



**PELASTUSOPISTO**



**POLIISI**  
POLISIAMMATTIKORKEAKOULU

# Kaikuluotaimen käyttö pelastustoimen vesisukelluksessa

Niko Vainio

1/2024

Poliisiammattikorkeakoulun opinnäytetyö / AMK

# TIIVISTELMÄ

**Tekijä:** Niko Vainio

**Julkaisun nimi:** Kaikuluotaimen käyttö pelastustoimen vesisukelluksessa

**Opinnäytetyön muoto:** Tutkimuksellinen

**Julkisuusaste:** Julkinen

**Ohjaaja:** Vesa Siivonen, vanhempi opettaja

**Tutkinto:** Pelastusalan päällystötutkinto (AMK)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia kaikuluotaimen käyttöä pelastustoimen vesisukelluksen apuna. Opinnäytetyössä selvitettiin, voidaanko kaikuluotaimen avulla nopeuttaa hukkuneen pelastamista verrattuna nykyisin käytössä oleviin menetelmiin, ja jos voidaan, kuinka paljon. Lisäksi tutkittiin sitä, kokevatko vesisukeltajat ja vesisukelluksen parissa työskentelevät laitteen hyödylliseksi ja kuinka kaikuluotaimen käyttö vaikuttaa sukellustehtävien taktiikkaan. Tutkimuskysymysten selvittämiseksi järjestettiin käytännön koe, jolla tutkittiin kaikuluotaimen vaikutusta hukkuneen löytämiseen, sekä kyselytutkimus käytännön kokeisiin osallistuneille henkilöille.

Tutkimuspaikkana toimi satamalaituri Helsingin Jätkäsaarella. Käytännön tutkimuksen perusteella kaikuluotaimen käyttö nopeuttaa merkittävästi hukkuneen löytämistä kaikuluotaimelle sopivissa olosuhteissa. Kaikuluotainta käytettäessä kohde löytyi keskimäärin 16 sekunnissa ja sukeltaja tavoitti kohteen keskimäärin 83 sekunnissa. Vertailumenetelmänä käytettiin niin sanottua kahdensadan neliön etsintää, jota käytetään yleisesti tutkimuspaikan kaltaisissa olosuhteissa. Tällä menetelmällä kohde tavoitettiin keskimäärin 378 sekunnissa ja koko alueen etsimiseen kului keskimäärin 562 sekuntia. Kaikuluotainta käytettäessä kohde löytyi siis yli neljä kertaa nopeammin.

Kyselytutkimuksen perusteella vastaajat olivat lähes yksimielisiä siitä, että kaikuluotain nopeuttaa hukkuneen löytämistä sekä parantaa hukkuneen selviytymismahdollisuuksia kaikuluotaimelle sopivissa olosuhteissa. Kaikuluotain koettiin pääosin helppokäyttöiseksi, ja sen pitäisi vastaajien mukaan kuulua vesisukellusyksikön kalustoon. Lisäksi kaikuluotaimen koettiin parantavan työturvallisuutta. Tämän tutkimuksen perusteella kaikuluotain parantaa selvästi hukkuneen selviytymismahdollisuuksia. Jatkossa tulisi keskittyä siihen, kuinka teknologiaa voisi kehittää entistä enemmän tukemaan vesipelastamista ja millä toimintamalleilla saavutetaan paras lopputulos ihmisten pelastamiseksi veden alta teknologian kehittyessä.

**Sivumäärä:** 44 sivua + liitteet

**Tarkastuskuukausi ja vuosi:** tammikuu 2024

**Avainsanat:** vesisukellus, vesipelastus, kaikuluotain, hukkuminen

# ABSTRACT

**Author:** Niko Vainio

**Title of Project:** The use of sonar in rescue diving operations

**Type of thesis:** research

**Confidentiality:** public

**Academic Supervisor:** Mr. Vesa Siivonen, senior teacher

**Degree Programme:** Fire Officer's Degree (UAS)

---

The aim of this thesis was to investigate the use of sonar as an aid in water rescue operations. The study aimed to determine whether the use of sonar could speed up the rescue of drowning victims compared to currently used methods, and if so, by how much. Additionally, it examined whether divers and firefighters involved in underwater operations found the device useful, and how the use of sonar affected the tactics of diving tasks. To address these research questions, a practical experiment was conducted to examine the impact of sonar on locating a drowning victim, as well as a survey for the people who participated in the practical experiments.

The research took place at the harbour dock in Jätkäsaari, Helsinki. Based on the practical investigation, the use of sonar significantly sped up the discovery of a drowning victim under conditions suitable for sonar operation. When using sonar, the target was located on average in 16 seconds, and the diver reached the target in an average of 83 seconds. A comparative method, known as the "two hundred square meters search," commonly used in similar conditions, resulted in the target being reached in an average of 378 seconds, and the entire area search took an average of 562 seconds. Therefore, when using the sonar, the target was found more than four times faster.

According to the survey findings, respondents were nearly unanimous in agreeing that sonar speeds up the discovery of drowning victims and enhances their survival chances under conditions suitable for sonar operation. The sonar was mostly perceived as easy to use, and respondents suggested that it should be part of the equipment used in underwater rescue operations. Additionally, the sonar was seen improving the safety of the divers. Based on this research, the sonar significantly improves the survival chances of a drowning victim. Future efforts should focus on how to further develop this technology to better support water rescue operations and which operational methods yield the best results in saving lives underwater as technology advances.

---

**Pages:** 44 pages + appendix

**Month and year:** January 2024

**Keywords:** rescue diving, water rescue, sonar, drowning

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	1
2 LAINSÄÄDÄNTÖ, OHJEET JA KÄSITTEET .....	3
2.1 Lainsäädäntö .....	3
2.2 Vesisukelluksen käsitteitä .....	4
3 VESISUKELLUS SUOMEN PELASTUSLAITOKSILLA .....	7
3.1 Etsintämenetelmät .....	7
3.2 Viestintä .....	8
3.3 Varusteet, kalusto ja ilmoitukset .....	8
3.4 Työturvallisuus .....	9
3.5 Hälytysohje .....	10
3.6 Johtaminen .....	10
4 KAIKULUOTAIN.....	11
5 TILASTOT.....	14
5.1 Tehtävien määrä .....	14
5.2 Pelastettujen määrä .....	16
5.3 Kuolleet ja toimintavalmiusaika .....	17
6 FYSIOLOGIA .....	19
6.1 Patofysiologia.....	19
6.2 Suojamekanismit.....	20
6.3 Pelastaminen ja ensihoito .....	21
6.4 Selviytyminen ja ennuste.....	21
6.5 Sukellusonnettomuudet.....	21
7 TUTKIMUSMENETELMÄT .....	23
7.1 Kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä.....	23
7.2 Käytännön tutkimus.....	24
7.3 Kyselytutkimus .....	25
7.4 Tulosten analysointi .....	26
7.5 Tutkimuksen luotettavuus.....	26
8 TULOKSET.....	28

8.1 Käytännön kokeen toinen osa .....	30
8.2 Kyselytutkimus .....	33
8.3 Avoimet kysymykset.....	36
9 POHDINTA .....	38
9.1 Kaikuluotaimen vaikutus uhrin löytämiseen .....	39
9.2 Kaikuluotaimen vaikutuksen taktiikkaan .....	40
9.3 Kaikuluotaimen vaikutus työturvallisuuteen .....	40
9.4 Jatkotutkimukset ja kehitysehdotukset .....	41
LÄHTEET .....	42
LIITE 1 .....	45
LIITE 2 .....	46
LIITE 3 .....	47

# 1 JOHDANTO

Meri ja järvet kuuluvat olennaisena osana suomalaisten elämään. Ihmiset hyödyntävät vesistöjä esimerkiksi virkistymiseen ja erilaisiin harrastuksiin. Monet saavat niistä myös elantonsa. Suomessa hukkuu tapaturmaisesti keskimäärin noin sata henkilöä vuosittain. Väkilukuun suhteutettuna ja naapurimaihin verrattuna määrä on noin kaksinkertainen. Esimerkiksi WHO:n vuonna 2014 julkaistun artikkelin mukaan vuonna 2012 Suomessa hukkui 2,4 ihmistä 100 000 ihmistä kohden. Ruotsissa ja Norjassa kyseinen luku oli 1,4 ja Tanskassa vain 1,2.

Tässä opinnäytetyössä etsitään keinoja siihen, kuinka pelastuslaitos pystyisi pienentämään tuota lukemaa. Opinnäytetyöni tavoitteena on selvittää, voiko sonarin eli kaikuluotaimen avulla nopeuttaa hukkuneen pelastamista, ja jos voi kuinka paljon. Lisäksi selvitän, kuinka kaikuluotaimen käyttö vaikuttaa vesipelastustehtävillä käytettävään taktiikkaan ja kokevatko sukeltajat laitteen tuovan lisäarvoa pelastustoimen vesisukellukseen. Onnettomuuksia voi ja pitää ehkäistä myös valistuksella ja koulutuksella, mutta tässä työssä keskityn toimintaan onnettomuuden jo tapahduttua.

Tutkimuskysymysten selvittämiseksi käytän kahta erilaista tutkimusmenetelmää. Ensimmäinen tutkimus koostuu kahdesta erilaisesta käytännön tutkimuksesta, joiden tuloksia vertailen keskenään. Tällä tavoin saan käsityksen siitä, nopeuttaako kaikuluotaimen käyttö ihmisen pelastamista pinnan alta. Toinen tutkimus sisältää kyselytutkimuksen käytännön tutkimuksiin osallistuville henkilöille.

Vesipelastustehtävillä on aina kiire. Ihmisen vajotessa pinnan alle selviytymismahdollisuudet heikenevät nopeasti. Sukelluksen apuna käytettävän teknologian onkin oltava nopeasti otettavissa käyttöön, jotta siitä olisi hyötyä. Maailmalla on käytössä jonkin verran kaikuluotaimia vesisukelluksen apuna. Usein laitteet ovat kuitenkin kalliita, tai sitten ne eivät sovellu ihmisen pelastamiseen kovinkaan hyvin. Tässä tutkimuksessa käytettäväksi laitteeksi valikoitui niin sanottu live sonar-järjestelmä, joka katsottiin soveltuvan parhaiten juuri hukkuneen pelastamiseen.

Pelastustoimella on ollut vesisukellustoimintaa jo lähes 70 vuotta. Vaikka sukellusvarusteet, sukelluspuvut, valaisimet ja kommunikaatiokeinot ovat kehittyneet, ovat etsintämenetelmät pysyneet samankaltaisina jo vuosikymmeniä. Teknologia ei ole toistaiseksi pystynyt nopeuttamaan hukkuneen löytämistä veden alta. Suurin osa hukkuneista löytyy puolitoista kertaa syvyyden kokoiselta alueelta suhteessa vajoamispaikkaan (Treinish 2022, 241.) Kuitenkaan tarkka vajoamispaikka ei aina ole tiedossa ja sen määrittäminen silminnäkijähavaintojen perusteella on usein haastavaa. Hukkuneen etsiminen sukeltamalla onkin aina osittain myös arpapeliä. Teknologian avulla tiedustelua voidaan tehostaa ja etsintää suunnata tarkemmin alueille, joilla uhri todennäköisimmin on.

Opinnäytetyön ensimmäisissä luvuissa käsitellään vesisukellusta ja siihen liittyvää lainsäädäntöä ja ohjeistusta yleisesti. Lisäksi käyn läpi myös kaikuluotaimen toimintaa, vesisukellustehtäviin liittyviä

tilastoja sekä hukkumisen fysiologiaa. Teoriaosuudella pyrin luomaan selkeän kuvan vesisukellukseen liittyvistä tekijöistä ja tuomaan esille niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat hukkumistapaturman kulkuun sekä ihmisen selviytymiseen pinnan alla. Tutkimusmenetelmät kuvataan seitsemännessä luvussa ja tutkimusten tulokset esitellään luvussa kahdeksan. Viimeinen luku sisältää pohdinnan ja johtopäätökset. Peilaan tutkimustuloksia teoriaosuudessa esiin nousseisiin tekijöihin ja siihen, kuinka niihin tutkimustulosten perusteella voidaan vaikuttaa. Aiheen valintaan vaikutti oma taustani vesisukelluksen ja vesipelastuksen parissa työskentelystä. Olen toiminut vesisukeltajana Erottajan pelastusasemalla yli kymmenen vuotta ja viimeiset 4 vuotta vastannut Helsingin pelastuslaitoksen vesisukellustoiminnasta.

## 2 LAINSÄÄDÄNTÖ, OHJEET JA KÄSITTEET

Vesisukellus on yksi pelastuslaitoksen vaativimpia työtehtäviä. Vaativilla työtehtävillä tarkoitetaan sitä, että tehtävän tauottaminen ei ole välttämättä mahdollista, toiminta-aika saattaa olla pidentynyt tai toimintaympäristön hahmottaminen on vaikeaa. Nämä seikat tekevät tehtävästä erityisen haastavan. (Uusitalo ym. 2019, 1.) Lisäksi haastavat olosuhteet, syvyys, näkyvyys, kiinni tarttumisen riski, suljetut paikat ja se, että pelastussukeltaja on käytännössä aina yksin, tekevät tehtävästä poikkeuksellisen muihin pelastuslaitokseen tehtäviin verrattuna. Tämän takia vesisukeltamista, koulutusta ja sukeltajan terveydentilaa säädelään ja valvotaan tarkasti.

### 2.1 Lainsäädäntö

Työturvallisuuslain (738/2002) 10 § mukaan työnantajan on selvitettävä työstä aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät. Jos näitä ei voida poistaa, on arvioitava myös niiden merkitys työntekijän turvallisuudelle ja terveydelle. Vesisukellus pelastuslaitoksella kuuluu työturvallisuuslain (738/2002, 11 §) perusteella erityistä vaaraa aiheuttavaksi työksi. Tällaista työtä saa tehdä ainoastaan henkilö, joka on siihen pätevä ja henkilökohtaisten edellytystensä puolesta soveltuva.

Pelastuslaissa määritellään pelastuslaitoksen tehtävät. Pelastuslain tavoitteena on parantaa ihmisten turvallisuutta ja vähentää onnettomuuksia (Pelastuslaki 379/2011, 1 §). Pelastuslaissa ei suoraan oteta kantaa vesisukellukseen, mutta 27 § mukaan hyvinvointialue päättää miten Pelastuslaitos huolehtii pelastustoimintaan kuuluvista tehtävistä. Pelastustoimintaan kuuluu onnettomuuden uhrien ja vaarassa olevien ihmisten sekä ympäristön ja omaisuuden suojaaminen ja pelastaminen (32 §). Vesisukellustehtävät liittyvät kaikkiin edellä mainittuihin kohtiin, joten nähdäkseni laki velvoittaa pelastuslaitoksia pitämään yllä myös vesisukellusvalmiutta.

Meripelastuslain (1145/2001, 3 §) mukaan Rajavartiolaitos vastaa meripelastuksen järjestämisestä merialueilla. Tämä tarkoittaa sitä, että merialueilla tapahtuvissa onnettomuuksissa Rajavartiolaitos on johtava viranomaisena. Tilannepaikan johtovastuu on silti usein pelastuslaitoksella. Sisävesistöissä tapahtuvissa pelastustehtävissä johtovastuu on pelastuslaitoksella. (Pelastuslaki 379/2011, 27 §.)

Pelastuslaitosten siirtyminen hyvinvointialueille vuoden 2023 alussa toi muutoksia pelastusalaa ohjaavaan lainsäädäntöön. Hyvinvointialueiden palvelutasopäätöksissä määritetään toiminnan varsinainen taso, mistä päättää aluevaltuusto (Laki pelastustoimen järjestämisestä 613/2021, 6 §). Esimerkiksi Helsingin alueen pelastustoimen palvelutasopäätöksen (2021) mukaan alueella pidetään yllä jatkuva sukellusvalmius kahdella 1-tason sukeltajalla yhdellä asemalla. Palvelutason tulee vastata kansallisia, alueellisia ja paikallisia tarpeita ja muita uhkia. Palvelut on myös järjestettävä niin,

että ne voidaan hoitaa mahdollisimman tehokkaalla ja tarkoituksenmukaisella tavalla ja että onnettomuus- ja vaaratilanteissa tarvittavat toimenpiteet voidaan suorittaa viivytyksettä ja tehokkaasti. (Laki pelastustoimen järjestämisestä 613/2021, 3 §.)

Pelastussukellusohjeen (2023, 31–32) mukaan, vesisukeltajan peruskoulutusvaatimuksena on päätoimiseen miehistön tehtävään edellytetyn kelpoisuuden lisäksi joko Pelastusopiston tai oppisäällöltään vastaava pelastusopiston hyväksymä vesisukelluskurssi, puolustusvoimien sukeltajan koulutus täydennettynä perehdytyksellä pelastustoimen sukellustoimintaan tai ammattisukeltajan tutkinto täydennettynä perehdytyksellä pelastustoimen sukellustoimintaan. Lisäksi sukeltajan tulee läpäistä Pelastusopiston vesisukelluskurssin mukaiset fyysisen kunnon vaatimukset.

Pelastussukellusohje (2023, 62) jakaa vesipelastuksen pintapelastajan ja vesisukelluksen työskentelytasoihin. Molemmat edellyttävät työntekijältä erityistä kelpoisuutta, joka muodostuu terveydentilaan, toimintakykyyn, peruskoulutukseen ja osaamiseen liittyvistä vaatimuksista. Tämä johtuu siitä, että tekijöillä tulee olla riittävästi taidollista ja tiedollista osaamista, jotta vesipelastustehtävien pelastustyö olisi turvallista ja tehokasta.

## **2.2 Vesisukelluksen käsitteitä**

Vesisukellukseen liittyy useita erilaisia määritelmiä sekä termejä. Tässä luvussa käyn läpi niistä tärkeimpiä. Sukellusaika tarkoittaa sitä aikaa, kun sukeltaja hengittää kaasua sukelluslaitteesta. Alttiinaoloaika alkaa, kun sukeltaja aloittaa laskeutumisen, ja päättyy, kun sukeltaja aloittaa nousun kohti pintaa. Tämä on myös se aika, jolloin tyypeä liukenee kudoksiin. (Soininen 2019, 5–8.)

Nousunopeudella tarkoitetaan sitä, kuinka nopeasti sukeltaja nousee pintaan. Nousunopeus voi turvallisuussyistä olla korkeintaan 10 metriä minuutissa. Tästä voidaan poiketa ainoastaan silloin, kun ollaan pelastamassa ihmishenkeä, mutta tällöin on ryhdyttävä toimenpiteisiin myös sukeltajan hoitamiseksi, tämän tultua pintaan. Nousunopeuden ylittäminen altistaa sukeltajantaudille sekä ilmaembolialle. Sukeltajantaudissa sukeltajan elimistöön ja kudoksiin kertynyt typpi aiheuttaa erilaisia oireita. Oireet voivat olla lievimmillään pientä kutinaa tai pahimmillaan johtaa sukeltajan kuolemaan. Sukeltajantaudille altistaa esimerkiksi huono kunto, ylipaino, nestevajaus sekä fyysinen rasitus sukelluksen aikana tai sen jälkeen. (Soininen 2019, 7–9.)

Sukelluksen aikana voidaan joutua tekemään niin sanottuja etappeja eli dekompressioita. Tällaisia sukelluksia kutsutaan etappisukelluksiksi. Dekompression tavoitteena on poistaa sukelluksen aikana kudoksiin liuenutta tyypeä hallitusti. Etapit toteutetaan nousutaulukoiden mukaisesti, joista yleisin pelastuslaitoksilla käytössä oleva taulukko on merivoimien nousutaulukko. Etappeihin vaikuttaa esimerkiksi sukelluksen syvyys, alttiinaoloaika sekä aiemmat sukellukset. Mikäli etappi jää tekemättä, joudutaan väliin jäänyt etappi korvaamaan joko rekompresiolla tai märkärekompresiolla. Rekompresiohoidossa sukeltaja kuljetetaan ylipainehappihoitoon painekammioon, jossa hoito

annetaan painehoitotaulukoiden mukaisesti. Märkärekompresio tehdään vedessä valmiiden taulukoiden mukaan, mihin vaikuttaa esimerkiksi maksimisyvyys sekä väliin jääneet etapit. Tämä ei kuitenkaan ole suositeltavaa ja tehdään ainoastaan poikkeustapauksissa. (Soininen 2019, 5–7.)

Sukeltaessa syvälle sukeltaja altistaa itsensä typpihumalalle. Typpihumalalla tarkoitetaan sitä, että elimistöön imeytynyt typpi häiritsee hermoimpulssien etenemistä elimistössä. Tämä saattaa näkyä itseluottamuksen lisääntymisenä sekä keskittymis- tai reaktiokyvyn heikkenemisenä. Oireet ovat yksilöllisiä, ja yleisesti oireet helpottavat, kun sukeltaja nousee kohti pintaa. (Kurra, Lahtinen ja Nissinen 2009, 42–42)

Suoranoususukelluksella tarkoitetaan sukellusta, joka ei taulukoiden puolesta vaatisi erillisiä etappeja. Kuitenkin sukellussyvyyden ylittäessä yhdeksän metriä suoritetaan turvapysähdys sukeltajan taudin ja muiden riskien ehkäisemiseksi. Turvapysähdys tarkoittaa kolmen minuutin pysähdystä kolmen metrin syvyydessä. (Soininen 2019, 9.)

Sukellusryhmä koostuu ryhmänjohtajasta, avustajasta sekä vähintään kahdesta sukeltajasta. Sukeltajana voi toimia tehtävään nimetty henkilö, joka on koulutettu ja perehdytetty pelastustoimen sukeltajaksi. Avustajan ei tarvitse olla sukeltaja, mutta hän on saanut koulutuksen tehtävään ja on sukeltajan hyväksymä. Sukellusryhmän molemmilla sukeltajilla tulee olla oma koulutettu avustaja, eli vahvuudella 1+3 ryhmänjohtaja toimii myös avustajana. Jos ryhmä on välittömässä lähtövalmiudessa, on molempien sukeltajien oltava 1-tason vesisukeltajia. Yksi ryhmän jäsenistä nimetään sukellusvanhimmaksi, joka vastaa sukellustoiminnasta. Oman toiminnan turvaamiseksi käytetään turvasukeltajaa. Mikäli molemmat sukeltajat ovat vedessä samanaikaisesti, toimivat he toistensa turvasukeltajina. Tämä on otettava huomioon sukellusten toteutuksessa. (Soininen 2019, 8–10.)

