

En första utvärdering av användarfall för lidarmätningar av grunda bottnar och strandmiljöer längs Sveriges kuster

Sofia A. Wikström¹, Michael Tulldahl²

¹AquaBiota Water Research; ²Totalförsvarets Forskningsinstitut (FOI)

Augusti 2010



Bakgrund

Denna rapport är framtagen som en del i arbetet med den akvatiska delen av forskningsprogrammet EMMA (Environmental Mapping and Monitoring with Airborne laser and digital images), finansierat av Naturvårdsverket. Programmet startade 5 december 2008 och förväntas pågå i fyra år. Syftet med den akvatiska delen av EMMA är att utveckla metoder för klassificering av akvatiska miljöer från laserdata samt från laserdata kombinerat med flygbilder, samt utvärdera metodernas användbarhet för kartering och övervakning av akvatiska miljöer.

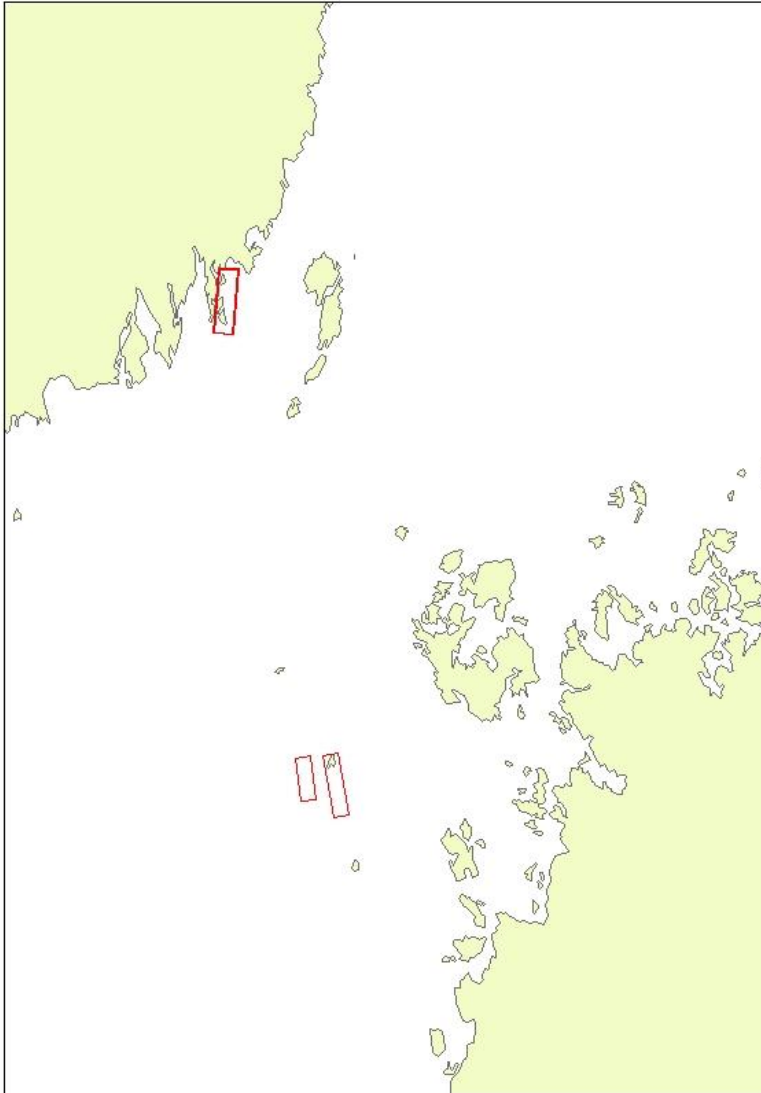
Som en central del i utvärderingen av metodernas användbarhet arbetar vi med ett

antal användarfall som beskriver identifierade behov av kartering och övervakning av akvatiska miljöer (Tabell 1). Användarfallen presenteras närmare i en tidigare rapport (Wikström *et al.* 2009). Urvalet är gjort av projektgruppen i samarbete med representanter från olika myndigheter med intresse för kartering och miljöövervakning

Syftet med denna delrapport är att sammanställa de resultat som hittills kommit fram från utvärdering av de underlag som tagits fram inom EMMA-programmet. De baserar sig huvudsakligen på analyser av två områden i Norra Kvarnen, Sävarfjärden i Västerbotten och Finska Rönnskären (Figur 1), som är de första undersökningsområden som behandlats inom EMMA.

