

# SÄHKÖLINJOJEN ILMAJOHTOJEN MUUTTAMINEN MAA- KAAPELEIKSI

Jari Välijeesiö

Opinnäytetyö  
Maanmittaustekniikan koulutusohjelma  
Insinööri AMK

2015



Technology, Communication and Transport  
Degree Programme in Land Surveying

---

<b>Author</b>	Jari Välijeesiö	Year	2015
<b>Supervisor</b>	Aune Rummukainen		
<b>Subject of thesis</b>	Changing Aerial Wires of Power Lines to Underground Cables		
<b>Number of pages</b>	47		

---

The New Electricity Market Act orders power line companies to develop their power lines against difficult weather conditions. This thesis discussed the problems that arise when aerial wires of power lines are changed to underground cables. There are currently pipes, cables and technical equipment the location of which is unknown below surface of the Earth. In addition, this thesis studied what kind of problems arise if all underground structures are known to all. The advantages and disadvantages between aerial wires of the power lines and cables were compared.

The power line companies are renovating their old aerial wires of the power lines in the forests and build them along the roads. They build electric wires to underground cables in urban areas. Finnish Transport Agency is setting demands to location information of the cables. Although the underground cable is more reliable than overhead lines, it is not profitable to dig all the wires to the ground. The choice between methods is solved by means of life-cycle costs.

The commercial positioning service recommended by the working group appointed by Ministry of Transport and Communications is administered and maintained by Johtotieto Ltd that is owned by the State. Many of the power line companies keep location information of cables only for themselves. They justify their actions by protection of privacy and on the grounds they give only an approximate locations of the cables when asked. If it is necessary, they can show the place of the cable in terrain for free.

**Key words** cables, electricity distribution, Electricity Market Act, land use, life cycle models, 3D-modeling

## **SISÄLLYS**

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO.....	7
1 JOHDANTO .....	8
2 LAINSÄÄDÄNNÖLLISTÄ TAUSTAA .....	10
2.1 Jakeluverkon kehittäminen .....	10
2.2 Verkoston kehittämissuunnitelma .....	13
3 VANHAT KAAPELIT .....	17
3.1 Vanhojen maakaapelien sijaintitieto .....	17
3.2 Maantiedealueella oleva sähkökaapeli .....	18
3.3 Vanhan ja uuden kaapeliosuuden liitosmutka .....	20
4 MAAKAAPELOINNIN TEKNINEN TOTEUTTAMINEN .....	22
4.1 Maakaapelireitin yleissuunnittelu .....	22
4.2 Maakaapelien paikkatieto .....	24
4.3 3D-koneohjaustekniikka .....	24
4.4. Sähkökaapelin sijoittaminen maantiedealueelle .....	25
4.4.1 Tien suuntainen kaapeli.....	25
4.4.2 Tien alitukset .....	30
4.5 Kaapelikaivannot .....	32
5 MAAKAAPELOINNIN ELINKAARIKUSTANNUKSET .....	36
6 MAANALAISTEN RAKENTEIDEN SIJAINNITETIETOJÄRJESTELMÄ.....	39
6.1 Liikenne- ja viestintäministeriön työryhmä .....	39
6.2 Tanskan ja Ruotsin mallit .....	40
6.3 Liikenne- ja viestintäministeriön työryhmän esitys .....	41
6.4 Johtotieto Oy .....	42
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	44
LÄHTEET .....	46

## ALKUSANAT

Aluksi haluan kiittää Rovakaira Oy:tä myönteisestä suhtautumisesta opinnäytteen laatimiseksi. Kiitoksen ansaitsevat myös Napapiirin Energia ja Vesi Oy (NEVE) sekä Novatron Oy asiantuntevasta opastuksesta. Kiitokset Aune Rummukaiselle aiheideasta, jonka innoittamana koko opinnäytetyö on laadittu.

23.11.2015 Rovaniemi

*Jari Välijeesiö*

Jari Välijeesiö

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

KAH	keskeytyksestä aiheutunut haitta
KJ	keskijännite
MTK	Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto
Neve	Napapiirin Energia ja Vesi
PJ	pienjännite
RTK	reaaliaikainen kinemaattinen mittaus (Real Time Kinematic)
SJ	suurjännite
TUVE	Turvallisuusverkko

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Kaapeleiden maksimitaivutus (Tele-Fonica Kable 2010, 91).....	20
Kuvio 1. Tiehallinnon vyöhykejako (Liikennevirasto 2014, 82).....	18
Kuvio 2. Kaapelin maksimitaivutus (Headpower 2014a, 1).....	21
Kuvio 3. Kaapeli metsän ja ojan välissä (Liikennevirasto 2014, 41).....	26
Kuvio 4. Kaapeli tiealueen eri vyöhykkeissä (Tiehallinto 2001, 15).....	27
Kuvio 5. Kaapeli sisäluiskassa (Liikennevirasto 2014, 29).....	27
Kuvio 6. Kaapeli kaiteen kohdalla (Liikennevirasto 2014, 30).....	28
Kuvio 7. Kaapeli kallioleikkauksessa (Liikennevirasto 2014, 33).....	29
Kuvio 8. Yleisen tien alitus (Rakennustieto 2012, 9).....	31
Kuvio 9. Kaivettu kaapelioja (Headpower 2014b, 1).....	32
Kuvio 10. Suojaputkien väliset vähimmäisetäisyydet (Rakennustieto 2012, 8).....	33
Kuvio 11. Kaapeli auratussa vaossa (Rakennustieto 2012, 6).....	33
Kuvio 12. Ketjusahattu ura (Rakennustieto 2012, 8).....	34
Kuvio 13. Jyrsitty ura (Rakennustieto 2012, 6).....	35
Kuvio 14. Linjaosuus VHTL 12 (Äärynen 2012, 23).....	37
Kuvio 15. Linjaosuus KSAL 05 (Äärynen 2012, 24).....	38
Kuvio 16. Tiedonkulku Johtotieto Oy:ssä (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 9) .....	43

## 1 JOHDANTO

Voimajohdot ovat yhteiskuntaan kuuluva välttämätön elementti. Teollistunut yhteiskunta tarvitsee sähköä tuottaakseen tarvikkeita ja palveluita. Verkkoyhtiöiden tehtävänä on huolehtia, että kaikkien näkemykset huomioidaan suunniteltaessa ja ylläpidettäessä voimajohtoja.

Verkkoyhtiöt eivät omista johtokatuja maa-alueita, vaan ne kuuluvat maanomistajille. Johtokatualueilla oleville kiinteistöille on maanomistajien kanssa sovittu käyttöoikeuden rajoituksesta, joka antaa johdon omistajalle oikeuden käyttää johtoaletta. Maakaapeloitu sähköverkko on säävarma. Sitä eivät ilmakehän äkilliset sääilmiöt vaurioita. Sähköverkkoa on Suomessa noin 375 000 kilometriä, josta pääosa kulkee ilmajohtoja pitkin, maakaapelin osuus on koko sähköverkosta noin 19 prosenttia. Ilmajohdoverkkoja on rakennettu pääasiassa maaseudulle. Ilmajohdot on edullinen tapa siirtää sähköä. Kaupunkien ja isompien taajamien verkot ovat maakaapeleina. (Korpinen 2015, 1.)

Uudistettu sähkömarkkinalaki astui voimaan syyskuussa 2013. Laki asetti verkkoyhtiöille uusia sähköjakelun varmuuteen liittyviä vaatimuksia. Sähkötoimintuksen luotettavuuden parantaminen on koko yhteiskunnan etu. Ilmajohdot pyritään korvaamaan maahan kaivettavilla kaapeliverkoilla ja uudet ilmajohdot pyritään rakentamaan maanteiden varteen.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja selvittää ilmajohtojen muuttamista maakaapeleiksi maanmittaustekniikan ja maankäytön näkökulmasta. Tässä opinnäytteessä avataan maankäyttölupien problematiikkaa, johdon sijoittamista ja hättäkorvauskäytäntöä. Opinnäyte käsittelee myös kaapeloinnin teknistä toteutusta, vähimmäisetäisyysvaatimuksia ja kustannuksia. Maakaapeloinnin sähkötekniisiä haasteita, kuten jännitehäviöitä, kaapelien venymisiä, eri kaapelityyppien sähköjohtavuusominaisuuksia ja huoltoon liittyvät asioita tämä opinnäytetyö ei käsittele mainintaa enempää.



Tässä opinnäytetyössä käsitellään myös maakaapeliin sijoittamiseen liittyvää paikkatietojen sijaintitarkkuutta ja tutkitaan tarkkuutta säätelevää lainsäädäntöä. Maan kaivaminen taajama-alueella on kaivajalle haasteellista maassa jo olemassa olevien rakenteiden takia. Maahan on kaivettu pitkän ajan kuluessa erilaisia rakenteita, putkia ja johtoja, joiden olemassaolosta ei välttämättä ole kiinteistön nykyisellä omistajalla minkäänlaista tietoa. Maakaapelin sijainnin saa varmuudella selville ainoastaan kaapelin omistajan kartasta, sillä rekisterimuotoinen tieto menettää luotettavuutta kiinteistöille kohdistuneiden omistajavaihdoksien ja maanmittaustoimitusten vuoksi. Jokaisella toimijalla on oma rekisterinsä. Yhteistä tietokantaa tai rekisteriä, jossa olisi kaikki maahan kaivetut rakenteet, ei ole olemassa. Vaikka kaapelin tasosijainti olisikin jollakin tarkkuudella tiedossa, on harvinaista, jos myös kaapelin z-koordinaatti olisi tiedossa. Laki määrää kaapelien vähimmäissyvyudet, joista voidaan poiketa vaikeiden olosuhteiden vuoksi.

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena on ratkaista, mikä olisi käyttökelpoisin paikka tallentaa maahan sijoitettujen rakenteiden xyz-muotoinen sijainti- ja paikkatieto. Tietokannan tulisi olla kaikkien vapaasti saatavilla ja tiedon tulisi olla luotettavaa. Tietokannassa tulisi olla myös paikkatiedon tarkkuutta kuvaava vaihteluväli. Vastuukysymykset avoimen ja ilmaisen tiedon luotettavuudesta tulee myös sopia jo ennen tiedon jakamista.

## 2 LAINSÄÄDÄNNÖLLISTÄ TAUSTAA

### 2.1 Jakeluverkon kehittäminen

Maankäyttö- rakennuslaki velvoittaa maanomistajaa sallimaan yhdyskuntaa palvelevan johdon sijoittamisen maalleen. Laki koskee kaikkia johtoja, myös maa-kaapeleita. Maankäyttö- ja rakennuslaissa säädetään, että kunnan rakennusvalvontaviranomainen voi päättää olosuhteiden muuttuessa johdon tai laitteen sijoittamista koskevasta muutoksesta vedoten kiinteistönmuodostamislain 160 §:ään. Kiinteistölle ei kuitenkaan saa aiheuttaa tarpeetonta haittaa. Sopimus johtojen sijoittamisesta sitoo myös kiinteistön uutta omistajaa ja haltijaa. Kiinteistön omistajalla ja haltijalla on oikeus saada korvaus johdon tai laitteen sijoittamisesta aiheutuvasta haitasta ja vahingosta. Jollei korvauksesta sovita, asia ratkaistaan lunnastuslain mukaisessa järjestyksessä. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999 21:161 §.)

Kunnan rakennusvalvontaviranomainen voi päättää maankäyttö- ja rakennuslaissa tarkoitettua johdon tai laitteen sijoittamista koskevasta muutoksesta noudattaen soveltuvin osin kiinteistönmuodostamislain 160 §:ää. Pykälän säädökset koskevat yhdyskuntaa palvelevien johtojen ja laitteiden osalta kuntaa taikka johdon tai laitteen ylläpitäjää. Kunnan rakennusvalvontaviranomainen voi päättää myös johdon tai laitteen poistamisesta olosuhteiden muuttumisen vuoksi. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999 21:162 §.)

Kiinteistönmuodostamislain 160 § antaa oikeuden muuttaa kiinteistölle perustetun rasitteen määräyksiä ilman asianosaisten sopimusta. Sen on kuitenkin mahdollistettava rasitteen tarkoituksenmukaisempi käyttö alkuperäiseen käyttötarkoitukseen verrattuna. Lisäksi on ehtona, että käyttömahdollisuus on heikentynyt olosuhteiden muuttumisen vuoksi ja että rasitteen muuttaminen ei aiheuta millään rekisteriyksikölle huomattavaa haittaa. Rasitemääräyksiä voidaan muuttaa ilman asianosaisten sopimusta myös silloin, kun olosuhteiden muuttumisen johdosta aiheutuvaa haittaa voidaan vähentää tai poistaa se kokonaan. (Kiinteistönmuodostamislaki 1159/2005 14:160 §.)

Lain tarkoittama rasiteoikeus johtoaluesopimuksissa on harvinainen. Maanalaisia rakenteita koskevan tietopalvelun kannalta näillä rekisteritiedoilla ei ole merkitystä. Varsinkin keskijännitejohtojen osalta käytetään maankäyttösopimuksia, joita ei kirjata kiinteistön rasitteiksi. Nykyisin yleisessä käytössä olevan Johtoalueen käyttöoikeussopimus -mallin mukaan kyseessä on pysyvä käyttöoikeuden supistaminen. Sopimuksen osapuolina ovat verkkoyhtiö ja maanomistaja. Sopimusmallin ovat hyväksyneet Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto MTK, Svenska lantbruksproducenternas centralförbund SLC, Energiateollisuus ry, Finnet-liitto ry ja Teliasonera Finland OYJ. Kirjaamismenettelyn käsikirjan mukaan pysyvä käyttöoikeus on kirjaamiskelvoton erityinen oikeus. (Maanmittauslaitos 2014, 212.)

Ympäristöministeriö voi maankäyttö- ja rakennus lain 99 §:n mukaan yleisen tarpeen vaatiessa myöntää kunnalle luvan lunastaa alueen, joka tarvitaan yhdyskuntarakentamiseen ja siihen liittyviin järjestelyihin tai muuhun kunnan suunnitelmalliseen kehittämiseen. Lunastuksia toimeenpantaessa on maankäyttö- ja rakennuslain 103 §:n mukaan noudatettava lunastuslakia. Tällä perusteella noudatettavaksi tulevat myös lunastuslain yhteydessä mainitut kirjaamista koskevat säännökset. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999 99 §; 103 §.)

