



Thomas Nyman

# Groundhawk-sijaintimittaus sähkön- jakeluverkossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

6.4.2022

## Tiivistelmä

Tekijä: Thomas Nyman  
Otsikko: Groundhawk-sijaintimittaus sähköjakeluverkossa  
Sivumäärä: 32 sivua  
Aika: 6.4.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Ammatillinen pääaine: Sähkövoimatekniikka  
Ohjaajat: Yliopettaja Jarno Varteva  
Suunnittelupäällikkö Ville Nousiainen

---

Insinöörityössä selvitettiin Advian Oy:n valmistaman Groundhawk-sijaintimittausratkaisun soveltuvuutta Netel Oy:n sähköverkon rakennusprojekteilla nykyisen käytössä olevan sijaintimittauksen korvaajaksi. Nykyisellä sijaintimittauksella on haasteita, joita Groundhawkilla on mahdollista ohittaa. Mittaukset tehtiin Caruna Oy:n ja Caruna Espoo Oy:n sähköjakeluverkon alueilla.

Työssä tutkittiin Groundhawkin hyötyjä ja haasteita verrattuna nykyiseen mittausmenetelmään, sekä niiden eroavaisuutta itse mittauksen suhteen. Myös Groundhawkin vaikutusta punakynämerkintöihin ja niihin liittyviin ongelmiin tutkittiin. Myös mittausprosessia on katsottu, miten mittaus etenee työmaalta verkonhaltijan verkkotietojärjestelmään.

Groundhawk osoittautui toimivaksi ratkaisuksi, ja se erottuu eduksi varsinkin helppokäyttöisyyden ja nopeuden osalta. Myös sen toimintaperiaate, eli avoimesta kaapeliojasta mittaaminen on erinomainen. Sen avulla mekaaniset suojaukset saadaan tarkasti mitattua ja suoraan punakyniin. Tämän avulla saadaan vähennettyä merkittävästi mahdollisia työn jälkeisiä selvityksiä mekaanisten suojausten sijainnista. Tarkasti mitatut suojaukset myös helpottavat dokumentointia verkkotietojärjestelmään.

Groundhawk todettiin toimivaksi ja hyödylliseksi ratkaisuksi, jonka hyödyt voittavat sen ja nykyisen mittauksen haasteet. Nykyisellä toimintamallilla se ei kuitenkaan pysty korvaamaan kaikkea mittauksia, jota hoidetaan nykyisellä menetelmällä, sillä maanrakentajat eivät voi aina odottaa GPS yhteyden kanssa, jolloin sen johdosta puuttuvat paikat joudutaan mittaamaan kaapelitutkalla.

Avainsanat: Groundhawk, Kaapeliverkon sijaintimittaus, Punakynämerkinnät

## Abstract

Author: Thomas Nyman  
Title: Groundhawk Location Measurement in Electrical Distribution Network  
Number of Pages: 32 pages  
Date: 4 April 2022

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Electrical and automation engineering  
Professional Major: Electrical power engineering  
Supervisors: Jarno Varteva, Principal Lecturer  
Ville Nousiainen, Planning Manager

---

The goal in this engineering work was to find out the suitability of Groundhawk location measurement solution developed by Advian Oy on Netel Oy electric grids projects to replace the current location measurement solution. The current location measurement solution has some challenges, that are possible to overcome with Groundhawk. The measurements were made on Caruna Oy and Caruna Espoo Oy's electric grid.

In this work Groundhawks pros and cons were investigated compared to the current measuring method, as well as their differences with the actual measuring. Also, the Groundhawks effect on red pencil markings and the problems with them were looked into. The measurement process has also been taken in account: how it goes from measurements to the electrical grid company's network information system.

Groundhawk turned out to be a working solution, and it stands out especially by being easy and fast to use. Also, its working principle, measuring from open cable trench is excellent. With this, the mechanical protection is able to be measured precisely and straight into red pencils. With the help of that, the after work corrective actions concerning the location of mechanical protection can be reduced massively. Precisely measured protections also make the documentation to network information system easier.

Groundhawk was found to be a working and useful solution, which pros overcome its and the current measuring methods' challenges. But with its current working model it cannot replace all measuring that is being done with the current method, because the earthmoving contractors can't always wait for the GPS signal to work. Due to that the places with the missing measurements need to be measured with cable locator.

Keywords: Groundhawk, Cable networks location measurement, Red pencil markings

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Mittauksen vaatimukset	2
2.1	Standardit ja määräykset	2
2.1.1	Traficom:n määräys M71	2
2.1.2	Standardit	3
2.2	Netel Oy:n vaatimukset	4
3	Groundhawk laitteena	5
3.1	Toimintaperiaate	6
3.2	Mitattavat objektit	7
4	Mittaukset	9
4.1	Mittausten kulku nykyisellä menetelmällä	9
4.1.1	Avoin kaapelioja	10
4.1.2	Täytetty kaapelioja, jännitteellinen kaapeli	10
4.1.3	Täytetty kaapelioja, jännitteetön kaapeli	10
4.2	Mittausten kulku Groundhawkilla	10
4.3	Mittausympäristö	11
5	Punakynämerkinnät	12
5.1	Nykyiset punakynämerkinnät	13
5.2	Punakynämerkinnät Groundhawkilla	15
5.3	Punakynämerkintöjen ennalta ehkäisevä vaikutus	16
6	Hyödyt ja haitat nykyiseen malliin verrattuna	17
6.1	Nykyisen menetelmän hyödyt	17
6.2	Groundhawkin hyödyt	17
6.3	Nykyisen mittauksen haasteet	18
6.4	Groundhawkin haasteet	20
7	Prosessi sijaintimittauksesta verkkotietojärjestelmään	24
7.1	Mittaus	25

7.2	Sijaintimittaustiedoston luonti	26
7.3	Ajo verkkotietojärjestelmään	27
7.4	Dokumentointi	29
8	Käyttäjien kokemuksia	29
9	Yhteenveto	30
	Lähteet	32

## Lyhenteet

- GNSS: Global Navigation Satellite System. Maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä.
- GPS: Global Positioning Signal. Maailmanlaajuinen paikallistamisjärjestelmä.
- RTK: Real Time Kinematic. Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus, erittäin tarkka GPS mittaus menetelmä.
- ToF: Time of Flight. Mittaa kuinka kauan aallolla kestää matka objektiin ja takaisin ja laskee siitä etäisyyden.

## 1 Johdanto

Maakaapeliverkon sijaintimittaus tuli pakolliseksi vuoden 2021 alusta Traficom in määräyksen M71 myötä. Tämän myötä on tullut jonkin verran haasteita liittyen kaapeleiden syvyysmittauksen luotettavuuteen sekä mataliin kohtiin sijoitettujen mekaanisten suojausten dokumentointiin punakynissä ja niiden siirtämisessä verkkotietojärjestelmään. Jos puutteita on syvyyksien kohdalla, niiden jälkikäteen selvittäminen suljetusta kaapeliojasta ja mahdollinen korjaaminen ei ole kustannustehokasta. Tämän takia Netel Oy on ottanut Groundhawk sijaintimittaus ratkaisun kokeiluun, sillä laitteella on mahdollista ennalta ehkäistä edellä mainittuja ongelmia.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää Netel Oy:lle Advian Oy:n valmistaman Groundhawk sijaintimittaus ratkaisun toimivuutta Netel Oy:n sähköverkon rakennusprojekteissa. Työssä tutkitaan maakaapeloidun pien- ja keskijänniteverkon sijaintimittauksista ja eroja Groundhawkin ja nykyisten sijaintimittaus menetelmien välillä. Työssä myös tarkastellaan Groundhawkin hyötyjä ja haittoja sekä mittauksiin liittyvää prosessia. Työssä ei huomioida vesistökaapelien sijaintimittauksista.

Netel Oy on perustettu vuonna 2000 rakennusyhtiö Peabin tytäryhtiöksi, jolloin yritys tunnettiin vielä nimellä Telog oy. Alun perin yhtiö vastasi Peabin telerakentamisen projektinhallinnasta, ja ensimmäiset vuodet yritys keskittyikin pelkästään teleinfraan. Nykyään yrityksellä on Suomessa toimintaa sähkö-, mobiili- ja kiinteiden tietoliikenneverkkojen osalta sekä niiden ylläpitoon ja huoltoon liittyvää toimintaa. [1, s. 3–4.]

