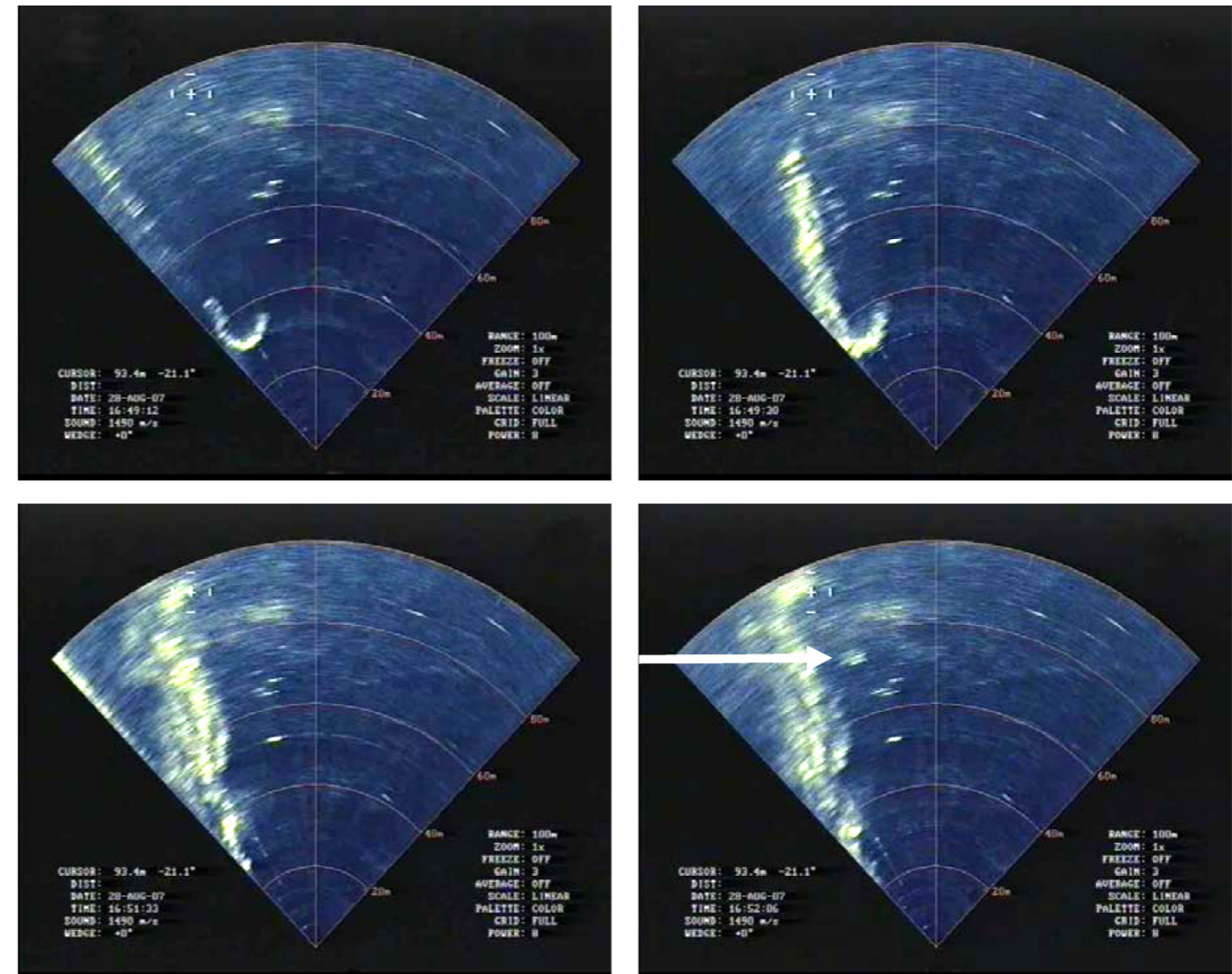


PER MORÉN OCH RON LENNARTSSON



FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.

Per Morén och Ron Lennartsson

Spaning mot dykare med aktiv sonar i hamnmiljö

Titel	Spaning mot dykare med aktiv sonar i hamnmiljö
Title	Diver Detection with Active Sonar in Harbour Environments
Rapportnr/Report no	FOI-R--2570--SE
Rapporttyp Report Type	Underlagsrapport Base data report
Sidor/Pages	19 p
Månad/Month	September
Utgivningsår/Year	2008
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	FM
Forskningsområde Programme area	4. Sensorer och signaturanpassning 4. Sensors and Low Observables
Delområde Subcategory	43 UV-teknik – sensorer 43 Underwater Technology - Surveillance, Target acquisition and Reconnaissance
Projektnr/Project no	E20606
Godkänd av/Approved by	
FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut	FOI, Swedish Defence Research Agency
Avdelningen för Försvars- och säkerhetssystem	Defence & Security, Systems and Technology
164 90 Stockholm	SE-164 90 Stockholm

Sammanfattning

För skydd av hamn och basområde mot små undervattensshot, t.ex. dykare, med låga aktiva och passiva signaturer är högupplösande aktiva sonarer den idag mest mogna sensortekniken. Sådana sonarsystem finns tillgängliga från många tillverkare och används i allt större utsträckning för övervakning i hamnmiljö. I Sverige finns f.n. inget system i operativ drift, men förmågan till effektiv kontroll av undervattensdomänen i hamnområden diskuteras både militärt och civilt.

Olika egenskaper och variationer i undervattensmiljön är de begränsande faktorerna för aktiva systems prestanda i hamnmiljö. I projektet "UV-sensorsystem för kontroll av etablerade operationsområden" studeras hur fusion av passiva akustiska, elektriska och magnetiska undervattenssystem kan stötta aktiva sonarer för att på så sätt kunna uppnå ett mer fullgott hamnskydd. Nyttjandet av en aktiv hamnsonar under realistiska förhållanden vid ett sjöprov i Göteborgs hamnområde har visat både potentialen och några av begränsningarna med aktiva system.

Exempel från kompletterande litteraturstudier pekar både på de aktiva systemens möjligheter men även de begränsningar som framför allt den komplicerade undervattensmiljön i hamnområden kan orsaka.

Nyckelord:

Hamnsonar, hamnskydd, hamnövervakning, undervattenssensorer, dykardetektion

Summary

For protection against divers and other small underwater threats in harbours or temporary established forward bases, active sonar systems offer the most developed counter technology. Such sonar systems are available from a great number of manufacturers and are used for harbour surveillance to an increasing extent. At present, there is no system in operation in Sweden, still the ability to improve the capacity of underwater surveillance in harbour areas are discussed in military as well as civilian applications.

