

Kankare Petteri

Luotausmenetelmät ja -laitteet maailmalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

20.5.2013

Tekijä Otsikko	Kankare Petteri Luotausmenetelmät ja -laitteet maailmalla
Sivumäärä Aika	51 sivua 20.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	maanmittaustekniikan koulutusohjelma
Ohjaajat	toimitusjohtaja Sanna Lehmusvirta lehtori Jussi Laari
<p>Tämän insinööri työn tarkoituksena on antaa yritykselle (Mericon Oy), tietoa maailmalla käytettävistä luotaustavoista ja -laitteista. Tarkoituksena on koota kokoelma, jossa perehdytään, laitteistoon, paikannustapoihin, lisälaitteisiin ja ohjelmistoihin, jotta saadaan tietoa uusista ja erilaisista tavoista ja menetelmistä joita voidaan käyttää merenpohjan luotaamisessa. Erityisesti työn loppupuolella on yrityslista maailmalla olevista yrityksistä.</p> <p>Tiedonhankintamenetelmänä työssä on käytetty lähes yksinomaan eri yritysten internetsivuja sekä joitain alan internetjulkaisuja. Työssä käytettiin myös sähköpostia, jonka avulla lähetettiin yrityksille sähköposteja, jossa kysyttiin kysymyksiä liittyen aiheeseen. Sähköpostiviesteillä saatiin paljon sellaista tietoa, jota ei yritysten internetsivuilta löytynyt. Lisäksi tukena käytettiin Mericon Oy:n omia julkaisuja.</p> <p>Aineistoa oli paljon tarjolla, haasteena oli erottaa asialliset julkaisut asiattomista. Tämän jälkeen löysin jokaiseen tarvitsemaani osa-alueeseen riittävän hyvät lähteet. Useat lähteet tukivat toisiaan täten parantaen, aineistojen luotettavuutta. Hyvin paljon arvokasta tietoa yritysten toimintatavoista saatiin yrityksille lähetetyistä sähköpostiviesteistä.</p> <p>Tässä insinööri työssä keskityttiin asioihin on löydetty riittävän tarkat vastaukset, jotka vastaavat työn alussa annettuihin tavoitteisiin. Useat yritykset vastasivat sähköpostiviesteihin melko hyvin, ja niistä saatiin paljon hyödyllistä tietoa. Työssä on kaikki yritykset, jotka ovat tulleet vastaan tutkimusten yhteydessä. Uskon, että tästä työstä on hyötyä Mericon Oy:lle, kun se tutkii mahdollisten uusien laitteistojen hankkimista.</p>	
Avainsanat	luotaus, meri, mittaus, hydrografia, laitteisto, paikannus

Author(s) Title	Petteri Kankare Sonar Equipment and Procedures Around the World
Number of Pages Date	51 pages 20 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructor(s)	Sanna Lehmusvirta, Project Manager Jussi Laari, Senior Lecturer
<p>The intention of this final year project is to provide a company named Mericon Oy, with some knowledge about different sonar equipment and sonar technique's used around the world. The purpose was to create an information package which is concentrated on equipment, the programs and different ways of measuring location. All the companies used in this final year project are listed at the end of the study, with some details about their work.</p> <p>The main source of information was the web pages of different companies, as well as some articles from researchers in the field of marine surveying. One part of the study was to email questionnaires to companies. The questionnaire was used to collect information which otherwise was not available. Also, some of Mericon Oy's internal documents were used in the study.</p> <p>A vast amount of information is available on the internet. The challenge was to find and analyse the web sites. On many occasions there were multiple references to provide support and make the results more accurate.</p> <p>Many companies completed the emailed questionnaire with useful information. The company list at the end of the study lists all companies that contributed to this study. The project aimed to help Mericon Oy, in considering new equipment or programs.</p>	
Keywords	sonar, ocean, surveying, hydrography, equipment, GIS

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kalusto ja kohteet	2
2.1	Alukset	2
2.1.1	Pienet alukset	2
2.1.2	Keskikokoiset alukset	3
2.1.3	Suuret alukset	3
2.2	Kohteet	4
2.2.1	Rannikkokohteet	4
2.2.2	Avomerikohteet	4
2.2.3	Erilliset kohteet	5
3	Paikannus	6
3.1	GPS ja Glonass	6
3.2	Modulaarisuus	6
3.3	Integroitu GNSS/INS	7
3.4	Differentiaalinen GPS-paikannus	8
3.5	Kiinteä RTK-tukiasema	8
3.6	Korkeustiedon määrittäminen	8
3.6.1	Vuoroveden korkeusvaihtelun mittaus	8
3.6.2	Vuoroveden osatekijät ja jäljelle jäävä interpolointi (TCARI)	9
3.7	Paikannuksen jälkikäsittelytekniikat	10
3.7.1	Jälkikäsittelyn edut	10
3.7.2	PPK ja PPP	10
3.7.3	IAPPK	10
3.7.4	Vdatum	11
4	Luotauslaitteisto	11
4.1	Luotaimet	11
4.1.1	Monikeilainkaikuluotain	12
4.1.2	Linjaluotain	20

4.1.3	Viistokaikuluotain	20
4.1.4	Korkeataajuusluotain	21
4.1.5	Matalataajuusluotain	21
4.1.6	Seisminen luotain	23
4.1.7	Magnetometri	26
4.1.8	Miehittämättömät alukset	27
4.1.9	Akustinen paikannus	28
4.1.10	Yhteensopivuus	29
4.1.11	Kompensaattorit	30
4.1.12	Muut laitteet	31
5	Ohjelmistot	32
5.1	Reson PSD2000	32
5.2	Sonar TRX	32
5.3	Trimble HYDROpro	32
5.4	Meridata MDPS ja MDCS	33
5.4.1	MDPS	33
5.4.2	MDCS	34
6	Hinnat	34
7	Aikataulut ja kurssit	35
7.1	Aikataulut	35
7.2	Kurssit	35
8	Yritykset	36
8.1	Suomi	36
8.2	Pohjoismaat	37
8.3	Muu Eurooppa	38
8.4	Muu maailma	41
9	Yhteenveto	45
	Lähteet	46

Lyhenteet

Hz hertsi, yksi hertsi tarkoittaa taajuutta, jossa värähdysjaksot toistuvat sekunnin välein.

KHz kilohertsi, yksi kilohertsi on, hertsi 10^3

MHz megahertsi, yksi megahertsi on 10^6

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on tutkia maailmalla käytettäviä eri luotausmenetelmiä sekä sitä miten ja millaisissa tilanteissa käytetään millaistaakin laitteistoa. Tarkoituksena on myös saada Mericon Oy:lle mahdollisimman paljon tietoa muista yrityksistä mahdollista yhteistyötä ajatellen ja saada laitevalmistajilta jonkin verran hintatietoa uusista laitteista ja järjestelmistä mahdollisia hankintoja varten. Työn tärkeimpänä osana tulee olemaan yrityslista, johon on listattu yrityksiä eri sektoreilta liittyen jollain tavalla luotaamiseen.

Ennen insinööriyön aloittamista en paljon tiennyt luotauslaitteistoista, ohjelmista tai sitä, mitä niiltä kuljettavilta aluksilta vaaditaan. Tarkoitus on itse oppia jotain uutta ja sellaista mittausalalta, joka on koulussa jäänyt vähemmälle huomiolle.

Insinööriyön tekovaiheessa tutkin luotausmenetelmiä ja -laitteita eri yhtiöiden internetsivuilta sekä mahdollisimman paljon lehtien artikkeleista. Tarkoituksena on myös lähettää yrityksille sähköpostina kysymyksiä, joista saaduilla vastauksilla tulee olemaan suuri painoarvo työssäni.

Insinööriyön valmistuttua toivon, että olen saanut paljon ja kattavasti tietoa alan työnkuvista sekä mitä kaikkea luotaustyön suorittaminen vaatii, teknisesti ja rahallisesti. Työstä tulisi saada hyötyä Mericon Oy:lle, jolle tämän insinööriyön teen osana heidän Tekes-hankettaan.

2 Kalusto ja kohteet

2.1 Alukset

Luotausalus voi olla minkä kokoinen tahansa. Kaikki on kiinni siitä, minkälaisissa olosuhteissa ja minkälaisella kalustolla luotaus on tarkoitus suorittaa. Tärkeää on myös se millaisella kalustolla työskennellään sekä millaista dataa on tarkoitus saada. Rannikkoalueilla käytetään yleensä pienehköjä aluksia, jopa miehittämättömiä kauko-ohjattavia lauttoja, kun taas avomerellä käytetään isoja laivoja.

2.1.1 Pienet alukset

Pienet alukset ovat joko pieniä pulpettiveneitä tai vähän suurempia katettuja alumiiniveneitä, alukset ovat kooltaan alle 10 metriä pitkiä. Pienemmillä aluksilla pystytään toimimaan vain pienessä aallokossa (tuulenoisuus max. 8 m/s). Alukset ovat materiaaliltaan yleensä alumiinia, mutta yhtä hyvin voivat olla myös lasikuitua. Rannan läheisyydessä vedessä voi olla kiviä tai vanhoja laiturin osia jotka voivat olla haitallisia lasikuiturunkoisille veneille, alumiinirunko on hieman kestävämpi. Jollain yrityksillä on ihan pienimpiä ja nopeasti mitattavia kohteita varten jopa kumivene tai vesijetti. Tyynellä säällä luotaus onnistuu kaiken kokoisilla aluksilla, mutta aallokossa koosta on hyötyä. Mitä suurempi vene, sitä paremmin se kestää merenkäyntiä ja luotaaminen onnistuu suuremmissakin aallokoissa.

Pieniin aluksiin sopii vähemmän mittauskalustoa ja mittaushenkilökuntaa, joka on otettava huomioon mittauksia suunnitellessa. Mericon Oy:n kokemuksilla pieneenkin alukseen (6,5 m) (kuva 1) on kiinnitettävissä rannikko-olosuhteissa viisi erilaista elektroakustista luotainsensoria yhtäaikaiseen käyttöön. (1; 78.)



Kuva 1. Mericon Oy:n luotausalus Kaiku. (78.)

2.1.2 Keskikokoiset alukset

Keskikokoiset alukset (kuva 2) sopivat pienien ja suurien välimaastoon, ovat pituudeltaan 10–30 metrin väliltä, hoitaen merenpohjan kartoituksia, jotka ovat liian kaukana rannasta pienille aluksille ja liian lähellä rantaa suurille aluksille. Keskikokoiset alukset pystyvät toimimaan huomattavasti kovemmassa aallokossa kuin pienet alukset. Alukset ovat osin alumiinia, mutta on myös lasikuiturunkoisia aluksia. Keskikokoisia aluksia on monenkokoisia ja -muotoisia, on normaaleja yksirunkoisia ja on myös kaksirunkoisia ”katamaraaneja” (kuva 2). Alukset ovat kooltaan 10 metristä aina 30 metriin asti. (1.)



Kuva 2. Keskikokoinen alumiini katamaraani (58).

2.1.3 Suuret alukset

Suurimmat avomerialukset (kuva 3) on valmistettu teräksestä, ja ne voivat olla 30 metristä yli 100 metriin ja painaa jopa 8 600 tonnia. Ison kokonsa vuoksi näillä aluksilla pystytään mittaamaan suurissakin aallokoissa. Näissä aluksissa on mukana paljon muutakin tutkimuskalustoa, ja merenpohjan luotaus on vain yksi osa aluksen työnkuvasta. Isoilla aluksilla on usein monenlaista luotauksetkalustoa mukana, joilla saadaan mitattua merenpohjaa hyvin tarkasti, ja ne pystyvät kuljettamaan isompia laitteita, joilla päästään syvimpiin vesiin. Näillä suurilla aluksilla on koko mittaryhmä mukana koko ajan ja datan jälkikäsitteily voidaan hoitaa laivan ollessa merellä. (1; 2.)



Kuva 3. Suuri tutkimusalus (2).

2.2 Kohteet

Erilaiset olosuhteet vaikuttavat mittausten tuloksiin, ajankohdan, ja aluksiin. Kovissa tuuliolosuhteissa ei pystytä luotaamaan ollenkaan, kova aallokko keinuttaa pientä alusta niin paljon, että luotaaminen ei onnistu. Mitä tyynempi sää, sen parempi. Vedenkorkeuden vaihtelu voi myös hankaloittaa asioita, Suomessa vuorovesi-ilmiö ei ole suuri, mutta alueilla, joilla se on merkittävä, voi huonona aikana tehdyssä luotauksessa olla suuria virheitä. *Pitch, heave ja roll* ovat mittoja, joilla tarkoitetaan aluksen vertikaalista, horisontaalista sekä suunnan muutoksessa tapahtuvaa liikettä merellä. Merellä mitattaessa on hyvin tärkeää ottaa huomioon edellämainitut mitat, jotta saadaan alus tarkasti paikannettua ja tulokset oikealle paikalle merenpohjaan. (78.)

2.2.1 Rannikkokohteet

Rannikolla kohteina ovat kaikki, mitä rakennetaan rannan läheisyydessä, kuten laiturit tai rantamuurit, joiden rakentamisen lähtötiedoksi tarvitaan pohjan muotojen, sekä meren pohjan kerrostumien tietoja. Tähän sopivat hyvin pienet ja ketterät alukset, joissa on matala syväys.

Suojaisilla rannikkoalueilla, kuten Itämeressä, tullaan toimeen hyvin pienemmillä aluksilla, kun taas avomerien rannikoilla merenkäynti on kovempaa ja tarvitaan suurempia aluksia. (3.)

2.2.2 Avomerikohteet

Avomerellä kohteina ovat isot rakennelmat kuten, öljynporauslautat ja kaasuputket. Avomerillä mitataan myös merenpohjanmuotoja, kun tarkastellaan merivirtoja, väylien syvyyksiä ja mannerlaattojen liikkeitä.

Meren pohjan luotausta käytetään myös silloin, kun etsitään syvän meren kaasu ja öljy esiintymiä. Kun meren pohjaan tulee matkaa useita kilometrejä, tavalliset kaikuluotausjärjestelmät eivät riitä pohjaan asti.

Tavallisin ratkaisu näihin tilanteisiin on asentaa kaikuluotauskalusto miehittämättömään alukseen, joka pääsee lähemmäksi meren pohjaa. Laite on yhteydessä emoalukseen, johon saatu data kerätään.

Mahdollisuutena on myös käyttää geoluotainta meren pohjan koostumuksia mitattaessa. Geoluotain (magnetometri) yltää syvemmälle merenpohjan eri sedimenttikerroksiin kuin tavalliset kaikuluotaimet. (4; 5.)

2.2.3 Erilliset kohteet

Väyliä luodattaessa tarkastellaan, että mihin kertyy sedimenttiä ja tarvitseeko väylää ruopata. Väylät joilla on paljon laivaliikennettä, muuttuvat nopeasti, koska laivat aiheuttavat aaltoja ja potkurit virtauksia vedessä, jotka liikuttavat pohjassa olevaa maa-ainesta. Ilman luotausta väylälle saattaa kertyä maa-ainesta, jolloin sen syväys ei enää täyty, vaan sitä pitää ruopata.

Ruoppaustyössä luotaus on todella kätevä tapa tutkia, minkä verran pitäisi poistaa maata, minkälaisia maamassoja (savi, siltti, hiekka, moreeni, kivet ja kallio), sekä ruoppauksen aikana selvittää, miten ruoppaus edistyy ja täyttääkö se asetetut tavoitteet (esim. kaikki savi poistettu tietyltä alueelta). Ruoppaustöitä on paljon satama-alueilla sekä isoilla laivaväylillä. Ruoppaamalla voidaan myös poistaa pilaantunutta maa ainesta.

Luotaamalla saadaan aineistoa myös merikarttojen tekoa varten.

