

RAPPORT

Gjennfinning av tapte fiskegarn, Utvikling og test av eksperimentell prototyp

Oppdragsgiver:

Fiskeridirektoratet

Forfattere:

Gaute Lied

Cato Bjelland

Andrew Baker

Reidar Bø

Frank Ådland

Bergen, April 2005

Ref.nr.: CMR-05-A10013

INNHOLDSFORTEGNELSE/TABLE OF CONTENTS

1.	INNLEDNING	2
2.	TEKNISK BESKRIVELSE	3
2.1	System oversikt	3
2.2	Pinger	4
2.3	Taufisker	4
2.4	Datainnsamling	5
2.5	Signalbehandling	6
2.6	Programvare	8
2.7	Nøyaktighet for posisjonsangivelse	12
3.	LABORATORIE TEST	13
3.1	Funksjonstesting av prototype	13
4.	FELT TEST	15
5.	VIDERE ARBEID	17
5.1	Pinger	17
5.2	Hydrofoner	17
5.3	Signalbehandling	17
5.4	Programvare	18
5.5	Tekniske løsninger	18
6.	KOSTNADSANALYSE	19
6.1	Nåværende prototype med rekkevidde 500-1000m	19
6.2	Ny forbedret prototype med rekkevidde opptil 10 000m	19
7.	REFERANSER	21

1. INNLEDNING

Prosjekt ”Reduksjon i garntap og påfølgende ghost fishing” er et todelt prosjekt i regi av Fiskeridirektoratet. Prosjektet består av en forebyggende del og en gjenfindende del. Sistnevnte omfatter teknologiutvikling for å lokalisere garn som allerede er tapt. Denne delen har CMR hatt faglig ansvar for gjennomføringen av, i nær dialog med oppdragsgiver.

”World wide” er det relativt liten innsats som er satt inn på å utvikle teknologi for gjenfinning av tapte garn. Det finnes allikevel en del teknologi som er utviklet i forbindelse med tap og markering av fiskeredskaper som kan være teknologisk relevant. I tillegg finnes det betydelig mengder teknologi fra andre næringer som også kan være relevante å bruke. Med denne bakgrunn, og med Fiskeridirektoratet som oppdragsgiver gjennomførte CMR et prosjekt i 2004 med en evaluering av teknologiske løsninger for å gjenfinne tapte garn (Ref.nr.: CMR-03-A10014).

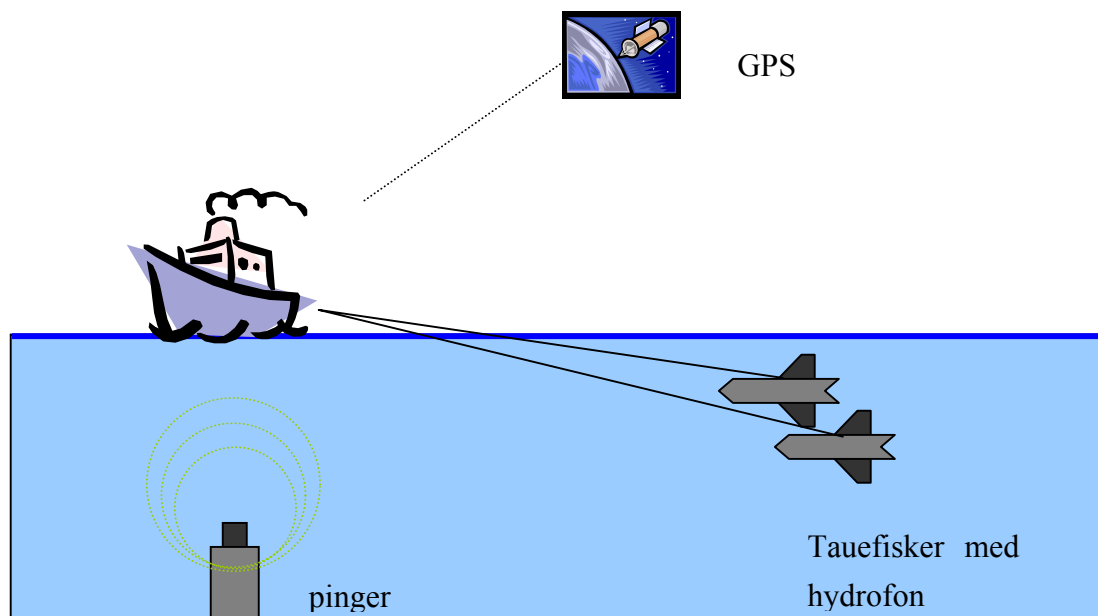
Ut fra fastsatte kriterier relatert til blant annet tekniske, praktiske og kostnadmessige forhold ble mesteparten av løsninger angitt i rapporten CMR-03-A10014 eliminert, og kategorisert som uaktuelle. Med basis i foreliggende opplysninger synes en akustisk gjenfinningsløsning hovedsakelig basert på tilgjengelig teknologi funnet interressant for videre vurdering. For å vurdere hvorvidt en slik løsning kan være aktuelt og tilfredsstillende fastsatte kriterier ble det besluttet å videreføre arbeidet i et forprosjekt. Teknisk løsning og resultat fra dette arbeidet er beskrevet i denne rapporten.

2. TEKNISK BESKRIVELSE

2.1 System oversikt

Ghostfish prototype systemet består av følgende enheter (Figur 1):

- **Pinger** : garnet som skal gjenfinnes har påmontert en batteridrevet akustisk pinger som periodisk sender ut en akustisk puls.
- **Hydrofoner** : 2 hydrofoner slepes etter et fartøy og lytter etter akustiske signaler fra neddykket pinger. Hver hydrofon er bygget inn i en tauefisk.
- **Tauefisker** : tauefisken er utformet med styrefinner og tauefeste slik at den dykker ned til en viss dybde (avhengig av fart) og har en stabil kurs.
- **Forsterker** : signalene fra hydrofonene forsterkes av en spesialtilpasset ladningsforsterker.
- **Datainnsamling** : det forsterkede signalet fra hydrofonene digitaliseres og overføres til en PC for videre databehandling.
- **GPS-modul** : koordinatene til fartøyet registreres fortløpende av en GPS modul og overføres til PC for å inngå i videre databehandling.
- **Signaltolkningsprogram på PC** : program bruker data fra hydrofonene og GPS til å søke etter pinger og beregne koordinatene til denne.

