

Tomi Häkkänen

Maanalaisen kaapelin paikantaminen

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus

2021



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Tomi Häkkänen
Työn nimi	Maanalaisen kaapelin paikantaminen
Toimeksiantaja	Elvera Oy
Vuosi	2021
Sivut	33 sivua
Työn ohjaaja(t)	Hannu Honkanen

TIIVISTELMÄ

Runsas maakaapelointi on lisännyt tarvetta paikantaa maan alle haudattu kaapeli. Luotettava kaapelinnäyttö sekä dokumentointi mahdollistavat tiedon infra-verkon sijainnista ja näin ollen helpottaa uusien hankkeiden suunnittelua sekä mahdollistaa turvallisen kaivuutyöskentelyn.

Tässä opinnäytetyössä tutustuttiin ja perehdyttiin maanalaisen kaapelin paikantamiseen kaapelinhakulaitteen avulla. Työssä oli tarkoitus selvittää Elvera Oy:n kaapelinhakulaitetta työssään käyttävien henkilöiden perehdytyksen tarve sekä mahdolliset ongelmat kaapelinhakulaitteen käyttöön liittyen ja pyrkiä vastaamaan informaation puutteeseen. Opinnäytetyön on tarkoitus toimia perehdytysmateriaalina sekä sen pohjalta koostettiin lyhyempi opas.

Nykytilan kartoitus toteutettiin Google Forms -kyselyn avulla, johon lähetettiin kutsu sähköpostitse Elvera Oy:n kaapelinnäyttäjille sekä dokumentoijille. Kartoituksesta selvisi, että kaapelinhakulaitteen eri ominaisuuksien tuntemisessa on puutteita ja käytännön työssä esiintyy aika ajoin ongelmia.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa tutustuttiin kaapelinhakulaitteen eri ominaisuuksiin sekä niiden hyödyntämismahdollisuuksiin ja käyttöön. Nykytilan kartoituksessa esiintyneisiin ongelmiin esitettiin myös mahdollisia ratkaisuja. Käytännön testeissä pyrittiin selvittämään laitteen antaman syvyys sekä paikkatiedon oikeellisuutta ja luotettavuutta.

Tärkeimpänä huomiona työstä on ympäröivien olosuhteiden sekä kaapelinhakulaitteen erilaisen käytön ja ominaisuuksien tuntemisen vaikutus sen antamiin syvyys- ja paikka-arvoihin.

Asiasanat: dokumentointi, sähköverkko, tietoliikenneverkot

Degree	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Tomi Häkkänen
Thesis title	Locating an underground cable
Commissioned by	Elvera Oy
Time	April 2022
Pages	33 pages
Supervisor	Hannu Honkanen

ABSTRACT

Abundant underground cabling has increased the need to locate a cable buried in the ground. Knowledge of the cable location is important to facilitate in the planning of new projects as well as to enabling safe excavation work. The aim of this thesis is to improve the reliability of cable locating and thus to prevent damage.

The study started by finding out the need to familiarize Elvera Oy's current personnel and to find areas for development. When the requirements of the work were recognized, it was possible to start the research and demonstration of the features of the cable finder. Practical tests were also performed to assess the reliability of the device.

The most important observation of the thesis was the effect of working conditions outdoors and employee's work experience on the results obtained from a cable locator. The method of using the device really influences the reliability of the results. In addition to this result, this work became orientation material for future the employees of the employer. The project itself was successful and was completed well in advance.

Keywords: documentation, electricity network, telecommunications network

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	KAAPELIN PAIKANTAMISEN TARVE	5
3	KAAPELIN PAIKANNUKSEN LAITTEISTO	7
4	ERILAISET MENETELMÄT	8
4.1	Passiivinen paikantaminen	8
4.2	Galvaaninen kytkentä	9
4.3	Indusointi	11
4.4	Taajuudet.....	13
5	PAIKANNUKSEN LUOTETTAVUUS	14
5.1	Luotettavuus ja virhepaikannukset.....	14
5.2	Paikkatieto	14
5.3	Syvyystieto.....	17
6	OPINNÄYTETYÖN VAIHEET	22
6.1	Alkukartoitus	22
6.2	Alkukartoituksessa havaitut asiat.....	26
7	PAIKANNUKSEN HAASTEET JA ONGELMAT	27
7.1	Alkukartoituksessa esiin nousseet ongelmat	27
7.2	Ratkaisut.....	27
8	MAANALAISEN SÄHKÖKAAPELIN VIANPAIKANNUS	27
9	POHDINTA	30

1 JOHDANTO

Maahan haudattujen kaapelien määrä lisääntyy jatkuvasti, mistä johtuen kaivuutöissä on entistä enemmän otettava huomioon kaapeleiden sijainti kaivuualueella. Kaapeleiden paikantaminen on välttämätöntä, jotta voidaan välttyä kaapelivaurioilta. Paikantaminen tapahtuu pääasiassa karttaa sekä kaapelinhakulaitetta käyttäen. Kaapelinhakulaitteella kaapelinnäyttäjä pystyy paikantamaan kaapelin sijainnin kohtalaisen tarkasti, jolloin kaivajan työ helpottuu ja vauriolta säästyään. Tämä on ennen kaikkea turvallisuusasia, etenkin suurjännitteisten kaapeleiden läheisyydessä työskennellessä, mutta kaapelivauriot ovat pahimmillaan hyvinkin kalliita. Idea tämän opinnäytetyön tekemiseen ja kaapelinnäyttöön perehtymiseen lähti siitä, kun itse aloin työskennellä kesätöissä kaapelinnäyttäjänä.

Havaitsin, että kaapelinnäyttölaitteen ominaisuuksia ei juuri tunneta eikä kaapelinnäyttäjillä ole sen toiminnasta syvällisempää käsitystä. Laitetta osataan kyllä käyttää perusasetuksilla, mutta ymmärrys paikannusmenetelmästä syvällisemmin uupui. Laitteissa on kuitenkin hyvin paljon ominaisuuksia, ja niille on oma käyttötarkoituksensa. Uskon, että tämän opinnäytetyön sekä Elvera Oy:lle tekemäni oppaan antaman informaation perusteella saadaan näyttöjen luotettavuutta sekä näyttäjien ammattitaitoa ja itsevarmuutta kehitettyä.

Tässä opinnäytetyössä perehdytään kaapelinhakulaitteen ominaisuuksiin ja luotettavuuteen, niin paikka- kuin syvyystiedonkin osalta. Kun laitteen ominaisuudet ovat tuttuja ja on käsitys siitä, milloin omaan paikannukseensa voi luottaa ja milloin tulokseen kuuluu suhtautua kriittisesti, tulee tekemisestä mielekkäänä, paikannuksista luotettavimpia ja kaapelivauriot vähenevät. Tässä opinnäytetyössä esimerkit ja perehtyminen tapahtuu suurimmaksi osaksi Radiodetection 7100 -laitteen avulla. Myöskin Elvera Oy:lle tekemäni perehdytysoppaassa paneudutaan juuri tämän laitteen käyttöön.

2 KAAPELIN PAIKANTAMISEN TARVE

Kaapeleiden paikantamiseen on nykyisin usein kaksi eri syytä: joko maassa olevaa kaapeliverkkoa paikannetaan dokumentointia varten tai alueella, jossa

kaapeleita kulkee, suoritetaan maan kaivuuta, jolloin kaivettavalla alueella olevat kaapelit merkataan maalilla maahan, jotta välttyttäisiin kaapelivaurioilta. Nykypäivänä, kun maan alla kulkevien kaapeleiden määrä on lisääntynyt, on tärkeää tietää, missä ne tarkalleen kulkevat. Telekaapeleiden ja kaiken muun maanalaisen infran osalta myös laki vaatii dokumentoinnin. Lain mukaan teleyrityksen on saatettava telekaapeleiden sijaintia koskevat tiedot digitaaliseen muotoon. /4./

Dokumentoinnin tarkkuus yhdessä hyvin tehtyyn kaapelinnäyttöpalveluun takaa turvallisen sekä kaapelivauriovapaan työskentelyn, kun joudutaan kaivamaan maanpinnan alapuolelle.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom on alkanut uudella määräyksellään vaati-
maan verkkotietoja ja verkon rakentamissuunnitelmia valtakunnalliseen Sijaintitietopalveluun. Kyseisen määräyksen tarkoituksena on verkkojen yhteisrakentamista ja käyttöä sekä vähentää maanrakennustöistä verkkoinfrastruktuurille aiheutuvia vikatilanteita. /1./

Kun tiedetään kaapelien sijainti, on helppo tilata kaapelinnäyttöpalvelu urakoitavalle alueelle kaapelien tarkan paikan osoittamiseksi kaivuuta varten. Tele- sekä sähkökaapeleiden sijainnin selvittämistä vaatii laki.

