



**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**  
Fiskeriteknologi

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse:  
SINTEF Sealab  
Brattørkaia 17B

Telefon: 4000 5350  
Telefaks: 932 70 701

E-post: fish@sintef.no  
Internet: www.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 980 478 270 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

## FREMTIDENS TRÅLER SLUTTRAPPORT

FORFATTER(E)

Roar Pedersen

OPPDRAKSGIVER(E)

Rolls-Royce Marine, Norges forskningsråd, Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond FHF

RAPPORTNR. <b>SFH80 A093033</b>	GRADERING Åpen	OPPDRAKSGIVERS REF. Einar Vegsund, Knut H. Osmundsvåg, Joakim Martinsen	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN 978-82-14-04908-4	PROSJEKTNR. 830187	ANTALL SIDER OG BILAG 9
ELEKTRONISK ARKIVKODE Document1	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Roar Pedersen	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Birger Enerhaug	
ARKIVKODE	DATO 2009-06-26	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Vegar Johansen	

SAMMENDRAG

### Energieffektivitet

Med utgangspunkt i av en typisk driftsprofil, modellforsøk og teoretiske studier er reduksjon i drivstofforbruket beregnet til å bli ca 24% på årsbasis. Mange av tiltakene har størst effektivitet i dårlig vær og under ekstreme forhold og derfor vil tiltakene også kunne medføre en reduksjon i nødvendig installert ytelse på ca 32-35%. I forhold til det ambisiøse delmålet om å spare 40% drivstoff så har ikke prosjektet kommet helt i mål. For å nå dette målet er det i tillegg til å optimalisere selve fartøyet også behov for å inkludere en optimalisering av motstanden på trålbruket.

Prosjektet har ikke kommet fram til spesielle tiltak for å reducere skader på råstoff ved ombordtaking. Tidlig i prosjektet ble det diskutert direkte pumping fra trålpose, pumping fra trålpose i overflaten og bruk av slusekammer. Brukergruppen mente at med den fokus en har fått på kvalitet/små hal så var det ingen tungtveiende grunner for å få utformet nye former for ombordtaking. Med økte bestander i torskefiskeriene og pelagisk trål kan det stille seg annerledes.

Forslag til sikrere arbeidsoperasjoner på tråldekk er sammenfattet i to løsningsforslag ved ulik grad av kompleksitet og "månelandingspreg" som er kalt henholdsvis "Den nære fremtidens tråler" og "Den fjernere fremtidens tråler". Begge løsningsforslagene omfatter både styring/flytting av trålblokker og redskapshåndtering for et fartøy som tauer to tråler (dobbeltrål).

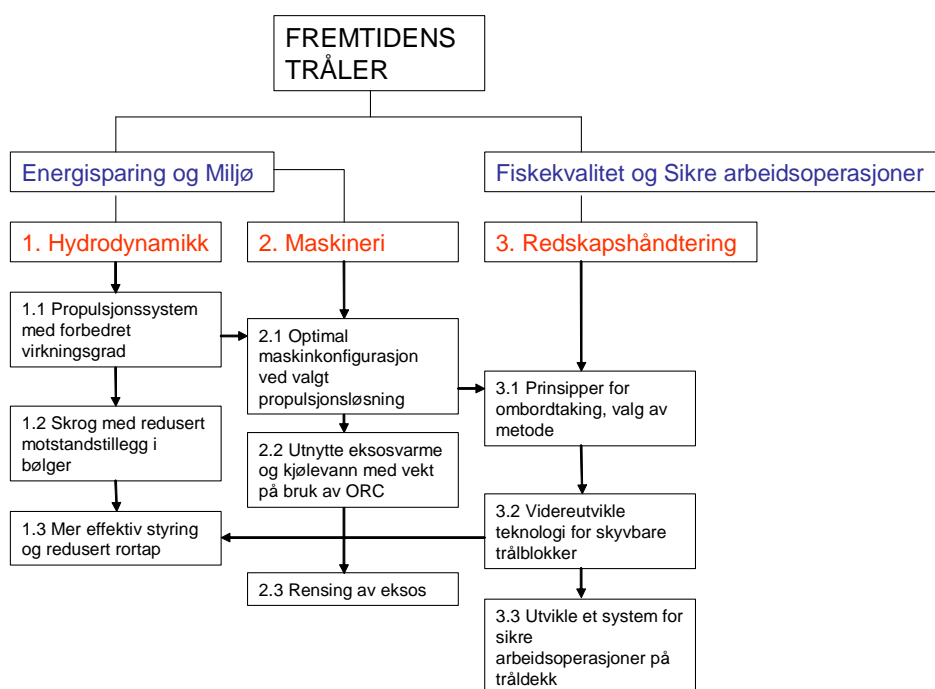
STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Energi	Energy
GRUPPE 2	Sikkerhet og arbeidsmiljø	Safety and working conditions
EGENVALGTE	Hekktrålere	Stern trawlers