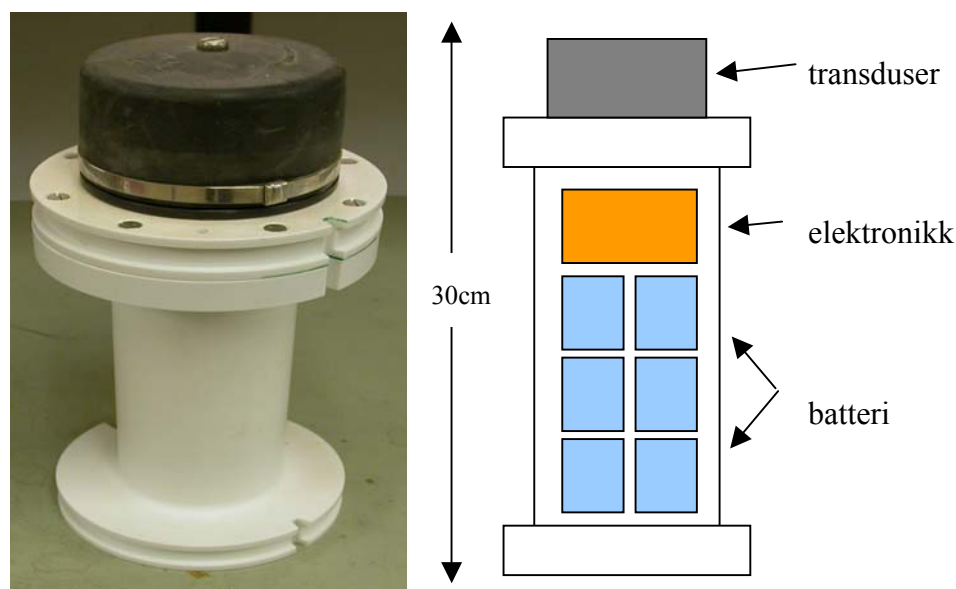


Figur 1

Systemet er ikke fastmontert på et fartøy, men er ment å monteres hver gang det skal brukes. Alle komponentene kan pakkes i en egen koffert, og er lett å flytte mellom ulike fartøy.

2.2 Pinger

Pinger er montert på garnet og sender ut en kort puls (12kHz, 10 perioder, 1 gang i sekundet). Denne er utviklet og produsert av CMR spesielt til formålet. Et foto er vist i Figur 2. Den består av et hus med innebygget elektronikk og batteri, og påmontert en akustisk transduser. Batterivarigheten er 2 år.



Figur 2

Denne utgaven av pinger er en prototype. Den endelige utgaven kan støpes i hardplast slik at den blir robust nok til denne bruken, og også utformes slik at orienteringen til pinger i vannet ikke har betydning.

2.3 Tauefisker

Tauefiskene er også utviklet og produsert av CMR til formålet. De består av et rør med hydrofonen montert i fronten av røret. Påmonterte styrefinner og tauefeste er designet for å få røret til å holde seg under vann, og å holde en relativt stabil kurs. Ved forsøk har en sett at dybden tauefisker dykker til er avhengig av farten som den taues med. Nå har ikke dybden som tauefiskene går i noe å si for målingen, så lenge

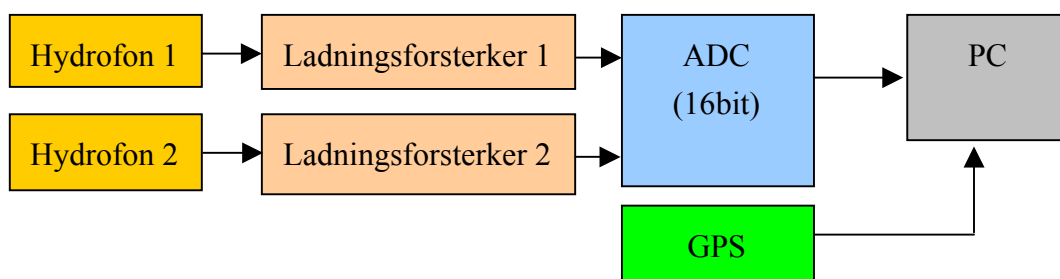
tauefiskene går i omtrent samme dybde. Et foto av en tauefisk med hydrofon er vist i Figur 3. Hver tauefisk veier omtrent 3kg, og er svært robuste og er enkle å håndtere.



Figur 3

2.4 Datainnsamling

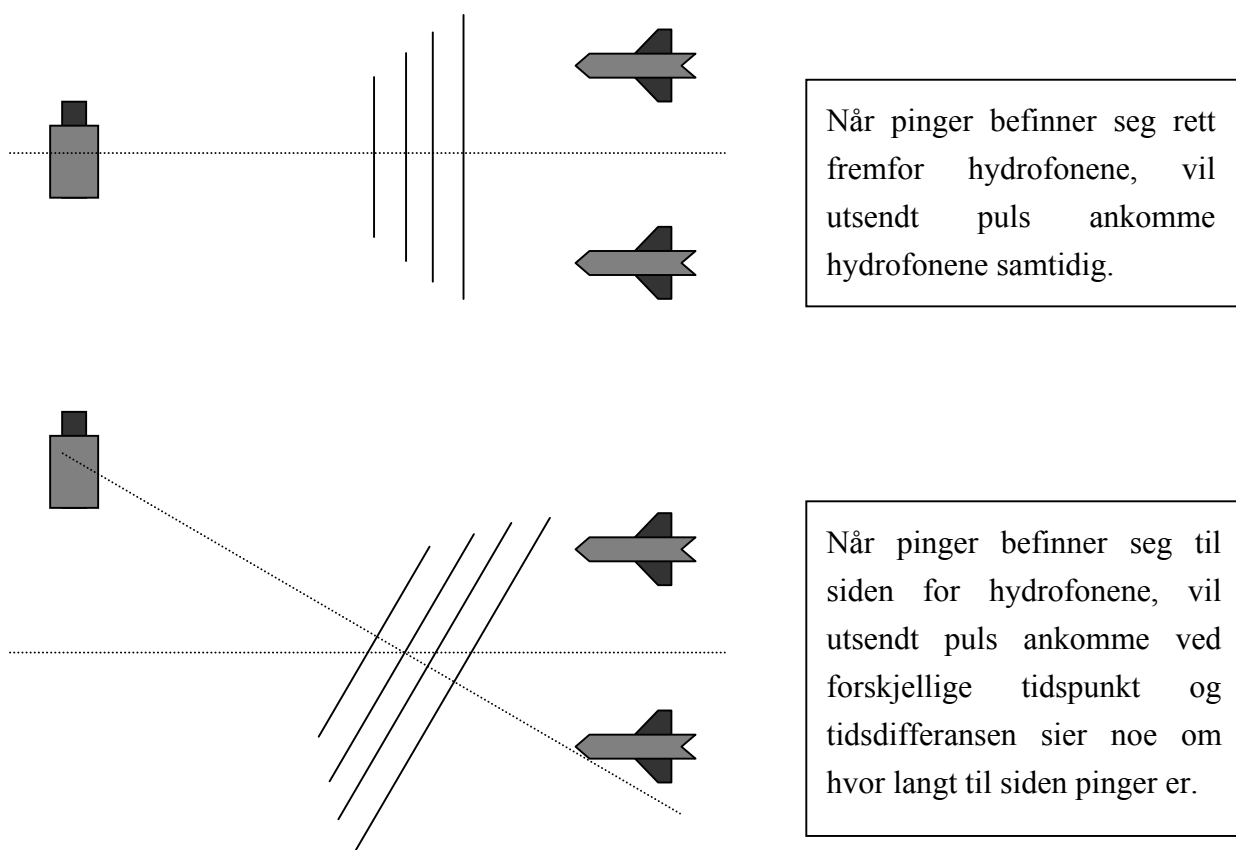
Hydrofonene gir ut en elektrisk ladning som er proporsjonal med lydtrykket de utsettes for. Systemet benytter ladningsforsterkere som omdanner ladning til spenning, og disse spennings-signalene samples av en egen 16-bit digitaliseringsmodul (ADC). Denne modulen har en USB tilkobling til en PC og et program som kjører på PC styrer datainnsamlingen og videre signalbehandling (Figur 4). Systemet har også en standard GPS mottaker som er koblet til PC og som benyttes til å fortløpende registrere posisjonen. Innsamlede hydrofon-data og GPS-data gir nå tilstrekkelig informasjon til å søke etter pinger og beregne koordinatene til denne.