Pelastuslaitosten yleisimmät sukellustyytit ovat harjoitussukellus ja hälytyssukellus. Lisäksi eri viranomaisten pyynnöstä tehdään virka-apusukelluksia. Harjoitussukelluksia tehdään vesisukelluskelpoisuuden ja osaamisen ylläpitämiseksi. Säilyttääkseen vesisukelluskelpoisuuden tulee sukeltajan tehdä vuodessa vähintään kymmenen sukellusta, joista vähintään kahden tulee tapahtua jäätävissä olosuhteissa ja yhden koulutussyvyyteen. Hälytyssukellukset ovat kiireellisiä vesisukellustehtäviä, joilla tarkoituksena on pelastaa tai suojata ihmisiä, omaisuutta ja ympäristöä tai lieventää onnettomuuden seurauksia. Pelastustoimen vesisukelluksella tavoitellaan ensisijaisesti ihmishenkien pelastamista. Virka-apusukelluksia tehdään esimerkiksi poliisin tai rajavartioston pyynnöstä esimerkiksi kadonneen etsimiseksi tai rikoksentekovälineen löytämiseksi vesistöistä. (Soininen 2019, 5–7.)

Jäätävissä olosuhteissa sukeltamista kutsutaan talvisukellukseksi. Tällöin laitteiston jäätymisen mahdollisuus on huomioitava sukelluksen toteutuksessa. Jokaisesta sukelluksesta laaditaan sukelluspöytäkirja, johon kirjataan oleelliset tiedot sukelluksen kannalta. Tällaisia tietoja ovat ainakin su-

kelluksen ajankohta ja paikka, tehtävä, sukellus- ja alttiinaoloaika, tehdyt etapit ja turvapysähdykset, suurin sukellussyvyys, kertausr ryhmä ja uusintasukelluksien osalta sukellusten välinen pinta-aika. (Soininen 2019, 8–9.)

Sukeltaja on yhteydessä avustajaan merkinantoköyden välityksellä. Köytenä voidaan käyttää vähintään 3000 N vetolujuuden köyttä, joka on mielellään kelluva, kirkkaanvärinen ja varustettu etäisyysmerkinnöillä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös puhelinkaapelia tai pintakaasulettoa, jotka täyttävät samat vaatimukset. Merkinantoköysi toimii samalla sukeltajan turvaköytenä ja on kiinnitettävä sukeltajaan tehtävän laadun ja varustuksen edellyttämällä tavalla. Sukelluslaitteena käytetään vedenalaiseen käyttöön tarkoitettua hengityslaitetta. Hengityskaasuna käytetään paineistettua kaasua eli pelastuslaitoksen tehtävissä useimmiten paineilmaa. (Soininen 2019, 6–8.)

### 3 VESISUKELLUS SUOMEN PELASTUSLAITOKSILLA

Hukkunutta etsitään käyttäen erilaisia etsintämenetelmiä ja -kuvioita. Käytettävä menetelmä riippuu esimerkiksi sukelluskohteesta, sukelletaanko mantereelta vai alukselta sekä käytettävissä olevien sukeltajien määrästä. Sukellusvanhin päättää kulloinkin käytettävästä taktiikasta yhdessä sukeltajien kanssa. Tiedustelutiedot vesisukellustehtävillä ovat usein vajavaisia ja epämääräisiä, joten oikean taktiikan ja alueen määrittäminen vaatii ammattitaitoa ja osaamista. Hukkunut ei aina ole kuitenkaan pohjassa. Uhri saattaa löytyä myös esimerkiksi välivedestä tai talvisaikaan suoraan jääkannen alta. Avannosta etsittäessä uhria kannattaakin etsiä ensin jääkannen alta avannon ympäriltä ja vasta sitten aloittaa etsintä pohjasta. (Hendrick 2003, 349.)

#### 3.1 Etsintämenetelmät

Sektorietsintä on yleisin etsintämenetelmä, ja se toimii parhaiten uimarannoilla sekä muissa paikoissa, joissa avustaja on paikoillaan. Sektorietsinnässä määritetään etsittävän alueen reunat. Sukeltaja ui tätä väliä edestakaisin siirtyen aina näkyvyyden verran eteenpäin tultuaan sektorin päähän. Sektorietsintää voidaan tehdä joko loittonevana eli avustajasta poispäin tai lähenevänä eli avustajaa kohti. Sektorietsinnän vahvuutena on monikäyttöisyys, ja sitä voidaan tehdä monenlaisissa eri paikoissa. Mikäli hukkuneen vajoamispaikka on tiedossa, uitetaan sukeltaja ensin pinnalla lähelle vajoamispaikkaa. Tämän jälkeen sukeltaja menee pohjaan ja aloittaa etsinnän.

Kehäetsintää suoritetaan pääsääntöisesti aluksesta tai talviaikaan jään päältä. Etsintämenetelmä mahdollistaa tarkan etsinnän myös silloin, kun sukelletaan aluksesta, tai muusta paikasta mikä ei pysy täysin paikoillaan. Kehäetsintä tarkoittaa sitä, että pohjaan lasketaan kehäetsintäpaino, johon sukeltaja kiinnittyy. Tämän jälkeen sukeltaja alkaa kiertämään painoa ja aina kierroksen täytyessä ottaa näkyvyyden verran lisää etäisyyttä painoon. Etsintämenetelmän heikkoutena voidaan pitää sitä, että se vaatii muita menetelmiä enemmän kalustoa. Lisäksi kehäetsinnän aloittaminen kestää hieman muita menetelmiä pitempään.

200 neliön etsintä on etenkin valtamerilaitureille ja satama-alueille kehitetty etsintämenetelmä, joka toimii parhaiten silloin, kun etsittävä alue on suorakaiteen muotoinen ja kohtalaisen tasainen. Etsintämenetelmä muistuttaa hieman sektorietsintää, mutta sektorin toisena reunana toimii laiturin reuna. Tässä etsintämenetelmässä sukeltaja ui laiturin ja sektorin toisen reunan väliä. Avustaja kulkee sukeltajan perässä ja ottaa aina askeleen eteenpäin, kun sukeltaja saavuttaa etsittävän alueen reunan. Etsintämenetelmässä on huomioitava, että avustajan ja sukeltajan välinen etäisyys on riittävän pitkä, jottei turvaköyden kulma ole liian jyrkkä.

Suorakaide-etsinnässä avustaja kulkee sukeltajan vierellä samaan tahtiin. Kun sukeltaja pääsee etsittävän alueen reunaan, ottaa hän näkyvyyden verran lisää etäisyyttä avustajaan ja vaihtaa

suuntaa. Suorakaide-etsintää käytetään, kun halutaan tarkastaa esimerkiksi laiturin reuna tai uimaraanta tietyltä etäisyydeltä. Suorakaide-etsinnän haasteena on se, että sukeltajan on uitava täysin suoraan, jotta etsintäkuvio pysyy tarkkana. Tämä vaatii hyvää yhteistyötä sukeltajan ja avustajan välillä.

### 3.2 Viestintä

Sukeltajan ja avustajan viestintään käytetään yleisimmin joko ennalta sovittuja ja yleisesti käytössä olevia narumerkkejä tai sukelluspuhelinta. Narumerkit on hallittava, vaikka sukelluspuhelin olisikin käytössä sen varalta, että puhelin lakkaa toimimasta. Taulukossa 1 on esitetty vesisukelluksessa käytössä olevat turvallisuusmerkit. Etsintämerkit näkyvät taulukossa 2. Nykäisyllä tarkoitetaan pitkää yksittäistä vetoa narusta. Ravistuksella puolestaan tarkoitetaan sarjaa lyhyempiä nykäyksiä. Viestit on toistettava aina, jotta voidaan varmistua viestin perillemenosta. Edellisten lisäksi sukeltaja voi viestiä myös käsi-, valo-, tai äänimerkein. Viestit on toistettava aina, jotta voidaan varmistua viestin perillemenosta. (Soininen 2019, liite 7.)

Taulukko 1. Turvallisuusmerkit (Soininen 2019, liite 8 2/2).

Köysimerkki	Avustajalta	Sukeltajalta
1 nykäisy	Onko kaikki hyvin / jatka	Kaikki kunnossa
2 nykäisyä	Seis! Pysy paikalla	Seis
3 nykäisyä	Tule suoraan ylös	Vedä ylös
3 nykäisyä ja ravistus	Tule laskeutumiskohdasta ylös	-
4 nykäisyä tai enemmän	-	Hätämerkki

Taulukko 2. Etsintämerkit (Soininen 2019, liite 8 2/2).

Köysimerkki	Avustajalta	Sukeltajalta
Ravistus	Huomio	Suoritettu/kohteessa
Ravistus ja 1 nykäisy	Oikealle	Löysää sisään
Ravistus ja 2 nykäisyä	Vasemmalle	Lisää löysää
Ravistus ja 3 nykäisyä	Käänny takaisin	Palaan takaisin
1 nykäisy ja ravistus	Jatka köyden suuntaan	-

### 3.3 Varusteet, kalusto ja ilmoitukset

Vesistöt Suomessa ovat pääsääntöisesti kylmiä ympäri vuoden. Tämän vuoksi pelastussukellusta tehdään käytännössä aina kuivapuvulla, joka auttaa sukeltajaa pysymään lämpimänä märkäpukua tehokkaammin. Kuivapuvun avulla säädellään myös sukeltajan kelluvuutta, jolloin erillistä liiviä ei tarvita. Tämän lisäksi vesisukeltajan perusvarustukseen kuuluu alusasus, räpylät, puukko, sukellustietokone, valaisin sekä sukelluslaite. Sukeltaja on yhteydessä pintaan joko sukellusnarulla tai puhelinkaapelilla, jotka toimivat myös turvaköytenä. Nosteen hallintaan käytetään lisäpainoja tai painovyötä. (Soininen 2019, liite 5.)

Sukellusryhmä kalustoon kuuluu henkilökohtaisen varustuksen lisäksi viestivälineet, lisäilmaletku, sukeltajanlippu sekä ensihoitovaruusteet. Ensihoitovaruusteisiin on kuuluttava vähintään hapenantovälineistö. (Soininen 2019, liite 5) Edellä mainittujen varusteiden lisäksi ryhmän varustukseen kuuluvat eri etsintämenetelmien vaativat varusteet kuten kehäetsintäkalusto, sukelluspuhelin ja erilaisia merkkausojia. Taulukossa 3. on lueteltu sukeltajan varusteet ja sukellustehtävään liittyvät ilmoitukset.

Taulukko 3. Sukeltajan varusteet ja ilmoitukset (Siivonen 2005, 32; Soininen 2019, liite 8 1/2).

<b>Varustetarkistus</b>	<b>Lähtöilmoitus</b>	<b>Tilanneselvitys</b>	<b>Tuloilmoitus</b>
Räpylät	Syvyys max	Syvyys	Terveydentila
Puukko	Aika	Aika	Ilma
Painovyö	Ilmamäärä	Ilmamäärä	Aika
Turvaköysi	Nousu (etapit)	Näkyvyys	Ilma
Pulloventtiili	Tehtävä	Terveydentila	Nousu (etapit)
Varailma			Tehtävän suoritus
Pullopaine			
Puvun venttiilit			
Liivin täyttö/tyhjennys			
Valaisin			
Mittarit			

### 3.4 Työturvallisuus

Sukeltajan työympäristö poikkeaa suuresti pelastajan normaalista ympäristöstä. Vesi elementtinä on ihmiselle vihamielinen ympäristö, ihminen ei selviä pinnan alla kovinkaan pitkään ilman erikoisvälineistöä. Syvyyden aiheuttama paineenvaihtelu, typpihumala, heikko näkyvyys ja kylmyys ovat vain osa vedenalaisista vaaratekijöistä. Riskinä on lisäksi välineistön vikaantuminen, kiinnijääminen tai itsensä loukkaaminen vedenalaisiin rakenteisiin. Myös muu vesiliikenne, kuten veneet ja alukset, saattavat aiheuttaa vaaraa sukeltajalle. Riskin vähentämiseksi sukelluspaikka on merkittävä kansainvälisesti käytössä olevalla sukeltajanlipulla eli A-lipulla. (Soininen 2019, liite 1 2/2.)

Vesisukeltajilla on korkeammat fyysisen ja psyykkisen suorituskyvyn vaatimukset sekä tarkemmat terveydelliset tarkastukset kuin muilla pelastajilla. Sukeltajan terveyden selvittäminen vaatii erikoistumista ja ymmärrystä sukeltamisen fysiologisista vaikutuksista myös tutkivalta lääkäriltä. Sukeltajan työterveystarkastuksen tavoitteena onkin selvittää, kykeneekö tämä suoriutumaan tehtävistään vaarantamatta omaa tai muiden terveyttä. Tarkastukseen kuuluu lääkärin haastattelu, kliinisen statussen selvittäminen, suorituskyvyn mittaaminen ja tarvittaessa erilaisia kuvantamistutkimuksia tai muita tutkimuksia. Lisäksi painekammio testi tehdään vähintään uran alkuvaiheessa. Paineammiossa voidaan selvittää, onko sukeltajalla ongelmia hampaiden tai paineentasauksen kanssa. Lisäksi painekammiossa saadaan selville, onko tutkittavalla taipumusta paniikkihäiriöön, typpihumalaan, tai ahtaanpaikan kammoon. (Työterveyslaitos 2020, 136–142.)

Työnantaja on velvollinen huolehtimaan työntekijän turvallisuudesta työpaikalla (Työturvallisuuslaki 738/2002, 8 §). Lisäksi työnantajan on selvitettävä ja tunnistettava ne vaaratekijät, joita työstä aiheutuu, sekä arvioitava niiden merkitys työturvallisuudelle, mikäli niitä ei voida poistaa (Työturvallisuuslaki 738/2002, 10 §). Vesisukeltaja työskentelee pääsääntöisesti onnettomuuden jo tapahduttua, ja siksi työympäristöstä tai työolosuhteista aiheutuvia vaaratekijöitä ei aina voida täysin poistaa (Sisäasiainministeriö 2005, 5).

### **3.5 Hälytysohje**

Hätäkeskuslaitoksen tehtävänä on tuottaa hätäkeskuspalvelut sekä niihin liittyvät tukipalvelut toimivaltaisten viranomaisten ohjeiden mukaisesti (Laki hätäkeskustoiminnasta 692/2012, 4 §). Pelastuslain mukaan (379/2011, 33 §) pelastuslaitoksen on laadittava yhteistyössä muiden pelastustoimintaan osallistuvien, virka-apua antavien viranomaisten sekä hälytyskeskuksen kanssa hälytysohje toiminnassa tarvittavien resurssien hälyttämisestä. Hätäkeskuksen on voitava hälyttää pelastustehtävälle lähimmät tarkoituksenmukaiset yksiköt riippumatta siitä, miltä alueelta ne ovat. Hälytysohjeet on sovittava yhteen valtakunnallisesti muiden pelastuslaitosten kanssa.

Vesisukellustehtävä tulee useimmiten koodilla A 483, ihmisen pelastaminen vedestä. Tyypillisesti tämä tarkoittaa pelastusjoukkueen tasoista vastetta. Tehtävälle hälytetään siis joukkueenjohtaja, lähin pelastusyksikkö, vähintään kaksi sukellusyksikköä, ambulanssi ja poliisi. Tarvittaessa hälytetään myös venekalustoa tai muuta erikoiskalustoa. Vasteeseen voi kuulua lisäksi Rajavartiolaitoksen kalustoa, kuten veneitä, sukeltajia tai pelastushelikopteri.

### **3.6 Johtaminen**

Merialueilla tapahtuvilla vesisukellustehtävillä johtovastuu on Rajavartiolaitoksella (1145/2001, 3 §), mutta käytännössä tilannepaikkaa johtaa yleensä pelastusviranomainen. Tämä johtuu siitä, että pelastuslaitos on yleensä ensimmäisenä kohteessa ja pelastuslaitos on pääsääntöisesti ainoa viranomainen, jolla on välitön valmius pelastaa ihmisiä myös pinnan alta sukeltamalla.

Sisävesillä pelastustoiminnan johtajana toimii yleisesti sen hyvinvointialueen pelastusviranomainen, jossa onnettomuus on tapahtunut. Pelastustoimintaa voi kuitenkin tilapäisesti johtaa myös muu pelastuslaitoksen palveluksessa oleva tai sopimuspalokuntalainen, kunnes toimivaltainen pelastusviranomainen ottaa pelastustoiminnan johdettavakseen. (Pelastuslaki 379/2011, 34 §.) Vesisukellustehtävillä huomionarvoista on se, ettei tilannetta johtavalla henkilöllä välttämättä ole riittävä koulutusta tai osaamista vesisukellustoiminnan johtamiseen. Tämän takia pelastustoiminnan johtaja saattaa usein toimia vain tehtävän yleisjohtajana ja varsinainen operatiivinen johtaminen jää sukellusyksikön johtajalle tai sukellusvanhimmalle.

## 4 KAIKULUOTAIN

Kaikuluotaimella (SONAR) tarkoitetaan laitetta, jolla pystytään ääniaaltojen avulla näkemään pinnan alle ja tutkimaan vesistöjä (NOAA). Nykyään kaikuluotaimia käytetään yleisimmin merenpohjan kartoittamiseen, kalastukseen, hylkyjen etsintään sekä sotilaskäytössä vihollisen sukellusveneiden tai laivojen seurantaan. Kaikuluotain mittaa sitä, kuinka kauan ääniaallolla kestää matkata ja osua kohteeseen ja kimmota takaisin. Tämän avulla kaikuluotain voi päätellä esimerkiksi kohteen syvyyden, etäisyyden sekä sen, kuinka kova kohde on. (Deeper.) Tässä työssä keskitytään vedessä olevan kappaleen eli ihmisen sijainnin selvittämiseen, siihen, voidaanko kaikuluotainta hyödyntää ihmisen pelastamiseen vesistöistä, ja jos voidaan, millä tavalla. Maailmalla pelastusviranomaisilla ja muilla vesisukellusta suorittavilla tahoilla on käytössä kaikuluotaimia sekä muita teknisiä apuvälineitä vesisukelluksen tukena. Kyseiset laitteet soveltuvat kuitenkin usein paremmin hukkuneen etsintään kuin varsinaiseen pelastamiseen.

Kaikuluotaimet voidaan jakaa aktiivisiin ja passiivisiin kaikuluotaimiin. Aktiivinen kaikuluotain lähettää ääniaaltoa tai akustista aaltoa veteen. Osuessaan kohteeseen ääni kimpoaa takaisin luoden kaiun, jonka kaikuluotain tulkitsee. Passiivinen kaikuluotain ei lähetä signaalia, vaan ainoastaan kuuntelee vesistöä. Passiivisia kaikuluotaimia käytetään pääasiassa sukellusveneissä ja laivoissa, kun omaa sijaintia ei haluta paljastaa. (NOAA.)

Kaikuluotaimet voidaan luokitella myös laitteen lähettämien keilojen määrän perusteella yksikeilallisiin sekä monikeilallisiin kaikuluotaimiin. Yksikeilallinen kaikuluotain lähettää ainoastaan yhden signaalin, kun monikeilallinen taas useita samaan aikaan. Yksikeilainen kaikuluotain voidaan suunnata sivulle, jolloin saadaan niin sanottua viistokaikukuvaa. Tällä tavalla voidaan tutkia pohjan lähellä olevia kohteita. Monikeilallisella kaikuluotaimella saadaan kuvattua aluetta yksikeilaista laadukkaammin ja paremmalla resoluutiolla. (NOAA)

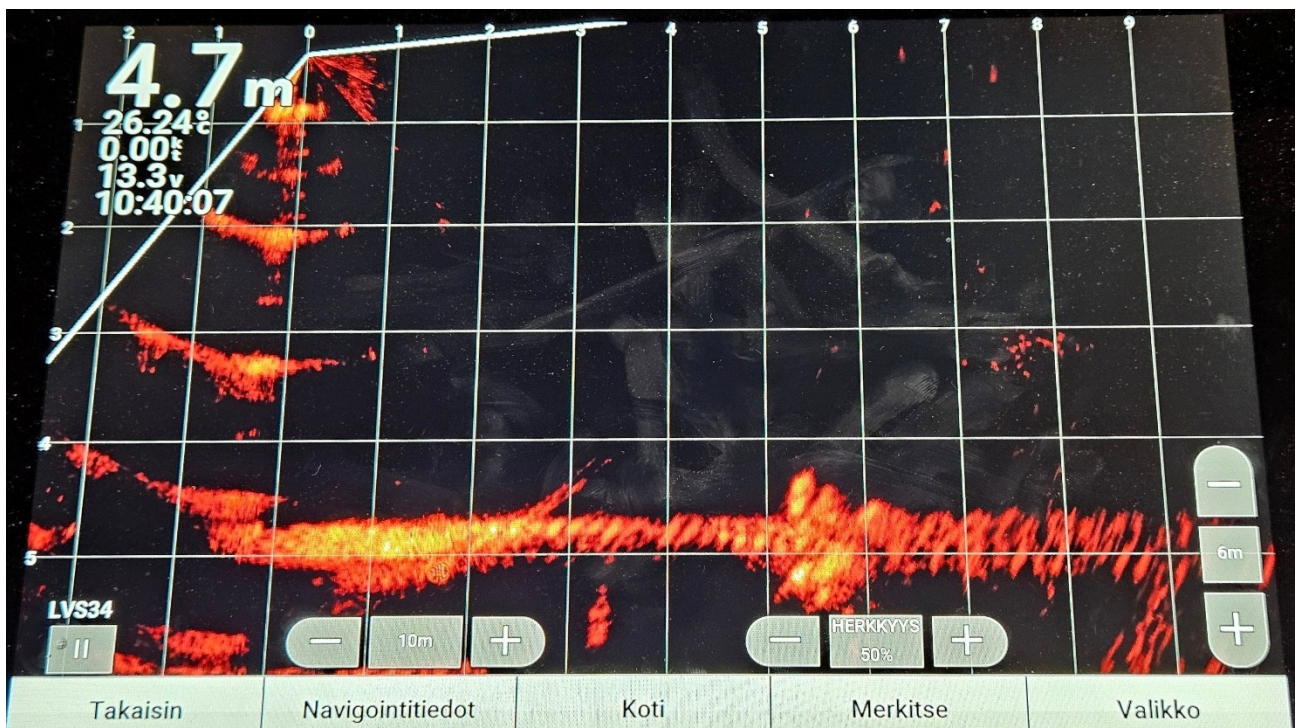
Viistokaikuluotaimia on ollut eri viranomaisten käytössä jo pitkään. Laitteen etuna on se, että sillä pystytään etsimään suuri alue nopeasti. Laitteella pystytään lisäksi etsimään syvemmältä, kuin missä vesisukeltajat pystyvät turvallisesti toimimaan. Järjestelmä on kuitenkin kohtalaisen kallis ja vaatii hyvät olosuhteet etsinnän onnistumiselle. (Hendrick ym. 2000, 306.)

Käsi­käyttöisellä sonarilla tarkoitetaan laitetta, jota sukeltaja käyttää itse. Laitetta voidaan käyttää suurten kohteiden etsimiseen pinnan alta. Laite toimii antamalla äänisignaalin sukeltajan kuulokkeisiin tai visuaalisesti laitteen näytölle. (Hendrick ym. 2000, 306–307.) Huonossa näkyvyydessä sukeltajan voi kuitenkin olla vaikea tulkita laitteen antamaa tietoa.

