

Digitalisaatio ja robotisaatio ympäristön monitoroinnissa

LAB-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikka
2020
Lauri Luukkonen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Luukkonen, Lauri	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2020
	Sivumäärä 20	
Työn nimi Digitalisaatio ja robotisaatio ympäristön monitoroinnissa		
Tutkinto Insinööri (AMK)		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää digitalisaation ja robotisaation tuomia sovelluksia ympäristön monitorointiin. Työssä keskityttiin myös kauko-ohjattavan sukellusrobotin toimintaan ja sen menetelmiin.</p> <p>Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa käsitellään digitalisaation ja robotisaation tuomia teknologisia sovelluksia ja erilaisia menetelmiä. Esimerkkitapauksissa selvitettiin kahden olosuhteiltaan erilaisen tutkimuksen suorittamista sukellusrobotia hyödyntäen.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksissa esitetään kahden erilaisen esimerkkitapauksen havainnot. Tulokset perustuvat sukellusrobotin kuvaamaan videokuvaan sekä luotainten tuottamaan kuvaan.</p>		
Asiasanat digitalisaatio, robotisaatio, sukellusrobotti		

Abstract

Author(s) Luukkonen, Lauri	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2020
	Number of Pages 20	
Title of Publication Digitalization and robotization in environmental monitoring		
Name of Degree Engineer (UAS)		
Abstract <p>The aim of the thesis was to examine the applications of digitalisation and robotisation in environmental monitoring. In addition to these goals the thesis focused on the various functions and applications of ROVs (remotely operated vehicle).</p> <p>Theoretical part of the thesis focuses different methods and discoveries of digitalisation and robotisation. The case study part looks at two different studies from various locations and conditions using an ROV.</p> <p>The results of are based on camera footage and sonar data of the ROV.</p>		
Keywords digitalization, robotization, ROV		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Digitalisaatio	2
2.1	Yleistä digitalisaatiosta	2
2.2	Tekoäly	2
2.3	Digitalisaation ympäristövaikutukset	3
2.3.1	Sähköverkot ja sähköntuotanto	3
2.3.2	Liikenne.....	4
2.3.3	Rakennukset.....	5
3	Robotisaatio	6
3.1	Robottien historia.....	6
3.2	Robottien käyttö ympäristön seurannassa.....	6
4	Robottien käyttö ympäristön monitoroinnissa – esimerkkitapauksien tavoitteet, työkulku ja menetelmät.....	8
4.1	Tutkimustavoitteet	8
4.1.1	Tapaus 1 Merenpohjan tutkimus.....	8
4.1.2	Tapaus 2 Voimalaitoksen ottovesitunnelin tarkastus.....	8
4.2	Työssä käytetty laitteisto	8
4.3	Tutkimuksen valmistelu ja suunnittelu	10
4.3.1	Sukellusrobotin testaus	10
4.3.2	Sukellusrobotin kytkentä	11
4.4	Tapaus 1 Tutkimuksen suorittaminen	12
4.5	Tapaus 2 Tutkimuksen suorittaminen	14
5	Tulokset.....	15
5.1	Tapaus 1 havainnot	15
5.1.1	Tapaus 2 havainnot	17
6	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	19
	Lähteet.....	20

1 Johdanto

Digitalisaatio ja robotisaatio ovat yleistyneet huomattavasti viime vuosikymmeninä. Tietokoneiden yleistyessä ja laskentatehon kasvaessa, teknologia on ottanut suuria harppauksia eteenpäin. Digitalisaation edetessä, se tulee muuttamaan elämäämme jokaisella osa-alueella.

Ympäristön monitoroinnissa on otettu käyttöön erilaisia teknologioita, mitkä helpottavat ihmisen tekemää työtä. Esimerkiksi satelliitit pystyvät havaitsemaan sellaisia asioita mihin ihmissilmä ei kykene. Robotit ja sensorit helpottavat ympäristön tarkkailua ja seurantaa. Robotit voivat mennä paikkoihin, joihin ihminen ei pääse tai se ei ole turvallista. Tekoäly ja koneoppiminen tulevat ratkaisemaan ongelmia, joihin ihmisen laskentakyky ei enää riitä tai se ei ole ajallisesti järkevää.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää digitalisaation ja robotisaation menetelmiä ympäristön monitoroinnissa. Digitalisaation ja robotisaation edelleen kehittyessä uusia mahdollisuuksia ympäristön monitorointiin tulee jatkuvasti lisää. Opinnäytetyössä esitellään kaksi esimerkkitapausta, joissa on käytetty sukellusrobotia. Ensimmäinen esimerkkitapaus liittyy merenpohjan tutkimukseen ja toinen esimerkkitapaus ottovesitunnelin tarkastukseen.

2 Digitalisaatio

2.1 Yleistä digitalisaatiosta

Digitalisaatio tarkoittaa yhteiskunnan jokaisella osa-alueella käyttöönotettua digitaalitekniikkaa sekä toimintaa, joissa käytetään digitaalista informaatiota hyväksi. Digitaalinen informaatio tarkoittaa, että tietokone pystyy ymmärtämään tätä informaatiota (Lehtoviita, Viinikainen, Nisonen & Heikkonen 2019.). Digitalisaation katsotaan alkaneen kotitietokoneista 1980-luvulla. Digitalisaatio on yksi merkittävä tekijä yhteiskunnan ja liike-elämän kehityksessä ja muutoksessa. Digitalisaation vaikutukset koskevat koko yhteiskuntaa, sillä se muuttaa koko yhteiskunnan rakenteita, kun työt ja vaikuttamisen keinot muuttuvat. (Talentree)

Suurin murros tulee näkymään tietoteknisten järjestelmien ja ratkaisujen tarjonnan kasvuna. Tämä avaa tilaisuuden käyttää lähes kaikessa toiminnassa apuna digitaalista tiedonkäsittelyä ja tekoälyä. Tulevaisuudessa liiketoiminta pitää suunnitella kokonaisvaltaisesti digitalisuutta apuna käyttäen. Viitanen ym. (2019) mukaan maailman kaikesta käytössä olevasta datasta 90 prosenttia on kerätty viimeisimmän kahden vuoden aikana. (Viitanen, Paajanen, Loikkanen & Koivistoinen 2019.)

Binäärijärjestelmä on yleisin digitaalinen järjestelmä, jossa hyödynnetään vain numeroita 0 ja 1. Kun esineitä, asioita tai prosesseja digitalisoidaan, tapahtuu digitalisoitumista. (Lehtoviita ym. 2019.)

2.2 Tekoäly

Koneoppimiseen perustuvista analytiikan ratkaisuista käytetään termiä tekoäly. Tekoäly merkitsee koneen taitoa matkia inhimillistä päättelyä (CGI). Tekoälyn avulla ohjelmat, järjestelmät, palvelut, koneet ja laitteet voivat tehdä tehtävän tai työn järkevällä tavalla. Tekoälyn tutkimuskohteita ovat esimerkiksi hahmontunnistus, luova laskenta ja koneoppiminen. On arvioitu, että 20–50 prosenttia työtehtävistä korvautuu robotiikan, automaation tai tekoälyn avulla 10–15 vuoden kuluessa. (Heikkinen 2017.)

Tekoäly voidaan jakaa niin sanotusti kolmeen erilaiseen tekoälyyn. Nykyiset tekoälyjärjestelmät ovat kapeaa tekoälyä. Kapea tekoäly toimii sille rajoitetuissa puitteissa, eikä sillä ole tietoa oman alansa ulkopuolelta. Vahvalla tekoälyllä tarkoitetaan kattavaa ymmärrystä ja ihmisen tietoisuuden kaltaista tekoälyä. Supertekoälyyn yhdistetään uhkakuvat, joissa laskentatehon kasvu johtaa tekoälyn valtaan. (Heikkinen 2017.)