Rannikoille rakennetaan enenemässä määrin tuulivoimaloita (kuva 4), joita varten on luodattava meren pohjaa. Kaikki isot rakennelmat on ankkuroitava peruskallioon.



Kuva 4. Tuulipuisto (61).

Norjassa lasketaan meren pohjaan sähkökaapeleita, joten merenpohjaa on mitattava monilla eri tavoin, jotta kaapelit saadaan turvallisesti meren pohjaan ja pysyvät siellä vahingoittumattomina.

Satamien rakentamisen ja purkamisen yhteydessä käytetään yleisesti eri luotausmenetelmiä. Niissä tarkastellaan pohjan muotoja sekä koostumusta, erityisesti laitureiden rakentamisessa luotauksesta on hyötyä. (6; 7; 8; 9; 10.)

3 Paikannus

Paikannus perustuu laskentaan, jossa paikan sijaintikoordinaatti lasketaan sen etäisyydestä vähintään kolmeen tai neljään tukiasemaan. Laskeminen tapahtuu mittaamalla ensin etäisyys tukiasemiin radiosignaalin kulkuajan tai voimakkuuden perusteella. Tukiasemista vedettyjen säteiden leikkauspiste ilmaisee paikan sijainnin. Tukiasemat toimivat matkapuhelin- tai satelliittiverkossa. Paikka voidaan laskea joko itsenäisesti käyttäjän käsilaitteessa tai operaattorin verkon avustuksella. (80.)

3.1 GPS ja Glonass

Satelliittipaikannus- eli GNSS-järjestelmä (Global Navigation Satellite System) tarjoaa tarkkaa paikannuspalvelua, joka perustuu maata kiertävistä satelliiteista lähetettävien radiosignaalien rekisteröintiin maanpinnalla toimivien vastaanotinasemien avulla. Järjestelmään kuuluvat muun muassa USA:n ja Venäjän ylläpitämät GPS- ja GLONASS- satelliitit, ja EU on liittymässä palveluun omalla Galileo-järjestelmällään. Nykyratkaisussa ne lähettävät tarkan aikatiedon sisältävää signaalia kahdella eri taajuudella, jotka ovat selkeästi korkeampia kuin esimerkiksi televisio- tai radiolähetyksissä käytetyt taajuudet. Kun vastaanotin havaitsee usean satelliitin signaalin samanaikaisesti, se voi laskea tarkan sijaintinsa signaalien kulkuajoista. (11.)

3.2 Modulaarisuus

Paikannusvastaanottimet ovat modulaarisia, dual-antennijärjestelmät sopivat merirakennustoimintaan ja hydrografisiin tutkimuksiin. Esimerkiksi Trimblen

vastaanottimet voidaan liittää Trimblen HYDROpro-ohjelmistoon, joka antaa työkaluja paalujen, siltojen, huoltoputkien, porauslautojen tarkkaan sijoittamiseen. HYDROpro tarjoaa sinulle aluksen tarkat XY-koordinaatit, paikkatietoa aluksen kulkusuunnasta ja asennosta, jotta aluksen keräämä data saadaan oikeaan asentoon ja kohtaan kartalle. Laitteet on saatavilla sisäisellä 450 MHz:n tai 900 MHz:n radiolla, joka on päivitettävissä vaihtelevien työolosuhteiden tarkkuus vaatimuksiin.

Laitteistosta on mahdollista saada kannettavia versioita, jolloin radio- ja GPS-vastaanottimet ovat samassa kotelossa, joten voidaan säilyttää laitteistoa aluksen matkustamossa tai kantolaukussa, suojaten näin elementtejä varkauksilta, huonolta säältä jättäen vain kiinteästi asennetut antennit veneen matkustamon ulkopuolelle. (12; 13.)

3.3 Integroitu GNSS/INS

INS on navigointiavustaja, joka käyttää tietokonetta, liiketunnistimia ja pyörähdyssensoreita mitataksaan jatkuvasti paikkaa, orientaatiota ja vauhtia (suuntaa, nopeutta ja liikettä) liikkuvalla aluksella tarvitsematta ulkoisia referenssejä.(15.)

On myös mahdollista käyttää inertiapaikannus järjestelmiä (INS) ja GNSS-järjestelmiä samassa yksikössä.

INS tarjoaa sisäisesti todella pehmeän ja todella korkea laatuista informaatiota kuljetusta alueesta, mutta ulkoisesti se kärsii "ajelehtimisestä", eli paikannus satelliittien avulla voi heitellä eikä näin ollen ole enää tarkka. GNSS ja GPS tuottavat huonompaa dataa, jossa on enemmän vääristymiä, mutta se ei "ajelehdi". Näiden kahden yhdistäminen käyttäen hienostuneimpia tekniikoita, saadaan todella tarkkaa informaatiota (muutaman sentin sisään kaikilla kolmella ulottuvuudella), jota tarvitaan monikeilain kaikuluotaimen datan korjaamiseen reaaliajassa. (14.)

3.4 Differentiaalinen GPS-paikannus

Differentiaalinen GPS-paikannus (DGPS) on GPS-paikannuksen alueellinen tarkennusmenetelmä. Se käyttää tarkkaan paikannettuja kiinteitä maa-asemia, jotka mittaavat GPS-signaaleista alueellisen paikannusvirheen ja välittävät paikannukseen korjaustiedon alueella liikkuville laivoille jne.

Euroopassa DGPS-järjestelmiä ovat kehittäneet mm. Ruotsin ja Suomen merenkulkuhallinnot. Suomessa merenkululaitoksella on yhdeksän rannikkoasemaa DGPS-korjaustietojen välittämiseen laivoille.

(17.)

3.5 Kiinteä RTK-tukiasema

Kiinteän RTK-tukiaseman käyttö antaa hyvin tarkkaa paikkatietodataa. Kiinteän RTK-tukiaseman asennetaan tunnetulle pisteelle, ja se lähettää aluksen vastaanottimille satelliittien korjaustietoa. Paikkatiedon laatu riippuu siitä, kuinka tarkasti tukiasema on mitattu paikoilleen. Kiinteä RTK-tukiasema lähettää alukselle korjaustietoa, jonka virhe marginaali on noin 3 cm. Kiinteää RTK-tukiasemaa voidaan käyttää, kun luodataan tukiaseman läheisyydessä. Mitä pidemmälle tukiasemasta mennään, niin virheiden suuruus kasvaa. (62.)

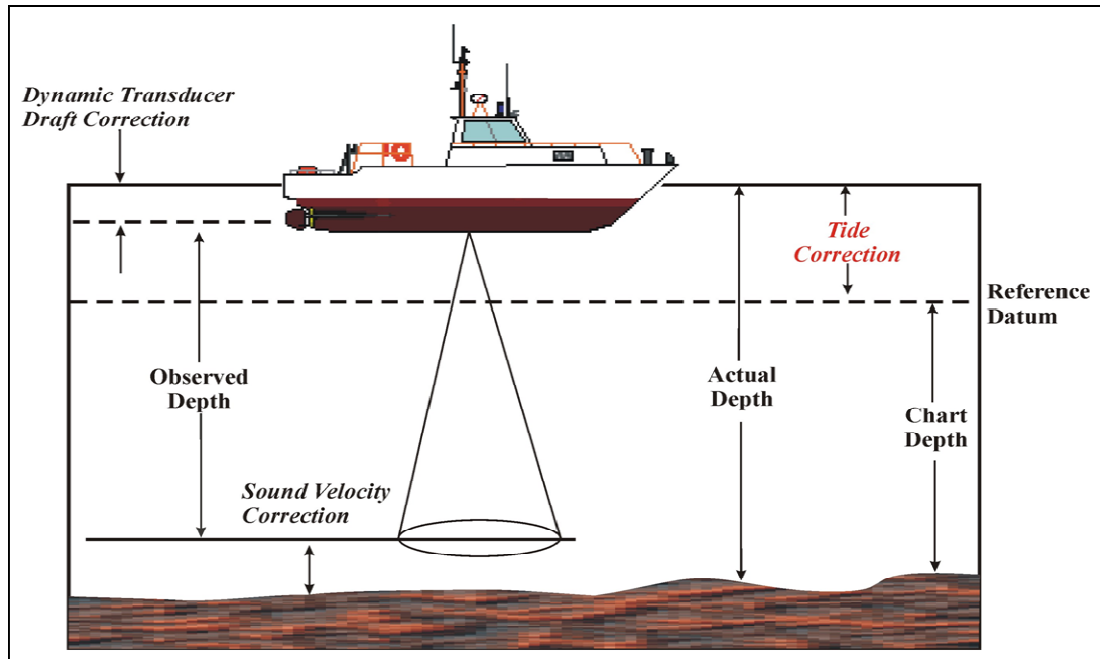
3.6 Korkeustiedon määrittäminen

3.6.1 Vuoroveden korkeusvaihtelun mittaus

Vuoroveden korkeusvaihtelun mittaus on vuoroveden ominaisuuksien extrapolointia ja interpolointia tunnettujen vuorovesitietojen avulla (kuva 5).

Kun jaetaan hydrografinen mittausalue eri alueisiin ja sektoreihin, jokainen niistä omaa samanlaiset vuoroveden ominaisuudet. Vuoroveden korkeusvaihtelun mittaajia käytetään säätämään alueelta saatuja vedenpinnan korkeuden tietoja. Vuoroveden korkeusvaihtelun mittaus on välttämätöntä, kun korjataan vaihtelevia veden korkeuksia. Jokainen mittaus alue on geologisesti rajattu niin, että erilaisuudet ajassa ja matkassa

eivät ylitä annettuja rajoja, yleensä 0,2 tuntia ja noin 6 senttiä. Kuitenkin nämä rajat voivat vaihtua riippuen mittaustyylistä, mittausalueesta ja vuoroveden käyttäytymisestä. Vuoroveden korkeusvaihtelujen mittaus yksiköt johtavat tallennetut vedenkorkeustiedot asianmukaisesti vuorovesiasemille. (18; 19.)



Kuva 5. Vuoroveden tulkinta (79).

3.6.2 Vuoroveden osatekijät ja jäljelle jäävä interpolointi (TCARI)

TCARI on metodi jolla lasketaan veden korkeuskorjausta referenssiksi, hydrograafisen luotauksen karttatiedoksi käyttäen vuorovesimittareita ja/tai GPS-valvottuja poijuja. TCARI tarjoaa menettelytavan, joka "jatkuvasti" tulkitsee vedenpinnan korkeutta, joka parantaa eteenpäin erillistä vuoroveden tulkintaa. Myös TCARI voi tuottaa korjausarvoja mihin tahansa luotauksen mittausaikaan ja asentoon tietyn alueen sisällä, joka on yhteydessä paikallisessa verkossa toimivien vedenkorkeusasemien kanssa. (18.)

3.7 Paikannuksen jälkikäsitteilytekniikat

3.7.1 Jälkikäsitteilyn edut

Aluksen tarkkapaikannus voidaan hoitaa myös jälkikäsitteilyssä, siis voidaan kohdentaa koordinaatistoon sen jälkeen, kun data on kerätty.

Tietokoneohjelmilla on monia etuja:

- Radiomodeemi ei ole välttämätön.
- Jälkilasketut satelliittien liikeradat ja kellokorjaukset ovat saatavilla, mikä tarkoittaa parempaa paikannustarkkuutta.
- Dataa voidaan pehmentää ja suodattaa.

3.7.2 PPK ja PPP

Jälkikäsitelty kinemaattinen mittaus (PPK) on samantapainen kuin reaaliaikainen kinemaattinen mittaus (RTK), koska algoritmit, joita sovelletaan raakadataan, ovat samantapaisia. Kuitenkin PPK-mittauksessa voidaan käyttää hienostuneempia lähestymistapoja, jotka normaalista parantavat kolmiulotteista paikannusta. Molemmat RTK- ja PPK-mittaukset tarvitsevat ainakin yhden referenssiaseman 100 kilometrin säteellä aluksesta, jotta tulokset olisivat luotettavia.

Jälkimmäistä jälkikäsitteilylähestymistapaa kutsutaan tarkkapistepaikannukseksi tai PPP:ksi. Toisin kuin RTK ja PPK, PPP ei tarvitse referenssiasemilta dataa. PPP:tä voidaan käyttää staattisessa tarkkailussa (24 tunnin aikajaksolla) ja kinemaattisessa tarkkailussa, kuten mittauksen alkuvaiheessa. PPP tarvitsee usean tunnin, jotta järjestelmä pystyy asettumaan oikeille arvoille, joten se ei ole hyödyksi kinemaattisissa lyhyen aikajakson mittauksissa. (14.)

3.7.3 IAPPK

Reaaliaikaisia tuloksia, jotka voidaan saavuttaa IARTK-järjestelmällä, voidaan parantaa jälkikäsitteilyssä. Tämä on mahdollista samasta syystä kuin PPK GPS voi parantaa RTK GPS -tuloksia. Satelliittien lentoradoista ja kellotaajuudesta saadaan informaatiota, jolla voidaan pehmentää dataa ja käyttäen useita referenssi asemia voidaan parantaa laskelmia aluksen asennosta ja liikkeistä. Lisäksi, kun käytetään

hienostuneita algoritmeja, voidaan tuottaa statistisia estimaatteja jokaisen parametrin laadusta, kuten pituus- ja leveyspiirien, korkeuden, kierähdysten, kaltevuuden ja kulkusuunnasta. (14; 16.)

3.7.4 Vdatum

Vdatum on innovatiivinen ja kehittyvä ohjelmistotyökalu, joka on kehitteillä NOAA:an merikeskuksessa Yhdysvalloissa ja on ilmainen yleisölle, Vdatumin tärkein tarkoitus on muuntaa korkeusdataa eri lähteistä yhteiseksi referenssi järjestelmäksi. Yhteinen referenssijärjestelmä on tärkeä, koska virheitä voi ilmetä, kun karttoja ja tilastoja tehdään eri lähteistä. Rannikkoalueilla, esimerkiksi pieni liike korkeudessa voi muuntaa koko rantaviivan muotoa.

Vdatumin kyvyt muuntaa ja kääntää korkeusdataa auttaa rannikkosovelluksissa, jotka sisältävät tulvamallinnusta (kuten myrskyaallot, tsunamit ja veden pinnan korkeuden nousun vaikutukset.), ekosysteemin hallintaa ja rannikon suunnittelua, käyttäen hydrograafisia mittauksia kinemaattista GPS:ää pystysuoraksi referenssiksi ja rantaviivan määrittelyä LiDAR-datasta.

Vdatum on valmistunut kattamaan kaikkia rannikkoalueita Yhdysvaltojen rannikoilla vuonna 2011, ja sen jälkeen siirtyy Yhdysvaltojen muilla alueille kuten, Hawaiji ja Alaska. Päämääränä on kehittää Vdatumin hyödyllisyyttä läpi maan, joka edistää tehokkaamman korkeustiedon jakamisen ja lopulta linkittäen tämänlaisen datan kansalliseen tietopankkiin. Vdatum on tällä hetkellä tarkoitettu käytettäväksi yksinomaan Yhdysvalloissa. (20.)