Tässä tutkimuksessa käytettiin Garminin livescope plusjärjestelmää eli niin sanottua live sonaria. Kyseessä on aktiivinen kaikuluotain, joka hyödyntää livescope-tekniikkaa. Tämä tarkoittaa sitä, että

laite näyttää jatkuvasti reaaliaikaista kaikukuvaa pinnan alta. (Garmin.) Kyseinen järjestelmä valikoitui tutkimukseen sen takia, koska sen katsottiin soveltuvan parhaiten vesisukelluksen tueksi, kun tavoitteena on pelastaa ihmishenkiä. Järjestelmä on rakennettu salkun sisään, ja se koostuu kaiquanturista, luotainmoduulista, näytöstä, akustosta, sekä teleskooppivarresta johon kaiquanturi kiinnitetään. Tutkimuksessa käytetty kaikuluotainjärjestelmä ei kerro suoraan, onko vedessä oleva kohde ihminen vai jotain muuta. Laitteen tarjoamaa kuvaa onkin osattava tulkita oikein. Laitteen maksimi etäisyys on 61 metriä, mutta tutkimuksessa havaittiin ihmisen kokoisen kohteen löytämisen pohjasta muuttuvan haastavaksi yli 30 metrin etäisyyksillä.

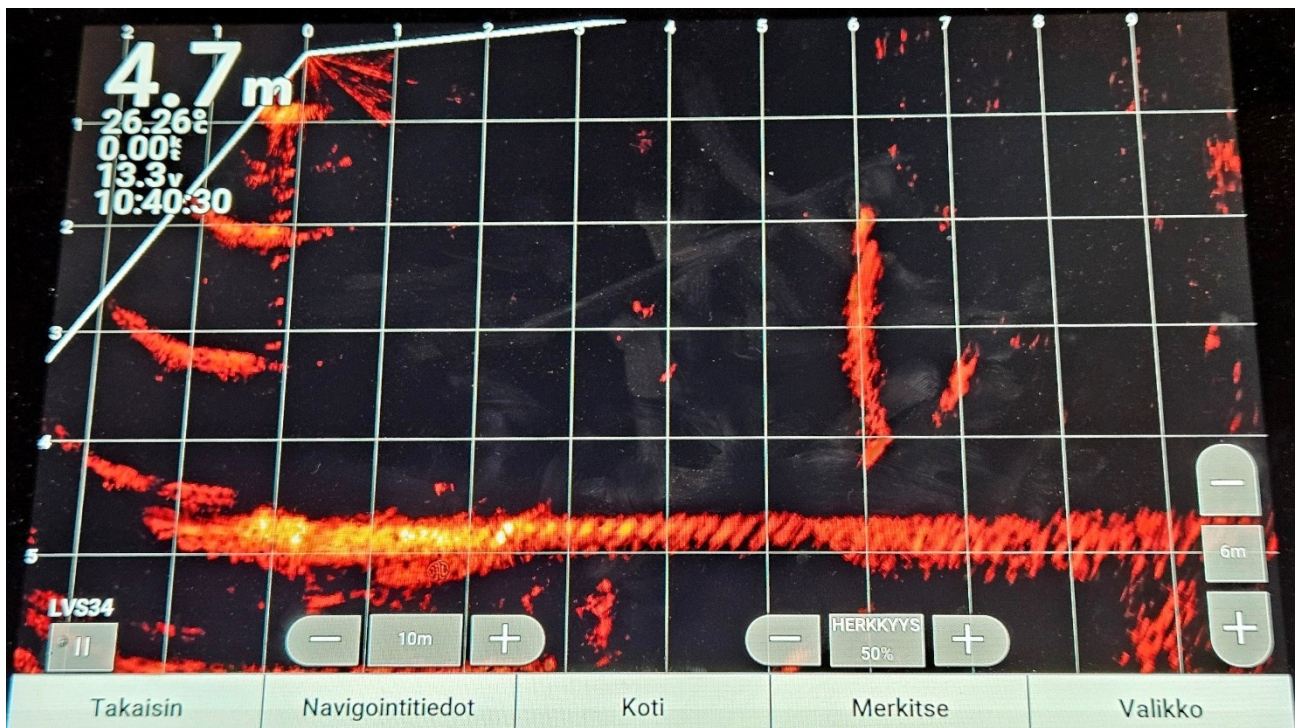
Tutkimuksessa käytetyn kaikuluotaimen keilan koko on 20 astetta leveysuunnassa ja 135 astetta pystysuunnassa (Garmin). Näytölle piirtyvä kuva esitetään kaksikulotteisena sivulta päin. Kaikuluotaimen tarjoamaa kuvaa voidaan säätää vastaamaan tilannetta ja olosuhteita. Tämä onkin tärkeää, jotta kohteen etsiminen olisi mahdollisimman tehokasta. Kuvan asetuksista voidaan säätää esimerkiksi syvyyttä, etäisyyttä sekä herkkyyttä. Kuvan etäisyyden ja syvyyden kasvaessa kohteita voi olla hankalampi erottaa, ja siksi kyseiset etäisyydet kannattaa pitää niin pieninä kuin se tilanne huomioon ottaen on mahdollista.



Kuva 1. Kohde pohjassa.

Näytön vasemmassa reunassa näkyy syvyys ja yläreunassa etäisyys metreinä. Etäisyydet mitataan kaikuluotaimen anturista, jonka sijainti näkyy vasemmalla ylhäällä valkoisten viivojen leikkauspisteessä. Kuva on myös jaettu metrin kokosiin ruutuihin, mikä auttaa etäisyyden ja kohteen koon hahmottamisessa. Vasemmassa yläkulmassa näkyy perustietoja, kuten veden syvyys, veden läm-

pötilä sekä kellonaika. Kuvassa 1 kohde, tässä tapauksessa ihminen, on makuulla pohjassa. Kuvassa 2 sama kohde on välivedessä. Kohteen ympärillä välivedessä näkyvät punertavat kohteet ovat ilmakuplia.



Kuva 2. Kohde välivedessä.

## 5 TILASTOT

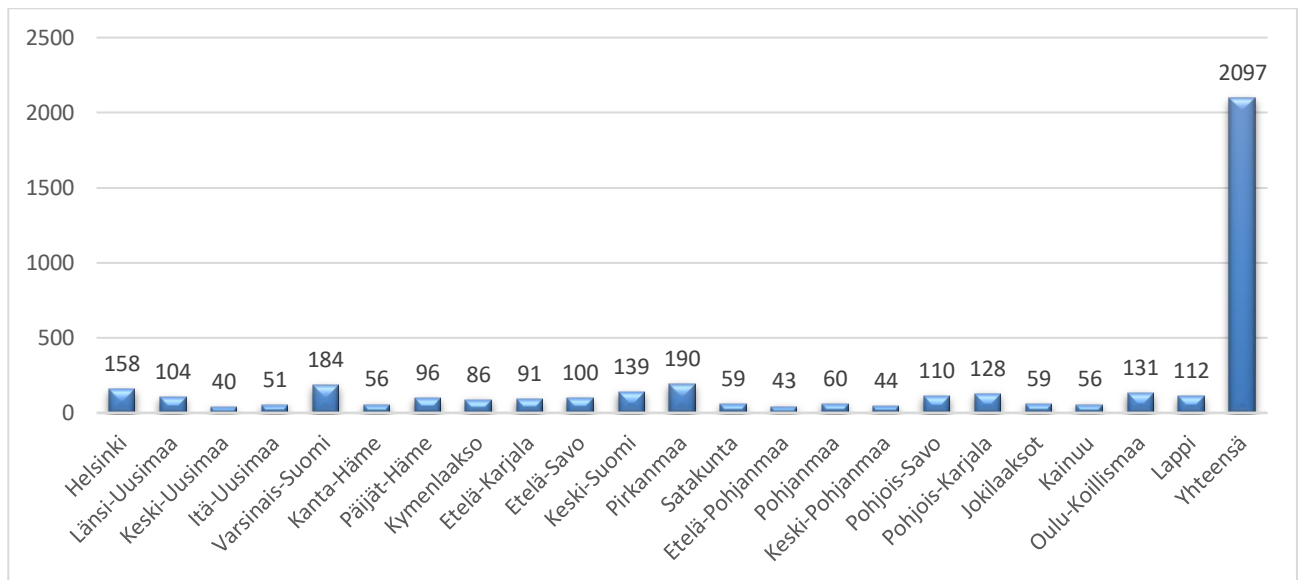
Tässä osiossa käyn läpi vesipelastustehtäviin liittyviä tilastoja. Tilastot on otettu pelastustoimen resurssi- ja tilastojärjestelmästä eli Prontoista. Pronto on sisäministeriön järjestelmä, joka on kehitetty pelastustoimen seurantaan, kehittämistä sekä onnettomuuksien syiden selvittämistä varten (Pronto). Tilastojen perusteella vesipelastustehtäviä tapahtuu kaikilla pelastustoimen alueilla, mutta vesistöjen sekä väestön määrä vaikuttavat tehtävämääriin selkeästi. Kaikissa taulukoissa poimintaehtoina käytettiin vuosia 2018–2022, ainoastaan onnettomuusselosteita ja tiedot haettiin kaikilta pelastustoimen alueilta. Tarkemmat poimintaehdot on lueteltu taulukossa 4.

Taulukko 4. Käytetyt poimintaehdot.

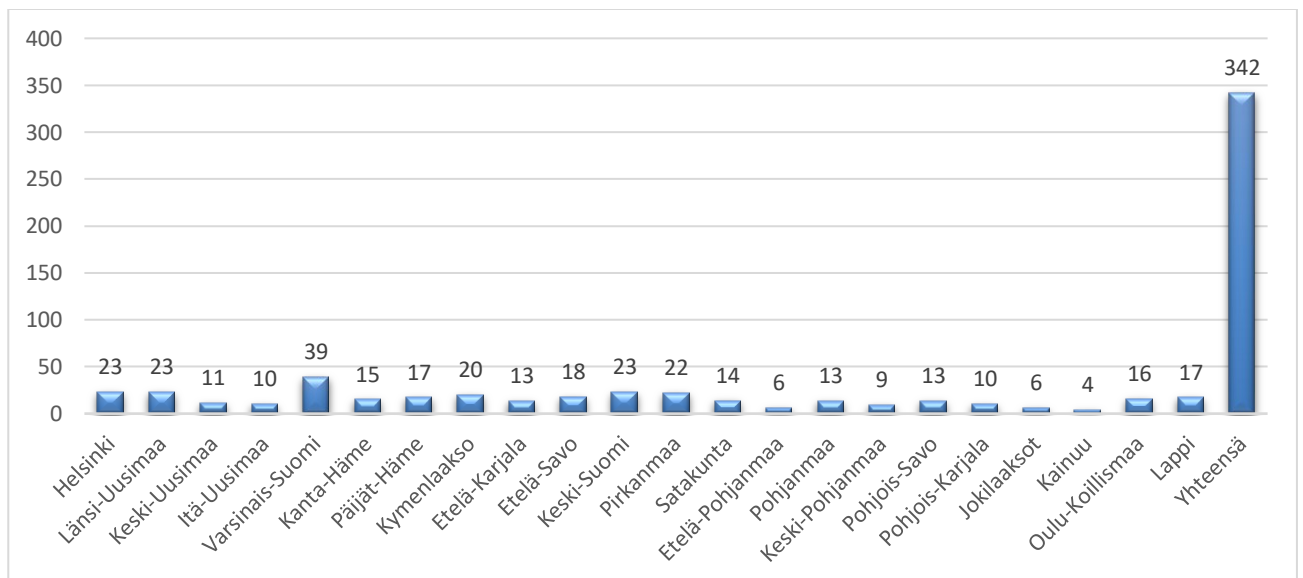
<b>Käytetyt poimintaehdot</b>	<b>Kaavio</b>
Vuosi = 2022, 2021, 2020, 2019, 2018	Kaikki
Ihmisen pelastustehtävän tyyppi = Vesipelastustehtävä	1
Pelastuslaitoksen välittömästä vaarasta pelastamat henkilöt (lkm) = 1–999	4, 5, 8
Onnettomuudessa kuolleet (lkm) = 1–999	6, 7
Menetelmä = Pintapelastaminen, Vesisukeltaminen, Vesisukellusvalmius	3
Menetelmä = Vesisukeltaminen	2, 4, 6, 8
Menetelmä = Pintapelastaminen	5
Pelastustoimen alue =	Kaikki
Onnettomuus-/tehtäväselosteet = Onnettomuusselosteet	Kaikki
Onnettomuusselosteiden liitteet (yt-selosteet) = Ei	Kaikki

### 5.1 Tehtävien määrä

Kaaviosta 1 nähdään, että Suomessa on tapahtunut reilut 2000 vesipelastustehtävää viimeisen viiden vuoden aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että keskimäärin vesipelastustehtävälle lähdetään hieman useammin kuin kerran vuorokaudessa. Vesipelastustehtäviä tapahtuu joka puolella Suomea, mutta ne keskittyvät alueille, joilla on paljon ihmisiä ja vesistöjä. Myös vesisukellustehtäviä tapahtuu koko Suomen alueella. Kaaviossa 2 on näkyvillä kaikki ne tehtävät, joilla on vesisukellettu viimeisen viiden vuoden aikana. Taulukosta ei selviä sukellustehtävän syytä, eli mukana on myös muita kuin ihmisenpelastustehtäviä.

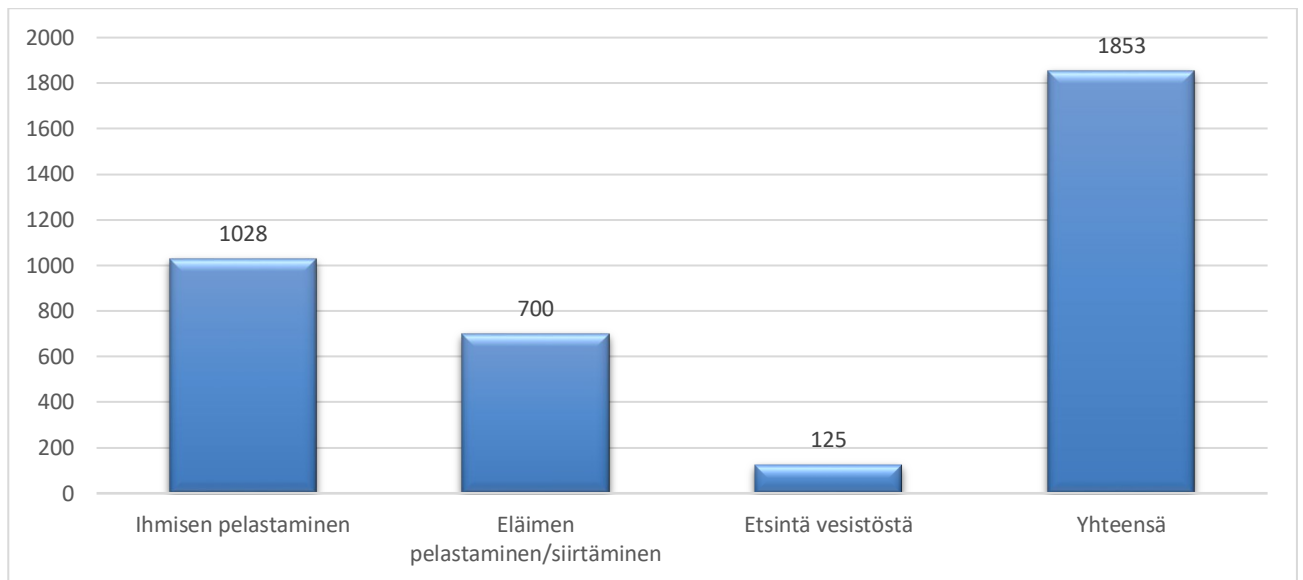


Kaavio 1. Vesipelastustehtävät Suomessa 2018–2022 (Pronto)



Kaavio 2. Vesisukellustehtävät 2018–2022 (Pronto).

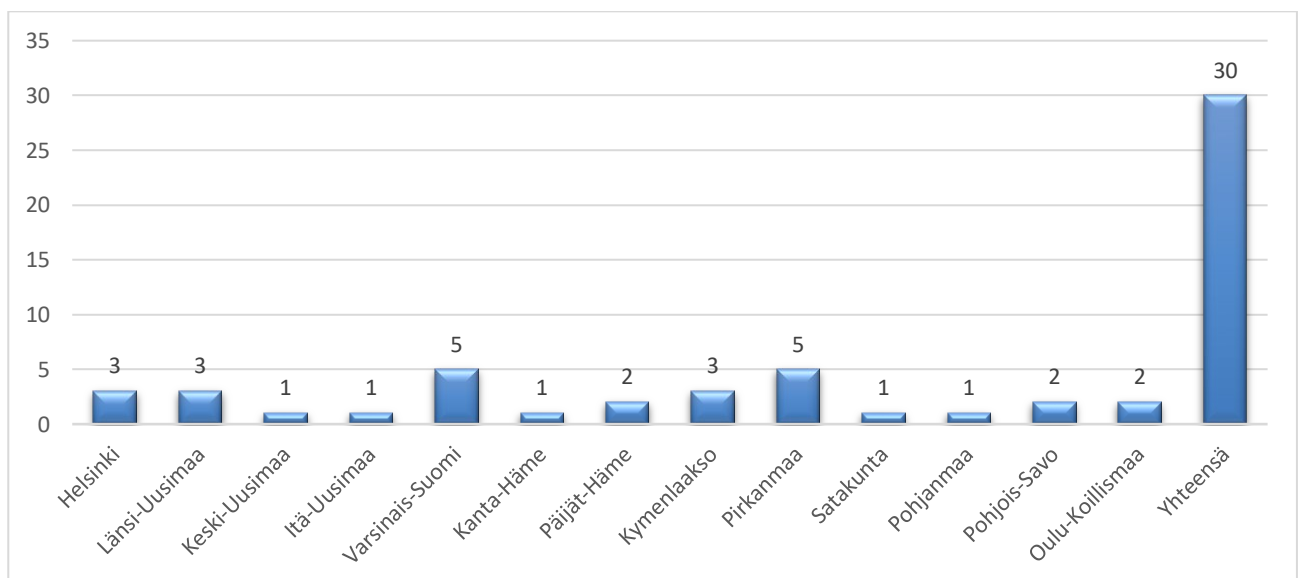
Ihmisten pelastamisen lisäksi vesipelastustehtäviin kuuluu myös muita tehtäviä. Eläinten pelastustehtävät vesistöistä ovat yleisiä, ja lisäksi erilaiset etsintä- ja virka-aputehtävät kuuluvat pelastajien työnkuvaan. Virka-aputehtävillä saatetaan etsiä esimerkiksi rikoksentekevälineitä tai kadonneita henkilöitä. Kaaviossa 3 on lueteltu vesipelastukseen liittyvät tehtävämäärät toimenpiteittäin.



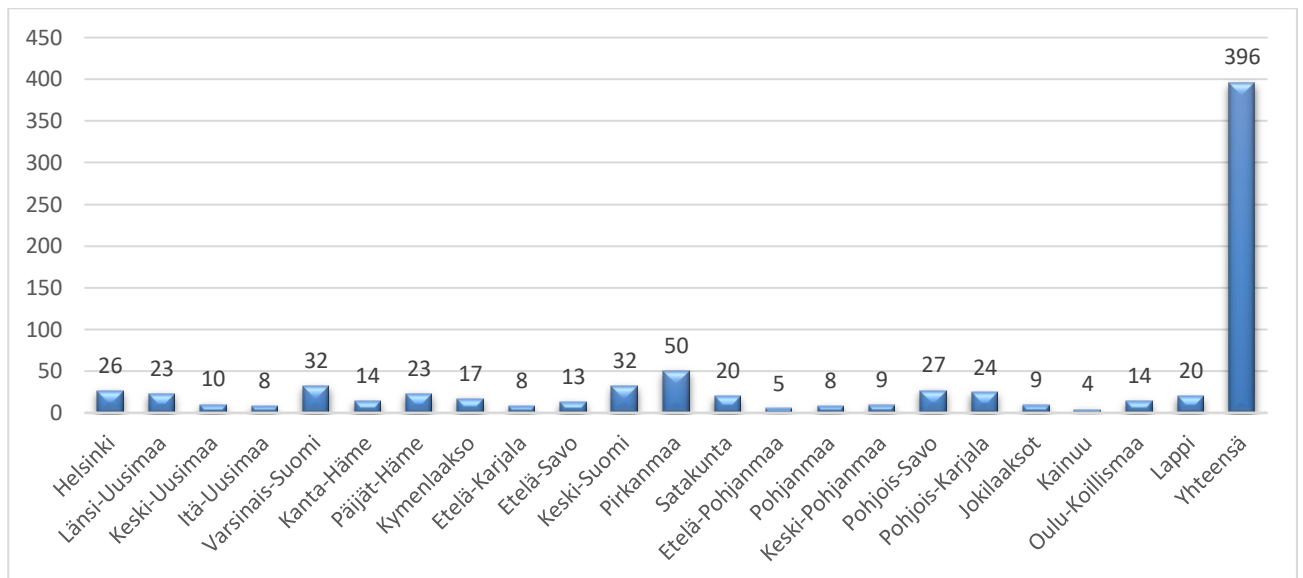
Kaavio 3. Vesipelastustehtävät toimenpiteittäin 2018–2022 (Pronto).

## 5.2 Pelastettujen määrä

Hukkuneen pelastaminen vesisukeltamalla on harvinaista. Tästä huolimatta vuosina 2018–2022 yhteensä 30 henkilöä onnistuttiin pelastamaan vesisukellustehtävillä. Kaaviosta 4 selviää vesisukeltamalla pelastettujen henkilöiden määrät alueittain. Varsinais-Suomi, pääkaupunkiseutu sekä Pirkanmaa erottuvat tässä tilastossa muista. Tätä selittää todennäköisesti tehtävien määrä sekä se, että hukkuneet tavoitetaan nopeammin kuin muualla. Tätä tukevat myös alempaa löytyvät toimintavalmiusajan vertailut (taulukko 7 ja taulukko 8).



Kaavio 4. Vesisukellustehtävillä pelastetut 2018–2022 (Pronto).