2.3 Digitalisaation ympäristövaikutukset

Ilmastonmuutoksen seuraukset alkavat näkyä jokapäiväisessä elämässä. Myrkyt, metsäpalot, kuivuudet ja tulvat ovat voimistuneet ja niitä tapahtuu yhä useammin. Myös globaalit ekosysteemit muuttuvat. Tapahtuvat muutokset vaativat päästöjen vähentämistä sekä sopeutumista muutoksiin. Päästövähennykset tarvitsevat muutoksia liikenteeseen, maankäyttöön, asumiseen ja teollisuuteen. Sopeutuminen edellyttää suunnittelua katastrofien varalle sekä ymmärrystä ilmaston ääri-ilmiöiden tulkintaan. (Rolnick, Donti, Kaack, Kochanski, Lacoste, Sankaran, Ross, Milojevic-Dupont, Jaques, Waldman-Brown, Luccioni, Maharaj, Sherwin & Mukkavilli 2019.)

Digiteknologian nopea kehitys ja halpeneminen ovat saaneet laitteiden määrän nopeaan kasvuun. Tällä hetkellä nopeimmin lisääntyvä jätevirta tulee juuri elektroniikkajätteestä. Arviolta elektroniikkajätteestä saadaan vain 20–30 prosenttia kerättyä talteen ja siitä vain murto-osa menee uusiokäyttöön. Ennusteiden mukaan koko maailman energiankulutuksesta 21 prosenttia koostuu ICT-alan energiankulutuksesta vuonna 2030. (Toivonen 2020a.)

Saatavilla olevaa tietoa digitalisaation ympäristövaikutuksista on tällä hetkellä vähän. Tiedot ovat ristiriitaisia ja hajanaisia. Digitalisaation ympäristövaikutusten arviointi on haastavaa, sillä se vaikuttaa kaikilla yhteiskunnan sektoreilla. Vaikuttaa siltä, että suomalaisten kuluttajien suurimman ympäristökuormituksen aiheuttaa palveluntuotanto eli datakeskukset. Suomessa on kansainvälisistä IT-jäteistä datakeskus vain Googella. (Toivonen 2020b.)

SER jäte eli sähkö- ja elektroniikkaromua syntyy kaikista laitteista, jotka ovat toimineet sähkövirralla. Tähän lukeutuvat muun muassa kodinkoneet, sähkötyökalut, tulostimet, tietokoneet, kännykät, televisiot, kamerat ja valaisimet. (SER-kierrätys 2012.)

Vuonna 2015 Suomessa kerättiin 63000 tonnia SER-jätettä ja Helsingissä SER-jätettä kerättiin noin 15000 tonnia vuonna 2016. Tästä määrästä noin 89 prosenttia kierrätettiin ja 2,9 prosenttia energiahyödynnettiin (Uudenmaan liitto). Suomessa SER-jätteen käsittelyä on tutkinut esimerkiksi Jyväskylän yliopiston kemian laitos. Piirilevymurskeessa harvinaisia maametalleja voi olla 600–750 milligrammaa yhtä kiloa kohden. (Saarinen 2017.)

2.3.1 Sähköverkot ja sähköntuotanto

Sähköjärjestelmistä aiheutuu noin neljännes kasvihuonekaasuista joka vuosi. Vähäpäästöisten ja uusiutuvien energianlähteiden kysyntä kasvaa jatkuvasti. Sähkön käytöstä aiheutuvien päästöjen vähentämiseksi yhteiskuntien on siirryttävä nopeasti

uusiutuviin energiamuotoihin kuten aurinko-, tuuli-, vesi- ja ydinenergiaan. (Rolnick ym. 2019.)

Koneoppimisesta ja tekoälystä on hyötyä sähköverkkojen käyttöönottoon, tutkimiseen sekä operointiin. Näillä on mahdollisuus nopeuttaa laitteiden kehitystä, parantaa kysynnän ja tarjonnan ennusteita, parantaa sähköverkon optimointia ja huoltoa sekä parantaa järjestelmän seuranta. (Rolnick ym. 2019.)

Lyhyen aikavälin ennusteet edesauttavat energiayhtiöitä vähentämään tuotantoa enemmän saastuttavilta laitoksilta. Pidemmän aikavälin ennusteiden kautta energiayhtiöt pystyvät paremmin määrittelemään mihin ja milloin uudet laitokset tulisi rakentaa. Vaikka nykyään energiayhtiöt käyttävät ennusteita päätöksen tekoon, on ennusteiden tarkkuutta mahdollista parantaa tekoälyn avulla. (Rolnick ym. 2019.)

Tutkijat kehittävät jatkuvasti uusia materiaaleja, joiden avulla voidaan varastoida energiaa paremmin. Aineiden fysikaalisia ominaisuuksia ei täysin tunneta, joten uusien materiaalien kehitys on usein hidasta ja epätarkkaa. Tekoälyä ja koneoppimista hyödyntäen materiaalien kehitysprosesseja voidaan automatisoida käyttämällä tutkimuksissa käytettyä dataa, fysiikkaa ja jopa laajentamalla olemassa olevaa tietoa. (Rolnick ym. 2019.)

Kun sähköä siirretään energialaitoksilta kuluttajille, siinä tapahtuu väistämätöntä energiahäviötä. Osa siitä on kuitenkin mahdollista saada talteen, sillä tekoäly ja koneoppiminen pystyvät ehkäisemään tätä energiahäviötä ennaltaehkäisevillä huoltotoimilla, sähkölinjoilta saatavan datan avulla. (Rolnick ym. 2019.)

2.3.2 Liikenne

Maailmanlaajuisesti liikenteestä muodostuvat päästöt ovat noin 25 prosenttia. Liikenteen päästöjä ei olla onnistuttu vähentämään, sillä tämänhetkiset polttoaineet ovat hyvin energiapitoisia ja niiden korvaaminen vähäpäästöisillä vaihtoehdoilla on vaikeaa ja hidasta. Matkustus- ja rahtiliikenne tuottavat suurin piirtein saman verran päästöjä. Näihin kuuluvat tie-, rautatie-, meri- sekä lentoliikenne. Liikenteen päästöjen vähentämiseksi on vähennettävä liikennettä, parannettava ajoneuvojen tehokkuutta, tehostettava vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöä ja sähköistystä sekä siirtyä käyttämään vähäpäästöisiä vaihtoehtoja, kuten junia. (Rolnick ym. 2019.)

Vuoteen 2030 mennessä Suomi on kansallisella tasolla sitoutunut vähentämään kotimaan liikenteen päästöjä 50 prosentilla. Tästä on sovittu energia- ja ilmastostrategiassa vuonna 2016, kesäkuun 2019 hallitusohjelmassa sekä keskipitkän aikavälin

ilmastosuunnitelmassa. (Andersson, Jääskeläinen, Saarinen, Mänttari & Hokkanen 2020. 17.)

Rolnick ym (2019) mukaan suurilta osin liikenteestä ei saada tarpeeksi dataa ja yleensä päättäjät tekevät päätöksiä ilman kunnollista tietoa. Lähivuosina saataville on tullut erilaisia sensoreita. Koneoppimista ja tekoälyä hyödyntämällä tästä datasta on mahdollista saada hyödyllistä tietoa.