Different properties and variations in the underwater environment are the limiting factors for active sonar performance in harbour environment. In the project "Underwater sensor systems for harbour and base protection" data fusion with input from passive underwater systems, (sonar, electric and magnetic) is studied. The goal of this project is to support active sonar with passive systems, so a more complete coverage and protection can be provided. The use of active sonar during realistic conditions in the Gothenburg harbour has shown both the potential and some of the limitations with active systems.

Examples from literature point to the active sonar capabilities as well as the limitations in performance due to the complicated underwater environment usually found in a harbour area.

Keywords: Harbour surveillance sonar, port protection, port security, underwater sensors, swimmer detection

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
2	Mätningar med RESON SeaBat 6012	8
2.1	Bakgrund.....	8
2.2	Försöksbeskrivning, RESON SeaBat 6012	8
2.3	Resultat	10
3	Aktiv sonar för hamnövervakning	14
3.1	Bakgrund.....	14
3.2	Demonstration av nya system.....	15
3.3	Miljöns inverkan på prestanda	16
3.4	Rörlig plattform för klassificering.....	16
4	Slutsatser	18
5	Referenser	19

1 Inledning

För skydd av hamn och basområde mot små undervattenshot, tex dykare, med låga aktiva och passiva signaturer saluförs det i dag ett flertal olika sensorsystem. Högupplösande aktiva sonarsystem anpassade för hamnövervakning dominerar marknaden och i stort sett alla de stora tillverkarna av sonarer, men också många mindre industrier, är med och konkurrerar för att möta en allt mer ökande efterfrågan.

Även om aktiva sonarer är ett viktigt instrument för hamnskydd så räcker det sällan med en sensortyp för att klara bevakningen i den komplicerade miljö som ett hamnområde utgör. Grunda vatten, speciella bottenförhållanden, kajkanter och kraftiga och snabba variationer i ljudhastighetsprofil kan ge problem men reverberation, multipla reflexer och begränsa räckvidden för aktiva sonarsystem. Miljön är dessutom ofta starkt påverkad av fartygstrafik som alltid genererar störande kölvatten. För passiva system är den starkt störda bakgrundsnivån [1] som begränsar räckviddsprestanda. Genom att sammanställa lägesbilden med underlag från flera typer av under- och övervattenssensorer kan förmågan till detektion och klassificering av små undervattensmål alltid förbättras.

Den fortsatta teknikutvecklingen av aktiva sonarsystem sker för närvarande huvudsakligen inom industrin och man lägger inte samma resurser på passiva sonarer. I projektet "UV-sensorsystem för kontroll av etablerade operationsområden" ligger fokus på forskningen därför på passiva sonarer och elektriska och magnetiska undervattenssystem samt fusion av data från dessa system. Den verksamhet som rör aktiva sonarsystem begränsas inom projektet till att bevaka teknikområdet. Dessutom används information från aktiva sonarer och övervattenssensorer som stöd vid analys av experimentella data registrerade från de i projektet ingående passiva systemen. De hamnsonarer som FOI har haft tillgång till vid dessa försök är gamla modeller som FOI och FMV har använt i tidigare provverksamhet. I Försvarmaktens (FM) organisation ingår för närvarande inget motsvarande operativt system.

I kapitel 2 redovisas några exempel på erfarenheter av en äldre typ av aktivt sonarsystem (RESON SeaBat 6012) som användes i samband med ett sjöförsök i Göteborgs hamn 2007.

Kapitel 3 ger en översiktlig bild av teknologin utifrån litteraturstudier och intryck från internationella konferenser och kontakter.

2 Mätningar med RESON SeaBat 6012

2.1 Bakgrund

Inom ramen för projektet "UV-sensorsystem för kontroll av etablerade operationsområden" genomfördes i samarbete med Amf 1 ett sjöförsök i Göteborgs hamn hösten 2007. Syftet med mätningarna var i första hand att lära känna variationer i bakgrundsmiljön, (akustiska, elektriska och magnetiska nivåer i vattenvolymen) samt att med de tre typerna av passiva sensorer registrera signaturer för små undervattensmål, dykare med olika dykutrustning, ROV och AUV.

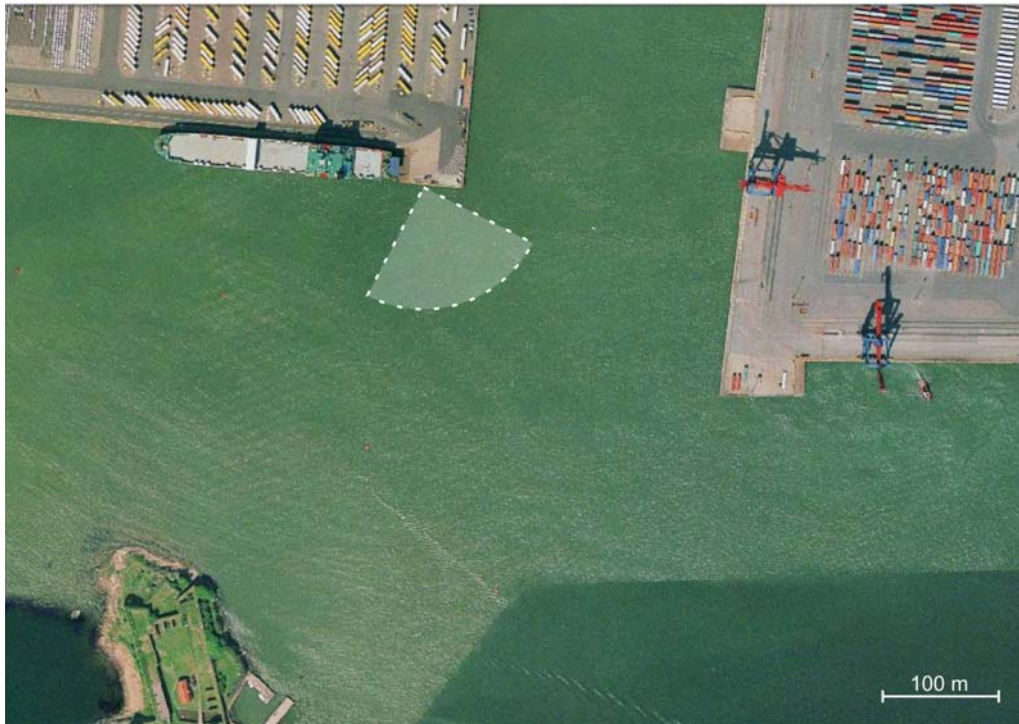
2.2 Försöksbeskrivning, RESON SeaBat 6012