4 Luotauslaitteisto

4.1 Luotaimet

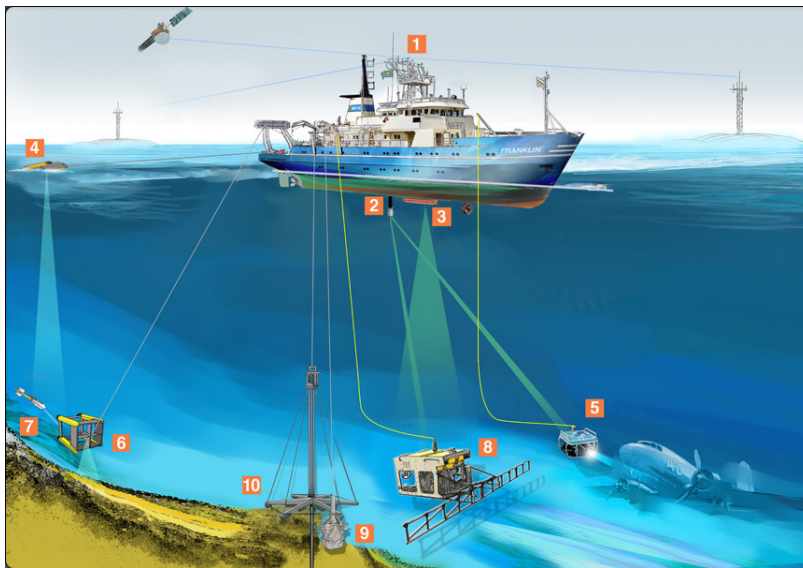
Luotauslaitteet (kuva 6) voivat olla joko kiinteitä tai kevyempiä siirrettäviä laitteita. Pienissä aluksissa on usein siirrettävät laitteet. Suuremmissa aluksissa on kiinteät laitteet, jotka ovat tehokkaampia ja raskaampia kuin pienemmät siirrettävät laitteet.

Suurissa aluksissa on myös ”siirrettäviä” luotuslaitteita, laitteet nostetaan nosturilla veteen laivan perästä ja luotuksen jälkeen nostetaan takaisin alukseen. On myös miehittämättömiä robottisukellusveneitä, joilla päästään syvemmälle kuin normaaleilla luotuslaitteilla.

Kiinteät laitteet ovat kiinnitetty laivan runkoon ja tarpeen tullen vain kytketään päälle. Laitteita on myös monenlaisia, kaikuluotausta käyttäviä sekä seismologisesti toimivia.

Käyttäen edistyneimpiä tekniikoita kuten monikeilainkaikuluotausta ja viistokaikuluotausta, on mahdollista saada hyvä ja yksityiskohtainen kuva merenpohjasta geologista ja biologista tulkintaa varten.

Laitevalmistajat eivät tee muuta kuin valmista laitteita ja opettavat niiden käyttöä, miten laitteet linkitetään toisiinsa tai mitä paikannus järjestelmää käytetään, on yrityksen oma asia hoitaa ohjelmat ja muut lisälaitteet, jotta kaikki toimivat yhdessä niin kuin pitää ja halutaan. (23; 24; 25; 26.)



Kuva 6. Erilaisia luotuslaitteita (44).

4.1.1 Monikeilainkaikuluotain

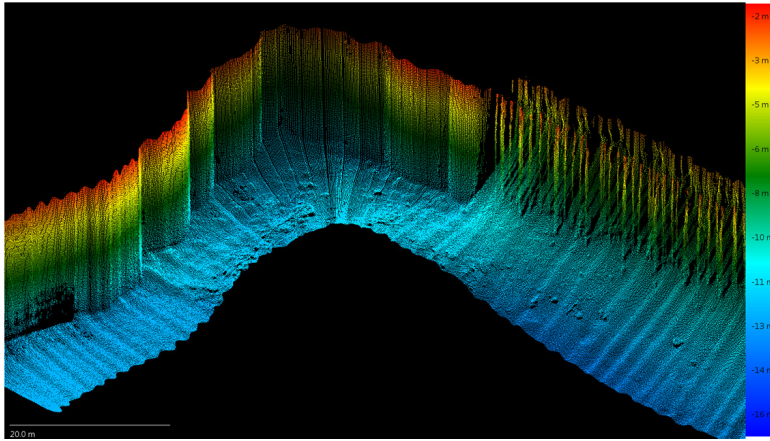
Monikeilain (kuva 8) on huomattavasti kehittyneempi kuin vanhemmat järjestelmät, monikeilainluotain käyttää monia yksittäisiä kaikusäteitä tutkiakseen merenpohjaa. Tällainen kaikulaite (monikeilainkaikuluotain) pystytään asentamaan joko perässä- tai

sivulla vedettävään alukseen, aluksen runkoon, miehittämättömään alukseen ja monille muillekin alustoille.

Monikeilainkaikuluotausjärjestelmä tarjoavaa viuhkamaisen peiton merenpohjasta (kuva 9) jopa 160 astetta (hyvin samanlainen kuin viistokaikuluotauksessa), mutta saatu data on erilaista. Toisin kuin koko ajan vastakaiukua tallentava järjestelmä, monikeilainjärjestelmä mittaa ja tallentaa ajan, jonka akustinen signaali käyttää matkustaessa lähettimestä merenpohjaan ja takaisin, mitaten matkan merenpohjaan. Käyttämällä matkaa ja mittauskulmaa kaikuluotaimesta, pystytään pääättelemään merenpohjan syvyys jokaiselle säteelle. Kun asetetaan kaikki pisteet (joillain luotaimilla jopa 256 sädepistettä yhdelle ”viuhkalle”) samalle viivalle ja ajetaan haluttu matka, saadaan halutun levyinen linja, joka pitää sisällään pohjan muodot. Kun jälkikäsitelyssä asetetaan kaikki linjat vierekkäin, saadaan 3D-aineisto merenpohjasta.

Etuna monikeilainluotauksessa verrattuna tavanomaisiin luotausjärjestelmiin on lisääntynyt tieto merenpohjan yksityiskohdista, kuvat ovat samankaltaisia, kuin laserkeilausaineistot maanpinnalta (kuva 7). Lisäksi syntyy luottamus siitä, että kaikki merkittävä on kartoitettu alueelta, monikeilaus on keino päästä vaikeimmille alueille (kuten laitureiden tai osittain suurten alusten alle). Menetelmä vaatii vähemmän mittauslinjoja, mikä taas tarkoittaa lyhyempää mittausaikaa.

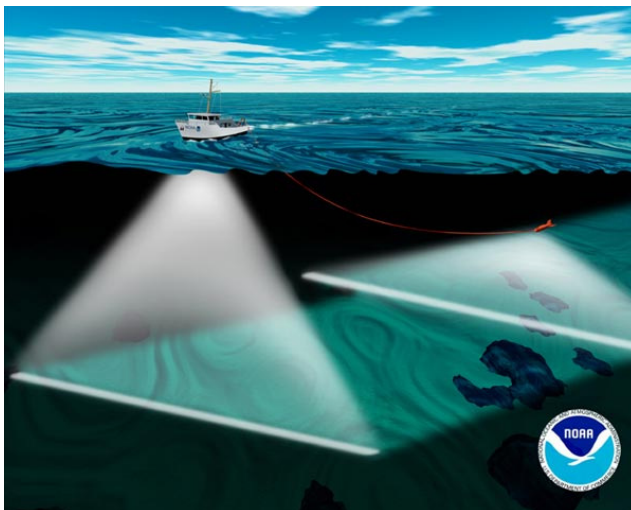
Monikeilaimella on toki myös huonoja puolia, monikeilaimen tuottama aineisto on todella raskasta jälkikäsitellä, aineistoa on paljon ja mukana on paljon sellaista mitä ei tarvita. Aika joka säästetään mittausvaiheessa, voidaan kuluttaa moninkertaisena jälkikäsitelyvaiheessa. Monikeilausaineistot kärsivät myös muiden alusten tai laitteiden tuottamista häiriöistä, kuten ruoppaajan lähellä työskentelystä. Ruoppaajan aiheuttamat pyörteet ja virtaukset aiheuttavat häiriötä aineistoissa ja niiden tulkittamisesta tulee vaikeampaa ja työläämpää, aineistoon voi myös jäädä aukkoja kun poistetaan häiriintyneitä tai virhekaikuja. Monikeilaus täytyy suorittaa hyvin tynissä oloissa, tai on pystyttävä tallentamaan veneen liikkeet hyvin tarkasti, sillä pienikin veneen heilunta voi aiheuttaa suuria virheitä keilan reunan pisteille. (27.)



Kuva 7. Monikaikuluotaimen tuottama aineisto. (78.)



Kuva 8. Monikaikuluotain. (78.)



Kuva 9. Monikaikuluotain käytössä (63).

4.1.2 Linjaluotain

Linjaluotaimella (kuva 10) tarkoitetaan “perinteistä” elektroakustistakaikuluotausta, näitä järjestelmiä on ollut jo yli 50 vuotta.

Lähetin on yleensä kiinnitetty veneeseen, mutta muitakin alustoja löytyy. Esimerkiksi laitteisto pystytään kiinnittämään muun muassa vesiskootteriin (kuva 11). Alus voidaan myös varustaa perässä vedettävällä laitteella, mutta yleensä ei ole mahdollista mitata lähettimen tarkkaa paikkaa mittauksen ollessa käynnissä.

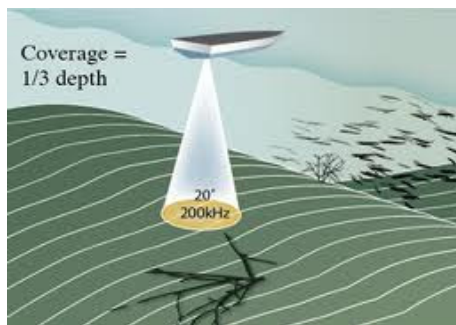
Luotaus-säteen leveys on useimmissa luotaimissa 10–30 astetta. Menetelmä hyödyntää yksittäistä leveää sädettä pohjan tulkinnassa estimoiden lyhimmän kallistuneen matkan merenpohjaan.

Kun on jo olemassa +/- 5–15 asteen epävarmuus (perustuen 10–30 asteen säde leveyteen), on hyvin vähän järkeä analysoida aluksen kallistuksien ja kiertymien luonnetta, koska ne ovat yleensä alle jo olevien epävarmuuksien.

Näin ollen metodi, jolla määritetään pienin kallistumamatka, antaa vastauksen, joka on vain arvio. Vaikka tämä metodi on melko pätevä, kun veden pinta on rauhallinen ja meren pohja on melko tasainen, sillä on silti selviä rajoituksia.

Vaikka olisikin ideaaliolosuhteet, mitään dataa ei kerry tämän luotaussäteen ulkopuolelta. Tämä jättää kysymyksen, mitä jää mittauslinjojen väliin.

Linjaluotaus sopii hyvin merenpohjan yleiskuvan luontiin ja massalaskennan tarpeisiin, kun ei tarvitse saada monikeilaimen tasoista tiheää pistepilveä tai viistokaikuluotaimen tuottamaa valokuvamaista otosta merenpohjasta. Tulokset ovat yksinkertaisempia ja nopeampia jälkikäsitellä. (28.)



Kuva 10. Linjaluotain (64).



Kuva 11. Linjaluotain vesijetissä (65).

4.1.3 Viistokaikuluotain

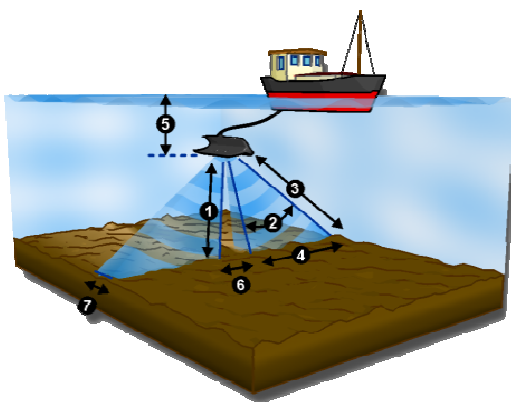
Viistokaikuluotain tutkii merenpohjan muotoja sekä ensimmäisiä sedimenttikerroksia.

Viistokaikuluotaus tuottaa ns. valokuvan merenpohjasta (kuva 13), joka on verrattavissa lentokoneesta otettuun ilmakuvaan. Viistokaiun kuvilta pystytään tulkitsemaan, onko pohjan koostumus pehmeää vai kiinteää ainesta. Kuvista pystytään erottelemaan isot lohkarreit ja erilaiset esineet, kuten hylt ja ankkurit.

Viistokaikuluotain kehitettiin paikkaamaan yksisäteisen kaikuluotaimen rajoitteita. Viistokaikuluotain ja linjaluotain lähettävät äänisignaalin ja analysoivat merenpohjasta tai jonkin muun objektin pinnasta takaisin heijastuneen signaalin (kaiun). Viistokaikuluotaus on halvempaa kuin monikeilaus, viistokaikuluotaimen jälkikäsitteily ei ole yhtä työlästä.

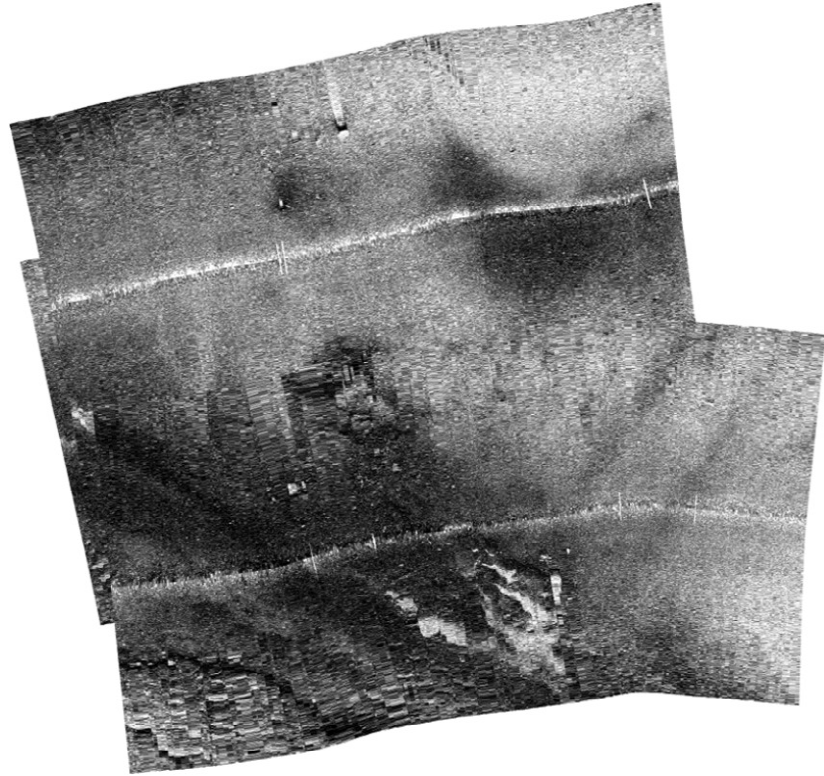
Äänen aalto lähetetään perässä tai sivulla hinattavan kaikuluotaimen sivuilta, ja ne muodostaa viuhkamaisen säteen luotaimen kummallekin puolelle (kuva 12), jolla se mittaa merenpohjaa useita kertoja sekunnissa. Takaisin palaavat signaalit (kaiku) tallennetaan, sekä prosessoidaan reaaliaikaisesti ja kuvat asetetaan paikoilleen, muodostaen kuvan merenpohjasta ja muista objekteista.

Menetelmällä pystytään hyvin kuvaamaan merenpohjan sekä muiden objektien ääriviivat ja pystytään mallintamaan kohteet melko hyvin. Useimmat viistokaikuluotainjärjestelmät eivät pysty tarjoamaan tarkkaa dataa syvyysolosuhteista merenpohjasta, vaan on hyvä käyttää tämän tiedon keräämiseen yhtäaikaisesti vähintään korkeataajuusluotainta. (29; 30; 31.)



Kuva 12. Viistokaiun "viuhka" (31).

1. Kaiun sisäreuna
2. Kaiun kulma
3. Kaiun ulkoreuna (kulmaa säätämällä voidaan suurentaa tai pienentää)
4. Viuhkan leveys merenpohjassa
5. Laitteen uinti syvyys
6. Viuhkojen väliin jäävän tyhjän alueen leveys
7. Yhden pyyhkäisyn leveys



Kuva 13. Viistokaiun tuottama kuva merenpohjasta, tasaisen harmaat kohteet ovat pehmeitä sedimenttejä ja vaaleat kohteet ovat kovia kalliota. (78.)

