

Tumlardetektorer

Markus Enkvist

Tekniska Fakulteten

Åbo Akademi

4 april 2011

Referat

Tumlardetektorer är inbyggda datorsystem som har uppgiften att detektera och logga klick från tumlare för att övervaka tumlarstammen. Den här uppsatsen försöker kort beskriva varför tumlardetektorer finns, hur de fungerar, vilka utmaningar de möter, hur de är konstruerade samt hur de används. Tre olika modeller av tumlardetektorer behandlas: T-POD, C-POD och AQUAclick. Den underliggande frågan är ifall det vore möjligt att utveckla ett tumlardetektoralternativ som vore realistiskt även för enskilda individer.

Abstract

This essay explains what porpoise detectors, also known as PODs, are, how they work and what challenges they face. The purpose is to try find out what lies behind the shells and to analyse the potential for a more affordable system that could be built by anyone.

Innehåll

Referat	i
Abstract	ii
Innehåll	iii
1 Inledning	1
2 Observationsmetoder för tumlare	1
3 Existerande tumlardetektortyper	2
3.1 T-POD	2
3.2 C-POD.....	3
3.3 AQUAclick	4
3.4 Övriga.....	4
4 Ekolokalisering	5
4.1 Klick.....	5
4.2 Sonar	6
5 Fysiska begränsningar	7
5.1 Havets påverkan	7
5.2 Batteritid och energikonsumtion.....	7
5.3 Dimensioner	8
5.4 Placering.....	8
6 Signalbehandling av klick	10
6.1 Analog eller digital filtrering	11
6.2 Bandpassfilter.....	11
6.3 Maximalt klickantal och övriga filter.....	11

7 Hårdvara	11
8 Sammanfattning	12
Litteraturförteckning	13

1 Inledning

Vanlig tumlare, *Phocoena phocoena*, är en av världens minsta valarter och den enda val som förekommer i Östersjön. [Nrm] För att underlätta observation av den i Östersjön hotade arten har så kallade PODs, vilket är den allmänt använda termen för tumlardetektorer och en förkortning av det engelska porpoise detector, utvecklats från och med 1990-talet. Med tumlardetektorer avses normalt automatiska, stationära, passiva akustiska system för observation av tumlare och andra tandvalar baserat på ekolokationsklick [C-POD].

Tumlare, liksom andra tandvalar, använder ekoljud för navigering och jakt på föda [Mm], vilket ger en möjlighet att observera deras närvaro akustiskt. Tumlarnas ekoljudssignaler delar sig i två distinkta grupper, bredbandssignaler med något lägre frekvenser för och smalbandssignaler med mycket höga frekvenser för . Av praktiska är det lättare att skilja smalbandssignalerna, som är en form av klick, från havets bakgrundsbrus, och därför har tumlardetektorer traditionellt koncentrerat sig på dem, trots att det kräver behandling av högfrekventa signaler och således ställer något större krav på utrustningen.

En tumlardetektor kräver endast ungefär 1/500 000 av den lagringskapacitet som ett ljudinspelningssystem [Chelonia], d.v.s. ca 200 kB per dag, och då den producerade loggen redan särskiljer på centrala egenskaper blir analysen av den producerade datamängden till den grad snabbare att ljudinspelningssystem i de allra flesta fall inte längre är realistiska alternativ till PODs.

2 Observationsmetoder för tumlare

Det finns ett antal olika undersökningsmetoder som kan användas för att utreda tumlarförekomsten i ett område. Enligt Miljöministeriet använder man vid flygräkning vanligen en metod som kallas linjetaxering [Mm2]. Metoden fungerar för platser där man vet att det finns mycket tumlare. Båtar går också att använda

för linjetaxering, då kan även ske akustiskt. Redan en ganska svag sjögång hindrar visuell övervakning.

Det i Finland och några andra Östersjöländer på senare tid vanliga sättet att följa tumlarstammen har varit att samla in uppgifter av allmänheten, flygräkning fungerar inte i Östersjön på grund av en för gles tumlarstam. Tidigare baserades uppföljningen sig mest på upphittade döda exemplar och flottans undervattensövervakning som ibland snappar upp tumlare akustiskt.