För att få en uppfattning om förutsättningarna för spaning mot dykare med högfrekvent aktiv sonar och att under försöket kunna få ett stöd för att verifiera målens rörelser under vattnet användes en aktiv hamnsonar, RESON SeaBat 6012, se figur 1. Den har en riktad sektor på 90° horisontellt och 15° vertikalt med ställbar avståndsskala upp till maximalt 200 m, (sju olika valbara avstånd). Sändpulsens är 455 kHz med en pulslängd på 77 μ s vilket ger en avståndsupplösning på ca 5 cm och en vinkelupplösning på ca 1,5°. Utan stativet väger sonaren 16 kg i luft och ca 6 kg i vatten. Den är tillverkad år 1993 och RESON har ersatt modellen med en ny generation SeaBat i 7000-serien som enligt tillverkaren ska ha bättre prestanda.

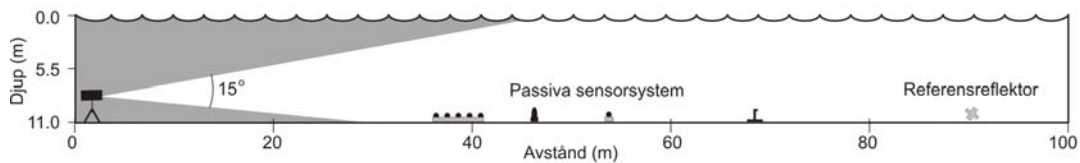


Figur 1. Hamnsonar SeaBat 6012 monterad på ett stativ som justerades så att sonaren var fixerad 2,5 m över botten under försöket i Göteborgs hamn.

Sonaren var under försöket monterad på ett stativ som var placerat på botten vid kajkanten intill försöksområdet. Genom att sonaren var fast monterat på stativet fixerades sonaren position och riktning vid sjösättningen, ca 2,5 m över botten och nära horisontellt orienterad. Hamnområdet är muddrat och botten är därför ganska plan med ett vattendjup kring 11 m. De passiva sensorerna var placerade på botten i försöksområdet och inom en sektor som kunde täckas av den aktiva sonaren med avståndsskalan ställd på 100 m, se figur 2 och 3.



Figur 2. Flygfoto över försöksområdet vid Älvsborgs- och Göteborgs hamn där den 90° horisontalsektorn för hamnsonaren är markerat. (Foto Lantmäteriverket/Göteborg).



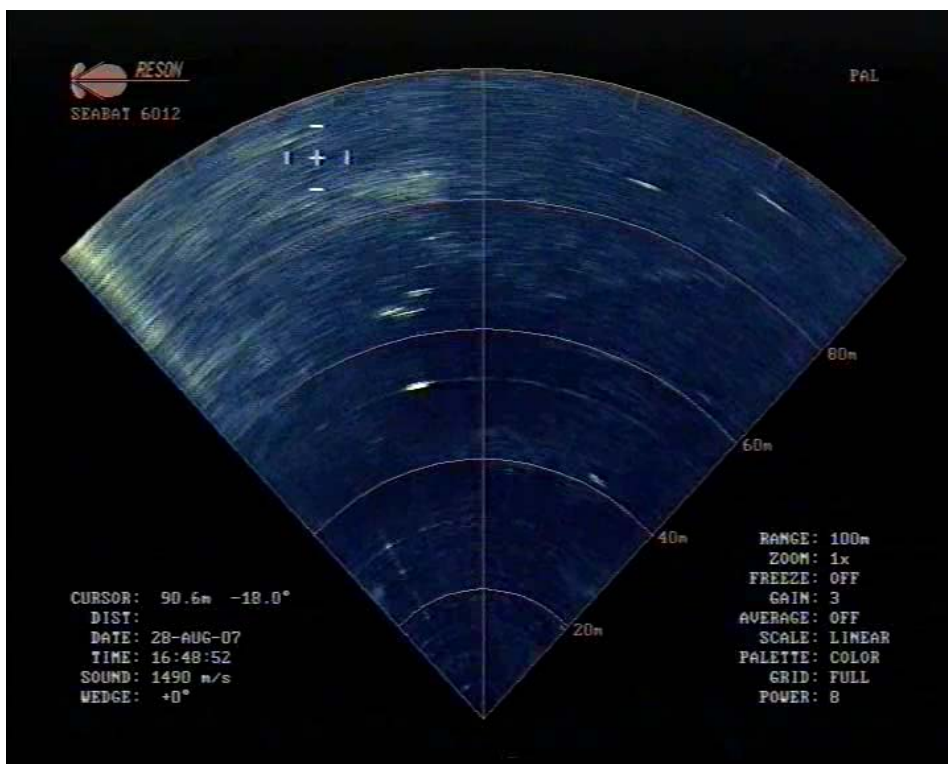
Figur 3. Tvärsnitt av sonarens täckningsområde med en fast vertikal sektor på 15° som här var riktad längs horisontalplanet. Avståndsskalan var ställd på 100 m för att täcka området där de passiva sensorssystemen var placerade. Sonaren står ca 2,5 m över botten.

Jämfört med nyare versioner av RESON hamnsonarer i serien SeaBat 7000 har modellen 6012 begränsade inställningsmöjligheter och saknar modernt opertörsstöd som larm- och detektionsfunktioner, målsparföljning, etc. Operatören har att välja på sju olika avståndsskalor från 2,5 m upp till 200 m, vilket automatiskt ger en anpassad puls-repetitionsfrekvens från 30 Hz ner till 3,5 Hz. Under försöket valdes skalan 100 m vilket gav en puls-repetitionsfrekvens på 7 Hz. Operatören kan vidare ändra på utsänd effekt och korrigera förstärkningen på den mottagna signalen, inställningar som optimeras mot rådande miljöförutsättningar, som botten- och ytreverberation samt volymsabsorption, genom att prova hur olika nivåer påverkar sonarbilden. Genom att välja en funktion som medelvärdesbildar sonarbilden över ett antal pulser kan operatören få en tydligare referensbild över målområdet, något som kan underlätta när operatören med ögat ska upptäcka ett svagt rörligt

mål i sonarbilden. I övrigt finns det möjligheter att ändra färgskala och zooma i bilden samt en markör för att läsa av avstånd och riktning inom sektorn.