## **INNHOLDSFORTEGNELSE**

<b>1</b>	<b>PROSJEKTET "FREMTIDENS TRÅLER" .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>MÅLSETTING .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>BAKGRUNN .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>RESULTATER SAMMENHOLDT MED MÅLSETTING .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>UTFØRELSE AV FOU-OPPGAVER OG DELTAKELSE FRA KONSORTIET .....</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>VURDERING AV PROSJEKTGJENNOMFØRING OG RESSURSBRUK.....</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>BETYDNING/NYTTEVERDI AV RESULTATER.....</b>	<b>7</b>
<b>8</b>	<b>OPPFØLGING AV RESULTATER.....</b>	<b>7</b>
<b>9</b>	<b>RAPPORTER UTARBEIDET I PROSJEKTET .....</b>	<b>8</b>

## 1 PROSJEKTET "FREMTIDENS TRÅLER"

Prosjektet "Fremtidens tråler" består av temaene "Energisparing og miljø" og "Fiskekvalitet og sikre arbeidsoperasjoner". I "Energisparing og miljø" er det to fagområder: "Hydrodynamikk" med 3 delprosjekter og "Maskineri" med 3 delprosjekter. I "Fiskekvalitet og sikre arbeidsoperasjoner" er det ett fagområde: "Redskapshåndtering" med 3 delprosjekter. Det er en viss resultatmessig avhengighet mellom prosjektene som gjorde at noen delprosjekter måtte vente på resultater fra et annet.



## 2 MÅLSETTING

### Hovedmål:

Prosjektet skal utvikle og verifisere ny og forbedret teknologi i trålflåten for å redusere drivstofforbruk, redusere skader på råstoff ved ombordtaking og redusere personskafer på tråledekk.

### Delmål:

- En optimal propulsjonsløsning, forbedret skrogutforming, og en driftstilpasset motorkonfigurasjon med utnyttelse av eksosvarme og kjølevann skal gi minimum 40% lavere energiforbruk på årsbasis enn et moderne referansefartøy med samme kvotegrunnlag.
- Ulike metoder for ombordtaking av råstoff skal vurderes, og for valgt metodikk skal det utvikles teknologi for sikre arbeidsoperasjoner på tråledekk. Delmål for dette redskapshåndteringssystemet er å fjerne klemskader på fisk som vanligvis oppstår ved ombordtaking, samt sikring/fjerning av farlige arbeidsoperasjoner.