Nyligen har ett internationellt projekt, SAMBAH, med tumlarklickdetektorer påbörjats i Östersjön, med målet att beräkna tätheter, uppskatta populationen och undersöka om det finns områden eller andra faktorer som är viktiga för tumlare. Man håller på att placera 300 detektorer av typen C-POD i ett djupintervallet på 5 till 50 m runt om Östersjön.

3 Existerande tumlardetektortyper

3.1 T-POD

T-POD, Timing Porpoise Detector, är Chelonia Limiteds ursprungliga automatiska detekteringssystem för tumlarklick [Chelonia]. Det består enligt uppgift av bland annat en hydrofon, en analog processor och ett digitalt timingsystem som loggar början och slut för ekolokationsklick med en noggrannhet på 10 ms [Bailey]. T-POD exekverar sex stycken frekvensskanningar per minut enligt användarens inställningar under en period av upp till fem månader, beroende på batterikonfiguration, och sparar loggen på ett 128 MB stort minne.

Medföljande programvara används för att i efterhand behandla det insamlade datat och skilja tumlare från t.ex. båtsonar. [Chelonia] Detekteringsradien för T-POD varierar beroende på förhållanden mellan 75 och 200 m [Pelagic]. Det korta detekteringsavståndet jämfört med andra former av undervattensövervakning som

i vissa fall kan användas på distanser över 1000 km beror på att tumlarnas klick ligger på mycket höga frekvenser och att de inte är särskilt kraftiga.

3.2 C-POD

C-POD, Cetacean Porpoise Detector, är ett nyare system utvecklat av Chelonia Limited och kan skilja på olika tandvalsarter genom att samla data även för bredbandsklick, istället för att som T-POD enbart registrera klicket [Chelonia]. Den här tilläggsfunktionaliteten ger inget uppenbart mervärde för Östersjöförhållanden på grund av avsaknaden av andra tandvalar än vanlig tumlare, men C-POD är marknadsledare bland tumlardetektorer och används även i Östersjön.

C-POD loggar tidpunkt, mittfrekvens, intensitet, tid, bandbredd och frekvenstrend för klick mellan 20 kHz och 160 kHz, vilket tillåter dem att detektera alla tandvalsarter utom kaskelotter [C-POD]. Den här informationen sparas på SD-minneskort för senare analys. Systemets detekteringsradie är ca 100 m, men något mindre i batteriernas riktning.

3.2.1 Höljet

En C-POD har ett hölje i polypropen som skyddar systemet [C-POD]. Polypropen lämpar sig väl för ändamålet då det är både lätt, miljövänligt och mycket tåligt [Lenntech]. Höljet motsvarar i praktiken en bit vanligt avloppsrör i plast och har en hydrofon i en ända och ett lock för underhållsåtkomst i den andra. En förankringslina med diametern 18 mm fästs i höljet med hjälp av en metallring. O-ringar används för tätning. Chelonia använder sig av kiselsyragelpaket för att motverka skadlig kondensation innuti C-POD-höljet.

3.3 AQUAclick

Företaget Aquatecs relativt nya tumlardetektor AQUAclick 100 är av typen PCL, Porpoise Click Logger, och är till skillnad från T-POD och C-POD utvecklad för fiskare i Östersjön för att observera tumlare i samband med fiskeriverksamheten där de löper risk att skadas[Roos]. Den maximala detekteringsradien på 155 m motsvarar konkurrenternas, men enligt Roos är hydrofonens låga känslighet och stora variationer i hydrofonerna mellan olika exemplar ett problem.

AQUAclick är mindre, lättare och mer lättanvänd än Chelonias detektorer som är avsedda för mer självständig funktion. Höljet är tillverkat i Polyoximetylen och innehåller förutom elektroniken fyra NiMh-batterier som ger en batteritid på två veckor. Minneskapaciteten är 8 MB, vilket rymmer ungefär 800 000 klick. [Aquatec].

Systemet loggar klick med en tidsnoggrannhet på 1 μ s, har en mittfrekvens på 130 kHz, en bandbredd på 40 kHz och använder ett analogt passivt fjärde ordningens bandpassfilter för att eliminera störningar. Högfrekventa båtljud motverkas med filteringsalgoritmer vid loggningsskedet. AQUAclick loggar tidpunkt, tid och amplitud. Resultaten analyseras även här i efterhand med medföljande programvara [Aquatec].

