i figur 7. Tanken her er å sette ut mindre nøter i den store nota en stund før fisken skal hentes. De små nøtene skal ha store, lukkbare hull. Over tid antas fisken å spre seg inn i de små nøtene slik at gjennomsnittlig fisketetthet i disse blir den samme som i den store nota. Volumet i hver av smånøtene er tilpasset en fullastet brønnbåt. Når brønnbåten så anløper, kan hullene i smånøtene lukkes, og nøtene lines opp på vanlig måte.



Figur 7. Fangstmetode der mindre nøter settes ut i hovednota før innfangning påbegynnes. De små nøtene har store hull som fisken kan bevege seg fritt igjennom.

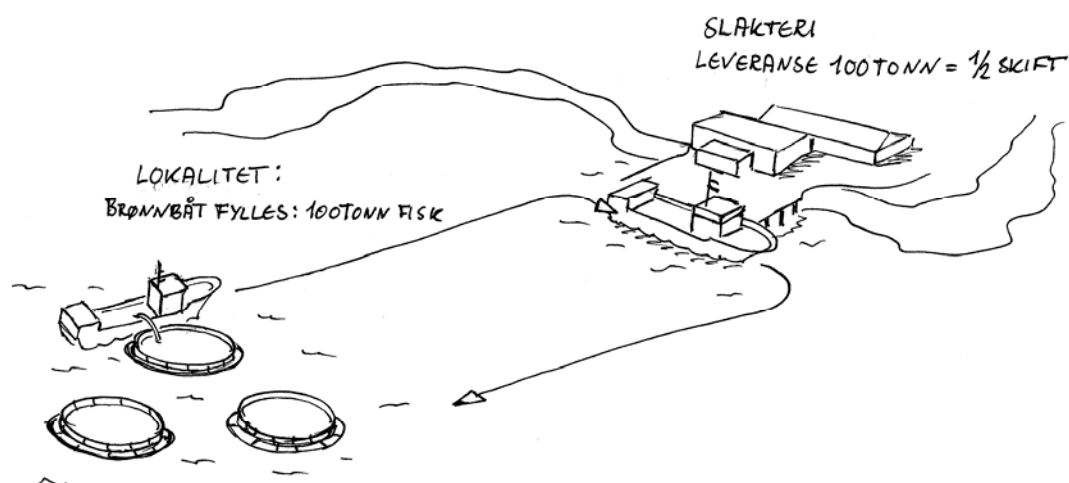
En kan også vurdere forbedrede måter å sette orkastnota på. Kanskje kan setteprosessen effektiviseres ved automatisering som vist i figur 8. Her er tanken å benytte en maskin som kan bevege seg langs flytekragen, og trekke orkastnota med seg rundt.



Figur 8. Automatisk utsett av orkastnot med robot som beveger seg langs flytekragen og sleper nota etter seg.

2.2.5 Logistikk ved frakt av fisk

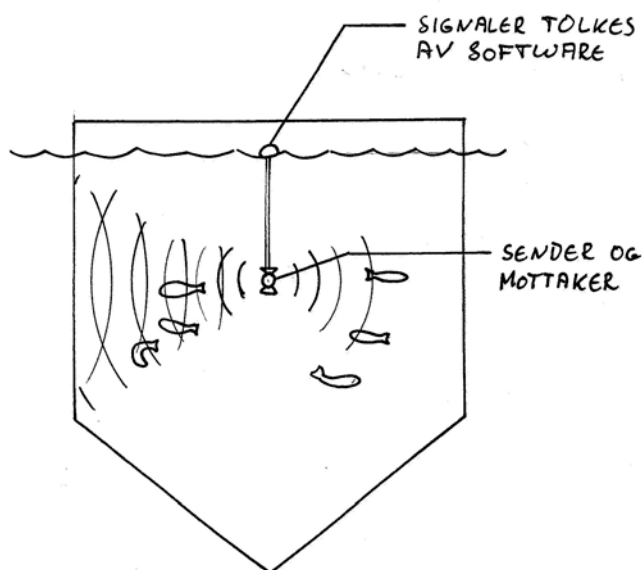
For en effektiv logistikk i alle enheter i fraktekjeden, vil det være praktisk og effektivt å tenke i minsteenheter. I dag frakter de største brønnbåtene 100-180 tonn pr ladning, og de største slakteriene håndterer inntil 200 tonn fisk pr skift. 100 eller 200 tonns enheter virker derfor som et godt utgangspunkt for en "enhetslast" som skal kunne håndteres. Utgangspunktet bør derfor være at en enkelt operasjon på lokalitet skal kunne levere en inntil 200 tonns enhetslast til brønnbåten med minst mulig håndtering.