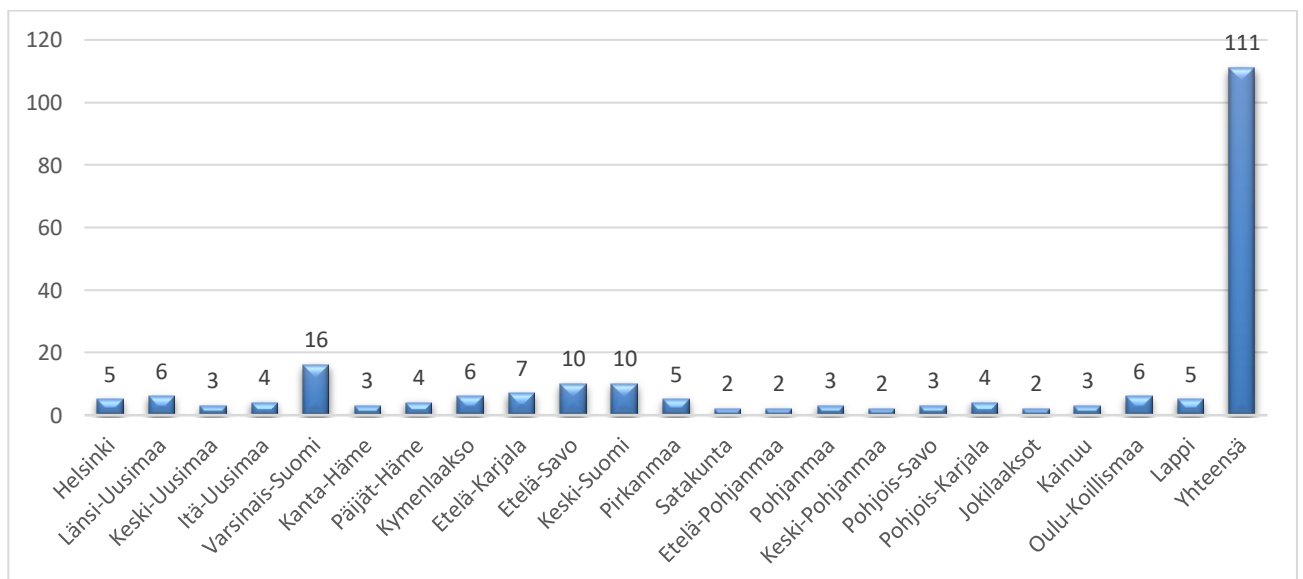


Kaavio 5. Pintapelastustehtävillä pelastetut 2018–2022 (Pronto).

Uhrin pelastaminen pinnalta on huomattavasti yleisempää kuin pinnan alta. Kaaviosta 5 nähdään, että vedestä on pelastettu vajaat 400 henkilöä seurantajaksolla. Tehtävien jakautuminen alueille noudattaa hyvin pitkälle samaa jakaumaa kuin muutkin taulukot.

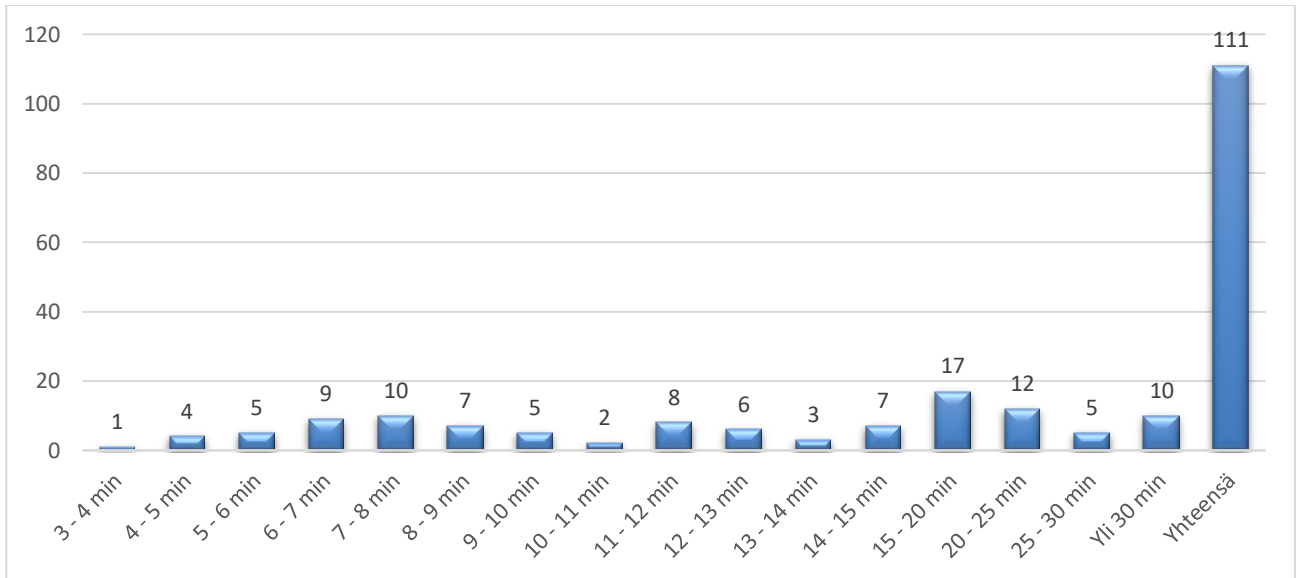
### 5.3 Kuolleet ja toimintavalmiusaika

Suurin osa vesisukellustehtävillä löydetystä henkilöistä löydetään kuolleena. Syynä tähän on todennäköisesti se, että hukkumista ei havaita ajoissa tai hukkunutta ei löydetä riittävän nopeasti. Kaaviosta 6 selviää alueittain ja vuosittain niiden hukkumalla kuolleiden määrät, joita on etsitty pelastuslaitoksen toimesta vesisukeltamalla. Tällä tutkimuksella on tavoitteena vaikuttaa juuri tähän tilastoon, lyhentää hukkuneen löytämisaikaa ja sitä kautta parantaa mahdollisuutta selviytyä.

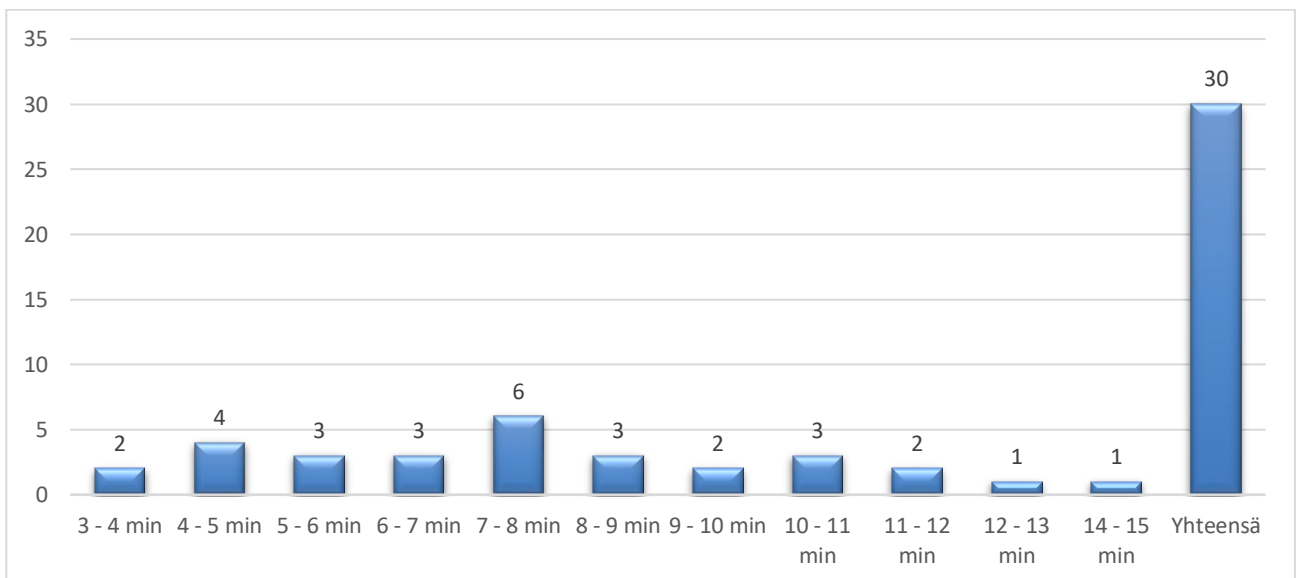


Kaavio 6. Vesisukellustehtävillä kuolleet 2018–2022 (Pronto).

Pelastustoiminnan toimintavalmiusajalla näyttäisi olevan suuri vaikutus hukkuneen selviytymiseen. Kaavioista 7 ja 8 voidaan havaita, että valtaosalla tehtävistä, joissa hukkunut on tuotu pinnalle hengissä, toimintavalmiusaika on ollut korkeintaan 15 minuuttia ja useimmiten alle 8 minuuttia. Vastavasti tehtävillä, joissa hukkunut on menehtynyt, toimintavalmiusaika on keskimäärin ollut selkeästi pidempi. Tilastojen perusteella vaikuttaa siltä, että nopeammalla toimintavalmiusajalla hukkuneita saataisiin pelastettua selvästi enemmän.



Kaavio 7. Vesisukellustehtävien toimintavalmiusaika, kun uhri on kuollut (Pronto).

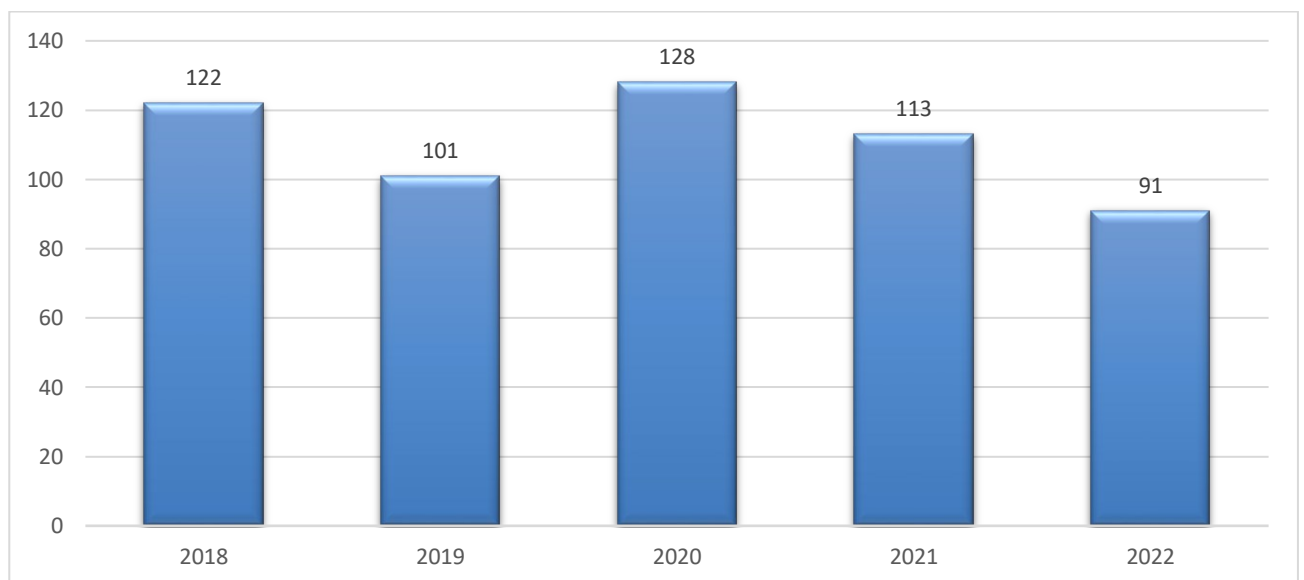


Kaavio 8. Vesisukellustehtävien toimintavalmiusaika kun uhri on selviytynyt (Pronto).

## 6 FYSIOLOGIA

Hukkuminen on yksi maailman yleisimmistä tapaturmaisista kuolemansyistä. Maailman terveysjärjestön WHO) mukaan maailmalla hukkuu vuosittain noin 375 000 ihmistä. On kuitenkin arvioitu, että todellinen määrä on jopa viisi kertaa suurempi. Tämä johtuu siitä, että suurin osa hukkumisesta tapahtuu kehitysmaissa ja näissä hukkumisia ei raportoida kattavasti. (WHO 2014.)

Suomessa hukkuu Tilastokeskuksen mukaan keskimäärin reilut 100 henkilöä vuosittain (Kaavio 9). Määrä on tullut jonkin verran alaspäin huippuvuosista, mutta on edelleen korkeampi kuin esimerkiksi naapurimaissa. Hukkumiselle altistaa etenkin alkoholi, joka on osallisena noin joka toisessa hukkumiskuolemassa. Hukkuneista noin 80 prosenttia on miehiä, ja lisäksi lapset sekä ikääntyneet kuuluvat riskiryhmiin. Myös heikentynyt toimintakyky ja erilaiset toimintakykyyn vaikuttavat sairaudet ovat usein osasyynä hukkumiseen, sillä ne altistavat veteen joutumiselle sekä vaikeuttavat pelastautumista vedestä. (SUH 2022.)



Kaavio 9. Hukkuneet 2018–2022 (tilastokeskus 2023)

### 6.1 Patofysiologia

Hukkumisella tarkoitetaan sitä, että ihminen tukehtuu veteen tai muuhun nestemäiseen aineeseen siten, että hengittäminen estyy. Tämä voi johtaa kuolemaan joko välittömästi tai myöhemmin. Hukkunut saattaa myös toipua täysin tai jäädä toimintarajoitteiseksi. Vedenvaraan joutumista kutsutaan immersiksi, veden alle joutumista taas submersiksi. Hukkuminen edellyttääkin vähintään hengitysteiden immersiota. (Kuisma ym. 2022, 691.) Suomen vedet ovat viileitä ympäri vuoden, ja tämän takia hukuksiin joutunut jäähtyy yleensä nopeasti. Hukkuneen alkurytminä on lähes aina asystole. (Castren ym. 2012, 385.)

Hukkumisen aiheuttama hapenpuute aiheuttaa kudosten energia-aineenvaihdunnan lamaantumisen. Kriittisin kudostyyppi on hermokudos, joka kestää hapenpuutetta korkeintaan neljä minuuttia. Suurin osa hukkuneista aspiroi vettä hengitysteihin. Lisäksi noin 70 % aspiroi myös mutaa, hiekkaa tai muuta vastaavaa ainetta keuhkoihin. (Kuisma ym. 2022, 691.) Puhtaan veden aspiroiminen aiheuttaa harvoin ongelmia. Sen sijaan erityyppisten saasteiden, kemikaalien tai vatsalaukunsisällön aspiroiminen saattaa vaikuttaa hukuksista selviytyneen ennusteeseen ja hoitoon. (Krin 2010.) Suurin osa hukkuneista nielee myös vettä hukkumisen aikana. Tämä saattaa vauhdittaa aivoilla suotuisaa ydinlämmön laskua. (Kuisma ym. 2022, 692.)

Kun ihminen hukkuu, sydän pysähtyy tavallisimmin joko asystoleen tai pulssittomaan rytmiin (PEA). Muut rytmit ovat harvinaisempia, mutta mahdollisia. Tällöin syynä ei välttämättä ole hukkuminen, vaan esimerkiksi sairauskohtaus tai hypotermia. Sydänpysähdys johtaa aivovaurioon 5–10 minuutin kuluessa, ellei aivoja riittävästi suojaava hypotermia ehdi kehittyä sitä ennen. (Kuisma ym. 2022, 692.)

Kaularankavammat hukkuneilla ovat harvinaisia. Tällöin kyseessä on tyypillisesti korkeaenergisien iskun aiheuttama vammautuminen, kuten pääedellä hyppääminen, putoaminen tai muu onnettomuus. (Kuisma ym. 2022, 693.)

## **6.2 Suojamekanismit**

Ympäristön ja veden lämpötila vaikuttaa hukkuneen selviytymiseen. Hypotermia suojaa kehoa ja aivoja hapenpuutteen vaikutuksilta. Jotta suojamekanismilla olisi merkitystä, tulisi kehon jäähtyä ennen sydämen pysähtymistä. Tavallisempaa hukkuneilla on kuitenkin päinvastainen järjestys, eli sydän pysähtyy ensin ja elimistö jäähtyy vasta tämän jälkeen. Lapsipotilailla kehon riittävä jäähtyminen on todennäköisempää johtuen pään suuresta pinta-alasta suhteessa vartaloon. On arvioitu, että kehon ydinlämmön tulisi laskea 7 celcius astetta 10 minuutin aikana, jotta tällä olisi aivoja suojaava vaikutus. Kesäaikaan jäähtyminen on kuitenkin huomattavasti hitaampaa. (Kuisma ym. 2022, 692.) Toisaalta hypotermia altistaa rytmihäiriöille ja siksi hypotermisiä potilaita tulisikin käsitellä varovasti (Eaton 1999, 344).

Sukellusrefleksi saattaa suojata aivoja hapenpuutteen vaikutuksilta, joskin sen toimintamekanismi on vielä kiistanalainen. Sukellusrefleksi aktivoituu joko hengityksen pidättämisen tai kasvojen veden upottamisen seurauksena tai näiden yhteisvaikutuksesta. Tämän seurauksena sympaattinen sekä parasympaattinen hermosto aktivoituvat yhtäaikaaisesti johtaen verenpaineen nousuun, bradykardiaan ja ääreisverenkierron supistumiseen. Kyseinen mekanismi kuitenkin altistaa rytmihäiriöille. (Bierens ym. 2016.)

Noin 10–15 prosentille hukkuvista kehittyy kurkunpään spasmi, mikä estää veden aspiroinnin. Verenkierron pysähtyessä spasmi purkautuu ja osa hukkuneista kuitenkin aspiroi vettä. Lisäksi suuri

osa hukkuneista nielee vettä hukkumisen aikana. Hyvin kylmässä vedessä tämä saattaa kuitenkin nopeuttaa aivoja suojaavan hypotermian kehittymistä. (Kuisma ym. 2022, 692.)

Vaatteiden vaikutusta vedessä selviytymiseen on tutkinut Bowes ym. (2016). Tutkimuksen mukaan vaatteet tekevät uimisesta ja pelastautumisesta haastavampaa, mutta myös hidastavat kehon lämmön laskua keskimäärin kahden celcius asteen verran verrattuna alasti uimiseen. Hapenkulutukseen vaatteilla ei sen sijaan näyttäisi olevan vaikutusta.

### **6.3 Pelastaminen ja ensihoito**

Pelastamisen kannalta tärkein toimenpide on saada hukkunut pois vedestä. Pelastettaessa olisi huomioitava kammiovärinän riski ja siksi potilas tulisi nostaa vaakatasossa. (Kuisma ym. 2022, 694.) Elottomalle potilaalle aloitetaan välittömästi elvytys. Hoitoelvytys ei poikkea normaalista elvytyksestä, muuten kuin että se aloitetaan viidellä puhalluksella tai naamari-paljeventilaatiolla. Elvytystä jatketaan yleensä korkeintaan 30 minuuttia, koska tämän jälkeen selviytyminen on tutkimusten valossa heikkoa. (Käypähoito 2021.) Poikkeuksen tähän tekee epäily primaarista hypotermiasta, jolloin elvytystä voidaan jatkaa pitempään (Kuisma ym. 2013, 696).

Tajuttomalla potilaalla hengitystiet imetään puhtaiksi eritteistä. Myös mahdolliset vierasesineet poistetaan. Hengitystä avustetaan tarvittaessa palkeella ja happilisällä 15 litraa minuutissa. Mikäli potilas käyttäytyy sekavasti ja ei noudata kehoituksia kannattaa tämä intuboida kaasujenvaihdon optimoimiseksi sekä aspiraatoriskin pienentämiseksi. (Kuisma ym. 2022, 696.)

### **6.4 Selviytyminen ja ennuste**

Tärkein selviytymisennusteeseen vaikuttava tekijä on submersioaika. Yli 15 minuutin submersioaika kesäolosuhteissa on yhteydessä huonoon ennusteeseen. Alle 5–10 minuutin submersioaika, tajunnan nopea palautuminen sekä rytmien palautuminen alle 10 minuutin elvytyksen jälkeen ovat merkkejä hyvästä ennusteesta. Pelastuminen pitkän submersion jälkeen liittyy usein nopeaan jäähdytymiseen jäiseen veteen vajoamisen seurauksena. Useista tutkimuksista huolimatta varmoja ennustemittareita hukkumistapaturmista selviytymisestä ei ole käytettävissä. (Kuisma ym. 2022, 697.)

### **6.5 Sukellusonnettomuudet**

Sukellusonnettomuuksia tutkittaessa on todettu, että suurin syy onnettomuuksille on sukeltajan kokemaa stressiä ja sen seurauksena syntynyt paniikki. Paniikissa sukeltaja ei välttämättä enää kykene toimimaan ja käyttämään oppimiaan taitoja. Stressitila saattaa syntyä, jos sukeltaja on epävarma siitä, riittääkö koulutus ja kyvyt suoriutumaan sukelluksesta. Stressi saattaa näkyä sukeltajassa esimerkiksi levottomuutena, erehdyksinä, unohteluna, huumorina tai ärtyisyytenä. Koulutuksella on suuri merkitys stressin ja paniikin ehkäisyssä. Sukeltamista onkin harjoitettava niin paljon, että pelastautumisen kannalta tärkeimmät taidot automatisoituvat. (Vikman. 2007, 95–97.)

Laitesukellus jaetaan virkistyssukellukseen ja tekniikkasukellukseen. Suurin osa laitesukeltajista harrastaa virkistyssukellusta, jolloin sukellussyvyys on pääsääntöisesti alle 30 metriä ja hengityskaasuna käytetään paineilmaa. Tekniikkasukelluksessa sukellukset ovat syvempiä ja hengityskaasuna käytetään ilman ja muiden kaasujen yhdistelmiä. (Kuisma ym. 2022, 698.) Ammattisukeltajilla onnettomuudet ovat harvinaisia (Castren ym. 2012, 291).

Laitesukellusonnettomuudella tarkoitetaan sitä, kun sukeltajalle tapahtuu pinnan alla jotain yllättävää (Castren ym. 2012, 291.) Inhimilliset tekijät selittävät suurimman osan laitesukellusonnettomuuksista. Näitä ovat esimerkiksi hengityskaasun loppuminen, paniikki tai liian vaativa sukelluskoulutukseen nähden. Yleisimmin hukkumiseen johtavan sukellusonnettomuuden aiheuttaa jokin poikkeava ja äkillinen tilanne, joka johtaa sukeltajan toimintakyvyttömyyteen. Yleisimmät laitesukeltajan kuolinsyyt ovatkin hukkuminen, erilaiset sydäntapahtumat sekä valtimokaasuemboliat. (Kuisma ym. 2022, 700.)