Figur 4

2.5 Signalbehandling

Pulsen som sendes ut av pinger vil kunne høres av hydrofonene dersom avstanden til pinger ikke er for stor (prototypen har rekkevidde <1000m, men det er mulig å øke denne til typisk 10 000m). Og siden der er 2 hydrofoner som begge mottar den samme pulsen, kan en ved å se på forskjellen i ankomsttid for hydrofon 1 og hydrofon 2, beregne omtrentlig retning til pinger (Figur 5). Prinsippet er svært lik måten vår egen hørsel gjør oss istand til å bestemme retningen en lyd kommer fra.

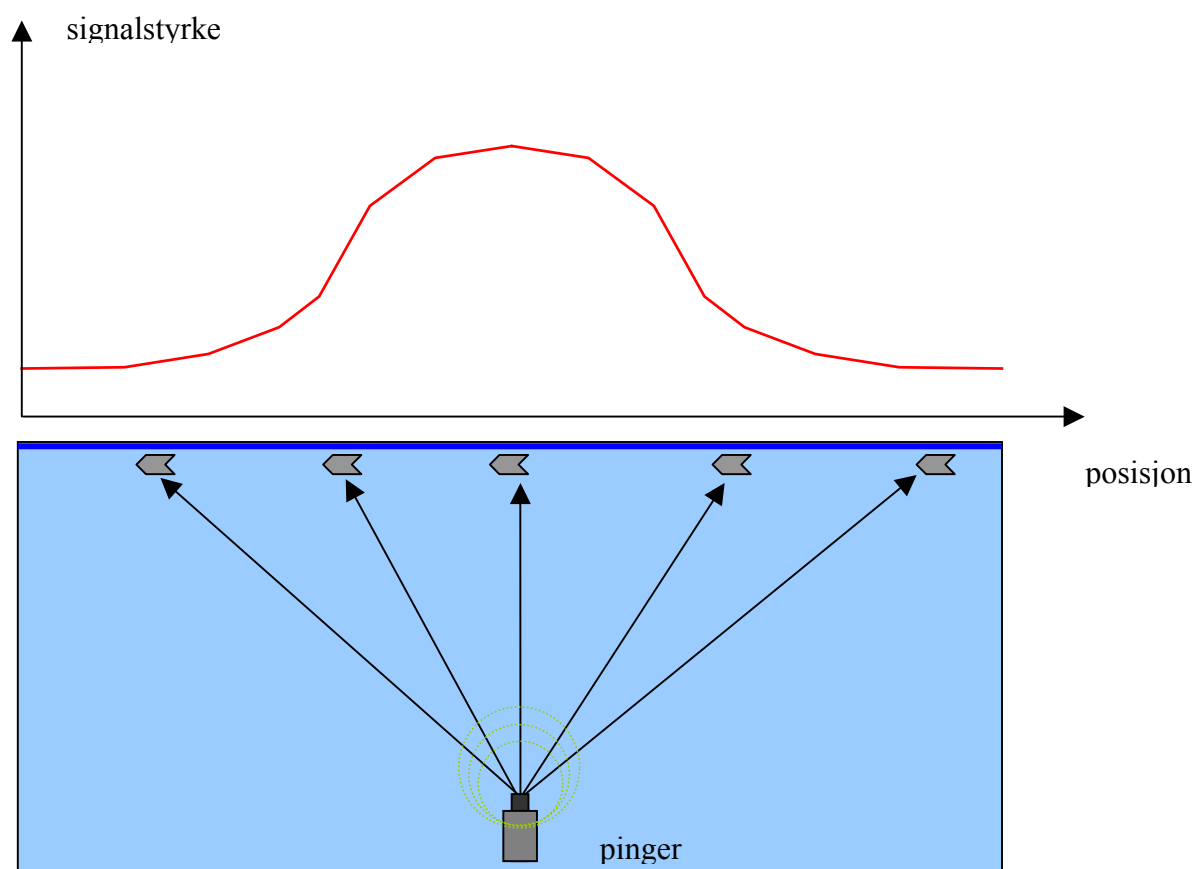


Figur 5

Med dette prinsippet er det mulig å peile seg inn på pinger, og å hele tiden holde en kurs rett mot pinger. Det er bare å manøvrere fartøyet slik at tidsdifferansen mellom hydrofonene hele tiden er 0.

Idet en passerer over pinger vil fremdeles tidsdifferansen være 0, og likeså når en har passert og har pinger bak seg. Så denne teknikken alene er ikke nok til å beregne koordinatene til pinger. Men vi kan nå benytte en annen egenskap med systemet, nemlig at signalstyrken til mottatt puls vil være avhengig av avstanden mellom hydrofon og pinger. Desto mindre avstand desto større blir signalstyrken. Så dersom vi registrerer signalstyrken fortløpende mens vi hele tiden beveger oss på kurs mot pinger, så skal vi ha en økende signalstyrke sålenge vi nærmer oss. I det vi passerer har vi maks signalstyrke, og når vi beveger oss videre langs samme kurs så avtar signalstyrken (Figur 6).

