

Göran Stensson, Torbjörn Ståhlsten

## Utveckling av system med temperatursensorer

TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

Systemteknik  
172 90 Stockholm

FOI-R--1222--SE

April 2004

ISSN 1650-1942

**Teknisk rapport**

Göran Stensson, Torbjörn Ståhlsten

## Utveckling av system med temperatursensorer

<b>Utgivare</b> Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Systemteknik 172 90 Stockholm	<b>Rapportnummer, ISRN</b> FOI-R--1222--SE	<b>Klassificering</b> Teknisk rapport
	<b>Forskningsområde</b> 4. Ledning, informationsteknik och sensorer	
	<b>Månad, år</b> April 2004	<b>Projektnummer</b> E 6853
	<b>Verksamhetsgren</b> 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	<b>Delområde</b> 43 Undervattenssensorer	
<b>Författare/redaktör</b> Göran Stensson Torbjörn Ståhlsten	<b>Projektledare</b> Göran Stensson	
	<b>Godkänd av</b>	
	<b>Uppdragsgivare/kundbeteckning</b> FMV	
	<b>Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig</b>	
<b>Rapportens titel</b> Utveckling av system med temperatursensorer		
<b>Sammanfattning (högst 200 ord)</b> <p>I projektet har en temperatursensorkedja för mätning av temperaturprofiler i vatten utvecklats. Långtidsprovningen har efter 3 månader visat god funktionssäkerhet (mars 2004). Tillverkning av olika enheter har gjorts av olika svenska industriföretag samt vid FOI verkstad. Systemet består av fyra delar; en 50 m kedja med 100 temperatursensorer, en undervattensenhet med processor, en UVkabel till land och en landenhet för kraftförsörjning, datainsamling och resultatvisualisering. Kedjan ger kontinuerligt en profil av temperaturen i en vattenvolym och är lätt flyttbar till ett önskat försöks- eller mätningssområde.</p>		
<b>Nyckelord</b> temperatursensor, temperaturprofil, ljudhastighet, undervattens teknik		
<b>Övriga bibliografiska uppgifter</b>	<b>Språk</b> Svenska	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Antal sidor:</b> 11 s.	
<b>Distribution enligt missiv</b>	<b>Pris:</b> Enligt prislista	

<b>Issuing organization</b> FOI – Swedish Defence Research Agency Systems Technology SE-172 90 Stockholm	<b>Report number, ISRN</b> FOI-R--1222--SE	<b>Report type</b> Technical report
	<b>Programme Areas</b> 4. C4ISTAR	
	<b>Month year</b> April 2004	<b>Project no.</b> E 6853
	<b>General Research Areas</b> 5. Commissioned Research	
	<b>Subcategories</b> 43 Underwater Sensors	
<b>Author/s (editor/s)</b> Göran Stensson Torbjörn Ståhlsten	<b>Project manager</b> Göran Stensson	
	<b>Approved by</b>	
	<b>Sponsoring agency</b> FMV	
	<b>Scientifically and technically responsible</b>	
<b>Report title (In translation)</b> Development of system with temperature sensors		
<b>Abstract (not more than 200 words)</b> A chain of temperature sensors has been developed to be able to measure the temperature profile in water. It has been proven to work well under a period of three months. The system consists of four parts: a chain, 50 m long, with 100 temperature sensors; an underwater unit with a processor, an underwater cable and a unit on the shore with power supply and computer. The system can easily be moved.		
<b>Keywords</b> Temperature sensors, temperature profile, sound velocity		
<b>Further bibliographic information</b>	<b>Language</b> Swedish	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Pages</b> 11 p.	
	<b>Price acc. to pricelist</b>	

## Innehållsförteckning

Innehållsförteckning .....	sid 4
Inledning .....	sid 5
Genomförande .....	sid 6
Systemet .....	sid 6
Visualisering av mätresultat .....	sid 10
Fortsatt utvecklingsarbete .....	sid 10

## Inledning

Målet för projektet är att utveckla och tillverka ett experimentellt mätsystem bestående av en kabelkedja med temperatursensorer, som kontinuerligt kan samla in data om temperaturen i en vattenvolym. I första hand ska kedjan placeras vertikalt så att en temperaturprofil kan erhållas.