” Ennen maanrakennustyöhön, metsätyöhön, vesirakennustyöhön taikka muuhun telekaapeleita mahdollisesti vaarantavaan työhön ryhtymistä työn suorittajan on vaurioiden välttämiseksi selvitettävä, sijaitseeko työalueella telekaapeleita. Teleyrityksen on annettava maksutta tietoja kaapeleiden sijainnista ”

241§

”Ennen maanrakennustyöhön, metsätyöhön, vesirakennustyöhön, verkonrakennustyöhön tai muuhun sähkökaapeleiden läheisyydessä tapahtuvaan työhön ryhtymistä työn suorittajan on työturvallisuuden varmistamiseksi ja vaurioiden välttämiseksi selvitettävä, sijaitseeko työalueella sähkökaapeleita”. 110

§

Luotettava kaapelin paikantaminen vähentää huomattavasti kaapelivaurioita. Jos kaapelien sijaintia maan alla ei olisi mahdollista selvittää, katkeilisi ja vaurioituisi niitä jatkuvasti kaivuun yhteydessä. Kaapelivauriot aiheuttavat vaaraa sekä mittavia kustannuksia. Kaapelin katkeaminen saattaa aiheuttaa useidenkin tuhansien eurojen kulut. Tarkasta kaapelin paikannuksesta dokumentointi sekä kaapelinnäyttötarkoituksessa on siis kiistaton hyöty.

3 KAAPELIN PAIKANNUKSEN LAITTEISTO

Maan alla sijaitsevien kaapeleiden paikannukseen yleensä käytetään kaapelinhakulaitetta ja usein myös lähetintä. Kaapelinhakulaitteella pystytään paikantamaan metallia sisältävä kaapeli radiosignaalien, sähkövirran luoman magneettikentän tai kaapelin paikannukseen tarkoitetun lähettimen luoman magneettikentän avulla.



Kuva 1. Kaapelinhakulaite



Kuva 2. Kaapelinhakulaitteen lähetin TX-10.

Kuvassa 7 on Radiodetectionin valmistama kaapelinhakulaite ja kuvassa 8 saman valmistajan kaapelin paikannukseen tarkoitettu lähetin. Lähettimen ja kaapelinhakulaitteen ulkonäkö, muoto sekä ominaisuudet saattavat vaihdella eri valmistajien välillä, mutta toimintaperiaate on kaapelinpaikannukseen tarkoitettujen laitteiden hyvin samankaltainen.

4 ERILAISET MENETELMÄT

4.1 Passiivinen paikantaminen

Passiivisessa paikantamisessa käytetään hyödyksi jo kaapelissa kulkevaa signaalia, eli sähkövirtaa tai radiotaajuutta. Power-toimintoa käytettäessä täytyy varmistua, että paikannettavassa kaapelissa kulkee sähkövirta, jonka taajuus on 50 Hz tai 60Hz. Sähkövirran täytyy myös olla riittävän suuri, jotta laitteen on mahdollista se havaita. /2./

Radiopaikannustoimintoa käytettäessä hyödynnetään radiomastojen lähettämän radiotaajuuden kulkemista johtavassa materiaalissa. Laite havaitsee siis paikannettavasta kaapelista radiotaajuuksia ja näin ilmoittaa kaapelin sijainnin. /5./

Passiivinen paikantaminen saattaa tuntua kätevältä ja nopealta tavalta saada kaapelin sijainti selville, mutta passiivista paikannusta ei tule käyttää, kuin jos aktiivista paikannustapaa ei ole mahdollista käyttää. /2/.

Passiivista paikannusta käyttäessä ei voida olla varmoja siitä, mitä kaapelia ollaan paikantamassa. Etenkin kohteissa, joissa kaapeleita kulkee useita, on passiivisilla paikannusmenetelmillä mahdotonta saada luotettavaa lopputulosta.

4.2 Galvaaninen kytkentä

Aktiivisessa paikannuksessa paikannettavaan kaapeliin syötetään lähettimen avulla signaali, jonka virta muodostaa kaapelin ympärille magneettikentän, jota voidaan paikantaa. Aktiivisista menetelmistä pyritään aina suosimaan galvaanista kytkentää, eli kytketään punainen liitin lähettimestä kaapelin maadoitukseen ja musta liitin maapiikkiin, joka on työnnetty jakokaapin, puistomuuntamon, kaapelikaivon tai muun lähettimen kytkentäkohdan läheisyyteen maainekseen. Maapiikki pyritään asettamaan noin 90 asteen kulmaan paikannettavaan kaapeliin nähden ja mahdollisimman etäälle oletetusta kaapelireitistä. /2./

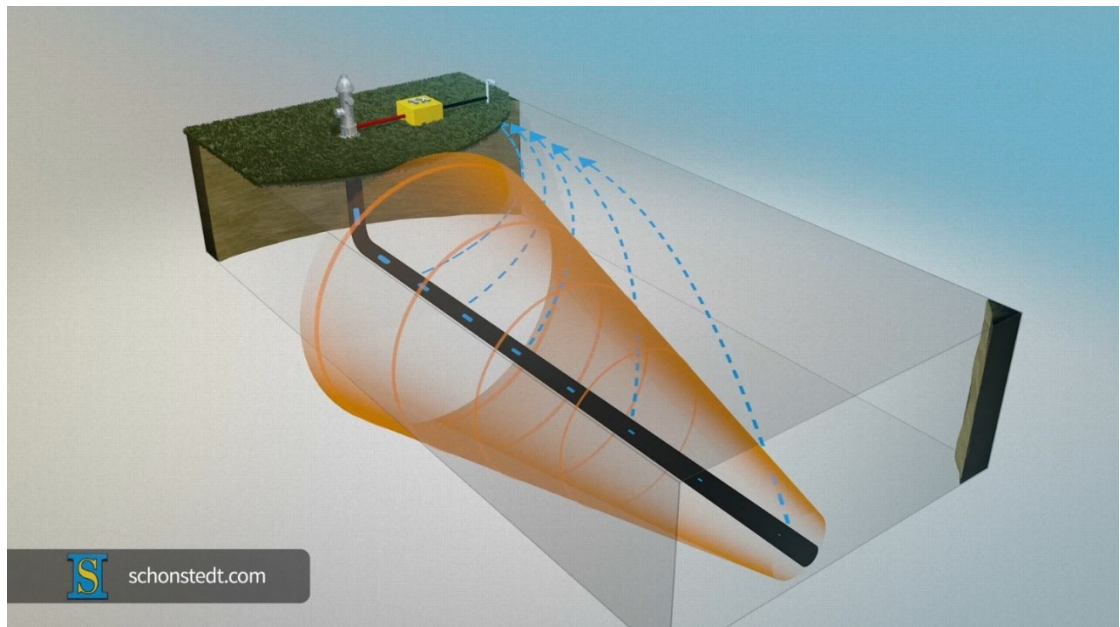
Maapiikin tilalla voi käyttää myös muuta johtavaa materiaalia, joka on tarpeeksi syvällä maassa. Joskus esimerkiksi liikennemerkkitolpat saattavat olla sopivan etäisyyden päässä jakokaapista, jolloin toinen liitin voidaan kytkeä tolppaan. Tämä mahdollistaa hyvän johtavuuden maahan, eli pienemmän resistanssin muodostuneeseen virtapiiriin. Kytkennän onnistuneisuus tulee tarkistaa lähettimen näytöltä. Kuvassa 9 esitetään kaapelinhakulaitteen näyttö.



Kuva 3. Kaapelinhakulaitteen lähettimen näyttö

Näytön alareunassa on esitettyinä lähettimen lähettämä virta sekä jännite. Mitä suurempi virtalukema on, sitä pienempi on kytkennän resistanssi. Lähettimen ulos antamaa tehoa voidaan säätää nuolinäppäimistä. Tämä saattaa olla tarpeen, jos kytkentä on hyvä ja resistanssi pieni, jolloin lähetintä ei tarvitse käyttää täydellä teholla. Mitä korkeampi lähettimen ilmaisema mA arvo on, sitä pidemmälle on signaalin mahdollisuus kantaa.

Galvaaninen kytkentä on paras mahdollinen tapa kytkeä lähetin. Tällöin saadaan suurin mahdollinen virta lähettimeltä kaapeliin, sekä pystytään käyttämään pienempiä taajuuksia lähettimestä ja tilanteesta riippuen 500 Hz - 8 kHz. Pientä taajuutta käyttäessä lähettimen lähettämä signaalin ei pääse vuotamaan yhtä paljon kuin suurilla taajuuksilla. Tällöin signaali pysyy hyvänä pidemmissäkin paikannuksissa, eikä lähetintä tarvitse olla koko ajan siirtämissä. Myöskään signaali ei "hyppää" viereisiin kaapeleihin, jolloin halutun kaapelin paikantamisesta tulee helpompaa ja tuloksesta luotettavaa, vaikkakin samassa kohteessa olisi useitakin kaapeleita. /2;5/ Kuvassa 10 esitetään galvaaninen lähettimen kytkentä.