Tabell 1. Användarfall för utvärdering av lidar och flygbilder för kartering och övervakning av grunda bottnar inom EMMA-programmet.

	Användarfall	Utvärderas i denna rapport
1	Avgränsande av vegetationstyper och habitat	Ja
2	Kartering av bottensubstrat	Ja
3	Övervakning av grunda bottnar	-
4	Avgränsande av viktiga habitat för fisk	Ja
5	Integrering av laser/flygbilder och habitatmodellering	Ja
6	Tillämpning i strandzonen	-



Figur 1. Undersökningsområdena i Sävafjärden (i norr) och finska Rönnskären (i söder).

Dataunderlag och metoder

Analyserna bygger på dataunderlag som samlats in för två områden i Norra Kvarken: Sävafjärden i Västerbotten och Finska Rönnskären inom Interreg-projektet ULTRA (http://www.kvarken.fi/Pa_svenska/Projekt/Ultra).

Lidardata samlades in med HawkEye II-systemet den 7-8 september 2009 i Sävafjärden och 13 och 15 september i Rönnskären. Mätningarna genomfördes av

Blom, som också processade djupdata innan de levererades.

Biologiska underlagsdata från Sävar samlades in med undervattensvideo i augusti 2009, av Länsstyrelsen i Västerbotten. Sammanlagt fanns 61 transekter uppdelade på >600 avsnitt i olika längder. I Rönnskär samlades biologiska underlagsdata in av dykare som sökte upp 291 ytor. Ur dessa sorterades 34 homogena ytor på minst 25 m² fram som användes för lidaranalysen. För habitatmodelleringen (användarfall 5) användes istället data från

Forststyrelsens videoinventeringar av vegetation och bottenstrukturer från 2006-2009, totalt 1239 inventerade punkter om ca. 5-10 m².

Analysen av bottenstruktur utifrån lidardatan baserade sig dels på vågformsvariabler (olika mått på bottenkots bredd och höjd) och dels på två mått på bottenens topografi (lutningen och standardavvikelsen av djupet).

Klassificeringen gjordes med statistiska modeller, framtagna och utvärderade med biologiska inventeringsdata. Endast de inventeringspunkter som hade homogen vegetation och/eller substrat användes i analyserna. En separat modell togs fram för vart och ett av de två delområdena (Sävarfjärden och Rönnskären). I båda fallen visade preliminära analyser att lidarintensitetsdata (bottenkots höjd) inte bidrog till att separera de olika bottenstrukturerna, så den slutgiltiga klassificeringen baserar sig på pulsbredd (två olika mått), bottenens lutning samt standardavvikelsen av djupet. Metoden för klassificering av bottenstruktur från lidardata beskrivs i Tulldahl och Wikström (2010) och resultaten av klassificeringen av data från Sävarfjärden och Rönnskären beskrivs närmare i Tulldahl (2010).

De som deltagit i diskussioner och hjälpt till med utvärdering av lidardata och framtagna kartor är (förutom rapportförfattarna):

Johnny Berglund och *Yvonne Strömberg* (Länsstyrelsen i Västerbottens län): utvärdering av framtagna kartor för habitatkartering och naturvärdesplanering.

Michael Haldin och *Anette Bäck* (Forststyrelsen, Finland): utvärdering av framtagna kartor för habitatkartering, naturvärdesplanering och exploateringsutredningar.

Hans-Göran Lax (Närings- trafik- och miljöcentralen i Finland, ELY): utvärdering av lidardata för kartering av flador, planering.