Kombinert med registrering av GPS-posisjon kan vi nå rekonstruere ruten som vi har beveget oss, og det punktet på ruten som har størst signalstyrke er lokasjonen til pinger.



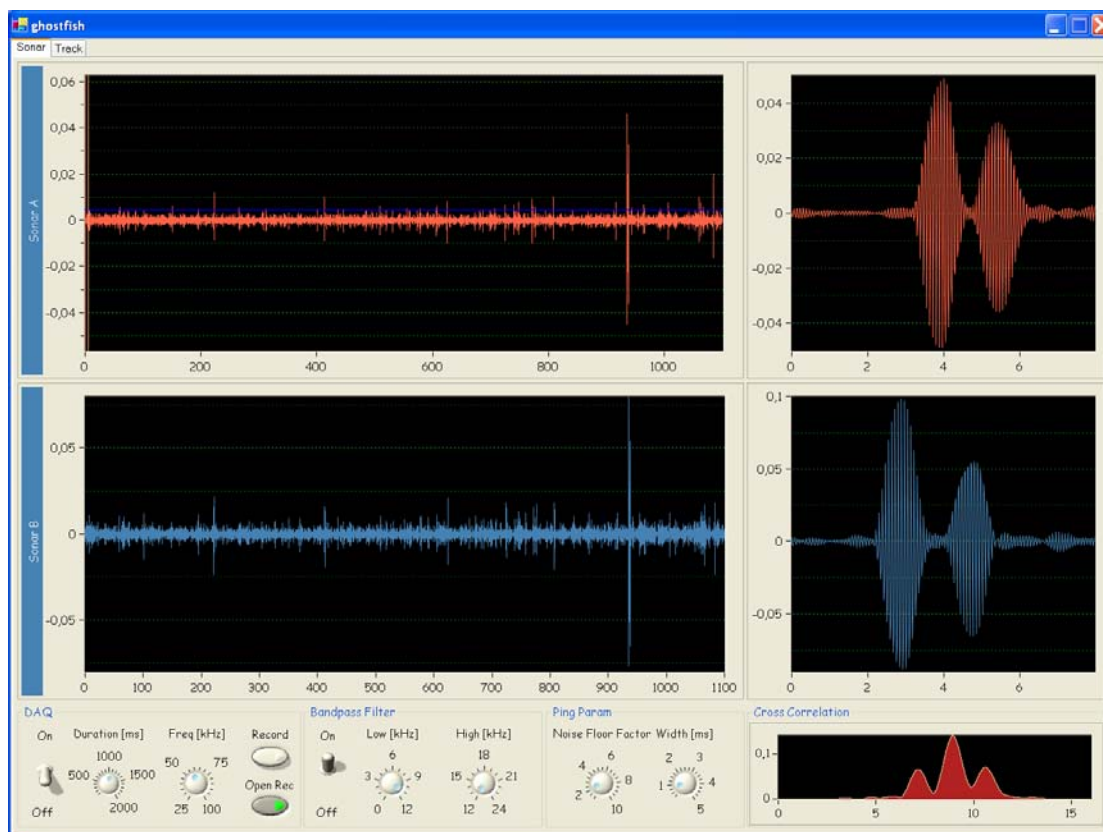
Figur 6

2.6 Programvare

Et program som kjører på en standard PC styrer datainnsamling og utfører signalbehandlingen som skissert over og presenterer resultatet til bruker. Programmet har også en del ekstra funksjonalitet som er nyttig i en utviklingsfase, men som ikke skal være med i den endelige versjonen.

Figur 7 viser et skjermbilde fra programmet tatt under en felttest. Avstanden fra pinger er omtrent 100 meter. Dette eksempelet viser informasjon som en sluttbruker vanligvis ikke trenger se, men som er viktig for å studere datainnsamling og signalbehandling. Signalene fra hydrofon 1 vises i rød farge og signalene fra hydrofon 2 vises i blå farge. I venstre del av bildet er relativt lange tidsserier samlet inn for å lytte etter pulsen fra pinger. Signalbehandlingen klarer å identifisere pulsen i tidsseriene, og viser denne i høyre del av bildet. Der fremgår det også at pulsen ankommer ved litt forskjellige tidspunkt, noe som i dette tilfellet indikerer at pinger befinner seg litt til høyre for oss. Signalstyrken er uttrykt ved amplituden til mottatt puls, og som det fremgår er det relativ høy signalstyrke (relativt til støyen).

Når en studerer formen til mottatt puls i dette eksempelet, kan en legge merke til at det er egentlig 2 pulser, rett etter hverandre. Dette skyldes ikke at pinger sender 2 pulser, fordi bare den første pulsen er den som er mottatt direkte fra pinger. Den andre pulsen skyldes refleksjon fra havoverflaten, altså at pulsen passerer forbi hydrofonen (og registreres første gang), treffer havoverflaten, og reflekteres tilbake igjen og passerer hydrofonen for andre gang. En så sterk refleksjon kan bare skje dersom det er speilblank havoverflate, noe som det var den dagen disse målingene ble gjort.