Motivet för en egen utveckling av denna produkt är att vi inte funnit något helt färdigt system att köpa, som har denna enkelhet. Avsikten var dock att upphandla så många färdiga delar som möjligt och sammanställa dem. Nyttan och förväntad effekt är att vi får möjlighet att mäta temperaturprofiler med mycket tätare både tids- och rumsintervall än vad som är möjligt idag. Detta kommer att ge bättre uppfattning om hur ljudutbredningen i ett försöksområde ser ut och eventuellt förändras under en testperiod. Denna kunskap kan göra att mätningarna kan optimeras bättre och därigenom ge vinst i form av kortare testperiod och minskat bortfall av testdata.

Utvecklingen har möjliggjorts tack vare en beställning FOI har fått på leverans av ett "Mätsystem för registrering av tempprofil i vatten", (FMV-239660-A1581918; FOI 02-1853). Systemet ska bestå av fyra delar (fig 1):

1. Temperatursensorkedjan, en UV-kabel med påmonterade sensorer.
2. En undervattensenhet med systemprocessor
3. Förbindelsekabel från undervattensenhet till en landstation
4. Landenheten med elektronik och en PC som lagrar mätdata.



Figur 1. Temperatursensornsystemet med UV-enhet, temperatursensorkabel och landenhet.

## Genomförande

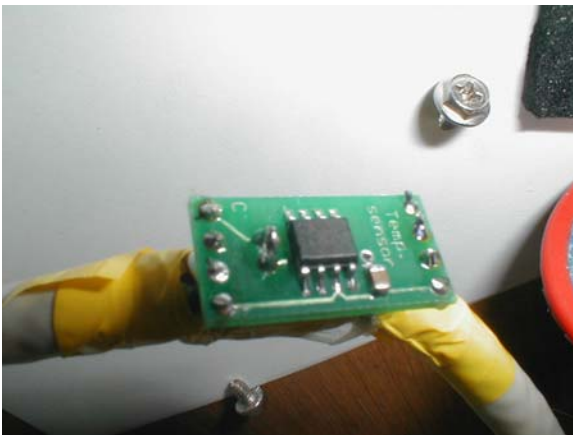
Under våren 2002 gjordes vissa inledande försök att mäta temperatur med en relativt ny typ av temperatursensor, Dallas DS18B20. Försöken blev lovande varför FOI under hösten 2002 av FMV fick uppdraget att utveckla ett helt system enligt detta koncept. Arbete med detta pågick under hösten och stora delar blev klara våren 2003. Slutarbetet på systemets processor samt programmering av processor och insamlingsdator tog dock längre tid än planerat. Hösten 2003 blev alla delar klara för leverans. Kedjan långtidsprovas från och med i oktober 2003, vid FOI anläggning Djupviken. Systemet kommer att kalibreras bl.a. genom att jämförelse görs med en 3" CTD sond.

## Systemet

### *Temperatursensorkedjan*

I detta system är tempensorkedjan uppdelad i två längder på vardera 25 m. Kedjorna består av en undervattenskabel, tillverkad av Örebro Kabel, på vilken temperatursensorerna monterats. Kablarna är av typen cat5-kabel och innehåller 4 elektriska ledare samt en draghållande kevlarfiber. Kabeln är vattenskyddad med ett PVC skal. Av ledarna används två till signaler och två till kraftförsörjning. På varje 25 m kabel är 50 tempensorer monterade på 50 cm avstånd från varandra. Placeringsnoggrannheten är c:a +/-0,2 cm. I ändarna sitter termistorn 25 cm från kabelkontakten, vilket gör att två förbundna kedjor ska ge en obruten rad av sensorer på ett avstånd av 50 cm. Temperaturgivarna har mät känslighet på +/-0,016 °C.

Efter monteringen av sensorerna med tillhörande elektronik på kabeln (fig.2) gjuts dessa in så att förbindelsen blir vattentät (fig.3).



Figur 2. Temperatursensor monterad på ett kretskort som sedan monterats på kabeln.



Figur 3. Temperatursensor och kort ingjutna på kabeln.