”Kun lunastuslupa, tai milloin sitä ei tarvita, toimitusmääräys on annettu, lunastuksen kohteesta on ilmoitettava kirjaamisviranomaiselle, jonka on tehtävä tarpeellinen merkintä lainhuuto- ja kiinnitysrekisteriin” (Laki kiinteän omaisuuden ja erityisten oikeuksien lunastuksesta 580/2009 77 §).

Nykyään käytössä oleva maankäyttösopimusmalli on rakennettu siten, että verkonhaltija saa valita avojohdon ja maakaapelin väliltä maanomistajaa erikseen kuulematta. Sopimusmalli on muuttunut vuosien varrella. Vielä nykyäänkin on voimassa sopimuksia, jotka eivät anna verkonhaltijalle oikeutta valita maakaapelin tai avojohdon väliltä. Näissä tapauksissa maakaapeliksi muuttaminen on neuvoteltava erikseen.

Maantielaki määrää, että maantiehen kuuluu myös tiehen välittömästi liittyvä alue, joka maantietä rakennettaessa tarvitaan sähkö- ja viestintäjohtojen sekä

muiden yhteiskunnan toiminnan kannalta välttämättömien rakenteiden, rakennelmien ja laitteiden sijoittamista varten. Yhteiskunnan toiminnan kannalta välttämättömien rakenteiden, rakennelmien tai laitteiden sijoittamista koskeva lupa on myönnettävä, jos sijoittamisesta ei aiheudu vaaraa liikenteelle eikä vähäistä suurempaa haittaa tienpidolle. Lisäksi säädetään, että jos muussa laissa säädetystä johtuen lupa ei ole tarpeen, on ennen toimenpiteeseen ryhtymistä ilmoitettava siitä tienpitoviranomaiselle. Mikäli lupa tarvitaan, sopimuksen sähköjohtojen, telekaapeleiden, kaukolämpöjohtojen ja maakaasuputkien sijoittamiseksi tekee keskitetysti Pirkanmaan ELY-keskus. (Maantielaki 328/2013 5 §.)

Sähkömarkkinalain 51 § määrittelee jakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset. Lain mukaan jakeluverkko on suunniteltava ja rakennettava, ja sitä on ylläpidettävä siten, että verkko täyttää järjestelmävaraavan kantaverkonhaltijan asettamat verkon käyttövarmuutta ja luotettavuutta koskevat vaatimukset. Jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei saa aiheuttaa asemakaava-alueella verkon käyttäjälle yli kuusi tuntia kestävästä sähkönjakelun keskeytystä. Jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei saa aiheuttaa muualla kuin asemakaava-alueen ulkopuolella verkon käyttäjälle yli 36 tuntia kestävästä sähkönjakelun keskeytystä. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 6:51 §.)

”Asemakaava-alueeksi katsotaan kaikki asemakaava-alueet pois lukiensa maankäyttö- ja rakennuslain 73 §:n mukainen ranta-asemakaava tai aiemman rakennuslain mukainen rantakaava” (Energiavirasto 2014, 3).

Sähkömarkkinalaki ei siis velvoita jakeluverkon haltijaa muuttamaan avojohtoja maakaapeleiksi. Sähkömarkkinalain 119 §:ssä säädetään siirtymäajasta, jonka puitteissa verkonhaltijan on täytettävä edellä esitetyt vaatimukset. Laki velvoittaa verkonhaltijaa kehittämään jakeluverkostoaan asteittain siten, että kaikki kuluttajat ovat säävarman jakeluverkon piirissä vuoteen 2029 mennessä. Siirtymäsäännöstä koskevan lain mukaan energiavirasto voi antaa jakeluverkon haltijalle lisäaikaa säävarman jakeluverkon rakentamiseksi, jos verkonhaltija joutuu muuttamaan keskiarvoa merkittävästi suuremman osuuden keski- ja pienjännitejohdoista ilmajohdoista maakaapeleiksi. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 17:119 §.)

## 2.2 Verkoston kehittämissuunnitelma

Sähkömarkkinalaki 19 § määrää, että verkonhaltija on velvollinen kehittämään sähköverkkooaan. Verkonhaltijalla tulee olla myös varautumissuunnitelma normaaliolojen häiriötilanteiden varalta ja valmiuslaissa (1552/2011) tarkoitetun poikkeustilanteen varalta. Varautumissuunnitelma ja siihen liittyvät täydennykset on toimitettava Huoltovarmuuskeskukselle. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 4:28 §.)

Jakeluverkonhaltijan on laadittava jakeluverkkooansa koskeva kehittämissuunnitelma ja toimitettava se Energiavirastolle. Kehittämissuunnitelma päivitetään kahden vuoden välein. Kehittämissuunnitelmassa Energiavirastolle annettavat tiedot ovat julkisia, ellei tieto ole valvontalain nojalla salassa pidettävä. Energiaviraston sähkömarkkinalain säännösten tulkintaohjeessa on 5 liitettä, joiden kysymyksiin tulee kehittämissuunnitelmassa vastata. Ensimmäisessä kehittämissuunnitelmassa, joka palautettiin Energiavirastolle kesäkuussa 2014, vastattiin liitteiden 1-4 kysymyksiin. Liitteen 1 kysymykset ovat suuntautuneet yhtiön strategioihin ja sen mukaan on oltava vastaukset ainakin seuraaviin kysymyksiin: (Energiavirasto 2014, 4-5.)

1. Mitkä ovat sähkönjakeluverkon haltijan suunnittelukriteerit, joilla se katsoo täyttävänsä sähkömarkkinalain mukaiset sähkönjakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset asemakaava-alueella ja asemakaava-alueen ulkopuolella olevilla sähkön käyttöpaikoilla. Minkälaisissa tilanteissa verkonhaltija käyttää maakaapelia ja milloin ilmajohtoa? Milloin katsotaan, että ilmajohto täyttää laatuvaatimukset? Minkälaiset seikat vaikuttavat arviointiin? Miten nämä seikat vaikuttavat verkonhaltijan strategiaan? (Energiavirasto 2014, 6.)
2. Kuinka paljon johtolähdölle sallitaan teiden varsilla olevia ilmajohtoja tai metsässä kulkevia ilmajohtoja, että sen voidaan silti katsoa täyttävän laatuvaatimukset? Miten varmistetaan, että myrskyiltä vaarassa olevat

ilmajohdot täyttävät 51 §:n mukaiset toiminnan laatuvaatimukset? (Energiavirasto 2014, 6.)

3. Millä keinoilla sähköjakeluverkon haltija aikoo saavuttaa sähkömarkkinalain mukaiset jakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset asemakaava-alueella ja asemakaava-alueen ulkopuolella? Selvityksestä on käytävä ilmi olennaiset SJ-, KJ- ja PJ-verkkoon sovellettavat investointi- ja kunnossapitokeinot. (Energiavirasto 2014, 6.)
4. Mihin sähköverkon osiin jakeluverkon haltijan toimenpiteet kohdistuvat sähkömarkkinalain mukaisina siirtymäaikoina vuosina 2014 -2019, 2020 – 2023 ja 2024 – 2028? (Energiavirasto 2014, 6.)
5. Miten sähköjakeluverkon haltija on varautunut kohteiden toteuttamiseen eli suunnitteluun ja rakennuttamiseen sekä rakentamiseen. Miten kasvava urakointi toteutetaan? Mikä on verkonhaltijan oma urakointikapasiteetti? Hoidetaanko urakointi ulkoisilla sähköurakoitsijoilla? Minkälaiset urakointisopimukset verkonhaltijalla on ulkopuolisten urakoitsijoiden kanssa? Miten muut kohteiden toteuttamiseen liittyvät toimintaprosessit ovat verkonhaltijalla kunnossa (esim. miten toiminnot on laatujärjestelmässä kuvattu), projektinhallintajärjestelmät, laadun varmistus, toimitusten valvonta? (Energiavirasto 2014, 7.)
6. Miten sähköjakeluverkon rakentamisessa tehdään yhteistyötä muiden yhdyskuntateknisiä verkkoja rakentavien ja ylläpitävien tahojen kanssa ja minkälaista yhteistoimintaa tehdään ja kenen kanssa? Kuka vastaa yhteistoiminnan koordinoinnista ja miten? Miten vastuut ja kustannukset jaetaan yhteistoimintahankkeissa? (Energiavirasto 2014, 7.)

7. Millainen kunnossapitosuunnitelma verkon haltijalla on sähköverkkonsa ylläpitämiseksi? Selvityksestä on käytävä ilmi sähköjakeluverkon toiminnan laatuvaatimusten täyttämisen kunnossapitokeinot. Miten kunnossapidon tarve arvioidaan? Millaista ennakoivaa kunnossapittoa verkonhaltija tekee ja paljonko? Missä tilanteissa käytetään mitään kunnossapitokeinoa? Eroavatko eri jännitetasojen kunnossapitotoimenpiteet (ilmajohtoverkon tarkastukset ja raivaukset)? (Energiavirasto 2014, 7.)
  
8. Millaiset viankorjausresurssit sähköjakeluverkon haltijalla on käytössään jokapäiväisessä toiminnassaan ja sähkömarkkinalain 51 §:ssä tarkoitetun myrskyn tai lumikuorman seurauksena aiheutuvaa sähköverkon vioittumista varten. Minkälainen korjaushenkilökunta (valvomoresurssit, työnjohtoresurssit, metsurit, sähköasentajat, tavarantoimittajat, maanrakennusurakoitsijat yms.) verkonhaltijalla on käytössään jokapäiväisessä toiminnassaan ja 51 §:n mukaisissa tilanteissa? Onko olemassa joku varmistusmenettely, että palveluntarjoajan kanssa sovitut lisäresurssit ovat hyödynnettävissä? Verkon rakenteen on täytettävä ehdotetut vaatimukset normaaliin korjaushenkilöstön määrään perustuvalla mitoituksella. (Energiavirasto 2014, 8.)
  
9. Miten sähköjakeluverkon kehittämisessä otetaan huomioon sähkömarkkinalain mukaiset yhteiskunnalle tärkeät kohteet. Selvityksestä on käytävä ilmi yleisellä tasolla kohdetyypeittäin, miten nämä otetaan huomioon sähköjakeluverkon kehittämisessä. Minkälaisia yhteiskunnalle tärkeitä kohteita verkonhaltijan alueella on ja paljonko? Miten näiden käyttöpaikkojen laatuvaatimusten täyttäminen varmistetaan? Verkonhaltija määrittelee yhteiskunnalle tärkeät kohteet ensimmäisessä kehittämissuunnitelmassa. (Energiavirasto 2014, 8.)

10. Paljonko sähköjakeluverkon haltijalla on sähkömarkkinalain tarkoittamia sähköön käyttöpaikkoja, joille verkonhaltija voi itse määrittää jakeluverkon toiminnan laatuvaatimusten tavoitetason paikallisiin olosuhteisiin perustuen sähkömarkkinalain 51 §:n 1 momentin 3 kohdasta poiketen? Kuinka moneen näistä sähköön käyttöpaikoista jakeluverkon haltija aikoo soveltaa paikallisiin olosuhteisiin perustuvaa sähköjakeluverkon toiminnan laatuvaatimusten tavoitetasoa, joka poikkeaa sähkömarkkinalain 51 §:n 1 momentin 3 kohdasta? Miten sähköjakeluverkon haltija määrittää alueellisiin olosuhteisiin perustuen sähkömarkkinalain 51 §:n 2 momentin mukaisiin sähköön käyttöpaikkoihin sovellettavan sähköjakeluverkon toiminnan laatuvaatimusten tavoitetason, jos tavoitetaso poikkeaa sähkömarkkinalain 51 §:n 1 momentin 3 kohdasta? Mikä on alueellisiin olosuhteisiin perustuva jakeluverkon toiminnan laatuvaatimusten tavoitetaso, jota sähköjakeluverkon haltija soveltaa sähkömarkkinalain 51 §:n 2 momentin mukaisiin sähköön käyttöpaikkoihin? (Energiavirasto 2014, 9.)

Tulkintaohjeen liitteiden 2, 3, 4 ja 5 kysymykset kohdentuvat kustannuksiin ja suunniteltuihin saneerausmääriin sähkömarkkinalain mukaisina siirtymäaikoina. Liitteessä 3 vaaditaan keskijänniteverkon kartta, jossa näkyvät laatuvaatimukset täyttävät linjanosat korostettuna. Kartta toimitetaan ensimmäisen kerran vuonna 2020 kehittämissuunnitelmassa 1.1.2020 vallitsevan tilanteen mukaisena. (Energiavirasto 2014, 11.)



### 3 VANHAT KAAPELIT

#### 3.1 Vanhojen maakaapelien sijaintitieto

Vanhojen kaapelien sijaintitieto on luonnollisesti epätarkempaa kuin uusien kaapeleiden. Vanhojen kaapeleiden sijainti määritettiin mittanauhalla jostakin peruskartalla näkyvästä kiinteästä kohteesta esimerkiksi rakennuksen seinästä. Mitatut kaapelireitit digitoitiin muovikartoille käsityönä ja niiden sijainnit ovat epätarkkoja. Muovikarttojen sijaintitiedot digitoitiin myöhemmin sähköiseen järjestelmään. Johtosopimukset on skannattu ja tallennettu sähköiseen rekisteriin. (Karkkola 2015.)

Työturvallisuuden varmistamiseksi ja vaurioiden välttämiseksi on maanrakennustyön, metsätyön, vesirakennustyön, verkonrakennustyön tai muuhun sähkökaapeleiden läheisyydessä tapahtuvan työn suorittajan vastuulla selvittää, sijaitseeko työalueella sähkökaapeleita. Sähkömarkkinalaki määrää, että kaapeleiden sijainti on selvitettävä ennen työhön ryhtymistä. Maakaapelia koskeva sijaintitieto tulee luovuttaa korvauksetta edellä mainittua työtä tekeväälle toimijalle. Verkonhaltijan on annettava tiedot oikeutettujen saataville digitaalisessa muodossa sekä annettava työn suorittajalle ohjeet tarvittavista varotoimenpiteistä. Kaapeleiden sijaintia koskevia tietoja on käsiteltävä siten, etteivät tiedot joudu ulkopuolisten haltuun. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 110 §.)

”Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä sähkökaapeleiden sijaintitietojen:

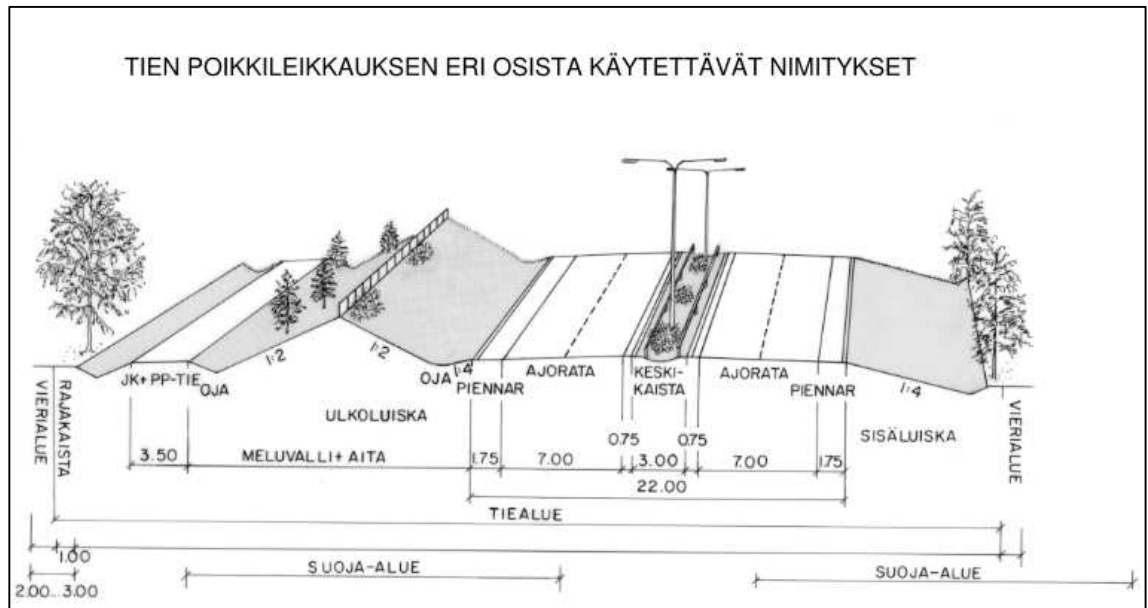
- 1) tallennusmuodosta ja -tarkkuudesta;
- 2) tallennusjärjestelmän toiminnallisista ominaisuuksista ja tietoturva vaatimuksista;
- 3) tallennusjärjestelmien yhteensopivuudesta.” (Sähkömarkkinalaki 588/2013 110 §.)

Valtioneuvosto ei ole antanut sähkökaapeleiden sijaintitietoja tarkentavaa asetusta (tilanne 13.10.2015).

”Kattavaa maanalaisten verkostojen sijaintitietoa ei ole tällä hetkellä kootusti saatavilla. Osa tiedoista on edelleen paperikarttamuotoisena, mikä ei vastaa tarvetta päivitetystä ja tarkasta sijaintitiedosta. Maanalaiset johdot ja rakenteet edustavat useiden vuosikymmenien aikaista teknologiaa, samoin kuin johtoaineistojen dokumentointi. Nämä ja erilaiset variaatiot tältä väliltä aiheuttavat toimijoille ja palveluntarjoajille vaikeuden yksiselitteiselle tiedon hallinnalle. Kaikki kaapeli- ja johtotieto ei vielä kukaan ole sähköisessä vektori- tai rasterimuodossa, vaan osalla verkonhaltijoista tieto on edelleen paperikarttamuotoisena.” (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 3.)

### 3.2 Maantievalueella oleva sähkökaapeli

Tässä opinnäytetyössä käytetään Tiehallinnon ohjeen ”Sähkölinit ja yleiset tiet” mukaisia nimityksiä tien poikkileikkauksen eri osista (kuvio 1). Vyöhykkejaon mukaan tiealueeseen kuuluu kaikki maantiejien ulkoluiskien väliset osat. Maantievalueeseen kuuluu tiealueen lisäksi parin metrin levyinen vierialue ojan ulkoluiskin takaa.



Kuvio 1. Tiehallinnon vyöhykkejako (Liikennevirasto 2014, 82)

Kaapelin asennuksen jälkeen mitatuista koordinaateista ei saada helposti tarkkoja. Virhe on tavanomaisessa differentiaalikorjatussa GPS havainnossa kahden metrin luokkaa. Myös myöhemmin kaivutöitä tekevän paikannusmittauksissa on sama virhe. Virhettä voidaan pienentää paikalle tuodulla tukiasemalla tai käyttä-

mällä geodeettisia menetelmiä. Kaapelin sijainti voidaan esittää myös etäisyytenä tien keskilinjasta tai kaapeli voidaan paikantaa tarkalla GPS-laitteella, jonka mittatarkkuus on 0,2 metriä. Kaapelin sijainti tai koordinaatit merkitään 1:500 mittakaavan karttaan, jos sellainen on käytettävissä. Kaivajalla on velvollisuus selvittää maakaapeleiden sijainti ennen kaivamista. Käytännössä maakaapelin sijainti selvitetään seuraavasti:

- ”1. Selvitetään johtojen omistajat tai niiden sijaintipalvelua tarjoavat yritykset. Sähkömaakaapeleita on kullakin alueella nykyisin yleensä vain yhdellä verkkoyhtiöllä, mutta viestintäoperaattoreita voi olla useita.
2. Omistaja antaa karttojensa tai koordinaattiansa perusteella karkean sijaintitiedon. Lisätietoa voi saada ELY-keskuksen lupapapereista ja mahdollisista loppupiirustuksista.
3. Sijaintidokumenttien perusteella arvioidaan, missä paikoissa johtojen sijainti on määritettävä paikannuslaitteella maastossa.” (Liikennevirasto 2014, 47.)

Joidenkin jakeluverkon haltijoiden ja teleoperaattoreiden kaapelien sijaintitietoja saa keskitetyistä kaapelitietopalveluista, mutta kattavan tiedon saamiseksi joudutaan tiedot varmistamaan useilta verkonhaltijoilta. Kaapelikartoista ei yleensä nykyisin maaseudulla saada selville kaapelin tarkkaa sijaintia. Kun mittakaava on normaali 1:2000, kaapelin siirtyminen yhtä metriä kauemmaksi tien reunasta näkyy 0,5 millimetrin siirtymänä kaapelia kuvaavassa viivassa, jos kartta on erittäin tarkasti tehty. Käytännössä kaapelin sijainti määritetään kaapelinpaikantimella. Maastossa kaapelinpaikantimella mitatun sijainnin molemmin puolin on 0,5 - 1,5 metrin suojavyöhyke, jossa on kaivettava lapiolla tai harjalla varovasti. (Liikennevirasto 2014, 47.)

Syvällä olevien johtojen sijaintitieto on epätarkin. Joissakin taajamissa kaapelit on esitetty 1:500 mittakaavaisella tai tarkemmalla kartalla ja kunta on yleensä järjestänyt kattavan kaapelitietopalvelun. Suojavyöhykettä voidaan pienentää edellä mainitusta, jos kaapelin sijainti määritetään asennusvaiheessa tarkalla

GPS-laitteella, takymetrillä tai vastaavalla, ja kaapelin sijainti osoitetaan näyttövaiheessa samalla tarkkuudella. Rakennustyöhön ei saa ryhtyä ennen kuin kaapelin sijainti on merkitty maastoon. (Liikennevirasto 2014, 48.)

### 3.3 Vanhan ja uuden kaapeliosuuden liitosmutka

Lisähaastetta paikannukseen tulee tilanteessa, jossa maassa jo olevaa kaapelia lähdetään jatkamaan uudella kaapelilla. Kaapeliliitos tarvitsee liikkumavaran maaperän routimisen vuoksi. Liikkumavara saadaan rakentamalla kaapelilinjan mutka. Maakaapeli on jäykkää materiaalia eikä maksimi taivutusmäärää saa ylittää. Jäykkyys vaihtelee kaapelityypeittäin (taulukko 1). Liitoskohtaa varten rakennetaan s-mutka vaakasuoraan. Liitosmutka tulee tallentaa kaapelin sijaintitietojärjestelmään.

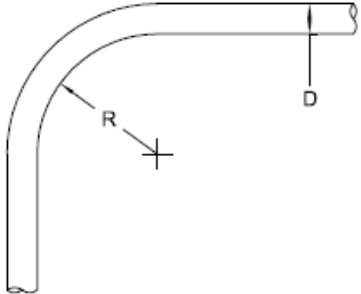
Taulukko 1. Kaapeleiden maksimitaivutus (Tele-Fonica Kable 2010, 91)

Rakennekuvaus		Yksikkö	Tuote			
			3x50+16	3x95+25	3x150+25	3x240+35
<b>MEKAANINEN KESTO</b>						
Suositeltava min taivutussäde		m	0.69	0.77	0.86	0.96

Keskijännitteisen maakaapelin minimitaivutussäde on lähes 1 metri. Jos uudella kaapelilla on tarkoitus jatkaa samaan suuntaan kuin vanha kaapelilinja, täytyy kaapeliin tehdä toinen vastakkaissuuntainen taivutus. Kaapelilinjaan tulee liitosmutkien takia siirtymä xy-tasossa, jonka voimakkuus riippuu suoraan tarvittavan liikevaran määrästä. Pystysuoraan s-mutkaa ei ole mahdollista asentaa matalien kaivussyvyyksien vuoksi.

Kaapelien taivutussäde ilmoitetaan yleensä kaapelin halkaisijan suhteena taivutusympyrän kaaren säteeseen (kuvio 2). Maksimitaivutus täytyy tehdä kertataivutuksena.

<b>PIENIMMÄT SALLITUT TAIVUTUS SÄTEET ( R )</b>	
YKSIJOHDINKAAPELIT	15 x D
MONIJOHDINKAAPELIT	12 x D
1 TAIVUTUS LOPPUASENNUKSESSA	
-> MINIMIARVO - 30 %	
D = KAAPELIN ULKOHALKAISUJA	

A technical diagram of a cable bend. The cable is shown in a 90-degree turn. The radius of the bend is labeled 'R' with a dimension line. The diameter of the cable is labeled 'D' with a dimension line. The cable ends are shown with a slight fraying or break-off.

Kuvio 2. Kaapelin maksimitaivutus (Headpower 2014a, 1)

## 4 MAAKAPELOINNIN TEKNINEN TOTEUTTAMINEN

### 4.1 Maakaapelireitin yleissuunnittelu

Yleiskaavassa esitetään sähkönsiirto, ilmajohdot sekä maa- ja merikaapelit. Olemassa olevan ilmajohdon muuttaminen maakaapeliksi ei yleensä estä kaavan toteutumista. Ilmajohdon maakaapeloinnissa on usein kyse tilanteesta, jossa maakaapeli sijoitetaan samalle johtokadulle kuin nykyinen ilmajohto sijaitsee. Ilmajohdon sijoittamisen yhteydessä on ratkaistu kaavoitukseen liittyvät kysymykset ja ympäristön vaikutusten arviointi. Toinen yhtä yleinen tilanne on, jossa metsässä risteilevä ilmajohto puretaan ja muutetaan maakaapeliksi kokonaan uuteen paikkaan. Maakaapelien sijoittamisessa käytetään hyödyksi pääsääntöisesti yleisen tien tiealuetta. Tien suuntainen maakaapeli pyritään sijoittamaan maantiealueen reunaan, joka on yksityiskohtaisissa kaavoissa varattu yhdyskuntateknisiä rakenteita varten.

Maanomistajalle korvataan maahan kaivettavan sähkökaapelin aiheuttamasta pysyvästä käytönrajoitushaitasta kertakorvaus soveltaen ohjetta ”Kuntaliiton ja MTK:n suositussopimus johdoista 2010.” Koska käytönrajoitus on pysyvä, vastaa käyttöhaitta käyttöoikeuden menettämistä. Ohje on rakennettu lunastuslain täyden korvauksen periaatteen mukaisesti. Kaapelin sijoittamisessa pyritään siihen, että vahingoittunut omaisuus kunnostetaan kaapelointia edeltävään kuntoon. Ohje antaa korvausperusteet metsämaalle, peltoalueille sekä puutarha- ja tontti-alueille. Muiden kiinteistövahinkojen korvaamisessa sovelletaan Maanmittauslaitoksen julkaisua nro 93 ”Korvaussuositukset kiinteistövahingoissa.” Maanomistajalle ei makseta korvausta tilanteessa, jossa vain hänen omaa kiinteistöään varten rakennettavista johtorakenteista aiheutuu menetyksiä. (Suomen Kuntaliitto 2010, 5-6.)

Kun vanhaa ilmajohtoa saneerataan ja muutetaan se maakaapeliksi, maanomistajalta poistuvat ilmajohdon aiheuttamat haitat. Maakaapeli on meluton, ei aiheuta maisemallista haittaa eikä ole maanpäällisen liikkumisen esteenä. Maa-

kaapelin vaatima johtokatu on kapeampi ja vähimmäisetäisyysvaatimukset pienempiä kuin ilmajohdossa. Reunapuuston latvusten ja oksien lyhentäminen poistuu niistä kohteista, joissa kaapeloidaan nykyisen ilmajohdon paikalle vanhalle johtokadulle. Ilmajohdon johtokatu vapautuu maanomistajan käyttöön niissä kohteissa, joissa johtokatu sijoitetaan uuteen paikkaan. Maanomistajalle jäävät ilman vaatimuksia ilmajohdon johtokadusta maksetut korvaukset, jotka on maksettu pysyvistä käyttöoikeuden menettämisestä. Maanomistajalle kohdentuu sähköntoimitusvarmuuden parantuminen samalla tavalla kuin kaikille muillekin. Maakaapelin johtokadun korvausmenettelyä on käsitelty aiemmin tässä työssä.