Netel Oy on nykyään projektinjohtotalo, jolla on toimintaa Suomessa, Ruotsissa, Norjassa ja Saksassa. Konsernin pääkonttori on Ruotsissa, ja yhtiö listautui Tukholman pörssiin vuoden 2021 loppupuolella. Suomessa työntekijöitä on noin 50, ja koko konsernissa noin 450. Liikevaihtoa Suomen haaralla oli 28,5 miljoonaa euroa vuonna 2019 ja konsernitasolla 200 miljoonaa euroa. [1, s. 5.]

Asiakkaita yrityksellä on muun muassa sähkön jakeluverkon haltijat, tele- ja dataoperaattorit, verkkojen omistajat, rakennusyrietykset ja pienemmistä päästä esimerkiksi kiinteistönomistajat sekä taloyhtiöt. [1, s. 8.]

## 2 Mittauksen vaatimukset

### 2.1 Standardit ja määräykset

Standardeissa ja määräyksissä on omat vaatimuksensa kaivetun kaapelireitin sijaintimittaukselle. Niissä määritellään esimerkiksi, kuinka tarkasti sijainti tulee mitata, sekä missä tapauksissa kaapelit tulee suojata mekaanisilla suojuuksilla.

#### 2.1.1 Traficomien määräys M71

Vuonna 2020 Traficomilta tuli uusi määräys M71, joka tuli voimaan 1.6.2020.

Määräyksen tarkoituksena on

edistää verkkojen yhteisrakentamista ja -käyttöä sekä vähentää maarakennustöistä verkkoinfrastruktuurille aiheutuvia vikatilanteita. Se myös edistää verkkotoimijoiden välistä yhteistyötä lisäämällä keskitetyn tietopisteen avulla verkkotoimijoiden tietoisuutta muiden verkkotoimijoiden rakentamishankkeista ja fyysisen verkkoinfrastruktuurin sijainnista.” Keskitetyille tietopisteelle menee tiedot esimerkiksi kaapeleista, niiden suojuuksista ja verkkotoimijasta. [2.]

Sähköverkossa mittausten osalta tarvittavia tietoja määräyksen mukaan on:

- Verkkotyyppi, eli tässä tapauksessa sähköverkko ja siitä tarkennettuna joko pienjännite-, keskijännite-, suurjännite-, tai ulkovalaistusverkko
- Sijainnin x- ja y-koordinaatti, jolla tarkoitetaan pistemäisen kohteen kuten jakokaapin keskipistettä, aluemaisen kohteen reunaviivoja kuten muunta-moa tai viivamaisen kohteen kuten kaapelin keskilinjaa
- Sijainnin z-koordinaatti, jolla tarkoitetaan tässä tapauksessa kaapelin ylä-osan korkeutta tai sijainnin syvyystieto, jolla tarkoitetaan kaapelin ylä-osan syvyyttä maanpinnasta mitattuna

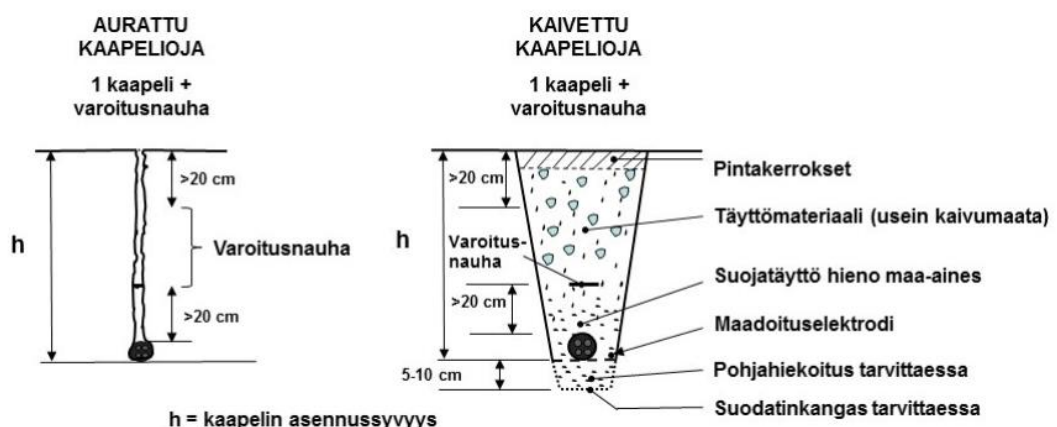


- Sijaintitarkkuus, jolla tarkoitetaan kuinka tarkasti mitatun tiedon pitää olla ilmoitettuna, eli kuinka paljon siinä saa olla epätarkkuutta
- Sijainnin määrittelytapa, eli millä sijainti on määritelty eli mitattu. [3, s. 2–3, 7.]

Sijaintitarkkuus tulee määräyksen mukaan ilmoittaa x- ja y-koordinaattien osalta taajamissa vähintään 10 cm:n tarkkuudella ja taajamien ulkopuolella vähintään 50 cm tarkkuudella. Z-koordinaatti tai sijainnin syvyystieto tulee puolestaan ilmoittaa 10 cm tarkkuudella ympäristöstä riippumatta. [3, s. 10.]

### 2.1.2 Standardit

Kaapelien sijoittamisesta ja suojauksesta kerrotaan standardissa SFS 6000-8-814. Standardin mukaan kaapelit tulee sijoittaa riittävän syväälle, jotka ovat suositeltu asennettavaksi niin että asennusalustan syvyys on 70 cm. Mikäli kaapelia ei voida sijoittaa riittävän syväälle se tulee suojata mekaanisesti muulla tavalla, ja jos kaapeli on asennettu matalammalle kuin 30 cm maan alle, tulee se suojata aina mekaanisesti esimerkiksi suojaputkella. Sähkökaapelien suojaukseen käytettävien suojien tulee olla huomattavalta osalta keltaisia. Kuvassa 1 on esitetty kaapeliojan periaatteellinen poikkileikkaus, jonka mukaan kaapelioja tulisi lähtökohtaisesti rakentaa. [4, s. 6–7.]



Kuva 1. Kaapeliojan periaatteellinen poikkileikkaus [4, s. 6].

Jos kaapeli joudutaan asentamaan maan tai kallion pinnalle, se tulee varustaa luotettavasti kiinnitetyllä mekaanisella suojauksella kuten raskaan käytön suoja-putkella (esimerkiksi SRE-putkella). Kallion pinnalle kiinnitetyille kaapelille suositellaan myös betonivalua suojauksen päälle. [4, s. 7.]

Maahan ja veteen sijoitetuista kaapeleista on laadittava kartta, josta käy ilmi niiden sijainti. Sijainnin merkinnän kartassa tulee pohjautua maastossa oleviin kiintopisteisiin tai koordinaatistoon. [4, s. 7.]

SFS 6000-8-801:ssä on kerrottu hieman enemmän jakeluverkosta laadittavasta verkkokartasta, josta tulee selvittää käytössä ja hoidossa tarpeelliset tiedot. Näitä tietoja ovat esimerkiksi verkon eri kaapelien pituus, poikkipinta sekä laji. [5, s. 11.]

## 2.2 Netel Oy:n vaatimukset

Netelin vaatimukset sijaintimittaukseen tulevat hyvin pitkälti tilaajan vaatimuksista, joka tämän työn tapauksessa on Caruna Oy. Caruna vaatii mittaukset maanalaisista kohteista kuten maakaapelit ja kaapelijatkot sekä maanpäällisistä kohteista kuten muuntamot, jakokaapit ja uudet sähköpylväät. Kaikista mitatuista kohteista sijainti tulee ilmoittaa X- Y- ja Z-koordinaatein, ja maanalaisista rakenteista myös syvyys maanpinnantasosta mitattuna. Kaikki mittaukset tulee olla tehtynä viimeistään ennen sähköverkon käyttöönottoa. Verkko katsotaan käyttöönotetuksi, kun sen osat ovat jännitteisiä käyttötarkoitusta varten. [6, s. 3.]

Maakaapelireiteissä mittaus suoritetaan kaapeliojan keskipisteestä riippumatta ojassa olevien kaapeleiden määrästä, ja se dokumentoidaan verkkotietojärjestelmään yhtenä viivana korkeimman jännitetason mukaan. Espoon, Kauniaisten ja Joensuun alueilla tulee myös kirjata ylös kaapeliojassa olevien kaapelien lukumäärä, johtuen kaupunkien omista määräyksistä. Kaapelijatkoille riittää, että ne mitataan pisteenä yhdestä kohtaa. [6, s. 3–4.]