Kablarnas kontaktdon är tillverkade av Glenair med typbeteckning Series 22 Geo-Marine Connectors, vilka ska tåla vattentryck ner till 350 meter. Kontakterna är fast förankrade i kabels draghållande kevlarfiber (fig 4 och 5). Montering av temperatursensorer och kontakter är gjord av Davab Elektronik AB, Storfors. Kedjan ska uppåt avslutas med ett fäste för en lyftande boj som ska sväva på några meters djup. I nedre ändan på kedjan ansluts UV-behållaren med systemets processorkort och tillhörande elektronik. Anordningen förankras på lämpligt sätt.



Figur 4. En hel temperatursensorkedja



Figur 5. Detalj av kontaktdonet på kedjan

### ***Undervattensenhet***

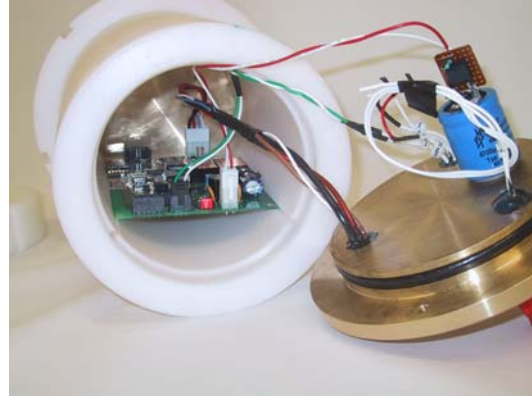
Undervattensenheten består av en 23 cm lång cylindrisk behållare med en diameter av 15,5 cm. I behållaren sitter processorkort och elektronik för kraft och kommunikation. Processorkortet har möjligheter att styra två olika kedjor. Den använda tekniken gör att olika sensorer kan monteras på en kabel och avläsas via ett program i processorn.

Behållaren är tillverkad av vit plast (POM) av märket Delrin. Den försluts i ändarna av mässingslock med o-ringar. Locket låses fast med skruvförband också av Delrin. På locken är monterade öglor av rostfritt stål för att kunna lyfta och förankra behållaren. I det övre locket finns kontaktdon för termistorkabeln, landkabel och en styrkabel för framtida tillämpningar. För att demontera locken finns tre gängade hål där don för demontering kan anslutas. Se figurerna 6 och 7. Undervattensbehållaren ska tåla ett vattendjup på 300 meter.



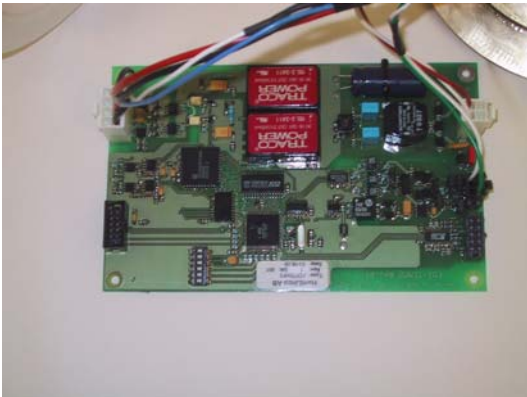


Figur 6. Undervattensbehållaren

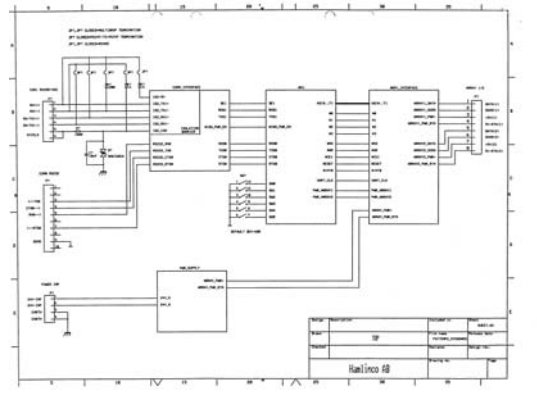


Figur 7. Behållarens kopplingar

Undervattensbehållaren är tillverkad på FOIs verkstad i Ursvik, medan systemets hjärta, processorkortet med elektronik, är utvecklat och tillverkat av HamLinco AB i Åkersberga. Vid konstruktionen har särskild hänsyn tagits för att undvika att elektriska störningar påverkar elektroniken. Se figur 8 och 9.