Kuva 4. Galvaaninen kytkentä

4.3 Indusointi

Jos galvaanista, eli niin sanottua suoraa kytkentää ei ole jostain syystä mahdollista käyttää, seuraavaksi paras menetelmä on indusoiminen klampilla. Tällöin klamppi (pihdit) asetetaan kaapelin ympärille. Kuvassa 11 esitetään indusointi klampilla.



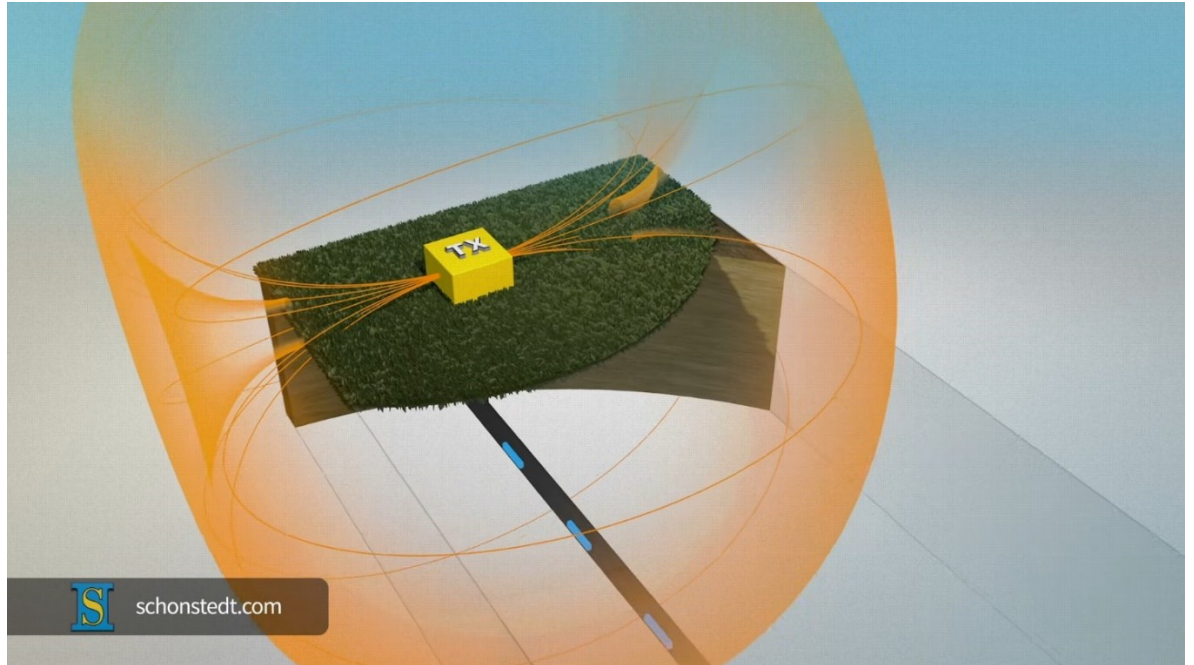
Kuva 5. Indusointi klampilla

Johdin tai kaapelin vaippa, johon signaalia indusoidaan, täytyy olla maadoitettu. Muuten signaali karkaa heti maa-ainekseen eikä lähde kulkemaan johdinta pitkin. /2./

Oikein käytettynä klampilla indusoinnilla voidaan saada hyvä virta lähettimestä kaapeliin, ja taajuudesta riippuen signaali jaksaa kulkea kohtalaisen matkan. Kyseisellä menetelmällä ei saavuteta kuitenkaan yhtä hyvää signaalia kuin galvaanisessa kytkennässä.

Kytettäessä klamppia on hyvä varmistaa, että metalliset pihdien ”kärjet” ovat hyvin kytkettyinä toisiaan vasten. Jotkut klampit saattavat löystyä, jolloin kärkien välillä jää pieni rako. Tällöin kaapeliin indusoituva signaali on hyvin heikko, eikä paikantaminen onnistu.

Signaalia voidaan indusoida kaapeliin myös asettamalla lähetin maan päälle niin, että kaapeli on suoraan lähettimen alapuolella. Lähettimestä valitaan haluttu taajuus, ja se asetetaan passiivisella paikannuksella havaitun kaapelin ylle. Kuva 12 esitetään indusointi maan päältä.



Kuva 6. Indusointilähetin maan päällä

Lähettimen käynnistämisen ja maahan asettamisen jälkeen alkaa se syöttämään signaalia ympäröivään maaperään ja osa siitä ohjautuu kaapeliin. Paikannus aloitetaan 4,5 m - 7 m etäisyydestä lähettimeen, muuten kaapelinhakulaite paikantaa suoraan lähettimen lähettämää signaalia suoraan lähettimestä, eikä kaapelista. Tällä menetelmällä signaali ohjautuu kaikkiin lähettimen alla tai sen läheisyydessä oleviin kaapeleihin. /2./

Tästä syystä onkin oltava tarkkana, mitä paikantaa ja mihin lähettimen asettaa. Erityisesti lähempänä asutusta, jossa kaapelia ja putkia on paljon, on hyvin vaikea olla varma siitä, mitä tarkalleen ottaen paikantaa. Tällä tavalla indusoimalla on kaapeliin ohjautuva signaali huomattavasti heikompi, mitä galvanisella kytkennällä tai klampilla indusoidessa. Tätä metodologia ei siis tule käyttää kuin silloin, jos jompaakumpaa aikaisemmista signaalin syöttötavoista ei ole mahdollisuutta käyttää.

Indusoidessa lähettimeen joudutaan valitsemaan suurempi taajuus kuin aikaisemmin, yleensä 33kHz-65 kHz. Tästä johtuen signaali ei kulje kaapelissa kovinkaan pitkälle, vaan vuotaa maahan tai muihin lähellä oleviin kaapeleihin

4.4 Taajuudet

Taajuuden valinta ja eri taajuuksien käyttäminen on tärkeä osa kaapelin paikantamista. Parhaan taajuuden valintaan vaikuttavat muun muassa paikannettava kaapeli, etäisyys, signaalin lähetystapa (indusointi/galvaaninen) sekä paikannettavan kaapelin läheisyydessä olevat muut johtavat rakenteet.

512 Hz

Matala taajuus on erityisesti hyvä pitkille matkoille tai silloin, kun paikannettavan kaapelin läheisyydessä kulkee useita muita kaapeleita. Näin pieni taajuus ei juurikaan vuoda muihin kaapeleihin, eli tämä taajuus saattaa tulla tarpeeseen esimerkiksi keskusta-alueella. Huonoina puolina on se, että näin matalaa taajuutta ei voi indusoida, vaan lähetin täytyy kytkeä galvaanisesti, sekä sähköverkon taajuus saattaa häiritä signaalia.

8 kHz

Tämä taajuus on paras yleis- taajuus. Se on tarpeeksi korkea indusoitavaksi etenkin klampilla, ei häiriinny sähköverkon taajuuksista, eikä myöskään vuoda viereisiin kaapeleihin kovin herkästi. Tätä taajuutta suositellaan siis käytettäväksi suurimmaksi osassa paikannuksia. Huonoina puolena on se, että taajuus ei välttämättä ole tarpeeksi korkea luomaan riittävän vahvan signaalin vähän metallia sisältäviin kaapeleihin, kuten joihinkin telekaapeleihin.

33 kHz

Tämä korkea signaali on hyvä indusoidessa klampilla sekä lähettimellä maan päällä. Hyvä valinta myös vähän metallia sisältävien kaapelien paikannukseen. Huonoina puolina on, että tämä taajuus on jo niin korkea, että se vuotaa helposti vieressä oleviin muihin kaapeleihin ja menettää signaalin voimakkuutensa lyhyemmällä matkalla kuin matalat taajuudet.

65 kHz ja enemmän

Näin korkea signaali voi olla hyödyllinen, jos jotakin vähän metallia sisältävää kaapelia ei pysty edellisillä taajuuksilla paikantamaan. Indusoimalla saadaan paikannettua lyhyitä matkoja, mutta taajuuden korkeudesta johtuen se vuotaa

todella helposti kaikkiin kaapelin vieressä oleviin johtaviin materiaaleihin, eikä näin ollen kannata kovin pitkälle. /5./

5 PAIKANNUKSEN LUOTETTAVUUS

5.1 Luotettavuus ja virhepaikannukset

Laitteen antaman paikka ja syvyystiedon oikeellisuuteen vaikuttaa moni asia. Jotta on mahdollista saada luotettavaa paikka tai syvyys tietoa, täytyy tietää laitteen toimintatapa ja asiat, jotka täytyy olla kohdallaan, jotta kaapelin paikannus voidaan suorittaa luotettavasti. /6./