4.1.4 Korkeataajuusluotain

Korkeataajuusluotaimet ovat yleensä linjaluotaimia, jotka vain toimivat korkeammilla taajuuksilla kuin matalataajuusluotaimet. Monikeilauslaitteetkin ovat korkeataajuuksia. Korkeataajuusalue alkaa yleensä noin 200–400 kHz:stä ja voi olla aina 3 000 kHz:iin asti. Korkeataajuista luotausta on kaikki se, mikä ei lävistä merenpohjaa, vaan pysähtyy ensimmäiseen pintaan, joka tulee vastaan. (32; 33.)

4.1.5 Matalataajuusluotain

Matalataajuusluotain on linjaluotain, ja se lähettää matalia ääniaaltoja, joilla se lävistää meren pohjan ja erottelee, minkälaisia sedimentti kerroksia on merenpohjan pintakerroksen alla.

Matalataajuusluotaimet ovat käytössä, kun täytyy erotella eri sedimentti- ja kivikerroksia merenpohjan alla (kuva 15). Näillä laitteilla on myös mahdollista paikantaa kovia kohteita, jotka ovat hautautuneet merenpohjaan, kuten laivojen hylt.

Matalataajuusluotain lähettää ääniaallon kohti merenpohjaa. Taajuudet, joilla matalataajuusluotain toimii ovat 4–33 kHz. Osa näistä aalloista heijastuu takaisin merenpohjasta, kun taas osa aalloista menee syvemmälle ja heijastuu sieltä takaisin. Ne aallot, jotka lävistävät merenpohjan, ovat heijastuksia ja uudelleen hajonneita ääniaaltoja, jotka kulkevat läpi eri sedimenttikerroksien. Nämä signaalit palaavat takaisin kohti pintaa, joissa sensori havaitsee ne ja niiden erilaiset kulkunopeudet.

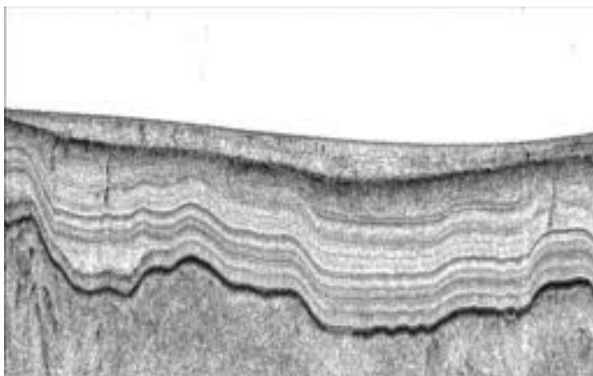
Ääniaaltojen matkaan kuluneen ajan avulla pystytään päättelemään merenpohjan eri kerrosten tiheys ja sen miten ne ovat järjestyneet pohjassa. Heijastunut aalto antaa myös jonkin verran tietoa eri kerrosten kompositioista.

Uudelleenhajonneet ääniaallot kulkevat monimutkaista reittiä ja antavat tarkempaa tietoa merenpohjan eri kerroksista. Analysoiden seismistä hajontaa, saadaan enemmän ymmärrystä eri kerrosten tiheydestä.

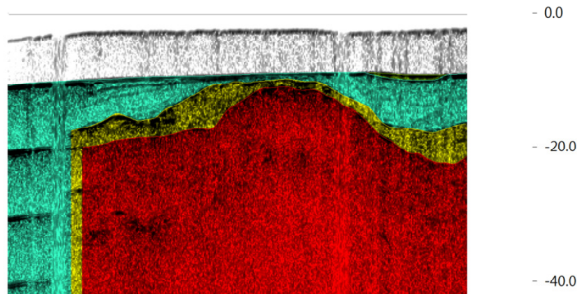
Matalataajuusluotaimilla saavutetaan parempi merenpohjan läpäiseväisyys, mutta menetelmä tuottaa huonomman resoluutioista kuvaa. Korkeilla taajuuksilla ääni aallot tuottavat kuville korkeampaa resoluutiota, mutta korkeammilla taajuuksilla ei päästä yhtä syvälle kuin matalammilla taajuuksilla.

Vaikka läpäisevyyden ja resoluution suhde ei ole tasainen, sen tuottamat tulokset ovat melko muuttumattomia. Avainasia pitämään optimaaliset tulokset on hankkia oikeisiin mittaustarkoituksiin oikeat laitteet.

Saatu data jälkikäsitellään soveltuvilla ohjelmilla, jotta saadaan mitattu data selvemmäksi ja helpommin ymmärrettäväksi. Esimerkiksi saadaan eroteltua eri maalajit toisistaan. (kuva 14). (34; 35; 66.)



Kuva 14. Luotaimelta saatu aineisto. (67)

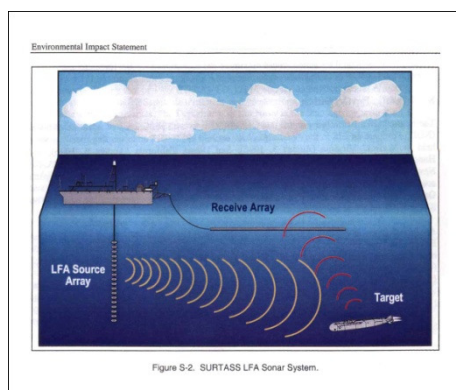


Kuva 15. Jälkikäsitelty kuva. (78.)

4.1.6 Seisminen luotain

Seisminen luotaus toteutetaan joko hinaamalla tai asentamalla luotain kiinteästi alukseen. Äänen lähde lähettää pulssin tasaisin väliajoin, joka osuttuaan merenpohjaan (kuva 16), heijastuu takaisin aluksessa olevalle Chirp-järjestelmälle, jonka hydrofonit voivat ottaa vastaan lähettämänsä signaalin, perässä vedettävälle hydrofoneille tai monelle vierekkäiselle hydrofonille. Vastaanottimet kääntävät analogisen signaalin digitaalseksi, jonka jälkeen dataa voidaan käsitellä tietokoneilla. Laitteiston käyttöön tarvitaan tehonlähde yksikkö, joka tuottaa tarvittavan jännitteen äänenlähteelle. Äänenlähteellä annetaan veteen matalataajuinen äänipulssi. Luotauksen datan keräämiseen käytetään hydrofoneja jotka, ottavat vastaan äänilähteeltä lähetetyt kaiut.

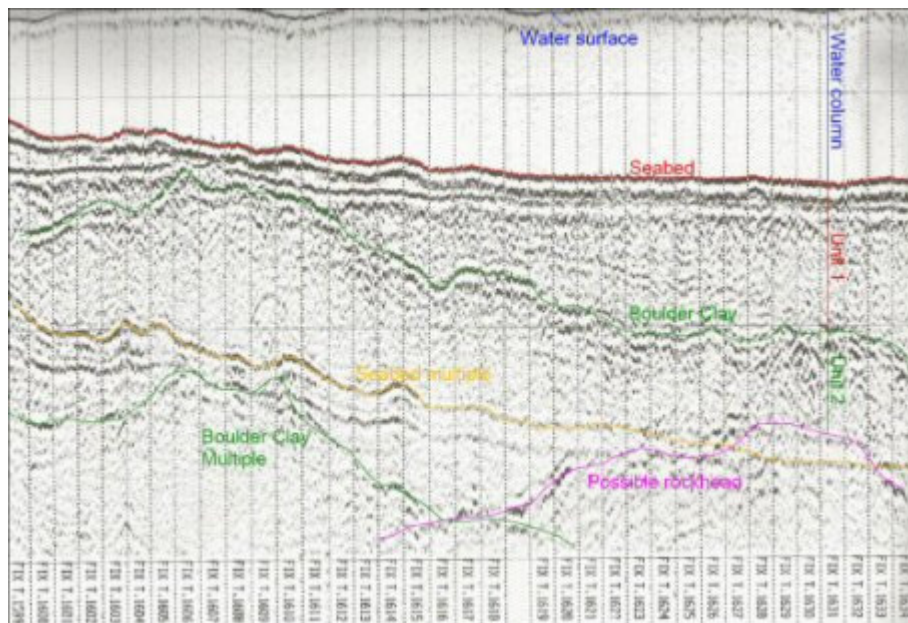
Seismissä luotauksessa käytetään matalataajuuksisia seismisiä energialähteitä, kuten Sparker, Boomer ja Chirp. Tätä luotautapaa käytetään peruskallion profilointiin, öljynporausalueiden tutkimiseen, ruopattavien maalajimäärien selvittämiseen, vedenalaisen louhintamäärän selvittämiseen sekä ruoppausalueiden arviointiin. (36.)



Kuva 16. Seisminen luotaus (68).

BOOMER-luotausjärjestelmät täyttävät avomerimitausten tarpeet ja toimivat yhtä hyvin myös matalissa sisävesissä. Järjestelmät antavat tehostettua meren pohjan läpäisevyyttä korkeammilla taajuuksilla.

Boomer-luotaimet ovat ”metallilevyjä”, joihin on kiinnitetty elektroninen käämi, joka käyttää aluksen virtalähdettä saadakseen aikaan sähköisen pulssin, Pulssi saa metallilevyn väreilemään. Väreily aiheuttaa akustisen signaalin veteen, jonka pulssin taajuus on 0,3 kHz:n ja 3 kHz:n välillä. Boomereiden resoluutio on 0,5 metrin ja 2 metrin välillä ja läpäiseväisyys on 50 metristä aina 200 metriin asti, riippuen sedimenttien koostumuksista. Heikkoutena on, että akustista pulssia ei pystytä toistamaan siten, että merenpohjan ominaisuuksista saataisiin todella tarkkaa dataa (kuva 17). (36; 37; 38.)

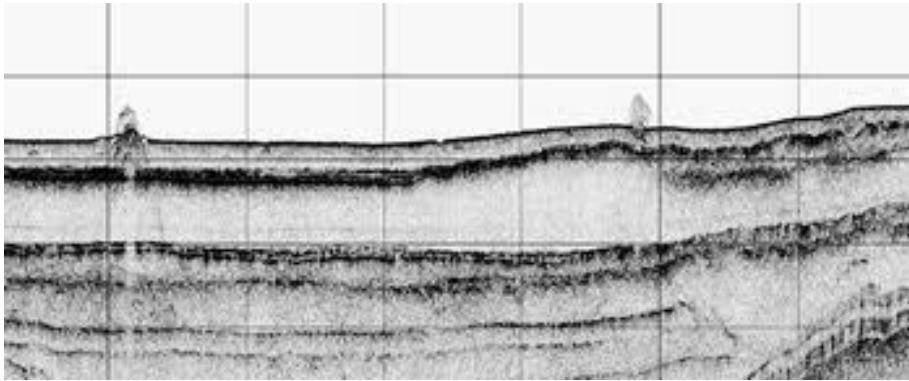


Kuva 17. Boomer-järjestelmän tuottamaa dataa (69).

SPARKER-järjestelmät ovat seismisiä luotaimia, jotka toimivat 50 Hz:n ja 4 kHz:n välillä. Sparkeria käytetään syvässä vesissä, mutta toimii myös matalammissa rannikko-olosuhteissa, jolloin ei pystytä toimimaan korkeammilla taajuuksilla.

Sparker on tehokas äänen lähde, joka on riippuvainen sähköisestä ”kaaresta”. Kaari hetkellisesti haihduttaa ympäröivän veden positiiviseksi ja negatiiviseksi elektroneiksi. Tästä syntyneet kuplat tuottavat akustisen pulssin, jota käytetään merenpohjan tutkimisessa.

Sparker-järjestelmät tarjoavat yleensä paremman läpäisevyyden, mutta huonomman resoluution kuin Boomer-järjestelmät. Sparkerin merenpohjan läpäiseväisyys on aina 500 metriin asti, ja sitä käytetään yleensä alueilla, joilla on tiivistynyttä hiekkaa ja muita karkeita sedimenttejä (ks. kuva 18). (38; 39.)



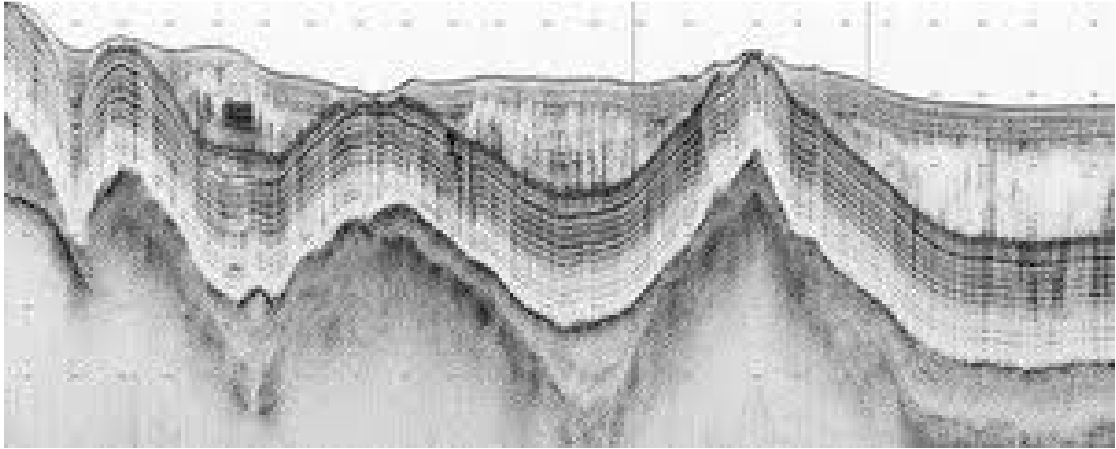
Kuva 18. Sparker-järjestelmän tuottamaa dataa (70).

CHIRP-matalataajuusluotaimet on tunnettu niiden kyvystä läpäistä merenpohjaa ja saada erinomaisia tuloksia sedimenttien rakenteista. Nämä järjestelmät mahdollistavat toiminnan monilla taajuuksilla, aina 0,5 kHz:stä 40 kHz:iin, aina syvästä meristä mataliin sisävesiin. Laitteistoa on mahdollista saada kannettavina järjestelminä tai kiinteinä. Chirp-järjestelmää voidaan käyttää yhdessä muidenkin järjestelmien kanssa, kuten Sparkler ja Boomer, merenpohjan läpäisevyyden lisäämiseksi.

Chirp-järjestelmät ovat saaneet nimensä kyvystä "sirpaloida" ääntä. Chirp-luotain on taajuus muuntautuva matalataajuusluotain. Sillä on mahdollista saada todella hyvälaatuisia kuvia pehmeistä sedimenteistä (kuva 19). Järjestelmä voidaan kiinnittää aluksen runkoon tai sitä voidaan vetää perässä. Järjestelmä kehittää FM-pulssin resonanssista lähteestä, jonka voimakkuus on kompensoitu, tämä helpottaa melun vaimennuksessa. Näillä laitteilla saa hyviä vedenalaisia kuvia, koska voidaan muuntaa taajuutta. Yleensä käytetään taajuuksia, kuten 1,5 kHz:stä 11,5 kHz:iin matalissa vesissä, ja 0,4 kHz:stä 8 kHz:iin syvemmissä vesissä.

Chirp-luotaimilla päästään tyypillisesti noin 5 cm:n resoluutioon ja sillä voidaan saada pelkästään luonnonmukaisia kuvia ilman ihmisen tekemiä kohteita aina 100

metriin asti. Pidempiä pulsseja voidaan käyttää, kun halutaan päästä tunkeutumaan syvemmälle merenpohjan kerroksiin. (36; 38; 40.)