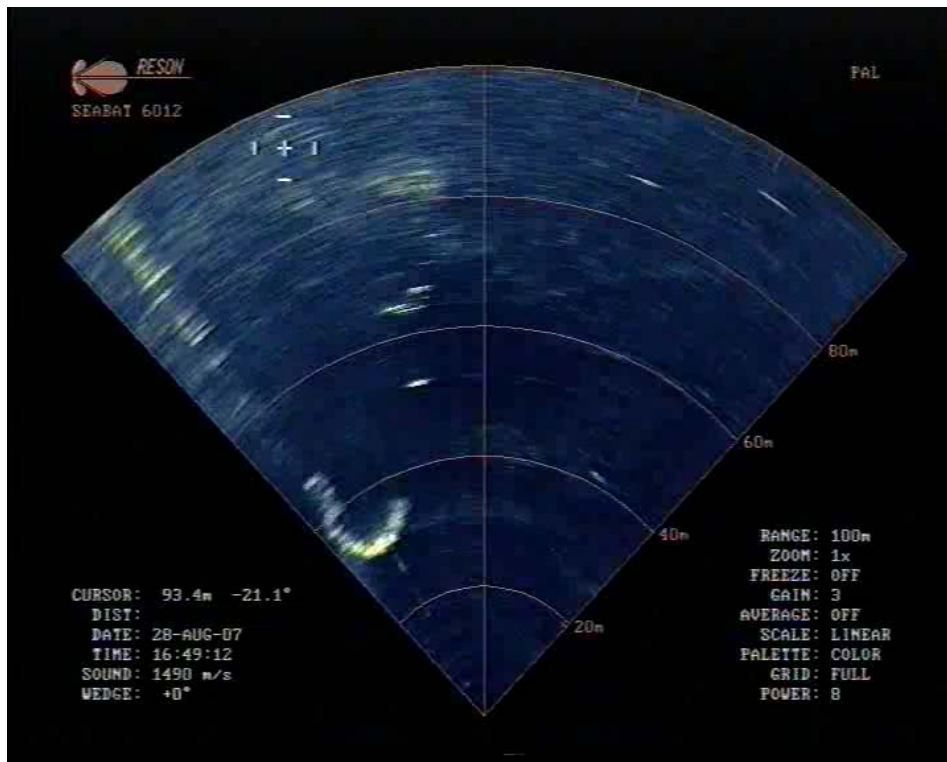
2.3 Resultat

Figur 4 visar ett exempel på hur sonarbilden över försöksområdet kunde se ut med de valda inställningarna på SeaBat 6012. De små distinkta reflexerna är några av de passiva sensorerna och referensreflektorerna som är placerade på botten, (jfr figur 3). De två dykare som vid tillfället ligger stilla vid ytan i närheten av markörens placering, avståndet 90,6 m och riktningen -18° relativt sonarens norrlinje, går här inte att upptäcka då deras signatur döljs av ytreverberationen. Båda dykarna är här utrustade med ett slutet andnings-system, dvs de avger inga bubblor och har därför lägre målstyrka än dykare med öppna system.



Figur 4. Sonarbild över försöksområdet i Göteborg med de valda inställningarna på SeaBat 6012. Några av de bottenliggande sensorerna och referensreflektorerna är här tydliga reflektorer. Ytliggande dykare vid markören döljs av ytreverberationen.

I sonarbilden i figur 5 har en G-båt, (se fig 6), startat från kajen till vänster om sonarens position för att gå ut mot de två dykarna som väntar i ytläge i området vid markören. I sonarbilden framträder båtens kölvattenspår tydligt redan vid 30 m där den har backat ut från kajen innan den vänt i riktning mot dykarna, vilket resulterat i det krökta spåret.

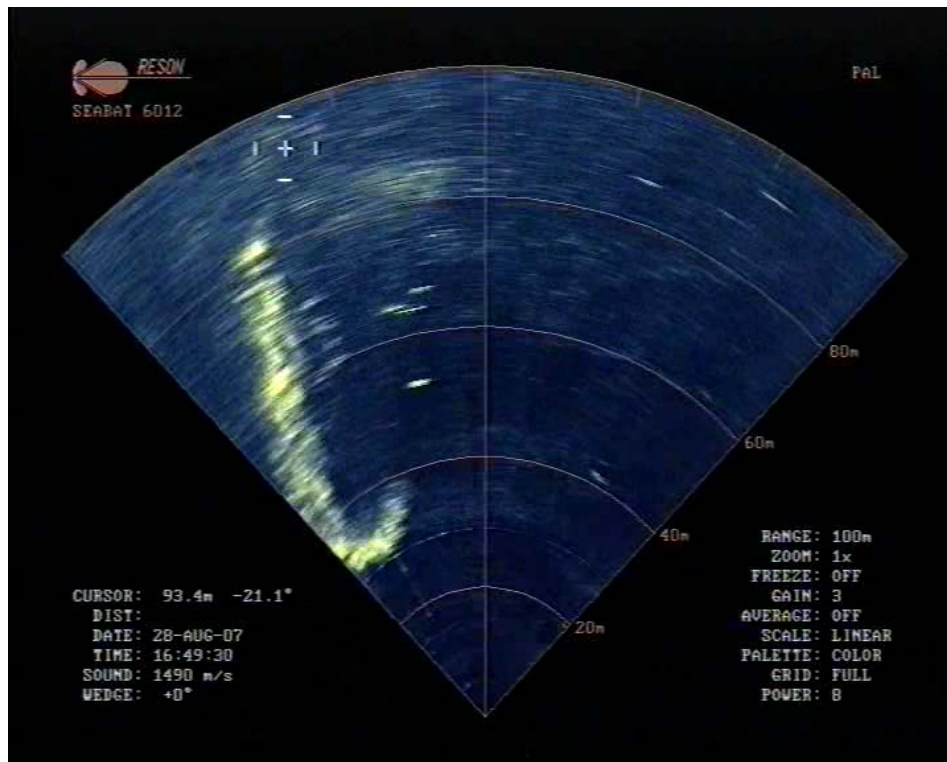


Figur 5. I sonarbilden framträder det böjda kölvattenspåret från en G-båt tydligt vid ca 30 m, i övrigt jämförbar med figur 4.



Figur 6. G-båten som genererat kölvattenspåren i sonarbilderna är 8 m lång och drivs med vattenjetaggregat.