## 4.2 Maakaapeliin paikkatieto

Suomessa on useita kymmeniä maanrakennusyhtiöitä, jotka suorittavat kaapelointia. Kaapelien paikkatietojen tallentamisessa käytetään samoja sovellusohjelmia ja GPS-paikantimia kuin kaikessa muussakin maarakentamiseen liittyvässä mittaamisessa. Nykyään monet maanrakennusyhtiöt kaivavat maahan kaapeleita, joiden sijaintitarkkuudeksi xy-suuntaisesti saadaan  $\pm 50$  cm. Tarkkuustaso tulee suoraan työvaiheiden toteutusjärjestyksestä. Alkuvaiheessa maastosuunnittelija suunnittelee kaapelin paikan tietokoneellaan senttimetrin luokkaa olevalla tarkkuudella. Sen jälkeen suunnittelija merkitsee maastoon kepeillä suunnitellun kaapelin paikan GPS-tekniikalla, jonka tarkkuus on  $\pm 10$  cm. Seuraavaksi raivataan puusto ja kaivetaan kaapelioja.

Kaapeli sijoitetaan jollekin kohdalle metrin levyiseen kaivantoon. Jos kaapelin sijainti poikkeaa suunnitelmasta yli 50 cm, ilmoitetaan kaapelille uusi tasosijainti järjestelmään. Jos kaapeli saadaan  $\pm 50$  cm tarkkuudella suunniteltuun sijaintiin, jää kaapelin sijaintitiedoksi suunnitelmassa käytetty koordinaattitieto. Useimmat verkkoyhtiöt eivät hyödynnä täysimääräisesti jo maastosta valmiiksi kerättyä sijaintitietoa. Tarvittaessa kaapelireitin koordinaatit mitataan kaapelityön yhteydessä, z-koordinaattia ei tallenneta järjestelmiin vaikka se mitataan samalla kertaa kuin muutkin koordinaatit. Kaapelien tarkan sijainnin selvittämiseksi tarvitaan kaapelinäyttöjä, joita suorittavat verkkoyhtiöt.

## 4.3 3D-koneohjaustekniikka

Nykyajan mittaustekniikka antaa hyvät mahdollisuudet korkeaan tarkkuuteen maakaapeliin paikkatiedon tallentamisessa. Tilaajan tarpeet, urakoitsijan kalusto ja kustannukset yhdessä määrittelevät käytettävän paikkatiedon tarkkuustason tapauskohtaisesti. Tästä on esimerkkinä 3D-koneohjattu Nuutajärven kaapelinaurausprojekti vuodelta 2013. ”Nuutajärven kaapelinaurausprojektissa Novatronin Xsite PRO -järjestelmää käytetään asennetun kaapelin paikkatiedon tallentamiseen. RTK-satelliittipaikannusteknologiaa käytettäessä toteumatieto saadaan talteen noin kolmen senttimetrin tarkkuudella. Työmaalla oleva tukiasema korjaa



paikannuksen virheitä ja lähettää korjaustietoa työkoneelle. Kaapelin sijaintitieto saadaan talteen rakentamisen yhteydessä. 3D-koneohjausta hyödyntämällä sekä asennetun kaapelin että maanpinnan korkeustieto saadaan talteen. Kaapelaurauksen aikana järjestelmällä tallennetaan pisteitä 10 metrin välein.” (Novatron 2013a, 1-2.)

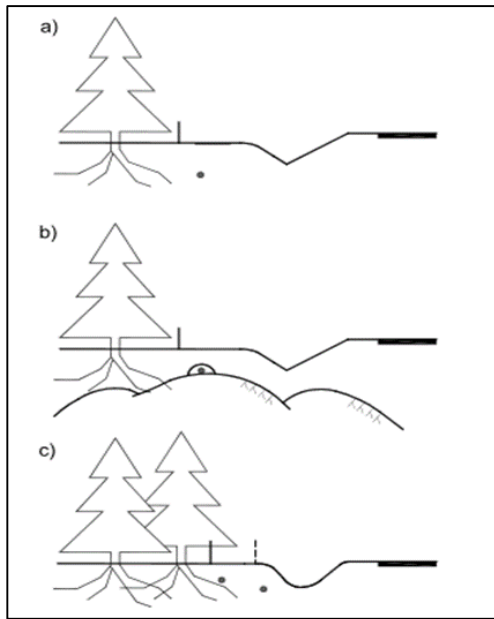
3D-koneohjausjärjestelmä perustuu luotettavaan paikannusjärjestelmään. Käytössä ovat GPS-järjestelmä ja takymetri paikannus. Nuutajärven kaapelaurausprojektin loppuraportin mukaan ”Merkittävin haaste oli GPS-signaalin pysyminen päällä.” Raportti ei ota kantaa siihen, kuinka laajasta ongelmasta on kyse. Raportin mukaan kehitettävää löytyy ja kustannussäästöt vuoden 2013 tekniikalla jäävät vähäisiksi. (Novatron 2013b, 10.)

#### 4.4. Sähkökaapelin sijoittaminen maantiealueelle

##### 4.4.1 Tien suuntainen kaapeli

Kaapelit pyritään sijoittamaan maantiealueelle, koska yleiset tiet ovat useimmiten valtion tai kunnan omistuksessa. Maantiealueella maanrakennustöitä tekevät ammattimaiset rakentajat, joilla on kokemusta kaapelien varomisesta. Nykyisten kaapelien ja putkien sijainti selvitetään, jotta saadaan selville, mihin kohtaan poikkileikkauksessa uusi kaapeli voidaan sijoittaa.

Kuvioiden 3 a) ja b) poikkileikkaukset kuvaavat vilkasliikenteisiä ja uusia teitä. Maantiealuetta ojan takana on yleensä 2...3 m. Kuvion 3 c) poikkileikkaus kuvaa vanhaa vähäliikenteistä tietä. Tiealueen raja on yleensä heti ojan takana (kuvaan piirretty tienpuoleinen rajamerkki), ja puusto ulottuu siihen. Metsä ulottuu yleensä tiealueelle lähelle ojan ulkoluiskaa, vaikka tiealue olisi leveämpi (metsänpuoleinen rajamerkki). (Liikennevirasto 2014, 41.)

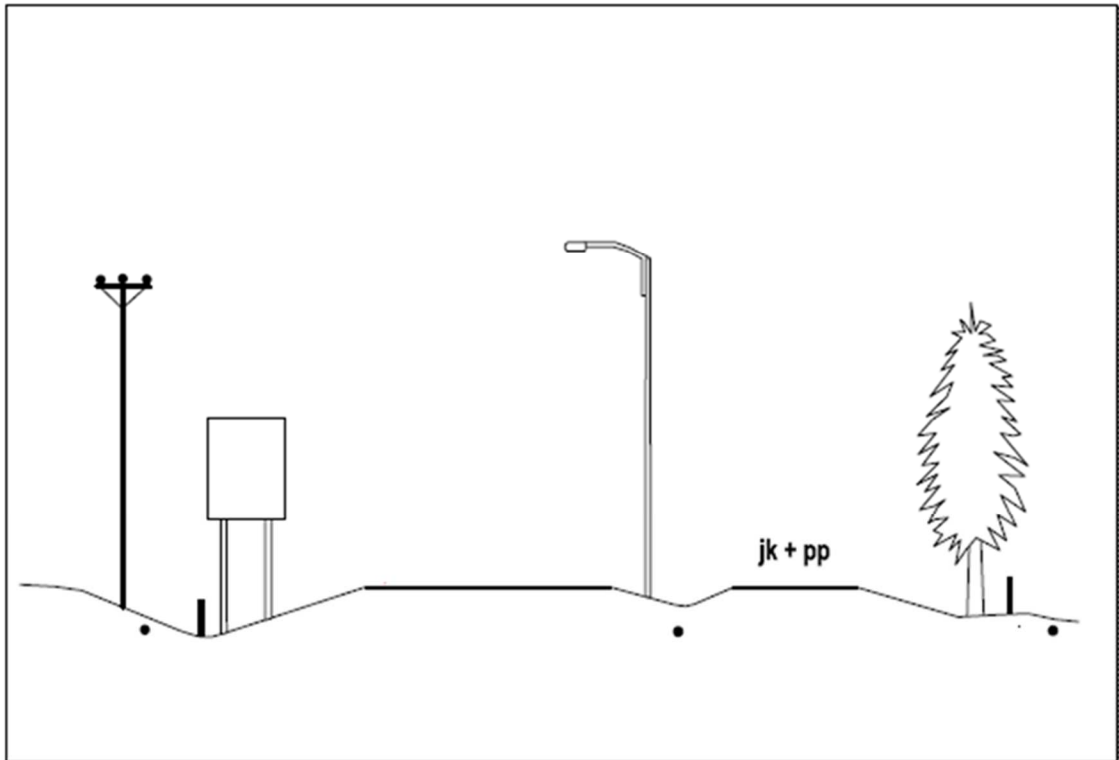


Kuvio 3. Kaapeli metsän ja ojan välissä (Liikennevirasto 2014, 41)

”Kaapeli voidaan sijoittaa tien sisäluiskaan, jos kaikki seuraavat ehdot täyttyvät:

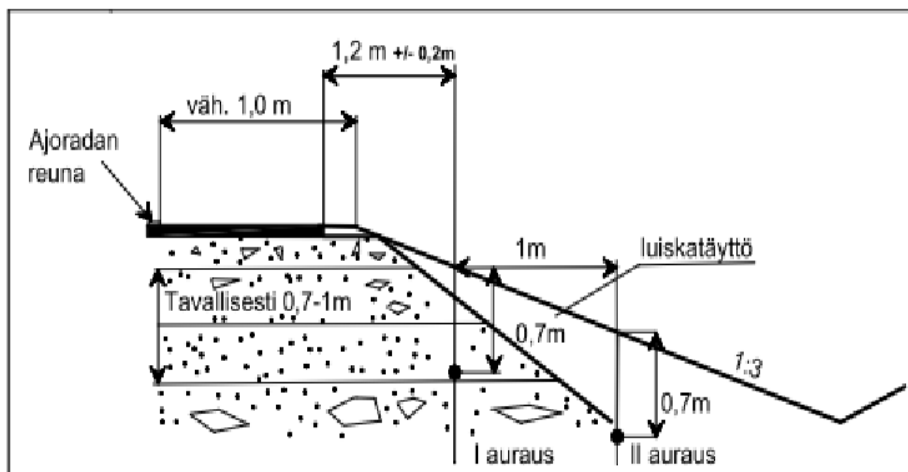
- Sisäluiskan kaltevuus on pääosin 1:3 tai loivempi. Jos tällaisen tieosuuden jatkeena on lyhempiä tieosuuksia, joiden sisäluiskan kaltevuus on 1:2,5 tai erikoistapauksissa 1:2, voidaan sallia asentaminen tällaiseenkin luiskaan. Kaiteen takana hyväksytään myös 1:1,5 luiska.
- Sisäluiskan leveys on vähintään 1,5 m.
- Luiskaa ei ole tehty pitkällä matkalla louheesta tai louheen päällä on vähintään 0,5 m maakerros. Enintään 10 % tienvarsi asennuksen pituudesta saa olla louherakennetta tai kallioleikkausta, jossa maapeite on ohut (alle 0,5 m) ja tarvitaan poikkeavaa asennustapaa.
- Tiedossa ei ole tienparannustöitä, joiden yhteydessä sähköjohtoa pitäisi siirtää lähitulevaisuudessa.
- Kysymyksessä ei ole kapea keskikaidetie eikä moottoritie tai moottoriliikennetie” (Liikennevirasto 2014, 27.)

Taajamissa sähköjohdot sijoitetaan normaalisti ojan ulkoreunaan. Sähkökaapeli voidaan sijoittaa samaan kaivantoon sähkövalaistuskaapelin kanssa. Lisäksi on huomioitava liikennemerkkien ja istutusten vaatima tila (kuvio 4).



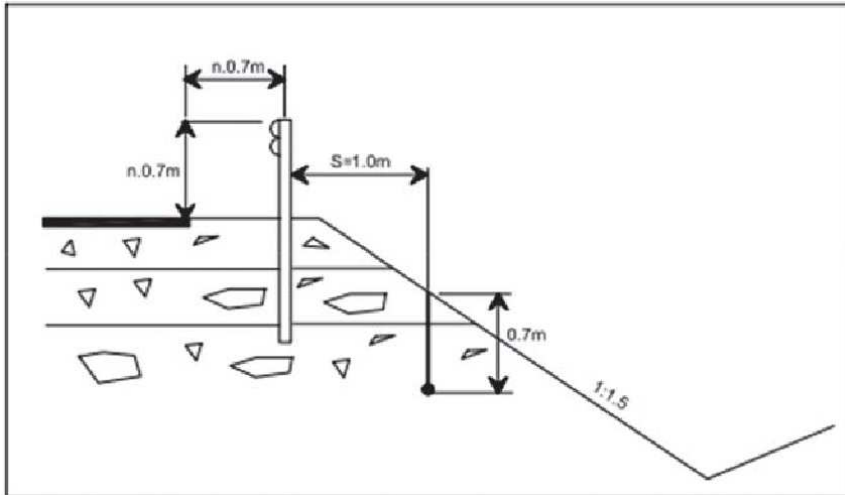
Kuvio 4. Kaapeli tiealueen eri vyöhykkeissä (Tiehallinto 2001, 15)

Kaapeleiden paikkaa valittaessa on otettava huomioon valaistus ja olemassa olevat kaapelit ja putket sekä pohjavesisuojauskset. Kuvion (5) I auraukskohdassa kaapeli tulee tien rakennekerrokseen, jotka ovat mursketta tai louhetta. II aurauksessa kaapeli tulee luiskatäyttöön tai rakennekerrokseen. Aurauksessa III, joka ei näy kuvassa, kaapeli tulee yleensä pohjamaahan.



Kuvio 5. Kaapeli sisäluiskassa (Liikennevirasto 2014, 29)

Kaiteen kohdalla kaapeli voidaan sijoittaa kaiteen taakse vähintään 1,0 m:n etäisyydelle kaiteesta ja pysäkit ja levähdyspaikat kierretään niiden muotoa seuraten kuvion 6 mukaisesti. Luiskassa on usein 0,2 m paksuinen maatyöte. (Liikennevirasto 2014, 30.)