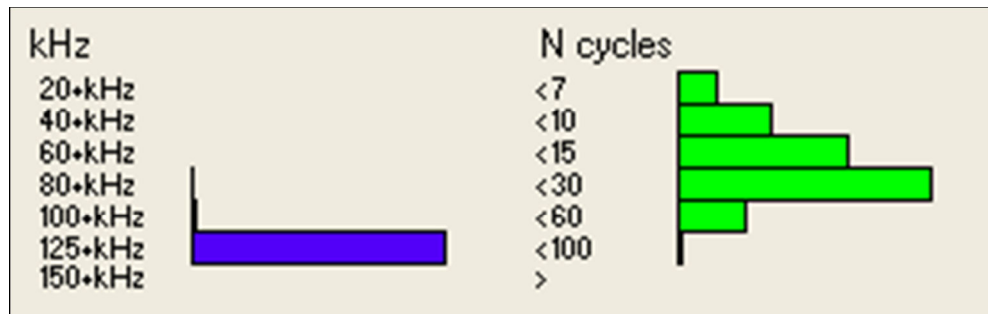
3.4 Övriga

Det finns ytterligare några andra tillverkare och modeller av tumlardetektorer, men de utelämnas ur den här uppsatsen på grund av brist på studier som behandlar dem.

4 Ekolokalisering

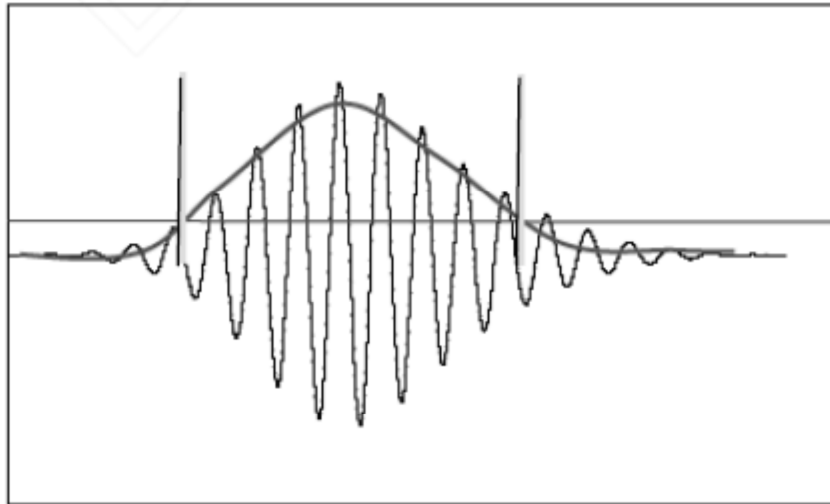
4.1 Klick

De centrala egenskaperna för detekteringen av tumlarklick är frekvensen, längden samt intervallet till nästa klick i en serie. Som figuren under påvisar har klick från tumlare mest energi kring 140 kHz, och klickintervallet varierar mellan 6 och 200 ms, dock finns en klar preferens för intervaller runt 60 ms. [Vill].



Figur 1. Frekvensspridningen för alla klick i en klickserie av vanlig tumlare.

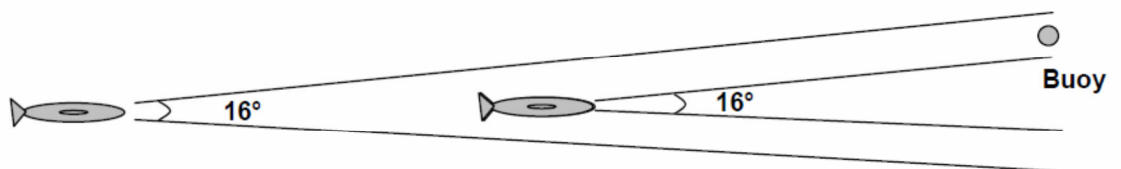
Tiden för ett klick har uppmätts till mellan 44 och 200 μ s [Roos]. Svaga klick kan till största delen underskrida gränsen för detektering, vilken åskådligörs i figuren nedan, och snappas upp endast vid signalens högsta amplitud, vilket ger ett sken av ett för kort klick, medan störningar kan förlänga tiden.



Figur 2. Tumlarklick och dess processering i en tumlardetektor. Kurvan över klicket är output, den vågräta linjen gränsen för detektering och de lodräta linjerna den uppmätta längden för klicket..