### 3 BAKGRUNN

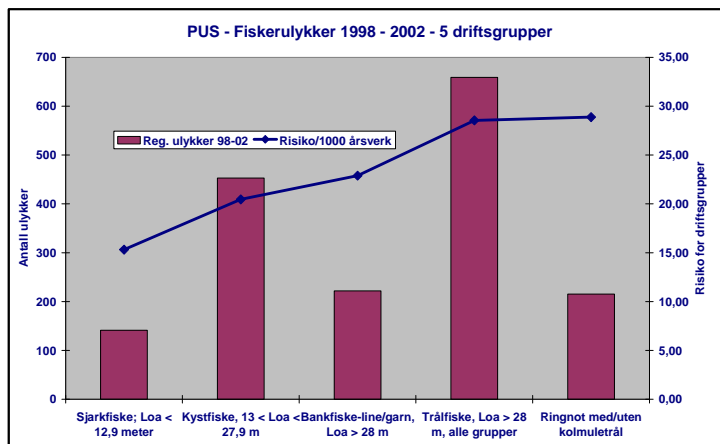
#### Energisparing og miljø

Utviklingen i trålerflåten har gått mot større og tyngre trålbruk for å fiske mer effektivt. Fra å trekke en enkel trål, er det nå vanlig med to tråler (dobbeltrål), og i rekefiske har noen utøvere også tatt i bruk trippeltrål. Trålutstyret har gradvis blitt tyngre og det har blitt behov for større tauekraft. Større maskinkraft og høyere oljepriser har resultert i betydelig økning av drivstoffkostnader. Et typisk havgående fartøy for bunntålfiske etter reker eller hvitfisk kan i dag bruke 10-15.000 liter bunkersolje pr. driftsdøgn, eller rundt 4 mill. liter pr. år. Mens oljeprisene har økt de siste årene, har reke- og fiskeprisene hatt motsatt trend. Dette har redusert driftsmarginene innen bunntålnæringen betydelig.

#### Fiskekvalitet og sikre arbeidsoperasjoner

Teknologien for å bringe råstoffet om bord i en tråler har vært uforandret siden trålslippen ble innført for 45 år siden. Fra å befinne seg i en ”vektløs” tilstand i sjøen blir råstoffet nederst og i bunnen av trålsekken utsatt for et betydelig trykk når sekken blir dratt opp den bratte trålslippen. For deler av råstoffet gir dette klemskader og blodutredelser i fiskekjøttet.

Tråldekket er en farlig arbeidsplass. På tråldekket foregår mye manuelt arbeid med tungt utstyr, høyt belastede og bevegelige wirer på en bevegelig arbeidsplattform som i tillegg er utsatt for innkommende bølger. Ulykkesstatistikken i figur 1 viser at trålfiske er mest risikofylt av alle typer fiskeri.



Når det gjelder ombordtaking/råstoffkvalitet og farlige arbeidsoperasjoner så dreier det seg i begge tilfeller om redskapshåndtering. Først må det tas standpunkt til metode for ombordtaking, og deretter kan det utvikles teknologi for sikre arbeidsoperasjoner.

### 4 RESULTATER SAMMENHOLDT MED MÅLSETTING

I hht. hovedmålsettingen skal det utvikles og verifiseres ny og forbedret teknologi for å:

- 1 Redusere drivstofforbruket
- 2 Redusere skader på råstoff ved ombordtaking
- 3 Sikre arbeidsoperasjoner på tråldekk

Prosjektet har kommet fram til ulike virkemidler for å redusere drivstoffforbruket, og dessuten redusere nødvendig installert ytelse i et trålfartøy. Alle virkemidler er av teknologisk art med forbedringer innen hydrodynamikk og maskineri:

1. Forbedring av propulsjonsvirkningsgrad under tråling (to propellere).
2. Lavere motstandstillegg i bølger pga ny skrogdesign
3. Redusert drag (motstand) på ror under ekstreme forhold ved å avlaste ror ved hjelp av tverrforflytning av trålblokker.
4. Avlastning av ror og mindre drag på ror pga redusert rettlinjestabilitet (skrogutforming).
5. Varmegjenvinning. Et ORC system (Organinc Rankine Cycle) kan gjenvinne varme fra både eksos og kjølevann basert på teknologi fra UTC (United Technologies Corporation)
6. Optimalisering av maskinkonfigurasjon. Direkte drift med eller uten akselgenerator, Diesel-elektrisk drift og en kombinasjon direkte drift og diesel-elektrisk (hybrid).