## 7 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä opinnäytetyössä käytettiin kahta erilaista tutkimusmenetelmää. Ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin käytännön kokeella sitä, nopeuttaako kaikuluotaimen käyttö kohteen löytämistä veden alta, ja tuloksia verrattiin käytössä oleviin etsintämenetelmiin. Toisessa vaiheessa kerättiin käyttäjäkokeuksia ja kehitysehdotuksia ensimmäiseen vaiheeseen osallistuneilta henkilöiltä sähköisen kyselylomakkeen avulla. Tutkimusmenetelmien valintaa ohjasi se, että halusin saada konkreettista tietoa siitä, voiko teknisen apuvälineen eli tässä tapauksessa kaikuluotaimen käyttö nopeuttaa hukku-  
neen löytymistä veden alta. Tämä ei olisi onnistunut muuten kuin testaamalla asiaa todellisissa olo-  
suhteissa. Aiheesta ei myöskään löydy tutkittua tietoa, ja siksi käytännön testi oli mielestäni paras  
valinta tutkimusmenetelmäksi. Lisäksi halusin saada lisätietoa siitä, miten testeihin osallistuneet  
kokivat uuden teknologian, tuoko se lisäarvoa vesisukellukseen ja miten sitä kannattaisi hyödyntää.

### 7.1 Kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä

Kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusmenetelmää ja kvalitatiivista eli laadullista tutkimusmenetelmää voi olla vaikea erottaa toisistaan. Voidaankin ajatella, että ne täydentävät toisiaan. Määrällistä ja laadullista tutkimusmenetelmää voidaan käyttää myös rinnakkain. Yleensä ajatellaan, että kvantitatiivinen tutkimus käsittelee lukuja ja kvalitatiivien tutkimus merkityksiä. Näitä ei silti pitäisi asettaa vastakkain, sillä usein numerot ja merkitykset vaikuttavat toisiinsa. (Hirsjärvi ym. 2009, 136–137.)  
Tässä tutkimuksessa käytettiin sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tutkimusmenetelmää.

Laadullisessa tutkimuksessa keskitytään ilmiöiden kuvaamiseen ja syvälliseen ymmärtämiseen. Tärkeää tässä tutkimustyyppissä on se, että tutkijalla on tietoa aiheesta jo etukäteen. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 98.) Tässä tutkimuksessa tämä toteutuu hyvin, sillä opinnäytetyön tekijällä on yli kymmenen vuoden kokemus vesipelastuksesta ja vesisukelluksesta. Laadullinen lähestymistapa sopi tähän tutkimukseen myös siksi, että sen avulla pyritään ennemmin löytämään tosiasioita kuin todentamaan jo aiemmin tutkittuja väittämiä (Hirsjärvi ym. 2009, 161). Hirsjärven Remeksen ja Saja-  
vaaran (2009, 164) mukaan kvalitatiivinen tutkimus eroaa kvantitatiivisesta siinä, että laadulliselle tutkimukselle on tyypillistä valita kohdejoukko tarkoituksenmukaisesti, ei satunnaisotantaa käyttäen. Myös tämä toteutui tässä tutkimuksessa, koska vastaajina toimivat vesisukeltajat ja sukeltamisen parissa työskentelevät henkilöt.

Kvantitatiivisella tutkimusmenetelmällä saadaan vastauksia numeroiden ja prosentiosuuksien avulla, ja se vastaa suoriin kysymyksiin, kuten missä, kuinka paljon tai miten usein. On kuitenkin hyvä huomioida, että määrällisessä tutkimuksessa otoksen tulee olla riittävän suuri. (Heikkilä 2014, 15.) Heikkilän mukaan (2014, 17) kyseisellä menetelmällä pystytään selvittämään vallitseva tilanne, muttei välttämättä pystytäkään ymmärtämään, miksi näin on. Määrällisen tutkimuksen tulokset esitetään usein erilaisina taulukoina tai kuvioina.

## 7.2 Käytännön tutkimus

Tutkimus toteutettiin syyskuussa 2023 osana Helsingin pelastuslaitoksen vesisukeltajien normaalia harjoitustoimintaa. Testeihin osallistui lähes koko aseman henkilökunta. Kokeet suunniteltiin siten, että niiden yhteydessä pystyttiin harjoittelemaan kaikuluotaimen käyttöä ja päivitettyä vuorojen osaaminen samalle tasolle. Kokeiden yhteydessä sukeltajat tekivät myös pakollisen vuosittaisen etsintäkokeen. Käytännön kokeen suoritti yhteensä 18 kertaa eri sukeltajat.

Raportointia varten luotiin sähköinen Google Forms-pohjainen lomake, jonka täytti vuoron esihenkilö testien jälkeen. Kyseisen lomakkeen kysymykset löytyvät liitteestä 1. Kävin jokaisen vuoron kanssa kertaalleen suorittamassa testit, minkä jälkeen vuorot toimivat ja raportoivat itsenäisesti. Kaikki vastaukset sekä käytännön kokeessa että kyselylomakkeessa käsiteltiin niin, ettei vastauksista tai tuloksista selviä testiin osallistuneiden henkilöllisyyttä.

Käytännön koe koostui kahdesta testistä. Ensimmäisessä testissä tutkittiin sitä, kuinka nopeasti kohde löytyy kaikuluotaimella ja missä ajassa sukeltaja saadaan ohjattua kohteeseen. Toisessa testissä alue etsittiin ilman teknisiä apuvälineitä. Etsintämenetelmäksi valikoitui niin sanottu 200 neliön etsintä. Tämä johtui siitä, että kyseinen etsintämenetelmä soveltuu parhaiten kyseisen paikan kaltaisiin olosuhteisiin, se on tuttu kaikille osallistujille ja lisäksi näin saatiin samalla suoritettua pakollinen testi. Tutkimuksessa kohteena käytettiin ihmisen kokoista harjoitusnukkea, joka upotettiin tutkimusalueelle. Nuken paikkaa vaihdettiin jokaisen testin jälkeen ja paikka myös merkittiin ylös. Käytännön kokeen tutkimuspaikaksi valikoitui satamalaituri Helsingin Jätkäsaarella. Tämä johtui siitä, että kyseinen paikka soveltui erinomaisesti sekä kaikuluotainta että perinteisiä etsintämenetelmiä varten. Testialue oli helppo rajata, syvyys kohteessa oli kyseiselle testille sopiva sekä olosuhteet eri testipäivinä tasalaatuiset. Näin testin luotettavuutta saatiin myös parannettua.

Tutkimuksen aluksi sukeltaja meni veteen ja jäi pinnalle odottamaan. Testi ja ajanotto alkoivat, kun kaikuluotaimen anturi osui veteen ja laitteen käyttäjä aloitti etsinnän. Kun kohde löytyi, sukeltaja ohjattiin kaikuluotainta apuna käyttäen kohteen luo. Ajat otettiin siitä, kun kaikuluotaimen käyttäjä ilmoitti löytäneensä kohteen, sekä siitä, kun sukeltaja saatiin ohjattua kohteen luo.

Niin sanottu 200 neliön etsintämenetelmä on kehitetty etenkin satamalaitureille ja muihin paikkoihin, joissa etsittävä alue on selkeän muotoinen sekä sukellusavustajalle on riittävästi tilaa liikkua. Etsintämenetelmässä määritetään etsittävä alue, joka yleensä on 20 metriä leveä ja 10 metriä laiturista ulospäin. Etsintä aloitetaan siitä, että sukeltaja menee veteen ja aloittaa laskeutumisen pohjaan. Kun sukeltaja on vedessä, sukellusavustaja kävelee noin 20 metrin päähän sukeltajasta ja lukitsee turvaköyden tai puhelinkaapelin pituuden. On hyvä huomioida, että etäisyyteen vaikuttaa myös syvyys ja sopiva etäisyys on yleensä noin kaksi kertaa syvyyden pituinen matka. Kun sukeltaja on pohjassa, aloittaa hän etsinnän uimalla laiturista ulospäin. Sukeltajan ollessa 10 metrin etäisyydellä laiturista avustaja antaa seis- ja käännösmerkin. Etäisyys arvioidaan silmämääräisesti

köysikulman ja sukeltajan hengityskuplien perusteella. Avustaja ottaa näkyvyyden mittaisen askeleen eteenpäin ja sukeltaja ui takaisin kiinni laiturin. Kun sukeltaja saavuttaa laiturin, seuraa uusi käänös, avustaja ottaa uuden askeleen ja sukeltaja lähtee ulospäin. Näin jatketaan, kunnes koko alue on etsitty. Tässä tutkimuksessa etsintä aloitettiin aina samasta paikasta. Lisäksi käytettiin yhden metrin pituisia sektoreita näkyvyydestä riippumatta. Näin suoritustapa ja etsittävä alue oli jokaisessa testissä täsmälleen sama. Tutkimuksessa mitattiin aikaa siihen, kun sukeltaja löysi kohteen, sekä koko alueen etsimiseen kulunut aika. Kaaviossa 10. on esitetty tutkimuksen kulku.



Kaavio 10. Tutkimuksen kulku.

### 7.3 Kyselytutkimus

Survey- eli kyselytutkimus on tehokas tapa kerätä aineistoa, sillä se säästää tutkijan aikaa. Kyselytutkimuksen etuna on myös se, että sen avulla voidaan kerätä laaja tutkimusaineisto. (Hirsjärvi yms. 2009, 195). Kun kyselylomaketta suunnitellaan, on tärkeää huomioida kuinka vastaukset tullaan käsittelemään ja kuinka tarkkoja vastauksia halutaan. Lisäksi lomaketta on testattava ennen kuin se lähetetään eteenpäin. Näin mahdolliset virheet saadaan korjattua. (Heikkilä 2014, 45–46.)

Tässä tutkimuksessa kyselylomakkeen sisältävä QR-koodi sekä saatekirje lähetettiin vastaajille sähköisesti sekä sähköpostilla että myös WhatsAppin välityksellä. Kysely toteutettiin lokakuussa 2023 16.10–30.10 välisenä aikana. Kyselylomakkeen saatekirje sekä kysymykset vastausvaihtoehtoihin löytyvät liitteistä 2 ja 3. Kyselyyn vastattiin anonymisti, ja se sisälsi sekä avoimia kysymyksiä että erilaisia väittämiä. Väittämissä käytettiin apuna Likertin viisiportaista asteikkoa. Kyseessä on paljon käytetty asteikko, jonka toisessa päässä on yleisesti väite ”täysin samaa mieltä” ja toi-

nessä päässä ”täysin eri mieltä”. Vastaaja valitsee asteikolta sen vaihtoehdon, joka parhaiten kuvaa hänen mielipidettään. (Heikkilä 2014, 51.) Tässä tutkimuksessa vastausvaihtoehdot olivat täysin samaa mieltä, jokseenkin samaa mieltä, ei samaa eikä eri mieltä, jokseenkin eri mieltä sekä täysin eri mieltä. Kyselylinkin mukana vastaajille lähetettiin saatekirje, jossa käytiin läpi tutkimuksen kulku, tarkoitus ja hyödyt. Vastauksia saatiin määräaikaan mennessä 18 kappaletta.

#### **7.4 Tulosten analysointi**

Tutkimuksen ensimmäisen vaiheen eli käytännön testien tulokset kerättiin sähköisesti ja vastaukset perustuivat pääosin testeistä saatuihin aikoihin. Heikkilän (2014, 124) mukaan määrällisen tutkimuksen käsittely aloitetaan yleensä muuttamalla tulokset taulukko- tai kuvaajamuotoon. Muodostin vastauksista kuvaajia, joista käy ilmi erilaisia numeerisia arvoja, kuten se kuinka testitulokset jakautuvat eri vastausvaihtoehtojen kesken, sekä tulosten keskiarvoja. Tämän jälkeen vertailin testien eri vaiheiden tuloksia toisiinsa ja tarkastelin, kuinka tulokset vertautuvat tutkimuskysymyksiin.

Kyselytutkimuksessa käytin aineistolähtöistä sisällönanalyysia. Kyseisessä analyysitavassa teoria tai aiemmat tutkimukset eivät vaikuta siihen, miten aineistoa analysoidaan (Tuomi & Sarajärvi 2018, 108). Tuomen ja Sarajärven (2018, 122) mukaan, aineistolähtöinen sisällönanalyysi toteutetaan kolmivaiheisena prosessina. Prosessi aloitetaan aineiston pelkistämällä eli redusoinnilla. Tämän jälkeen aineisto ryhmitellään eli klusteroidaan ja näiden pohjalta luodaan teoreettiset käsitteet (abstrahointi). Tutkimuksen vastaukset käsitteelin kysymyskohtaisesti. Kyselytutkimuksen väitteisiin vastattiin Likertin viisiportaisen asteikon avulla. Vein tulokset Excelliin ja laadin niistä taulukoita, joista käy ilmi, kuinka vastaukset jakautuivat eri vastausvaihtoehtojen kesken. Taulukon vastaukset esiteltiin pääosin prosenttiosuuksina, koska mielestäni taulukoiden avulla lukijan on helpompi havainnoida tuloksia verrattuna pelkkään tekstiin.

Aloitin avointen vastausten käsittelyn tutustumalla vastauksiin huolellisesti. Karsin vastauksista tutkimuskysymysten kannalta epäolennaisen tiedon pois. Tämän jälkeen luokittelin vastaukset, etsin aineistosta yhtäläisyyksiä ja tutkin, mitkä asiat nousivat useimmiten esiin. Lopuksi pyrin muodostamaan vastauksista yhtenäisen kokonaiskuvan ja selvittämään, mitä tekijöitä vastaajat pitivät tärkeimpinä. Nostin tuloksiin myös suoria esimerkkejä kyselyn vastauksista. Koska vastaajajoukko oli kohtalaisen pieni, huomioin myös vähemmän esiin nousseita aiheita ja pohdin teoriatiedon, oman kokemuksen ja osaamisen pohjalta, voisiko myös niissä olla jotain sellaista, mitä kannattaisi nostaa esiin.

#### **7.5 Tutkimuksen luotettavuus**

Reliabiliteetilla mitataan tutkimuksen luotettavuutta ja tarkkuutta, kun taas valideetti kertoo, onko tutkimus tehty oikein ja pätevästi. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa näiden arvioiminen on haastavampaa kuin kvantitatiivisessa tutkimuksessa. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa luotettavuutta lisää

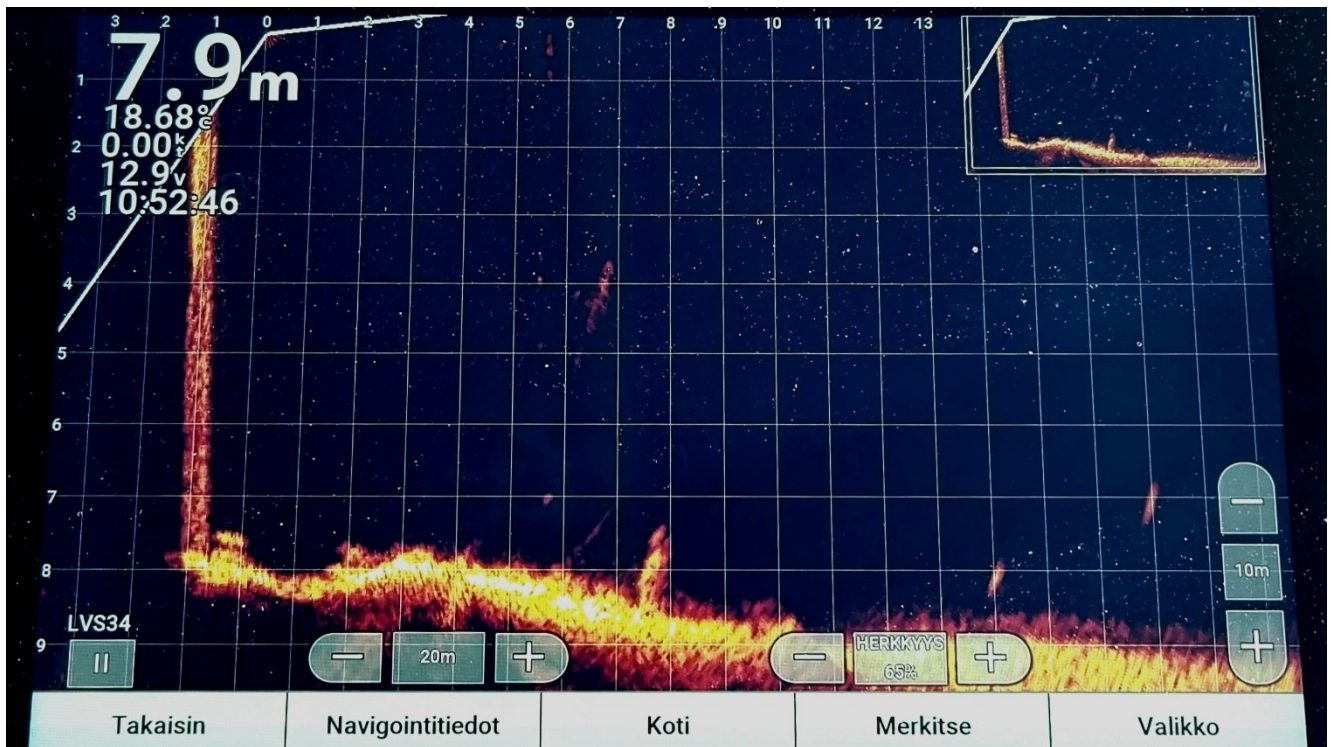
se, kun tutkimuksen eri vaiheet kuvataan tarkasti. Aineiston keräämisen olosuhteet onkin selostettava mahdollisimman selvästi ja totuudenmukaisesti. (Hirsjärvi ym. 2009, 231.) Hirsjärven Remeksen ja Sajavaaran (2009, 21–23) mukaan kaikkeen tutkimukseen kuuluu laadun arviointi. Työn eettisyyden kannalta tutkijan on myös noudatettava hyvää tieteellistä käytäntöä. Kun tarkastellaan tutkimuksen luotettavuutta, tulisi ottaa huomioon ainakin tutkimuksen kohde ja tarkoitus, omat sitoumukset, aineiston keruutapa, tutkimuksen tiedonantajat ja tutkija-tiedonantaja-suhde, tutkimuksen kesto, aineiston analyysi sekä miten tutkimus on raportoitu. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 163–165).

Jotta tutkimuksen luotettavuus olisi mahdollisimman hyvä, tulisi tutkimuksen otoksen olla tarpeeksi suuri, vastausprosentin korkea ja valittujen kysymysten mitata tutkimusongelman kannalta tarkoituksenmukaisia asioita (Heikkilä 2014, 178). Kysymyslomakkeeseen tuli määräaikaan mennessä 18 vastausta. Tämä tarkoittaa sitä, että kyselyyn vastasi noin puolet niistä henkilöistä, jolle kysely lähetettiin. Olisin toivonut hieman suurempaa määrää vastauksia, mutta mielestäni tämäkin vastausmäärä antaa riittävän luotettavan vastauksen tutkimuskysymyksiin. Käytännön testit suoritettiin yhteensä 20 kertaa. Näistä kaksi testiä hylättiin testin epäonnistumisen takia, joten tutkimustuloksiin huomioitiin yhteensä 18 testin tulokset. Hylätyt testit johtuivat sukeltajan eksymisestä sekä siitä, ettei kaikuluotainta käytetty oikein.

Tässä tutkimuksessa reliabiliteettia ja validiteettia on pyritty lisäämään antamalla tarkka kuvaus tutkimuksen eri vaiheista, aineiston keruusta, valituista tutkimusmenetelmistä sekä siitä, miten tuloksia on käsitelty. Vaikka aiheen valintaan vaikutti oma kokemus aiheen parissa työskentelystä, tiedostin tämän ja pyrin käsittelemään aihetta mahdollisimman objektiivisesti. Täysin samasta aiheesta ei käsittääkseni ole aiempaa tutkimusta, joten tuloksia ei myöskään voida verrata aiempiin tutkimuksiin. Koska testit kuitenkin tehtiin useasti ja tulokset olivat samankaltaisia, voidaan olettaa tulosten olevan toistettavissa vastaavissa olosuhteissa myös tulevaisuudessa.

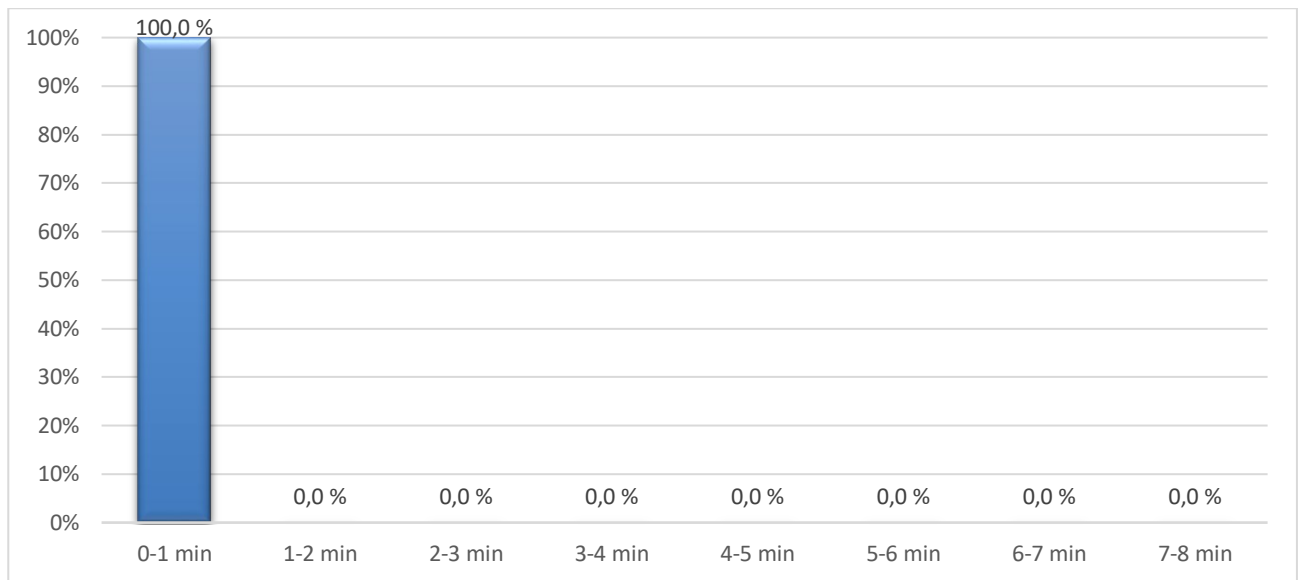
## 8 TULOKSET

Tutkimuksen ensimmäisessä kokeessa tutkittiin sitä, kuinka nopeasti pohjassa oleva kohde löydetään pelkän kaikuluotaimen avulla. Tutkimukseen osallistuneille henkilöille oli koulutettu sonarin peruskäyttö, mutta yhdelläkään tutkimukseen osallistuneista henkilöistä ei ollut laajaa kokemusta laitteen käyttämisestä. Kohteena käytetty harjoitusnukke oli kokeiden aikana pohjassa pääosin puoli-istuvassa asennossa siten, että nukun jalat olivat pohjaa vasten ja ylävartalo kohti pintaa. Kuvassa 3 näkyy tutkimusalueen pohjan profiili ja miltä kohde näytti kaikuluotaimen näytöllä.