4.2 Sonar

Sonar är en förkortning för SOund NAVigation and Ranging och kan delas in i två kategorier, aktiv och passiv [SS]. Aktivt sonar skickar ljudsignaler mellan 2 och 40 kHz i vattnet för att sedan detektera och analysera reflektionerna, medan passivt sonar endast detekterar andras signaler. Tumlare använder sig av en form av inbyggt aktivt sonar för analys av sin omgivning, medan detektorerna som övervakar tumlarna kan ses som en mycket förenklad form av passivt sonar och kan till en viss del utnyttja signalbehandlingsmetoder för sonar.



Figur 3. Möjligheterna att observera ekolokationsljud från vanlig tumlare beror på avståndet.

Vanlig tumlare har en sonarvinkel på ca 16 grader, vilket medför att detektorenheten måste vara rakt framför djuret för att en observation skall vara möjlig, inverkan av avståndet illustreras i figuren.

5 Fysiska begränsningar

5.1 Havets påverkan

Det inbyggda systemet i detektorn måste skyddas av ett vattentätt hölje, som skall tillåta hydrofonen att vara kopplad. Dessutom bör systemet vara enkelt skruva isär för avläsning av information och byte av systemets batterier. I praktiken sker det här ofta för tumlardetektorer genom användningen av ett rör med en öppningsbar ända som tätas med O-ringar.

Enheterna måste klara av stormar och hantering till sjöss i ofta ofördelaktiga förhållanden, så förutom att höljet måste vara absolut vattentätt krävs det även att det ska skydda innehållet från stötar, frekventa och kraftiga rörelser och ovarsam behandling. Dessutom måste enheten kunna fästas både till ett kraftigt ankare och vid en av kostnadsskäl vanlig avsaknad av lokaliseringselektronik även till exempelvis en boj eller någon annan form av flöte som möjliggör visuell granskning av enhetens läge.

Även trålare utsätter detektorenheter för mycket stora påfrestningar, men det är svårt att skydda enheter mot avsiktligt närgången trålning [Chelonia].

Som ett icke-kritiskt system behöver tumlardetektorer inte utvecklas för att vara felfria, men trots avsaknad av säkerhetskrav fungerar de enligt litteraturen i praktiken förvånansvärt pålitligt i havsmiljö.

5.2 Batteritid och energikonsumtion

Systemets maximala underhållsperiod beror förutom på minnesstorleken även på dess batteritid, och då en enhet måste avlägsnas ur vattnet för byte av de urladdade batterierna, och upptagningen av en detektor ofta innebär betydande kostnader på grund av avlägsna lägen långt ut till havs och det inte är

ändamålsenligt att placera detektorerna nära varandra, ställs det höga krav på batteritiden. Av praktiska och kostnadsskäl är det dock önskvärt att batterierna inte är för svårhanterliga och dyra, därför bör systemet använda möjligast lite energi trots konstant avlyssning. Det här leder till att det även ur energisynpunkt inte är optimalt att eftersträva en alltför noggrann filtrering av hydrofonsignalen som skulle kräva mer tilltagen hårdvara, utan istället försöker man minimera systemets hårdvaruspecifikationer genom att optimera detekteringen så att en inte helt obetydlig felmarginal tillåts.

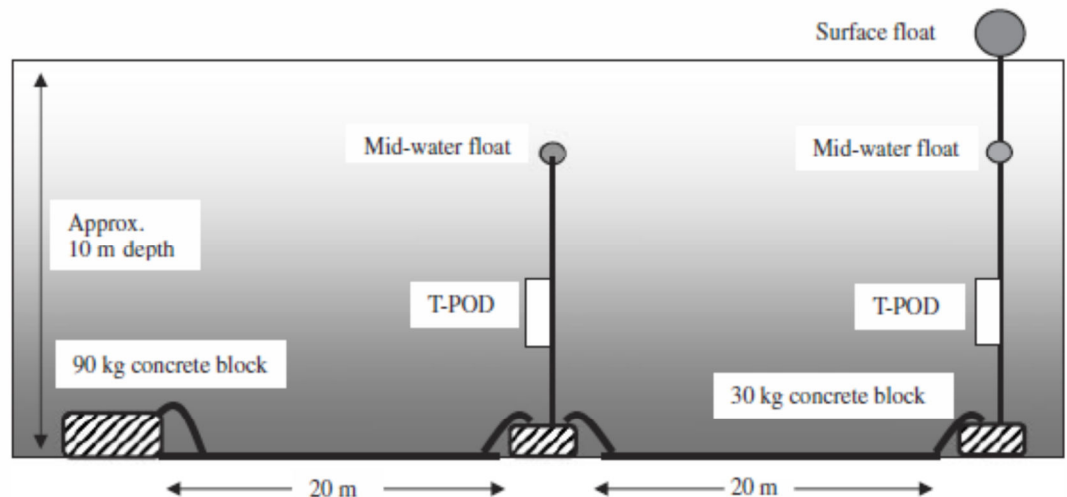
Enligt H. Bailey var det normalt att T-PODs vars strömförsörjning baserades på 12 stycken 1,5 V D-alkalibatterier fungerade oavbrutet när bytestiden var mellan 8 och 10 veckor, medan T-PODs med litiumbatterier fungerade till och med 28 veckor mellan byten, vilket antyder att även *Chelonia* betonat en låg energikonsumtion.