Maanpäällisille kohteille riittää pistemäiset mittaukset. Muuntamot ja muut rakennuksen kaltaiset kohteet tulee mitata jokaisesta neljästä nurkasta maan tasolla, jolloin niistä muodostuu sen mukainen symboli verkkotietojärjestelmään. Jakokaapit puolestaan mitataan ovisivun keskipisteestä maan pinnasta. Sähköpylväät mitataan vain siinä tapauksessa, että ne ovat joko täysin uusia tai vanhaa linjaa siirretään uuteen sijaintiin. [6, s. 4.]

Kaapelireitin sijainti tulee mitata vähintään 10 metrin välein suorilla reittiosuoksilla, ja sen lisäksi tarvittava määrä lisäpisteitä, jotta saavutetaan riittävä tarkkuus. Lisäpisteitä tarvitaan esimerkiksi jyrkissä mutkissa, jotta kun mittauspisteet yhdistetään, niistä tulee todenmukainen reitti, eikä mutkia vedetä niin sanottu suoriksi. Sen lisäksi kaapelin syvyys maan pinnasta tulee mitata  $\pm 5$  cm:n tarkkuudella niin taajamassa kuin sen ulkopuolella. Lisäksi tienalituksissa tulee mitata kaapelin syvyys molemmin puolin tietä. Kaapelin syvyys mitataan kaapeliojan pohjasta, ellei oja ole jo kaivettu umpeen, jolloin se mitataan maanpäältä kaapelin pinnasta. [6, s. 4–5.]

### **3 Groundhawk laitteena**

Groundhawk on Advian Oy:n kehittämä Android-älypuhelimeen perustuva sovellus, joka käyttää hyväksi puhelimen ja sen kameran ominaisuuksia. Puhelimen lisäksi siinä on lisäantenni paremman ja tarkemman GPS (Global Positioning Signal) -signaalin saamiseksi. Sovelluksen avulla voidaan mitata esimerkiksi kaapelin sijaintia ja syvyyttä avoimesta kaapeliojasta sekä maanpäällisiä viivamaisia ja pistemäisiä kohteita. Kuvassa 2 on esitetty Groundhawk laitteena ja sen tärkeimmät ominaisuudet.



Kuva 2. Groundhawk laitteena [7, s. 5].

### 3.1 Toimintaperiaate

Groundhawkin toimintaperiaate perustuu siihen, että laitteessa on tarkka paikannus lisäantennin kanssa, jonka avulla laite tietää, missä se sijaitsee muutamien senttimetrin tarkkuudella. Sen lisäksi siinä on yhteys RTK (Real Time Kinetic) -palvelimeen, joka lähettää korjaussignaaleja, jotta mittauksen tarkkuus saadaan tarpeeksi tarkalle tasolle. Laite myös käyttää sisäänrakennettuja sensoreita, kuten kameraa ja kiihtyvyysantureita, joiden avulla se navigoi itse suhteellisessa avaruudessa. Eli kun laite liikkuu, se pystyy navigoimaan esimerkiksi liikkumalla eteenpäin tai ylös myös ilman GPS-signaalia. Näin ollen siinä on kahdentyyppistä navigointia, GPS- ja paikallista navigointia, joita tarvitaan koska GNSS (Global Navigation Satellite System) -signaali saattaa muuttua epätarkemmaksi maaston muodoista ja satelliittien sijainnista riippuen, jolloin yhdistetään GPS ja paikallinen navigointi. [8.]

Sijaintidataa mitatessa kamera muodostaa kolmiulotteisen pistepilven, joka mittaa etäisyyttä kuten kuvassa 3 näkyy. Tämä pistepilvi georeferoidaan

paikkatiedon ja suunnan perusteella. Laitteessa on ToF (Time of Flight) -sensori, joka mittaa etäisyyttä on tarkka kolmeen metriin asti, jolloin sen tarkkuus on  $\pm 5$  cm. Mikäli etäisyyttä on enemmän, sensorilla on haasteita tunnistaa etäisyyttä. [8.]



Kuva 3. Pistepilvi, valkoiset pisteet muodostavat pilven.

Mittauksesta syntynyt data käsitellään tekoälyn toimesta, kun mitattu data lähetetään pilveen mittauksen jälkeen. Pistepilvestä muodostetaan ojan syvin keski-kohta, johon mallinnetaan kaapelin paikka, eli kaapelivektori tulee ojan pohjalle. Pistemittauksia varten laitteessa oleva ToF-sensori mittaa etäisyyttä, jolloin käyttäjä kohdistaa tiettyyn pisteeseen ja vastaavalla tavalla piste tulee kartalle. [8.]

### 3.2 Mitattavat objektit

Groundhawkilla on mahdollista mitata viivamaisia kohteita kuten maakaapelit ja muuntamot, sekä pistemäisiä kuten kaapelijatkot ja jakokaapit. Sen lisäksi se mittaa mekaanisen suojauksen tarkalleen samalla tavalla kuin kaapelit. Mittauksen alussa tulee valita ojassa oleva kaapeli ja mekaaninen suojaus, joita tulee vaihtaa sitä mukaan, kun kaapeliojan sisältö muuttuu.

Laite ottaa valokuvat aina mittauksen alussa ja lopussa, jolloin voidaan jälkikäteen katsoa, mitä kaapelia on kaivettu maahan ja onko sille laitettu suojausta. Automaattisesti otettu valokuva on melkein aina ylhäältä päin otettu, erityisesti jos kaapeliojassa on suojausta, sillä aloituspiste kohdistetaan silloin suojauksen alkamiskohtaan. Kuvassa 4 on esimerkki automaattisesti otetusta kuvasta.



Kuva 4. Automaattisesti otettu kuva mittauksen alussa.

Käyttäjän on myös mahdollista ottaa valokuvia itse, jolloin laite ottaa kuvanotto paikalta koordinaatit ja sijoittaa kuvan siihen. Etäisyyttä ei näissä kuvissa mitata. Itse otetuista kuvista saa yleensä selkeämmän yleiskuvan kuin automaattisesti otetuista kuvista, jotka ovat yleensä kohtisuoraan kaapeliojaan nähden otettuja. Kuten kuvasta 5 nähdään, yleiskuva on huomattavasti selkeämpi kuvaan 6 verrattuna. Näistä kuvista voi myös olla hyötyä, jos mittaja esimerkiksi unohtaa merkitä suojauksen mittauksen alussa, jolloin sen voi todentaa

yleiskuvista. Myös mahdollisissa reklamaatiotapauksissa kuvista on hyötyä, sillä niiden avulla voidaan todentaa kaivuuhetken ympäristöolosuhteet.



Kuva 5. Groundhawkilla itse otettu kuva.

## 4 Mittaukset

### 4.1 Mittausten kulku nykyisellä menetelmällä

Nykyisellä menetelmällä mitatessa on muutamia eri vaihtoehtoja millä mitata. Vaikka avoimesta kaapeliojasta on myös mahdollista mitata, on kuitenkin kaapelitukalla täytetystä kaapeliojasta mittaaminen huomattavasti yleisempää.

#### 4.1.1 Avoin kaapelioja

Avoimesta kaapeliojasta mittaus tapahtuu nykyisellä menetelmällä GNSS-vastaanottimella, joka on teleskooppikepin päässä, jonka pohjasta syvyys luetaan. Teleskooppiin saa myös kiinnitettyä tabletin, joka tallentaa mittausdatan, ja josta voi seurata mitattavaa tietoa. [9.]

#### 4.1.2 Täytetty kaapelioja, jännitteellinen kaapeli

Täytetystä kaapeliojasta jännitteellisen kaapelin mittaaminen on yksinkertaisempaa kuin jännitteettömän. Kaapelin ympärille laitetaan silmukka, joka tunnistaa kaapelin magneettikentän. Tämän avulla kaapelitutka löytää kaapelin maasta, jonka jälkeen kaapelin syvyyttä voi alkaa mittaamaan kaapelitutkan kanssa. Sijainti saadaan edelleen GNSS-vastaanottimen avulla. [9.]

#### 4.1.3 Täytetty kaapelioja, jännitteetön kaapeli

Jännitteettömän kaapelin mittaaminen täytetystä kaapeliojasta eroaa vain vähän jännitteellisestä. Jännitteettömän kaapelin toinen pää pitää maadoittaa, ja kaapelin vaiheeseen pitää kiinnittää signaaligeneraattori, johon säädetään haluttu magneettikenttä. Se indusoidaan kaapeliin, jotta kaapeli näkyy kaapelitutkassa. [9.]