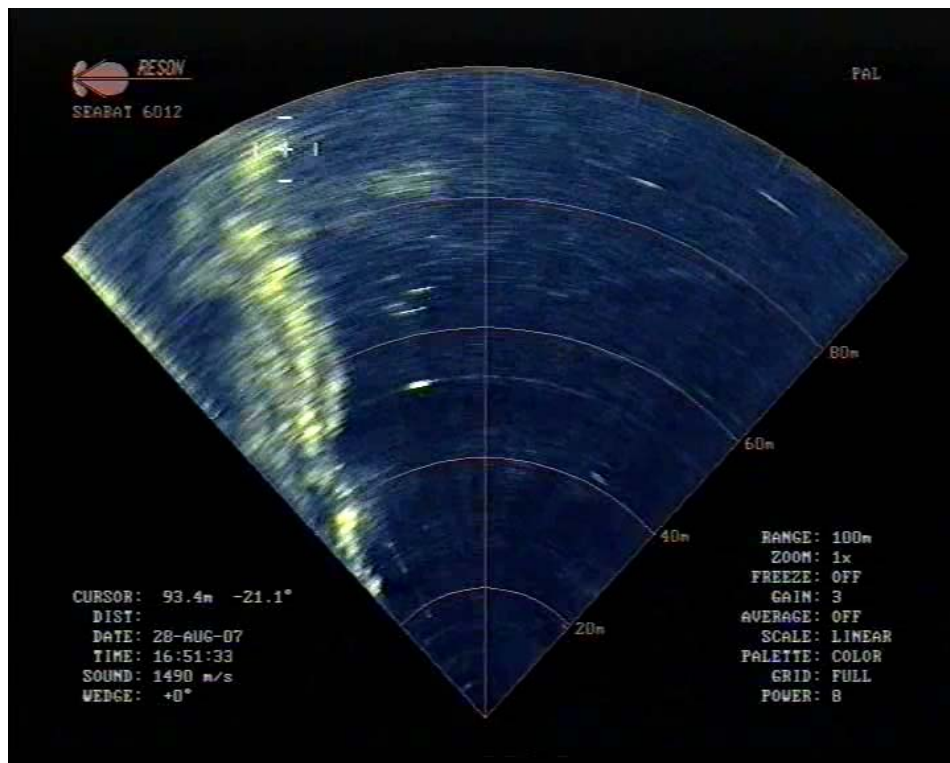
Figur 7 visar en sonarbild 18 sekunder senare jämfört med figur 5 och G-båten har nu närmat sig de väntande dykarna. Här är det också lätt att följa detaljer från starten av kölvattenspåret eftersom bubblorna i kölvattnet ännu inte hunnit spridas tillräckligt mycket.



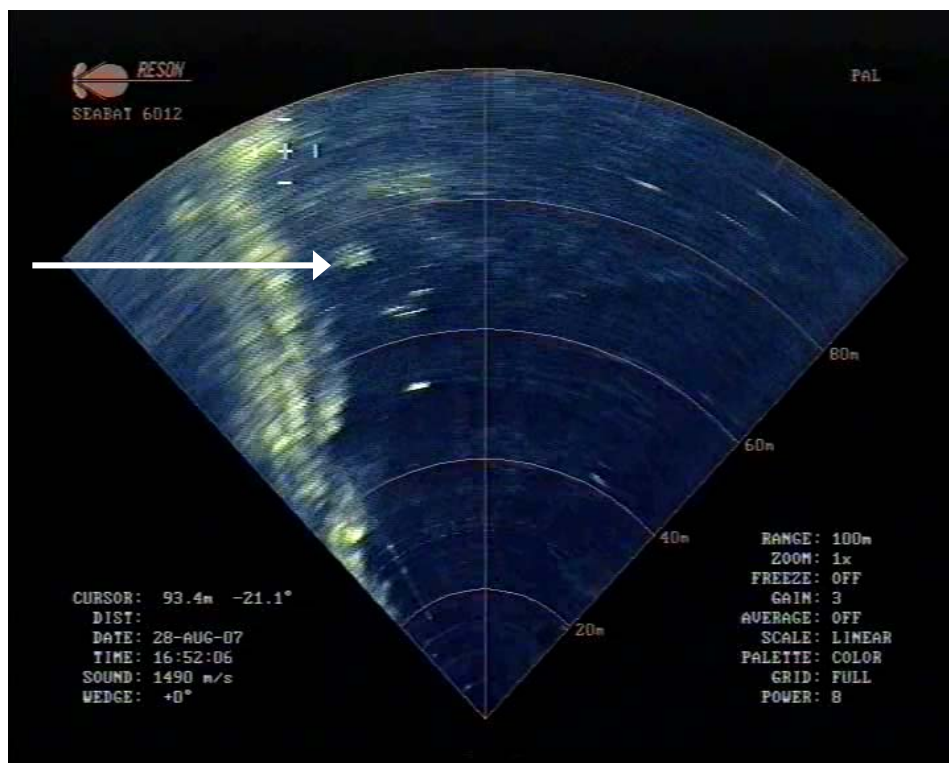
Figur 7. I sonarbilden är det lätt att följa kölvattenspåret från G-båten, bilden tagen 18 s senare jmf med bilden i figur 5.

I de följande två sonarbilderna, figurerna 8 och 9, har dykarna gått ner till 5 m djup och simmar i riktning mot sensorgruppen som syns i bilderna på avstånden 65 – 70 m. Dykarna simmar i par snett bakom varandra och med en lucka på max 3 m. G-båten ligger kvar i området och driver med avstängd motor strax utanför sonarens sektor. Det tidigare kölvattenspåret finns fortfarande, mer än fyra minuter efter passagen, kvar som en dimridå i sonarbilden. Bubblorna i kölvattnet har hunnit spridas så att spåret breddats och i figur 8 helt döljer signaturen av dykarna. I figur 9 har dykarna hunnit simma ut från området med kölvattenstörningen och är här tydligt synliga som ett rörligt mål, däremot är det svårt att i sonarbilden att separera de två dykarna. Även vid tillfällena när dykarna var ännu närmare sonaren var det inte alltid lätt att urskilja två dykare. Tyvärr fanns det under försöket inte tid att i någon större utsträckning prova med olika inställningar på sonaren för att se vilka effekter det kunde ge.

Under försöksperioden, som totalt omfattade tre dagar av tester med passiva sensorer, användes RESON SeaBat 6012 endast under den första dagen. När sonaren skulle startas den andra dagen fungerade den inte, orsaken till haveriet är fortfarande oklart. Till nästa planerade sjöförsök i hamnmiljö, Göteborg hösten 2008, kommer vi i stället att använda en RESON SeaBat 8100 som levererades till FMV år 2000 som en speciellt framtagen provmodell för i första hand minjakt. Genom att den har en lägre sändfrekvens, 240 kHz, ska den också ha möjlighet till längre räckvidd än SeaBat 6012, enligt specifikationen upp till 400 m. Den horisontella sektortäckningen är 120° och den vertikala är 15°. I övrigt är inställningsmöjligheter och opertörsstöd i stort sett jämförbart med SeaBat 6012. Storleksmässigt är SeaBat 8100 något större än 6012 och viktmässigt är den mer än fyra gånger så tung som 6012.