Doris Grellman, Lars-Göran Boström, Marie Häggström, Jörgen Andersson, Mats Nebaeus och *Per Hänström* (Umeå kommun), *Ann Holm* och *Anna-Karin Pensar* (Österbottens förbund), *Christine Bonn* och *Gunn-Mari Back* (Vasa stad) samt *Barbara Påfs* och *Johan Lax* (Korsholms kommun) : utvärdering av lidardata och framtagna habitatkartor för kommunal planering.

Göran Sundblad och *Ulf Bergström* (Fiskeriverket): utvärdering av lidarunderlag för kartering av fiskhabitat.

Jakko Auri, Aarno Kotilainen och *Anu Kaskela* (Geological Survey of Finland, GTK): utvärdering av lidardata för kartläggning av landformer och ytsubstrat.

Utvärdering av användarfall

Avgränsande av vegetationstyper och habitat

I båda delområdena var det möjligt att skilja ut tre olika habitatstyper genom klassificeringen av lidardata (Tabell 2). Klasserna skiljde sig mellan områdena beroende på lokala skillnader i vilka bottenstrukturerna som förekommer i fält och som fanns representerade i inventeringsdata. En viktig skillnad mellan områdena är att tång (*Fucus* spp.) saknas helt i den nordligare Sävarfjärden.

Användargruppen bedömde att båda klassningarna kan ha ett värde ur naturvärdessynpunkt. I Sävar är klassen ”mjukbotten med vegetation” en viktig livsmiljö för många arter, inte minst fisk. Även klassen ”hårdbotten” kan vara intressant. Klassningen för Rönnskären blandar ihop hård- och mjukbottenhabitat, men mycket av naturvärdena i detta område ligger inom klassen ”hårdbotten med tång eller mjukbotten med hög vegetation”. Denna klass kan därmed eventuellt användas för att ta fram en karta över potentiellt värdefulla områden.

Tabell 2. Bottentypsklasser karterade med lidardata (vågformsdata och bottentopografi) i Sävar och Rönnskären.

Område	Bottentyp	Beskrivning
Sävar	Hårdbotten	Minst 75% håll eller block, med eller utan grönalger (<i>Cladophora</i> spp.)
Sävar	Mjukbotten med vegetation	Mjukbotten med hög täckningsgrad av kärlväxter (<i>Potamogeton pectinatus</i> , <i>P. perfoliatus</i> eller <i>Myriophyllum sibiricum</i>), kransalger (<i>Chara</i> sp.) eller slangalgen <i>Vaucheria</i>
Sävar	Mjukbotten utan vegetation	
Rönnskären	Hårdbotten med tång eller mjukbotten med hög vegetation	Block eller håll med tång (<i>Fucus</i>); eller mjukbotten med tät vegetation av ålnate (<i>Potamogeton perfoliatus</i>)
Rönnskären	Hårdbotten utan tång eller bottnar med låg kärlväxtvegetation	Block eller håll utan vegetation eller med trådformiga alger; eller botten med tät vegetation av slingor (<i>Myriophyllum</i>)
Rönnskären	Mjukbotten, med eller utan trådalger	Olika typer av mjukbotten (sand, grus och finsediment) med eller utan döda trådalger

Utvärderingen av klassificeringsmodellen för Rönnskären visade en total riktighet ("accuracy") på 88 %, vilket innebär att 88 % av ett antal utvärderingspunkter klassificerades riktigt av modellen. Detta är en mycket bra utvärdering i fjärranalysammanhang och visar att det finns en god potential att få fram åtminstone tre bottentypsklasser med hjälp av en kombination av vågformsdata och bottentopografi från lidar. Klassen *Hårdbotten med tång eller mjukbotten med hög vegetation* visade en enskild klassificeringsriktighet (User Accuracy) på 83% och bedömdes ge mycket värdefull information. Klassen gav helt ny information med många överraskande drag och mönster i undervattensmiljön.