Den nyare C-POD uppskattas fungera maximalt fyra månader på en uppsättning D-batterier med kapacitet på 15 000 mAh per batteri. [C-POD]

5.3 Dimensioner

Detektorenhetens fysiska storlek och vikt begränsas inte nämnvärt av omgivningen, men för förflyttning och underhåll av detektorerna är det önskvärt att de går att hantera av en eller två personer till sjöss. Ankare, boj och ankarlina är dock sannolikt mer begränsande faktorer då själva tumlardetektorn inte har särskilt stora utrymmeskrav.

5.4 Placering

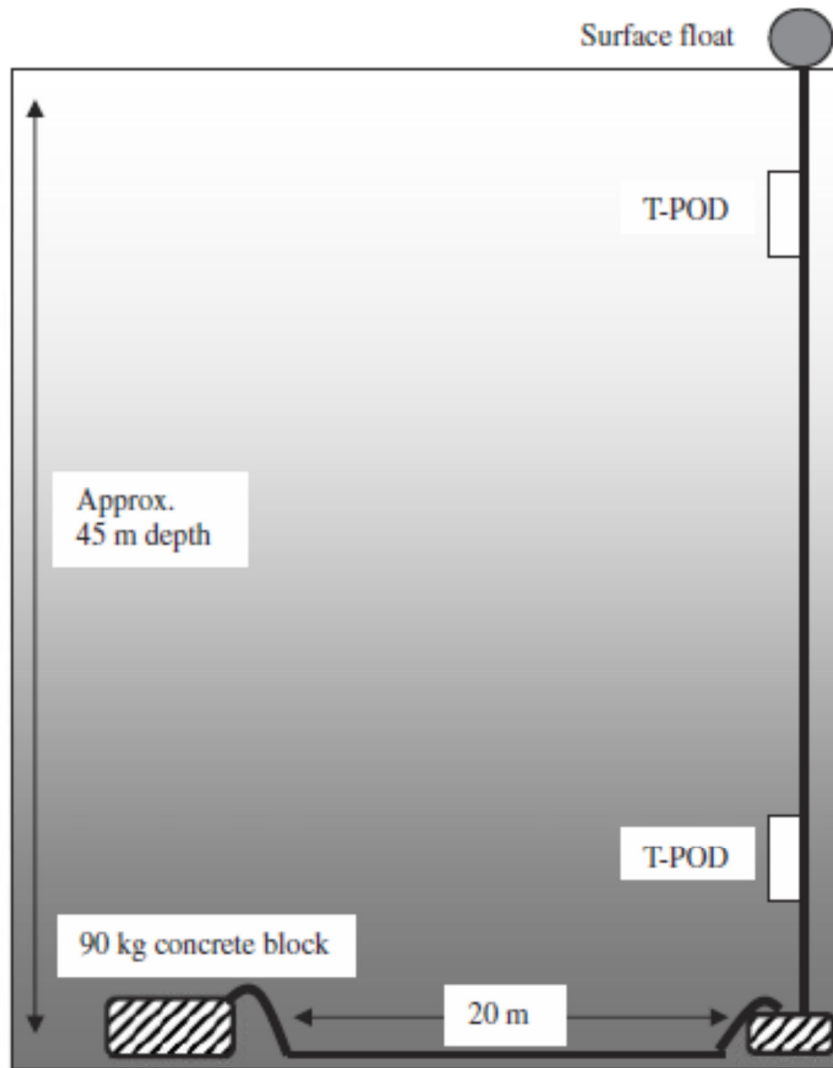


Figur 4. Placering av T-PODs i grunt vatten [Bailey]