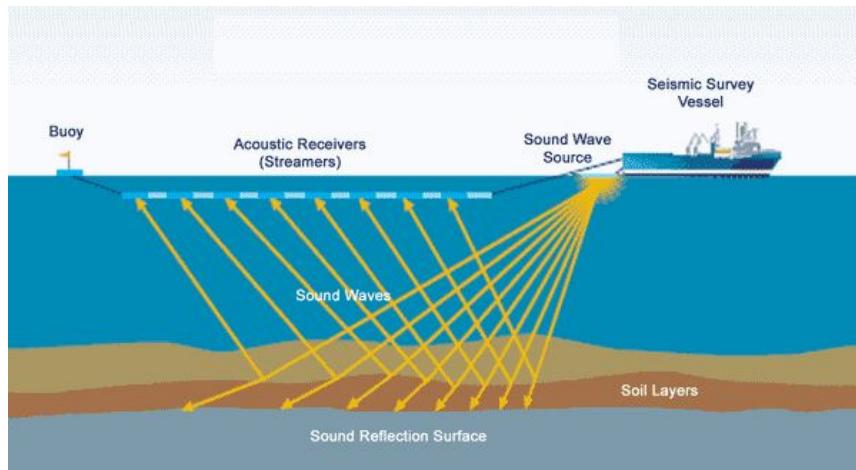
Kuva 19. Chirp-järjestelmän tuottama data (71).

4.1.7 Magnetometri

Yksi tärkeitä työkaluita merenalaisiin mittauksiin on magnetometri (kuva 20). Kun rautapitoista materiaalia löytyy olemassa olevalla magneettikentällä (kuten maapallon magneettikenttä), se tuottaa induktoidun magneettikentän. Induktoitu magneettikenttä on päällekkäin maan magneettikentän kanssa ja luo magneettisen poikkeaman. Magnetometri on kehitetty havaitsemaan nämä poikkeamat.

Magnetometrit poikkeavat monista muista laitteista. Kun niillä ei suoraan mitata olemassa olevia ominaisuuksia eri alueista ja objekteista, laitteen tuottama data vaatii jonkin verran signaalien prosessointia, jotta data saadaan käännettyä käytettävään muotoon.

Magnetometrit ovat jonkin verran hankalampia käyttää kuin kaikuluotaimet, kuitenkin ne pystyvät tuottamaan tarkkaa ja luotettavaa dataa. Magnetometrejä käytetään usein suurien putkilinjojen, laivojen hylkyjen ja aina kun etsitään rautaisaa materiaalia merenpohjasta. Lisätietoa eri objekteista (kuten hautautumissyvyys) voidaan saada käyttämällä statistista analyysiä kohteiden muotojen mukaan, jotka saadaan tutkimalla magneettikentän poikkeamia, joko yksittäisellä magnetometrillä tai useampaa magneetti- "sädettä" käyttävillä magnetometrijärjestelmillä. (41.)



Kuva 20. Magnetometri (72).

4.1.8 Miehitämättömät alukset

Miehitämättömiä aluksia (kuva 21) käytetään etenkin syvissä vesissä oleviin kohteisiin. Käyttäen uusinta teknologiaa on mahdollista saada tarkkaa syvyyssaineistoa merenpohjasta. Alukset voivat toimia 2–3 solmun vauhtia ja akunkesto, jopa 50 tuntia, aina, 4.5 kilometrin syvyyteen asti. Aaluksia käytetään paikoissa, joissa ihminen tai luotaimet eivät pysty toimimaan, ja paikoissa, joissa paine on liian suuri. Aluksia ohjataan kauko-ohjatusti emoaluksesta. Reaaliaikainen data siirretään luotauslaitteista emoalukseen tiedonsiirto kaapeleiden avulla, joten tiedonkeruuta hallitaan emoalukselta samanaikaisesti, kun luodatus datan jälkikäsittelyä voidaan jo suorittaa. Miehitämättömiin aluksiin voidaan kytkeä monenlaista mittauskalustoa ja ne voidaan ohjelmoida kulkemaan valmiiksi suunniteltu reitti. (24; 42; 59; 60)



Kuva 21. Miehitämätön alus (81).

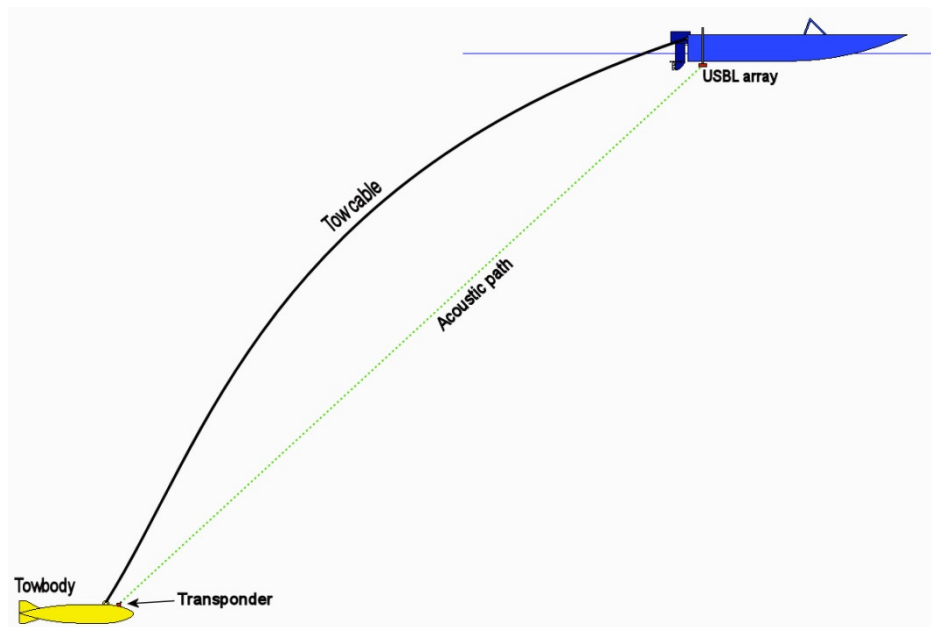
4.1.9 Akustinen paikannus

Kun on kalustoa veden pinnan alla, niissä on oltava paikantimet, jotka ovat yhteydessä laivan pohjassa olevaan paikantimeen, jotta pystytään laskemaan Alusten tarkat koordinaatit miehittämättömiin ja perässä vedettäviin aluksiin/laitteisiin.

Matalista vesistä aina 6 kilometriin veden pinnan alapuolella, itse tallentavat ja suoraan luettavat äänennopeus mittarit ja -laitteet helpottavat pitämään merenalaiset tutkimukset reiteillään.

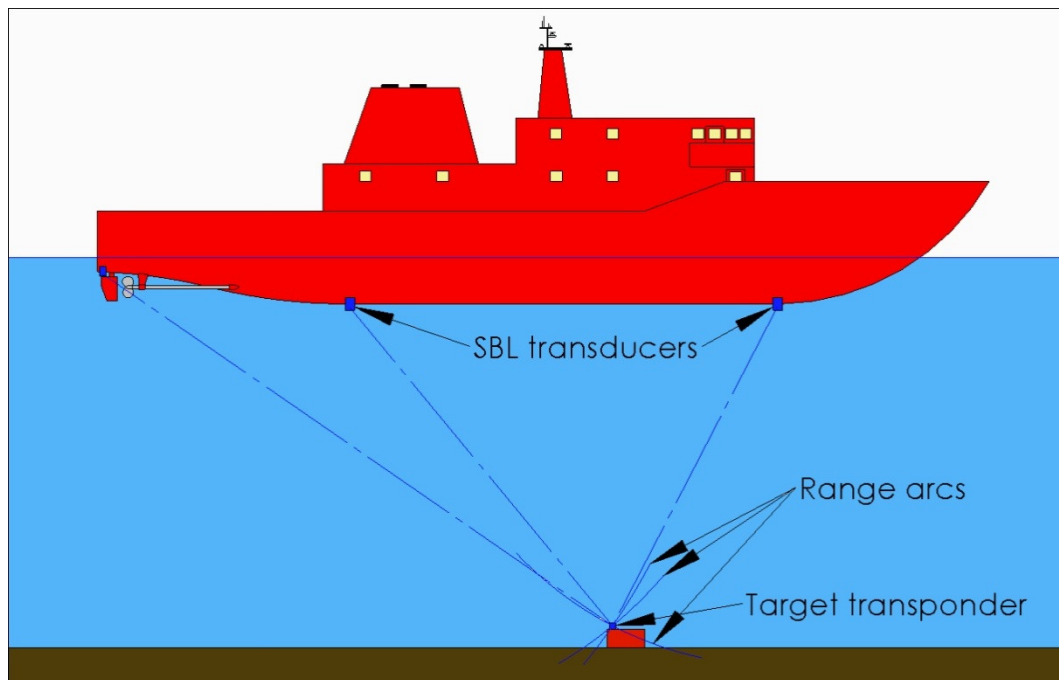
Vedenalaiseen paikannukseen on kehitetty laitteita, jotka perustuvat USBL (ultra short base line) -teknologiaan (kuva 22). Yksi tai useampi näistä vastaanottimista voidaan kiinnittää suoraan vedenalaiseen laitteeseen. Vastaanottimissa on "majakka", joka lähettää ääniaaltoja, jotka aluksessa oleva vastaanotin ottaa vastaan. Näillä laitteilla voidaan laskea ääniaallon käyttämän ajan ja suunnan perusteella tarkka paikka vedenalaisille laitteille. Kun laitteet liitetään GPS-laitteisiin, saadaan vedenalaisen aluksen datalle koordinaatit.

Tämänkaltaiset järjestelmät ovat usein käytössä miehittämättömissä aluksissa, mutta niitä käytetään myös perässä vedettävissä luotaimissa. (43; 44; 45; 46.)



Kuva 22. Ultra Short Base Line (74).

SBL (short base line) tyypillisesti asennetaan aluksiin ja eri alustoille vedenalaisten instrumenttien paikannusta varten. Anturien etäisyydet ovat 10–50 metriä. Nämä järjestelmät käyttävät paikkojen määrittämiseen kolmiomittausta transpondereiden läheisyydessä (kuva 23). Väli kunkin SBL-muuntimen ja transponderin välillä mitataan. Kultakin SBL-anturilta lähtevien kaarileikkauspisteiden kohta määrittelee sen vastaanottimen suhteessa SBL-säteeseen. (47.)



Kuva 23. Short Base Line (74).

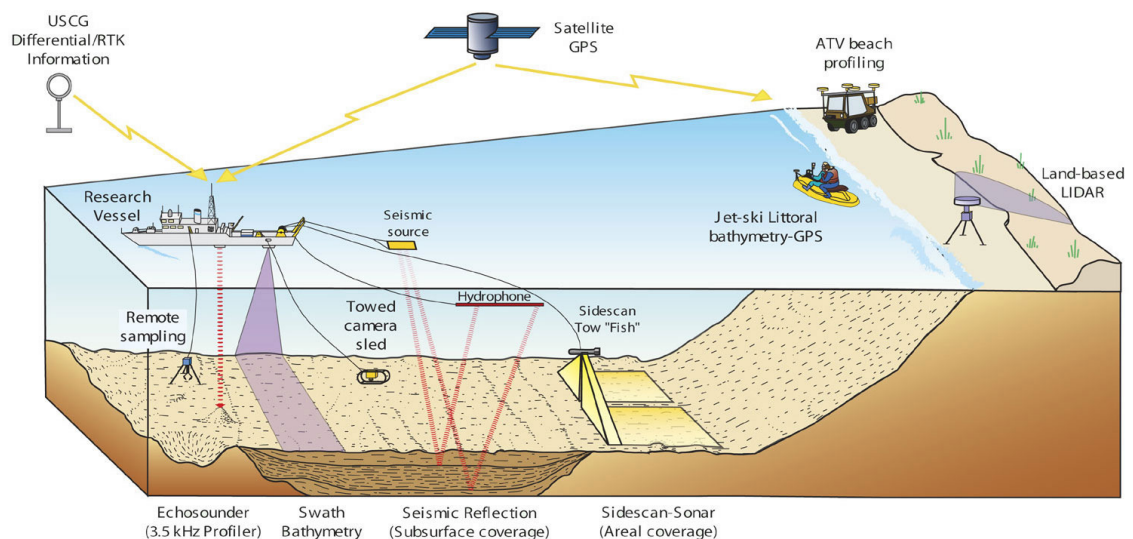
4.1.10 Yhteensopivuus

Monien luotainten samanaikainen käyttö (kuva 24) mahdollistaa erilaisten tulosten samanaikaisen keruun yhdeltä tietyltä merenpohjan alueelta, säästäten näin paljon aikaa ja rahaa. Kun mitataan samanaikaisesti monella luotaimella, säästetään esimerkiksi polttoainekuluissa sekä ajassa, joka mittauksiin käytetään. Jälkikäsitteilyyn kuvaan aikaan luotainten yhteiskäytöllä ei ole juurikaan vaikutusta.

Luotainten samanaikainen käyttö on mahdollista, kunhan on tarpeeksi tiedontallennus- ja -käsittelylaitteistoa tietokoneissa on oltava tarpeeksi portteja, joihin luotaimet saadaan liitettyä ja kapasiteettia pyörittää haluttuja ohjelmia sekä tilaa tallentaa havainnot.

Miehittämättömissä aluksissa on usein paljon erilaista luotauskalustoa, mikä helpottaa tiedon keräämistä, kun ei tarvitse aina välillä nostaa laitetta emoalukseen, vaan laite mittaa kaiken kerralla. Tämä seikka tarkoittaa myös sitä, että mittauksen hinta ei ole niin korkea, kun aikaa kuluu vähemmän.

Esimerkiksi Meridata Oy:ssä mittausmenetelmien yhteiskäyttö onnistuu Meridatan MDCS-tiedonkeruuohjelmiston avulla, joka integroi instrumenteista yhtenäisen kokonaisuuden, jolla kerätyt tiedot voidaan jälkikäsitellä yhtäaikaisesti tulosaineistoiksi Meridata/MDPS-jälkikäsitelyohjelmiston avulla. Meridatan ohjelmistot mahdollistavat instrumenttien yhteiskäytön yhtäaikaisesti, jos projekteissa on tarve kerätä tietoa esimerkiksi korkeataajuus-, matalataajuus-, viistokaiku-, monikeilain- ja seismisellä luotaustekniikalla. (24.)



Kuva 24. Luotauslaitteiden yhteensopivuus (75).

4.1.11 Kompensaattorit

Kongberg-niminen yritys tarjoaa liiketunnistimia, jotka on suunniteltu hyvin tarkkaan liikkeen tunnistamiseen meri olosuhteissa. Voidaan käyttää vedenpinnan alla kulkevissa aluksissa, on hyvin tärkeää tietää esim. miehittämättömän aluksen sijainti tarkasti pinnalla aallokossa keinuvaan emoalukseen kesken. Aluksen tarkka paikka koordinaatistossa löydetään, kun kompensaattorit laskevat aluksen sijainnin keiuvasta

liikkeestä huolimatta juuri oikeaan paikkaan. Kompensaattorit mittaavat aluksien liikehdintää kolmessa suunnassa, kallistumaa, pyörähdystä ja horisontaalista asentoa (roll, pitch ja heave.). Laitteilla voidaan myös mitata aallon korkeus. Laitteet ovat erittäin luotettavia, koska niissä ei ole liikkuvia osia. (49; 77.)

4.1.12 Muut laitteet

Mittauksiin käytetään myös erilaisia lähettimiä jotka mittaavat aluksen ja äänen nopeutta sekä veden kulkua ja virtauksia. Lisättyinä satelliiteilta saatuun paikkatietoon saadaan aluksen tarkka sijainti, suunta ja asento. (48.)