Figur 8. Kretskort med processor mm



Figur 9. Exempel på del av layouten.

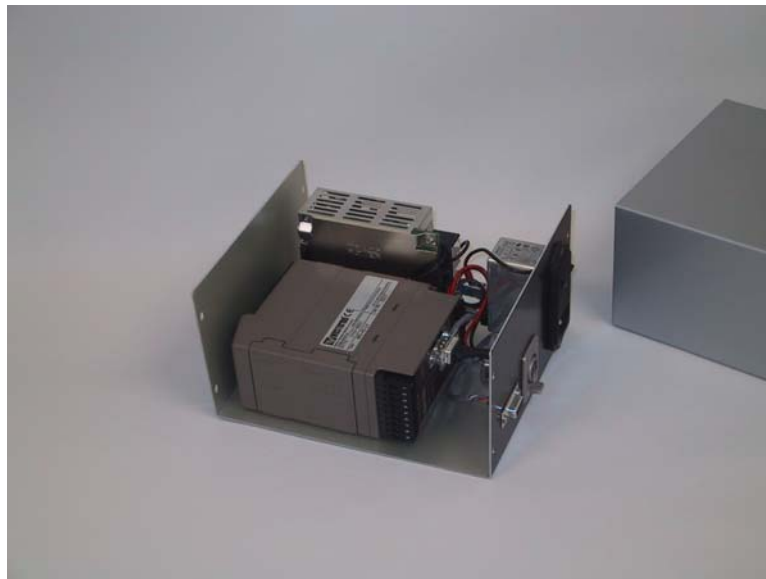
Styrenheten är uppbyggd kring en 8 bitars riskprocessor ATMEL, AT MEGA128. Den är monterad på ett europakort tillsammans med elektronik som styr kommunikation och kraftanpassningar mm. Bussinterfacet från kedjan är 2 st Dallas DS2480B kretsar. Mot landsidan är kortet galvaniskt isolerat och försett med kretsar för både RS422- och RS485-kommunikation. Processorn körs med realtidsexekutiv PR\_RTX v2.0. Programmet som styr insamling av data från de enskilda sensorerna är skrivet i C. Detta program kan till en del styras från PCn i land.

## ***Förbindelsekabel***

Förbindelsekabeln, som går från undervattensbehållaren till landenheterna, har beteckningen FKAR-PI 150/250V och är tillverkad av Draka Kabel Sverige AB, Nässjö. Den består av en fyrtrådig ståltrådsmantlad kabel isolerad med blyfri PVC. I vattenändan är kabelns ståltrådsmantel avslutad i en elektriskt isolerad kevlarfiber förbunden med en stålögla som kan förankras i undervattensbehållaren där den elektriskt är ansluten med SubCon kontakter. I landändan avslutas kabeln i en tunnare kabel som ansluts till landbehållare.