Kiristynyt kilpailu ja kustannusten nousu velvoittaa yrityksiä miettimään myös kuljetusketjujen tehokasta suunnittelua. Vähentämällä työtunteja ja polttoaineen kulutusta yritykset voivat parantaa asiakastyytyvyyttä ja pienentää päästöjä. (Siltala 2019.)

Teollinen valmistus, logistiikka ja rakennusten materiaalit ovat vaikea kohde vähentää kasvihuonepäästöjä. Tekoälyä hyödyntäen on mahdollista havaita optimaaliset toimitusketjut ja näin ollen vähentää päästöjä. Yksi konkreettinen esimerkki on, että heitämme globaalisti 1,3 miljardia tonnia ruokaa hävikkiin. Tämä vastaa noin kolmasosaa kaikesta tuottamastamme ruuasta. Optimoimalla toimitusreitit ja parantamalla kysynnän ennusteita voitaisiin vähentää hävikkiä. (Rolnick ym. 2019.)

2.3.3 Rakennukset

Vuonna 2014 YK:n raportin mukaan 54 prosenttia ihmisistä asuu kaupunkialueilla, ja vuoteen 2050 mennessä ihmisiä asuu kaupunkialueilla 66 prosenttia. Kestävien kaupunkiympäristöjen luomiseksi, kaupungeista on Loricin (2015) mukaan tehtävä älykkäitä kaupunkeja. (Lorica 2015)

Noin neljäsosa globaaleista kasvihuonekaasupäästöistä tulee rakennusten energian kulutuksesta. Tänä päivänä on mahdollista saada rakennusten energiankulutus jopa hiilinegatiiviseksi. Rakennukset vaihtelevat suuresti iän, käyttötarkoituksen ja omistuksen puolesta, joten yhtä helppoa strategiaa ei ole. Esimerkiksi rakennukset, jotka pystyvät hyödyntämään vähähiilistä energiaa, eivät välttämättä tarvitse älykkäitä valoja. Toisaalta taas ilmastonmuutoksen myötä lämpöaallot lisääntyvät ja joillakin alueilla ilmaston merkitys kasvaa. (Rolnick ym. 2019.)

Lisäämällä rakennuksista saatavaa tiedon määrää voidaan tekoälyn ja uusien sensorien avulla tuottaa tietoa, jolla voidaan lisätä rakennusten energiatehokkuutta sekä auttaa päätöksenteossa. Esimerkiksi tehotonta valojen ja lämmityksen käyttöä voidaan optimoida niihin tiloihin, jotka ovat käytössä. Näiden käyttöä voidaan myös seurata tekoälyn avulla. (Rolnick ym. 2019.)

3 Robotisaatio

3.1 Robottien historia

Roboteilla on pitkä ja tunnettu historia. Robotti sana tulee tsekkiläisen näytelmäkirjailijan Karel Capek näytelmästä R.U.R-Rossum's Universal Robots. Rabota, joka tarkoittaa vanhassa slaavin kielessä tarkoittaa orjuutta tai työhön pakottamista. Muita nykypäivänäkin roboteiksi luokiteltavia laitteita ja koneita löytyy historian kirjoista. Esimerkiksi renessanssi ajan taiteilijalla Da Vincilla, oli konsepteja erilaisista laitteista. 1400–1500 luvun tekniikoilla näitä ei kuitenkaan ollut mahdollista valmistaa. (Pruthi 2012.)

Vuonna 1961 General Motorsin tehtaalle valmistui maailman ensimmäinen teollisuusrobotti Unimate, jonka tehtäviin kuului autonomien käsittely. Robotit ovat yleensä suorittaneet tylsiä ja vaarallisia työtehtäviä tehtaissa. Syy robottien ja automaation yleistymiseen on ollut teollisuusrobottien hintojenlasku sekä työvoiman hinnannousu. Samalla roboteista on tullut kehittyneempiä ja tehokkaampia. Aikaisemmin robotit työskentelivät omissa tiloissa, mutta nykyään ja tulevaisuudessa ne pystyvät työskentelemään yhteistyössä ihmisen kanssa. Näistä käytetään termiä collaborative robotics tai cobots. (Hiltunen 2019.)

Robotit ja algoritmit suorittavat työtehtävänsä ihmisiä tarkemmin, nopeammin ja halvemmalla. Kuitenkin robottien ja tekoälyn heikkouksia on, että ne on suunniteltu vain yhteen tehtävään. (Hiltunen 2019.)

3.2 Robottien käyttö ympäristön seurannassa

Ympäristön seuranta on usein erittäin aikaa vievää ja tätä kautta kallista. Huolimatta laaja-alaisesta työvälineiden käytöstä, seuranta on usein manuaalista kannettavilla laiteilla. Varsinkin vesiympäristön seuranta on ongelmallinen johtuen vesistöjen suuresta koosta ja saavutettavuudesta. Tällaisessa ympäristössä on vaikea tehdä tilastollisesti merkityksellisiä mittauksia ja luotettavia tuloksia. Pilaantuminen ja saastuminen on harvoin täysin paikallista ja sen seuranta ilmassa tai vedessä on työlästä tai joskus jopa mahdotonta. Myöskin saastumisen lähdettä on nykytekniikoilla vaikea löytää. Tähän ongelmaan on ehdotettu erilaisia robottiratkaisuja. (Bogue 2011.)

Monet tutkimusryhmät ovat kehittäneet niin sanottuja robottikalvoja pilaantuneen vesiympäristön seuraamiseksi. Näillä roboteilla on mahdollisuus kerätä tietoa pilaantumisesta ja muuttujista valtamerissä. Esimerkiksi Massachusettsin teknillisen korkeakoulun (MIT) insinöörit esittelivät vuonna 1994 Robotuna robottikalaa, johon kuului 2843 komponenttia sekä kuusi ohjausmoottoria. Myöhemmin MIT:ssä on kehitelty

yksinkertaisempia robotteja, joiden pituus vaihtelee 12–20 senttimetrin välillä. (Bogue 2011.)

Kaasu- ja öljy-yhtiöt käyttävät ympäri maailmaa yhä enemmän drooneja diagnosointiin, ylläpitoon, laitteistojen seurantaan ja turvallisuuteen. Anturitekniikan kehittyessä niiden ennustetaan havaitsevan mahdolliset viat ja uhat infrastruktuurille. Pelkästään Pohjois-Amerikassa on noin 490 000 kilometriä kaasuputkia ja siihen liittyvää infrastruktuuria, joka tarvitsee seurantaa. (Newman 2016.)

Huhtikuussa vuonna 2020 avaruudessa oli lähes 3 000 toiminnassa olevaa satelliittia. Käytöstä poistuneita satelliitteja arvioidaan olevan kaksinkertainen määrä. Euroopan avaruusjärjestö arvioi maata kiertävällä radalla olevan 29 000 kappaletta avaruusromua, joiden koko on suurempi kuin 10 senttimetriä. (Anusuya 2020.)

Satelliitit ovat ihanteellinen tapa havainnoida globaaleja sääilmiöitä. Satelliitit pystyvät havaitsemaan sellaisia asioita, joita ihminen ei pysty. Näistä esimerkkejä ovat pilviverhon koko, veden höyrystyminen, myrskyt, aerosolit sekä tuulen nopeus ja suunta. Satelliitit voivat merellä tarkkailla merituulia, merivirtauksia, merenpinnan korkeutta sekä suurempia sääilmiöitä kuten El Ninoa. (Medina 2010.)