### 4.2 Mittausten kulku Groundhawkilla

Työmailla mittaajina toimivat tällä hetkellä kaivajat tai heidän lapiomiehensä. Mittaus alkaa siitä, kun kaapelioja on saatu kaivettua auki ja sinne on laskettu kaapelit, jolloin auki kaivettu reitti kävellään läpi Groundhawkin kanssa. Mittauksen jälkeen kaapelioja täytetään umpeen ja sama toistuu, kunnes työmaa on saatu kaivettua kokonaan valmiiksi. Samalla periaatteella mitataan myös muuntamot ja jakokaapit, eli ne mitataan samalla kun niitä asennetaan ja niitä tulee vastaan. Näin ollen mittaukset valmistuvat samassa tahdissa kuin työmaata kaivetaan.



## Maanalaiset objektit

Maanalaisiin objekteihin lukeutuvat maakaapelit, PJ- ja KJ-jatkot sekä mekaaniset suojaukset. Jatkot mitataan pistemittauksena, kun taas kaapelit ja suojaukset tulevat viivamaisena, eli kaivettu kaapelioja mitataan kävelemällä sen viressä ja kuvaamalla Groundhawkilla.

## Maanpäälliset objektit

Maanpäällisiä objekteja ovat muuntamot, jakokaapit ja pylvääät. Muuntamoista mitataan nurkat pistemittauksena, jotka yhdistetään sijaintimittaustiedostoa luodessa. Jakokaapeista mitataan vain oven keskipiste maan pinnasta, ja pylvääät niiden juuresta. Jakokaapit ja pylvääät mitataan myös pistemittauksena.

## 4.3 Mittausympäristö

Eri ympäristöissä on omanlaiset profiilinsa, ja mitattaessa vastaan tulee erinäisiä haasteita liittyen maan muotoihin ja maaperään. Esimerkiksi taajamassa saattaa olla korkeita taloja estämässä GPS-signaalia, kun taas maaseudulla voi olla muihin ympäristöihin verrattuna enemmän vetistä maata, jolloin kaapelioja täytyy vedellä.

### Kaupunki/taajama

Kaupungit ja taajamat ovat tiheästi rakennettuja alueita. Korkeiden talojen läheisyydessä saattaa tulla ongelmia GPS signaalin kanssa. Molemmissa on myös hyvin usein muuta infraa kaivettu maan alle, jolloin kaapelitutkalla mitatessa on riski, että tutka peilaa syvyyden johonkin valmiiksi kaivettuun rakennelmaan, jolloin mittaustulos saattaa olla väärä.

### Haja-asutusalue

Haja-asutusalue on sekoitus taajamaa ja maaseutua. Rakennuksia saattaa olla tiivistikin paikoitellen, ja esimerkiksi metsääkin saattaa olla runsaasti. Tässä

ympäristössä yhdistyy siis taajaman ja maaseudun haasteet, joskin korkeita taloja harvemmin haja-asutus alueelta löytyy.

## Maaseutu

Maaseutu on harvaan asutettua aluetta, jossa välimatkat voivat olla pitkiä, eikä rakennuksia ole kovin tiheästi. Haasteita voi tulla tiheässä metsässä, jossa on korkeita puita, jolloin GPS-signaalilla voi olla vaikeuksia päästä puiden läpi. Myöskin mobiiliverkkoyhteys saattaa olla heikko, jota tarvitaan RTK-korjaussignaalia varten. Ilman RTK:ta mittauksen tarkkuus saattaa kärsiä merkittävästi. Maaseudulla on myös muita alueita todennäköisemmin vetistä tai soista maata, jolloin avoimesta kaapeliojasta mittaamalla ongelmaksi saattaa tulla vesi tai sorutuva maa.

## 5 Punakynämerkinnät

Punakynistä tulee selvittää kaikki työnaikana tehdyt muutokset suunnitelmaan, kuten

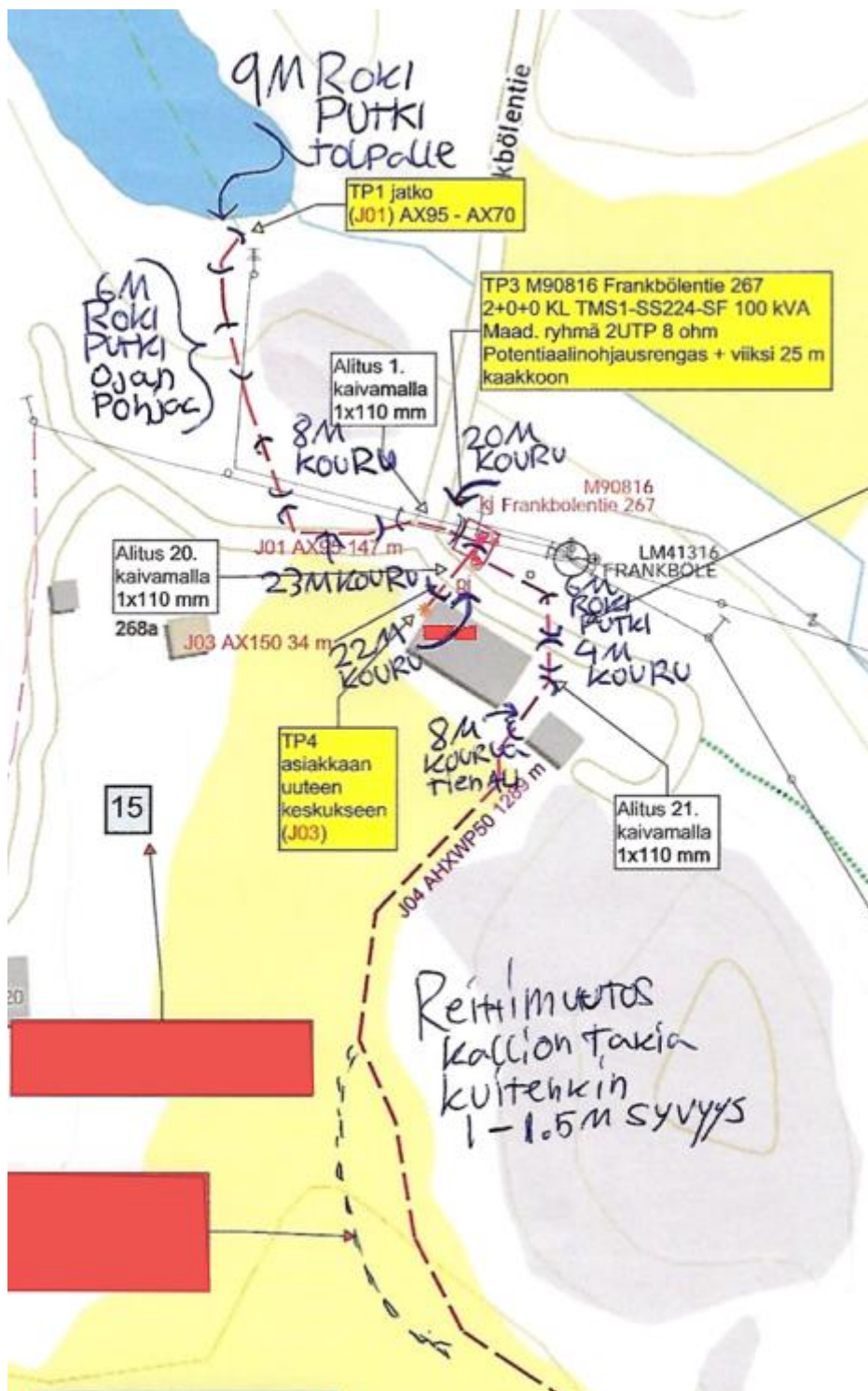
- kaikki kaapeleiden mekaaniset suojaukset; niiden laji, sijainti ja pituus
- reittimuutokset
- rakenteiden muutokset
- kaaviot (jakokaappi, muuntamo)
- muut verkkoyhtiön kanssa sovitut tiedot [10, s. 2].

Lisäksi punakynien tulee olla selkeitä ja helposti luettavia, eikä niistä pitäisi jäädä tulkinnanvaraa. Maanrakennusvaiheessa punakyniin riittää vain kaksi ensimmäistä kohtaa, jotka saadaan suoraan Groundhawkilla. Kaapeleiden kytkentävaiheessa sähköasentajat tekevät omaan työhönsä kuuluvat muutokset kaavi-oihin.

## 5.1 Nykyiset punakynämerkinnät

Tällä hetkellä tehtävät punakynämerkinnät ovat perinteisiä paperille piirrettäviä punakynämerkintöjä, joka tarkoittaa siis, että maanrakentaja merkitsee työkarttaan muutokset manuaalisesti. Punakyniin merkitään kaikki suunnitelmasta poikkeava, kuten reittimuutokset. Myös mekaaniset suojaukset merkitään manuaalisesti omin silmin arvioiden maaston muodoista tai kohteista niihin kohtiin, joita sitä on laitettu, ja niistä ilmoitetaan pituus ja suojaus tapa. Kuvassa 6 on esitetty manuaalisesti tehtyjä punakynämerkintöjä.