Klassificeringsmodellen för Sävar fick 63 % riktighet i utvärderingen. Vid en första utvärdering gjord av länsstyrelsen genom

återbesök vid ett fåtal positioner framkom att sand eller hård sand ibland klassificerats som hårdbotten. Som helhet bedömde man ändå att klassificeringsdatat som mycket värdefullt och att lidarmetoden har stor potential speciellt om man får fram mera information än enbart djupdata.

En trolig förklaring till skillnaden i klassificeringsframgång mellan områdena är att positioneringen av fältdatapunkterna var betydligt mer osäker för videotranssekterna i Sävarfjärden än de väldefinierade ytorna vid Rönnskären. Det är troligt att ett antal av de punkter som användes för att både skapa och utvärdera lidarklassificeringsmodellerna i Sävarfjärden i själva verket låg i kanten av eller bredvid de videoinventerade punkterna, vilket försämrar både förutsättningarna för att skapa en bra klassificeringsmodell och

utvärderingsresultatet. Erfarenheterna från denna delstudie visar att väl positionssatta fältdata är en förutsättning för en bra klassning från lidardata. Vid en uppföljning av studien finns det möjlighet att undersöka om ensning av lidar och fältpositionsdata, eller annan förbättring av noggrannheten i positionsdata kan höja riktigheten för klassificeringen.

En annan möjlig anledning till skillnaden i klassificeringsframgång mellan de två områdena var att kvaliteten på lidardata (yttäckning och djupräckvidd) var sämre vid Sävarfjärden. Detta berodde på utloppet av brunt, humusrikt vatten från Sävarån som kraftigt begränsar lidarsignalens nedträngning i vattnet, speciellt de inre delarna av Sävarfjärden. Detta kan visa på en begränsning i användbarheten av lidardata för kartering av områden som påverkas kraftigt av humusrikt sötvattensutflöde från land, åtminstone om det inte är möjligt att processa data på ett annat sätt.

En särskild utvärdering gjordes av möjligheten att använda lidardata för avgränsning av flador för planering och för kartering av Natura-2000-naturtypen 1115 Laguner (utvärderingen genomförd av ELY). Denna visade att djupdata från lidar är tillräckligt noggranna för att avgöra läge och djup på trösklar, vilket är viktigt både för att avgränsa befintliga flador och för att utvärdera var och när det kommer att uppstå nya flador. Det senare är viktigt för planering av småbåtsfarleder och för att avgöra kommande muddringsbehov.

Kartering av bottenstrat

Hård- och mjukbotten skiljdes bra från varandra i Sävarfjärden, även om den totala klassningssäkerheten var tämligen låg (63 %). För de enskilda klasserna *Hårdbotten* och *Mjukbotten utan vegetation* var klassningssäkerheten (User Accuracy) 65% respektive 80%. Detta innebär alltså att av alla punkter som klassificerats som *Mjukbotten utan vegetation*, förväntas 80 % vara korrekt

klassificerade. Detta är intressant för kartläggning av habitattyper och för att skapa potentiella utbredningskartor för enskilda arter som ofta är knutna till antingen hård- eller mjukbotten. I klassificeringen av Rönnskären separerades däremot inte hård- och mjukbottenhabitat. Det är möjligt att det i vissa fall är svårt att säkert skilja ut block från hög vegetation med enbart information från lidar, detta är något som kommer att utvärderas vidare inom EMMA.

Möjligheten att klassificera ysubstrat och geologiska formationer utifrån lidardata (enbart djupdata) utvärderades även av finska GTK. De kunde framgångsrikt kartlägga moränformationer och andra landformer i grunda områden och bedömde att potentialen är god för manuell eller halvautomatisk tolkning av ysubstrat från lidardata.