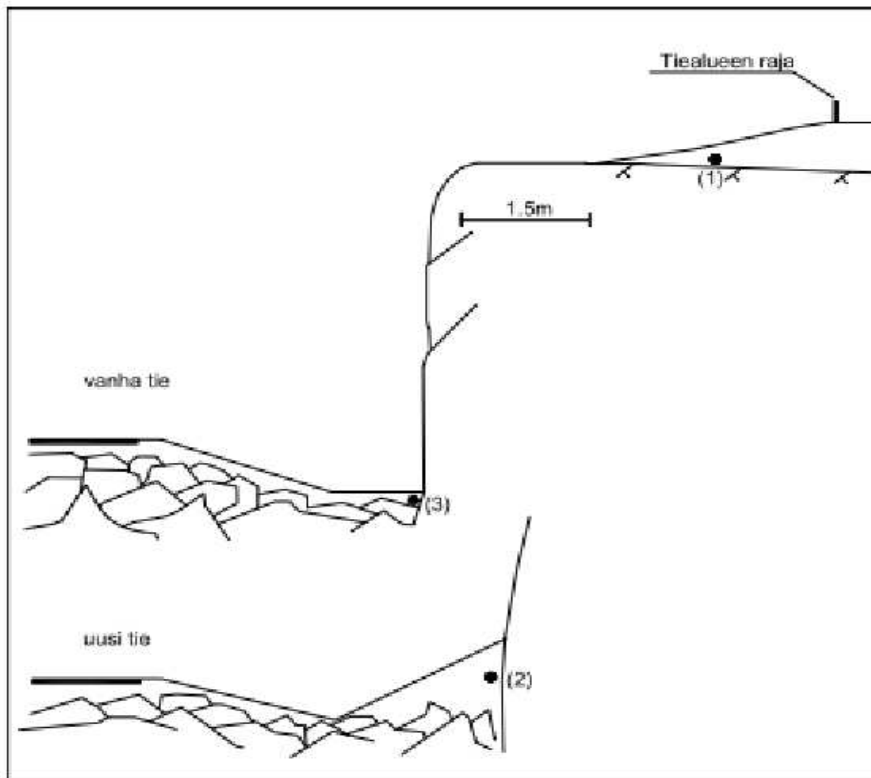


Kuvio 6. Kaapeli kaiteen kohdalla (Liikennevirasto 2014, 30)

Ennen 1990-lukua rakennetuilla teillä kallioleikkaus on ylemmän kuvan mukainen (kuvio 7). Siinä johto sijoitetaan

(1) kallion päälle maapeitteen alle tai kallioon louhittuun tai jyrstettyyn uraan tai (3) alas kallioseinämän reunaan maapeitteen alle tai lyhyellä matkalla louheeseen jyrstettyyn uraan. Lohkarekoko estää usein kaivamisen. (Liikennevirasto 2014, 33.)

Uusilla teillä kallioleikkaus on alemman kuvan mukainen. Siinä kaapeli sijoitetaan (1) kallion päälle maapeitteen alle tai kallioon louhittuun tai jyrstettyyn uraan tai (2) alas maasta tai louheesta tehtyyn ulkoluiskaan. Joskus ulkoluiskassa voi olla myös kiinteää kalliota. (Liikennevirasto 2014, 33.)



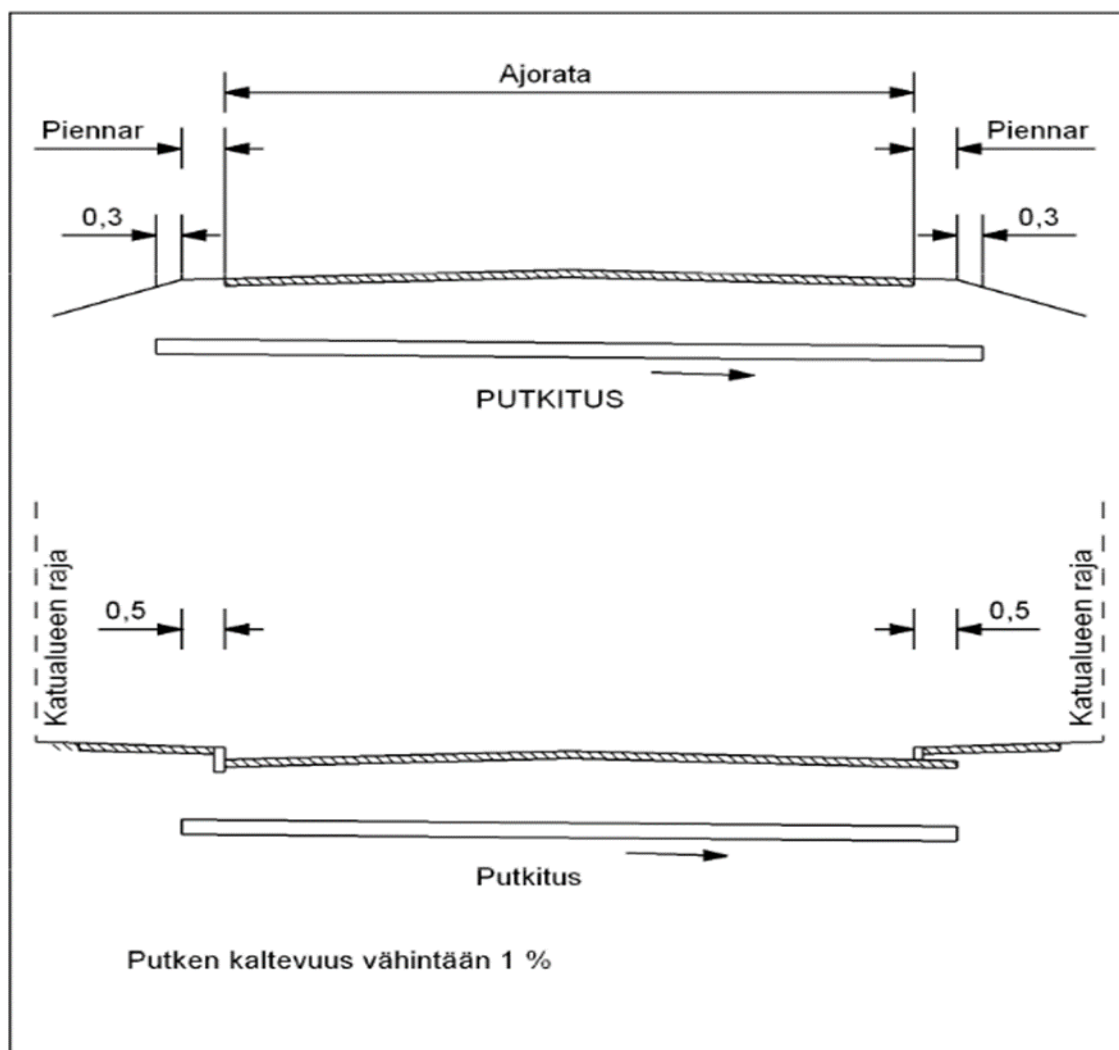
Kuvio 7. Kaapeli kalliroleikkauksessa (Liikennevirasto 2014, 33)

Verkonhaltija merkitsee tarvittaessa tiealueella olevan kaapelin sijainnin maastoon. Merkintätavan on oltava selvä sekä merkinnät suoritettu siten, ettei niistä ole haittaa liikenteelle eikä tienpidolle. Käytettävät merkkipaalut eivät saa muistuttaa tien reunapaaluja. Työn jälkeen kaapelin sijoituspaikkaa osoittavat kartat tarkistetaan vastaamaan lopullista kaapelin sijaintia. Kartat toimitetaan tienpitäjälle samalla, kun ilmoitetaan työn päättymisestä. Verkonhaltija antaa maksutta tietoja kaapelien sijainnista järjestämänsä sijaintitietopalvelun kautta, kun ne pyydetään hyvissä ajoin. (Tiehallinto 2001, 19-20.)

Jos kysymys on tiealueelle sijoitetusta kaapelista ja tiedon pyytäminen johtuu ennalta arvaamattomasta tapahtumasta, tiedon saa heti maksutta. Tienpitäjä tiedottaa kaapelin olemassa olosta henkilöille, jotka suorittavat kaivutyötä tiealueella, jotta kaapeli tulee otetuksi huomioon kunnossapitotöitä tehtäessä. Käytöstä poistettavista kaapeleista, jotka edelleen jäävät tiealueelle, on säilytettävä sijainti- ja tyyppitiedot. Maassa oleva kaapeli, joka poistetaan käytöstä, muuttuu ongelmajätteeksi sillä hetkellä, kun käyttö päättyy. (Tiehallinto 2001, 20.)

## 4.4.2 Tien alitukset

Tien poikittaissuuntaisten kaapeleiden alitukset pyritään tekemään vilkasliikenteisillä teillä tietä auki kaivamatta. Alitukseen tulisi varautua jo tien rakennus- tai parannusvaiheessa rakentamalla suojaputkia, joihin kaapelit voidaan asentaa. Auki kaivamiselta voidaan myös välttyä johtamalla kaapelit silta-aukkojen kautta tai tekemällä alitus poraamalla tai työntämällä. Suojaputket asennetaan vähintään 1 % kaltevuuteen, ettei niihin pääse kerääntymään maa-ainesta tai vettä (kuvio 8). Ajouradan alitusputket asennetaan siten, että ne koko pituudeltaan tukeutuvat asennusalustaan. Putkia ei saa asentaa jäätyneelle alustalle. (Rakennustieto 2012, 9.)



Kuvio 8. Yleisen tien alitus (Rakennustieto 2012, 9)

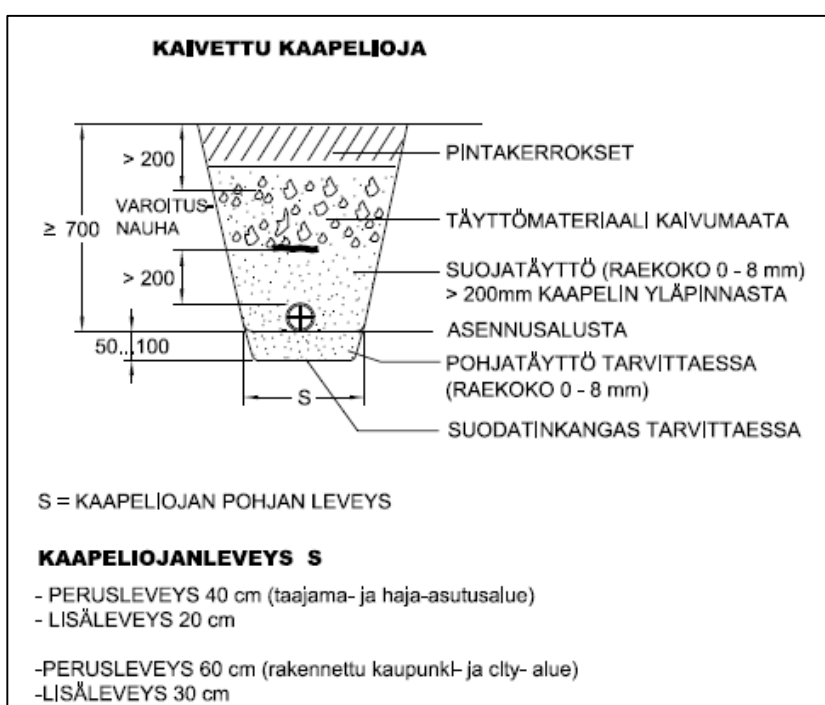
Eritasossa risteävien teiden ja vesistösiltojen kohdilla kaapelit voidaan usein sijoittaa risteys- tai vesistösiltaan asennettuihin suojaputkiin tai kaapelihyllylle. Käytävissä olevat suojaputket tai kaapelihyllyn olemassaolo tulee selvittää tapauskohtaisesti. Mikäli alitus tehdään poraamalla tai työntämällä on varmistuttava siitä, että tien pintaan ei muodostu epätasaisuuksia. Mikäli maata ei poisteta putken kautta, tien pintaan tulee helposti kohouma, jos asennussyvyys on alle 1,6 metriä. Kohouman syntyminen voi olla hyväksyttävää, jos se voidaan jyrsiä pois. Vähäliikenteisillä teillä voidaan alitus tehdä myös auki kaivamalla, mikäli alituksen tekeminen muutoin osoittautuu kohtuuttomaksi. Kaivumenetelmää käytettäessä kaivanto täytetään rakennekerrosten kohdalla hyvin tiivistyvällä murskeella ja alaosaa hiekkaisella soralla ja pohjamaan kohdalla pohjamaasta kaivetulla maalla. Kerrokset tiivistetään 0,3 metrin kerroksina. Tien alituksissa asennussyvyys on vähintään yksi metri alitusputken yläpinnasta päällysteen pintaan. Poikkeuksellisesti asennussyvyys voi olla vähintään 0,8 metriä, jota ei saa alittaa. (Tiehallinto 2001, 14.)

Työmenetelmä saattaa edellyttää huomattavasti minimisyvyysvaatimuksia suurempaa asennussyvyyttä. Ojan pohjalla kaapeli asennetaan vähintään 0,8 metrin syvyyteen sivuojan pohjasta. Kaapelin sijoittamisesta tiealueelle ei saa aiheutua haittaa liikenneturvallisuudelle tai tienpidolle. Lisäksi tulee huomioida melusteet, pohjavesisuojaukset yms. (Tiehallinto 2001, 14.)

Maakaapelit asennetaan vähintään 70 cm syvyyteen. Jos vaadittua asennussyvyyttä ei saavuteta, suojataan kaapeli esimerkiksi suojakourulla, -putkella tai betonoimalla. Samaan kaivantoon saa asentaa sekä tele- että sähköverkon kaapeleita, silloin vähimmäissyvyys määräytyy tiukimman asennussyvyysvaatimuksen (sähkökaapelin) mukaan. (Tiehallinto 2001, 15.)