SYKE seuraa Suomessa satelliittikuvien avulla ympäristön tilaa. Havaintojen avulla saadaan tietoa järvien lämpötiloista, a-klorofyllipitoisuuksista, näkösyvyydestä sekä humuspitoisuudesta. (Suomen ympäristökeskus 2015)

4 Robottien käyttö ympäristön monitoroinnissa – esimerkkitapauksien tavoitteet, työnkulku ja menetelmät

4.1 Tutkimustavoitteet

Ensimmäinen esimerkkitapaus käsittelee merenpohjan tutkimusta, jossa tarkoituksena oli kartoittaa merenpohjan muotoja sekä etsiä räjähteitä ja vaarallisia esineitä. Toinen esimerkkitapaus käsittelee voimalaitoksen ottovesitunnelin tarkastusta. Tarkastuksen tavoitteena oli havaita ottovesitunnelin sortumat, sortumariskikohdat sekä tunnelin pohjalle muodostuneen sedimentin määrä. Sedimentin määrän havainnoinnissa pyritään saamaan selville, kuinka nopeasti tunneli täyttyy.

4.1.1 Tapaus 1 Merenpohjan tutkimus

Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa merenpohjan muotoja sekä havainnoida mahdollisia räjähteitä tai muita vaarallisia esineitä merenpohjasta Itämerellä. Tutkimusalue oli aikaisemmin tutkittu viistokaikuluotauksella sekä magnetometrillä. Viistokaikuluotauksen tulokset näyttivät suuret objektit merenpohjasta. Magnetometrin tuloksista nähtiin poikkeamat magneettikentän voimakkuudessa, jolloin voitiin epäillä pohjasta tai pohjan alta löytyvää magneettista materiaalia, esimerkiksi rautaa. Kuitenkaan kummastakaan näistä ei saatu riittävän tarkkoja tuloksia, jotta voitaisiin varmistaa merenpohjan turvallisuus. Näistä molemmista tuloksista koottiin kohdelista koordinaatein, jotka tarkastettiin tarkemmin sukellusrobotin avulla.

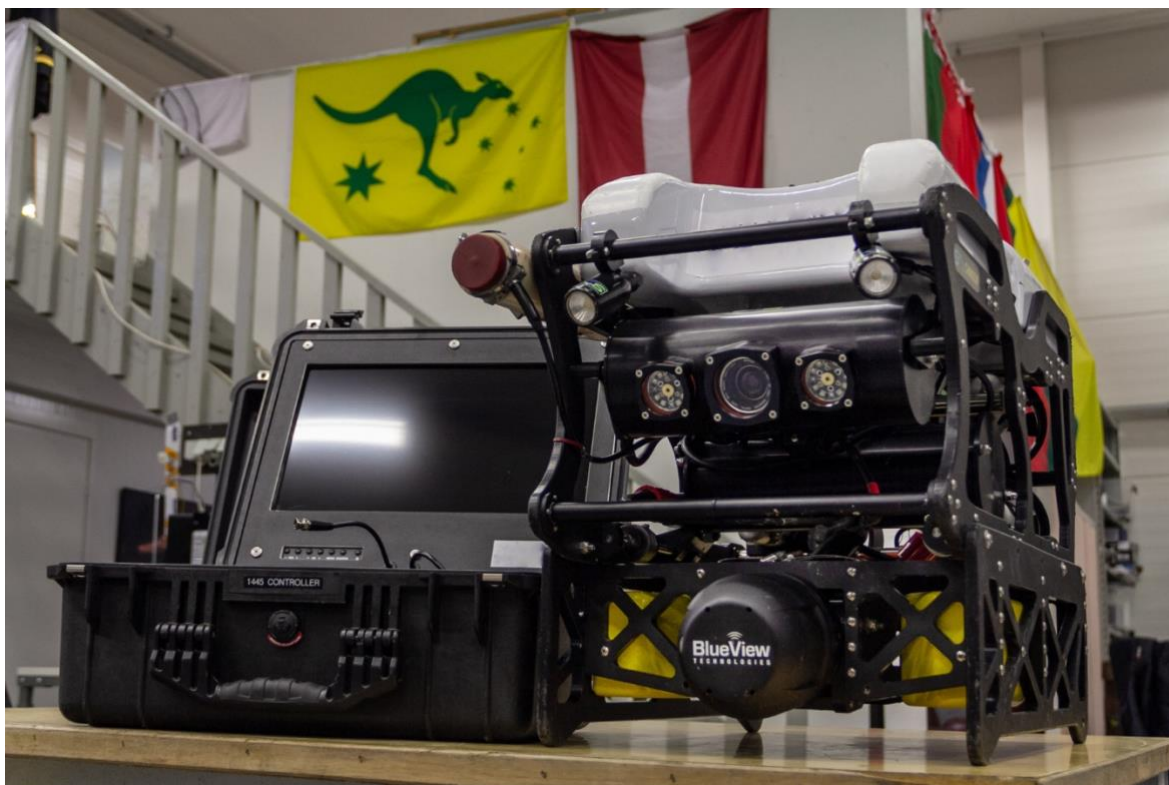
4.1.2 Tapaus 2 Voimalaitoksen ottovesitunnelin tarkastus

Tutkimuksen tavoitteena oli tarkastaa voimalaitoksen ottovesitunnelin kunto. Tutkimuksessa tarkasteltiin vesitunnelin yleistä kuntoa. Tähän kuului sortumien havaitseminen, mahdollisten sortumisriskien havaitseminen, sedimentin kertyminen tunneliin sekä tunnelin katosta tippuneiden kivien määrä ja koko. Tunneli oli tarkastettu vuotta aikaisemmin, joten tarkoitus oli vertailla tunnelissa tapahtuneita muutoksia. Edellisen tarkastuksen jälkeen tunnelin läheisyydessä oli suoritettu räjäytyksiä, minkä vuoksi tunnelin kunto oli tarkastettava.

4.2 Työssä käytetty laitteisto

Molemmat tapaukset 1 ja 2 suoritettiin samalla laitteistolla. Laitteistoon kuuluu muuntaja, ohjausyksikkö, kannettava tietokone, robottiin kytkettävä ohjauskaapeli ja kauko-ohjattava sukellusrobotti. Ohjausyksiköllä nimensä mukaisesti ohjataan robottia haluamaansa

suuntaan. Ohjausyksikköön kuuluu näyttö, josta sukellusrobotin kuvaama videokuva näkyy. Näytöllä näkyy lisäksi kompassisuunta, syvyys, veden- ja laitteistonlämpötila, sukellusrobotin kallistus sekä aika ja päivämäärä. Ohjausyksiköstä on mahdollista ottaa kaikuluotaimen data tietokoneelle. Tässä työssä käytetyt kaikuluotaimet olivat Teledyne Marine Blueview P900-130 sekä Imagenex 852. Blueview P900-130 on tarkoitettu navigointiin ja Imagenex 852 pohjan tai tunnelin profiilin määrittämiseen.



Kuva 1. Tutkimuksessa käytetty sukellusrobotti ja ohjausyksikkö

Työssä käytettiin Kanadassa valmistettua kauko-ohjattavaa Seamor Marine Chinook -sukellusrobotia (Kuva 1). Sukellusrobotissa on kuusi moottoria. Neljä näistä moottoreista työntää sukellusrobotia eteen- tai taaksepäin ja kaksi moottoria ylös- ja alaspäin. Sukellusrobotissa on neljä valoa eteenpäin sekä yksi valo taaksepäin. Lisäksi siinä on kaksi videokameraa, yksi edessä ja yksi takana. Videokuvaa voidaan tallentaa erilliselle laitteelle, esimerkiksi muistikortille. Sukellusrobottiin oli asennettu lisävarusteeksi kaikuluotain tutkimuksen helpottamiseksi. Kaikuluotainten on tarkoitus helpottaa kohteiden havainnointia sekä vedenalaista navigointia. Sukellusrobotti painaa lisävarusteiden kanssa noin 40 kiloa.