Avgränsande av viktiga habitat för fisk

I de grunda akvatiska områdena som ingår i EMMA är det framförallt de tidiga livsstadierna av flera fiskarter som uppehåller sig, där de söker föda och skydd. För att förutsäga utbredningen av viktiga habitat för ungfisk är bra djupdata, inklusive lutning och andra djupderivat, ett mycket värdefullt underlag. Även olika aspekter som beskriver bottenens komplexitet har visat sig mycket viktiga för att förutsäga utbredningen av fiskhabitat, exempelvis förekomsten av hög/låg vegetation eller (hög) vegetation kontra komplexitet bestående av substrat (sten/block). I detta sammanhang är det intressant att resultaten från Sävar och Rönnskär visar att det åtminstone i vissa fall går att skilja mellan komplexitet från sten/block och från hög vegetation. Detta är något vi kommer att arbeta vidare med inom EMMA-projektet.

Om det är möjligt att få fram en mer detaljerad indelning av vegetationen så har det visat sig att exempelvis abborryngel uppvisar tydlig preferens för vissa vegetationstyper (Snickars *et al.* 2010). I den studien delades vegetationen

in i klasserna: kärnväxter, tång, kransalger, vass, grön- och gulgröna alger samt bar botten.

En annan intressant parameter som möjligen kan tas fram från lidardata är turbiditet/siktdjup. Rekryteringen av gös är tätt knuten till grumliga områden (t.ex. Sandström & Karås 2002), och i Finland också mört och gädda (Sundblad *et al.* 2009).

Integrering av laser/flygbilder och habitatmodellering

Lidarmätningar kan potentiellt ge viktiga underlagsdata för rumslig modellering av habitat. Precis som för prediktion av fiskhabitat är exempelvis djup, djupderivat, bottenpografi och förekomst av vegetation viktiga underlag för att prediktera förekomsten av olika habitattyper.

För att utvärdera detta användarfall modellerades utbredningen av ett antal arter i de båda undersökningsområdena.

Modelleringen genomfördes med olika djupdataunderlag (djupdata från sjökort, djupdata från äldre djupmätningar i Sverige, djupdata från lidar) och med och utan klassificeringen i botten typer (Tabell 2) och kvaliteten på de resulterande kartorna jämfördes. Metoden och resultat beskrivs närmare i Wikström *et al.* (2010).

Kartorna som togs fram med djupdata från lidar blev generellt bättre än kartorna framtagna med djupdata från sjökort (Figur 2). En viktig förbättring är en större detaljrikedom i kartorna baserade på lidardjup, där sjökortskartorna ger en oriktigt utslätad bild. Sjökortskartorna tenderar också att överskatta utbredningen av grunt växande arter. Sjökortens syfte är huvudsakligen att underlätta navigation, d.v.s. förhindra båtar från att gå på grund, vilket gör att de tenderar att underdriva djupet i grundare områden. Men den kanske allra tydligaste skillnaden är att stora delar av grunda vikar och smala sund inte täcks in av sjökortskartorna, eftersom djupgriddan saknar data i dessa områden. Detta

är ett stort problem eftersom dessa områden ofta innehåller arter och miljöer av stort intresse för naturvården. Alla dessa förbättringar innebär att utbredningskartor framtagna med lidarbatymetri framgångsrikt kan användas för att identifiera biologiska värdekärnor i grunda miljöer.

Sammantaget visar jämförelsen mellan utbredningskartor framtagna med sjökort och lidarbatymetri visar att tillgång till en god batymetrisk karta kraftigt förbättrar möjligheterna att ta fram bra prediktionskartor. Som i många tidigare studier av marin rumslig modellering (t.ex. Isæus *et al.* 2007, Bekkeby & Isæus 2008) var djupet den enskilt viktigaste prediktorvariabeln i de flesta av modellerna, vilket visar att kvaliteten på de färdiga kartorna är direkt kopplad till kvaliteten på den batymetriska kartan.