Ongelmia tässä tavassa on, että tämä ei ole aina kovin tarkka tapa merkitä suojaukset, sillä maanrakentaja itse arvioi punakynämerkintöihin niiden sijainnin ja pituuden. Kiireessä myös niiden merkitseminen saattaa jopa unohtua kokonaan, jolloin niistä voi seurata myöhemmin aikaa vievää selvittelyä. Punakynämerkintöjen laadussa ja tarkkuudessa voi ajoittain olla vaihteluita, jolloin myös dokumentoinnin luotettavuus kärsii.



Kuva 6. Esimerkki laadukkaasti manuaalisesti tehdyistä punakynämerkinnöistä.

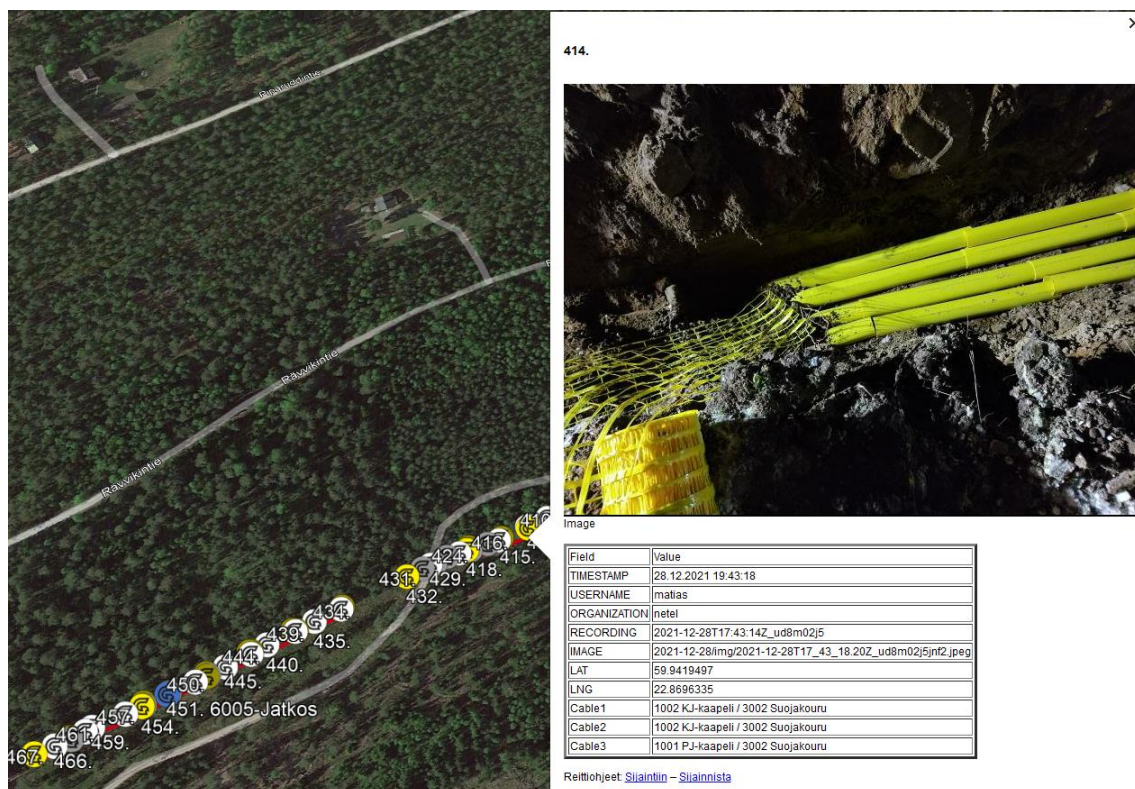
## 5.2 Punakynämerkinnät Groundhawkilla

Groundhawkilla punakynämerkinnät tulevat suoraan mittauksista, eli se eliminoi manuaalisesti tehtyjen punakynien epätarkkuuden. Mittaustiedoston mukana tulee tiedosto (.kmz) joka sisältää mitatun reitin ja georeferoidut kuvat. Tiedosto aukeaa esimerkiksi Google Earthissa, jossa mitattua reittiä voi katsoa läpi ja avata otettuja kuvia. Kuvassa 7 on ote Groundhawkin punakynämerkinnöistä Google Earthissa. Advianilta on tulossa myöhemmin oma karttasovellus, joka tulee korvaamaan Google Earthin käytön.

Kuvia tulee aina mittauksen alussa ja lopussa, joten jos vain reitti on sijaintimitattu, siitä löytyy myös punakynämerkinnät suojausten suhteen. Kuvista selviää myös tarkat koordinaatit, jossa kuva on otettu, sekä päivämäärä ja kellonaika. Tiedoista löytyy myös tietenkin kaapelin ja suojausten tyyppi. Itse otetuista kuvista löytyvät samat tiedot kuin automaattisesti otetuista pois lukien kaapelin/suojausten tyyppi.

Reittimuutokset tulevat myös tarkasti punakynämerkintöihin sijaintimittauksen mukana, ja tarkka tieto muuttuneesta reitistä on heti saatavilla, kun se on tehty.

Groundhawkin punakynämerkinnät helpottavat myös dokumentoijan työtä, sillä suojaukset ja reittimuutokset tulevat suoraan sijaintimittaukseen. Tämän avulla dokumentoijan ei tarvitse käydä läpi useita paperikarttoja ja yrittää sijoittaa muutoksia, kuten suojauksia oikeille kohdille, vaan ne ovat jo tarkasti paikallaan.



Kuva 7. Punakynämerkinnät Groundhawkilla. Palloa klikkaamalla aukeaa valokuva kohteesta. Kuvassa on auki kuva mittauksen aloituksesta.

### 5.3 Punakynämerkintöjen ennalta ehkäisevä vaikutus

Punakynämerkinnöillä on ennalta ehkäisevä vaikutus työn jälkeisiin korjauksiin, sillä mitä tarkemmat punakynät ovat, sen vähemmän tulee selviteltävää jälkikäteen. Jälkikäteen selvittely voi sitoa usean työntekijän panoksen moneksi päiväksi, joka on pois tuottavasta työstä.

On ollut tapauksia, jolloin sijaintimittaus on näyttänyt liian matalaa syvyyttä, eikä punakyniin ole merkitty minkäänlaista suojausta. Näissä tapauksissa on useimmiten jommassakummassa virhe, eli joko sijaintimittaus näyttää väärää syvyyttä, tai punakynistä on jäänyt suojaus merkitsemättä. Silloin tällöin molemmat ovat tosin oikeassa, eli siellä on suojaamaton alisyvyys. Virheelliset kohdat täytyy kuitenkin käydä toteamassa maastossa eli mitata puutteelliset kohdat uudestaan, tai kaivaa kaapeli esiin ja todeta onko siinä mekaanista suojausta, ellei uusi mittaus näytä, että syvyys on kunnossa. Tämä ei ole kustannustehokas

toimintatapa. Groundhawkin tuottamilla punakynämerkinnöillä näiden ongelmien pitäisi vähentyä huomattavasti, sillä suojuuksista pitäisi tulla tarkat mitatut sijainnit ja valokuvat, joiden avulla asia voidaan varmentaa, olettaen että laitetta on käytetty oikein.

## **6 Hyödyt ja haitat nykyiseen malliin verrattuna**

Molemmissa mittaustavoissa on hyvät ja huonot puolensa verrattuna toisiinsa, mutta ne myös jakavat samoja haasteita. Nykyisessä menetelmässä esimerkiksi ehdottomasti hyvänä puolena on ammattitaitoiset sijaintimittaajat, joilla on paljon kokemusta, ja huonona mittajaista johtumaton laitteiden satunnainen epätarkkuus. Groundhawkissa puolestaan hyvinä puolina ovat mittaamisen nopeus sekä tarkka mekaanisten suojausten mittaaminen. Huonoina puolestaan ovat esimerkiksi kaapeliojan pohjan peittävät aineet, jotka estävät suoran mittauksen. Molemmat mittaustavat jakavat samat GPS-haasteet.