Ved hjelp av en typisk driftsprofil, modellforsøk og teoretiske studier er reduksjon i drivstoffforbruket beregnet til å bli ca 24% på årsbasis. Mange av tiltakene har størst effektivitet i dårlig vær og under ekstreme forhold og derfor vil tiltakene også kunne medføre en reduksjon i nødvendig installert ytelse på ca 32-35%. I stille vann og fri fart (uten trål) gir to propeller i dyse dårlig virkningsgrad i dette tilfellet. Prosjektet ga dessverre ikke rom for å gå videre med en optimalisert løsning for stille vann. I hovedsak er de dårlige stillevannsløsningene knyttet til propellenes store diameter (for lav belastning under fri fart) og et akterskip som ikke fungerte som forventet. Ettersom fartøyene tråler mesteparten av tiden så blir gjennomsnittlig drivstoffbesparelse likevel på ca 22-24% inkludert høyere drivstofforbruk under fri fart, men noe avhengig av hvilken hastighet som velges under fri fart (11 eller 12 knop). Ved en optimalisering av frifartsegenskapene så kan det forventes en gjennomsnittlig drivstoffbesparelse på 26-27%. I forhold til det ambisiøse delmålet om å spare 40% drivstoff på Fremtidens tråler så har ikke prosjektet kommet helt i mål. For å nå dette målet er det i tillegg til å optimalisere selve fartøyet også behov for å inkludere en optimalisering av motstanden på trålbruket.

Prosjektet har ikke kommet fram til spesielle tiltak for å redusere skader på råstoff ved ombordtaking. Tidlig i prosjektet ble det diskutert direkte pumping fra trålpose, pumping fra trålpose i overflaten og bruk av slusekammer. Brukergruppen mente at med den fokus en har fått på kvalitet/små hal så var det ingen tungtveiende grunner for å få utformet nye former for ombordtaking. Med økte bestander i torskefiskeriene og pelagisk trål kan det stille seg annerledes.

Forslag til sikrere arbeidsoperasjoner på tråldekk er sammenfattet i to løsningsforslag ved ulik grad av kompleksitet og ”månelandingspreg” som er kalt henholdsvis ”Den nære fremtidens tråler” og ”Den fjernere fremtidens tråler”. Begge løsningsforslagene omfatter både styring/flytting av trålblokker og redskapshåndtering for et fartøy som tauer to tråler (dobbeltrål).

Begge forslagene kombinerer styring/flytting av trålblokker med en sikker håndtering av tråldørene inn på dekk der den blir låst fast i en posisjon som gjør det lettere og sikrere for mannskap å gå bak/aktenfor døren i forbindelse med inn- og utsjakling, men også for vedlikehold og justering. Begge forslagene har også innarbeidet styring/kontroll av sveipeliner og not vha hydrauliske ”pinner” montert på hekkporten. Under arbeidet med ”Den fjernere fremtidens tråler” var det fokus på løsninger som innebærer at alle operasjoner ved utsetting og inntaking av trålen skal skje uten mannskap på dekk. På et punkt viste det seg imidlertid å være vanskelig å fjerne bruken av mannskap: inn- og utsjakling av tråldører og midtlodd. Til tross for flere innovative løsningsforslag for å unngå disse operasjonene, ble det likevel valgt å beholde den tradisjonelle løsningen, og i stedet fokusere på å gjøre disse operasjonene så sikre som mulig. Løsningsforslaget til redskapshåndtering om bord i ”Den fjerne fremtidens tråler” er basert på at