5.2 Paikkatieto

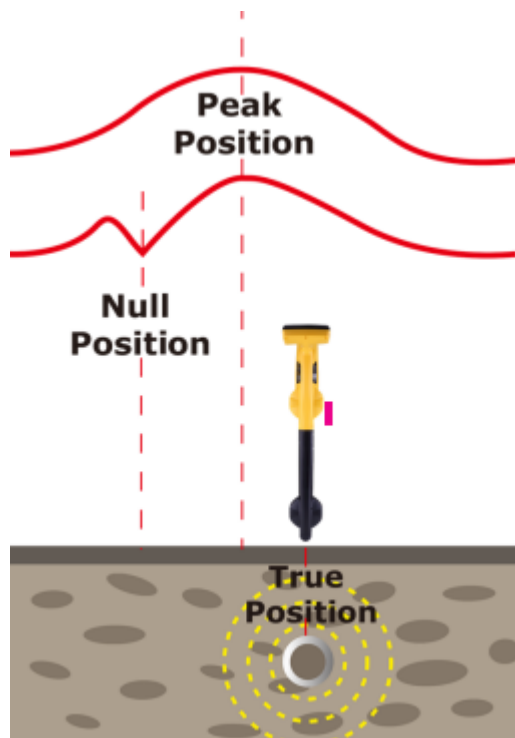
Paikkatiedon oikeellisuuteen vaikuttavat lähettimen lähettämän signaalin vahvuus, taajuus sekä huippu ja nollapisteen sijoittuminen kaapelin ympärille luodussa magneettikentässä. Nollapisteen sijaintia melkein kaikissa laitteissa kuvaavat nuolet. Huippupistettä usein ilmaisee viuhka ja/tai numeerinen arvo. Radiodetectionin laitteissa nollapistettä ilmaisevat nuolet ja huippupistettä viuhka sekä prosentiarvo. Jotta näitä molempia arvoja voidaan käyttää paikannuksessa samanaikaisesti, täytyy laitteesta olla tähän tarkoitukseen tarkoitettu antennimoodi valittuna, RD:n laitteissa tämä on usein nimeltään PEAK +. Kuvassa 13 on esitettyä kaapelinhakulaitteen näyttö.



Kuva 7. Kaapelinhakulaitteen näyttö

Jotta paikannettu sijainti olisi mahdollisimman oikea, tulee laitetta käyttävän henkilön ensisijaisesti keskittyä laitteen antaman peak, eli huippuarvon tulkitsemiseen. Usein kokemattomamman laitteen käyttäjät päättelevät kaapelin sijaintia nuolien eli nollapisteen sijainnin perusteella. Tästä saattaa usein seurata väärinpaikannus. Nolla eli null- sijaintia kuuluisi käyttää varmuuksena huippuarvon rinnalla. Jos nolla sekä huippuarvo ovat samassa kohdassa, on paikannuksen oikeellisuus melko luotettava. /6./

Jos nolla sekä huippupisteen paikka poikkeaa toisistaan, on kaapelin todellinen sijainti nollapisteen sekä huippupisteen etäisyyden verran vastakkaisella puolella, kuin missä nollapiste on. Nolla ja huippupisteen poikkeavuuden toisistaan aiheuttaa usein rinnalla kulkevat muut johtimet tai mutkat kaapelissa. Kuvassa 14 esitettynä huippu- ja nollapiste.



Kuva 8. Huippu- ja nollapiste

Näin ollen on ehdottoman tärkeää, että nollapistettä ei missään tapauksessa käytetä kaapelin sijainnin määrittämiseen vaan ainoastaan magneettikentän nollapisteen sijainnin määrittämiseen. Kun yllä olevat asiat on otettu huomioon, on kaapelinhakulaitteen ilmoittama sijainti riittävän tarkka, jotta sitä voidaan hyödyntää kaapelinnäyttöä sekä dokumentointia varten. Kaapelinnäyttötyössä Elisan, Telian, DNA sekä Finnetin telekaapeleiden varoalue on $\pm 0,5$ m merkatun kaapelireitin keskilinjasta. /8./

Järvi-Suomen Energia ilmoittaa tiedotteessaan maakaapeleidensa maastonäytön tarkkuudeksi metri suuntaansa näytetystä. Ohjeessa kuitenkin kerrotaan kaapelinnäytön olevan avustava toimenpide, eikä näin ollen poista kaivajan vastuuta mahdollisessa vaurio-tilanteessa. /9./

Testatakseen kaapelinhakulaitteen ilmaisemaa sijaintitietoa verrattiin sitä aikaisemmin kaivinkoneen GPS-laitteesta kerättyyn paikkatietoon. Uusintapaikannus suoritettiin siis RD7100- kaapelinhakulaitteella, sekä tx-10- lähettimellä 33 kHz taajuudella. Kaapelinhakulaitteen ilmaisema sijaintitieto tallennettiin Stonex S70G -GPS-paikannus laitteella. Tämän jälkeen molempien menetelmien pistetiedot sijoitettiin kartalle. Kuvassa 15 esitettynä GPS-pisteet kartalla.



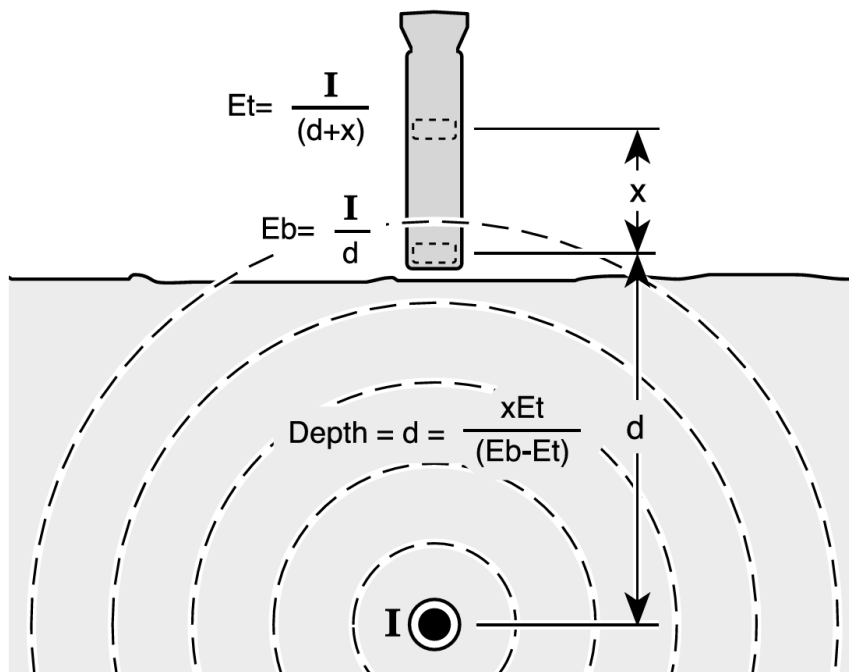
Kuva 9. GPS-pisteet kartalla.

Kuvassa näkyvät punaiset rastit ovat kaivinkoneen keräämiä pisteitä. Punainen viiva merkkää reittiä pisteiden välillä. Mustat rastit ovat kaapelinhakulaitteen ilmaiseman paikkatiedon perusteella. Kuten kuvasta huomataan, sijoittuvat pisteet hyvin samalle linjalle kaivinkoneen GPS-järjestelmän tallentamien pisteiden kanssa.

5.3 Syvyystieto

Kaapelinhakulaitteella on mahdollista saada selville myös kaapelin syvyys. Radiodetectionin laitteissa syvyyssarvo mitataan automaattisesti samalla, kun mitataan paikkatietoa. Joidenkin valmistajien, esimerkiksi M3:n kaapelinhakulaitteissa, syvyyssarvo mitataan erillistä nappia painamalla.

Syvyystieto saadaan myös lähettimen samasta lähettimen tai sähkövirran muodostamasta magneettikentästä kuin paikkatiedossakin. Arvion syvyystiiedosta mahdollistaa kaksoisantenni. Yleensä syvyyssarvion saamiseksi vaaditaan aktiivinen paikannustapa, eli lähetin täytyy olla kytkettynä kaapeliin, josta syvyyttä halutaan mitata, kuitenkin jossain Radiodetectionin valmistamissa kaapelinhakulaitteissa syvyystietao on mahdollista saada myös passiivisessa "POWER"-moodissa, jolloin hakulaite tulkitsee syvyyttä jo kaapelissa valmiina esiintyvistä sähkövirran luomasta magneettikentästä. Kuvassa esitetään 16 demonstraatio syvyyden mittauksesta.



Kuva 10. Syvyyden mittaus

Koska kaapelinhakulaite arvioi kaapelin syvyyden magneettikentän avulla, vaikuttaa magneettikentän muoto siihen, miten luotettava laitteen antama syvyyssarvo on. Jotta tulos olisi mahdollisimman luotettava, on syvyyssmittaus tehtävä

sellaisessa kohdassa, jossa kaapelissa ei ole mutkia. Mittaus tulisi suorittaa viiden metrin päästä mutkasta mahdollisimman suorassa kohdassa kaapelia.

Radiodetectionin mukaan laitteen antava syvyystieto on vain arvio, eikä sen perusteella saa suorittaa kaivuutöitä. Kuitenkin syvyystiedon oikeellisuutta pystyy valmistajan mukaan varmistamaan nostamalla hakulaitetta 5 cm, ja mittaamalla syvyysarvo uudelleen, jos mittaustulos kasvoi edellisestä 5 cm, on se hyvä viite syvyysmittauksen oikeellisuudesta.