### **6.1 Nykyisen menetelmän hyödyt**

Nykyisen menetelmän suurin hyöty on ammattitaitoinen mittaaja, jolla on kokemusta ja tietämystä mittauksesta ja näin ollen mittaustulokset ovat luotettavia ja oikein tehtyjä. Näissä laitteissa on myös paremmat GPS-vastaanottimet, joiden avulla haasteellisimpiin paikkoihin saadaan parempi GPS-signaali. Tällä menetelmällä on myös mahdollista mitata sekä avoimesta että täytetystä kaapeliojasta. Täytetyn kaapeliojan mittaamiseen tarvitsee GPS-vastaanottimen lisäksi kaapelitutkan, jonka avulla saadaan mitattua kaapelin syvyys.

### **6.2 Groundhawkin hyödyt**

Avoimesta kaapeliojasta mittaaminen tuo mukanaan paljon erilaisia hyötyjä, kuten tarkat punakynät ja mittauksien nopeuden. Laitteen etuna on myös sen koko ja helppokäyttöisyys. Avoimesta ojasta mitattaessa myös esimerkiksi kaapelitutkalla mitattaessa olevat haasteet pystytään ohittamaan, joista enemmän luvussa 7.3.

## Punakynämerkinnät

Suurimpana hyötynä on kuitenkin suojausten sijaintien mittaaminen ja niistä saatavat valokuvat. Näiden avulla saadaan tarkat punakynämerkinnät eikä tarvitse tulkita ajoittain epämääräisiä manuaalisesti tehtyjä punakynämerkintöjä. Tämä myös helpottaa maanrakentajien urakkaa, kun punakynämerkintöjä eikä esimerkiksi reittimuutoksia tarvitse piirtää työkartoille. Tarkat punakynämerkinnät myös helpottavat dokumentoijan työtä, kun suojaukset voi merkitä verkkotietojärjestelmään suoraan sijaintimittauksen perusteella, eikä tarvitse katsoa manuaalisesti tehdyistä punakynämerkinnöistä suojauksia, joiden sijainti voi erota jopa useita metrejä niiden todellisesta sijoituspaikasta.

## Nopeus

Toinen suuri hyöty on mittausten nopea valmistuminen, sillä mittaukset ovat samaan aikaan valmiita kuin työmaa. Vaikkakaan sijaintimittausta ei vaadita kuin vasta viimeistään samaan aikaan kun verkko käyttöön otetaan, voi niistä olla hyötyä aikaisemminkin, jos esimerkiksi jostain syystä kaapelin kohdalta joudutaan kaivamaan uudestaan jonkun muun toimesta. Koska mittaus etenee samaa matkaa kuin kaapeleiden kaivuu, on myös työmaan etenemistä helppo seurata mittauksista.

## Koko ja helppokäyttöisyys

Laitteena Groundhawk on pieni, vain hieman nykyistä älypuhelinta suurempi, joten sitä voi kantaa ja käyttää helposti yhdellä kädellä, tehden siitä todella kompaktin ja liikuteltavan. Groundhawkin käyttö on myös todella yksinkertaista, joten nopean perehdytyksen jälkeen melkein kuka vain voi käyttää sitä mittauksiin.

## 6.3 Nykyisen mittauksen haasteet

Nykyisessä mittauksessa suurimmat haasteet tulevat GPS-yhteydestä, jolloin sijaintia ei saada mitattua ja syvyyden mittaamisesta kaapelitutkalla. Paikalle



tarvitaan myös ammattitaitoinen mittaaja maaurakoitsijan lisäksi, kun Groundhawkia pystyy käyttämään lähes kuka vain perustuen laitteen kokoon ja helppokäyttöisyyteen.

### GPS-haasteet

GPS-yhteydelle ei ole olemassa mitään kunnollista korjausta. Odottamalla satelliitit saattavat liikkua parempaan kohtaan, jolloin signaali paranee.

### Kaapelitutkan tarkkuus

Kaapelitutkan tarkkuuteen voi vaikuttaa moni asia. Esimerkiksi kaapelin vieressä saattaa kulkea toinen kaapeli, maadoitusköysi tai muu vastaava maanalainen rakenne, josta tutka peilaa syvyyden väärästä kohteesta antaen virheellisen syvyystuloksen. Tarkkuuteen voi vaikuttaa myös esimerkiksi sinisavi, josta tutka ei tunnista missä kaapeli kulkee, sillä signaali saattaa resonoida savesta ja näyttää ”haamulukemaa”. Myös kytkemättömissä kaapeleissa on omat ongelmansa, sillä toisen pään joutuu silloin maadoittamaan ja kytkemään signaaligeneraattorin kiinni. Jos maadoitusarvo on huono niin silloin myös tutka antaa heikompia lukemia ja mittaus ei ole silloin niin luotettava. Maadoitusarvoa voi parantaa esimerkiksi kastelemalla maata jos se on kuivaa, mutta muihin ongelmiin ei ole juurikaan ratkaisuja, mutta kokenut käyttäjä tunnistaa mahdolliset virhekohdat ennaltaehkäisevästi ja edes auttaa saamaan parempia lopputuloksia. [11.] Kuvassa 8 on esitetty 3M Dynatelin valmistama kaapelitutka.

Kun tutkaustarkkuus on heikko, punakynämerkintöjen suojausten ja syvyysmittausten välille syntyy ristiriitoja, jolloin täytyy tehdä ylimääräistä selvitystyötä, joka vie aikaa ja lisää kustannuksia.



Kuva 8. 3M Dynatel 2573-mallinen kaapelitutka.

#### 6.4 Groundhawkin haasteet

Suurin haaste Groundhawkilla on GPS-haasteet ja tästä syystä mittaamatta jääneet kaapelit. Haasteita on myös matalien ja laajojen kaapeliojien kanssa sekä esteillä, jotka peittävät kaapelit saman tien, kuten vesi kaapeliojassa.

##### GPS-haasteet

GPS-haasteet ovat samanlaisia kuin nykyisellä tavalla, joskin pienemmän vastaanottimen takia niitä voi tulla herkemmin, erityisesti paikoissa, joissa GPS-signaali on muutenkin heikompi, kuten tiheä metsä tai korkeiden rakennusten välissä.

GPS-ongelmien takia jääneet mittaukset joudutaan mittaamaan toisella tavalla syvyyden osalta, joka onkin laitteen suurin miinus puoli. Sijainnin ja syvyyden saa haettua Groundhawkilla jälkikäteen seuraamalla kaapelia maan pinnalta laitteesta löytyvällä auras -mittauksella, mutta syvyyttä sillä ei saa luotettavasti, ellei sitä ole käsin mitattu ojan ollessa auki, sillä mittaaja syöttää syvyyden laitteeseen manuaalisesti.

Ongelman voisi ratkaista osittain jättämällä kaapeliojan auki niiltä kohdilta, joissa signaalia ei GPS-satelliitteihin ole, ja yrittämällä myöhemmin uudestaan, mutta tämän kääntöpuolena on, että kaivinkoneella joutuisi ajamaan edes takaisin, ja esimerkiksi taajama- ja kaupunkiympäristössä avoin kaapelioja pitäisi ai-data tai se voi muutoin aiheuttaa vaaratilanteita, jolloin se muuttuisi todella työlääksi.

Toinen vaihtoehto voisi olla käydä puuttuvat kohdat Groundhawkin ja kaapelitutkan kanssa, jolloin Groundhawkilla saisi sijainnin ja kaapelitutkalla syvyyden. Näin ollen mukana kannettavat laitteet pysyisivät vielä melko kompakteina sekä suhteellisen helppokäyttöisinä. Tässä vaihtoehdossa olisi myös etuna se, että maanrakentajan ei tarvitsisi seisottaa kaivinkoneita GPS-yhteyttä odotellessaan.

#### Matalat ja laajat kaapeliojat

Matalien ja laajojen kaapeliojien kohdalla Groundhawkilla oli hieman vaikeuksia tunnistaa missä syvyydessä kaapeli kulkee. Kaapeliojat olivat niin matalia ja leveitä, sekä ojan viereen kaivettu maa yhdistettynä kaapeliojan mataluuteen aiheutti sen, että kamera ei osannut kunnolla tunnistaa missä korkeudessa maan pinta normaalisti on. Kuvassa 9 on esimerkki yhdestä tällaisesta kohdasta. Tähän ratkaisuna on Groundhawkista löytyvä pintamittaus, jolla mitataan jo peitetyn kaapeliojan maanpinta uudestaan. Tämän avulla tekoäly vertaa kahta mitausta keskenään laskee niiden erotuksen, jonka lopputuloksena saadaan oikea syvyys.



Kuva 9. Matala kaapelioja, esimerkiksi kallioreitti.