Figur 9. Effektiv logistikk i slaktekjeden kan sikres ved at aktørene har kapasiteter som er tilpasset hverandre.

2.2.6 Inspeksjon

En dyktig røkter vil i noen tilfeller oppdage notskader på et tidlig tidspunkt uten hjelpemidler, for eksempel kan hull identifiseres ved at fremmede fiskearter observeres i nota. Kamera eller dykker er dagens metoder for identifisering av nothull. Med store enheter blir det også større notarealer å inspisere (tabell 1), og det er ingen garanti for at en med dagens metoder greier å søke langs hele nota. Røkttere ville ha god hjelp av et system som kunne skanne nota automatisk. Se figur 10.



Figur 10. Prinsipp for notskanner. Skannemetode må detektere nota nøyaktig, men samtidig ikke bli forstyrret av fisken i nota. Kanskje notlinet må forbedres for at en god "refleks-signatur" skal være mulig (f.eks. innsydde metalltråder eller "reflekterende" impregnering).

Teknologien som gjør en skanning som vist i figuren over er ennå ikke utviklet, men en slik metode kan frigjøre mye arbeidstid for røkerne. En slik løsning vil også kunne gi informasjon om hvor nota beveger seg i strøm, noe som kan være nyttig for båttrafikken (kapittel 2.2.2).

2.2.7 Heving av not

Det er i tidligere rapporter påpekt rivefare ved heving av nøter. Med større nøter og større krefter øker sannsynligvis denne faren. Med eksisterende metoder vil det være ennå viktigere å utføre heveprosessen korrekt. De viktigste enkeltmomentene her er:

- Belastninger fra lodd skal være fjernet før løfting.
- Hev nota etter "løftetau", dvs. sidetau/loddttau som fortsetter som krysstau i notbunnen.
- Nota skal ikke heves etter notlinet
- Løft nota sakte og forsiktig. Rask heving øker motstanden og dermed kreftene som blir påført nota
- Bruk alle egnede tau, og løft nota jevnt rundt ringen. Gå flere runder rundt nota.
- Selv om nota tåler tøff behandling en gang, er det ikke sikkert det går bra neste gang. Tøff håndtering reduserer styrken og dermed levetiden til nota.

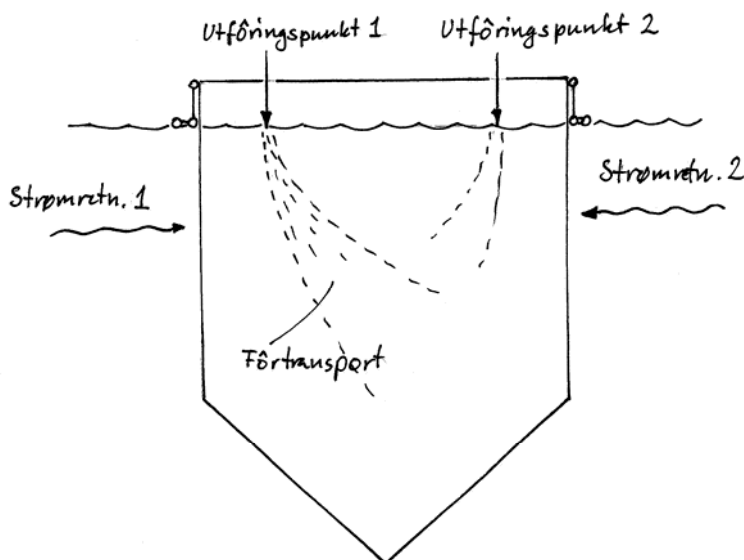
Kanskje burde kun personer med spesiell opplæring på feltet utføre heveoperasjoner?