Syvyystiedon luotettavuuden arvioimiseksi muodostettiin testitilanne niin, että AMKA-johdin asetettiin maahan ja lähettimen punainen sekä musta johdin kiinnitettiin saman johtimen vastakkaisiin päihin. Näin saatiin johtimeen 5mA – 10 mA virta taajuudesta riippuen ja mahdollisuus kokeilla kaapelinhakulaitteen ilmaiseman syvyyden oikeellisuutta. Testimittaukset suoritettiin usealta eri korkeudelta kahdella eri taajuudella sekä kahdella eri antennimodella. Kaapelinhakulaitteena toimi RD7100 ja lähettimenä RD TX5. Korkeutta mitattiin rullamitalalla, ja apuna käytettiin pahvilaatikoita, joiden kylkeen halutut korkeudet merkattiin. Testin tarkoituksena oli siis selvittää, miten luotettava syvyyden mittaus on eri taajuuksilla ja antennimodeilla ilman, että johtimen ja kaapelinhakulaitteen välissä on muuta kuin ilmaa. Ensimmäisessä testissä johtimeen syötettiin 8 kHz taajuus lähettimen syöttämän virran ollessa 5 mA ja antennimodena käytössä oli Peak. Taulukossa 1 esitetään ensimmäisen mittauksen tulokset.

Taulukko 1. Mittauksen tulokset

Todellinen etäisyys kaapeliin	Kaapelinhakulaitteen ilmoittama etäisyys	Tulosten erotus	Virheen suuruus prosentteina
45 cm	37 cm	8 cm	18 %
54 cm	43 cm	11 cm	20 %
63 cm	48 cm	15 cm	24 %
71 cm	51 cm	20 cm	28 %
79 cm	57 cm	22 cm	28 %
86 cm	58 cm	28 cm	33 %
93 cm	60 cm	33 cm	35 %

Tuloksista voidaan havaita, että jo ensimmäisen mittauksen virhe on 8 cm eli 18 % todelliseen syvyyteen verrattuna. Mitä enemmän etäisyys kasvaa kaapeliin, sekä kaapelinhakulaitteen välillä, kasvaa myös laitteen antaman syvyysarvion virhe. 93 cm korkeudelta mitattuna virhe on jo 33 cm eli 35 %.

Seuraavassa testissä lähettimen taajuus oli 8kHz ja antennimode Peak+. Tässä testissä syvyyden mittaus suoritettiin käyttämällä pääasiassa nollanuolia, koska huippuarvon huippu ei ollut nollanuolten ilmaiseman keskikohdan kanssa aivan samassa kohdassa. Nollapisteen keskikohta oli kaapelin todellisesta sijainnista 20–40 cm sivussa. Taulukossa 2 esitetään toisen mittauksen tulokset.

Taulukko 2. Mittauksen tulokset

Todellinen etäisyys kaapeliin	Kaapelinhakulaitteen ilmoittama etäisyys	Tulosten erotus	Virheen suuruus prosentteina
45 cm	57 cm	12 cm	27 %
54 cm	61 cm	7 cm	13 %
63 cm	74 cm	11 cm	17 %
68 cm	84 cm	16 cm	24 %
79 cm	82 cm	3 cm	4 %
82 cm	96 cm	14 cm	17 %
93 cm	92 cm	0 cm	0 %

Tuloksista voidaan havaita, että laitteen ilmaisema syvyysarvio parani huomattavasti edellisestä testistä. Nyt suurin virhe saatiin 45 cm korkeudelta mitattaessa, jolloin laitteen ilmaisema arvio oli 57 cm, virheen suuruus oli siis 27 %. Kuudessa muussa mittauksessa virheen suuruus oli 0–24 % välillä. Paras mittaustulos oli 92 cm korkeudelta, jolloin laitteen antama arvio etäisyydestä oli täysin oikea. Viimeisessä testissä lähettimen taajuudeksi asetettiin 512 Hz, jolloin lähettimen syöttämä virta oli 10 mA. Mittaus suoritettiin nolla pisteen perusteella, samalla tavalla kuin edellisessäkin testissä. Taulukossa 3 esitetään kolmannen mittauksen tulokset.

Taulukko 3. Mittauksen tulokset

Todellinen etäisyys kaapeliin	Kaapelinhakulaitteen ilmoittama etäisyys	Tulosten erotus	Virheen suuruus prosentteina
54 cm	73 cm	19 cm	26 %
61 cm	83 cm	22 cm	27 %
72 cm	71 cm	1 cm	1 %
78 cm	78 cm	0 cm	0 %
84 cm	84 cm	0 cm	0 %
93 cm	99 cm	6 cm	6 %

Tästä testistä on havaittavissa, että maksimivirheet ovat samansuuruisia, kuin edellisessäkin testissä, mutta laite antoi kaksi kertaa täysin oikean etäisyysarvion sekä kerran 1 cm päähän todellisesta etäisyydestä.

Yhteenvetona koko testistä voisi todeta sen, että laitteen antama syvyysarvio voi heitellä hyvinkin paljon, etenkin jos syvyyden mittaus tapahtuu pelkästään peak modea hyväksi käyttäen, silloin kun magneettikentän nolla- ja huippupisteet eivät ole samalla kohdalla. Tarkkuus paranee ja virhemarginaali pienee syvyydenpaikannuksessa, kun paikannus suoritetaan nollapisteen perusteella. Kuitenkin tärkeimpänä huomiona on se, että valmistajan ilmoittama syvyyden oikeellisuuden varmistaminen laitetta nostamalla näyttäisi toimivan. Eli jos laitteen ilmoittama syvyys on oikea, laitetta nostamalla 5–10 cm lisää laite ilmoittamaansa arvoon juuri tuon määrän. Jos taas laitteen ilmoittama syvyys on väärä, nostamalla laitetta 5–10 cm on laitteen lisäämä syvyys virheellinen.

Toisen kerran syvyyden luotettavuutta päästiin testaamaan 20kV kaapelilla, joka ei ollut vielä käytössä ja kaapelioja oli auki. Todellinen syvyys mitattiin asettamalla lapio kaapeliojaan poikittain ja mittaamalla etäisyys lapion varresta paljaaseen kaapeliin tai tampatusta lumesta. Tämän jälkeen syvyyden mittaus suoritettiin kaapelinhakulaitteella samasta kohdasta kuin mittaus. Kaapelinhakulaitteena käytössä oli RD7100 ja lähettimenä HTX-10. Lähettimen signaalinsyöttötapana oli indusoiminen klampilla, taajuus 33 kHz. Mittaus suoritettiin kolmesta eri kohdasta kaapelia. Aikaisempaan testiin verrattuna tällä

kertaa kaapelinhakulaitteen ilmaiset nolla- sekä huippuarvot olivat samassa kohdassa. Näin ollen magneettikentän muoto on syvyyden mittauksen kannalta optimaalisempi. Taulukossa 4 esitetään neljännen mittauksen tulokset.

Taulukko 4. Mittauksen tulokset

Todellinen etäisyys kaapeliin	Kaapelinhakulaitteen ilmoittama etäisyys	Tulosten erotus	Virheen suuruus prosentteina
35–36 cm	32 cm	3–4 cm	9–11 %
48 cm	48 cm	0 cm	0 %
46 cm	46 cm	0 cm	0 %

Tuloksista on havaittavissa, että kun kaapelinhakulaitteen ilmoittamat nolla- ja huippuarvot ovat samassa kohdassa, on tulos huomattavasti luotettavampi. Jokaisessa mittauksessa myös kokeiltiin nostaa laitetta 30 cm, jolloin laite lisäsi ilmoittamaansa syvyysarvoonsa juuri tuon 30 cm. Kuvassa 17 testataan syvyystiedon luotettavuutta.



Kuva 11. Syvyydsmittauksen luotettavuuden testaamista

6 OPINNÄYTETYÖN VAIHEET

Aluksi kartoitetaan kaapelinnäyttölaitteita työssään käyttävien kokemuksia ja tämänhetkistä tietämystä laitteen käytöstä. Tällöin saadaan selville nykytilanne ja ongelmakohdat, johon on syytä erityisesti paneutua. Joukossa on erittäin kokeneitakin kaapelinnäyttäjiä, joten heiltä saatu informaatio on erityisen arvokasta. Nykytilan kartoituksen pyrkimyksenä on paneutua käytännön työssä esiin tulleisiin ongelmiin.