alle operasjoner av nota i forbindelse med utsetting, inntaking og tømning, håndteres av en kraftig kraftblokk som er festet til en arm som henger i en travers, som igjen utgjør toppen av en kraftig A-ramme. En kraftig låseklo til bruk ved gripeoperasjoner er montert i enden av armen, etter/under kraftblokken. For å illustrere bruken av dette systemet er det laget en animasjon av en tråloperasjon, med utsetting, tråling, haling og tømning. Styring/flytting av trålblokker har en tosidig hensikt: en sikrere måte å parkere tråldører på, og for å avlaste rorbruken under tråling. Tverrskips og langskips forflytning av trålblokkene gir et dreiemoment på fartøyet som kan utnyttes til å svinge fartøyet med mindre rorvinkel. Tverrskips forflytning av en trålblokk gir best virkning ved mindre kursendringer, eller ved konstant kurs med sterke miljøkrefter, mens langskips forflytning gir best effekt ved større kursendringer. Eksempelvis kan maksimal tverrskips flytting av en trålblokk redusere rorvinkelen fra 25 grader til 17 grader, og dette gir en reduksjon i rormotstanden på 120 kN. I forhold til nødvendig skyvkraft så utgjør dette en reduksjon på 20%.

## **5 UTFØRELSE AV FOU-OPPGAVER OG DELTAKELSE FRA KONSORTIET**

Skrogutforming, vurdering av propulsjonssystemer og modellforsøk er utført i et samarbeid mellom Sintef Fiskeri og havbruk AS, MARINTEK og Rolls-Royce Marine representert ved forskningsavdelingen i Ulsteinvik og designavdelingen for fiskefartøy i Ålesund. Konsortiet for øvrig, bestående av representanter fra 8 trålrederier har gitt innspill til skrog- og propulsjonsegenskaper som burde forbedres. Ved gjennomgang av maskineridelen i prosjektet, så har en representant fra SINTEF fiskeri og havbruk vært med på tråling med M.Tr. Sunderøy, tilhørende Prestfjord AS for å logge driftsdata som grunnlag for å regne på ulike maskinkonfigurasjoner. Noen av de øvrige konsortiedeltagere har fylt ut spørreskjema vedr. driftsprofil og motorbelastning under ulike forhold, og Rolls-Royce Marine AS stilt data til disposisjon for sine fartøyer. Representanter fra rederiene og Rolls-Royce Marine AS, har vært mest aktiv i arbeidet med å utvikle nye systemer for redskapshåndtering. For å sikre en god dialog mellom brukerne og forskningsinstituttene, ble det opprettet en referansegruppe med representanter fra næringen. I referansegruppen ble rederienes problemstillinger presentert og diskutert. Referansegruppens prioriteringer av tema og forslag til løsninger ble fulgt opp av forskningsmiljøene, som etter en periode med FoU-arbeid, presenterte sine løsninger for referansegruppen. Underveis i delprosjektet varierte deltagelsen i referansegruppen en del fra rederienes side. Det medførte at prioriteringene av temaene endret seg med sammensetning av gruppen fra gang til gang. De temaene som er behandlet i delrapporten har det imidlertid vært bred enighet om. Totalt ble det i delprosjektet avholdt 7 møter med referansegruppen, eller enkeltmedlemmer.

## **6 VURDERING AV PROSJEKTGJENNOMFØRING OG RESSURSBRUK**

I 2007 og 2008 var verfts-næringen inne i en unik situasjon mht kontraheringer. Dette førte til at konsulentbransjen og skipsmodelltanken var overbooket, og prosjektet "Fremtidens tråler" ble derfor ikke prioritert foran næringsutøvere som hadde dårlig tid. Modellforsøkene som skulle verifisere "Fremtidens tråler" mot en tradisjonell tråler ble 4-5 mnd forsinket, og kjørt i en annen rekkefølge enn det som var planlagt pga et havari av slepevognen på Skipsmodelltanken. Dette førte til at uønskede stille vannsegenskaper ble oppdaget på et tidspunkt da det var for sent og for dyrt til å gjøre endringer på skroget. En serie forsøk som ble utført med fastholdt modell viste seg

å inneholde feil som ikke kunne rettes opp ved hjelp av beregninger, og det ble derfor bestemt at nye forsøk skulle utføres et halvt år etter at prosjektet egentlig skulle vært avsluttet. Alt i alt har prosjektledelsen likevel inntrykk av at konsortiedeltagerne er fornøyd med de resultater som er framkommet i prosjektet i forhold til de ressurser som er satt inn. Det er satt fokus på egenskaper og muligheter som tidligere ikke har vært vektlagt for trålere, og ved prosjektering av nye trålere bør alle elementene som er behandlet i dette prosjektet gjennomgås og vurderes på nytt.