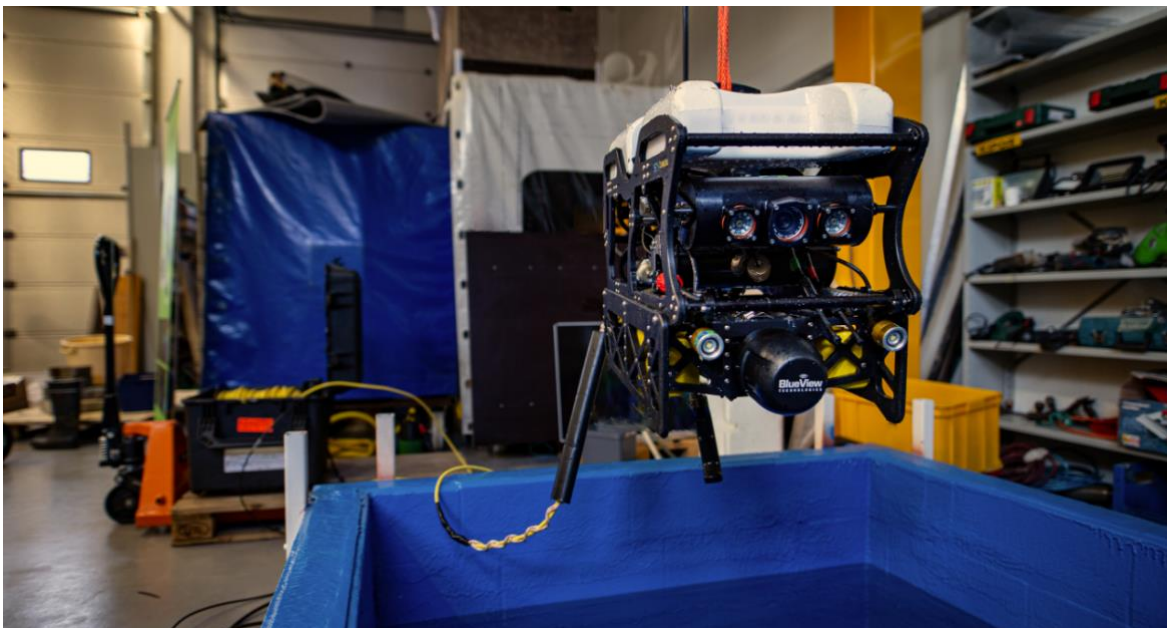
Tiedonsiirto sukellusrobotin ja pinnan välillä tapahtuu ohjauskaapelia pitkin. Ohjauskaapelin toinen pää kiinnitetään ohjausyksikköön ja toinen pää sukellusrobottiin. Tutkimuksissa käytetyn kaapelin pituus oli 2000 metriä. Ohjauskaapeli on vedessä neutraali eli se kelluu paikallaan. Kaapelikelassa on kaapelilaskuri, joka kertoo kuljetun matkan. Tätä tarvitaan varsinkin tunneleissa, jotta tiedetään, kuinka kaukana jokin kohde on.

4.3 Tutkimuksen valmistelu ja suunnittelu

Työn valmistelu ja suunnittelu ovat tärkeimpiä vaiheita tutkimusta suorittaessa. Ennakoaineiston tarkka läpikäynti helpottaa työn suorittamista. Valmisteluvaiheessa käydään läpi ennakkotiedot kohteesta, mihin lukeutuvat kartat, koordinaatit, kohteen syvyys, viistokaikuluotaimen kuvat sekä mahdolliset aikaisemmat tutkimukset. Valmisteluun kuuluu myös sukellusrobotin testaus ja säätäminen. Ennen varsinaista tutkimusta aikataulutetaan koko projekti tarkasti.

4.3.1 Sukellusrobotin testaus

Sukellusrobotin testaus suoritettiin testialtaassa. Allas on 2 metriä pitkä, 1,6 metriä leveä ja sen syvyys on noin 1,6 metriä. Testauksen tarkoituksena on varmistaa, että sukellusrobotti toimii sille tarkoitetulla tavalla. Sukellusrobotin kaikki toiminnot käytiin läpi yksitellen. Moottorit testattiin kuivalla ja testialtaassa (Kuva 2). Kuivalla on mahdollista kuulla häiriöääniä, jos esimerkiksi moottorin lapa osuu sen suojakehikkoon. Altaassa testataan, että moottorit työntävät normaalisti. Molempien videokameroiden toiminta tarkistettiin. Etummaisena videokameran tilt-toiminto eli kameran kääntyvyys sekä zoom-toiminto tarkistettiin.

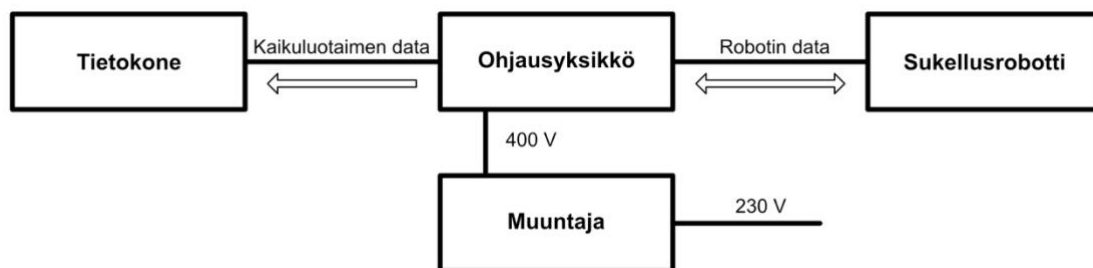


Kuva 2. Sukellusrobotti ja testiallas

Kun sukellusrobotin kaikki toiminnot oli tarkistettu, suoritettiin kellutus. Kellutuksen tarkoituksena on saada veden nosteen kannalta sukellusrobotti mahdollisimman neutraaliksi, jotta sitä on helppo ohjata. Esimerkiksi, jos robotti olisi liian painava, täytyisi ylöspäin nostavia moottoreita käyttää jatkuvasti, jos haluttaisiin pysyä samassa syvyydessä. Kellutus tehdään kuitenkin niin, että häiriötilanteessa sukellusrobotti nousee hitaasti pintaan. Sukellusrobotin lisälaitteet vaihtelevat tehtävien myötä, joten sukellusrobotin paino muuttuu, tällöin on tehtävä kellutus.

4.3.2 Sukellusrobotin kytkentä

Sukellusrobotti kytketään kaapelilla ohjausyksikköön. Tätä kaapelia pitkin kulkeva data liikkuu molempiin suuntiin. Muuntajaan kytketään perinteinen sinimuotoinen vaihtovirta, jonka vaihejännite on 230 voltia. Muuntaja muuttaa tämän 400 voltiksi, jotta jännite riittää 2000 metrin kaapeliin. Ohjausyksikkö toimii 230 voltin jännitteellä. Ohjausyksiköstä ohjataan kaikuluotainten data tietokoneelle.



Kuva 3. Sukellusrobotin kytkentä.

4.4 Tapaus 1 Tutkimuksen suorittaminen

Tutkimus suoritettiin kahdessa osassa Itämerellä syyskuussa 2018. Toinen osuus suoritettiin Inkoosta Tallinnaan päin ja toinen osa Tallinnasta Inkooseen päin. Tämän tarkoituksena oli vähentää logistiikkaan käytettävää aikaa.