Valeport-niminen yritys tarjoaa tapoja mitata veden eri kerrosten äänennopeutta. Vedenäänennopeutta tarvitaan jälkikäsitelyssä, jotta voidaan määritellä tarkka veden äänennopeus sen eri kerroksissa. Laitteet toimivat suolaisessa ja makeassa vedessä. Tämä lisäksi voidaan hyödyntää tietoa myös tuulennopeusmittarilta ja suuntasensorilta. Laitteet saadaan toimimaan yhteydessä satelliittipaikannuslaitteiston ja luotaintenhallintaohjelmiston kanssa. (50; 51.)

Lisälaitteena voi olla myös vinssi (kuva 25), joka on tarkoitettu perässä vedettäville luotaimille tai miehittämättömille aluksille. Se voidaan helposti nostaa aluksesta pois ja takaisin. (52.)



Kuva 25. Vinssi (52).

5 Ohjelmistot

Ohjelmistoilla kytketään satelliitivastaanotinlaitteistolla saadut koordinaattitiedot luotain laitteilla kerättyyn dataan. Mittausten jälkeen saadaan suoritettua jälkikäsitteilytöt erilaisilla jälkikäsitteilyohjelmilla.

5.1 Reson PSD2000

On ohjelmia kuten Reson-yrityksen PDS 2000, joka yhdistää monia eri ohjelmistoja ja mahdollistaa sillä mittausten suunnittelun, datan keruun luotauksen aikana, datan jälkikäsitteilyn sekä editoinnin ja massalaskennan. Ohjelmistoa voidaan käyttää erilaisissa tehtävissä, kuten ruoppauksissa, luotauksissa ja erilaisissa vedenalaisissa tutkimuksissa.

Kaikkia näitä osia voidaan käyttää vaihtamatta ohjelmaa, yksinkertaisten ohjelmistojen ja työpöytä. Tämä etuna on vähenevä työajan käyttö, kun ei tarvitse monia eri ohjelmia, vaan kaikki hoituu yhdellä ja samalla ohjelmistolla. (53.)

5.2 Sonar TRX

Sonar TRX-ohjelmisto soveltuu hyvin pieniin aluksiin, kaikenlaiseen huiji ja hiihtokäyttöön, mutta myös rannikolla suoritettaviin rakennus ja suunnittelutehtäviin. Sonar TRX on myös edullinen viistokaikuluotausjärjestelmä, jonka lähtöhinta on noin 3 000 €. (54.)

5.3 Trimble HYDROpro

Trimblen jälkikäsitteilyohjelma HYDROpro, joka toimii Trimblen satelliittipaikannuslaitteiston kanssa, on suunniteltu luotaukseen merenpohjan ja rannikon rakennustöissä. Ohjelmistolle on myös saatavana vedenpitävä tabletti (kuva 26.) tietokone, jolla voidaan tarkastella käytön aikana ohjelmistoa ja sensoreita. (55.)



Kuva 26. Trimble tablet (76).

5.4 Meridata MDPS ja MDCS

Meridatan vanha QINCY-ohjelmisto on poistunut käytöstä, ja uusien järjestelmien nimet ovat MDPS ja MDCS, jotka ovat päivittyneet vuoden 2012 aikana. Meridata Oy:n ohjelmistot ovat edelläkävijöitä Suomessa.(56; 57.)

5.4.1 MDPS

MDPS on datan prosessointi- ja tulkintaohjelmisto, ja sillä voidaan tulkita monista eri laitteista saatua dataa kuten, matala- ja korkeataajuusluotauksen, seismisen luotauksen, magnetometriä, viistokaikuluotaimen ja monikeilaimen tuottamaa luotausaineistoa. MDPS-järjestelmä antaa mahdollisuuden tarkastella monilla eri taajuuksilla mitattuja arvoja samanaikaisesti. Järjestelmä esittää mitatut tulokset selvästi ja kaikki eri taajuudet omilla tasoillaan, aineistojen käytettävyyden helpottamiseksi. MDPS-järjestelmä toimii PC:llä uusimmilla Windows-käyttöjärjestelmillä. (56.)

5.4.2 MDCS

MDCS on luotausdatan keruu- ja -suunnitteluohjelmisto. MDCS pystyy toimimaan monien valmistajien luotainten ja sensoreiden kanssa, siinä on graafisia työkaluja mittauksien suunnittelemista ja reaaliaikaista seuranta varten luodattaessa. Ohjelmalla pystytään hallitsemaan ympäristöstä jälkikäsitteilyn tueksi kerättävää dataa, kuten veden korkeuden vaihtelua ja veden äänennopeutta. Ohjelmaan pystytään myös liittämään monia eri luotaimia ja laitteita. Kuten matala- ja korkeataajuusluotaimet, seismisen luotaimen, magnetometrin, viistokaikuluotaimen ja monikeilainluotaimen. Ohjelmistoa käytetään ympäri maailman monilla eri kokonaisuuksilla. MDCS antaa tukea aluksen ohjaamiseen mittausten aikana sekä, mittausten laadunvalvontaa työn ollessa käynnissä. Ohjelma toimii PC-koneissa Windows XP Professional- ja Windows 7-käyttöjärjestelmillä.(57.)

6 Hinnat

Tuotevalikoimat alkavat noin 25 000 €:sta, lähtötason järjestelmistä, ja nousevat jopa noin 68 000 €:oon asti huippuluokan laitteissa. Hinnat käsittävät kaiken tarvittavan laitteistoista tarpeellisiin ohjelmistoihin. Erot valikoimassa tulevat GNSS-komponenttien laadusta, kyvystä vastaanottaa ja käyttää RTK-GPS-tukiasemien ja satelliittien DGPS-korjauksia sekä mahdollisuus sovittaa Inertia-mittauslaite vedenalaiseen koteloon. (82.)

3D-tuotevalikoiman hinnoittelu vaihtelee aloituslaitteiston noin 75 000 €:sta jopa reiluun 200 000 €:oon asti, riippuen monista tekijöistä, kuten ohjelmiston ominaisuudet, laitteiston laadusta, säteiden kulmista ja säteiden lukumääristä jne. (82)

On myös hyvin kevyitä laitteistoja, joilla voidaan luodata pienistä veneistä tai jopa kajakeilla. Tällaisella järjestelmällä on hintaa noin 3 000 €, mutta kevyitä perässä vedettäviä viistokaikuluotainlaitteita voi saada noin 2 000 €:lla. (21; 22; 83.)

7 Aikataulut ja kurssit

7.1 Aikataulut

Mittausten aikataulut ovat yleisesti 1–3 kuukautta alusta loppuun. Totta kai aikaa voi mennä vähemmän tai enemmän riippuen mittaustarpeen suuruudesta sekä mittausten tarkkuudesta ja tärkeydestä. Pienempien mittausten aikataulut ovat lähempänä 1–5 päivää. (82)

7.2 Kurssit

Eri ohjelmistoille ja laitteille tarjottavat harjoituskurssit kestävät normaalisti 1–5 päivää riippuen siitä kuinka perinpohjaisesti harjoiteltavaan asiaan perehdytään. Tämänlaiset kurssit ovat normaalisti laitevalmistajan tai ohjelmiston toimittajan järjestämiä. Kurssien hinnoista en ole saanut sähköposti vastauksia edes laitevalmistajilta.

Esimerkiksi yritys nimeltä Meridata tarjoaa toimittamiensa järjestelmien käyttökoulutusta päivähinnoiteltuna sopimuksen mukaan. Monikeilaluotauksesta on maailmalla tarjolla maksullisia muutaman päivän tehokursseja, mutta kurssin sisäistäminen edellyttää jo aiempaa kokemusta ja osaamista alalta. (82)

8 Yritykset

8.1 Suomi

Mericon OY - <http://www.mericon.fi/>

Mericon tarjoaa usean vuoden kokemuksella mittausaineistojen hallintaa ja jatkokäsittelyä. Mericon tuottaa aineistosta karttoja, pintamalleja ja massalaskelmia, lisäksi käyttää aineistoa jatkosuunnittelun pohjana. Erikoisosaamisalue on rakennusluotaus, etenkin monitaajuinen kaikuluotaus. Sen avulla pystytään selvittämään syvyystiedon lisäksi pohjan alapuolisten maalajien kerrosrajat aina peruskallioon asti.

Meridata - <http://www.meridata.fi> info@meridata.fi

Meridata tarjoaa sovelluksia erilaisiin geologisiin merimittauksiin. Meridatalla on järjestelmä, jonka avulla pystyy käyttämään heidän tarjoamaa laitteita samanaikaisesti. Tätä järjestelmää voidaan käyttää matalataajuus- kaikuluotaimissa sekä magnetometreissä. Meridatalla on myös oma jälkikäsittelyohjelmisto, jonka avulla voidaan tutkia kerättyä dataa.

Civiltech - <http://www.civiltech.fi> Frank.eriksson@civiltech.fi

Civiltech tarjoaa suunnittelu- ja mittauspalveluja. Pääkohteena on vesirakentaminen, johon liittyy laiva- ja veneväylät, ruoppauskohteet, ympäristötutkimukset sekä vesistöjen tilan kartoitukseen ja seurantaan liittyvät tutkimukset, sedimenttikerrosten mittaukset. Civiltech käyttää DGPS-paikannusta ja useita kaikuluotausmenetelmiä samanaikaisesti.

Meritaito - <http://www.meritaito.fi> info@meritaito.fi

Meritaito tuottaa palveluja ja ratkaisuja vesialueiden kestävästä käytöstä edistämiseksi. Meritaito on erikoistunut merenmittaukseen, väyläsuunnitteluun, vesirakentamiseen, muoviputkiviittojen ja -poijujen valmistamiseen, öljyntorjuntaan, väylänhoitoon sekä kanavien käyttöön ja kunnossapitoon. Meritaidon sertifioidut palvelut ovat joustavasti yhdistettävissä kustannustehokkaiksi palvelukokonaisuuksiksi.

Geotekninen laitos - <http://fi.gtk.fi/> info@gtk.fi

Geoteknisellä laitoksella on tutkimusalue, jossa on tutkimustoimintaa varten mittauskeskus ohjaamon yhteydessä, ja avoin peräkansi, jossa ovat nosturit sekä tilaa mittalaitteille, näytteenottimille ja vinsseille. Tutkimusvarustuksena aluksella on käytössä seisminen laitteisto, viistokaikuluotain, tutkimuskaikuluotain ja monikeilakaikuluotain sekä pohjasedimenttien näytteenottovälineet.

FCG - <http://www.fcg.fi>

FCG Finnish Consulting Group on Suomen suurimpia monialaisia konsulttiyrityksiä ja markkinajohtaja monella toimialallaan. Palveluissa yhdistyy monipuolinen osaaminen infra-, ympäristö- ja yhdyskuntasuunnittelusta, monialaisesta koulutuksesta, julkisten palvelujen kehittämisestä sekä johdon konsultoinnista.

Mapteam - <http://www.mapteam.fi/>

Oy Mapteam Ab perustettiin vuonna 1992 tuottamaan nykyaikaisia maanmittaustekniikan palveluja. Usealla henkilökunnassamme on merenkulkupiiriin myöntämät valtuudet suorittaa varmistusharauksia väylän virallistamiseksi. Kaikuluotaukset vedensyvyyden määrittämiseksi ja/tai pohjan alla olevien maakerrosten tutkimiseen.

8.2 Pohjoismaat

MacArtney (Tanska) - <http://www.macartney.com> info@macartney.com.

MacArtney-yhtiö on erikoistunut vedenalaisten laitteiden suunnitteluun, valmistukseen, myyntiin ja laajalta alueelta mittauspalveluita rannikkoalueille.

Reson (Tanska) - <http://www.reson.com> reson@reson.com

Reson on tanskalainen laitevalmistaja, joka on perustettu 1970 luvulla. Tarkoituksena keskittyä laitteisiin, joilla voidaan kerätä dataa merenpinnan alapuolella.

Marin Mätteknik AB (ruotsi) - <http://www.mmt.se/> info@mmt.se

MMT yhdistää vankkaa kokemusta uuteen teknologiaan uusimpiin vedenalaisiin laitteisiin. MMT:llä on monenlaisia mittausaluksia eri tarkoituksiin, joilla pystytään vastaamaan nykyisiin korkean luokan mittausvaatimuksiin

NGU (norja) - <http://www.ngu.no/en-gb/> ngu@ngu.no

NGU tarjoaa erikoisosaamistaan rakennus ja huoltotöissä Norjan rannikolla sekä rannikon läheisyydessä. NGU tarjoaa konsultaatiota ja muuta aiheeseen liittyvää informaatiota. Tutkimus ja menetelmien kehittäminen kuuluu myös NGU:n palveluihin.

DeepOcean (Norja) - <http://www.deepocean.com/> post@deepocean.com

DeepOcean-ryhmä tarjoaa laajan tuntemuksen ja osaavan työryhmän, yhdessä erikoislaitteiden ja jälkikäsitteily ohjelmien kanssa. Tarkoituksena on tuottaa tehokkaasti ja tarkasti mittauksia ja merenpohjan kartoitus palveluita. Mittausmenetelmiä on paljon, joten yhtiö pyrkii investoimaan koko ajan uusimpiin laitteisiin ja ohjelmiin.

Cfloor (Norja) - <http://www.cfloor.no/> info@cfloor.no

Cfloor on norjalainen ohjelmistoyritys, jonka tuotteena on Cfloor-merenpohjan kartoitus ohjelma, joka on keskittynyt pohjan muotojen mallintamiseen. Ohjelma on kehitetty toimimaan monikeilain- ja linjaluotainten kanssa. Ohjelma on käytössä ympäri maailman.

Kongsberg (Norja) - <http://www.km.kongsberg.com> km.sales@kongsberg.com,
km.support@kongsberg.com, km.training@kongsberg.com

Kongsberg tarjoaa innovatiivisia ja luotettavia sovelluksia rannikoilla, satamille, laivastolle sekä vedenalaisille kohteille käyttäen uusimpia mittauslaitteita. Tärkeimpiä asiakkaita ovat satamat ja telakat sekä maat joilla on paljon rantaviivaa.

Scanmatic (Norja) - <http://www.scanmatic.no>

ScanMatic hyödyntää asiantuntemustaan anturitekniikan, tietotekniikan ja viestinnän aloilta. ScanMaticilla on laaja kokemus vesivoiman akustiikan lisäksi asiantuntemusta anturitekniikasta ja instrumentoinnista. Tyypillistä yritykselle ovat toimitukset, testi- ja koulutusjärjestelmät, kaikuluotaimet ja kaikuluotainten toimittaminen aluksiin sekä mobiililaitteisiin. Scanmaticilla on etähallinta- ja valvontajärjestelmiä ja tutkajajärjestelmiä kuten sääasemat ja CCTV-järjestelmät.

8.3 Muu Eurooppa

Shore monitoring and research (Hollanti) - <http://www.shoremonitoring.nl>

Kolmen nuoren insinöörin perustama yritys, joka toimii rannikoilla matalissa vesissä. Yritys kerää dataa kaikenlaisilla laitteilla, kuten vesiskoottereilla.

Chrisar (Ranska) - <http://www.chrisar.com/> patrick.mugnier@chrisar.fr

Chisar kehittää ohjelmia luotaukseen, analysointiin, mittauksiin, luokitteluun ja vedenalaisten kohteiden identifiointiin. Kaikki ohjelmistot pohjautuvat COTS-tekniikkaan, ja mitä on saatavilla kaikenlaisiin Windowsia ja Linuxia käyttäviin laitteisiin.