I Sävarfjärden hade vi även möjlighet att jämföra lidardjupdata men digitaliserade djupdata från Sjöfartsverkets digitala databas, som underlag för habitatmodellering. I denna jämförelse gav lidardata inte lika tydligt ett bättre resultat. I de grundaste områdena, där djupmätningar ofta saknas helt, ger dock lidarmätningar en betydligt bättre bild av arters utbredning.

Att inkludera botten typsklassningen utifrån lutning, standardavvikelsen av djupet samt vågformsp parametrar förbättrade däremot inte prediktionskartorna i de flesta fall. Vi kommer att gå vidare med att undersöka hur botten typsklassning från lidardata och habitatmodellering kan stärka varandra, exempelvis genom att använda flera variabler från lidardata direkt i modelleringen snarare än att inkludera färdiga habitatklasser.

Övriga slutsatser

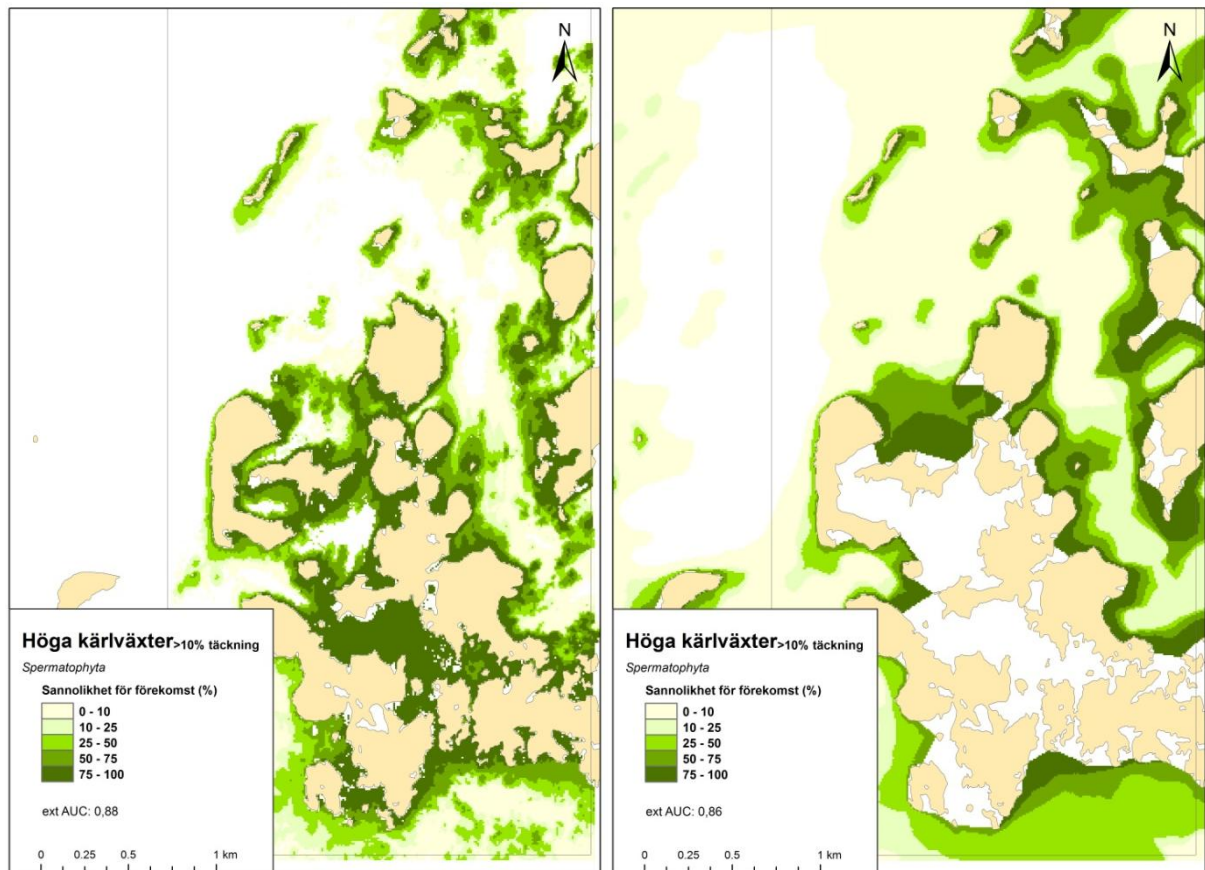
Utflöde av brunt, humusrikt vatten försämrar förutsättningarna för att få in bra lidardata från ett område. I Sävarfjärden var täckningen av lidardata sämre än väntat utifrån