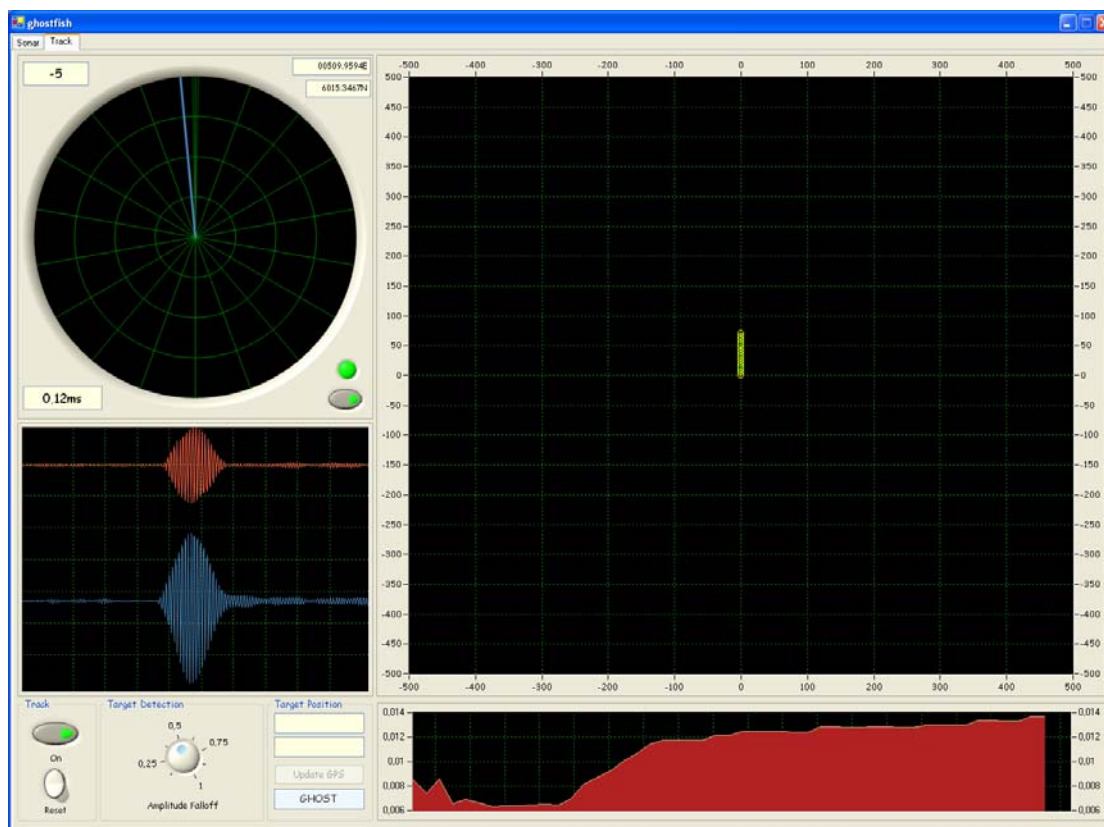


Figur 7

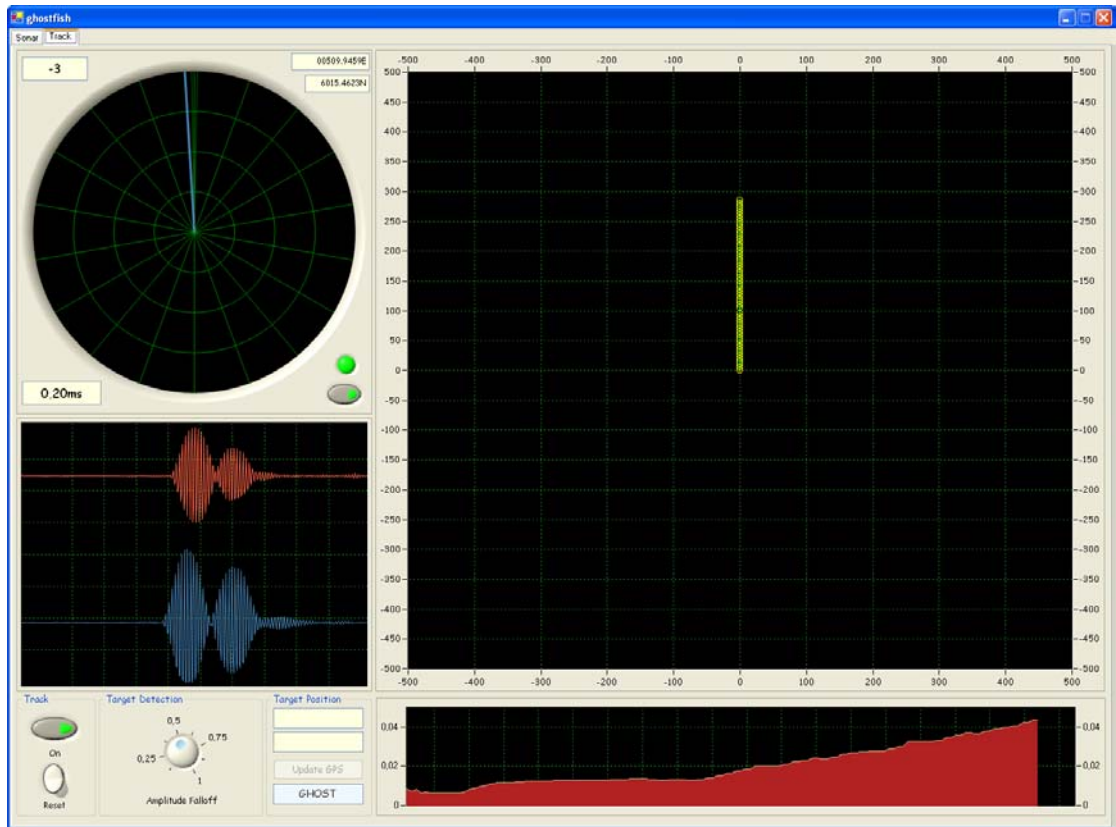
De neste figurene er skjermbilder som viser ulike faser av søke-prosedyren, og er reelle data fra felttesten som ble gjennomført. Dette er det brukergrensesnittet som en typisk operatør vil forholde seg til. Søke-prosedyren er som følger (med referanse til figurer):

1. Systemet lytter etter puls fra pinger. Før puls detekteres må fartøyet være innenfor en viss avstand (avhengig av forholdene) av pinger. Når systemet detekterer en puls, så gies det signal om dette. Operatøren kan nå trykke på en ”Track” knapp for å gi systemet beskjed om å ”låse seg” til dette målet.
2. Systemet starter da å registrere signalstyrke og GPS-posisjon, og utfra mottatte pulser gir en anvisning av retningen til pinger i forhold til nåværende kurs (Figur 8). Operatøren skal nå prøve å styre etter anvisningen slik at fartøyet har kurs rett mot (0 grader) pinger. Anvisningen av retning er øverst til venstre i skjermbildet, i den sirkelformede ”radaren”. Linjen som er tegnet i denne sirkelen viser retningen til pinger i forhold til fartøyets kurs, der 0 grader er rett opp.