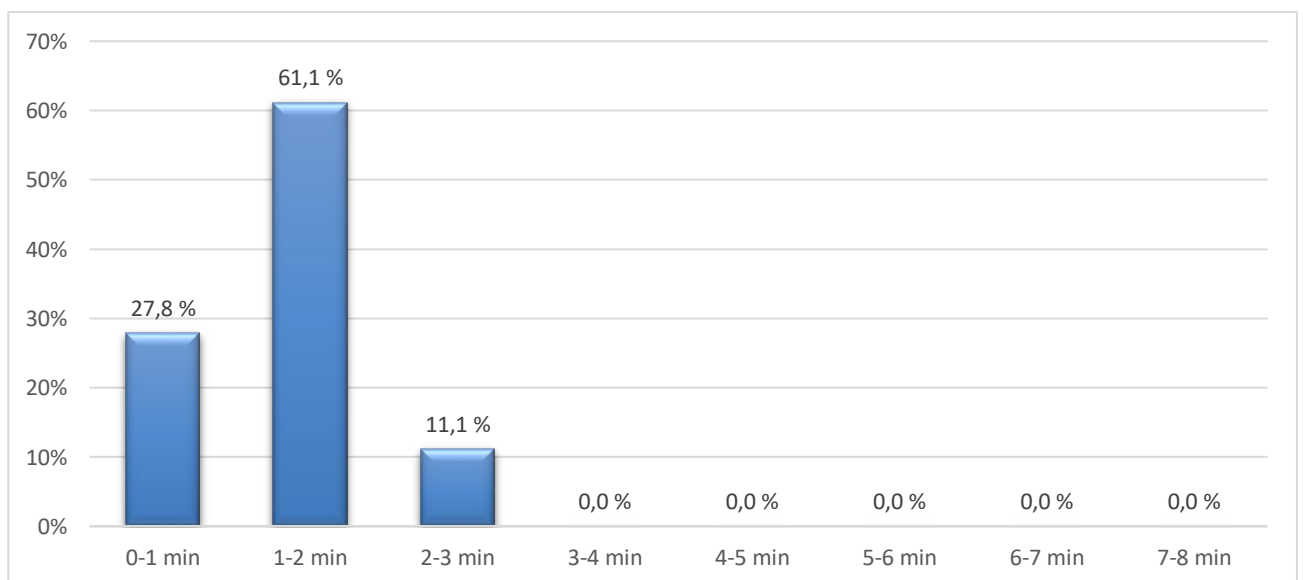
Kuva 3. Kohde pohjassa koetilanteessa.

Ensimmäisessä kokeessa ajanotto alkoi kaikuluotaimen anturin osuessa veteen ja päättyi, kun laitetta käyttävä henkilö ilmoitti kohteen löytyneen. Tehtävänä oli tutkia kaikuluotaimella ensin koko alue ja varmistua, että löydetty kohde oli oikea. Kaaviosta 11 nähdään, että kohde löydettiin jokaisessa kokeessa alle minuutissa vähäisestä käyttökokemuksesta huolimatta. Koetta ei keskeytetty tämän jälkeen, vaan kokeen toinen osa alkoi välittömästi ilmoituksen jälkeen. Koetta suorittavien henkilöiden piti siis sopia käytettävästä taktiikasta ennen suorituksen aloittamista.



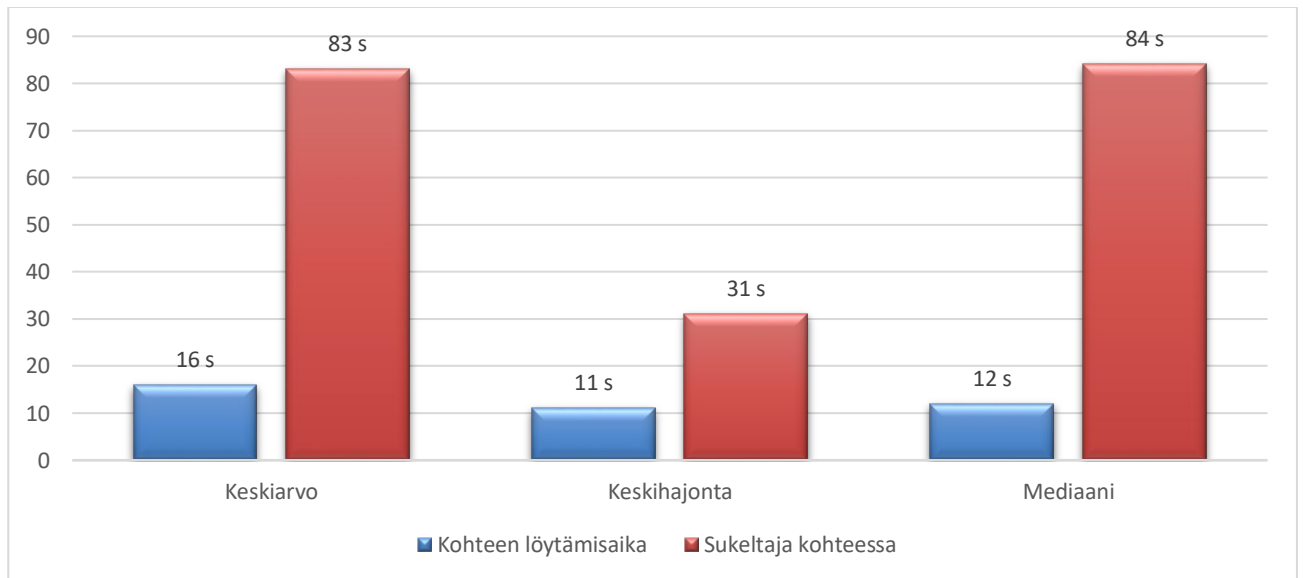
Kaavio 11. Kohteen löytäminen kaikuluotaimella.

Tutkimuksen toisessa kokeessa tutkittiin sitä, kuinka nopeasti sukeltaja saadaan ohjattua kohteen luokse etsinnän aloittamisesta. Ajanotto alkoi kaikuluotaimen anturin osuessa veteen ja päättyi, kun sukeltaja ilmoitti löytäneensä kohteen. Kokeessa sukeltaja, avustaja ja kaikuluotaimen käyttäjä toimivat yhteistyössä ja saivat itse määrittää etsintätaktiikan. Suurimmassa osassa kokeista kohde löydettiin alle kahdessa minuutissa ja nopeimmillaan alle minuutissa. Näkyvyys pinnan alla vaihteli jonkin verran koepäivien välillä. Hyvä näkyvyys nopeutti hieman aikoja suhteessa päiviin, jolloin näkyvyys oli huonompi. Hitaimmissa suorituksissa kohteen löytämiseen vaikutti usein se, että sukeltajan ajautui ensin kohteen ohi. Tulosten jakautuminen on esitetty kaaviossa 12.



Kaavio 12. Sukeltaja kohteen luona.

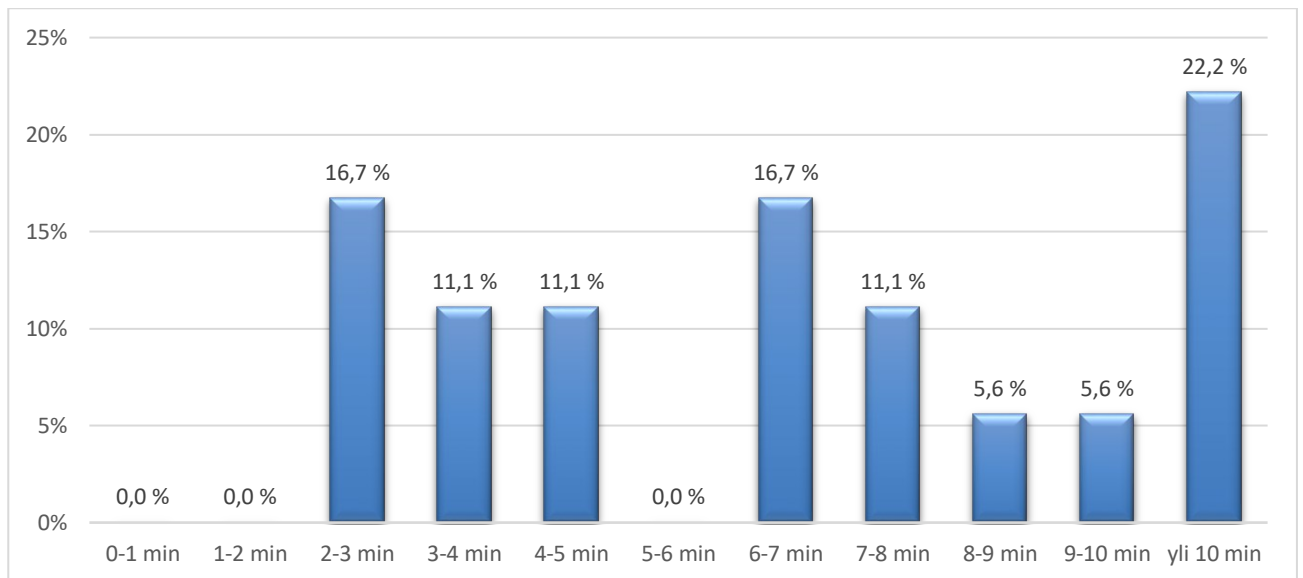
Kaavioon 13 on kuvattu kokeen ensimmäisen osan keskiarvot, keskihajonnat ja mediaanit sekunteina. Taulukosta nähdään, että ensimmäisessä kokeessa kohde löydettiin kaikuluotaimen avulla keskimäärin 16 sekunnissa. Sukeltaja puolestaan saavutti kohteen keskimäärin 83 sekunnissa kokeen aloittamisesta. Mediaanit noudattelevat keskiarvoja, joskin kohteen löytämiseen kuluneen ajan mediaani on selvästi keskiarvoa parempi. Ero on ajallisesti kuitenkin sen verran pieni, ettei sillä ole vaikutusta tutkimuskysymyksiin.



Kaavio 13. Käytännön kokeen ensimmäinen osa.

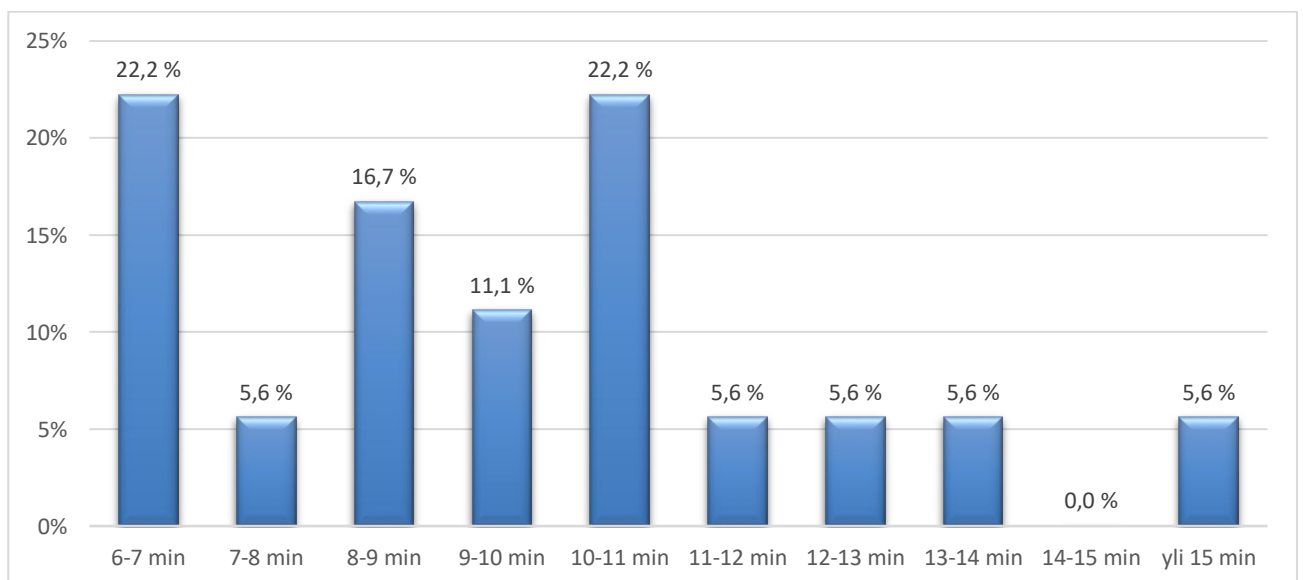
## 8.1 Käytännön kokeen toinen osa

Kokeen toisessa vaiheessa etsintämenetelmänä käytettiin 200 neliön etsintää. Ajanotto aloitettiin siitä, kun sukeltaja lähti laskeutumaan pohjaan, ja päättyi sukeltajan ilmoittama kohteen löytymisestä. Kaikuluotain ei enää ollut käytössä kokeen tässä vaiheessa. Tässä kokeessa tulokset riippuivat pitkälti siitä, missä kohtaa etsintäaluetta kohde sijaitti. Mitä lähempänä kohde oli aloituspistettä, sitä nopeammin se yleensä myös löytyi. Tämä oli oletettavaa, sillä etsintä aloitettiin aina samasta kohdasta. Kaaviosta 14 voidaan nähdä kohteen löytymiseen kuluneen ajan jakautuminen minuutin tarkkuudella.



Kaavio 14. Kohteen löytämisaian jakautuminen 200 neliön etsinnässä.

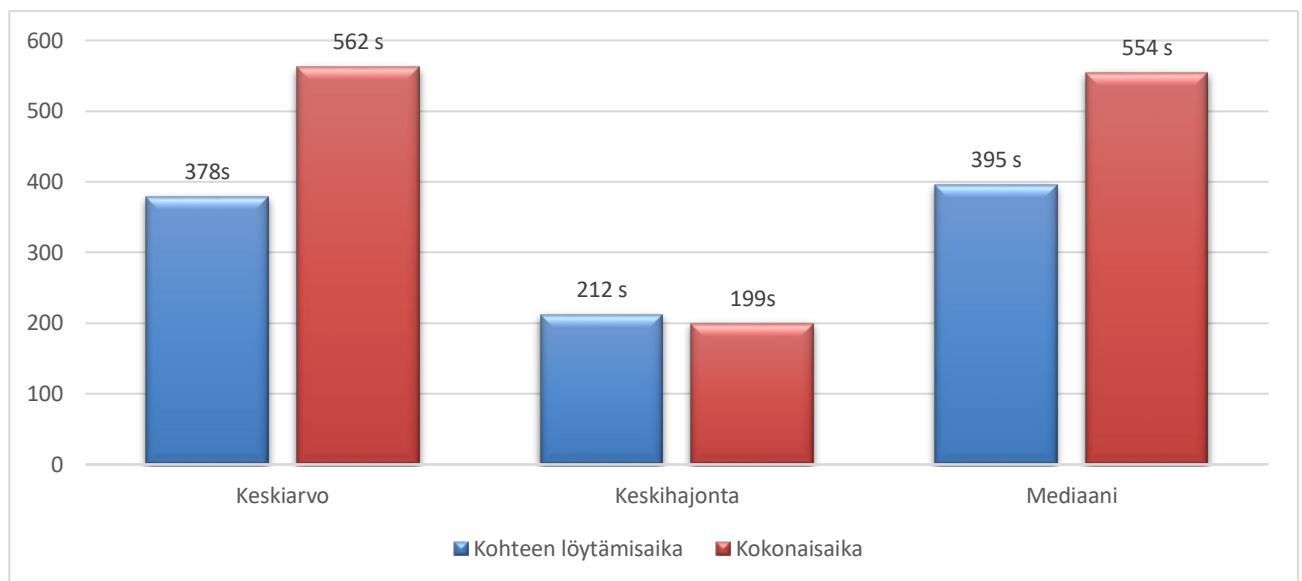
Viimeisenä käytännön kokeena tutkittiin sitä, kuinka kauan sukeltajalla menee koko alueen etsimiseen. Etsittävä alue oli kooltaan 20 x 10 metriä. Tässä kokeessa tulokset vaihtelivat suuresti. Parhaimmillaan alueen etsimiseen meni alle seitsemän minuuttia ja pisimmillään yli 15 minuuttia. Syitä tähän olivat esimerkiksi näkyvyys, narumiehen ja sukeltajan yhteistyö, sektorien pituus sekä sukeltajan osaaminen. Kaaviossa 15 näkyy kokonaisaikojen jakaantuminen minuutin tarkkuudella. Suurin osa sukeltajista onnistui etsimään alueen alle 11 minuutissa.



Kaavio 15. 200 neliön etsinnän kokonaisaikojen jakaantuminen.

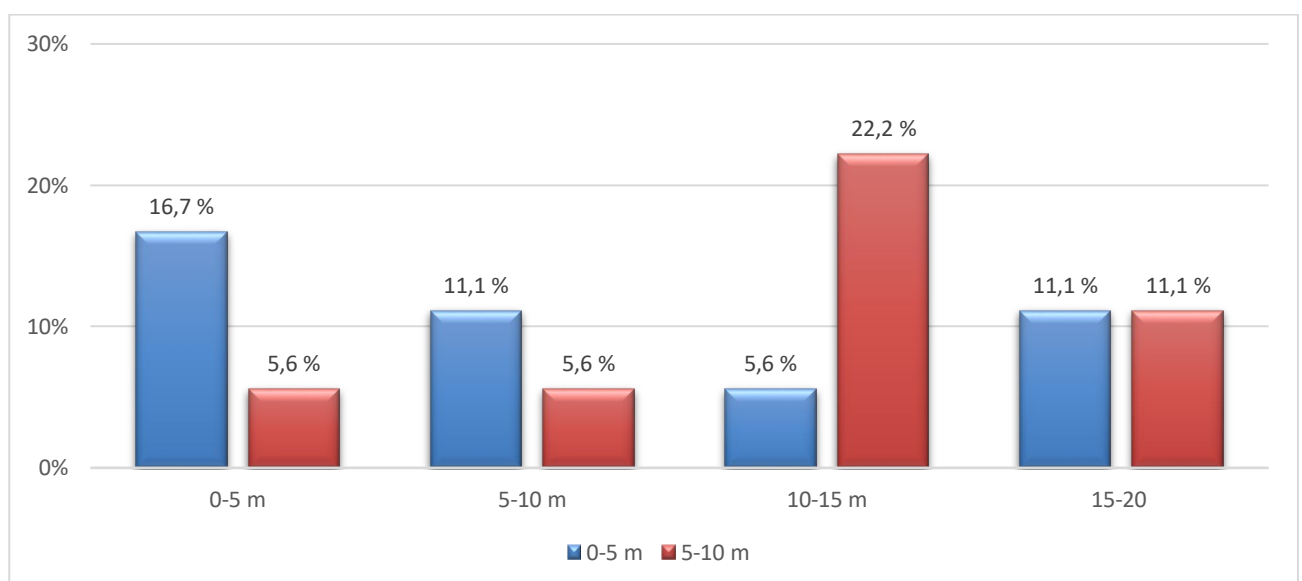
Toisessa kokeessa sukeltaja löysi kohteen keskimäärin reilussa kuudessa minuutissa ja koko alueen etsimiseen meni hieman yli yhdeksän minuuttia. Mediaanit olivat tässäkin kokeessa lähellä

keskiarvoja, mutta keskihajonnassa oli selkeä ero, mikä tarkoittaa sitä, että suorituksissa oli vaihtelua. Kohteen löytämisen kannalta tärkein tekijä oli se, kuinka lähellä kokeen aloituspistettä kohde sijaitsi. Kaaviossa 16 on esitetty kokeen toisen osan keskiarvot, keskihajonnat sekä mediaanit.



Kaavio 16. Käytännön kokeen toinen osa.

Kohteen sijaintia vaihdeltiin etsintäalueella testien välillä. Sijainnin merkitsemiseksi etsittävä alue jaettiin viiden metrin kokosiin neliöihin ja kohteen sijaintia merkittiin tämän avulla. Alueelle muodostui siis kahdeksan ruutua, joiden välillä kohdetta siirrettiin. Tavoitteena oli, että kohde olisi mahdollisimman tasaisesti eri puolilla aluetta. Kaaviossa 17 on kuvattu kohteen sijainnin jakautuminen eri kokeiden välillä. Kohde oli samassa paikassa aina koko suorituksen ajan ja sitä siirrettiin suorittavan ryhmän vaihtuessa uuteen.



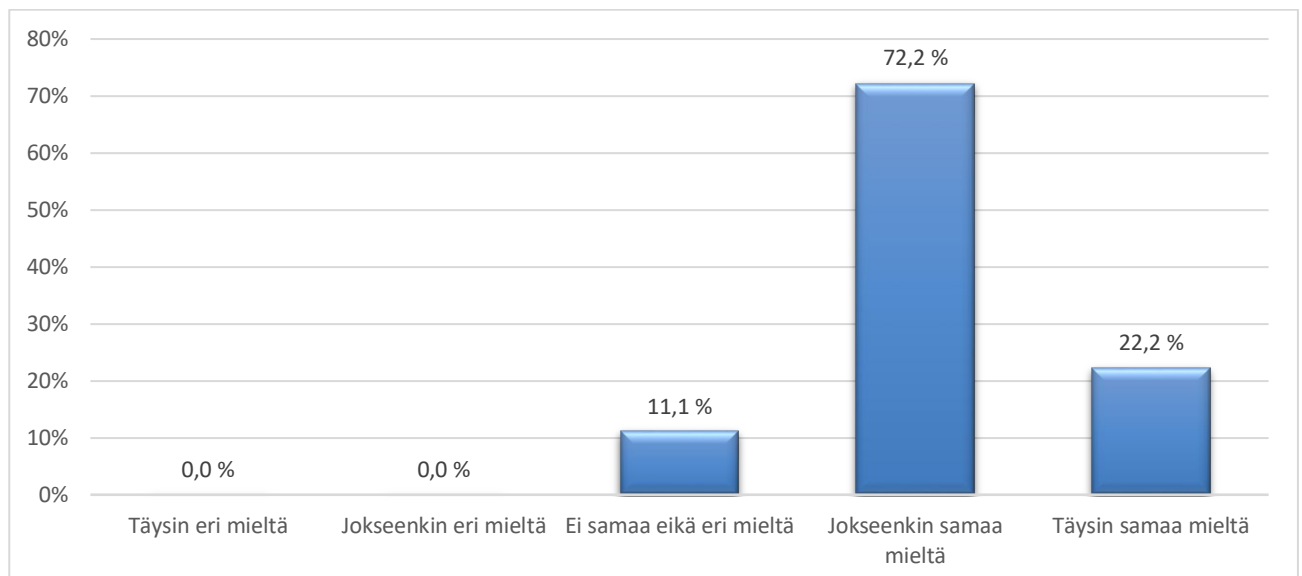
Kaavio 17. Kohteen sijainti etsittäväällä alueella.