2.2.8 Fôring

Fôret utgjør i dag over 50 % av de totale kostnadene ved oppdrettsvirksomhet. Det er derfor stor fokus på forbedring av denne teknologien. Automatiske systemer har overtatt mye for tidligere manuelle utføringsmetoder. Det er imidlertid noe forskjellig hvor mye innsats bedriftene benytter på overvåking av fôringen. Enkelte røkere mener automatisk overvåking av fôring (i

kombinasjon med deres utregninger basert på estimert biomasse) er en god måte. Andre benytter visuell kontroll via undervannskamera mens de fører.

En mulig forbedring av metode som i liten grad er implementert, er å tilpasse utføring til varierende miljøparametre. Mange lokaliteter har sterkt varierende strømforhold, og ett fast utføringspunkt er ikke nødvendigvis optimalt for alle strømretninger. Se figur 11.



Figur 11. Optimalt utføringspunkt kan være forskjellig avhengig av strømretning.

Hensikten med et flyttbart utføringspunkt må være å maksimere tiden føret er innenfor notveggene, og kan spises av fisken. I en stor enhet vil kanskje muligheten for å flytte utføringspunktet være bedre enn i mindre merder?

2.3 Prosedyrer

2.3.1 Prosedyrer i daglig drift

Det er viktig at alle som arbeider på anlegget har gode prosedyrer å forholde seg til, uansett hvilke operasjoner som skal utføres. Fra 01.01.2005 ble forskriften IK Akvakultur satt i kraft, og det settes her krav til planmessig drift og kontinuerlig forbedring og utvikling av driften. For drift og operasjon kreves det i praksis at en har (skriftlige) detaljerte rutiner for operasjonene som skal utføres. I tillegg trengs et avvikssystem som skal identifisere uønskede hendelser, og sørge for at tilsvarende hendelse ikke gjentar seg. IK Akvakultur er således i første rekke en forskrift for ledelse.

Tidligere arbeider har vist at store oppdrettsselskaper allerede har implementert gode systemer for internkontroll, mens de mindre selskapene ofte henger etter. Små selskaper ble i denne sammenhengen anbefalt å ta kontakt med et stort selskap for evt. å kunne bruke deres system.

Det kan ikke være noen tvil om at implementering (inkl. opplæring) av gode prosedyrer vil bidra til å redusere rømmingsfaren. Dette kan ikke gjøres av noen annen enn av oppdrettsselskapet selv.

2.3.2 Håndtering av farer og katastrofer

En type operasjon noen røktere dessverre blir nødt å utføre, er det vi kan kalle katastrofehåndtering. Aktuelle scenarier kan være manetoppblomstring, påkjørsel med båt, havari av flytekrage eller forankring, hull i not eller massedød av fisk.

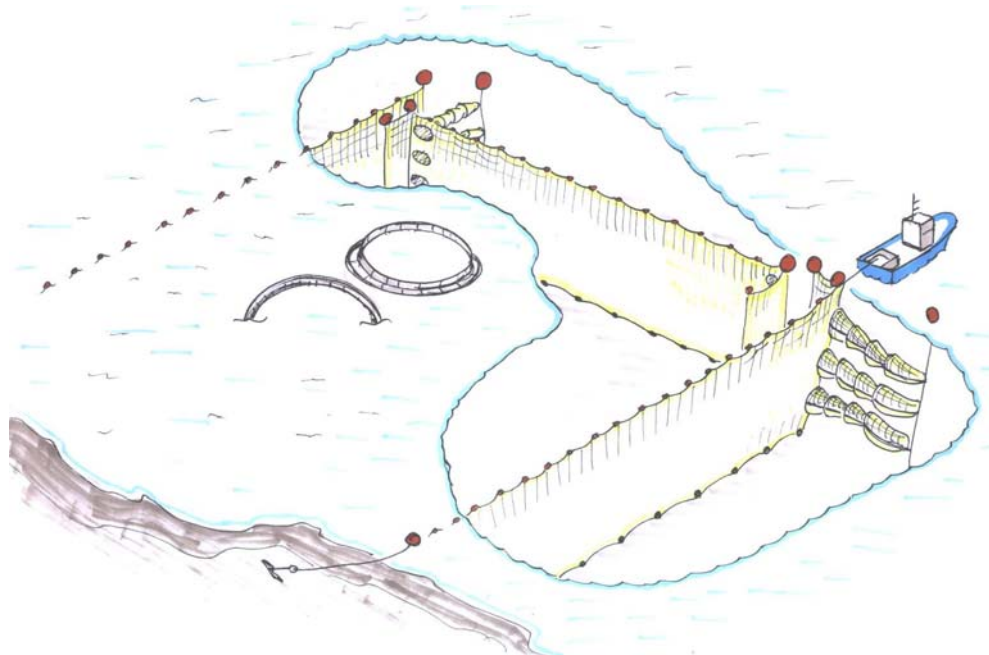
Det er naturlig å spørre seg om hvor raskt det i praksis kan responderes på en katastrofe. Muligheten for rask evakuering av fisk vil bli redusert ved bruk av store enheter. La oss illustrere dette med et tenkt eksempel der en merd må evakueres raskt. Sleping av en merd blir mer utfordrende jo større den er. En stor merd vil være tyngre å slepe (kanskje umulig motstrøms), og det vil være større risiko for å knekke ringen. Alternativt, dersom fisken må flyttes over i brønnbåter, vil det trenge mange anløp for å tømme en enkelt merd. I sum vil det altså kreve lengre tid for å evakuere store enheter. Det konkluderes derfor med at drift i store enheter også gjør det vanskeligere å håndtere en fare eller skade.