ECA Robotics (Ranska) - www.eca-robotics.com

ECA on erikoistunut suunnittelemaan ja valmistamaan monenlaisia miehittämättömiä aluksia (AUV, USV UGV)

CMRC (Irlanti) - <http://www.cmrc.ie/research-projects.html> grainne.lynch@ucc.ie

CMRC-yhtiö on hyvin varusteltu erilaisten isojen tietomäärien käsittelyyn. Mittauskalustona on Trimblen ja Garminin GPS-laitteistoa, huippuluokan kamera laitteistot, sekä ääniaalto tallentimia. Yhtiöllä on myös suuri määrä sukelluskalustoa ja tutkimuslaboratorio, joka sijaitsee Irlannissa, jossa tutkitaan esimerkiksi sedimenttikerroksia.

Envision (Englanti) - <http://www.envision.uk.com/> mail@envision.uk.com

Envision mapping on maailmanlaajuinen ympäristökonsultti- ja tutkimusyhtiö, joka on erikoistunut merien ja rannikkomittauksiin, spatiaalisen datan palveluihin sekä suunnitteluapua merille ja rannikkoalueille. Yhtiö tarjoaa palveluita yrityksille ja valtioille maailmanlaajuisesti.

C-max (Englanti) - <http://www.cmaxsonar.com> sales@cmaxsonar.com

C-max on johtava ammattimaisten viistokaikuluotainten tarjoaja. CM2-kaikuluotausjärjestelmää on kehitetty sen tehokkuudesta sekä käyttäjäystävällisyydestä.

Valeport (Englanti) - <http://63.135.101.55/Home.aspx> sales@valeport.co.uk

Valeport suunnittelee ja tuottaa merimittauskalustoa eri aloille. Yhtenä tärkeimmistä ovat veden äänen nopeuden mittaamiseen kehitetyt laitteet.

Applied Acoustics (Englanti) - www.appliedacoustics.com
general@appliedacoustics.com Applied Acoustics on johtava yritys erilaisten

vedenalaisten laitteiden navigoinnin ja paikannuksen alalla. Kaikki laitteet käyttävät akustista paikannusta.

Sonarvision (Skotlanti) - <http://www.sonarvision.co.uk/index.asp> info@sonarvision.co.uk

Sonarvision on kärkipään yrityksiä merenpohjan luokittelun, vedenalaisten sensoreiden ja kaikuluotauksen kuvantamisen aloilta. Sonarvision tarjoaa myös runsaasti erikoisvaloja sekä kameroita vedenalaiseen käyttöön.

Starfish sonar (Skotlanti) - <http://www.starfishsonar.com> info@starfishsonar.com

Yhtiöllä on erilaisia merenpohjan mallinnusjärjestelmiä ammattimaisia vedenalaisia mittauksia varten. Starfish sonarilla on 2007 valmistunut kaikuluotain (StarFish 450F), joka on saanut maailmanlaajuista huomiota sen hinnan ja käsiteltävyyden, perässä vedettävien kaikuluotainten markkinoilla.

Coda Octopus (Skotlanti) - www.codaoctopus.com gareth.simpson@codaoctopus.com

Coda Octopus on erikoistunut uusimpien sukupolvien vedenalaiseen teknologiaan. Yritys tarjoaa innovatiivisia ratkaisuja liittyen vedenalaisiin mittauksiin, vedenalaisiin rakennustöihin, ruoppaukseen sekä satamien turvallisuuteen.

SeaTronics (Skotlanti) - www.seatronics-group.com aberdeen@seatronics-group.com

SeaTronics on maailman laajuinen markkinajohtaja merielektroniikan vuokraamisessa ja myymisessä. Seatronics on erikoistunut navigointiin ja paikannukseen, miehittämättömiin aluksiin sekä sukellustöihin. Yhtiöllä on 24 h:n tuki vuokraamiinsa laitteisiin ja omistaa uusinta teknologiaa omaavat kalibrointi tilat.

OEMG-Global (Saksa) - <http://www.oemg-global.com/subsea.html> info@oemg-global.com

OEMG-Global tekee merenpohjan ja merenpohjan sedimenttien kartoitusta. Yhtiö toimii yritysten kanssa yritysten omilla laitteilla tai vuokraa laitteet ja järjestää kustannustehokkaimman tavan hoitaa mittaukset.

Innomar (Saksa) - www.innomar.com info@innomar.com

Innomar on 1997 perustettu yritys, joka tarjoaa laadukasta elektroniikkaa ja ohjelmistoja meri- ja rannikkomittauksiin. Yritys tarjoaa matalataajusluotauspalveluita, joita käytetään sedimentti kerrosten kartoitukseen merillä ja sisävesissä.

Hydroacoustics (Espanja) - <http://www.hydroacoustics.com> mail@hydroacoustics.com

Hydroacoustics on keskittynyt yli 10 vuotta oseanografisten laitteiden jakeluun, asentamiseen ja ylläpitoon. Yhtiöllä on johtavia tuotemerkkejä markkinoilla, joka takaa huippu osaamista ja uusinta teknologiaa. Teknisellä tiimillä on laaja kokemus tämälntyyppisistä laitteista, ja ne osaavat antaa tarvittavaa tukea asiakkailleen.

8.4 Muu maailma

Jamstec (Japani) - <http://www.jamstec.go.jp/e/> www-admin@jamstec.go.jp

Jamsec on yritys, jolla on monia erilaisia aluksia vastaamaan monenlaisiin mittaustarpeisiin.

NorSkan (Brasilia) - <http://www.norskan.com.br>

NorSkan on johtava rannikoiden mittauspalveluiden tarjoaja, lähinnä öljy- ja kaasualalla. NorSkan tarjoaa suurimman, uusimman ja teknologisesti edistyneimmän laivaston Brasilian vesillä. tarjoaa pitkäaikaisia sopimuksia ja laajan alan mittauspalveluita merillä.

DOF subsea - <http://www.dofsubsea.com/> info@dofsubsea.com

DOF Subsea on johtavia vedenalaisten palveluiden tarjoaja, öljy- ja kaasualojen palveluksessa läpi maailman.

MCEG (Australia) - <http://www.ga.gov.au> feedback@ga.gov.au

Meri- ja rannikkoympäristöalan yhtiö (MCEG) tarjoaa apua sekä laitteita Australian meriviranomaisille.

Whoi (U.S.A.) - <http://www.who.edu/> information@who.edu

Whoi on maailman suurin yksityinen voittoa tavoittelematon tutkimusinstituutti ja maailmanlaajuinen johtaja meren tutkimisessa.

Interactive ocean (U.S.A.) <http://www.interactiveoceans.washington.edu/>
afundis@u.washington.edu

Interactive ocean tarjoaa innovatiivisia lähestymistapoja meren tutkimukseen ja järjestää tutkimuksia laajalta säteeltä luonnonilmiöistä vuosikymmenten aikana.

CCOM (U.S.A.) - <http://ccom.unh.edu/> info@ccom.unh.edu

CCOM:lla on kaksi tärkeää osa-aluetta: ensin on valmistaa työkaluja meren tutkimukseen sekä merimittauksiin ja toiseksi kouluttaa uusia ihmisiä alalle.

USGS (U.S.A.) - <http://walrus.wr.usgs.gov/>

USGS tekee monialaisia tieteellisiä tutkimuksia Pohjois-Amerikan länsirannikolla, Tyynenmeren saarilla ja länsirannikon muilla vesialueilla.

Telethyne Benthos (U.S.A.) - <http://www.benthos.com/>

Telethyne Benthos tarjoaa laitteita, joilla etsitään öljy- ja kaasuesiintymiä merenpohjasta, mutta tarjoaa myös laitteita tieteellisiä tutkimuksia varten. Laitteet ovat esimerkiksi vedenalaisia modeemeja, geofysikaalisia mittauslaitteita ja paikannuslaitteita.

Sonar Equipment services (U.S.A.) - <http://www.sonar-equipment.com>

Sonar equipment services on johtava huippulaatuisten merimittauslaitteiden tarjoajana. Yhtiö on maailmanlaajuinen laitteiden ja suunnittelupalveluiden tarjoaja merellä sijaitseviin kohteisiin. SES toimittaa uusimpaa tekniikkaa johtavilta yrityksiltä joka puolelle maailmaa.

SDI (U.S.A.) - <http://www.specialtydevices.com> pdhigley@specialtydevices.com

SDI tarjoaa tekniikoita käyttäen akustista matalataajuusluotausta sekä datan jälkikäsitteilynä sedimenttien analysointia. Erikoislaitteet takaavat projektin tarkkuuden, hinnan, turvallisuuden ja määräaikaisten tehokkaan hallinnoinnin.

L-3 Klein (U.S.A.) - <http://www.l-3klein.com/>

L-3 Klein on maailman johtavia viistokaikuluotauslaitteiden tarjoaja. Tarkoitus on tarjota luotettavia luotauslaitteita sekä huippuluokan palvelua.

Terrasond (U.S.A.) - <http://www.terrasond.com>

Terrasond tarjoaa ammattimaisia mittauspalveluita läpi maailman turvallisesti, tehokkaasti ja taloudellisesti. Palveluita ovat merenpohjan mittaukset, maanmittaus ja merellä tehtävät geofysikaaliset mittaukset. Terrasondilla on suuri määrä sertifioituja ammattilaisia, jotka toimivat aluksilla mittaus- tai jälkikäsitteilytehtävissä.

OCS (U.S.A.) - <http://www.nauticalcharts.noaa.gov>

OCS tarjoaa rannikkomittauksiin soveltuvia laitteita sekä data- ja navigointipalveluita.

MSI (U.S.A.) - <http://www.matsysinc.com/> info@matsysinc.com

Material Systems INC on sertifioitu yhtiö, joka tuottaa ja valmistaa luotaimiin osia ja antureita.

ChesapeakeTechnologies (U.S.A.) - www.chesapeaketech.com info@chesapeaketech.com

Chesapeake Technologies tarjoaa luotausohjelmistoja sekä konsulttipalveluita merimittaus alalle 20 vuoden kokemuksella. Uusin ohjelmisto on SonarWiz 5, joka on tarkoitettu matalataajuus- sekä viistoluotauslaitteiden datan käsittelyyn. Tuotetta käytetään teknisissä instituuteissa läpi maailman.

Triton (U.S.A.) - www.tritonimaginginc.com sales@tritonimaginginc.com

Triton-laitteet käsittävät laajan alan uusimpia kuvaus- ja kartoitusohjelmistoja, jotka soveltuvat merellä tehtäviin töihin. Triton tarjoaa työkaluja mittausten suunnitteluun ja eri formaattien yhdistämiseen.

Hypack, inc (U.S.A.) - <http://www.hypack.com/> hypack@hypack.com

Hypack inc on kehittänyt Windows-pohjaisen ohjelmiston meri- ja ruoppausteollisuudelle. HypackIn-ohjelmisto on yleisesti maailmalla käytössä oleva merimittauspalvelu, jolla on yli 4 000 käyttäjää. Se tarjoaa mittaajalle kaikki työkalut, joita tarvitaan mittauksen suunnitteluun, datan keräämiseen ja lopullisen tuotteen tekemiseen. Hypack-ohjelmisto sopii kaiken kokoisiin aluksiin.

EPC (U.S.A.) - www.epclabs.com sales@epclabs.com

EPC labs valmistaa ja myy lämpökameroita sekä datanhankintajärjestelmiä, joita voi käyttää esimerkiksi viistokaiku- ja matalataajuusluotauslaitteissa.

Airmar Technology (U.S.A) - <http://www.airmartechology.com>

Airmar on erilaisten lähettimien ja vastaanottimien valmistaja kalastukseen ja kaikuluotain järjestelmille. Airmar toimittaa myös varaosia jo asennettuihin järjestelmiin.

Seabed Mapping International (Uusi seelanti) - <http://www.seabedmapping.com/sales@seabedmapping.com>

Seabed Mapping International on ammattilainen hoitamaan kartoituksia sekä luotausten datan analysointia, tarjoten reaaliaikaista mittojen mukaan sovellettuja 3D-kartoitus sovelluksia läpi maailman.

Applanix(Canada) – <http://www.applanix.com/info@applanix.com>

Applanix tarjoaa mittauslaitteita ja jälkikäsitteilyohjelman merellä suoritettavia mittauksia varten. Applanix-kartoitus- ja paikannussovelluksia käytetään mittauksissa, monitoroinnissa ja mallintamisessa maailman laajuisesti.

Marine magnetics (Canada) - <http://www.marinemagnetics.com> rebecca@marinemagnetics.com

Marine magnetic valmistaa magnetometrejä, jotka helpottavat töitä sekä antavat parempia tuloksia. Marina magnetic pyrkii kehittämään palveluitaan koko ajan, jotta ne kestäisivät pidempään ja tuottaisivat parempaa dataa.

Hemisphere GPS (Canada) - <http://www.hemispheregps.com>
precision@hemispheregps.com

Laittevalmistaja, joka myös suorittaa mittaustöitä

Knudsen (Canada) - <http://www.knudsenengineering.com>

Knudsen on erilaisten kaikuluotainten ja lisälaitteiden valmistaja ja jälleenmyyjä.

Knudsen myös välittää ohjelmia kolmansille osapuolille.

9 Yhteenveto

Voidaan todeta, että maailmalla on monia eri tapoja tulkita ja kartoittaa merenpohjaa. Löytyy monia eri tapoja sekä paljon erilaisia laitteita ja ohjelmistoja. Kaikki tässä insinööriyössä käsittelemäni laitteet ja ohjelmistot eivät sovellu ainakaan vielä Mericon Oy:lle, mutta ehkä tulevaisuudessa. Tutkimuksissani löysin myös vaihtoehtoja perinteiselle veneellä tehtävään kartoitus ja tutkimustyöhön.

Aineistona on käytetty lähes pelkästään yritysten internetsivuilta, joilta löytyi paljon tietoa eri laitteista, laitteiston toimintatavoista ja niiden käyttämisestä tutkimuksissa. Ihan kaikkea työssä käytettyä tietoa en löytänyt yritysten verkkosivuilta. Kaikkea tietoa ei ollut suoraan internetsivuilla, joten otin yhteyttä yrityksiin sähköpostin avulla. Yritykset vastailivat melko huonosti sähköposteihin, mutta sain kaiken tarvittavan tiedon työni tukemiseksi. Olen myös käyttänyt Mericon Oy:n omaa luotausraportointitietoa tukemaan jo löytämäni informaatiota.

Suurin ongelma työtä tehdessä oli aineiston suuri määrä ja löydettävä sekä eroteltava oikea tieto väärästä. Tämä oli hyvin aikaa vievää työtä. Ongelmana oli myös työn laajuus. Tästä aiheesta olisi voinut helposti tehdä vieläkin laajemman, mutta tässä työssä on käsitelty laitteistoja, jotka voivat olla mahdollisia Mericon Oy:lle.

Työn loppuun olen koonnut listan yrityksistä, jotka tekevät laitteistoja tai myyvät mittauspalveluita. Tarkoituksena luoda lista, josta voi tulevaisuudessa etsiä uusia mahdollisia laitevalmistajia tai kumppaneita mittausyhteistyötä varten.

Uskon, että insinööriyöni palvelee Mericon Oy:tä, joka saa työstäni lisää taustatietoa tuleviin laite- ja ohjelmistohankintoihin.