6.1 Alkukartoitus

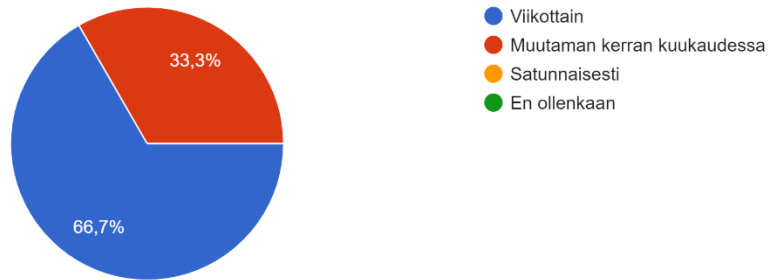
Alkukartoitus toteutettiin google forms -pohjaan. Google forms -haastattelussa ei synny henkilökohtaista kontaktia, vaan vastaaja vastasi ennalta määrättyihin kysymyksiin valitsemalla jonkin ennalta laadituista vastausvaihtoehdoista tai kirjoittamalla vapaaseen vastauskenttään vastauksensa omin sanoin. Kaikille kyselyyn vastanneille esitettiin samat kysymykset. Kyseinen menetelmä valikoitui alkukartoituksen toteuttamiseen sen levittämisen helppouden sekä matalan vastauskynnyksen vuoksi, koska vastaaminen oli mahdollista ajasta tai paikasta riippumatta. Kaikki kyselyyn vastanneet saivat kutsun sähköpostitse ja kuuluivat Elvera Oy:n henkilöstöön. Kysely oli kaikille kutsun saajille vapaaehtoinen.

Alkukartoituksella oli tarkoitus selvittää, miten kaapeleita työssä paikantavat työntekijät käyttävät kaapelinnäyttölaitetta ja mitä ongelmia he ovat kohdanneet omassa työssään. Forms-kysely suunnattiin siis Elvera Oy:n työntekijöille, jotka käyttävät kaapelihakulaitettatyössään usein. Tarkoituksenani oli myös selvittää, onko laitteen tietyissä laitteen käyttömenetelmissä yhtäläisyyttä muodostuneisiin ongelmiin. Kysymyksiä oli yhteensä 16 kappaletta ja vastauksia niihin sain 15 vastaajalta.

Käsittelen tässä mielestäni tärkeimmät osiot kyselystä.

Kuinka usein käytät kaapelinhakulaitetta?

15 vastausta

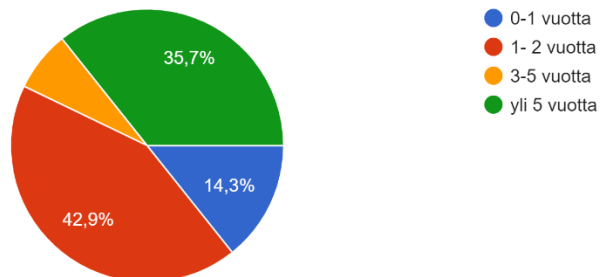


Kuva 12. Google Forms vastaukset käytön määrästä

Ensimmäiseen kysymykseen vastanneista 66,7 % käyttää kaapelinhakulaitetta työssään päivittäin. Loput 33,3 % käyttää laitetta muutaman kerran kuukaudessa. Vastaukset ovat siis saatu henkilöiltä, joilla kaapelinhakulaitteen käyttö on suuressa roolissa omassa työssään. Kuvassa 2 vastausten jakautuminen kaapelinhakulaitteen käyttöhistoriasta.

Kuinka kauan olet käyttänyt kaapelinhakulaitetta?

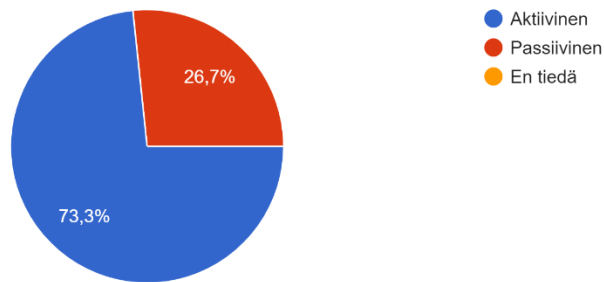
14 vastausta



Kuva 13. Google Forms vastaus kaapelinhakulaitteen käyttövuosista

Seuraavasta kuvasta voidaan todeta, että suurin osa vastanneista on käyttänyt kaapelinhakulaitetta 1–2 tai yli 5 vuotta. Vastanneista siis suuri osa vastanneista on kohtalaisen tai hyvin kokeneita kaapelinhakulaitteen käyttäjiä. Kuvassa 3 vastauksien jakautuminen paikannusmenetelmää koskien.

Käytätkö enemmän passiivista vai aktiivista paikannusta? (passiivinen siis ilman lähetintä, radio/power)
15 vastausta

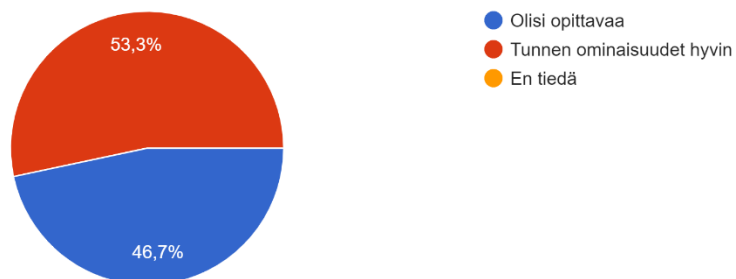


Kuva 14. Google Forms vastaukset paikannustavasta

Yksi tärkeimmistä kysymyksistä koko kysymyspatteristossa oli mielestäni: ”Käytätkö enemmän passiivista vai aktiivista paikannusta?” Tieto paikannustavasta on oleellinen, kun etsitään syitä mahdollisiin ongelmiin.

Aktiivinen paikannus on 73,3 % vastanneen työntekijän pääasiallinen tapa paikantaa kaapeleita, mutta 26,7 % edelleen paikantaa enimmäkseen passiivisella paikannuksella. Passiivisen paikannusmenetelmän osuus kaikesta kaapelinhakulaitteella suoritettavasta kaapelinpaikannustyöstä tulisi olla lähellä nollaa. Kuvassa 4 vastauksien jakautuminen ominaisuuksien tuntemisesta.

Tunnetko mielestäsi hyvin laitteesi ominaisuudet vai olisiko niissä vielä opittavaa?
15 vastausta



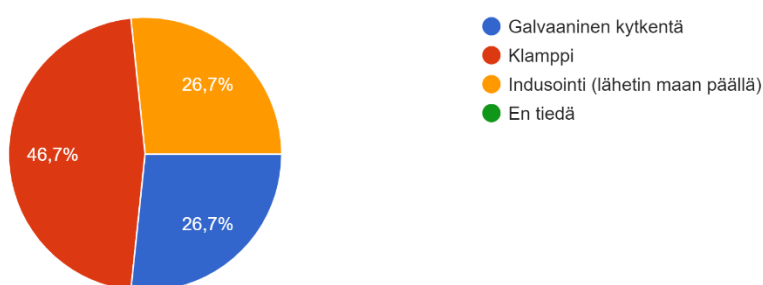
Kuva 15. Google Forms vastaukset laitteen ominaisuuksien tuntemisesta

Seuraavaksi kysyttiin käytössä olevien kaapelinhakulaitteiden ominaisuuksien tuntemista. 46,7 % eli lähes puolet kyselyyn vastanneista koki, että heillä olisi

vielä opittavaa laitteen ominaisuuksissa. Jatkokysymyksenä oli ”*Jos vastasit ”Olisi opittavaa”, mitkä ominaisuudet ovat sinulle vieraita tai mihin kaipaisit lisäkoulutusta?”*

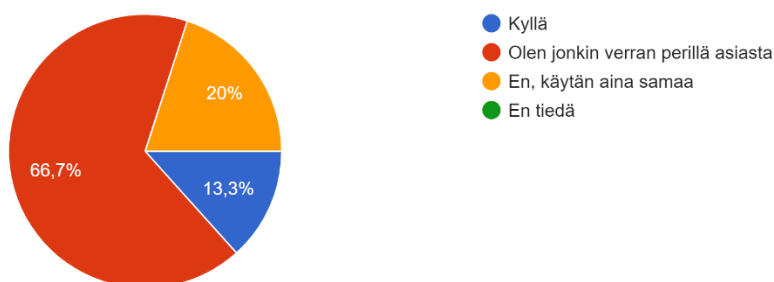
Tähän vastanneet toivoivat lisätietoa eri taajuuksien käyttämiseen, passiiviseen paikantamiseen, sekä vianpaikannukseen. Kuvassa 5 vastauksien jakautuminen eri lähettimen kytkemismenetelmien välillä ja kuvassa 6 vastaus koskien taajuuksien tuntemista.

Kun käytät lähetintä, mitä menetelmistä käytät eniten?
15 vastausta



Kuva 16. Google Forms vastaukset paikannusmenetelmistä

Tunnetko eri käytössä olevien taajuuksien ominaisuudet ja mitä niistä kannattaa suosia milloinkin?
15 vastausta



Kuva 17. Google Forms vastaukset eri taajuuksien tuntemisesta

Kahdesta viimeisestä monivalintakysymyksestä saadaan selville, että suurin osa indusoi lähettimen signaalin kaapeliin ja että he ovat jonkin verran perillä lähettimen eri taajuuksien käytöstä. Noin 73 % vastaajista siis suurimmaksi osaksi ei käytä pääasiallisesti galvaanista kytkentätapaa, joka olisi käytettävistä vaihtoehdoista luotettavin.