Figuren ovan illustrerar ett lämpligt sätt att placera ut tumlardetektorer i grunda vatten, dock ifrågasätts användningen av betongankare av detektortillverkaren Chelonia Limited på grund av att de lättare förflyttas än andra förankringsalternativ och observationspunkten sålunda inte förblir konstant, vilket i sin tur kan påverka analysen av loggmaterialet negativt eftersom störningsomständigheterna på olika platser kan variera. Avgörandet av vad som är störningar och vad sanna observationer försvåras och risken för falska observationer ökar [Chelonia].

Tumlare jagar både nära ytan och nära havsbottnet, så Chelonia rekommenderar att man placerar detektorenheterna antingen ungefär tre meter ovanför havsbottnet eller kring fem meter nedanför havsytan.

Ifall man väljer att endast ha en detektor på en mätpunkt är det normalt mycket fördelaktigt att placera ut detektorenheterna vid botten, då vattenytan är en källa för en stor mängd störningar på grund av bland annat regn, båttrafik och vågor [Chelonia]. Av det här följer att det är viktigt att detektorn är konstruerad för att opereras på ett tillräckligt stort djup för havet av intresse. I fallet Östersjön är en djuptålighet på ca 100 m tillräckligt, vilket också enligt Chelonia är den vanliga C-PODs djupklassifiering.



Figur 5. Placering av T-PODs i djupare vatten [Bailey]

Figuren ovan visar hur man i djupare vatten lämpligen kan placera ut två tumlardetektorer på samma lina, för att snappa upp tumlarklick både vid havsytan och havsbottnet.

6 Signalbehandling av klicken

För att skilja klicken ur bruset som snappas upp av hydrofonen måste signalen behandlas på något sätt. Det här kapitlet diskuterar alternativ för att lösa problemet. Tumlarklick har fördelen att ligga på betydligt högre frekvenser än största delen av bruset, vilket förenklar problemet.

6.1 Analog eller digital filtrering

Signalen kan filteras både analogt och digitalt, men typiskt använder sig tumlardetektorer av båda möjligheterna. I AQUAclicks fall körs signalen först genom ett passivt fjärde ordningens bandpassfilter, för att sedan behandlas digitalt med andra filter.

6.2 Bandpassfilter

Tumlardetektorer använder sig på grund av klickens högfrekventa natur sig alltid av någon form av bandpassfilter. Digitala bandpassfilter konstrueras genom att man först utvecklar ett lämpligt lågpasfilter, sedan inventerar det till ett högpassfilter och till slut kombinerar dem till ett bandpassfilter [Smith].

6.3 Maximalt klickantal och övriga filter

För att filtrera bort långa serier av störningar från båt- och fartygsmotorer och – propellrar används ett maximalt antal tillåtna klick per serie [Roos]. Utöver det här använder AQUAclick två filter för relativa amplitudförändringar och intervallet mellan två klick efter varandra, eftersom tumlarklick i motsats till fartyg normalt ändrar både amplitud och intervaller mjukt.

7 Hårdvara

Tillverkarna av tumlardetektorer ger inte ut några specifikationer förutom gällande minneskapacitet och batterier, men det tillgängliga materialet gör gällande att systemen innehåller någon kombination av digitala signalprocessorer och analoga filter. Dessutom innehåller alla tumlardetektorer en hydrofon, vars kvalitet är central för resultaten.

8 Sammanfattning

Trots att det krävs mer djupgående analys kan man så här långt dra slutsatsen att tumlardetektorer bygger speciellt på energieffektiv signalbehandling och en stark och enkel konstruktion, samt att de inte nödvändigtvis kräver någon särskilt avancerad hårdvara utöver en bra hydrofon.

Teoretiskt sett borde enklare tumlardetektorer som skulle göra det ekonomiskt realistiskt med ett tätare observationsnät alltså kunna utvecklas baserat på jämförelsevis förmånliga plattformar, förutsatt att en lämplig hydrofon kunde hittas. För att jämna ut utvecklingskostnaden borde det dock finnas ett intresse för ett i tumlardetektorvärlden betydande antal detektorenheter, vilket antagligen i stor grad kommer att bero på hur SAMBAH-projektet för övervakning av Östersjöns vanliga tumlare med hjälp av C-PODs framskrider.