## **7 BETYDNING/NYTTEVERDI AV RESULTATER**

### Forskningsfeltet

I dette prosjektet har det vært mulig å få testet noen ideer som kan redusere behovet for stadig større installert ytelse i trålere. Utviklingen de siste årene har gått mot tyngre redskaper som har krevd større motorkraft. Installert ytelse blir bestemt av en "worst case" situasjon der fartøyet tråler under svært vanskelige forhold med tung sjø, vind og strømkrefter. Det har vært viktig i dette prosjektet å se på tiltak som fungerer under slike forhold. Styring ved hjelp av trålblokker for å avlaste roret er et eksempel på dette. Ved en tung propellbelastning på 60 tonnF er rormotstanden ved 25 graders rorvinkel i samme størrelsesorden som trålmotstanden. Dette betyr at fremdriftsmaskinen går med ca 40% belastning under normale forhold, mens den heller burde gå med 70% belastning for å få optimalt spesifikt forbruk. I dårlig vær øker motstanden. Forsøkene i dette prosjektet har vist hvor viktig baugutformingen er for å redusere motstandstillegget. I vanlige kontrakter settes det krav til hastighet i stille vann med en gitt motorstørrelse. Kanskje burde kravene omformuleres til å gjelde egenskaper i bølger?

De fleste alvorlige ulykkene i fiskeflåten med tap av menneskeliv skjer om bord i trålere. Det er sjelden lagt ned så mye arbeid som i dette prosjektet for å se på hva som kan gjøres for å fjerne risikofylte operasjoner. HMS blir ofte ivaretatt av rutiner for å sikre arbeidet, men det beste er å redusere risikoen ved å "konstruere" bort den risikofylte operasjonen. Løsningene for å redusere de farefylte operasjonene på arbeidsdekket er fortsatt på skissestadiet, og fra forskningshold er det behov for å arbeide videre med dette.

### Kompetanseutvikling

Forskere, konsulenter og fiskere har uten tvil fått økt sin kompetanse og bevisstgjøring på de tema som er behandlet i prosjektet. Flere løsninger som er drivstoffbesparende er synliggjort og er klare for implementering. Det samme er løsninger som kan bedre sikkerheten og øke effektiviteten på arbeidsdekket.

### Næringslivet og samfunnet forøvrig

Drivstoffbesparende tiltak blir bare mer og mer viktig etter hvert som oljeprisen forventes å øke. Prisene på råstoffet øker som regel ikke i samme takt som prisene på olje, og i de seneste årene har det skjedd at fiskefartøyer har ligget ved kai fordi fisket er ulønnsomt. HMS anses som mer og mer betydningsfullt fordi det dreier seg om å gjøre seg attraktive i arbeidsmarkedet. De beste folkene kan velge mellom de beste arbeidsplassene. For samfunnet er alle miljøtiltak og forebyggende helsetiltak av betydning.

## **8 OPPFØLGING AV RESULTATER**

### Formidling

Resultatene fra prosjektet blir formidlet gjennom Rolls-Royce Marine AS, SINTEF og gjennom rederiene som har deltatt i prosjektet. Det er utarbeidet nyhetsartikler og det er holdt foredrag om resultatene fra prosjektet. Rolls-Royce Marine AS har som prosjekteier fått tildelt en Havfiskeflåtens miljøpris for 2008 fra Fiskebåtrederens forbund for resultatene i prosjektet. Prisen ble forøvrig delt ut under representantskapsmøtet i Fiskebåtrederens forbund av Marius Holm, nestleder i Bellona.