siktdjupsmätningar, eftersom vattnets färg gör att signalen från en mörk botten släcks ut. Vid planering av lidarmätning är det mycket värdefullt och troligen nödvändigt att känna till hur siktdjupet normalt varierar med avseende på månad, årstid, väder och vind.

Erfarenheterna från detta projekt visar också att förändringar kan ske både långsamt och relativt snabbt. I områden liknande Rönnskären samlas kiselalger på botten. Vid stark vind grumlas vattnet p.g.a. omrörning på grunda bottenar. Det tar sedan 2-3 dygn för vattnet att klarna. I områden med grumligt vatten vid en åmynning, kan det klarna på några timmar när det strömmar in klart vatten.

Kompetens och infrastruktur för att ta emot och analysera lidardata och habitat- och bottenkartor varierade kraftigt mellan användarna. Generellt efterfrågades mer processade resultat, exempelvis kartor över naturvärden snarare än utbredningen av arter eller botten typer.

Det är viktigt att tydligt specificera i upphandlingen av lidarmätningarna hur resultaten ska levereras, exempelvis att användarna behöver kringinformation om filtyper, kartprojektion osv.



Figur 2. Jämförelse mellan utbredningskarta framtagen med lidarbatymetri (vänster) och sjökort (höger). Kartorna visar utbredningen av höga kärlväxter i en del av Rönnskärsområdet. De grå linjerna i kartan visar gränsen för området som karterats med lidar. Vita områden saknar djupdata.

Referenser

Bekkby, T. & Isæus M. 2008: Mapping large shallow inlets and bays – modelling a Natura 2000 habitat with digital terrain and wave exposure models. *ICES Journal of Marine Research* 65: 238-241.

Isæus, M., Carlén, I., Wibjörn, C. & Hallén, K. 2007: Svenska högarna. Marinbiologisk kartläggning och naturvärdesbedömning. Länsstyrelsen i Stockholm.

Sandström, A. & Karås, P. 2002: Effects of eutrophication on young-of-the-year freshwater fish communities in coastal areas of the Baltic. *Environmental Biology of Fishes* 63, 89-101.

Snickars, M. Sundblad, G., Sandström, A., Ljunggren, L., Bergström, U., Johansson, G. & Mattila, J. 2010: Habitat selectivity of substrate-spawning fish: modelling requirements for the Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Marine Ecology, Progress Series* 398, 235-243.

Sundblad, G., Härmä, M, Lappalainen, A., Urho, L. & Bergström, U. 2009: Transferability of predictive fish distribution models in two coastal systems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 83, 90-96.

Tulldahl, M. and Wikström, S. A. 2010: Initial report on statistical separability of vegetation and bottom types in laser data. FOI-R--2961--SE. Linköping, Sweden: Swedish Defence Research Agency.

Tulldahl, M. 2010: Report from Lidar Classification of Vegetation and Substrates in the ULTRA-project. Delrapport inom ULTRA-projektet, FOI.

Wikström, S.A., Tulldahl, M., Isæus, M., Kautsky, H., Rydell, B., Strömbeck, N. & Årnfelt, E. 2009: Användarfall för lidarmätningar av grunda bottnar och strandmiljöer längs Sveriges kuster. Inledande rapport. *AquaBiota Notes* 2009:1.

Wikström, S.A., Florén, K. & Isæus, M. 2010: Modellering av bottensubstrat, arter och ekologiska samhällen med data från Lidar. Delrapport inom ULTRA-projektet, AquaBiota Water Research.