Figur 8. Dykarna på 5 m djup är här dolda i det kvarliggande kölvattenspåret från G-båten, bilden tagen 4 min senare jmf med bilden i figur 7.



Figur 9. Dykarna på 5 m djup har simmat ut ur det kamouflerande kölvattenspåret från G-båten och blir då synliga, se pilen. Bilden är tagen 30 s senare jmf med bilden i figur 8.

3 Aktiv sonar för hamnövervakning

3.1 Bakgrund

Den internationella efterfrågan på effektiva system för hamnövervakning har lett till att industrin i dag erbjuder ett stort antal olika sensorsystem där aktiva monostatiska sonarer är den i särklass vanligaste produkten för detektion av inträngande dykare. Vid val av lämplig sonar för bevakning i ett hamn- eller basområden ger aspekter som geografiskt läge, miljövariationer, hotbild, mobilitet, kostnader och resurser förutsättningar för olika design och prestanda. De flesta system har automatiska funktioner för detektion och målföljning som viktiga stöd till en operatör. Prestanda är samtidigt beroende av operatörens kunskap om orsaker och effekterna av variationer i vattenmiljön och hur olika funktioner därför måste justeras för att systemet ska fungera optimalt i den för tillfället rådande situationen.

Svensk kunskap om de speciella förutsättningar som gäller ljudutbredning i extremt grunda vatten har varit starkt bidragande till utvecklingen av sonarsystem för hamnskydd. Under flera år under andra hälften av 80-talet specificerade och testade FMV tillsammans med FM och FOI system för kustnära undervattensövervakning anpassade för Östersjön, projektet gick under namnet ”Aktiv sonar för inloppsbevakning”. Utvärderingarna från dessa tester resulterade t.ex. i att C-Tech Ltd producerade systemet CSAS-80, som i dag bla är integrerat som en komponent i Sydkoreas multisensorsystem för hamnskydd [2,3]. Det svenska prototypsystem, Sonar 390 i figur 10, som användes vid de avslutande proverna i mitten av 90-talet såldes några år senare tillbaka till tillverkaren C-Tech.

Försvarsmakten disponerar för närvarande inget operativt system med aktiv sonar för hamnövervakning, men med tanke på att systemen kan ge en ökad förmåga till hamn- och basskydd finns det intresse av att följa den fortsatta teknikutvecklingen inom området.



Figur 10. Sonar 390, C-Tech system CSAS-80. Den övre rostfria delen är sändar- och mottagadel, den gröna undre delen är elektronik- och kopplingsdel. Storleken gör att systemet är lämpligast för fast installation, med stativet är våtdelen ca 3 m hög

3.2 Demonstration av nya system

Vid de sjöförsök som NATOs arbetsgrupp Special Team for Harbour Protection Trials (ST-HPT) genomförde i La Spezia, Italien, 2006, (HPT-06) medverkade ett antal svenska representanter som observatörer [4,5]. Syftet var att i en realistisk miljö demonstrera och jämföra prestanda för några valda produkter lämpliga för skydd av hamnar, kajer och fartyg. Vid försöken testades bla fyra olika aktiva hamnsonarer, RESON SeaBat 7128, Kongsberg SM2000, SAES DAB samt QinetiQ CERBERUS mot dykare i några valda situationer. De svenska observatörerna ansåg då att CERBERUS fungerade bäst under de förutsättningar som gavs vid försökstillfället. Nyttan med att kunna medverka på plats vid sjöförsök och tester för att på så sätt kunna få en uppfattning om prestanda är uppenbar, tex kan observatörernas intryck av RESON SeaBat 7128 och motsvarande resultat som går att finna på RESONs hemsida [6] jämföras. De svenska representanterna skriver att målföljningsalgoritmen i SeaBat 7128 inte fungerade tillfredställande, medan RESON själva skriver att försöken bekräftade att målföljningsalgoritmen fungerade.

Vid jämförelse av olika system är det inte alltid självklart att ett system som visade bästa prestanda vid ett tillfälle fungerar lika bra vid ett annat tillfälle med andra miljöförutsättningar. I La Spezia hamn har man observerat att detektionsavståndet med en och samma sonar varierat hundratals meter från ena dagen till den andra beroende på snabba förändringar i vattenvolymen [7]. Miljöeffekter ger ofta upphov till återkommande avbrott i ett målspar, effekter och som automatiska funktioner måste kunna hantera för att inte klassificera dessa som falsklarm. Man måste också komma ihåg att en demonstration av ett system vid ett givet tillfälle inte ska förväntas kunna ge en komplett bild av alla prestanda för systemet. En systematisk utvärdering av prestandagränser blir betydligt mer omfattande än en demonstration vid givna förutsättningar.

September 2008 genomförde NATO, ST-HPT ytterligare ett sjöförsök, den här gången i Eckernförde, Tyskland. Försöket var en slutdemonstration för arbetsgruppen och samtidigt mer omfattande än försöket HPT-06. Sverige har ansökt om att få medverka med observatörer, men har tyvärr fått avslag. Däremot kommer dokumentationen av utvärderingen att bli tillgänglig när den publiceras.

Inom ramen för HKV studie ”SJÖ 080870S - Systemstudie av sensorer i ett hamnsäkerhetsperspektiv” har FOI erbjudit RESON möjligheten att demonstrera sitt hamnsonarsystem SeaBat 7112 under ett sjöförsök som genomförs i Göteborgs hamnområde v.40, 2008. Sjöförsöket omfattar gemensam provverksamhet med de passiva system som ingår i projektet ”UV-sensorsystem för kontroll av etablerade operationsområden” samt tillgängliga FM-system. Dessutom bidrar Patria med två passiva SURA-bojar. Mätningar kommer att göras mot dykare utrustade med öppna såväl som slutna system, i vissa fall även med undervattensscooter. Även några mätningar mot en AUV, SAPPHIRES från Saab Underwater Systems, är planerade under försöket.