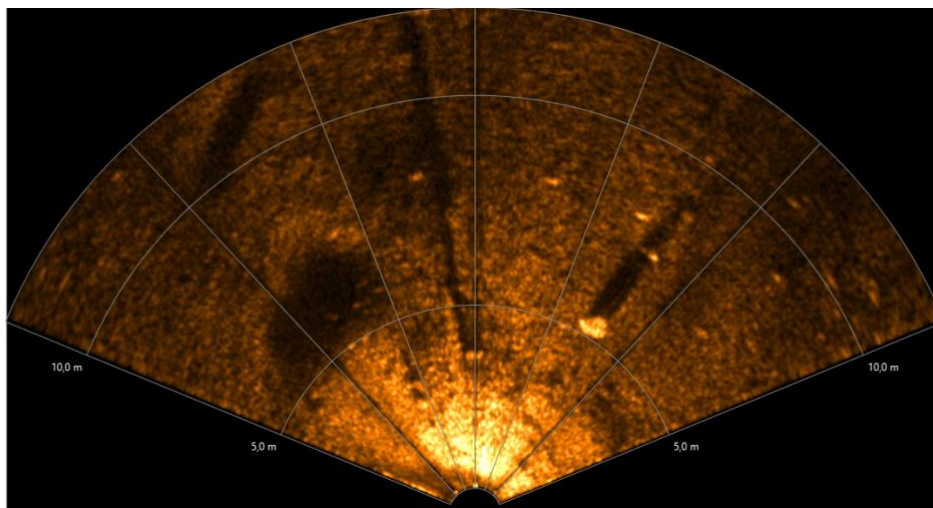
Alukselle rakennettiin ohjauskeskus, johon sijoitettiin ohjausyksikkö, muuntaja sekä tietokoneet. Ohjauskeskus rakennettiin työmaakopin sisään, jotta laitteet pysyvät kuivina. Sukellusrobotti sijoitettiin aluksen laidalle mahdollisimman lähelle ohjauskoppia. Sukellusrobotti laskettiin ja nostettiin vedestä pienellä nosturilla. Tähän kaikkeen tarvittiin vähintään kolme työntekijää; sukellusrobotin pilotti, kaikuluotainten tarkkailija ja kaapelista huolehtiva työntekijä.

Alus ohjattiin kohteen läheisyyteen. Kohteen GPS koordinaateilla, aluksen GPS järjestelmän vastaanottimen kohdalla paino tiputettiin pohjaan. Painoon oli kiinnitetty köysi, jonka toisessa päässä oli poiju. Kun poiju oli asettautunut, sukellusrobotti voitiin nostaa veteen. Alusta ohjattiin noin 50 metriä koordinaateista poispäin. Tällä vältettiin sukellusrobotin kaapelia sotkeutumasta aluksen potkureihin.



Kuva 4. Kohteen kohdalle tiputettu paino. (Yrityksen kuva-arkisto 2018)

Sukellusrobotti ohjattiin pinnalla poijulle, joka oli juuri tiputettu. Sukellusrobotilla aloitettiin laskeutuminen pohjalle poijusta lähtevän köyden avulla. Tämä suoritettiin niin, että kun köysi oli näkyvässä sukellusrobotin kaikuluotaimessa, voitiin aloittaa laskeutuminen. Laskeutumisen aikana köysi pidettiin 5-10 metrin päässä sukellusrobotista sotkeutumisen ehkäisemiseksi. Kohteista oli ennakkoon tiedossa niiden syvyys, joten ennen pohjaa voitiin hidastaa sukellusrobotin laskeutumista, jotta merenpohja-aines ei päässyt pöllähtämään ja siten heikentämään näkyvyyttä. Pohjalla etsittiin sinne pudotettu paino, joka toimi tarkastusalueen keskipisteenä (Kuva 4). Tästä keskipisteestä suoritettiin etsintä noin 15 metrin säteellä hyödyntäen sukellusrobotin kompassia ja kaikuluotaimia (Kuva 5). Jos tarkastuspisteeltä ei löytynyt mitään, aloitettiin sukellusrobotin nousu pintaa kohti. Pinnalla sukellusrobotti ohjattiin aluksen läheisyyteen, mistä se nostettiin takaisin kannelle.



Kuva 5. Blueview luotaimen kuvaa pohjasta. (Yrityksen kuva-arkisto 2018)

4.5 Tapaus 2 Tutkimuksen suorittaminen

Tunnelitarkastus suoritettiin tammikuussa 2019. Ohjauskeskus rakennettiin pakettiauton takatilaan, jotta laitteet pysyvät kuivina. Tällä kertaa kaapelikela jätettiin auton sisään. Tutkimuksessa tarvittiin kolme työntekijää; sukellusrobotin pilotti, kaikuluotainten tarkkailija ja kaapelista huolehtiva työntekijä.

Edellinen tarkastus oli suoritettu noin vuosi sitten, joten ennakkotiedoista tiedettiin tunnelin olevan noin 400 metriä pitkä. Sukellusrobotti nostettiin ottotunnelin meren puoleiseen pätyyn. Virtaus kulki mereltä voimalaitoksen suuntaan. Tunnelin suu sijaitsi noin 11 metrin syvyydessä ja tunnelin halkaisija oli noin 3,5 metriä.

Sukellusrobotilla edettiin tunnelia pitkin noin 11 metriä kerrallaan. Tunnelissa oli 11 metrin välein betoninen tukirakenne. Tukirakenteiden kunto tarkastettiin ja arvioitiin niiden päälle muodostunut sedimenttikerros. Myös tunnelin pohjalle muodostuvaa sedimenttiä tarkasteltiin kaikuluotaimen avulla. Tunnelista etsittiin tunnelin katosta tippuneita kiviä ja lohkareita.

5 Tulokset

5.1 Tapaus 1 havainnot

Kaikki kohteet sijaitsivat 50–80 metrin syvyydessä. Suurin osa tarkastetuista kohteista olivat suuria kiviä. Näitä voitiin epäillä viistokaikuluotauksen tuloksista. Kaikista magnetometrin antamien kohteiden koordinaattien läheisyydestä ei tarkastuksessa havaittu mitään. Tämä voi johtua siitä, että kohde oli syvällä sedimentissä tai merenpohja on aiheuttanut magneettista häiriötä mittalaitteisiin.

Vaikka useimmat kohteista olivat kiviä, merenpohjasta kuitenkin löytyi erilaisia kohteita; kattiloita (Kuva 6), rautaketjuja, rautaputkia, ankkuri ja tynnyri (Kuva 7). Löydöksen arviointi ei kuulunut tutkimukseen.