Kyselyn lopuksi esitin vielä kaksi kysymystä, joilla halusin selvittää, milloin kaapelin paikannuksessa havaitaan ongelmia sekä kokeeko paikannuksen tekijä tulokseksensa luotettavaksi. Kysymykset olivat siis

-"Oletko havainnut ongelmia kaapeleiden paikantamisessa? Jos olet, niin minkälaisissa tilanteissa ongelmia yleensä esiintyy?"

-"Koetko, että näyttölaitteella saatu tulos on luotettava? Miten varmana pidät saamaasi syvyystietoa?"

Suurin osa vastanneista kokee ongelmalliseksi paikantamisen silloin, kun kaapeleita kulkee useampi rinnan tai risteää paikannettavan kaapelin kanssa, sekä syvyystiedon paikkaansa pitävyyttä epäiltiin ja pidettiin enemmänkin suuntaa antavana.

6.2 Alkukartoituksessa havaitut asiat

Alkukartoituksen vastauksia tutkiessa erityisesti yksi ongelma nousee selvästi ylitse muiden, eli ongelmia kaapelinpaikannuksessa esiintyy erityisesti silloin, kun kaapeleita kulkee paikannettavan kaapelin läheisyydessä useita. Vastauksista myös huomataan, että läheskään kaikki vastaajista ei koe tuntevansa laitteiden ominaisuuksia eikä näin ollen osaa valita eri tilanteisiin parasta lähettimen käyttötapaa eikä taajuutta. Paikannuksen tarkkuudesta ja luotettavuudesta kysyttäessä esiin nousee epävarmuus laitteen ilmoittamasta syvyydestä. Niin kuin edellä jo mainitsin, pitää usea laitteen antamaa syvyyttä lähinnä viitteellisenä, eikä kovinkaan luotettavana.

Tämän alkukartoituksen perusteella on siis tarpeellista perehtyä erityisesti näihin kahteen asiaan: kaapelin paikantamiseen, kun paikannettavan kaapelin läheisyydessä on useita muita kaapeleita, syvyystiedon luotettavuuden arvioimiseen sekä laitteiden ominaisuuksien ja lähettimen taajuuksien huolelliseen läpikäyntiin.

7 PAIKANNUKSEN HAASTEET JA ONGELMAT

7.1 Alkukartoituksessa esiin nousseet ongelmat

Alkukartoituksessa päällimmäisenä esiin noussut ongelma on halutun kaapelin paikantaminen silloin, kun kaapeleita kulkee joko useampi rinnan tai risteää. Myöskin muuntamoiden ja sähköasemien läheisyydessä kaapelin luotettava paikantaminen koettiin ongelmalliseksi.

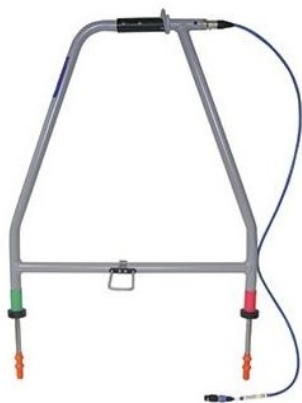
7.2 Ratkaisut

Jos paikannettavan kaapelin läheisyydessä kulkee useita muita kaapeleita, voidaan paikannuksen luotettavuutta ja onnistumismahdollisuutta parantaa kytkemällä lähetin galvaanisesti ja käyttämällä mahdollisimman pientä taajuutta. Tällöin lähettimen lähettämä signaali ei pääse karkaamaan vieressä kulkeviin kaapeleihin yhtä todennäköisesti kuin korkeaa taajuutta käytettäessä.

Sähköasemien läheisyydessä lähettimen mahdollisuutta muodostaa magneettikenttä kaapelin ympärille häiritsee ympärillä olevat muut magneettikentät. Sähköaseman läheisyydessä ongelma on hyvinkin läsnä, koska paikannettavan kaapelin ympärillä kulkee hyvin todennäköisesti useita muita paljon virtaa kuljettavia kaapeleita. Tällaisessa tilanteessa kannattaa kokeilla eri lähettimen taajuuksia ja syöttövoimakkuuksia Radiodetectionin valmistajan mukaan 8 kHz taajuuden ei kuuluisi häiriintyä sähkön luomasta magneettikentästä olematta kuitenkaan niin korkea, että vuotaisi vieressä kulkeviin kaapeleihin. /5./

8 MAANLAISEN SÄHKÖKAAPELIN VIANPAIKANNUS

Kaapelinhakulaitteilla on usein myös mahdollista etsiä rikkoutuneita kaapeleita. Tässä osiossa paneudutaan Radiodetectionin 7000-sarjan kaapelinhakulaitteella sähkökaapelivian paikannukseen, vaikkakin toimintaperiaate on valmistajasta riippumatta usein hyvinkin samanlainen. Vian paikannukseen tarvitaan kaapelinhakulaite, lähetin, maapiikki sekä vikahaarukka. Kuvassa 18 esitettyinä vikahaarukka.



Kuva 18. Vikahaarukka

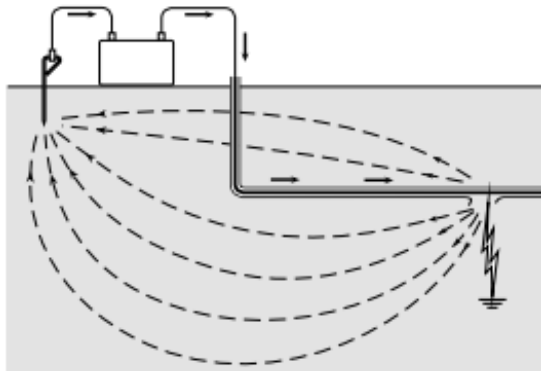
Kaapelinhakulaitteella on vikahaarukkaa apuna käyttäen mahdollista paikantaa kaapelivika, jossa kaapelin vaippa on vahingoittunut ja näin ollen kaapelin vaihejohtimet vuotavat maahan. Kaapelille kannattaa siis suorittaa eristysvastusmittaus ennen paikannuksen aloittamista. Jos eristysvastusmittauksessa ei havaita vaiheiden johtavan maahan, ei kaapelinhakulaitteella eikä vikahaarukalla ole mahdollista paikantaa vikapaikkaa. Kaapeli täytyy irrottaa molemmista päistä ennen vikapaikannuksen aloittamista.

Vikaa paikantaessa lähetimen punainen johdin kytketään kaapelin vaiheeseen, jonka on todettu vuotavan maahan, ja musta johdin maapiikkiin, joka on asetettu 90 asteen kulmaan kaapeliin nähden, johon vianpaikannusta on tarkoitus suorittaa. Kytken jälkeen lähetin käynnistetään ja asetetaan vianpaikannus tilaan selaamalla valikkoa ylös/alas nappuloista. Vianpaikannuksen taajuus on 8 Hz. Kuvassa 19 esitetään lähetin vianpaikannustilassa.



Kuva 19. Lähetin vianpaikannustilassa

Kun lähetin on kytketty oikein sekä lähettimen asetus on oikea, alkaa lähetin lähettämään signaalia kaapeliin. Kaapein vaipan ollessa rikki ja vaiheen ollessa yhteydessä maahan kulkeutuu lähettimen lähettämä signaali vaippariikon kohdalta maahan ja takaisin maapiikin kautta lähettimeen. /5./



Kuva 20. Vikatilanne havainnollistettuna

Kun kuvan mukainen virtapiiri on saatu muodostettua, kytketään vikahaarukka kaapelinhakulaitteeseen, laite tunnistaa automaattisesti vikahaarukan ja näin käynnistää oikean moodin.

Maapiikki sekä kaapelissa oleva vaippavika ovat virtapiirissä samankaltaisia niin sanottuja "vikakohtia". Tästä johtuen vikahaarukka voidaan asettaa ensin maapiikin läheisyyteen, jotta saadaan niin sanottu referenssiarvo, esimerkiksi 70 db. Nyt kun vikaa paikantaessa lähestytään kaapelissa olevaa vaipparikkoa, antaa laite tätä referenssiarvoa lähellä olevan desibelilukeman, jos kaapelissa on yksi vika. Jos vikoja on useita, on usein vikojen desibelilukemin yhteissumma lähellä maapiikin vierestä otettua referenssiarvoa. /7./

Ennen paikannuksen aloittamista kannattaa kaapelia paikantaa ja merkata haarukoitavan alueen pituudelta. Näin on helpompi seurata kaapelia vikaa paikantaessa. Kun haluttu reitti on merkattu ja referenssiarvo otettu, voidaan aloittaa vian haarukointi. Kun haarukka asetetaan maahan vihreäksi maalattu piikki kulkusuuntaan päin, niin että molemmat haarukan piikit uppoavat maahan. Kun haarukka on asetettu maahan oikein, tulee hakulaitteen näyttöön desibelilukema sekä nuoli, jonka tarkoitus on kertoa mahdollista vian suuntaa.