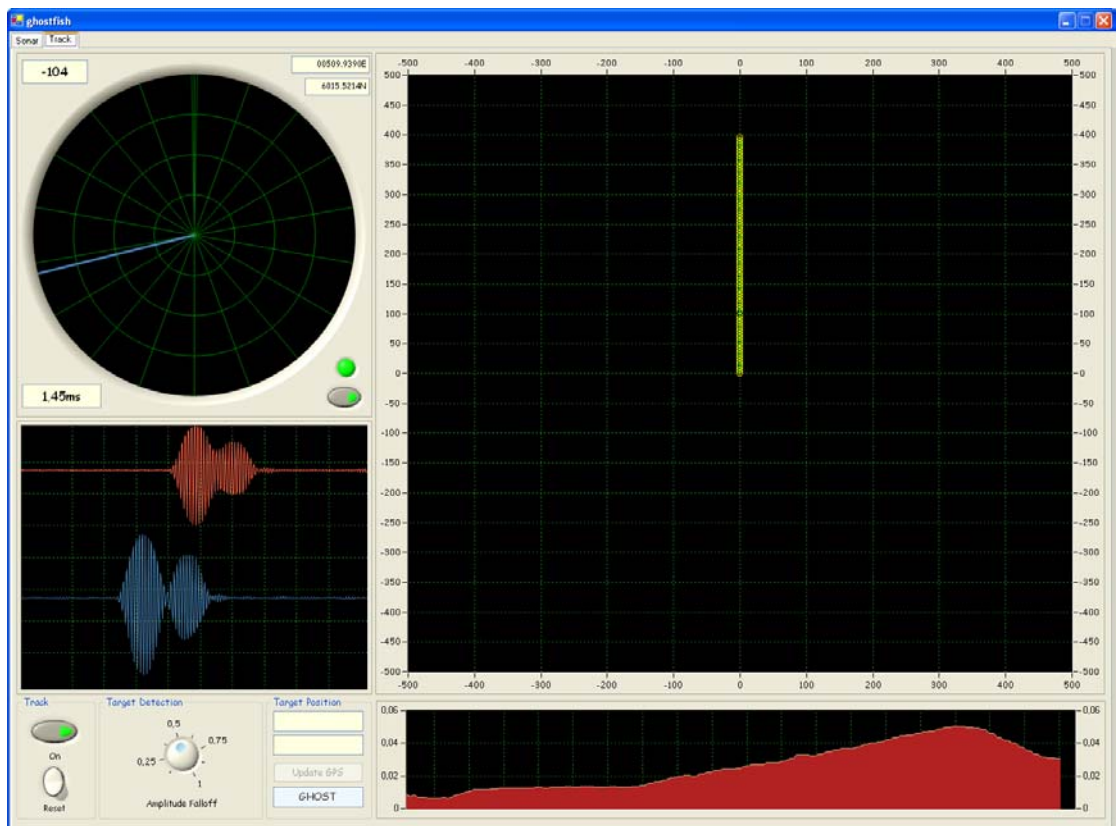
3. Etterhvert som en nærmer seg pinger vil signalstyrken øke (Figur 9).
4. I det en passerer vil signalstyrken ha et maksimum og videre vil pinger befinne seg bak fartøyet og signalstyrken avtar igjen (Figur 10).
5. Etter å ha passert fortsetter systemet signalbehandlingen for å være sikker på at vi virkelig har passert, og tilslutt gjøres en automatisk beregning av hvor på ruten pinger befinner seg (Figur 11). Den beregnede posisjon vises i brukergrensesnittet, og i tillegg kan operatøren trykke på en knapp ("Update GPS") og dermed få overført posisjonen til en ekstern GPS som et "waypoint" (for eksempel fartøyets eget navigasjonssystem).



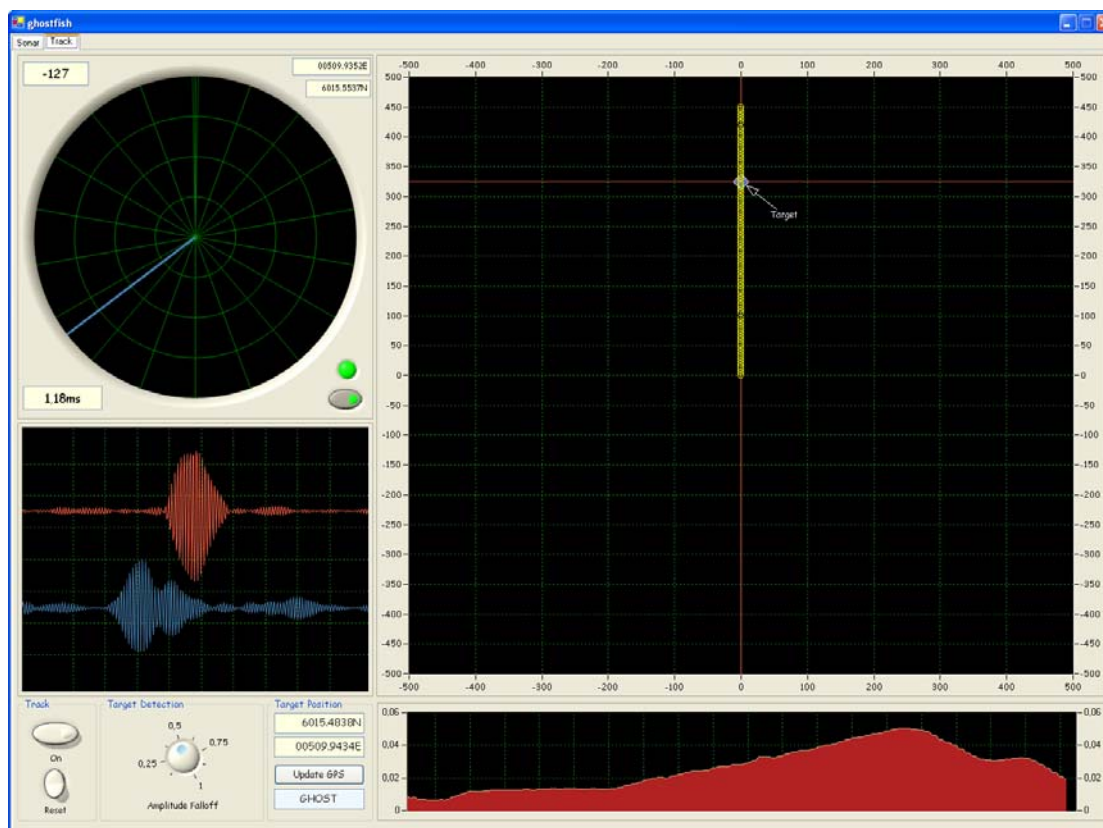
Figur 8



Figur 9



Figur 10



Figur 11

2.7 Nøyaktighet for posisjonsangivelse

Systemet beregner posisjonen til pinger etter at fartøyet med tauefiskene har passert denne. Posisjonen beregnes ut fra den faktiske banen som fartøyet beveget seg langs (logget av GPS) og signalstyrken som sonarene målte langs denne banen. Hvor nøyaktig posisjonsangivelsen blir er avhengig av hvor nøyaktig fartøyet ble manøvrert etter anvisningen fra systemet. Dette gjelder spesielt når fartøyet nærmer seg og er i ferd med å passere pinger. Siden systemet antar at banen til fartøyet passerer over pinger, så vil et avvik fra denne ideelle banen gi et tilsvarende avvik i beregnet posisjon. Så hvis fartøyet passerer med pinger 50m til babord, så vil posisjonen angies 50m feil.