## 8.2 Kyselytutkimus

Kyselytutkimus koostui väitteistä, joihin vastattiin viisiportaisen asteikon avulla. Mikäli vastaaja ilmoitti olevansa eri mieltä väitteen kanssa, tiedusteltiin tähän syytä. Kysymyksen sanamuoto kuului seuraavasti: ”Jos vastasit edelliseen kysymykseen olevasi eri mieltä, kerro miksi?”

Ensimmäisellä väitteellä haluttiin selvittää sitä, kokivatko vastaajat laitteen helppokäyttöiseksi. Väite kuului sanatarkasti seuraavasti: ”Kaikuluotainta on helppo käyttää”. Kaaviosta 18 nähdään, että lähes 90 prosenttia vastaajista koki olevansa joko täysin tai jokseenkin samaa mieltä väitteen kanssa. Vaikka yksikään vastaajista ei vastannut olevansa eri mieltä, väitettä myös kommentoitiin sanallisesti. Muutama vastaaja koki kuvan tulkinnan haasteelliseksi sekä nykyisen salkkujärjestelmän kömpelöksi.

”Käyttöohjeet tulisi olla vielä yksinkertaisemmat, kuvan tulkitseminen haasteellista mikäli pohja ei täysin tasainen, Nykyinen salkkusysteemi epäkäytännöllinen ja kömpelö”



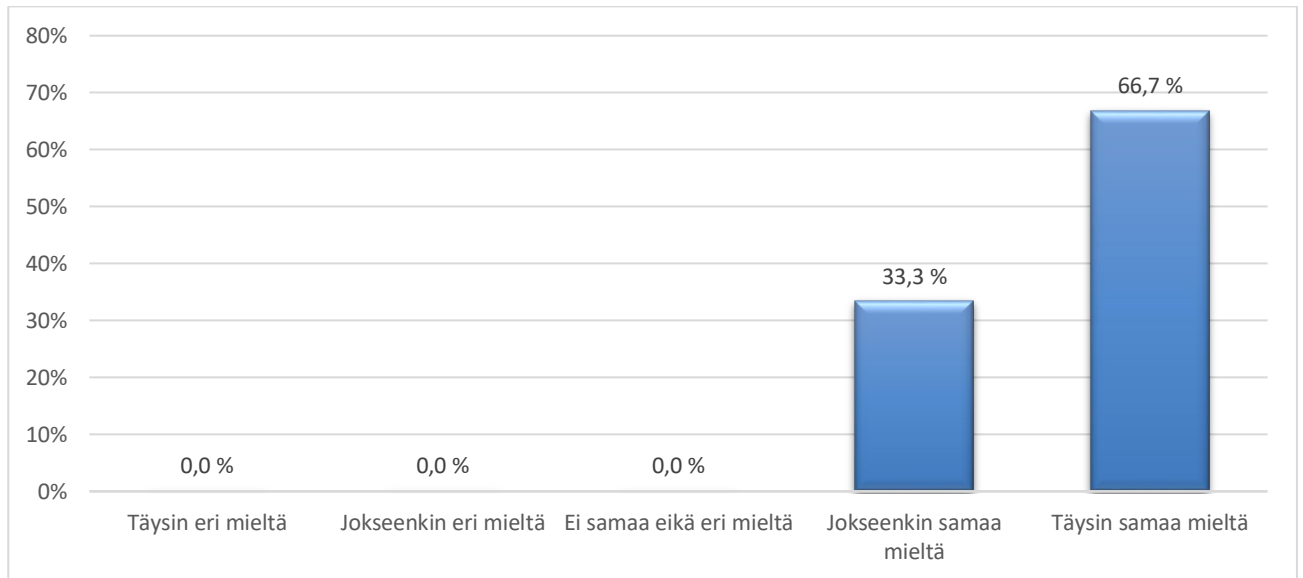
Kaavio 18. Kaikuluotainta on helppo käyttää.

Kahdella seuraavalla väitteellä haluttiin selvittää sitä, kokivatko vastaajat kaikuluotaimen parantavan hukkuneen mahdollisuuksia selviytyä hengissä. Kysymykset rajattiin koskemaan ainoastaan sellaisia olosuhteita, joissa kaikuluotainta voi käyttää. Kaikki vastaajat olivat joko jokseenkin tai täysin samaa mieltä siitä, että kaikuluotain nopeuttaa hukkuneen löytymistä pinnan alta kaikuluotaimelle sopivissa olosuhteissa (Kaavio 19).

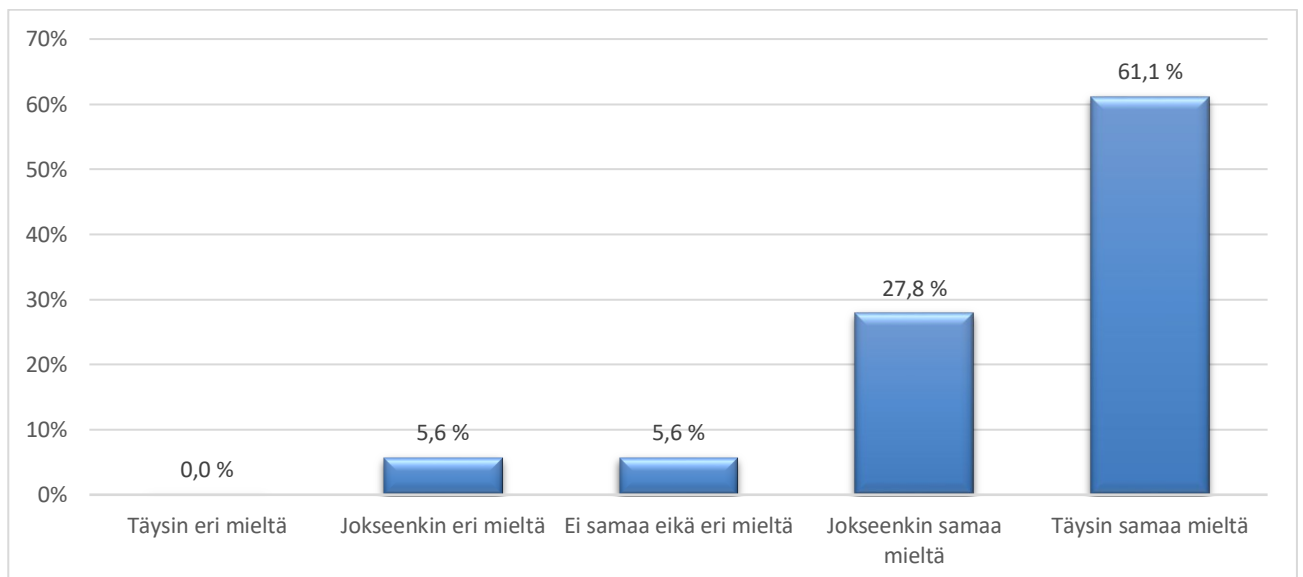
Lähes 90 prosenttia vastaajista koki kaikuluotaimen parantavan hukkuneen todennäköisyyttä selvitä kaikuluotaimelle sopivissa olosuhteissa (Kaavio 20). Väitteiden kommentoissa huolta herätti vahvuudet. Pelastusyksikön ollessa minimivahvuudella laitteelle ei välttämättä löydy käyttäjää muiden tehtävien sitoessa henkilöstöä.

”Sonar sitoo yhden henkilön käyttäjänä. Hälytyssukelluksessa ei aikaa alkaa selvittää sonaria, myös epätodennäköistä että vahvuudet riittävät sonarin käyttäjään (2 sukeltajaa / 2 naruttajaa + esimies hoitamassa omaa tonttiaan).”

”Tämä edellyttää että sitä osataan rutinoituneesti käyttää, sekä alkutilanteessa riittää miehistöä siihen.”



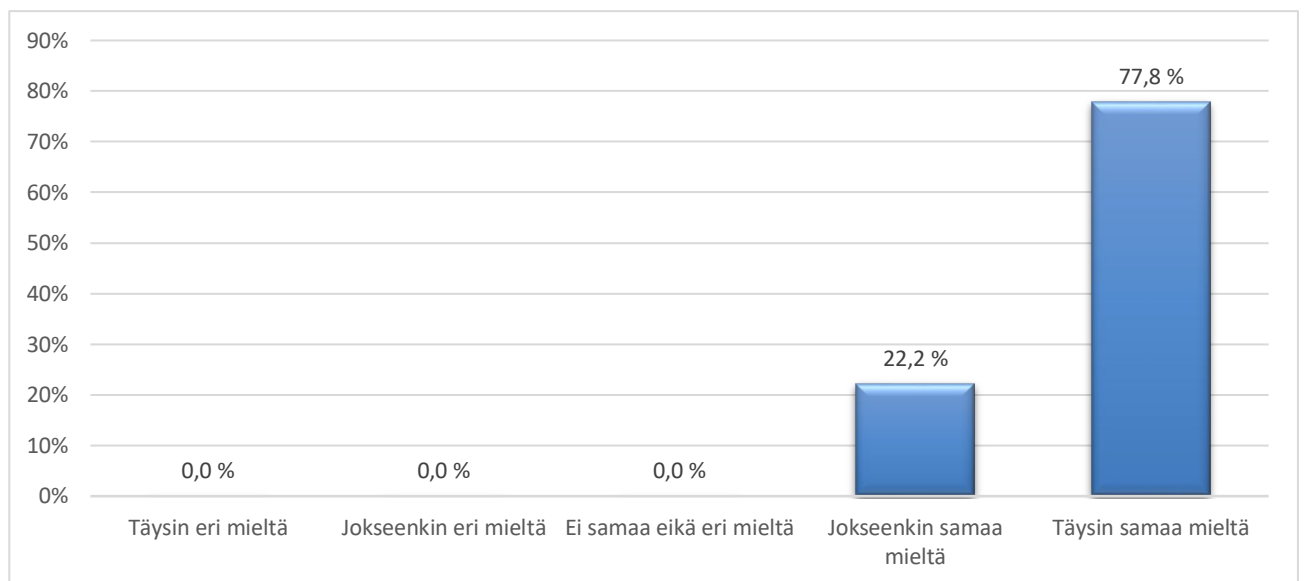
Kaavio 19. Kaikuluotain nopeuttaa hukkuneen löytymistä pinnan alta kaikuluotaimelle sopivissa olosuhteissa.



Kaavio 20. Kaikuluotain parantaa hukkuneen todennäköisyyttä selvitä hengissä kaikuluotaimelle sopivissa olosuhteissa.

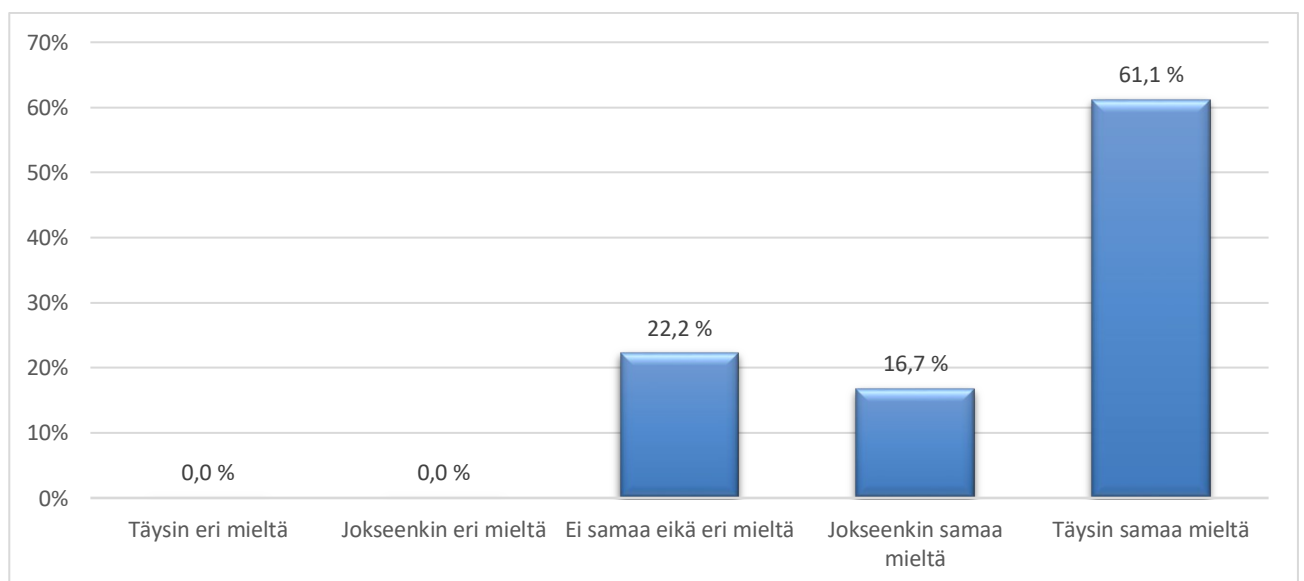
Kaikuluotain oli kokeiden aikaan koulutus- ja testauskäytössä, se ei siis kuulunut kiinteästi vesisukellusyksikön varustukseen. Tutkimuksella haluttiin myös selvittää, mitä mieltä vastaajat olivat

siitä, olisiko laite hyvä ja hyödyllinen lisä pelastussukellusyksikköön. Tässä tutkimuksessa kaikki vastaajat olivat joko jokseenkin tai täysin samaa mieltä siitä, että kaikuluotaimen tulisi kuulua vesisukellusyksikön varustukseen. (Kaavio 21.)



Kaavio 21. Kaikuluotaimen tulisi kuulua vesisukellusyksikön varustukseen.

Viimeinen väite käsitteli työturvallisuutta. Vesisukellus on yksi pelastuslaitoksen vaarallisimpia työtehtäviä ja työhön liittyvien riskien vähentäminen sekä työturvallisuuden parantaminen ovat äärimmäisen tärkeitä tavoitteita. Kaaviosta 22 nähdään, että lähes 80 prosenttia vastaajista oli jokseenkin tai täysin samaa mieltä siitä, että kaikuluotain parantaa vesisukeltajien työturvallisuutta. Yksikään vastaajista ei ollut eri mieltä väitteen kanssa.



Kaavio 22. Kaikuluotain parantaa vesisukeltajien työturvallisuutta.

### 8.3 Avoimet kysymykset

Tuloksia analysoitaessa avoimet vastaukset käsiteltiin kysymyskohtaisesti. Samansisältöiset vastaukset koottiin yhteen ja niitä pelkistettiin samanlaisten teemojen alle. Lisäksi aineistosta laskettiin, kuinka usein kyseinen asia toistui vastauksissa suhteessa vastausmäärään.

Ensimmäisellä kysymyksellä haluttiin selvittää vastaajien näkemyksiä siitä, minkälaisissa olosuhteissa kaikuluotaimesta olisi hyötyä. Kysymyksen tarkka sanamuoto oli seuraava: ”Minkälaisissa olosuhteissa kaikuluotaimesta on hyötyä?”. Vastauksissa korostui erityisesti kaksi teemaa eli tasainen ja selkeä pohja sekä riittävät resurssit. Ensin mainittu toistui noin 67 prosentissa vastauksista ja jälkimmäinenkin joka kolmannessa. Lisäksi useammin kuin kerran mainittiin huono näkyvyys, avanto sekä kohteen varmistus tilanteen loppuvaiheessa.

”Tasanen pohja ja soveltuva rannan muoto.”

”Näen, että resurssien riittäessä kaikuluotainta voi ainakin yrittää käyttää lähes kaikilla tehtävillä, jolla ranta tämän mahdollistaa tai ei ole tiedossa, että kohde on haastava.”

”Talvella jäiden aikaan, eli avannosta mistä pohjaan mennyt luotain veteen ja ”katselu” ympäriinsä.”

Toisella kysymyksellä haettiin vastauksia siihen, missä kaikuluotainta ei kannata käyttää. Kysymys kuului ”Minkälaisissa olosuhteissa kaikuluotaimesta ei ole hyötyä?”. Myös tässä kysymyksessä korostui kaksi teemaa ja niiden voidaan sanoa olevan ensimmäisen kysymyksen vastakohtia. Eniten mainintoja keräsi epätasainen tai kivikkoinen pohja. Se mainittiin reilussa 70 prosentissa vastauksista. Noin joka kuudennessa vastauksessa mainittiin huonot vahvuudet. Muutamassa vastauksessa mainittiin lisäksi sukeltaminen veneestä. Vastausten samankaltaisuus kertoo siitä, että vastaajille oli kehittynyt kohtalaisen yhtäläinen näkemys siitä, minkälaisissa olosuhteissa laitetta kannattaa käyttää.

” Louhikkoinen tai pitkälle matala ranta, joka syvenee myöhemmin äkkiä.”

” Kiireellinen tehtävä jolloin veteen on mentävä äkisti. Jos ollaan minimillä niin hyöty on pienempää.”

” Suuret esteet sonar-luotaimen ja potilaan välillä häiritsevät laitteen käyttöä. Tämä ei ole kuitenkaan este laitteen käytölle.”

Seuraavaksi kysyttiin vastaajien näkemyksiä siitä, kuinka kaikuluotaimen käyttö vaikuttaa taktiikkaan. Kysymys kuului seuraavasti. ”Miten kaikuluotaimen käyttö vaikuttaa taktiikkaan vesisukellustehtävillä?” Vastauksista nousi yleisesti esille se, että kaikuluotaimen avulla sukeltaja voidaan ohjata suoraan kohteeseen. Tällöin perinteisiin etsintämenetelmiin ei välttämättä tarvitse turvautua

ollenkaan. Asia mainittiin noin 67 prosentissa vastauksista. Vastauksissa mainittiin toistuvasti myös rauhallisuus, jotta sukeltajan ohjaus kohteeseen kaikuluotaimen avulla onnistuisi. Lisäksi vastausten perusteella avustajan rooli korostuu etsinnän suorittamisessa.

”Sukeltaja voidaan uittaa suoraa hukkuneen luokse, tavallisten etsintämenetelmien sijaan.”

”Se muuttaa taktiikkaa siten että sukeltaja ei kaikuluotaimen toimiessa tee konemaisesti sektori tai muuta etsintä kuviota. Taktiikka on hieman sama kuin lämpökameran käytössä savuisissa palo-olosuhteissa.”

” Narumiehen rooli muuttuu suuremmaksi etsinnän suhteen, jos/kun hän löytää mahdollisen uhrin kaikuluotaimen avulla ”

”Sukeltajalla liikkeet tulee olla rauhallisia, jotta ohjaus kohteeseen onnistuu.”

Tutkimuksella haluttiin selvittää myös sitä, kuinka pelastuslaitoksen vesisukellustoimintaa voitaisiin kehittää. Kysymyksen sanamuoto oli seuraava: ” Miten kehittäisit pelastuslaitoksen vesisukellustoimintaa?”. Noin puolet vastaajista mainitsi harjoittelun suurimpana kehityskohteena. Harjoitteluun kaivattiin esimerkiksi lisää monipuolisuutta ja suunnitelmallisuutta. Lisäksi vuosittainen sukellusleiri haluttiin takaisin ja koettiin hyödylliseksi osaamisen kehittämisen kannalta. Kaluston kehittäminen nousi esiin joka kolmannessa vastauksessa. Kalusto haluttaisiin sijoittaa järkevämmiin yksikköön ja vaaratilanteiden varalle tulisi kehittää parempaa kalustoa. Lisäksi vastauksissa kaivattiin parempia työsuhte-etuja sekä palkkioita sukeltajille sekä parempaa perehdytystä sukellusavustajille.

” Kehittäisin järjestämällä sukellusleirin. Länsi-uudellamaalla tästä pitkät perinteet. Venekalustoa mukaan ja leirillä erilaisia rasteja ja sukelluksia.”

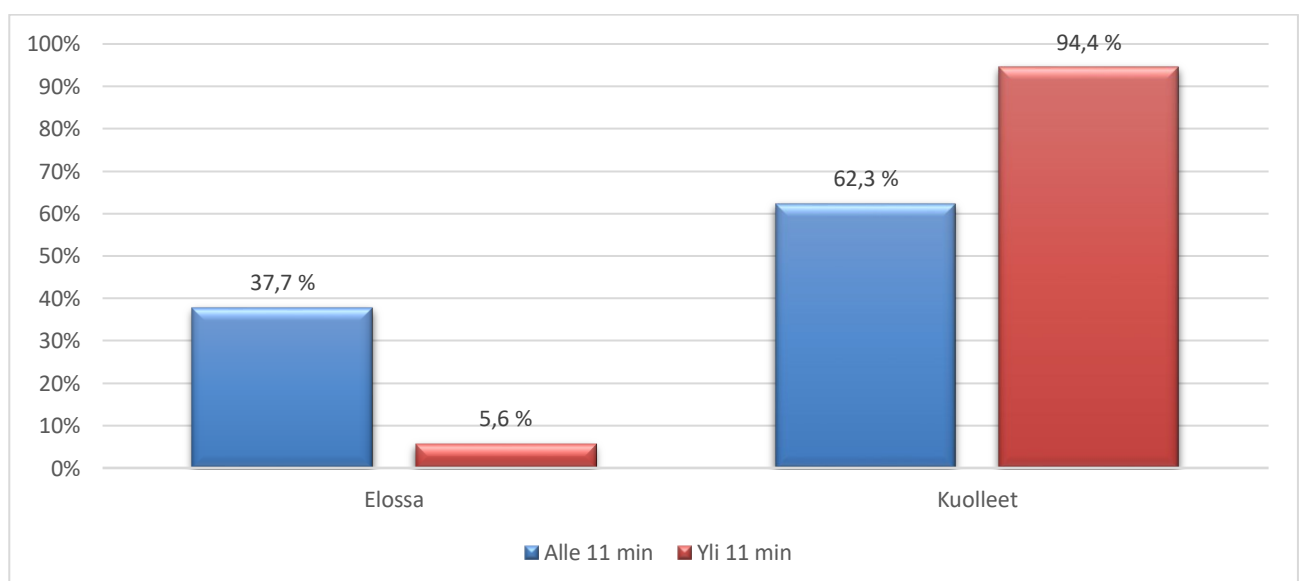
”Harjoittelu järjestelmällisemmäksi (valmiit harjoitteet kuukausittain sekä kohde), nykyaikaisen tekniikan hyödyntäminen (esim. juurikin Sonar/ viistokaiku), viranomaisyhteistyön parantaminen harjoittelun osalta.”

”Turvalaitteena pitäisi olla irrallinen esimerkiksi 12 l paineilmapullo varustettuna kiinnitysklipseillä ja yksinkertaisella kaupallisessa käytössäkin olevalla regulaattorilla.”