Nuolen osoittamaan suuntaan kuljetaan haarukkaa maahan painaen siihen asti, kunnes desibelilukema on lähes tai yhtä suuri kuin maapiikin läheisyydestä otettu referenssidesibelilukema. Nuolen kuuluisi myös kääntyä vastakkaiseen suuntaan, kun vikapaikka on löytynyt. Vikapaikan läheisyydessä haarukoitaessa vihreä piikki oletettua vaipparikkoa kohti pitäisi nuolen näyttää vikapaikkaa kohti riippumatta haarukan kulmasta kaapeliin nähden.

9 POHDINTA

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Elvera Oy ja sen sisällä toimiva infraosasto. Heidän työntekijänsä suorittavat kaapelinnäyttöjä, ja itse kyseisessä tehtävässä työskennellessäni heräsi ajatus materiaalista, jonka avulla kaapelinnäyttäjät sekä dokumentoijat voisivat syventää omaa osaamistaan ja etsiä ratkaisuja ongelmiin niiden ilmetessä. Tämän työn tarkoituksena oli siis määrittää kaapelinhakulaitteita työssä käyttävien henkilöiden perehtyneisyyden taso sekä käytännön työssä esiintyviä ongelmia, johon olisi opinnäytetyöprosessin aikana mahdollista löytää vastauksia.

Alkukartoituksen pohjalta oli selvää, että materiaalille olisi tarvetta ja useat kaapelinhakulaitetta käyttävät kokivat puutteita tietotaidossaan laitteen käyttöä koskien. Epävarmuuksia oli myös laitteen antaman syvyystiedon kohdalla, ja vastauksista selvisi, että suurin osa koki laitteen antamien syvyysarvojen olevan lähinnä suuntaa antavia. Perehdytysmateriaalin lisäksi suoritettiin siis myös käytännön testejä, jotta saataisiin osviittaa laitteen antamien paikka ja syvyysarvojen luotettavuudesta.

Käytännön testeistä selvisi, että paikkatieto on oikein suoritettuna paikannuksessa luotettavaa ja alkukartoituksessa esiin nousutta signaalin vuotamista-kin vieressä kulkeviin kaapeleihin on mahdollista välttää tai ainakin vähentää käyttämällä matalampia taajuuksia ja kohteesta riippuen mahdollisimman optimaalista lähettimen kytkentätapaa.

Syvyystiedon kohdalla tilanne taas on monimutkaisempi ja testeissä ilmaantui suuriakin heittoja todellisen syvyyden ja laitteen ilmaiseman syvyysarvon välillä. Parhaimmassa tapauksessa laite saattaa mitata syvyyden hyvinkin tar-

kasti, mutta olosuhteiden muuttuessa on tilanne täysin toinen. Laitteen käyttöön täytyy todella perehtyä, jotta syvyyden mittaus olisi pitkällä aikavälillä luotettavaa. Positiivisena asiana oli kuitenkin se, että valmistajankin ilmoittama syvyysmittauksen oikeellisuuden varmistus laitetta nostamalla tuntuisi toimivan, mutta menetelmän luotettavuuden varmistamiseksi tulisi testimittauksia mielestäni suorittaa enemmän, kuin mitä tässä opinnäytetyössä oli mahdollista. Tämän opinnäytetyön jatkotutkimuksena voisikin olla tutkimus kaapelin syvyyden mittauksesta. Tulevaisuudessa kyseiselle tiedolle olisi varmasti tarvetta ja luotettavalle menetelmälle kysyntää.

LÄHTEET

1. Rejlers. Rejlers kertoo, mistä maahan kaivettu kaapeli löytyy. WWW-dokumentti. Julkaistu 15.1.2021. Saatavissa: <https://www.rejlers.fi/Uutiset/rejlers-kertoo-mista-maahan-kaivettu-kaapeli-loytyy/> [viitattu 27.2.2022].
2. PikeWood Creative. Basic Principles of Pipe & Cable Locating. Opetusvideo. Youtube. Julkaistu 1.10.2014. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=3Mccf5kttcE&ab_channel=PikeWoodCreative [viitattu 27.2.2022].
3. Laki sähköisen viestinnän palveluista 2014/917/241 §
4. Telekaapeleiden sijaintia koskevien tietojen saatavuus ja tietoturva 242 § (23.11.2018/1003)
5. Radiodetection. The theory of buried cable and pipe location. PDF-dokumentti. 2017. Saatavissa: <https://www.radiodetection.com/sites/default/files/Theory-Buried-pipe-manual-V10.pdf?buster=isijg9Qw> [viitattu 27.2.2022].
6. Subsurface Solutions. Why locators mislocate? Utility Locators. Opetusvideo. Youtube. Julkaistu 7.9.2017. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=9Q-uBNHFrA0&t=11s&ab_channel=SubsurfaceSolutions [viitattu 27.2.2022].
7. Subsurface Solutions. Fault Locating - long version. Opetusvideo. Youtube. Julkaistu 27.2.2016. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=1CrpVHXkkhE&ab_channel=SubsurfaceSolutions [viitattu 7.3.2022].
8. Ohjeet työskentelystä telekaapelien läheisyydessä V2.5 WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.kaivulupa.fi/static/docs/Kaivuohje_\(lyhyt\)_tyo_kaapeleiden_laheisyydessa_v.2.5.pdf](https://www.kaivulupa.fi/static/docs/Kaivuohje_(lyhyt)_tyo_kaapeleiden_laheisyydessa_v.2.5.pdf) [Viitattu 7.3.2022]
9. Järvi-Suomen Energia. Kaivuohje kaapelivaurioiden estämiseksi. PDF-dokumentti. Päivitetty 13.2.2020. Saatavissa: <https://www.jseoy.fi/wp-content/uploads/2021/03/kaivuohje-kaapelivaurioiden-estamiseksi.pdf> [viitattu 7.3.2022].
10. Maakaapeleita vaarantava työ ja maakaapeleiden sijainnin selvittäminen 9.8.2013/588/110 §

KUVALUETTELO

Kuva 1. Kaapelinhakulaite RD7100. Saatavissa: https://www.helsinginlaatulaitte.fi/tuotteet/img/kaapelin_ja_putkenhakulaitteet/RD7100/RD7100_02.jpg [Viitattu: 7.3.2022]

Kuva 2. Kaapelinhakulaitteen lähetin TX-10. Saatavissa: <https://www.subtech.co.uk/products/radiodetection-tx-10-multifunction-transmitter>. [Viitattu: 7.3.2022]

Kuva 3. Kaapelinhakulaitteen lähettimen näyttö. Saatavissa https://www.radiodetection.com/sites/default/files/styles/image_teaser/public/video_thumbnails/2zS7YZtzz7A.jpg?_buster=yUUFfHvQ&itok=zV7uJTUP. [Viitattu: 7.3.2022]

Kuva 4. Galvaaninen kytkentä. Kuvakaappaus valmistajan videosta. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=3Mccf5kttcE&ab_channel=PikewoodCreative

Kuva 5. Indusointi klampilla. Kuvakaappaus valmistajan videosta. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=3Mccf5kttcE&ab_channel=PikewoodCreative

Kuva 6. Indusointi lähetin maan päällä. Kuvakaappaus valmistajan videosta. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=3Mccf5kttcE&ab_channel=PikewoodCreative

Kuva 7. Kaapelinhakulaitteen näyttö. Saatavissa: <https://i.ytimg.com/vi/IM-MBiPc0FHw/maxresdefault.jpg> . [Viitattu: 7.3.2022]

Kuva 8. Huippu ja nollapiste. Saatavissa: <https://www.gov.nl.ca/ecc/files/waterres-training-adww-2019-12-bricebrown.pdf> [Viitattu: 7.3.2022]

Kuva 9. GPS-Pisteet kartalla.

Kuva 10. Syvyyden mittaus. Saatavissa: https://support.radiodetection.com/hc/article_attachments/115017927903/mceclip0.png [Viitattu: 7.3.2022]

Kuva 11. Syvyydmittauksen luotettavuuden testaamista

Kuva 12. Google Forms vastaukset käytön määrästä

Kuva 13. Google Forms vastaus kaapelinhakulaitteen käyttövuosista

Kuva 14. Google Forms vastaukset paikannustavasta

Kuva 15. Google Forms vastaukset laitteen ominaisuuksien tuntemisesta

Kuva 16. Google Forms vastaukset paikannusmenetelmistä

Kuva 17. Google Forms vastaukset eri taajuuksien tuntemisesta

Kuva 18. Vikahaarukka. Saatavissa: <https://undergrounddetective.com/wp-content/uploads/2019/09/A-Frame-480x320px.jpg>. [Viitattu: 7.3.2022]

Kuva 19. Lähetin vianpaikannustilassa.

Kuva 20. Vikatilanne havainnollistettuna. Saatavissa: https://www.radiodetection.com/sites/default/files/Theory-Buried-pipe-manual-V10.pdf?_buster=isi9Qw

Lupa kuvakaappausien käyttöön saatu valmistajalta.