#### 4.5 Kaapelikaivannot

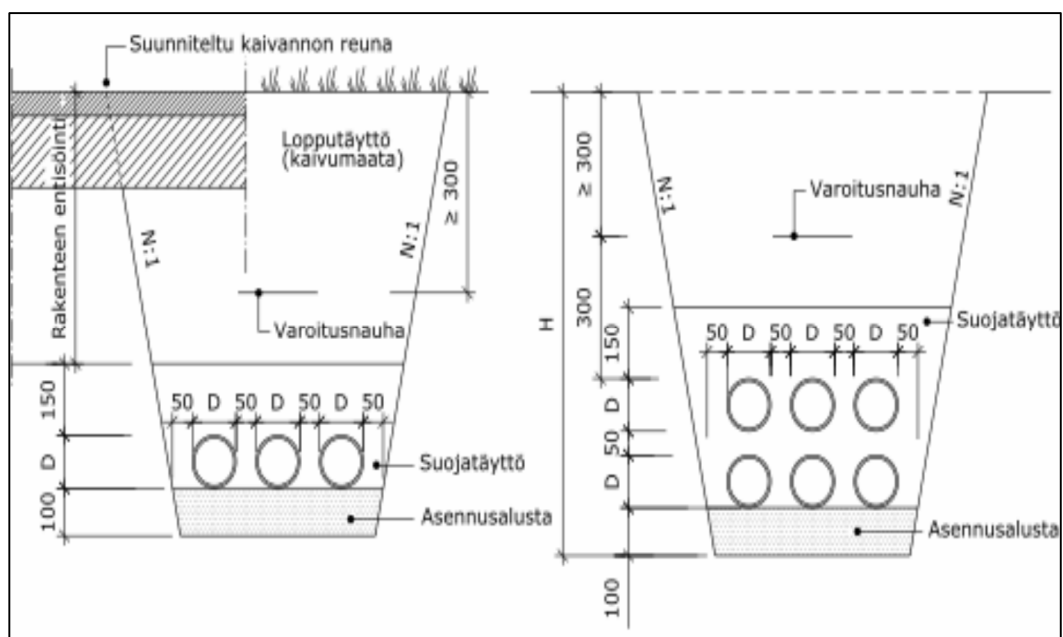
Kaapelioja voidaan tehdä kaapeliauralla auraamalla, lapiolla tai koneella kaivamalla tai erilaisilla jyrsimillä jyrsimällä. Maaperän olosuhteet ratkaisevat, mitä menetelmää kulloinkin käytetään. Kaivurilla kaivetun kaapeliojan muoto ja täyttörakenne on esitetty kuviossa 9. Kaivumaiden osuus täyttömateriaalista on noin puolet. Tehtyyn kaivantoon asennetaan varoitusnauha noin 30 cm:n etäisyydelle kaapelista (kuvio 9).



Kuvio 9. Kaivettu kaapelioja (Headpower 2014b, 1)

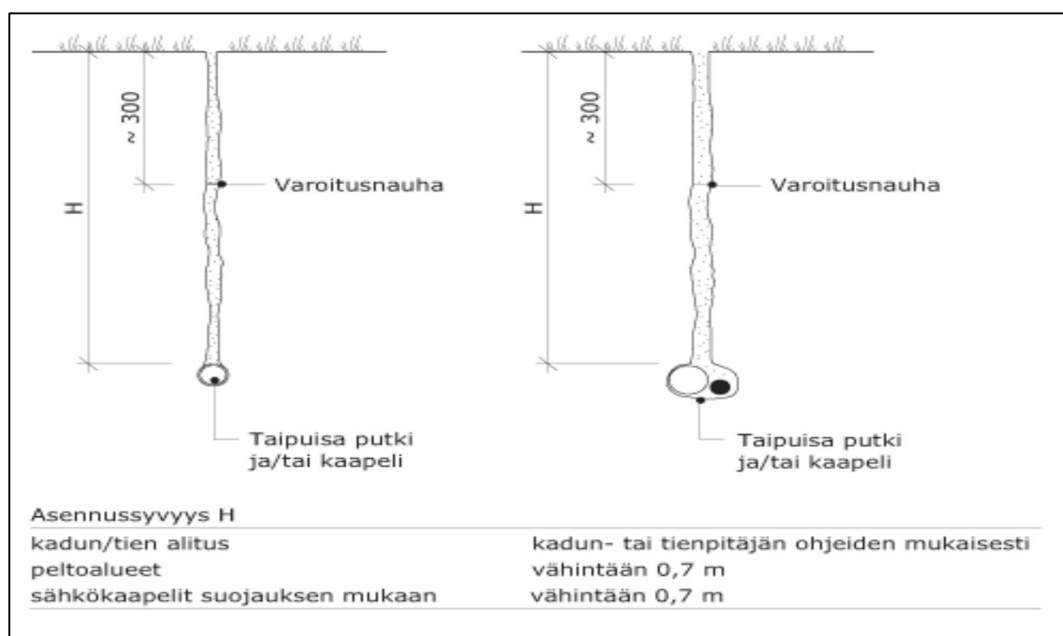
Kaapelikaivannot tehdään siten, että kaapelit voidaan asentaa ja putkitukset/kanavat rakentaa suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti sallittujen mittapoikkeamien rajoissa (kuvio 10). Kaapelien suojausputket vaativat vain 50 mm vähimmäisetäisyydet hiekkasuojatussa kanavassa. Rakennekerrokset ja päällysteet entisöidään ohjeiden mukaisesti. (Rakennustieto 2012, 8.)





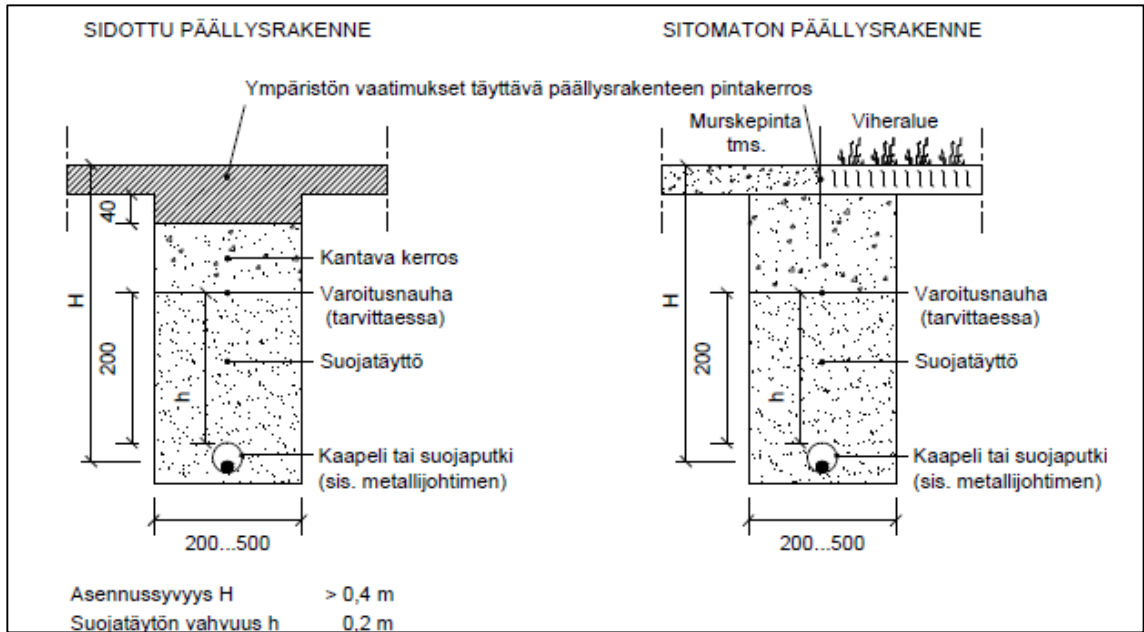
Kuvio 10. Suojaputkien väliset vähimmäisetäisyydet (Rakennustieto 2012, 8)

Aurattu ura saa poiketa suunnitelma-asiakirjojen sijainnista enintään 0,3 metriä ja korkeusasemasta enintään 0,1 metriä. Jos suunnitelman mukaista syvyyttä ei saavuteta olosuhteiden vuoksi, voidaan syvyyttä pienentää erikseen sovittaessa (kuvio 11). Vähimmäissyvyys on kuitenkin 0,5 metriä. (Rakennustieto 2012, 5.)



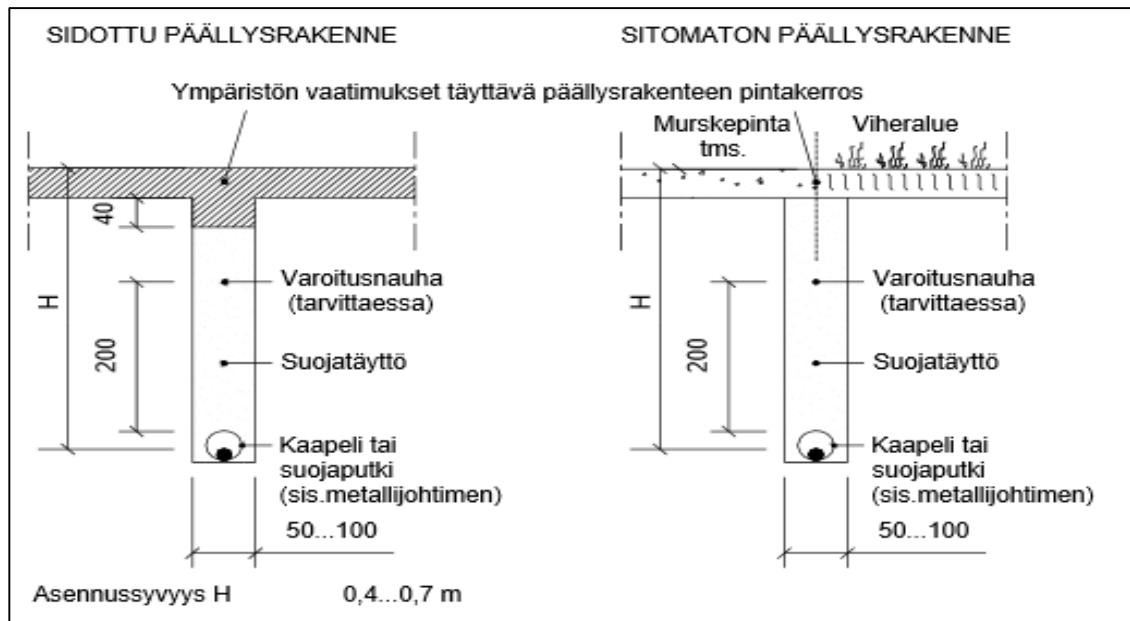
Kuvio 11. Kaapeli auratussa vaossa (Rakennustieto 2012, 6)

Suojatäyttö tehdään katurakenteissa kuivalla materiaalilla, jotta ura täyttyy mahdollisimman tasaisesti. Ketjusahatun kaapelikaivannon profiili on suorakaiteen muotoinen (kuvio 12).



Kuvio 12. Ketjusahattu ura (Rakennustieto 2012, 8)

Jyrsimellä tehty kaapelikanava voi olla 50 mm:n levyinen (kuvio 13). Suojatäyttö tehdään kuivalla materiaalilla, jotta ura täyttyisi mahdollisimman tasaisesti. Tilaa-  
jan vaatimusten mukaisesti päällysrakenne voi olla sidottu tai sitomaton. (Rakennustieto 2012, 8.)



Kuvio 13. Jyrsitty ura (Rakennustieto 2012, 6)

## 5 MAAKAPELOINNIN ELINKAARIKUSTANNUKSET

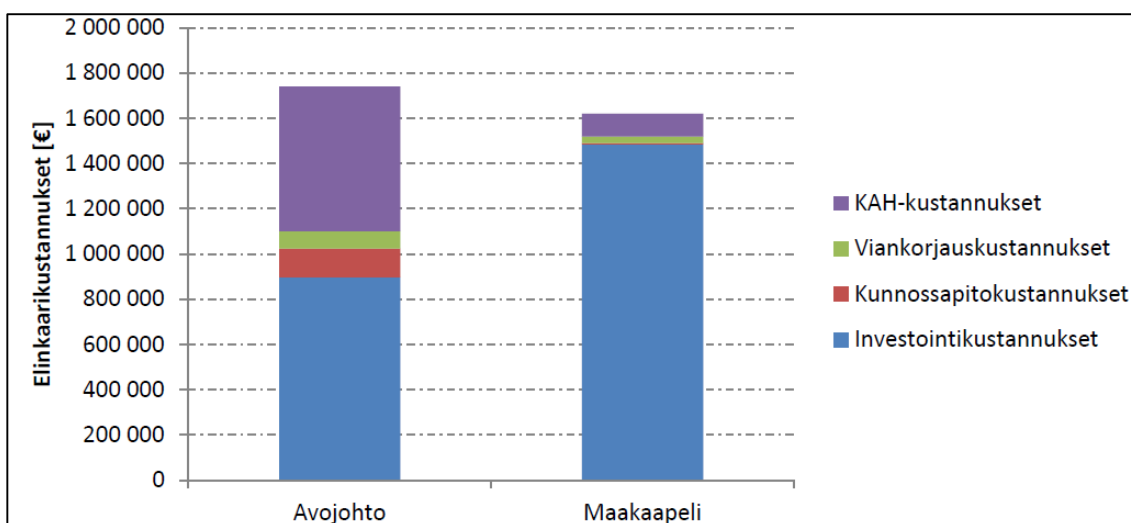
Sähköjohtoja kaapeloidaan taajamissa, koska sähkömarkkinalaki asettaa erilaiset sähkön laatuvaatimukset maaseudulle ja taajamiin. Taajamissa voi olla myös tilanpuutetta, jolloin maakaapelointi on ainut mahdollinen vaihtoehto. Keskeytysten aiheuttamat haitat (KAH) ovat myös taajamissa suuremmat kuin maaseudulla. Lisäksi ilmajohtojen ja pylväsrakenteiden aiheuttamat haitat voivat olla ahtaassa taajamassa suuremmat kuin harvaan asutulla seudulla.