FOI har ett pågående informationsutbyte med verksamhet inom FFI, Norge som har en naturlig koppling till Kongsberg och deras teknikutveckling inom området hamnövervakning [8]. FFI har uttryckt intresse av att få möjlighet att testa ett av Kongsbergs nya system, LASAR 40 SU, som f.n. är under utveckling, i svensk hamnmiljö på västkusten. Anledningen är att man vill prova systemet i en miljö som är mer representativ för internationella hamnar än vad de djupa norska fjordarna erbjuder. LASAR 40 får med en centerfrekvens på drygt 40 kHz och bandbredd på 15 kHz troligen bättre räckvidd än mer högfrekventa sonarer. Systemet är tänkt att kunna komplettera de mer högfrekventa systemen SM 2000 samt DDS 9000 och de första sjöproven med LASAR 40 sker i Norge under 2008. FOI diskuterar f.n. direkt med Kongsberg för att få till stånd testerna med LASAR 40 SU och med önskemål om en samtidig demonstration av DDS 9000 i svensk hamnmiljö under 2009.

3.3 Miljöns inverkan på prestanda

Som tidigare nämnts så är det en mängd olika faktorer i undervattensmiljön som påverkar ljudutbredningen i ett hamnområde. Ljudhastighetsprofilen varierar både snabbare och kraftigare i ett hamnområde än vad den gör på fritt och djupare vatten. Dessutom är det ofta lokalt stora variationer inom det relativt begränsade området som ska övervakas. Fluktuationer i vattenskiktningen ger även en fluktuerande refraktion så att utsända och reflekterade pulser studsar mot botten och yta efter ett mönster som kommer att variera. Att dessa typer av miljöeffekter ger olika räckvidder vid skilda tillfällen samt ger upphov till återkommande avbrott i ett målspar gäller generellt för alla aktiva sonarer. När tillverkare redovisar maximala räckvidder kan man utgå från att siffrorna gäller för ideala förhållanden med en stabil och homogen vattenmassa.

Med en aktiv sonar på ca 100 kHz kan man enligt många tillverkare detektera dykare på upp till 1 km avstånd. Dessa räckvidder är troligtvis påvisade i en för sonaren ideal miljö och mot dykare med öppet system. I en realistisk hamnmiljö blir räckvidderna betydligt kortare, oftast under 500 m för dykare med öppna system och under 200 m för dykare med slutna system se t.ex. [4] och [9]. Dessa räckvidder kommer dessutom att variera starkt vid små förändringar i undervattensmiljön. En liten förändring i ljudhastighetsprofilen kan halvera eller fördubbla räckvidden för en sonar [9] och [10-12]. Sådana förändringar kan i många fall ske många gånger per dygn. Så även om dessa sonarer är kraftfulla verktyg så kräver de kunskap för att kunna utnyttja dem på rätt sätt samt inte minst för att vara medveten om deras begränsningar.

Genom att mäta ljudhastighetsprofilen regelbundet, gärna på flera ställen om man misstänker lokala variationer, kan effekterna av miljön simuleras med numeriska modeller. Vissa tillverkare har i sina system modeller för att simulera vågutbredningen och därigenom göra operatören medveten om hur de aktuella förhållandena inverkar på sonarprestanda. Simuleringsresultat kan också utnyttjas för att optimera placering och riktning, tex om sonaren är flytt- och/eller vridbar så kan en simulering visa om en ny position är mer fördelaktig. Modelleringsverktyg för val av en optimal pulsform vid rådande förutsättningar kan också vara ett effektivt stöd för användaren. I många situationer är troligt att man behöver flera aktiva sonarer för att täcka ett hamnområde, det är då viktigt att dessa placeras på ett sätt så att de kompletterar varandra så bra som möjligt. Här kan simuleringar av sonarernas individuella täckningsområden ge ett bra underlag för optimal placering inom området och även vara till hjälp för att placera sonarerna så att de inte riskerar att störa varandra. Samtidigt ska man vara medveten om att det finns många olika typer av modeller och att alla modeller inte klarar av att ge den detaljerade upplösning som kan krävas i den svåra hamnmiljön [13].

Även om systemen i dag har många inbyggda automatiska funktioner så betyder operatörens färdigheter fortfarande mycket för ett optimalt utnyttjande av funktionerna. En förståelse av hur miljön inverkar på sonarprestanda är grundläggande, det kan tex ge en känslan för hur nivåer i de automatiska detektions- och målföljningsfunktionerna ska justeras. Operatörserfarenhet vid ett visst system och kunskap av inverkan av de variationer i vattenförhållanden, störningar från djurliv, kölvatten, etc som är unika för olika hamnområden betyder alltid mycket för maximalt utnyttjande av systemets prestanda.

3.4 Rörlig plattform för klassificering

För att klara uppgiften att skydda en hamn eller ett basområde mot undervattenshot så krävs att en rad system samverkar. Hittills har det mesta som rör hamnskydd handlat om hur man kan upptäcka dykare. Utöver möjligheten att upptäcka en inkräktare krävs möjlighet att förhindra att den upptäckta inkräktaren kan utföra sitt uppdrag och kanske

orsaka skada. Ett sätt att stoppa en inkräktare är att använda handgranater, vilket är effektivt men i de flesta fall inte möjligt.

Ett koncept som presenterades WSS08 (Water Side Security) konferens i Köpenhamn, augusti 2008, [10, 14], bygger på en 100 kHz DDS (Diver Detection Sonar) för att detektera dykare eller andra uv-mål. När ett misstänkt mål har detekterats med DDSn skickas en autonom ytfarkost ut till det detekterade målet. Denna farkost är utrustad med en högupplösande sonar (minst 400 kHz), sonarbilden länkas till en operatör som får avgöra om det detekterade målet är ett hot eller kanske bara ett marint däggdjur. Om kontakten klassificeras som dykare räknar man med att sända ett audioellt varningsmeddelande, följt av lågfrekvent aktiv sändning för att skapa obehag för dykaren [10] och därigenom tvinga denne att komma till ytan eller vända om. Om kontakten istället är en AUV så lär det inte gå att stoppa denna genom aktiv sändning av ljud. I det senare fallet krävs något annat motmedel. En möjlighet är att använda någon form av nät som kan fånga in AUVn. Ett sådant nät skulle också gå att använda mot dykare. Dödligt våld kan säkert inte uteslutas som en slutlig åtgärd om inget av ovanstående hjälper, men man har i alla fall börjat studera möjligheter till icke-dödliga motmedel.