Det forventes også artikler i media nå når prosjektet er avsluttet.

#### Implementering

Resultatene i prosjektet er tegnet inn i konseptskipet "Fremtidens fiskefartøy" av Rolls-Royce Marine AS.

#### Ytterligere forskningsbehov

Selv om det kan vises til mange gode resultater så blir det ofte slik at et godt resultat går på bekostning av noe annet. Stille vannsmotstanden og propulsjonsvirkningsgraden ble sterk skadelidende ved introduksjon av to store propellere i dyse og "twin skeg" løsning i akterskipet. Her er det muligheter for en ytterligere optimalisering av skrogform, braketter og propellere for å oppnå bedre resultater, uten at dette reduserer de gode resultatene som er oppnådd. Det er videre behov for å gå videre med løsningene for å effektivisere og redusere farene ved redskapshåndtering. Funksjonsbeskrivelsene må overføres til en konstruksjonsfase med fokus på detaljløsninger og styrke. Når det gjelder styring ved hjelp av trålblokker så hadde det vært ønskelig å kjøre fullskala forsøk med to eksisterende mindre fiskefartøy som har en form for justerbare blokker.

## **9 RAPPORTER UTARBEIDET I PROSJEKTET**

Berg, Aa. *Trekraftberegninger "Fremtidens tråler"*  
MARINTEK-Rapport, MT53 F07-096 530397.00.01, Trondheim, 2007



- Aarseth, L *Fremtidens tråler, delprosjekt 1.1 Propulsjonssystem med forbedret virkningsgrad*  
Rolls-Royce, Research & Technology Department rapport, Ulsteinvik, 2007
- Pedersen, R *Propulsjonssystem for trålere med forbedret virkningsgrad*  
SINTEF Fiskeri og havbruk-Rapport, SFH80 F073049, Ålesund, 2007
- Berg, Aa *Modell Tests with Twin Skeg Trawler M2877A "Fremtidens tråler"*  
MARINTEK-Rapport, MT53 F08-195 530506.00.01, Trondheim 2008
- Berg, Aa *Modell Tests 62.2 x 15.6m Stern Trawler, M2831A*  
MARINTEK-Rapport, MT53 F08-274 530506.00.02, Trondheim 2008
- Berg, Aa *Modell Tests, Stern Trawler M2831A, Seakeeping Tests*  
MARINTEK-rapport, MT53 F09-121 530506.00.03, Trondheim 2009
- Berg, Aa *Model Tests, Twin Skeg Stern Trawler M2877A, Seakeeping Tests*  
MARINTEK-rapport MT53 F09-122 530506.00.04, Trondheim 2009
- Berg, Aa *Modell Tests with M2831A, Fixed Model in Calm Water Trawling*  
MARINTEK-rapport MT53 F09-136 530506.00.05
- Berg, Aa *Model Tests with M2877A, Fixed Model in Calm Water Trawling*  
MARINTEK-rapport MT53 F09-137 530506.00.06
- Berg, Aa *Model Tests with M2831A & M2877A, Summary*  
MARINTEK-rapport, MT53 F09-138 530506.00.07, Trondheim 2009
- Bjørshol, N. H. *Fremtidens tråler. Maskineri mht valg av maskinkonfigurasjon*  
SINTEF Fiskeri og havbruk-Rapport, SFH80-F083051, Trondheim, 2008
- Enerhaug, B. *Fremtidens tråler – Redskapshåndtering*  
Sintef Fiskeri og havbruk-Rapport, SFH80 F093023, Trondheim, 2009
- Mats, A.H. *Simulering av Fremtidens tråler, Redskapshåndtering*  
SINTEF Fiskeri og havbruk, Animasjon, Trondheim 2008
- Pedersen, R *Fremtidens Tråler, Sluttrapport*  
SINTEF Fiskeri og havbruk-rapport, SFH80-A093033, Trondheim 2009