Investointikustannuksiltaan maakaapelointi on kalliimpaa kuin ilmajohdon rakentaminen. Jakelulinjan pitoaika on yleensä vuosikymmenien mittainen, joten ainoastaan investointikustannusten tarkastelu ei anna oikeaa kuvaa kokonaistilanteesta. Elinkaarikustannukset muodostuvat investointikustannuksista, keskeytyskustannuksista ja ylläpitokustannuksista. Rengasmaisessa verkonrakenteessa maakaapelointi on tehokas vaihtoehto tehdä jakeluverkosta säävarma, jolloin myrskyt ja lumikuormat eivät aiheuta sähkönjakelun keskeytyksiä. Maakaapeloinnin haittana on maaperän liikkumisesta ja kaivamisesta aiheutuneiden kaapelikatkojen paikallistamisen ja vikojen korjaamisen hitaus verrattuna ilmajohtoon.

Johtolähdön asiakasryhmät vaikuttavat laskettaviin keskeytyskustannuksiin toimittamatta jääneen sähkön osalta. Teollisuusasiakas kärsii enemmän sähköttömästä ajasta kuin kotitalousasiakas. Asiakkaan kokeman haitan kuluttajaryhmäkohtaisuus huomioidaan keskeytyskustannuksia laskettaessa KAH-arvoilla.

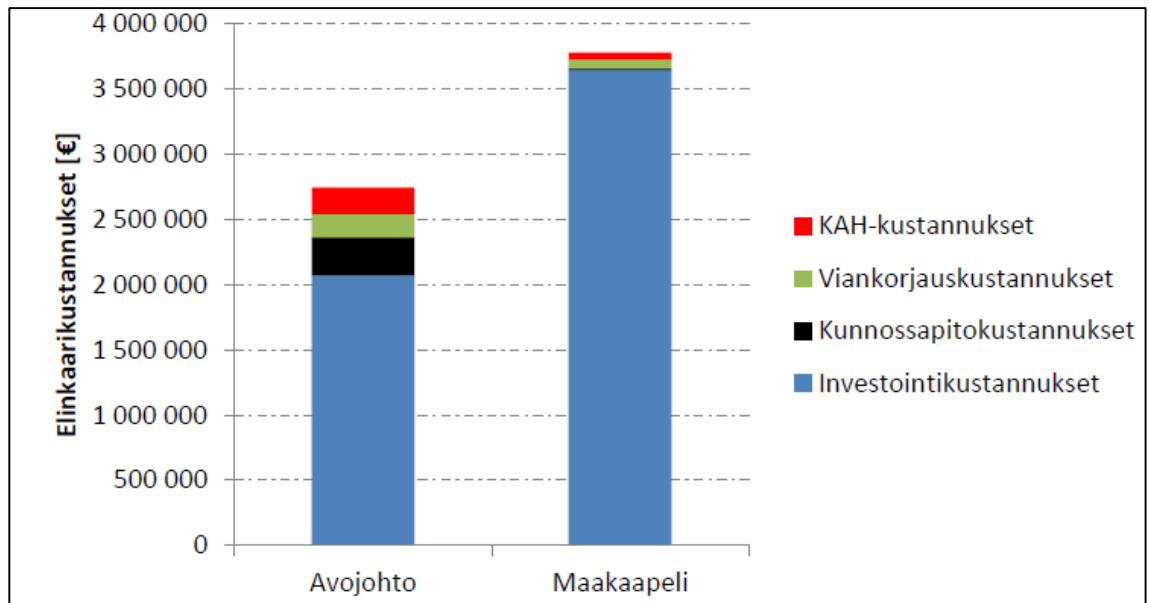
Sähkönjakelun keskeytys ei ole kenenkään etu. Esa Äärysen kandidaatintyössä vertailtiin maakaapelin ja avojohdon kustannuksia. Vertailukohteina käytettiin kahta erilaista linjaosuutta. Toinen linjaosuus on Vahteronmäen sähköaseman lähtö 12 (VHTL 12), sillä on pituutta noin 29 km. Lähdöllä VHTL 12 on suuri julkinen kuorma. Toinen linjaosuus on Kausalan sähköaseman lähtö 05 (KSAL 05), joka on noin 68 km pitkä ja se on vikaherkkä linjaosuus. (Äärynen 2012, 23.)

Linjaosuuden VHTL 12 avojohdolla noin puolet elinkaarikustannuksista muodostuu investointikustannuksista ja loput muista kuluista (kuvio 14). Avojohtolla keskeytykset aiheuttavat KAH-kustannusten ja vian korjauskustannusten muodossa 40 % elinkaarikustannuksista. Tämä on merkittävä tekijä mietittäessä käyttövarmuusinvestointeja. Maakaapelilla ovat investointikustannukset puolestaan moninkertaiset verrattuna elinkaaren muihin kustannuksiin. Linjaosuuden VHTL 12 maakaapelin elinkaarikustannukset ovat avojohdon kustannuksia pienemmät. (Äärynen 2012, 23.)



Kuvio 14. Linjaosuus VHTL 12 (Äärynen 2012, 23)

Linjaosuuden KSAL 05 tapauksessa kaapelointi on noin miljoona euroa kalliimpaa elinkaarikustannuksiltaan kuin avojohdo. Kuvio 15 nähdään, että KAH-, viankorjaus- sekä kunnossapitokustannukset ovat vain 25 % avojohdon koko elinkaarenkustannuksista. Pitkillä maaseutulähdöillä investointikustannukset ovat yleisesti muutenkin hyvin dominoivassa asemassa verrattuna muihin kustannuksiin. Maakaapeloinnin investointikustannukset ovat itsessään jo suuremmat kuin avojohdon elinkaarikustannukset. Linjaosuudella KSAL 05 maakaapelointi ei ole kannattavampaa nykyisillä kustannuksilla kuin avojohdo. (Äärynen 2012, 24.)



Kuvio 15. Linjaosuus KSAL 05 (Äärynen 2012, 24)

Suuri julkinen kuormitus (teollisuus, palvelut) voi aiheuttaa merkittäviä keskeytyskustannuksia korkeiden KAH-arvojensa takia. Pitkillä maaseutulähdöillä kaapelointi ei ole kannattavaa pienten kuormien takia ja kaapelien loistehotaseesta johtuen, vaikka verkko olisi vikaherkkää. (Äärynen 2012, 24.)

## 6 MAANALAISTEN RAKENTEIDEN SIJAINNITETIETOJÄRJESTELMÄ

### 6.1 Liikenne- ja viestintäministeriön työryhmä

Liikenne- ja viestintäministeriö asetti 9.2.2010 työryhmän selvittämään, mikä taho olisi sopivin ottamaan vastuun kaapelien sijaintitietojen hallinnasta ja eri operaattoreiden toimien koordinoinnista. Työryhmän tehtävänä oli selvittää erilaisia ratkaisumalleja liikenneväylien varressa sijaitsevien kaapeleiden sijaintitietojen hallintaan, tehdä ehdotus etenemistavaksi ja selvittää mahdolliset lainsäädännön muutostarpeet. Työryhmä laajensi itsenäisesti tehtävää koskemaan maakaapelointia myös liikenneväylien ulkopuolelle.

Maanalaisten rakenteiden sijaintitietojen määrä ja laatu on hyvin hajanaista. Eri verkonhaltijoiden tiedot ovat koottuna eri järjestelmiin, eri tarkkuustasolla ja eri formaateissa. Maanalaiset johdot ja rakenteet edustavat useiden vuosikymmenien aikaista teknologiaa, samoin kuin johtoaineistojen dokumentointi. Vanhojen kaapeleiden sijaintia ei kaikissa tapauksissa tiedetä tai sijaintitietojen dokumentointi on epätarkkaa. Osa tiedoista on siirtynyt suullisena perimätietona osapuolelta toiselle, jolloin tietojen varsinaista dokumentointia ei ole tehty. Osa kaapelitiedoista on edelleen dokumentoitu perinteisillä paperikartoilla, tästä johtuen kaikkea kaapeli- ja johtotietoa ei ole saatavilla sähköisessä vektori- tai rasterimuodossa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 6.)

Maanalaisten kaapeleiden syvyystiedot puuttuvat monin paikoin ja osittain vanhojen maanalaisten kaapeleiden osalta ei tiedetä, että ovatko ne edelleen käytössä vai eivät. Käytöstä poistetut kaapelit ovat monessa tapauksessa jääneet maan alle ongelmajätteeksi. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 3.)

Tällä hetkellä ei ole myöskään yhtenäistä toimintatapaa sille, miten maanalaisten verkostojen tietoja päivitetään, mikä taho niitä päivittää tai kuinka ajantasaisia tiedot ovat. Nämä ja erilaiset variaatiot tältä väliltä aiheuttavat toimijoille ja palveluntarjoajille vaikeuden yksiselitteiselle tiedon hallinnalle. Vesijohto- ja kaukoläm-

pöverkkojen osalta tiedot ovat melko kattavia. Sähkö- ja televerkkoyhtiöt ylläpitävät kaapelien sijaintitietoja pääasiassa omissa verkkotietojärjestelmissään. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 6.)

Mietintö on laadittu viisi vuotta sitten, oletettavasti merkittävää muutosta vanhojen kaapelien sijaintitietojen parantumiseksi ei ole tapahtunut. Yhteistä rekisteriä ei ole perustettu, mutta uusien kaapeleiden paikkatieto otetaan talteen johtojen omistajien toimesta aiempaa paremmin.

Tarkka tieto maaperään upotettujen kaapeleiden sijainnista on tärkeää, koska tarkka rakentamissuunnitelma luo mahdollisuuksia infrastruktuurin eri verkostojen yhteisrakentamiselle. Kaivutöiden yhteydessä aiheutuneiden kaapelikatkojen määrä vähenee sijaintitietojen tarkentumisen takia. Tarkoilla sijaintitiedoilla voidaan myös hallita paremmin sähkötapaturmien riskejä.

Tarkka karttanäyttöpalvelu on sekä verkonhaltijan, että kaivajan kannalta tehokkaampi ja nopeampi tapa kuin näyttö maastossa. Verkonhaltijakohtainen tai keskitetysti toteutettu kaapelien näyttöpalvelu on hidas ja kallis. Kalliit näyttöhenkilöt perustavat tietonsa samoihin dokumentoituihin karttanäyttöpalvelun paikkatietoihin. Kaapelinäyttöä voi joutua odottamaan ja odotus saattaa aiheuttaa kustannuksia kaivajalle.

## 6.2 Tanskan ja Ruotsin mallit

Maanalaisten verkostojen sijaintitietojen hallintajärjestelmiä on toteutettu jo Tanskassa ja Ruotsissa. Tanskan rekisteri on internet-pohjainen järjestelmä, joka kattaa noin 4500 verkonhaltijan kaapelit sekä muut maanalaiset verkostot kuten vesi- ja viemäriputket. Urakoitsijat ovat velvoitettuja pyytämään ja selvittämään maanalaisten verkostojen omistajatiedot ennen kaivutöiden aloittamista. Verkonhaltijat antavat tarkat rakenteiden sijaintitiedot urakoitsijoille. Verkonhaltijat maksavat kohtuullisen rekisterimaksun välttääkseen kaapelien vaurioitumisen. Lisää tietoa Tanskan kaapelitietojen hallintajärjestelmästä löytyy osoitteesta <http://www.ler.dk/>. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 14.)



”Ruotsissa on kehitetty web-pohjainen portaali, josta urakoitsijat tai muut tietoa tarvitsevat voivat käydä tarkistamassa, onko kaivualueelle sijoitettu maanalaisia rakennelmia. Portaaliin voi ilmoittaa kaikki maanalaiset rakenteet kuten telekaapelit, sähkökaapelit, vesijohdot, viemärit, tunnelit, jne. Verkonhaltijat merkitsevät kartta-alueelle ne paikat, joissa sijaitsee tai joihin on tulevaisuudessa aikomus sijoittaa maanalaisia verkostoja. Maanalaisten rakennelmien omistaja vastaavat itse kyselyn perusteella suoraan kaivutyön tekijälle. Vastaustapa valitaan sen mukaan, miten lähelle maanalaista rakennetta kaivutyö osuu. Tarvittaessa paikalle lähetetään kaivutyön valvoja. Lisätietoa Ruotsin järjestelmästä löytyy osoitteesta <https://www.ledningskollen.se/>.” (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 14.)

### 6.3 Liikenne- ja viestintäministeriön työryhmän esitys

Työryhmä on selvittänyt kaapelitietojen hallinnan kehittämisvaihtoehtoja. Kaikkia maan alle sijoitettuja verkostoja tulisi työryhmän näkemyksen mukaan käsitellä kokonaisuutena. Keskeistä maanalaisten verkostojen sijaintitiedon hallinnassa on tietoturvakysymys, jotta myös Puolustusvoimat ja Turvallisuusverkko (TUVE) olisi mahdollista kytkeä mukaan uuteen järjestelmään. Sijaintitiedot rekisteröimällä verkonhaltija hankkii kaapelilleen vakuutuksen. Samalla tulisi kuitenkin varmistaa tietoturva esimerkiksi kaapelin omistajatiedon osalta. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 15.)

1. ”Tavoitetilaksi otetaan keskitetty yhden luukun periaatteella toimiva tietopalvelu (portaali), jonka kautta eri tahojen ylläpitämä kaapeleiden sijaintitieto on kootusti saatavilla” (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 15).
2. ”Määritellään ja luodaan yhteinen rajapinta olemassa olevien kaapelitietojärjestelmien ja tulevan tietopalvelun välille” (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 15).
3. ”Kaapelitietojen esittämisessä käytettävää kartta-aineistoa yhtenäistetään ja kehitetään” (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 16).
4. ”Verkonhaltijat veloitetaan liittämään ja sovittamaan kaapelitietojärjestelmänsä tietopalveluun yhteisen rajapinnan kautta” (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 16).