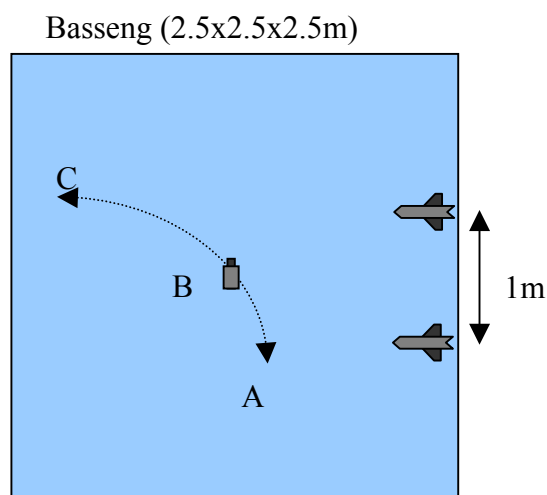
Det kan vises at feil i posisjon E_p som funksjon av avvik fra ideel bane E_b (i grader) og dybden til pinger (D) kan skrives som $E_p = D * \tan E_b$. Så med pinger på 1000m dybde og avvik fra ideel bane på 3 grader, så er feil i posisjon 52 meter.

3. LABORATORIE TEST

Systemet har vært testet under kontrollerte betingelser i et basseng ved CMR. Dette bassenget måler 2.5x2.5x2.5 meter og har vært brukt både i utviklingsfasen for å teste ulike teknikker, og for funksjonstesting av den endelige prototypen.

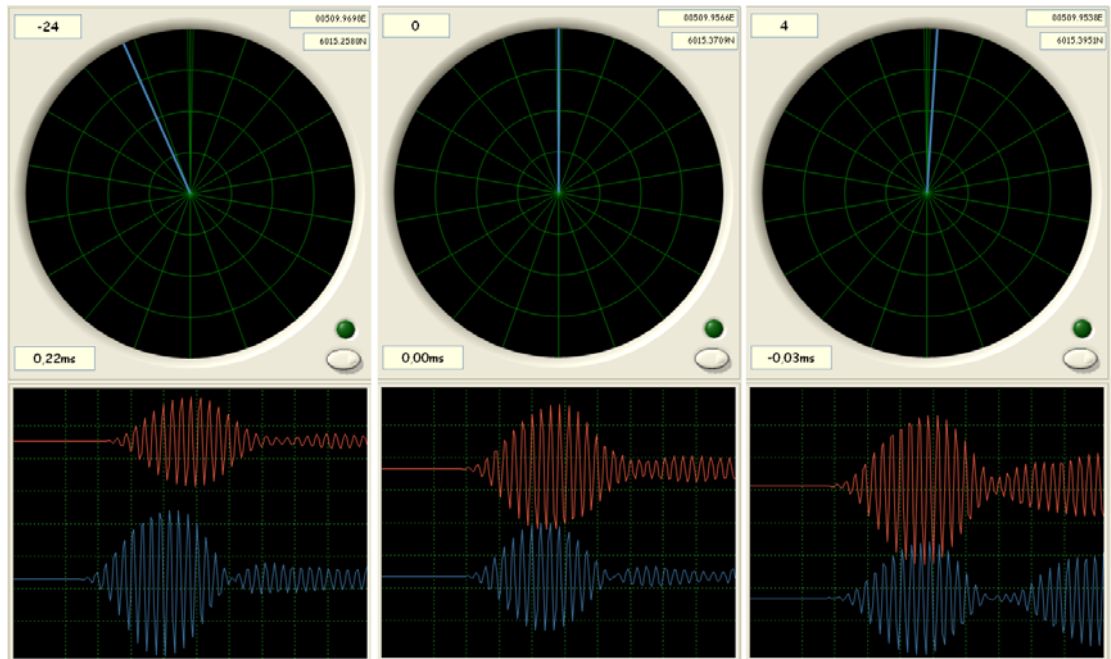
3.1 Funksjonstesting av prototype

Taufiskene med påmonterte hydrofoner ble plassert i bassenget sammen med pinger som vist i Figur 12. Utstyret stod omtrent halveis mellom bunnen og overflaten. Pinger var festet med tau til en kran, slik at den kunne flyttes i en bane som vist i figuren (ABC).



Figur 12

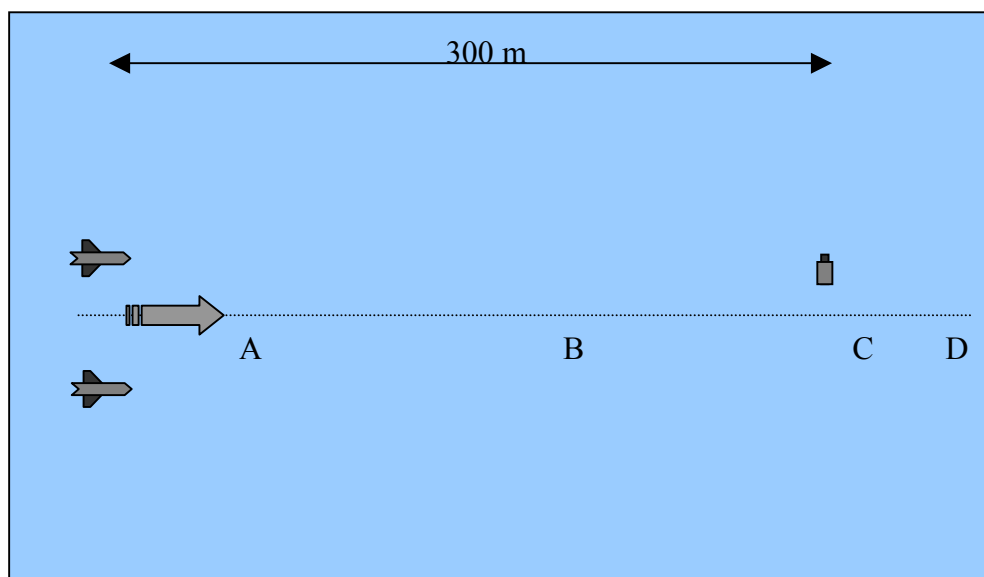
Målinger ble gjort på forskjellige punkter langs banen for å se hvordan retningsangivelsen som systemet gir stemmer overens med den faktiske retningen. Figur 13 viser målinger på de 3 punktene A, B og C langs banen vist i Figur 12. Under disse betingelsene og med så korte avstander mellom pinger og hydrofoner så blir signalene svært gode. Det eneste problemet ved måling i bassenget er at refleksjoner fra vegger, overflate og bunn kan interferere med målingen. Dette ble langt på vei unngått i testen ved å tilpasse plasseringen av utstyret i bassenget. Resultatet fra labtosten var svært gode, og avviket mellom målt retning og faktisk retning var mindre enn 1 grad. Dette var som forventet siden en tidsmåling av ankomsttid egentlig er det samme som måling av avstand, og dette gjør et akustisk system med stor nøyaktighet.