Lähteet

- 1 Kalusto. 2012. Verkkodokumentti. Meritaito Oy.
<<http://www.meritaito.fi/www/fi/kalusto/index.php>> Luettu 26.10.2012.
- 2 Research vessel. 2012. Verkkodokumentti. Baird Maritime.
<http://www.bairdmaritime.com/index.php?option=com_content&view=article&id=13497:research-vessel-undergoes-mapping-of-gulf-of-mexico&catid=76:marineenvironment&Itemid=212> Luettu 26.10.2012.
- 3 Coastal regions. 2012. Verkkodokumentti. Seabed.
<<http://www.seabed.nl/product/cat/id/72>> Luettu 15.3.2013
- 4 AUV. 2012. Verkkodokumentti. Kongsberg
<<http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/8E6596DCAB10F73FC1256D5D003A3EC1?OpenDocument>> Luettu 26.10.2012.
- 5 Magnetometer. 2012. Verkkodokumentti. EMU.
<<http://www.emulimited.com/magnetometer-survey>> Luettu 26.10.2012
- 6 Ship channel. 2012. Verkkodokumentti. CRA.
<<http://www.crahouston.com/projects/hydrographic-survey-%E2%80%93-houston-ship-channel-texas>> Luettu 26.10.2012
- 7 English channel. 2007. Verkkodokumentti. Physics today.
<<http://www.qpg.geog.cam.ac.uk/research/projects/englishchannelfloods/physicstoday.pdf>> Päivitetty 9.2007. Luettu 26.10.2012
- 8 Vesirakennustyöt. 2012. Verkkodokumentti. Terramare.
<<http://www.terramare.fi/index.php/fi/projektit/vesirakennustyot-ulkomailla>> Luettu 26.10.2012
- 9 Seabed mapping. 2008. Verkkodokumentti. NGU.
<<http://www.ngu.no/en-gb/hm/Ocean-and-coast/Seabed-mapping/>> Päivitetty 4.1.2008. Luettu 26.10.2012
- 10 Seabed mapping. 2009. Verkkodokumentti. OMEG.
<<http://www.oemg-global.com/subsea.html>> Luettu 26.10.2012
- 11 Satelliittipaikannus. 2012. Verkkodokumentti. Ilmatieteenlaitos.
<<http://ilmatieteenlaitos.fi/satelliittipaikannus>> Luettu 10.12.2012
- 12 Heading and positioning receivers. 2012. Verkkodokumentti. Trimble.
<http://www.trimble.com/construction/marine/SPS361_SPS461.aspx?dtID=overview&> Luettu 10.12.2012
- 13 Heading and positioning receivers. 2012. Verkkodokumentti. Trimble.
<http://www.trimble.com/construction/heavy-civil/site-positioning-systems/sps855_gnss_modular_receiver.aspx?dtID=overview&10.12.2012> Luettu 10.12.2012

- 14 Post-processing techniques. 2013. Verkkodokumentti. DFO.
<<http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/hydrography-hydrographie/post-processing-tech-eng.html>> Päivitetty 15.2.2013. Luettu 27.3.2013
- 15 Inertial navigation. 2007. Verkkodokumentti. Cambridgen yliopisto
<<http://triplanets.com/sites/default/files/UCAM-CL-TR-696.pdf>> Luettu 3.12.2012
- 16 Post-processing. 2012. Verkkodokumentti. Applanix.
<<http://www.applanix.com/products/marine/pospac-mms.html>> Luettu 3.12.2012
- 17 GPS-mittaus. 2012. Verkkodokumentti. Maanmittauslaitos.
<<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/kartoitus/gps-mittaus>> Luettu 3.12.2012
- 18 Discrete tidal zoning. 2011. Verkkodokumentti. NOAA.
<<http://tidesandcurrents.noaa.gov/hydro.html>> . Päivitetty 2.8.2011. Luettu 3.12.2012
- 19 Tides and currents. 2012. Verkkodokumentti. Super glossary.
<http://www.superglossary.com/Definition/Tides_and_Currents/Tidal_Zoning.html> Luettu 3.12.2012
- 20 Vdatum. 2013. Verkkodokumentti. NOAA..
<<http://oceanservice.noaa.gov/facts/vdatum.html>> Päivitetty 11.1.2013. Luettu 27.3.2013
- 21 Prices. 2012. Verkkodokumentti. Sonar TRX.
<<http://www.sonartrx.com/web/>> Luettu 10.12.2012
- 22 Prices. 2012. Verkkodokumentti. Starfish sonar.
<<http://www.starfishsonar.com/index.htm>> Luettu 10.12.2012
- 23 Swedish coastal mapping. 2012. Verkkodokumentti. Forum skagerrak.
<http://databases.eucc-d.de/files/000066_FSII_2_Mapping_posters.pdf> Luettu 26.10.2012
- 24 Sonar technologies. 2009. Verkkodokumentti. Intechopen.
<http://cdn.intechopen.com/pdfs/6020/InTech-Multi_sonar_integration_and_the_advent_of_senor_intelligence.pdf> Päivitetty 1.2.2009. Luettu 26.10.2012
- 25 Research vessel. 2007. Verkkodokumentti. Jamstec.
<<http://www.jamstec.go.jp/e/about/equipment/ships/kaiyo.html>> Luettu 26.10.2012
- 26 Research vessel. 2007. Verkkodokumentti. Jamstec.
<<http://www.jamstec.go.jp/e/about/equipment/ships/urashima.html>> Luettu 26.10.2012
- 27 Multibeam sonar. 2012. Verkkodokumentti. Substructure.com.
<<http://substructure.com/interesting-information-3/hydrographic-surveying/multibeam-sonar>> Luettu 26.10.2012
- 28 Singlebeam sonar. 2012. Verkkodokumentti. Substructure.com.

- <<http://substructure.com/interesting-information-3/hydrographic-surveying/single-beam-sonar/>> Luettu 26.10.2012
- 29 Mapping seabed and around Ireland. 2012. Verkkodokumentti. MacArtney. <<http://www.macartney.com/news/macartney-equipment-mapping-seabed-and-around-ireland>> Luettu 26.10.2012
- 30 Sidescan sonar. 2012. Verkkodokumentti. Substructure.com. <<http://substructure.com/interesting-information-3/hydrographic-surveying/sidescan-sonar/>> Luettu 26.10.2012
- 31 Sidescan sonar. 2012. Verkkodokumentti. Starfish sonar. <<http://www.starfishsonar.com/technology/sidescan-sonar.htm>> Luettu 26.10.2012
- 32 High resolution seismic reflection. 2013. Verkkodokumentti. Tojo-Vikas. <<http://tojovikas.com/sub-bottom-profiling-high-resolution-seismic-reflection>> Luettu 22.1.2013
- 33 Seismic profiling system. 2013. Verkkodokumentti. USGS. <<http://woodshole.er.usgs.gov/operations/sfmapping/seismic.htm>>. Päivitetty 14.1.2013. Luettu 22.1.2013
- 34 Sub-bottom profiler. 2012. Verkkodokumentti. MMT. <<http://www.mmt.se/equipment>> Luettu 26.10.2012
- 35 Sub-bottom profiler. 2012. Verkkodokumentti. Substructure.com. <<http://substructure.com/interesting-information-3/hydrographic-surveying/equipment-used-to-examin-areas-below-the-seafloor/>> Luettu 26.10.2012
- 36 Seismic profiling system. 2013. Verkkodokumentti. USGS. <<http://woodshole.er.usgs.gov/operations/sfmapping/seismic.htm>>. Päivitetty 14.1.2013. Luettu 22.1.2013
- 37 Boomer-järjestelmä. 2012. Verkkodokumentti. Meridata. <<http://www.meridata.fi/boomer.shtml>> luettu 22.1.2013
- 38 Subsurface sensing techniques. 2012. Verkkodokumentti. Australian government. <http://www.ozcoasts.gov.au/geom_geol/toolkit/Tech_CA_sb_p.jsp> luettu 22.1.2013
- 39 Sparker-järjestelmät. 2012. Verkkodokumentti. Meridata. <<http://www.meridata.fi/sparker.shtml>> luettu 22.1.2013
- 40 Chirp-järjestelmät. 2012. Verkkodokumentti. Meridata. <<http://www.meridata.fi/chirp.shtml>> luettu 22.1.2013
- 41 Magnetometer. 2012. Verkkodokumentti. Substructure.com. <<http://substructure.com/interesting-information-3/hydrographic-surveying/magnetometers-utilized-for-underwater-surveys/>> luettu 20.11.2012
- 42 AUV. 2008. Verkkodokumentti. ECA Robotics. <<http://www.eca-robotics.com/civil/robotics-security-auv.htm>> Luettu 26.10.2012

- 43 Acoustic underwater positioning. 2012. Verkkodokumentti. Kongsberg.
<<http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/FF57C18363FAD917C1256A7E002B9F2F?OpenDocument>> Luettu 20.11.2012
- 44 Sonar equipment. 2012. Verkkodokumentti. MMT.
<<http://www.mmt.se/equipment>> Luettu 20.11.2012
- 45 Products. 2012. Verkkodokumentti. Reson.
<<http://www.reson.com/products>> Luettu 20.11.2012
46. Positionin solutions. 2012. Verkkodokumentti. Seabed.
<<http://www.seabed.nl/product/cat/id/85>> Luettu 20.11.2012
- 47 Acoustic positioning. 2012. Verkkodokumentti. AML.
<http://www.amloceanographic.com/Technical-Demo/USBL-SBL-LBL_2> Luettu 20.11.2012
- 48 Transducers. 2012. Verkkodokumentti. Reson.
<<http://www.reson.com/products/transducers/>> Luettu 26.10.2012
- 49 Motion sensors 2012. Verkkodokumentti. Seafloor systems.
<<http://www.seafloorsystems.com/seatexmru5.html>> Luettu 26.10.2012
- 50 Tide and wave gauges. 2012. Verkkodokumentti. Seafloor systems.
<http://www.seafloorsystems.com/valeport_tidemaster.html> Luettu 26.10.2012
- 51 Portable tide gauge. 2012. Verkkodokumentti. GPS-forestry solutions.
<http://www.gpsforestry-suppliers.com/index.php?route=product/product&product_id=1191> Luettu 26.10.2012
- 52 MVP. 2012. Verkkodokumentti. MacArtney.
<<http://www.macartney.com/systems/remote-technology/mvp>> Luettu 26.10.2012
- 53 Software. 2012. Verkkodokumentti. Reson.
<<http://www.reson.com/products/pds-2000-software/>> Luettu 26.10.2012
- 54 Software. 2012. Verkkodokumentti. Sonar TRX.
<<http://www.sonartrx.com/web/>> Luettu 26.10.2012
- 55 Trimble marine software. 2012. Verkkodokumentti. Trimble.
<http://www.trimble.com/construction/marine/Marine_Construction_Software.aspx> Luettu 26.10.2012
- 56 Jälkikäsitelyohjelma. 2012. Verkkodokumentti. Meridata.
<<http://www.meridata.fi/mdps.shtml>> Luettu 26.10.2012
- 57 Jälkikäsitelyohjelma. 2012. Verkkodokumentti. Meridata.
<<http://www.meridata.fi/mdcs.shtml>> Luettu 26.10.2012
- 58 Research vessel. 2011. Verkkodokumentti. USGS.
<<http://walrus.wr.usgs.gov/mapping/Snavely.html>>. Päivitetty 30.11.2011. Luettu 15.2.2013

- 59 Autonomous benthic explorer. 2012. Verkkodokumentti. Ocean explorer. <<http://oceanexplorer.noaa.gov/technology/subs/abe/abe.html>>. Päivitetty 19.7.2012. Luettu 15.2.2013
- 60 AUV. 2008. Verkkodokumentti. Nippon marine enterprises. <http://www.nmeweb.jp/e/duties_probe_urashima.html>. Luettu 15.2.2013
- 61 Tuulimyly. 2012. Verkkodokumentti. Yle Oy. <http://yle.fi/uutiset/tuulivoima_tuo_toita/5649147>. Päivitetty 15.6.2012. Luettu 15.2.2013
- 62 Kiinteä RTK-tukiasema. 2006. Verkkodokumentti. Maanmittaustieteiden seura. <http://mts.fgi.fi/maanmittaus/numerot/2005/2005_12_hakli_koivula.htm>. Päivitetty 18.10.2006. Luettu 15.2.2013
- 63 Multibeam sonar. 2012. Verkkodokumentti. NOAA. <http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/05fire/background/mapping/media/multi_sonar.html>. Päivitetty 12.7.2012. Luettu 15.2.2013
- 64 Singlebeam sonar. 2013. Verkkodokumentti. Humminbird. <http://www.humminbird.com/leading_innovation/humminbird-sonar/single-beam.aspx> Luettu 15.2.2013
- 65 water scooter. 2013. Verkkodokumentti. Shore monitoring and research. <http://www.shoremonitoring.nl/index.php/bathy_surveys.html> Luettu 15.2.2013
- 66 Matalataajuusluotain. 2013. Verkkodokumentti. Meritaito. <http://www.meritaito.fi/www/fi/ajankohtaista/esitteet/Merenmittauskalusto_ver3.pdf> Luettu 15.2.2013
- 67 Matalataajuus aineisto. 2013. Verkkodokumentti. Meridata. <<http://www.meridata.fi/mddssindepth.shtml>> Luettu 15.2.2013
- 68 Seismic sonar. 2013. Verkkodokumentti. Tutunui Wanaka. <http://tutunui-wananga.blogspot.fi/2012_02_01_archive.html> Luettu 15.2.2013
- 69 Boomer data. 2012. Verkkodokumentti. Aspect. <<http://www.aspectsurveys.com/marine/sub-bottom.htm>> Luettu 15.2.2013
- 70 Sparker data. Verkkodokumentti. Natural born birder. <<http://www.naturalbornbirder.com/offshore/survey.php>> Luettu 15.2.2013
- 71 Chirp data. 2013. Verkkodokumentti. Environprobe service. <<http://www.enviroprobe.com/sub-bottom/>> Luettu 15.2.2013
- 72 Seismic surveys. 2009. Verkkodokumentti. FishSAFE. <<http://fishsafe.eu/en/offshore-structures/seismic-surveys.aspx>> Luettu 15.2.2013
- 73 AUV. 2013. Verkkodokumentti. Kongsberg. <<http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/8E6596DCAB10F73FC1256D5D003A3EC1?OpenDocument>> Luettu 16.2.2013
- 74 Acoustic positioning. 2013. Verkkodokumentti. AML.

- <http://www.amloceanographic.com/Technical-Demo/USBL-SBL-LBL_2> Luettu 16.2.2013
- 75 Sonar technology. 2010. Verkkodokumentti. NOAA.
<http://sanctuaries.noaa.gov/missions/2010coral_west/sonar_essay.html>. Päivitetty 2.6.2010. Luettu 16.2.2013
- 76 Trimble tablet. 2013. Verkkodokumentti. Trimble.
<<http://www.trimble.com/construction/heavy-civil/site-positioning-systems/Trimble-Tablet.aspx?dtID=overview&>> Luettu 16.2.2013
- 77 Sensors. 2013. Verkkodokumentti. Axys technologies.
<<http://www.axystechnologies.com/BusinessUnit/AXYSMarineEnvironmentalMonitoring/WaveCurrentWaterLevelMonitoringSolutions/TRIAXYSWaveandMotionSensors.aspx>> Luettu 16.2.2013
- 78 Mericon Oy. Luottamuksellinen luotaustutkimusraportti. Sissäiseen käyttöön.
- 79 Tidal zoning. 2010. Verkkodokumentti. The One.
<<http://fafa-theone.blogspot.com/2010/05/hydrographic-survey-support.html>>. Päivitetty 23.3.2010. Luettu 18.2.2013
- 80 Satelliittipaikannus. 2013. Verkkodokumentti. Paikannus.com.
<<http://www.paikannus.com/satelliittipaikannus>>. Luettu 26.3.2013
- 81 AUV. Verkkodokumentti. Kongsberg.
<<http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/8E6596DCAB10F73FC1256D5D003A3EC1?OpenDocument>> Luettu 14.5.2013
- 82 Gareth Simpson. Sales manager. Coda octopus. Sähköpostikeskustelu. 26.10.2012
- 83 Gavin Willoughby. Sales manager. Aplied acousticks. Sähköpostikeskustelu. 26.10.2012