#### Kaapelin peittävät aineet

Kaapeliojassa oleva vesi, päälle sortuva maa tai vastaava kaapelin peittävä aine hankaloittaa mittaamista, sillä Groundhawk tunnistaa etäisyyttä vain pinnasta. Näissä tapauksissa syvyyden pystyy lisäämään käsin pistemittauksena, mutta se taas vaatii mittajalta hieman ylimääräistä työtä, sillä syvyyden joutuu toteamaan manuaalisesti mittaamalla mittatikulla tai vastaavalla. Kuvassa 10 on kaapelioja, jossa kaapeli on peittynyt veden ja päälle sortuneen maan takia.



Kuva 10. Kaapelioja, jossa vettä ja sortunutta maata.

### Pimeys

Pimeällä pelkällä Groundhawkilla ei voi mitata, sillä niin kuin muutkin kamerat, ei tämänkään kamera näe pimeällä. Varsinkin syksyllä, kun illat pimenevät jo aikaisin ja töitä tehdään pitkälle iltaan asti, tämä haaste tulee pakostikin vastaan. Tämä haaste onkin ratkaistu helposti ja yksinkertaisesti kuvassa 11 esitetyllä LED-valopaneelilla, jonka saa kiinnitettyä Groundhawkin kahvaan, jolloin mittaminen onnistuu myös pimeässä.



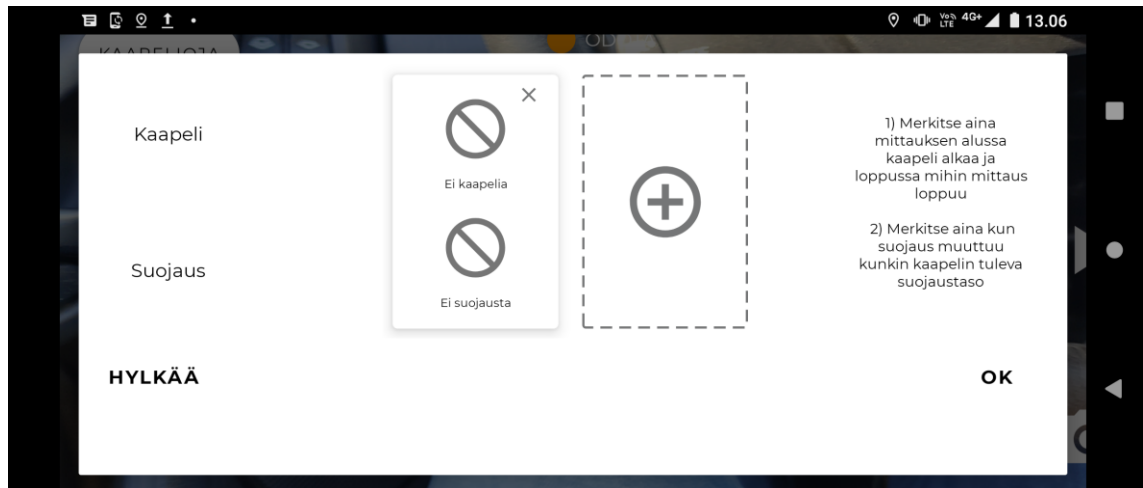
Kuva 11. Groundhawk lisävalolla.

## 7 Prosessi sijaintimittauksesta verkkotietojärjestelmään

Mittausprosessi alkaa siitä, kun kaapeli on saatu laskettua kaapeliojaan ja päättyy siihen, kun sen sijainti ja mahdollinen suojaus on dokumentoitu verkkotietojärjestelmään. Nopeimmillaan tämä on mahdollista tehdä muutaman päivän sisään siitä, kun työmaa on saatu kaivettua.

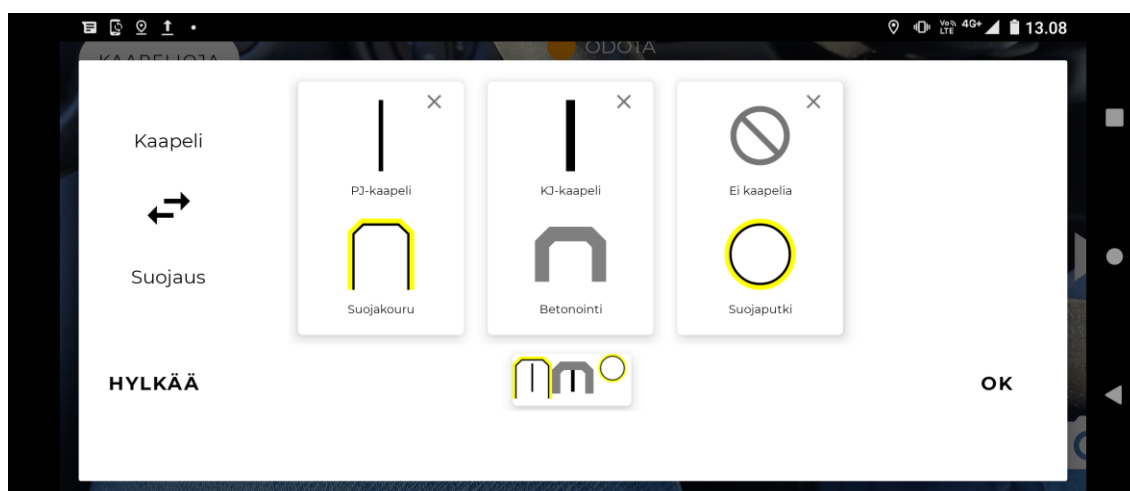
## 7.1 Mittaus

Mittaus etenee sitä mukaa kun työmaalla kaivetaan kaapeleita maahan, eli mitaukset valmistuvat pätkissä. Ennen mittauksen aloitusta Groundhawkin kuvassa 12 esitetystä valikosta valitaan kaapelin ja suojausten tyyppi.



Kuva 12. Kaapelin ja suojausten valitsemisruutu.

Kaapelin kohdalle voidaan valita tässäkin työssä tarkastellut pien- ja keskijännite kaapelit, tai esimerkiksi valokuidun tai muun kaapelin. Suojausten kohdalle on useita vaihtoehtoja, mutta yleisimmät suojaukset maakaapeliverkolle on muovikouru tai -putki, SRE-putki tai betonointi eli kaapelin päälle valettava betoni. Kuvassa 13 on esitetty Netel Oy:n sähköverkkoprojekteilla yleisimmin käytetyt kaapelit ja suojaukset.



Kuva 13. Eri kaapeli ja suojaustyypejä Groundhawkin valikossa.

Samalle mittaukselle saa valittua kolme erilaista kaapelityyppiä kerralla, esimerkiksi jos kaapeliojaan laitettaisiin PJ- ja KJ kaapelia, sekä yksi suojaputki vaurasta varten, valittaisiin yllä olevassa kuvassa olevat valinnat ja niiden lisäksi oikean tyyppinen suojaus kaapeleille. Suojaus on pien- ja keskijännite verkolla lähes aina sama, kun kaapelit kulkevat vierekkäin samassa kaapeliojassa. Kun mittaus on saatu valmiiksi, mittaus lopetetaan, jolloin tiedot lähtevät Advianin palvelimille.

## 7.2 Sijaintimittaustiedoston luonti

Mittausdata lähtee Groundhawkista heti mittauksen jälkeen pilvipalvelimelle, joka työstää datasta yhden valmiin kokonaisuuden sisältäen sijainnin, syvyyden, mittauksen lajin sekä mahdollisen suojaustyyppin. Tämä tiedosto on tarvittaessa saatavilla nopeallakin aikataululla, mutta urakoitsija voi ottaa tiedoston esimerkiksi kahden viikon välein, jolloin työmaan edistymistä voi seurata hyvin.

Tiedosto tulee tällä hetkellä takymetritiedostona (.tky) Carunan verkkotietojärjestelmästä johtuen, joka tukee vain seuraavia tietoja:

- Kaapelin jännitetaso (PJ, KJ, SJ)



- Mekaaninen suojaus
- Sijainti (alku ja loppu koordinaatit)
- Syvyys [6, s. 7–10].

Vaikka Groundhawkilla pystyy mittaamaan enemmänkin dataa, kaikkea sitä ei voi hyödyntää nykyisellä tiedostomuodolla Carunan verkkotietojärjestelmässä. Verkkotietojärjestelmään on jatkossa mahdollista syöttää data myös GeoJSON tiedostomuodossa, joka mahdollistaa esimerkiksi sijaintimittausviivan automaattisen piirron heti mittauksen valmistuttua ja suojausten lajin merkitsemisen suoraan mittaustiedostosta.