Avslutningsvis kan man konstatera att tumlardetektorer är en nischprodukt som först relativt nyligen börjat användas i större skala. Systemet kommer knappast någonsins att bli särskilt vanligt på grund av komponenternas pris och ett svalt intresse från allmänheten, men det visar på hur inbyggda system kan användas till ändamål vars existens de flesta knappast reflekterat över och de är även intressanta som exempel på system som utsätts för långa perioder av hårda förhållanden.

Litteraturförteckning

[Smith] Steven W. Smith. *Digital Signal Processing: A Practical Guide for Engineers and Scientists*. 1997. <http://www.dspguide.com/pdfbook.htm> (Läst 18.3.2011)

[Nrm] <http://www.nrm.se/tumlare/> Läst 3.3.2011.

[Mm] Miljöministeriet. *Skyddet av tumlare*. 2008.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=84809&lan=FI&clan=sv> Läst 17.3.2011.

[Mm2] Miljöministeriet. *Tumlaren i Finland - Förslag till åtgärder för skydd av tumlaren i Finland. Betänkande av tumlarbetsgrupp*. Edita Prima Ab, 2006.

[Nvv] Naturvårdsverket (Sverige). *Åtgärdsprogram för tumlare 2008–2013*.
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5846-3.pdf>
Läst 3.4.2011.

[Vind] Carstensen, J., Henriksen, O.D & Teilmann, J. *Impacts of offshore wind farm construction on harbour porpoises: acoustic monitoring of echolocation activity using porpoise detectors (T-PODs)*. Marine Ecology Progress Series 321: 295-308. 2006.

[Sambah] Static Acoustic Monitoring of the Baltic Sea Harbour Porpoise - projektet. <http://www.sambah.org/Methods.htm>. Läst 2.4.2011

[Chelonia] Chelonia Limited. *Cetacean Monitoring Systems*.
<http://www.chelonia.co.uk/> Läst 18.2.2011.

[Treg] Tregenza, Nick. *Cetacean click tone logging by PODs*.
<http://www.chelonia.co.uk/downloads/Tone%20logging.ppt> Läst 20.3.2011.

[Treg08] Tregenza, Nick. *Standardisation of acoustic monitoring systems*. 2008.
<http://www.chelonia.co.uk/downloads/Standardisation%20of%20acoustic%20monitoring%20systems.doc> Läst 15.3.2011.

[C-POD] Chelonia Limited. *C-POD User Guide*.
<http://www.chelonia.co.uk/downloads/C-POD%20User%20Guide%20BPC3.pdf>
Läst 7.3.2011.

[EvHa] Evans, Peter & Hammond, Philip. *Monitoring cetaceans in European waters*. Mammal Review, Volume 34, No. 1, 2004, pp. 131–156.

[Vill] Villadsgaard, Wahlberg & Tougaard. *Echolocation signals of wild harbour porpoises, Phocoena phocoena*. The Journal of Experimental Biology, Volume 210, No. 1, 2007, pp. 56-64.

[Bailey] Bailey, Clay, Coates, Lusseau, Senior & Thompson. *Using T-PODs to assess variations in the occurrence of coastal bottlenose dolphins and harbour porpoises*. Aquatic conservation, Volume 20, No. 2, 2010, pp. 150-158.

[Lenntech] Lenntech BV. *Polypropylene*.
<http://www.lenntech.com/polypropylene.htm> Läst 2.4.2011.

[Pelagic] *Pelagic Ecology Mitigation and Monitoring*.
<http://www.hongkongoffshorewind.com/pelagic-MM.html> Läst 4.4.2011.

[Aquatec] *The AQUAclick 100 Porpoise Click Logger*.
<http://www.aquatecgroup.com/download/datasheet/aquaclick/AQUAclick100.pdf>
Läst 4.4.2011.

[Roos] Roos, Ulrika. *Evaluation of a new device for static acoustic*

monitoring of harbour porpoises in the wild. 2007.

http://www.ifm.liu.se/edu/biology/master_projects/2007/ulrika-roos/downloads/Ulrika-Roos-Final-thesis.pdf Läst 4.4.2011.