Rask respons på en situasjon, kan ofte være med på å redusere konsekvensen, og med større enheter vil større verdier enn før stå på spill. I det følgende tas med noen generelle punkter som kan være med på å redusere konsekvensen ved skade:

- Grundig forberedte beredskapsplaner der alle mulige skadescenarier er beskrevet, vil gjøre en mer forberedt i tilfelle en katastrofe inntreffer.
- I forlengelsen av dette må det være prosedyrer for hvilke tiltak som skal utføres.
- God kontakt, planer eller avtaler utarbeidet sammen med servicebedrifter kan gjøre ventetiden på nødvendig bistand kortere.
- Ha beredskapsstyr tilgjengelig.

Nye løsninger kan i fremtiden bidra til å avverge eller redusere konsekvensen ved en ulykke:

- Tidlig varsling - Automatiske on-line systemer på merd kan logge relevante tilstander, og sende alarm til oppdrettsbedriften dersom noe unormalt inntreffer. En del teknologi er i dag tilgjengelig (mye benyttet i settefiskanlegg), men er i liten grad implementert på anlegg i sjø.
- "Katastrofeteknologi" kan være med på å avgrense skaden. Dette kan f.eks. være nødreparasjonssett for flytekrage og not, eller spesiellagede gjenfangstløsninger som kan settes ut raskt. Se figur 12.
- Intelligente materialer som "sier fra" når de begynner å bli slitne.
- Oppdrettsanlegg som aktivt kan avverge potensielle katastrofer, som f.eks. å dykke ned under is og drivgods.
- Annen adaptiv logging og tilpasning av delkomponenter, for eksempel automatisk oppstramming av fortøyninger ved behov.



Figur 12. Konseptløsning. "Fiskelenser" som kan settes ut raskt ved lokalitet etter en katastrofe. Kan muligens gjenfange majoriteten av rømt fisk, da en vet at fisken holder seg nær skadestedet den første tiden.

2.3.3 Massedød

Ved massedød av fisk vil det kunne oppstå store oppsamlinger av fisk i bunnen av nota. I store oppdrettsenheter vil dødfisken kunne utgjøre vesentlig ekstra belastning på notposen (f.eks. 20% fiskedød i en 1000-tonns merd tilsvarer 200 tonn fisk).

Fisk veier ikke mye i vann, og en er usikker på om selv store fiskemengder i bunnen av nota med ren statisk belastning kan rive denne. De dynamiske påkjenningene når nota beveger seg i bølger, vil imidlertid bli svært store. Her må en påregne en riving av nota. Det vil også bli større strømkrefter på nota med mye død fisk.