NATO Undersea Research Centre (NURC) tittar på två olika typer av sonarer för att generera bilder för klassificering från en rörlig plattform. Bildalstrande framåttittande sonarer [14] ger möjlighet att rent visuellt känna igen en dykare om man är högst 25m ifrån dykaren. Detta gör att denna typ av sonar är väl lämpad för att placeras på en obemannad farkost som guidas av DDS till närområdet an dykaren. En annan möjlighet är att använda sidotittande sonarer [15], som traditionellt används för bottenkartering och minletning. En nackdel med den här typen av sonar är att den bara genererar en stillbild och att man därför kan vara tvungen att passera dykaren flera gånger för att få en säker klassificering. Ytterliggare en nackdel med det senare systemet är att det kan vara svårare att följa en dykare. NURC kommer att fortsätta sina tester under året och har hittills inte kommit fram till vilken typ som bör väljas för ett framtida system.

4 Slutsatser

Nyttjandet av en aktiv hamnsonar under realistiska förhållanden vid sjöprovet i Göteborgs hamnområde år 2007 har givit oss en viss känsla för både potentialen och begränsningarna med aktiva system. Även om det använda systemet, RESON SeaBat 6012, är en äldre modell som saknar många funktioner som är integrerade i nyare modeller så är erfarenheterna från testerna värdefulla för förståelsen av tekniken och hur kompletterande passiva sensorsystem kan stötta aktiva sonarer för att på så sätt kunna uppnå ett mer fullgott hamnskydd. Några resultat verifierar tidigare kända svårigheter med aktiva system där t.ex. ekot från en dykare nära vattenytan riskerar att försvinna i ytreverberationen och att kölvatten från passerande båtar effektivt kan dränka målekot från dykare under en period av flera minuter.

Andra dokumenterade försök och praktiska demonstrationer bekräftar miljöns kraftiga inverkan på aktiva sonarers prestanda. Med en aktiv sonar på ca 100 kHz kan man enligt många tillverkare detektera dykare på upp till 1 km avstånd. Dessa räckvidder är troligtvis påvisade i en för sonaren fördelaktig miljö och mot dykare med öppet system. I en realistisk hamnmiljö blir räckvidderna betydligt kortare, oftast under 500 m för öppna system och under 200 m för dykare med slutna system. Dessa räckvidder kommer dessutom att variera starkt vid små förändringar i undervattensmiljön. En liten förändring i ljudhastighetsprofilen kan halvera eller fördubbla räckvidden för en sonar. Sådana förändringar kan i många fall ske många gånger per dygn. Så även om dessa sonarer är kraftfulla verktyg så kräver de kunskap för att kunna utnyttja dem på rätt sätt samt inte minst för att vara medveten om deras begränsningar

En tydlig trend som diskuteras är att använda sonarer med frekvenser på 100 kHz eller lägre för att på så sätt försöka maximera detektionsavståndet. Genom att upplösningen samtidigt blir sämre försvåras klassificeringen av små mål, t.ex. dykare, varför system måste kompletteras med en mer högfrekvent, minst 400 kHz sonar som bör monteras på en rörlig plattform så att den kan förflyttas till närområdet av ett misstänkt kontakt.

De passiva system som vi studerar inom projektet kan tänkas komma till nytta för att täcka upp några av de begränsningar som den aktiva sonaren har. Som exempel kan nämnas att passiva system har lättast att detektera en dykare som simmar nära botten eller en kajkant, vilket ofta är svårt för en aktiv sonar. För att vara säker på att ha fullgod täckning så kan man i vissa fall behöva ha aktiva sonarer med mindre än 200 meters mellanrum. Vi håller det heller inte för otroligt att om de aktiva systemen blir vanligt förekommande så kommer det även att finnas små interceptsonarer som kan varna en dykare om att det finns aktiva sonarer i området. Med eller utan ett sådant hjälpmedel så kommer en inträngande dykare försöka simma i de områden som en aktiv sonar har svårast att upptäcka ett mål och då kan passiva system göra stor nytta.

5 Referenser

- [1] S. Petrović, E. Dalberg, R.K. Lennartsson, L.Persson, “*Analysis of Underwater Acoustic and Electric Noise in the Port of Gothenburg,*” Proceedings of Oceans08, Quebec, Canada, September 2008.
- [2] <http://www.c-techltd.com/news.htm>
- [3] Janès Navy International October 01, 2005.
- [4] R. T. Kessel. “*Harbour Protection Trials 2006 (HPT06) analyst report: harbour surveillance systems,*” NURC-FR-2007-004, August 2007.
- [5] G. Hansen, “*FMV Reserapport ST-HPT sjöförsök 2006,*” FMV 25527/2006, maj 06.
- [6] <http://www.reson.com/sw5638.asp>
- [7] R. T. Kessel, R. D. Hollett. “*Underwater Intruder Detection Sonar for Harbour Protection: State of the Art Review and Implications,*” The Second IEEE International Conference on Technologies for Homeland Security and Safety, Istanbul, Turkey, October 2006.
- [8] A. Løvik, A. R. Bakken, R. Skogmo, T. Knudsen, J. Kjöll. “*Underwater protection system*”. UDT Europe 2007, Napoli, Italy, June 2007.
- [9] D.V. Crowe and A. Crawford, “*Diver detection sonar performance under environmental variations*”, Proceedings of the 1st international conference on water side security, WSS2008, Copenhagen, Denmark, August 2008.
- [10] H.W. Volberg, T. Meurling, “*Non-lethal swimmer deterrent systems*”, Proceedings of the 1st international conference on water side security, WSS2008, Copenhagen, Denmark, August 2008.
- [11] T. Akal, K. Köprülü, “*Underwater acoustics for water-side security applications*”, Proceedings of the 1st international conference on water side security, WSS2008, Copenhagen, Denmark, August 2008.
- [12] M. Weirathmueller, T.C. Weber, L. Mayer, “*Observations of high frequency long range acoustic propagation in a harbour environment*”, Proceedings of the 1st international conference on water side security, WSS2008, Copenhagen, Denmark, August 2008.
- [13] B. L. Andersson, K. Otto, J. Pihl. “*Simulation of sensor performance in harbour environments,*” FOI-R—2565—SE, 2008.
- [14] R.T. Kessel, T. Pastore, A. Crawford, V. Crowe, “*Commercial imaging sonars for observing underwater intruders*”, Proceedings of the 1st international conference on water side security, WSS2008, Copenhagen, Denmark, August 2008.
- [15] T. Pastore, R.T Kessel, “*A comparative analysis of side looking sonars for rapid classification of underwater intruders*”, Proceedings of the 1st international conference on water side security, WSS2008, Copenhagen, Denmark, August 2008.