## 9 POHDINTA

Opinnäytetyöni tavoitteena oli selvittää, nopeuttaako kaikuluotaimen käyttö hukkuneen pelastamista pinnan alta ja kuinka laitteen käyttö vaikuttaa vesisukelluksen taktiikkaan, toimintamalleihin ja työturvallisuuteen. Tähän päästäkseni lähestyin asiaa sekä käytännön tutkimuksen, että myös kyselytutkimuksen avulla. Näillä keinoin pystyin selvittämään, vastasivatko käytännön tutkimuksen tulokset laitteesta muodostuneita mielikuvia. Lisäksi pystyin vastaamaan monipuolisemmin ja laajemmin tutkimuskysymyksiin, kun en analysoinut tuloksia ainoastaan omien mielipiteideni perusteella. Tutkimuksen teoriaosassa käsittelin vesisukelluksen erityispiirteitä, lainsäädäntöä ja ohjeituksia, vesisukellustilastoja sekä hukkumiseen liittyviä tekijöitä ja fysiologiaa. Pyrin osoittamaan tutkimustietoon ja tilastoihin perustuen, miksi hukkuneen pelastaminen pinnan alta mahdollisimman nopeasti on ensiarvoisen tärkeää ja mitkä tekijät vaikuttavat hukkuneen selviytymiseen. Pyrin myös tuomaan esille vesisukellukseen liittyviä erityispiirteitä sekä siihen liittyviä tekijöitä.

Teoriatiedon perusteella hukkuneen selviytymiseen eniten vaikuttava yksittäinen tekijä on submersioaika. (Kuisma ym. 2022, 697.) Hukkuneen mahdollisimman nopea löytäminen ja tuominen pois vedestä näyttäisikin vaikuttavan positiivisesti hukkuneen mahdollisuuteen selviytyä. Tämä voidaan havaita myös tilastoista. Toimintavalmiusaikaa mittaavien kaavioiden 7 ja 8 perusteella pelastuslaitoksen toimintavalmiusaika vaikuttaa merkittävästi hukkuneen selviytymismahdollisuuksiin. Kyseisten kaavioiden tiedot on tiivistetty kaavioon 23. Toimintavalmiusajan ollessa alle 11 minuuttia hukkuneista onnistutaan pelastamaan lähes 38 %. Toimintavalmiusajan ylittäessä 11 minuuttia selviytymismahdollisuudet putoavat reiluun kuuteen prosenttiin. Vaikka tämä tilasto ei suoraan kerrokaan uhrin löytämisaikaa, voidaan toimintavalmiusajan olettaa korreloivan myös uhrin löytämisajan kanssa ja siten vaikuttavan hukkuneen selviytymiseen positiivisesti.



Kaavio 23. Toimintavalmiusajan vaikutus selviämiseen.

## 9.1 Kaikuluotaimen vaikutus uhrin löytämiseen

Käytettäessä perinteisiä etsintämenetelmiä hukkuneen etsiminen on enemmän tai vähemmän arpapeliä. Silminnäkiäjien tarjoamat tiedot voivat olla epäluotettavia tai sitten niitä ei ole saatavilla ollenkaan. Rannalta saattaa esimerkiksi löytyä ainoastaan vaatenippu, jonka perusteella lähdetään etsimään. Etsintämenetelmän valinta perustuukin siis niihin tietoihin, joita kulloinkin on saatavilla. Kaikuluotaimen etuna on se, että sen avulla pystytään etsimään suuri alue nopeasti ja selvittämään, onko alueella sellaisia kohteita, joita sukeltajan olisi hyvä tarkistaa. Näin etsintä nopeutuu ja resursseja voidaan kohdistaa aiempaa tarkemmin. Tämä käy ilmi myös tuloksissa. Tutkimuksissa 200 neliömetrin kokoinen alue pystyttiin tarkistamaan ja kohde löytämään keskimäärin 16 sekunnissa. Sukeltajalla samankokoisen alueen etsimiseen kului keskimäärin reilut yhdeksän minuuttia. Ero etsintämenetelmien välillä on noin 35-kertainen, ja sitä voidaan pitää erittäin merkittävänä. Huomionarvoista on myös se, että molemmat menetelmät olivat koeolosuhteissa yhtä tarkkoja, eli kohde onnistuttiin löytämään jokaisella suorituksella. Sukellustehtävillä sukeltajia on yleensä käytössä rajoitetusti, ja siksi alueen rajaaminen on äärimmäisen tärkeää hukkuneen nopean löytämisen kannalta.

Suurin osa tutkimukseen osallistuneista koki laitteen olevan helppokäyttöinen, mutta kuten kaikkien teknisten apuvälineiden, myös kaikuluotaimen käyttö vaatii koulutusta ja osaamista. Laitteen helppokäyttöisyyttä tukee kuitenkin se, että kaikki laitetta käyttäneet onnistuivat löytämään kohteen nopeasti suhteellisen vähäisestä käyttökokemuksesta riippumatta. Laitteen tuottaman kuvan tulkitseminen voi kuitenkin olla hankalaa varsinkin sellaisissa olosuhteissa, joissa pohjassa tai välivedessä on paljon sinne kuulumatonta materiaalia. Lisäksi mikäli hukkunut on täysin makuulla pohjaa vasten, voi tämän löytäminen tuottaa haasteita.

Kaikuluotain vaatii toimiakseen suoran yhteyden kohteen ja laitteen kaikuanturin välille. Erilaiset kiinteät esteet tai pohjan muoto voivat luoda katveita etsittäville alueelle. Tutkimuksen perusteella kaikuluotain soveltuu käytettäväksi erityisesti sellaisiin paikkoihin, joissa ei ole suuria katveita tai muita esteitä. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi satamalaiturit, nopeasti syvenevät rannat sekä avannot.

Käytännön tutkimus osoitti selkeästi, että kaikuluotain nopeuttaa huomattavasti hukkuneen löytymistä sellaisissa olosuhteissa, joissa kaikuluotainta kannattaa käyttää. Tässä tutkimuksessa kaikuluotainta käytettäessä sukeltaja tavoitti uhrin keskimäärin 83 sekunnissa. Ilman kaikuluotainta kohteen löytämiseen kului keskimäärin 378 sekuntia. Ero etsintämenetelmien välillä oli siis yli nelinkertainen. (Kaaviot 12 ja 15.) Kun tuloksia peilataan teoriaan ja tilastoihin, voidaan tuloksia pitää merkittävinä, todeta kaikuluotaimen nopeuttavan hukkuneen löytymistä ja parantavan mahdollisuuksia selviytyä. Asiaa tukee myös se, että kaikki vastaajat kokivat kaikuluotaimen käytön nopeuttavan

hukkuneen löytämistä ja lähes 90 prosenttia uskoi kaikuluotaimen parantavan hukkuneen mahdollisuuksia selviytyä.

## **9.2 Kaikuluotaimen vaikutuksen taktiikkaan**

Kaikuluotaimen käytöstä vesisukelluksen apuna ei ollut juurikaan kokemuksia, joten valmiita toimintamallejakaan ei ollut käytössä. Toimintamalleja ja taktiikkaa piti siis kehittää tyhjästä ja pohtia, kuinka kaikuluotainta voitaisiin käyttää mahdollisimman tehokkaasti vesisukelluksen apuna. Kyseilyn tuloksista selvisi, että kaikuluotaimen avulla sukeltaja voidaan uittaa suoraan kohteeseen ilman varsinaista etsintäkuviota. Kyseinen asia mainittiin noin kahdessa kolmasosassa vastauksista. Tämä tosin vaatii sen, että kohde ensin löydetään. Kaikuluotaimen käyttöä verrattiin esimerkiksi lämpökameraan, jolla etsittävä tila tai alue voidaan tarkistaa perinteisiä menetelmiä nopeammin. Mielestäni tuo vertaus on osuva. Molempia yhdistää se, että oikein käytettynä etsintää pystytään nopeuttamaan ja tehostamaan.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta myös se, ettei kaikuluotain sovi jokaiseen paikkaan ja tilanteeseen. Louhikkoiset rannat sekä huonot vahvuudet saattavat tehdä laitteen käytöstä haastavaa ja jopa turhaa. Kaikuluotain on hyvä apuväline, mutta ei korvaa vesisukeltajaa tai vanhoja etsintämenetelmiä. Vesisukellustehtävillä ei pidä jatkossakaan turvautua pelkkään teknologiaan, vaan ensimmäisen sukeltajan tulisi aloittaa etsintä heti kun mahdollista. Kaikuluotaimen avulla etsintää voidaan kohdentaa ja parhaassa tapauksessa hukkunut löytyy sen avulla nopeammin. Tämä ei kuitenkaan poista sitä, etteikö kaikuluotaimen tulisi jatkossa kuulua jokaisen vesisukellusyksikön varustukseen ja huomioida laitteen käytön mahdollistaminen yksiköiden vahvuuksia suunniteltaessa. Tätä tukee se, että kaikki kyselyyn vastaajat olivat joko täysin tai vähintään osittain samaa mieltä siitä, että kaikuluotaimen tulisi kuulua vesipelastusyksikön varustukseen.

## **9.3 Kaikuluotaimen vaikutus työturvallisuuteen**

Vesisukellus on yksi pelastuslaitoksen vaarallisimmista ja vaativimmista työtehtävistä. Vesisukellus lasketaan myös erityistä vaaraa aiheuttavaksi työksi, jossa on erityinen sairastumisen tai tapaturman vaara. (Sisäministeriö 2023, 24.) Tällä opinnäytetyöllä haluttiin selvittää myös sitä, parantaako kaikuluotain vesisukeltajan työturvallisuutta. Tutkimuksen perusteella lähes 80 % vastaajista oli sitä mieltä, että parantaa. Vesisukellusta tehdään usein huonossa näkyvyydessä ja olosuhteissa, joissa on riski jäädä kiinni pohjassa oleviin rakenteisiin. Useimmiten sukeltaja voidaan paikantaa turvaköyden avulla, mutta turvaköyden irrotessa tai katketessa on sukeltajan nopea paikantaminen ensiarvoisen tärkeää. Kaikuluotain helpottaa tätä merkittävästi. Laitetta käytettäessä on tullut selväksi, että sukeltajan löytäminen kaikuluotaimella on helppoa ja nopeaa sukeltajan tuottamien ilmapuolien takia. Kaikuluotaimella sukeltaja voidaan löytää nopeasti ja ryhtyä vaaratilanteen vaatimiin toimenpiteisiin välittömästi.

Kaikuluotain lisää työturvallisuutta myös jäisissä olosuhteissa. Turvaohjeen mukaan, mikäli sukeltaja menettää yhteyden avustajaan avannosta sukeltaessa, on tämän noustava pintaan ja jäävä odottamaan jääkannen alle, kunnes turvasukeltaja löytää hänet (Soininen 2019, 18). Kaikuluotaimen avulla turvasukeltaja voidaan ohjata suoraan sukeltajan luo, mikä nopeuttaa pelastustöitä. Kaikuluotain parantaa vesisukeltajan työturvallisuutta myös siten, että sen avulla voidaan vähentää sukellukseen käytettyä aikaa ja välttää sukeltamista sellaisilla tehtävillä, joissa kaikuluotaimen avulla voidaan todeta, ettei vedessä ole mitään löydettävää.

#### **9.4 Jatkotutkimukset ja kehitysehdotukset**

Tämä tutkimus osoittaa, että kaikuluotaimesta on merkittävää hyötyä hukkuneen pelastamisen kannalta sopivissa olosuhteissa. On kuitenkin hyvä muistaa, että kaikuluotain on tähän tarkoitukseen vielä uusi laite, josta ei juurikaan ole käyttökokemuksia. Täysin samanlaista tutkimusta samanlaisella laitteella ei ole aiemmin tehty. Vaikka tässä tutkimuksessa tulokset olivatkin selkeästi toistettavissa, olisi hyvä tutkia asiaa myös erilaisissa olosuhteissa. Jatkossa olisikin tärkeää selvittää entistä tarkemmin ne olosuhteet, joissa kaikuluotaimesta on hyötyä ja joissa se ei toimi riittävän hyvin. Lisäksi olisi hyvä tutkia enemmän erilaisia kaikuluotaimia ja selvittää, mikä teknologia soveltuu parhaiten juuri vesisukelluksen tarpeisiin.

Teknologian kehittyminen tuo tulevaisuudessa uusia apuvälineitä myös vesisukellukseen. Teknologiaa olisikin hyvä kehittää myös suoraan vesipelastuksen tarpeisiin. Pelastuslaitosten tulisi lähestyä laitevalmistajia ja miettiä, minkälaisia ratkaisuja teknologia mahdollistaa nyt ja tulevaisuudessa. Tämä ei koske ainoastaan vesisukellusta, vaan koko pelastusalaa laajemmin. Voisiko kaikuluotaimen ohjelmistoa esimerkiksi kehittää niin, että ohjelmisto tunnistaisi automaattisesti vedessä olevia kohteita ja kertoisi käyttäjälle mikä kohde on kyseessä? Olisiko laitteista mahdollista rakentaa entistä pienempiä ja helpommin liikuteltavia? Voisiko kaikuluotaimen kiinnittää esimerkiksi droneen ja käyttää langattomasti? Mitä muuta teknologiaa vesisukelluksessa ja hukkuneen pelastamisessa voitaisiin hyödyntää? Nämä ovat kysymyksiä, joihin toivottavasti saadaan ratkaisuja tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

- Bowes, H., Eglin, Clare, M., Tipton, M. J. & Barwood, M. J. 2016. Swim performance and thermoregulatory effects of wearing clothing in a simulated cold-water survival situation. www-dokumentti. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4819756/>. 26.6.2023.
- Castren, M., Helveranta, K., Kinnunen, A., Korte, H., Laurila, K., Paakkonen, H., Pousi, J. & Väisänen O. 2012. Ensihoidon perusteet. Neljäs painos. Otavan Kirjapaino OY. Keuruu
- Deeper. 2023. How sonars Work. <https://deepersonar.com/en-us/pages/how-sonars-work>. 19.12.2023
- Garmin. Live Sonar. www-dokumentti. <https://www.garmin.com/fi-FI/c/marine/live-sonar/>. 18.12.2023
- Eaton, C. J. 1999 Essentials Of Immediate Medical Care. 2nd Edition. Churchill Livingstone. Edinburgh. ISBN: 0443053456
- Elvytys: Käypä hoito -suositus 2021. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Elvytysneuvoston, Suomen Anestesiologiyhdistyksen ja Suomen Punaisen Ristin asettama työryhmä. Helsinki: suomalainen lääkäriseura Duodecim. 25.6.2023.
- Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen tutkimus. 9. painos. Edita. Helsinki.
- Helsingin alueen pelastustoimen palvelutasopäätös 2021–2024. 2021.
- Hendrick, W. & Zaferes, A. 2003. Ice diving operations. PennWell Corporation. Oklahoma.
- Hendrick, W., Zaferes, A. & Nelson, C. 2000. Public safety diving. PennWell Corporation. Oklahoma.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Tammi. Helsinki.
- Joost, J., Bierens, L. M., Lunetta, P., Tipton, M. & Warner, D. S. 2016. Physiology Of Drowning: A Review. www-dokumentti <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/physiol.00002.2015> 25.6.2023.
- Kuisma, M., Holmström, P., Nurmi, J., Porthan, K. & Puolakka, T. 2022. Ensihoito. 8–9. painos. Sanoma Pro Oy. Helsinki
- Krin, C. 2010. Surviving Drowning. www-dokumentti. <https://www.hmpgloballearning-network.com/site/emsworld/article/10319708/surviving-drowning>. 25.6.2023.

Kurra, S., Lahtinen, K. & Nissinen, A. 2009. Vapaasukellus. Sukellusliitto ry. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Laki hätäkeskustoiminnasta 692/2010.

Laki pelastustoimen järjestämisestä 611/2021.

Meripelastuslaki 1145/2001.

NOAA 2023. What is sonar? <https://oceanservice.noaa.gov/facts/sonar.html>. Luettu 19.12.2023.

Pelastuslaki 379/2011.

PRONTO. Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto. www-dokumentti. <https://prontonet.fi/>. 7.7.2023.

Siivonen, V. 2005. Pelastusopiston vesisukelluskoulutuksen strategia. AMK-opinnäytetyö. Savonia.

Sisäministeriö 2023. Ohje pelastustoimen sukellus- ja pintapelastustoimintaan. Sisäministeriön julkaisuja 2023/28. Helsinki.

Simmonds, J. & MacLennan, D. 2005. Fisheries Acoustics: Theory and Practice, Second Edition. Blackwell. ISBN: 9780632059942

Soininen, S. 2020. Turvaohje pelastustoimen vesisukellukseen. PeODno-2020–81. Pelastusopisto.

Suomen Uimaopetus- ja hengenpelastusliitto. www-dokumentti. <https://suh.fi/viestinta/hukkumistilastot/tietoa-hukkumisista/>. 25.6.2023.

Tilastokeskus. 2022. www-dokumentti. <https://tilastokeskus.fi/julkaisu/cl8slomfgpjyk0bw7wivrbxpa>. 25.6.2023.

Treinish, S. 2022. Water Rescue. Principles and practice to NFPA 1006 and 1670: Surface, Swift-water, Dive, Ice, Surf, and Flood. Third Edition. Jones & Bartlett Learning, LLC.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Uudistettu laitos. Tammi. Helsinki.

Työterveyslaitos 2020. Pelastushenkilöstön työterveysseuranta – Yhteistyö ja käytännöt.

Työturvallisuuslaki 738/2002.

Uusitalo, A., Lindström, I., Karjalainen, J., Kauppi, P., Koskela, H. ja Suojalehto, H. 2019. Pelastustyöntekijän astma. www-dokumentti. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/320897/duo15125.pdf?sequence=1>. 24.3.2021.

Vikman, T. 2007. Sukellus. Gummerus Kirjapaino OY. Jyväskylä.

WHO. 2014. Global Report on Drowning. Preventing a Leading Killer. <https://www.who.int/publications/i/item/global-report-on-drowning-preventing-a-leading-killer>

# LIITE 1

## Käytännön kokeen kysymykset

Testi 1: Kohteen löytämisaika

0–1 min, 1–2 min, 2–3 min, 3–4 min, 4–5 min, 5–6 min, 6–7 min, 7–8 min, 8–9 min, 9–10 min, yli 10 min tai kohde ei löydy

Testi 1: Kohteen löytämisaika sekunteina

Testi 1: Sukeltaja kohteessa

0–1 min, 1–2 min, 2–3 min, 3–4 min, 4–5 min, 5–6 min, 6–7 min, 7–8 min, 8–9 min, 9–10 min, yli 10 min tai kohde ei löydy

Testi 1: Sukeltaja kohteessa sekunteina

Testi 1: Kohteen sijainti

Testi 2: Kohteen löytämisaika

0–1 min, 1–2 min, 2–3 min, 3–4 min, 4–5 min, 5–6 min, 6–7 min, 7–8 min, 8–9 min, 9–10 min, yli 10 min tai kohde ei löydy

Testi 2: Kohteen löytämisaika sekunteina

Testi 2: Testin kokonaisaika

Alle 6 min, 6–7 min, 7–8 min, 8–9 min, 9–10 min, 10–11 min, 11–12 min, 12–13 min, 13–14 min, 14–15 min, yli 15 min tai testi jää kesken

Testi 2: Testin kokonaisaika sekunteina

Testi 2: Kohteen sijainti

## LIITE 2

### Kyselyn saatekirje

Kyselytutkimus kaikuluotaimen käytöstä vesisukellustehtävillä.

Arvoisa vastaanottaja. Opiskelen Pelastusalan päällystötutkintoa poliisiammattikorkeakoulussa ja teen opinnäytetyötä kaikuluotaimen käytöstä vesisukellustehtävillä.

Opinnäytetyöni tavoitteena on selvittää, nopeuttaako kaikuluotaimen käyttö hukkuneen löytymistä pinnan alta ja parantaako siten mahdollisuuksia selviytyä. Tutkimus koostuu kahdesta osasta. Ensimmäisessä osassa tutkitaan käytännön kokeilla kaikuluotaimen käyttöä ja toisessa selvitetään kyselytutkimuksella käyttäjäkokemuksia.

Kyselytutkimus on tarkoitettu henkilöille, jotka toimivat käytännön kokeissa sukeltajan, sukellusavustajan tai kaikuluotaimen käyttäjän tehtävissä. Ethän vastaa kyselyyn, mikäli et ole toiminut kyseisissä tehtävissä. Kyselyyn vastaaminen vie noin 10 minuuttia. Kysely koostuu monivalintakysymyksistä sekä avoimista kysymyksistä. Kaikki vastaukset ovat tärkeitä ja auttavat kehittämään pelastuslaitoksen vesisukellustoimintaa.

Kysely on auki 30.10.2023 asti. Kyselyyn vastataan nimettömänä ja kaikki vastaukset käsitellään luottamuksellisesti. Pääset vastaamaan kyselyyn tämän linkin kautta.

<https://forms.gle/bEtNu9ZuS7FiUKqJ6>

Ystävällisin terveisin

Niko Vainio

Pelastusalan päällystötutkinto AmkA13

## LIITE 3

### Kyselylomakkeen kysymykset

Minkälaisissa olosuhteissa kaikuluotaimesta on hyötyä?

Minkälaisissa olosuhteissa kaikuluotaimesta ei ole hyötyä?

Kaikuluotainta on helppo käyttää.

Täysin samaa mieltä. Jokseenkin samaa mieltä. Ei samaa eikä eri mieltä. Jokseenkin eri mieltä.  
Täysin eri mieltä.

Jos vastasit edelliseen kysymykseen olevasi eri mieltä, kerro miksi?

Kaikuluotain nopeuttaa hukkuneen löytymistä pinnan alta kaikuluotaimelle sopivissa olosuhteissa.

Täysin samaa mieltä. Jokseenkin samaa mieltä. Ei samaa eikä eri mieltä. Jokseenkin eri mieltä.  
Täysin eri mieltä.

Jos vastasit edelliseen kysymykseen olevasi eri mieltä, kerro miksi?

Kaikuluotain parantaa hukkuneen todennäköisyyttä selvittää hengissä kaikuluotaimelle sopivissa olosuhteissa.

Täysin samaa mieltä. Jokseenkin samaa mieltä. Ei samaa eikä eri mieltä. Jokseenkin eri mieltä.  
Täysin eri mieltä.

Jos vastasit edelliseen kysymykseen olevasi eri mieltä, kerro miksi?

Kaikuluotaimen tulisi kuulua vesisukellusyksikön varustukseen.

Täysin samaa mieltä. Jokseenkin samaa mieltä. Ei samaa eikä eri mieltä. Jokseenkin eri mieltä.  
Täysin eri mieltä.

Jos vastasit edelliseen kysymykseen olevasi eri mieltä, kerro miksi?

Kaikuluotain parantaa vesisukeltajien työturvallisuutta.

Täysin samaa mieltä. Jokseenkin samaa mieltä. Ei samaa eikä eri mieltä. Jokseenkin eri mieltä.  
Täysin eri mieltä.

Jos vastasit edelliseen kysymykseen olevasi eri mieltä, kerro miksi?

Miten kaikuluotaimen käyttö vaikuttaa taktiikkaan vesisukellustehtävillä?

Miten kehittäisit pelastuslaitoksen vesisukellustoimintaa?