Det vil ha avgjørende betydning å iverksette tiltak så raskt som mulig. Størrelsen på tapet og risikoen for å rive nota vil reduseres kraftig med tidlig identifikasjon av unormal fiskedød og sykdomsårsak, og ikke minst at tiltak iverksettes umiddelbart. Det vises for øvrig til tiltakslisten i kapittel 2.3.2.

Hva bør så være prosedyren for uttak og frakt av store mengder død fisk? Første oppgave må være å begrense skaden for fisken som fortsatt er i live. Ved hjelp av brønnbåt må den levende fisken tas ut og fraktes til en lokalitet hvor ytterligere fiskedød kan unngås (f.eks. ved manetoppblomstring) eller til en lokalitet som er egnet for rask slakting av syk fisk. I sistnevnte tilfelle skal veterinær være kontaktet, og denne vil være tilgjengelig for råd og anbefalinger. Problemet her vil være å fange inn all den levende fisken, for nota vil kunne være for tung til å heves.

Når innsatsen kan rettes mot den døde fisken, er det tilsynelatende ingen etablert metode for håndtering av denne. To metoder har blitt foreslått:

- Not kan stropes av, og slepes til egnet sted for destruksjon av dødfisken. Denne metoden innebærer imidlertid stor fare for riving av nota, og da kan dødfisken spres over et stort område. Anbefales ikke.
- Utpumping av fisken med brønnbåt anses som den beste metoden. Utfordringen i dag er å få pumpe slangen helt ned i bunnen av nota. Dårlig styring av slangetuten gjør det vanskelig å pumpe fisken ut effektivt. Bruk av dykker må også anses som meget risikabelt. Her ser en et teknologibehov for nøyaktig å kunne plassere en slik slange.

SINTEF ser behov for videre utvikling innenfor dette feltet, ved at det kan etableres bedre teknologi og metoder for sikker håndtering av levende og død fisk.

3 Konklusjon

Rømmingssikker drift i store enheter forutsetter både bruk av det rette utstyret (teknologi), og at de rette folkene (med god opplæring og erfaring) gjør jobben. Erfaringer over tid vil vise om en storvolum-strategi er den beste måten å drive oppdrett på, og er dette tilfelle, kan det sannsynligvis forventes enda større merder i fremtiden. En kan også forvente teknologiutvikling som vil gjøre det enklere å operere disse store enhetene, og det vil nok bli økt gehør for å ta i bruk mer avansert teknologi for å sikre verdiene bedre.

I denne rapporten er det illustrert at storvolum oppdrett innebærer betydelige utfordringer. Ved å plassere større mengder fisk i en enhet, satser man også mer ”på ett kort” enn før. Med de fiskemengdene som kan røktes i slike enheter, vil ett enkelt havari kunne gi stort utslag på rømmingsstatistikken. Muligheten til å avverge eller redusere konsekvensen av katastrofer blir også redusert. SINTEF stiller spørsmålstegn ved om det er gjort tilstrekkelige konsekvensvurderinger i forkant av investeringene i slike store enheter. Det bør kanskje etableres konsensus i næringen sammen med myndigheter på hvilke risiki som kan aksepteres. For eksempel, skal slike store merder enkeltfortøyes? På den annen side må selvfølgelig oppdrettsbedriftens økonomiske argumenter veies mot dette.

Med hensyn til den enkeltes drift er spørsmålet om store enheter lar seg håndtere på en sikker måte. SINTEF er usikker på om teknologiske løsninger og rutiner for slik storvolum drift er tilstrekkelig på plass.

Referanser

Brynjulv Haga. *Fisken rømmer – en risikoanalyse av driftsrelaterte årsaker*. Aqua Management 2004

Mats Augdal Heide og Heidi Moe. *Alternative notkonsepter. Nye rømmingssikre merdkonsept*. SINTEF Fiskeri og havbruk 2004.

Jørgen R. Krokstad. *Oversikt over forankringssystemer. Nye rømmingssikre merdkonsept*. SINTEF Fiskeri og havbruk 2005

Egil Lien. *Forankring av plastringer. Nye rømmingssikre merdkonsept*. SINTEF Fiskeri og havbruk 2005.

NYTEK - Norsk Standard NS 9415. *Flytende oppdrettsanlegg. Krav til utforming, dimensjonering, utførelse, installasjon og drift*. Norsk Allmenstandardisering 2003.