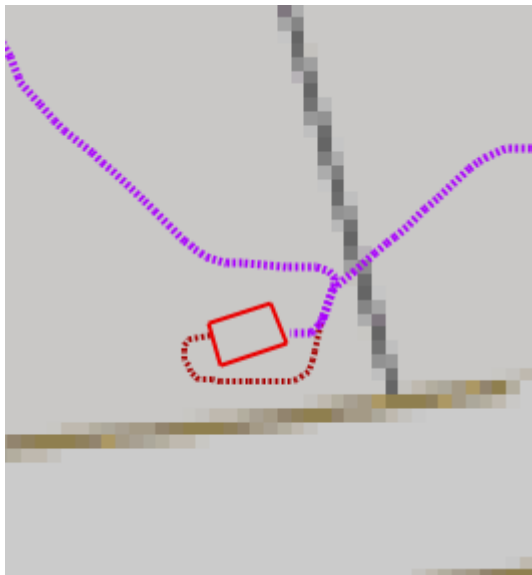
### 7.3 Ajo verkkotietojärjestelmään

Kun takymetritiedosto on kasattu kokoon, se ajetaan Carunan verkkotietojärjestelmään (Trimble NIS). Tiedoston avulla NIS piirtää sijaintimitatun datan kartalle, ja merkitsee väreillä eri jännitetasot ja pistemäiset kohteet. Pienjännite kaapeli piirtyy vihreänä ja keskijännite kaapeli sinisellä kuten kuvasta 14 nähdään. Sijaintimittaus piirretään kaapeliojassa olevan suurimman jännitetason kaapelin mukaan.



Kuva 14. Mitatut PJ- ja KJ-kaapelit.

Myöskin mekaanisilla suojilla suojatut reitit piirtyvät eri värillä. Suojattu pienjännite kaapeli piirtyy punertavan ruskealla katkoviivalla, ja suojattu keskijännitekaapeli liilan värisellä katkoviivalla, jota on havainnollistettu kuvassa 15.



Kuva 15. Mitattu muuntamo ja suojatut PJ- ja KJ-kaapelit.

Pistemäisistä kohteista muuntamo piirtyy punaisella kuten yllä olevassa kuvassa 15 näkyy. Kaapelijatkot puolestaan värittyvät vaalean sinisellä ja jakokaapit vaalean punaisella, jotka on kuvattu alla olevassa kuvassa 16.



Kuva 16. Mitattu kaapelijatkos ja jakokaappi.

## 7.4 Dokumentointi

Dokumentointi vaiheessa dokumentoija siirtää verkkotietojärjestelmässä suunnitelman reitin alle metrin päähän sijaintimitatusta reitistä ja merkitsee suojaustyyppin kaapeliojan poikkileikkaukseen Carunan ohjeen mukaan [6, s. 2–10]. Kuvassa 17 on havainnollistettu apuviivoja sekä poikkileikkauksia. Muilla verkohaltijoilla voi olla erilainen ohjeistus, esimerkiksi niin, että kaapelioja siirretään mitattujen pisteiden kohdalle eikä erillisiä sijaintimittaus viivoja näin ollen tule.



Kuva 17. Dokumentoinnin metrin apuviivat keltaisella ja poikkileikkaustietoja.

## 8 Käyttäjien kokemuksia

Yleisesti ottaen käyttäjäkokemukset ovat olleet positiivisia. Kiitosta on tullut esimerkiksi manuaalisesti tehtävien punakynien poisjäännistä. Miinusta puolestaan siitä, että GPS-signaalin löytäminen on välillä hidasta, joka johtaa odotteluun ja

urakkapalkalla tekeväälle maaurakoitsijalle pidempi odottelu on yleisesti ottaen huono asia.

### Maanrakentajan haastattelu Groundhawkin käytöstä

Mittaukset ovat sujuneet hyvin, vaikka aluksi oli vastahakoisuutta uuden laitteen käyttämisestä ja opettelemisesta. Laitetta on helppo käyttää ja valikot ovat selkeitä, varsinkin uusien sovelluspäivitysten myötä valikot ovat muuttuneet selkeämmiksi ja helppokäyttöisemmiksi. [12.]

Laitteen käyttö hidastaa kaivuutyötä jonkin verran, sillä kaivettu kaapeliota pitää kävellä ensin toiseen suuntaan Groundhawkin kanssa, ja sen jälkeen takaisin kaivinkoneelle. Jos työmaalla on erikseen mukana lapiomies niin silloin mittaaminen ei hidasta niin paljoa. Loppujen lopuksi Groundhawkilla mittaaminen säästää aikaa, kun ei tarvitse tehdä punakyniä erikseen käsin. [12.]

Hyviä puolia maanrakentajan mukaan on juuri manuaalisesti tehtävien punakynien poisjäänti, kun ei tarvitse miettiä mihin kohtaan kartalle piirtää kourut ja muut suojaukset, sekä reittimuutokset tulee suoraan mittauksesta, jolloin kaivettun matkan pituus tulee itsestään niin kuin myös uusi sijainti reitille. [12.]

Huonoja puolia puolestaan tuli vastaan vain tekniset ongelmat, kuten aikaisemminkin mainitut GPS-haasteet, sekä kerran vastaan tullut ongelma, jossa Groundhawk ei suostunut lähettämään sijaintimitattua dataa pilvipalvelimelle. [12.]

## 9 Yhteenveto

Kaapeliverkon sijaintimittauksessa on ollut haasteita erityisesti maanpäältä syvyyttä mitatessa. Haasteita löytyy niin käytettävistä laitteista kuin ulkoisista syistä. Kaikki nykyiset ongelmat eivät liity pelkästään mittalaitteisiin tai mittaus-tapaan, vaan myös punakyniin.

Työssä havaittiin, että Groundhawkilla pystytään ohittamaan osa nykyisen sijaintimittauksen haasteista, mutta kaikkia haasteista ei pystytä tälläkään ratkaisulla ratkaisemaan. Sen lisäksi laitteen mukana tulee erilaisia haasteita, joihin suurimpaan osaan löytyy kuitenkin jonkinlainen ratkaisu. Groundhawkin puunkynät osoittautuivat myös hyväksi ja selkeiksi. Yleisesti ottaen Groundhawk kuitenkin mittauksista hyvin ja luvatusi.

Työssä verrattiin nykyistä mittausmenetelmää ja uutta Groundhawk sijaintimittausratkaisua sekä selvitettiin niiden hyötyjä ja haasteita. Groundhawkin hyödyt ohittivat sen haitat, ja laite osoittautui hyväksi ja hyödylliseksi työkaluksi, jonka käyttö tulee varmasti lisääntymään Netel Oy:n sähköverkon projekteissa.

## Lähteet

1. Netel yritysesittely. 2021. Netel Oy.
2. Uusi määräys verkkotietojen ja verkon rakentamissuunnitelmien toimittamisesta. 2020. Verkkoaineisto. Traficom. <[https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/uusi-maarays-verkkotietojen-ja-verkon-rakentamissuunnitelmien-toimittamisesta?toggle=Määräys 71 verkkotietojen ja verkon rakentamissuunnitelmien toimittamisesta](https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/uusi-maarays-verkkotietojen-ja-verkon-rakentamissuunnitelmien-toimittamisesta?toggle=Määräys%2071%20verkkotietojen%20ja%20verkon%20rakentamissuunnitelmien%20toimittamisesta)>. Luettu 28.2.2022.
3. Traficom M71. Määräys verkkotietojen ja verkon rakentamissuunnitelmien toimittamisesta. 2021. Traficom Liikenne- ja viestintävirasto.
4. SFS 6000-8-814. Pienjännitesähköasennukset. Täydentävät vaatimukset. Kaapelien asentaminen maahan tai veteen. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
5. SFS 6000-8-801. Pienjännitesähköasennukset. Täydentävät vaatimukset. Jakeluverkot. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
6. CARUNA-020002831 sähköverkon sijaintikartoitus. 2021. Caruna Oy.
7. Groundhawk by Advian. 2021. Advian Oy.
8. Winqvist, Christoffer. 2022. Kansainvälisen liiketoiminnan rakentaja ja kaukokartoituksen asiantuntija, Advian Oy. Espoo. Haastattelu 11.1.2022.
9. Ilomäki, Kalle. 2021. Suunnittelija, Tostek Oy. Espoo. Haastattelu 16.12.2021.
10. Ohje punakynäkartojen tekoon. 2021. Despro Engineering Oy.
11. Rytönen, Santeri. 2021. Projektivastaava, Despro Engineering Oy. Turku. Haastattelu 20.12.2021.
12. Grönholm, Mathias. 2022. Maanrakentaja, Maskinentreprenör Ben Lindström Ab. Bromarv. Haastattelu 4.1.2022.