Figur 13

4. FELT TEST

Systemet ble testet under virkelige forhold i Fanafjorden. Pinger ble senket ned til 30 meter dybde og fra en båt kunne ulike scenarier prøves ut. Et eksempel er illustrert i Figur 14. Søket startet ca 300 meter fra lokasjonen til pinger og båten ble manøvrert etter anvisning fra systemet, dvs i en rett linje mot målet. Målingene ved punktene A,B,C og D er vist i figurene 9,10,11 og 12 i avsnittet 2.6 om programvaren. Resultatet var tilfredstillende, og systemet ga en beregning av pinger lokasjon som var innenfor 30 meter av den virkelige lokasjonen. Figur 15 viser et foto av den ene tauefisker idet den slippes ut fra båten, og Figur 16 viser slep av begge tauefiskene.



Figur 14



Figur 15



Figur 16

5. VIDERE ARBEID

Prototypen bør utvikles videre før den er klar for bruk av en typisk bruker. Følgende aspekter kan forbedres.

5.1 Pinger

Energien i pulsen som sendes ut kan økes og dermed øker deteksjonsrekkevidden. Dette vil redusere levetiden for batteri (som nå er 2 år), dersom en da ikke samtidig øker tidsrommet mellom hver utsending. Det kan også benyttes mer avansert signaltransmisjon teknikk med bruk av koder for å bedre skille pinger signal fra støy som alltid vil være tilstede.

En mer omfattende endring vil være å bruke en transponder istedet for en enkel pinger. Transponderen lytter hele tiden etter et søkesignal sendt ut fra søkefartøyet, og svarer umiddelbart. Energien til utsendt puls kan da være flere størrelsesordener høyere, og dermed vil også deteksjons rekkevidden øke betraktelig. En får også mer informasjon fra målingene fordi avstand til transponderer kan beregnes. Ulempen med transponder er at den fordyrer systemet, og det må utvikles en transponder spesielt til formålet.

Uansett hvilken løsning som velges så må det gjøres noe for å øke rekkevidden til systemet. Det er fullt mulig å oppnå rekkevidder opptil 10 000m dersom en bruker riktig teknologi.

5.2 Hydrofoner

Hydrofonene som benyttes i prototypen er av høy kvalitet. En teknikk for å likevill øke følsomheten (og dermed deteksjonsrekkevidden) er å benytte flere hydrofoner i hver tauefisk (såkalt hydrofon-array). Ulempen med dette er at det øker kostnaden og kompleksiteten til systemet.

5.3 Signalbehandling

En av de store fordelene med søkeprosedyren som er beskrevet er at den er enkel og robust: en bruker systemet til å peile seg inn på pinger, og så lenge fartøyet

manøvrerer etter anvisningen vil en komme stadig nærmere og tilslutt passerer pinger. Hvor nærme en passerer er avhengig av hvor nøyaktig retningsangivelsen er, og hvor presist fartøyet manøvreres. Ved unøyaktigheter vil posisjonen beregnes med en viss feilmargin. Denne er ikke nødvendigvis så stor at det ikke likevellt er enkelt å få tak i garnlenken som tross alt strekker seg ut over et visst område.

Men en forbedring kan være å utvide søkeprosedyren med en ny fase etter at fartøyet har passert pinger, og som har som hensikt å øke nøyaktigheten i beregningen av pinger posisjon. En mulighet er at båten foretar en spesiell manøver etter at den har passert pinger, for eksempel gå inn i en stor sirkelbevegelse. Ved å foreta 3 målinger langs denne sirkelen kan en bruke mer tradisjonelle trianguliserings-teknikker for å bestemme posisjonen.

5.4 Programvare

Programvaren i sin nåværende form har et for omfattende brukergrensesnitt til å være enkelt å operere for den typiske bruker. Programmet må forenkles slik at det ligner mer på de datasystemene som den typiske bruker er vant til å operere (ekkolodd, GPS, radar).

Det kan også være aktuelt å vise kartinformasjon i brukergrensesnittet.

5.5 Tekniske løsninger

Systemet er sammensatt av ulike komponenter der noen er utviklet og produsert av CMR, mens andre er kommersielle og mer generelle instrumenter. For å gjøre systemkostnaden minst mulig bør en ikke benytte generelle instrumenter, men heller utvikle spesiell elektronikk for denne anvendelsen.

Ladningsforsterkerene og datainnsamlings-modulen kunne vært integrert i en modul. Denne modulen vil da ha 2 kanaler, en kanal for hver hydrofon, og kunne overført data direkte til datamaskin via enkel seriell kommunikasjon. Dermed består systemet av bare 4 deler: tauefisk med innebygget hydrofon, datainnsamlingsmodul, GPS, og datamaskin. Dette utstyret kan pakkes i en spesialtilpasset koffert, med totalvekt under 15-20 kg.

6. KOSTNADSANALYSE

To ulike kostnadsoverslag vises. Ett for prototypesystemet som nå er utviklet, og ett for en ny prototype som har med noen av de elementene av forbedringer som nevnt i kapittel 5.

6.1 Nåværende prototype med rekkevidde 500-1000m

Følgende tabell viser forventede kostnads priser på et ferdig utviklet system. Dette er et system med rekkevidde opptil 1000m og som kan pakkes i en koffert og flyttes fra fartøy til fartøy etter behov.

Modul	Ca.Pris [kNOK]
Taufisker 2 stk.	10
Hydrofoner 2 stk.	20
Datainnsamling	25
PC	10
GPS	5
Sum	70

I tillegg vil en pinger koste 3000-4000 kr eksklusive batterier.

6.2 Ny forbedret prototype med rekkevidde opptil 10 000m

Følgende forbedringer inngår i ny prototype som vil ha effektiv rekkevidde opptil 10000m. Dette skal også kunne pakkes i en koffert og enkelt kunne flyttes mellom fartøy.

- Pinger med transponder løsning, batteri kapasitet 2 år.
- Forbedret taufisker med hydrofon-arrays.
- Integret datainnsamlings-system.

Prisen på dette kommer frem i følgende tabell:

Modul	Ca.Pris [kNOK]
Taufisker med array	200 - 250
Pinger med transponder	4 - 5
Integrert datainnsamling	60 - 90
PC	10
GPS	5
Sum	280 - 360

Det er lagt vekt på å minimalisere kostnaden til pinger som jo er den eneste enheten som den enkelte fisker må kjøpe inn. Resten av systemet kan brukeren leie til standard dagrater beregnet utfra den totale kostnaden på systemet.

7. REFERANSER

Spilde, J., Bjelland C., Baker A.C., Peddie D., Dahl E.O. (2004) *Gjenfinning av tapte fiskegarn*. CMR-03-A10014.