Kuva 6. Pohjalta löydetty metallinen kattila (Yrityksen kuva-arkisto 2018)



Kuva 7. Tynnyri meren pohjassa. (Yrityksen kuva-arkisto 2018)



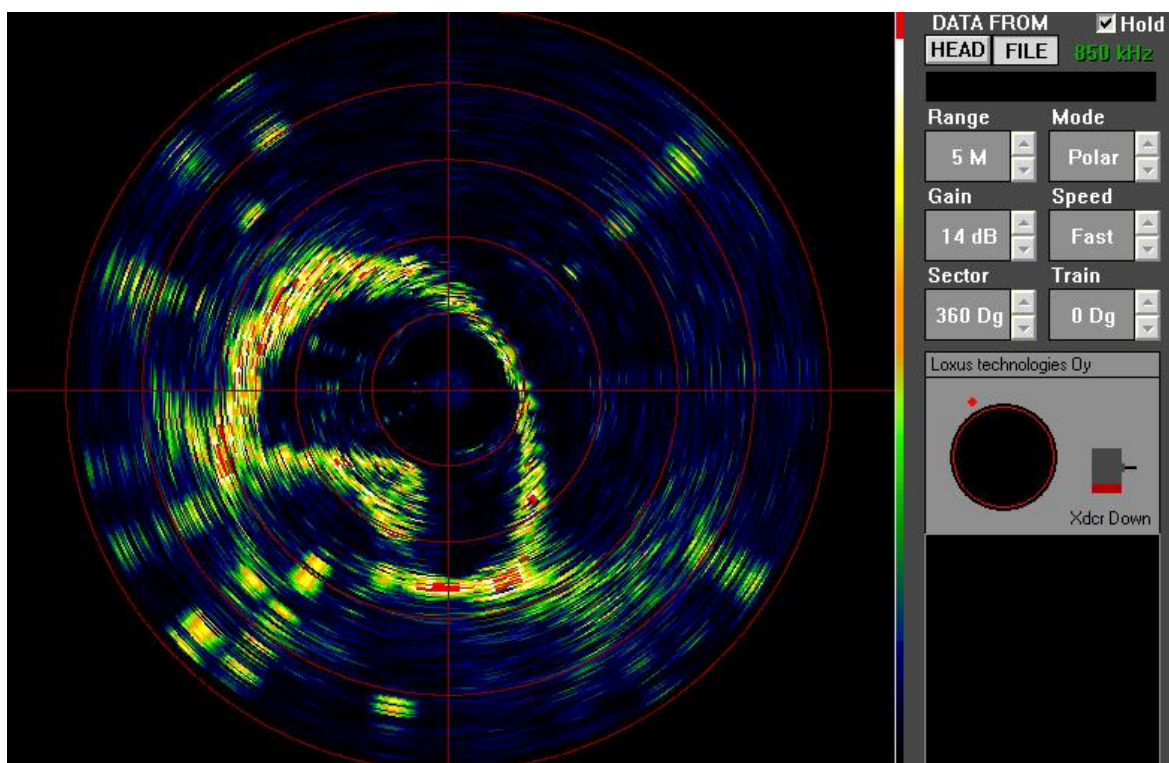
Kuva 8. Ruostunut esine. (Yrityksen kuva-arkisto 2018)

5.1.1 Tapaus 2 havainnot

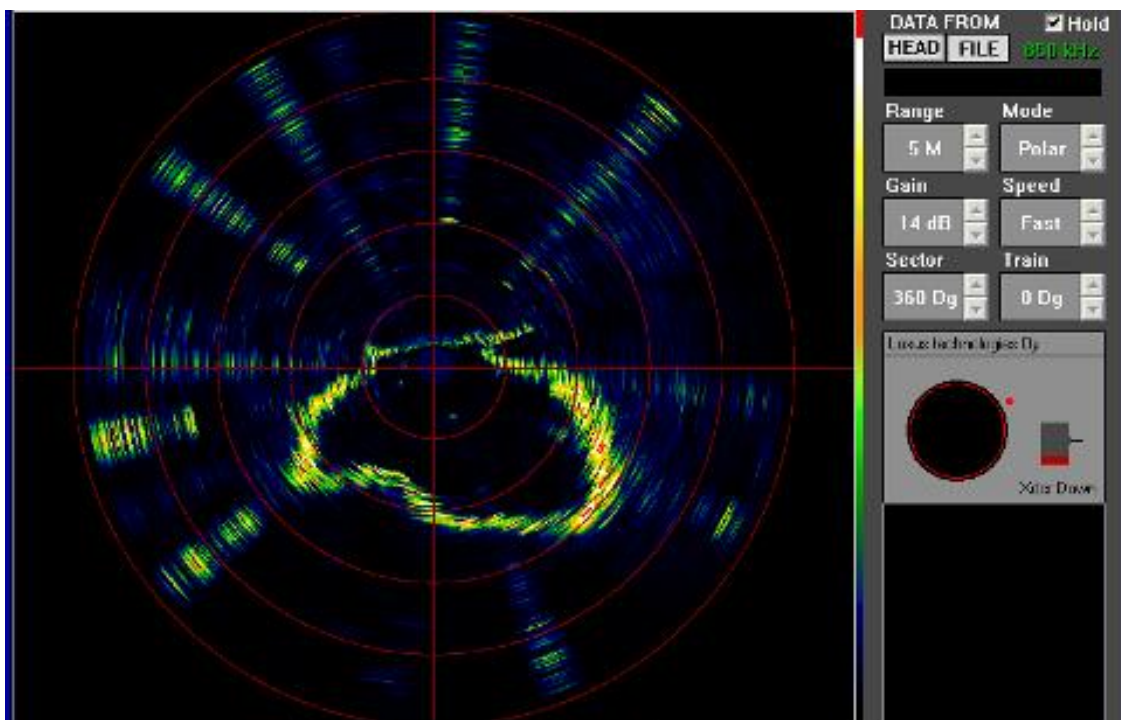
Tunnelissa voitiin havaita vähäistä sedimentin kertymistä tunnelin pohjalle sekä betonisten tukirakenteiden päälle, kun verrattiin tuloksia edellisen vuoden tarkastukseen. Sedimentin määrä lisääntyi tunnelissa, mitä pidemmälle tunnelia kuljettiin.

Kuvasta 8 voidaan nähdä tunnelin olevan tyhjä sedimentistä. Kun kuvaa 9 ja 10 verrataan, voidaan huomata sedimentin kertyneen kuvassa 10 enemmän tunnelin pohjalle. Mitä pidemmälle tunnelissa edettiin, sitä enemmän sedimenttiä oli kertynyt. Tämä johtui veden virtauksesta laitokseen.

Tunnelista ei löydetty sortumia tai sortumavaaraa aiheuttavia tekijöitä. Peruskunnoltaan tunneli oli hyvässä kunnossa. Ainoa muutos edellisvuoden tarkastukseen oli tapahtunut sedimentin määrässä, mitä oli kasaantunut pohjalle muutamia senttejä.



Kuva 9. Imagenex 852 luotaimen piirtämä tunnelin profiili. (Yrityksen kuva-arkisto 2019)



Kuva 10. Imagenex 852 piirtämä tunnelin profiili. (Yrityksen kuva-arkisto 2019)



Kuva 11. Betoninen tukirakenne. (Yrityksen kuva-arkisto 2019)

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Digitalisaation tulevaisuuden vaikutuksista voidaan tehdä vain arvauksia. Teknologioiden kehityksen myötä ihmisen elämä tulee muuttumaan radikaalisti. Digitalisaatio tulee vaikuttamaan jokaisella elämän osa-alueella. Uudet teknologiat mahdollistavat niin sanotusti helpomman huomisen, mutta asiaan liittyy kuitenkin paljon riskejä. Teknologian yleistymisen ja halpenemisen johdosta, yritysten on helpompi lähteä investoimaan uuteen teknologiaan. Robotisaatio on tuonut helpotusta sellaisiin töihin, joita on vaarallista suorittaa tai ovat muuten hyvin yksitoikkoisia. Teknologian kehittyessä haastavimmatkaan työt eivät ole ongelma. Ihminen on kuitenkin taipuvainen tekemään virheitä, mitä koneet eivät oikein ohjelmoituna ole. Se miten koneet ja ihminen saadaan tekemään yhteistyötä mutkattomasti, on vielä haaste.