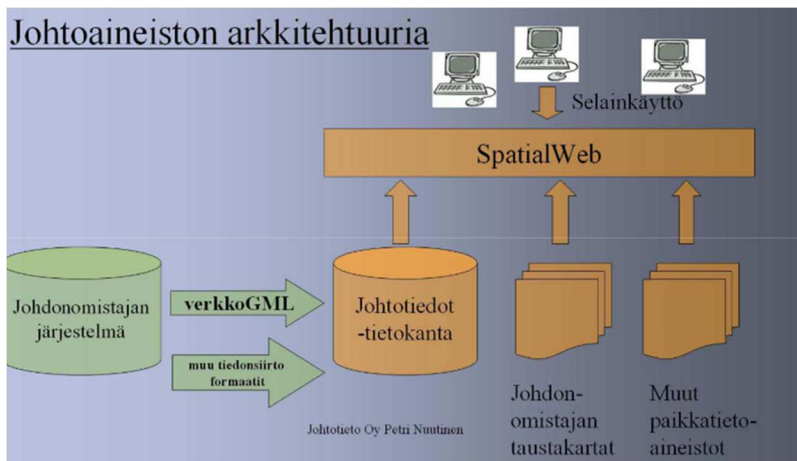
5. ”Tietopalveluun ilmoitetaan tiedot myös tulevista kaapelihankkeista” (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 16).
6. ”Liikenne-, tietoliikenne- ja muiden infrastruktuurien yhteisrakentamista tehostetaan” (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 16).
7. ”Ehdotettua tietopalvelua tarjotaan kaupallisena toimintana (ei tuotto-odotuksia)” (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 17).
8. ”Järjestelmän kehittämisen ja toteuttamisen kustannusten jakoperiaatteet päätetään erillisessä valmisteluryhmässä” (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 17).

Verkkoyhtiöillä näyttäisi olevan yhteinen tarve tietopankin rakentamiseksi. Sijaintitiedon haltijana tulisi olla jokin luotettava toimija, viranomaistaho, esimerkiksi Maanmittauslaitos. Verkkoyhtiöillä ja Maanmittauslaitoksella on jo valmiiksi tiivistä keskinäistä yhteistyötä. Kiinteistötietojärjestelmään kuuluvan kiinteistörekisterin tiedot perustuvat maanmittaustoimitukseen tai päätökseen, joten se ei sovellu kaapelitietojen hallintaan. Maanmittauslaitoksen kehittämisresurssit on varattu kiinteistöjen kirjaamisen tietojärjestelmän uudistamiseen ja nykyisten järjestelmien ylläpitoon eikä näyttöpalvelun järjestäminen sovi nykyisen alueorganisaation tehtävien luonteeseen. Maanmittauslaitoksen mukaan kannattaisi kehittää Johtotieto Oy:n toimintaa ja laajentaa yhtiön omistajapohjaa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 15.)

#### 6.4 Johtotieto Oy

Nykyisin tietoliikennekaapeleiden tietokantaa ja osin muun maanalaisen johtoverkon tietokantaa ylläpitää Johtotieto Oy, jolle kaupalliset operaattorit vaihtelevalla tarkkuudella ilmoittavat kaapeleistaan. Johtotieto Oy:llä on yli 25 vuoden kokemus johtojen sijaintitieto- ja näytön varauspalveluista. Johtotieto käsittelee vuosittain kymmeniä tuhansia kontakteja, joissa maanrakennusyritykset, kunnat, yksittäiset kaivajat, suunnittelijat ja viranomaiset tiedustelevat johtojen sijaintitietoja. Vuosikymmenen vaihtuessa 2000-luvulla Johtotieto oy:ssä tehtiin tietojärjestelmäarkkitehtuuriin täydellinen muutos, joka johti siihen, että toiminta keskitettiin yhteen paikkatietojärjestelmään. Nykyisin Johtotieto Oy kuuluu Suomen Erillisverkot -konserniin ja on täysin Suomen valtion omistama yhtiö. Johtotieto

Oy:n järjestelmä perustuu periaatteeseen, jossa johdonomistajat toimittavat paikkatietoaineistonsa määrättyssä tiedonsiirtomuodossa Johtotieto Oy:n tietokantaan (kuvio 16). Paikkatietoaineistot yhdistetään internet-tietopalveluun, josta sijaintitieto on saatavilla. Paikkatietopalveluun on koottu johtotietojen lisäksi myös muuta paikkatietoaineistoa sekä pohjakarttamateriaalia. (Johtotieto 2015a, 1.)



Kuvio 16. Tiedonkulku Johtotieto Oy:ssä (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010, 9)

Johtotieto Oy:n verkkosivulta löytyy palvelu, jossa ovat verkostonsa sijaintitiedot antaneet yhtiöt kunnittain. Listauksesta löytyy vain muutamia yhtiötä koko valtakunnan tasolla. (tilanne 21.10.2015) Johtotieto Oy luovuttaa kaapelitietoja ainoastaan kirjallisen hakemuksen perusteella. Johtotieto Oy:n rooli palvelun tarjoajana täsmentyy, jos verkkoyhtiöt ottavat palvelun laajemmin käyttöön ja palvelun käyttö yleistyy. (Johtotieto 2015b, 1.)

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Sähkömarkkinalaki velvoittaa verkkoyhtiötä kehittämään jakeluverkostoaan säävarmemmaksi. Laki velvoittaa laatimaan kehittämissuunnitelman, jonka toteutusta seurataan ja päivitetään kahden vuoden välein. Lainvalvonta kuuluu Energiavirastolle. Verkoston tekemiseksi säävarmaksi verkkoyhtiöt saneeraavat vanhentuvia ja metsissä olevia jakelulinjojaan teiden varsille. Kustannustehokkuuden ja osin myös tilan puutteen takia ilmajohdot muutetaan taajamissa maakaapeleiksi.

Esa Äärysen Kandidaatintyössä vertailtiin kahden erilaisen linjaosuuden saneeraamista ilmajohdoksi tai maakaapeliksi elinkaarikustannusten näkökulmasta. Työssä huomioitiin KAH-kustannusten ja viankorjauskustannusten nousevan yleistä hintatasoa nopeammin. Nykyään on tapana saneerata linjat tien varteen, sen sijaan Äärynen saneerasi työssään vertailulinjat metsään. Harvaan asutulla johto-osuudella ilmajohdon elinkaarikustannukset eivät yltäneet edes maakaapeloinnin investointikustannusten tasolle, joten maakaapelointi ei voi olla edullisempi vaihtoehto joka paikassa.

Energiaviraston jakeluverkon kehittämissäännösten tulkintaohjeen liitteiden kysymykset ohjeistavat tiukalla otteella verkkoyhtiötä noudattamaan lain tarkoittamaa verkoston kehittämisvelvollisuutta. Laki velvoittaa myös verkonhaltijaa osoittamaan maastossa olevan kaapelin paikan maksutta, samoin kuin maata kaivavan velvollisuus on ottaa selvää maassa olevista kaapeleista.

Kaapelikaivantoja tehdään kaivamalla, jyrsimällä, sahaamalla ja auraamalla. Teiden alituksissa ja maastokohdissa, joissa ei 70 cm syvyyttä saavuteta, sijoitetaan kaapeli suojaputkeen. Samaan kaivantoon voidaan sijoittaa useita sähkö- ja tiedonsiirtokaapeleita sekä vesi- ja viemäriputkia. Vähimmäisetäisyysvaatimukset sähkökaapeleilla ovat 50 mm, kun vastaavat arvot ilmajohdoilla ovat jo keskijännitteellä parin metrin luokkaa. Maakaapelit tarvitsevat vähemmän tilaa lyhempien vähimmäisetäisyysvaatimuksien vuoksi.

Nykyaikaisen maanmittaustekniikan antamia mahdollisuuksia xyz-muotoisesta sijainti- ja paikkatiedosta ei muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta käytetä. Kehityksen suunta on kuitenkin nähtävissä, tästä on esimerkkinä ”Nuutajärven koneohjausjärjestelmän ja 3D-mallinnuksen hyödyntäminen maakaapelirakentamisessa” -pilottihanke. Liikennevirastolla on paljon yksityiskohtaisia suunnitteluohjeita maakaapelien sijoittamiseksi alueelleen. Liikenneviraston vaatimukset voivat tulevina vuosina parantaa kaapelien sijaintitietojen tarkkuutta laajemminkin.

Ratkaisua yhteiseksi sijaintitietojärjestelmäksi ei tässä työssä saavutettu. Liikenne- ja viestintäministeriön mietinnön mukaan paikka voisi olla Johtotieto Oy, mutta tällä hetkellä kehitystyö avoimeksi ja kattavaksi tietopankiksi on vielä kesken.

Aiheesta on valmiiksi mietittyä materiaalia eri paikoissa. Liikenneviraston, Energiaviraston, verkkoyhtiöiden ja Novatron Oy:n verkkosivuilta löytyy jäseneltyä tietoa hieman eri näkökulmista. Sähkötekniikan puolelta on laadittu useita opinnäytetöitä tästä aihepiiristä eri oppilaitoksiin. Niissä opinnäytetöissä on tarkasteltu samoja asioita sähkötekniikan tulokulmasta katsottuna. Opinnäytetyön laatiminen tästä aiheesta oli opettavaista ja haasteellista. Opinnäytteen tulokset ovat mielenkiintoisia. Ennen opinnäytetyöhön ryhtymistä en tiennyt vanhojen kaapeleiden heikoista dokumenteista enkä tietoturvaongelmasta, joka koetaan, jos maan alla olevan kaapelin sijainti ilmoitetaan tarkasti ja avoimesti. Opinnäytteestä saatu tieto on minulle hyödyllistä laatiessani maankäyttösopimuksia maanomistajien kanssa Rovakaira Oy:n palveluksessa.

## LÄHTEET

Energiavirasto 2014. Sähkönjakeluverkon kehittämissuunnitelmasta annetun määräyksen ja tähän liittyvien sähkömarkkinalain säännösten tulkintaohje 823/002/2013. Viitattu 15.10.2015 [https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Tulkintaohje\\_10+6+2014.pdf/dcf45497-9ee2-409f-bfb9-2c83999476c8](https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Tulkintaohje_10+6+2014.pdf/dcf45497-9ee2-409f-bfb9-2c83999476c8).

Headpower 2014a. Kaapelin asennus ja käsittely. Viitattu 20.10.2015 [https://rakenne.headpower.fi/fileattachments/nein/new\\_attachments/7\\_LIITE\\_2.pdf](https://rakenne.headpower.fi/fileattachments/nein/new_attachments/7_LIITE_2.pdf).

Headpower 2014b. Kaapeliojat. Viitattu 20.10.2015 [https://rakenne.headpower.fi/fileattachments/nein/new\\_attachments/7\\_LIITE\\_1%20Kaapeliojat.pdf](https://rakenne.headpower.fi/fileattachments/nein/new_attachments/7_LIITE_1%20Kaapeliojat.pdf).

Johtotieto 2015a. Viitattu 21.10.2015 <http://www.johtotieto.fi/yritys/historia/>.

Johtotieto 2015b. Viitattu 21.10.2015 <http://www.johtotieto.fi/kaivajalle/palvelussa-mukana/>.

Karkkola, T. 2015. Napapiirin Energia ja Vesi Oy. Verkkodokumentoituja. Haastattelu 7.10.2015.

Kiinteistönmuodostamislaki 22.12.2005/1159.

Maanmittauslaitos 2014. Kirjaamismenettelyn käsikirja 2014. Viitattu 20.10.2015 [http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/tiedostolataukset/kiinteistot/kirjaamisasiat/kirjaamismenettelyn\\_kasikirja\\_20141010\\_final.pdf](http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/tiedostolataukset/kiinteistot/kirjaamisasiat/kirjaamismenettelyn_kasikirja_20141010_final.pdf).

Korpinen, L. 2015. Sähkön siirto- ja jakeluverkot. Viitattu 27.11.2015 [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/3sahkon\\_siirto\\_ja\\_jakeluverkot.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/3sahkon_siirto_ja_jakeluverkot.pdf).

Laki kiinteän omaisuuden ja erityisten oikeuksien lunastuksesta 24.7.2009/580.

Liikennevirasto 2014. Sähkö- ja telejohdot ja maantiet. Liikenneviraston ohjeita 15/2014. Viitattu 15.10.2015 [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo\\_2014-15\\_sahko\\_telejohdot\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-15_sahko_telejohdot_web.pdf).

Liikenne- ja viestintäministeriö 2010. Kaapelitietojen hallinnan kehittäminen. Työryhmän mietintö, 3. Julkaisuja 32/2010. Viitattu 20.10.2015 [https://www.lvm.fi/docs/fi/964900\\_DLFE-10901.pdf](https://www.lvm.fi/docs/fi/964900_DLFE-10901.pdf).

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.

Maantielaki 3.5.2013/328.

Novatron 2013a. Viitattu 20.10.2015 [http://www.novatron.fi/pdf/Kaapeliauraus\\_Nuutarjarvi.pdf](http://www.novatron.fi/pdf/Kaapeliauraus_Nuutarjarvi.pdf).

Novatron 2013b. Tietoa kauhasta: Koneohjausjärjestelmän ja 3D-mallinnuksen hyödyntäminen maakaapelirakentamisessa. Elenia-pilotti-loppuraportti, 10.

Rakennustieto 2012. InfraRYL osa 2 Järjestelmät ja täydentävät osat Maakaapeliasennukset, 9. Viitattu 22.10.2015 [http://www.rts.fi/infraryl/infraryl\\_paivitys-tiedostot\\_011012/33110\\_Maakaapelirakenteet\\_paivitys\\_2012\\_10\\_01.pdf](http://www.rts.fi/infraryl/infraryl_paivitys-tiedostot_011012/33110_Maakaapelirakenteet_paivitys_2012_10_01.pdf).

Suomen Kuntaliitto 2010. Kuntaliiton ja MTK:n välinen suositussopimus johdoista 2010. Viitattu 20.10.2015 [http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/mal/verkko-oppaat/maapolitiikan\\_opas/Documents/Suositus-sopimus%20maahan%20kaivettavista%20johdoista.pdf](http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/mal/verkko-oppaat/maapolitiikan_opas/Documents/Suositus-sopimus%20maahan%20kaivettavista%20johdoista.pdf).

Sähkömarkkinalaki 9.8.2013/588.

Tele-Fonica Kable 2010. Johtimet ja kaapelit luettelo 2010. Viitattu 20.10.2015 <http://www.tfkablefinland.com/files/catalog.pdf>.

Tiehallinto 2001. Sähköjohdot ja yleiset tiet. Suunnittelun ohjaus. Viitattu 20.10.2015 <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/sjohdot.pdf>.

Äärynen, E. 2012. Keski-jänniteverkon maakaapeloinnin kannattavuus Profitability of medium-voltage underground cables. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Kandidaatintyö. Viitattu 20.10.2015 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201208176315>.