## ***Landenheter***

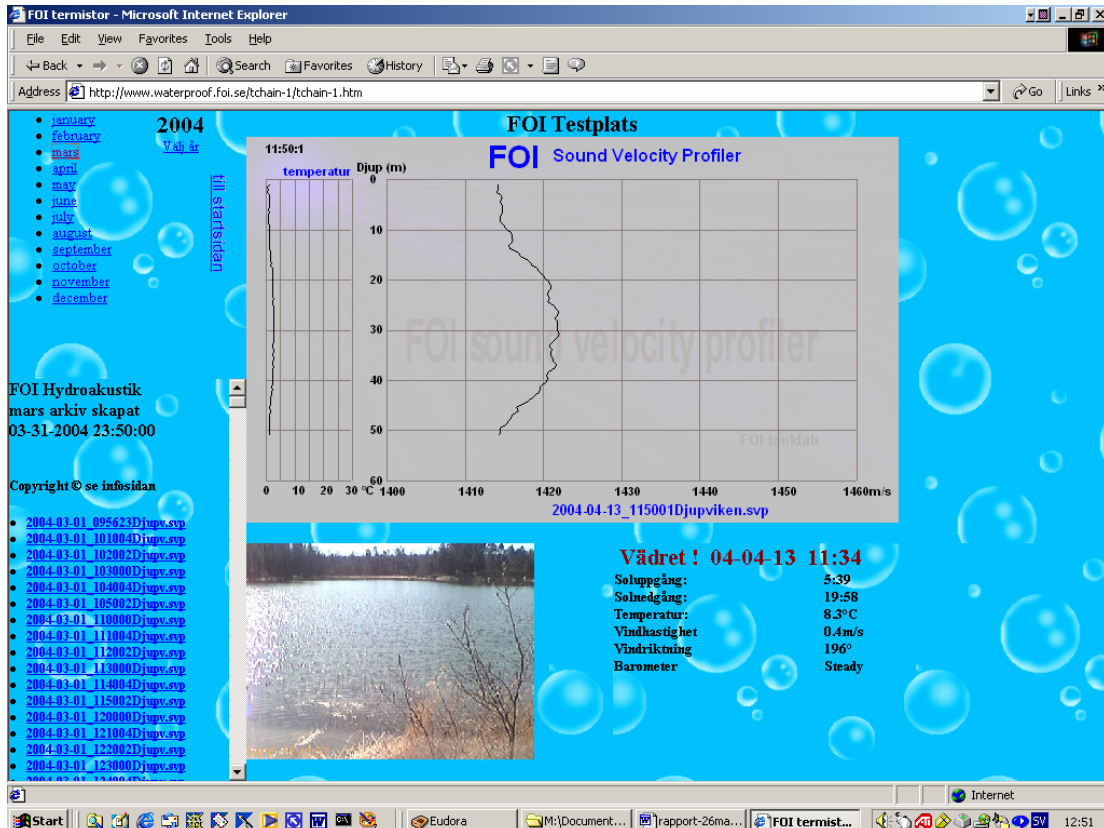
I land ansluts förbindelsekabeln till en landbehållare (fig. 10). Denna innehåller elektronik och modem för kommunikation med undervattensenhetsens processor. Via enheten sker också kraftförsörjningen till undervattensenheten och temperatursensorkedjan. Landbehållaren ansluts till 220 V växelström och via en datakabel till en PC. PCn innehåller program för insamling av mätvärden från processorn i undervattensenheten. Programmen kan också lagra data och göra dessa tillgängliga för bearbetning. PC är i detta system en standard dator på 1,6GHz. Den är försedd med modem, comport, XP och program för att hämta data och styra UV processorn. För att visualisera data finns ett Visuell Basic program. Med program kan data överföras till andra datorer.



Figur 10. Landbehållaren med innehåll

## Visualisering av mätresultat

I samband med provning av termistorkedjan har vi utvecklat program, teknik och system för att externt, via nätverk, visa mätresultat, se figur 11. Denna utveckling ingick inte i utvecklingen av kedjan, men har medfört en möjlighet att övervaka provningen av kedjan på stort avstånd. Denna teknik kan komma till stor nytta i det fortsatta forskningsarbete och ligger i linje med den utveckling som sker inom försvaret med allt mer kommunikation och styrning i nätverk.



11. Förslag till sidlayout

## Fortsatt utvecklingsarbete

Ytterligare kedjor planeras för att kunna mäta i flera områden samtidigt. En trycksensor ska utvecklas för att kunna mäta djupläget på kedjan. En mobil kedja som är ansluten till en friflytande boj skisseras. Denna skulle kunna överföra mätdata via radiosignaler. Den använda tekniken gör att andra typer av sensorer kan utvecklas och integreras med en kedja av denna typ. Arbetet med att tydliggöra och visualisera mätresultat bör fortsättas. En ytterligare utveckling kan vara att använda mätdata till att göra kontinuerliga analyser av ljudutbredning, samt att göra prognoser för hur miljön i en vattenvolym kommer att förändras.

## KONSULTER/LEVERANTÖRER

HamLinco AB, Sågvägen 12, 184 85 Åkersberga,  
Te. 08-540677770

Davab Elektronik AB, Ö. Industriområdet 4,  
Box 55, 68822 STORFORS i Storfors  
Tel. 0550-620 20  
<http://www.davab.se>

Draka Kabel Sverige AB, Vallg. 5, 57188 NÄSSJÖ  
Tel. 0380-55 40 00  
<http://www.draka.se>