Merenpohjan tutkimuksessa kohteiden määrä sekä syvyys vaikeuttaa tutkimuksen teettämistä sukeltajilla. Haasteelliseksi tämän tekee se, että pohja-ajan ollessa 20 minuuttia 60 metrin syvyydessä, sukeltajan pintaan nousussa kestää vähintään 72 minuuttia (Pelastusopisto 2007). Ohjauskaapelin ansiosta sukellusrobotin teoreettisesti lähes loputon pohja-aika takaa turvallisen ja kattavan tutkimuksen. Sukellusrobotin luotaimet helpottivat kohteiden etsintää huomattavasti. Merisää toi omat haasteensa tutkimuksiin. Tuulten ollessa yli 7 metriä sekunnissa, ei sukellusrobotin laskua veteen ollut mahdollista suorittaa turvallisesti.

Tunnelitutkimuksessa sukellusrobotin toimintasäde oli riittävä, pitkän kaapelin ansiosta. Tehdyt tutkimukset osoittivat sukellusrobotin olleen soveltuva, tehokas ja turvallinen apuväline. Suurin osa Suomen betonisista vesitunneleista on valmistettu 50–60 luvulla. Näiden kunnontarkastaminen sukellusrobotilla hyödyntäen on pieni menoerä verrattuna tunneleiden kokonaiseen romahtamiseen. Tunneleiden romahtaessa koko tuotanto voidaan joutua keskeyttämään.

Tämän opinnäytetyön tavoite oli tutkia ja perehtyä digitalisaation ja robotisaation tuomiin mahdollisuuksiin ympäristön monitoroinnissa sekä esittää kaksi tutkimusta, joissa hyödynnettiin sukellusrobotia. Opinnäytetyössä esitetyissä esimerkkitaapauksissa on havaittavissa eroja, kuten eri olosuhteet sekä tutkimuksen tarkoitus. Tuloksista kuitenkin nähdään, että sama sukellusroboti soveltui erinomaisesti molempiin tutkimuksiin. Sukellusrobotia voidaan siis käyttää turvallisesti ja tehokkaasti erilaisiin kohteisiin.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja antoi uusia näkökulmia tulevaisuuteen. Opinnäytetyö kuitenkin jäi vain pintaraapaisuksi aiheesta. Mitä syvällisemmin ja yksityiskohtaisemmin aiheeseen tutustui, sitä mielenkiintoisempia sovelluskohteita löytyi.

Lähteet

Andersson, A. Jääskeläinen, S. Saarinen, N. Mänttari, J. Hokkanen, E. 2020. Fossiilittoman liikenteen tiekartta -työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriö.

Anusuya, D. 2020. How many satellites orbit Earth and why space traffic management is crucial? [viitattu 11.11.2020]. Saatavissa <https://www.geospatialworld.net/blogs/how-many-satellites-orbit-earth-and-why-space-traffic-management-is-crucial/>

Bogue, R. 2011. Robots for monitoring the environment. Industrial Robot: An International Journal.

CGI. Mitä on tekoäly? [viitattu 26.10.2020]. Saatavissa <https://www.cgi.fi/fi/mita-on-tekoaly>

Heikkinen, S. 2017. Tekoäly muuttaa maailman – pian se tekee jopa lääkärin ja juristin töitä [viitattu 22.10.2020]. Saatavissa <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2017/06/04/tekoaly-muuttaa-maailman-pian-se-tekee-jopa-laakar-in-ja-juristin-toita>

Hiltunen, E. 2019. Tulossa huomenna — Miten megatrendit muokkaavat tulevaisuuttamme. Dosendo.

Lehtoviita, T. Viinikainen, M. Nisonen, J. Heikkonen, S. 2019. Näkökulma: Digitalisaatio on ratkaisu – mikä on ongelma? [viitattu 02.08.2020]. Saatavissa <https://www.saimia.fi/suunta/nakokulma-digitalisaatio-on-ratkaisu-mika-on-ongelma/>

Lorica, B. 2015. How intelligent data platforms are powering smart cities [viitattu 20.10.2020]. Saatavissa <https://www.oreilly.com/radar/how-intelligent-data-platforms-are-powering-smart-cities/>

Medina, M. 2010. How Things Work: Environmental Satellites [viitattu 28.09.2020]. Saatavissa <https://ourworld.unu.edu/en/how-things-work-environmental-satellites>

Newman, N. 2016. Drones Soaring as Oil & Gas Monitoring, Safety Tool. Pipeline & Gas Journal 12/2016.

Pelastusopisto. 2007. Turvatoimet pelastustoimen vesisukellukseen [viitattu 20.11.2020]. Saatavissa <https://www.pelastusopisto.fi/wp-content/uploads/kurssikalenteri/Turvaohje.pdf>

Pruthi, S. 2012. Wireless Robotics: A History, an Overview, and the Need for Standardization. Springer Science & Business Media B.V.

Rolnick, D. Donti, P. Kaack, L. Kochanski, K. Lacoste, A. Sankaran, K. Ross, A. Milojevic-Dupont, N. Jaques, N. Waldman-Brown, A. Luccioni, A. Maharaj, T. Sherwin, E. Mukkavilli, S. 2019. Tackling Climate Change with Machine Learning. University of Pennsylvania,

Carnegie Mellon University, ETH Zurich, University of Colorado Boulder, Element AI, Mila, Université de Montréal, École Polytechnique de Montréal, Harvard University, Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change, Technische Universität Berlin, Massachusetts Institute of Technology, Cornell University, Stanford University, DeepMind, Google AI, Microsoft Research [viitattu 26.9.2020]. Saatavissa <https://arxiv.org/pdf/1906.05433.pdf>

SER-kierrätys. 2012. Mitä on SER? [viitattu 17.10.2020] Saatavissa <http://www.serkierratys.fi/fi/kuluttajille/mitae-on-ser>

Saarinen, E. 2017. Elektroniikkaromusta arvometalleja. [viitattu 05.10.2020]. Saatavissa <https://www.uusiouutiset.fi/elektroniikkaromusta-arvometalleja/>

Siltala, T. 2019. Optimoi kuljetusketjuja paikkatiedon avulla. [viitattu 02.10.2020]. Saatavissa <https://www.cgi.fi/fi/blogi/optimoi-kuljetusketjuja-paikkatiedon-avulla>

Suomen ympäristökeskus. 2015. Satelliittihavainnot. [viitattu 11.11.2020]. Saatavissa https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Satelliittihavainnot

Talentree. Mitä digitalisaatio tarkoittaa? [viitattu 10.10.2020]. Saatavissa <https://talentree.fi/softa/digitalisaation-pikakurssi/>

Toivonen, L. 2020a. Digitalisaatio – ystävä vai vihollinen? [viitattu 29.9.2020]. Tiede. <https://tieke.fi/digitalisaatio-ystava-vai-vihollinen/>

Toivonen, L. 2020b. Digitalisaatio etenee, entä ymmärrys sen ympäristövaikutuksista? [viitattu 21.8.2020]. Sitra. <https://www.sitra.fi/blogit/digitalisaatio-etenee-enta-ymmarrys-sen-ymparistovaikutuksista/>

Uudenmaanliitto. Sähkö- ja elektroniikkaromu [viitattu 07.08.2020]. Saatavissa <https://circhubs.fi/tietopankki/sahko-ja-elektroniikkaromu-ser/>

Viitanen, J. Paajanen, R. Loikkanen, V. Koivistoinen, A. 2019. Digitaalisen alustatalouden tiekartasto. Innovaatorahoituskeskus Business Finland. Helsinki.

Yrityksen kuva-arkisto 2018.

Yrityksen kuva-arkisto 2019.