

Antti Kivioja

Keskijännitemaakaapeliverkon saneerauksen suunnittelun riskienhallinta KVR-urakassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

26.4.2017

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Antti Kivioja Keskijännitemaakaapeliverkon saneerauksen suunnittelun riskienhallinta KVR-urakassa</p> <p>47 sivua + 1 liitettä 26.04.2017</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>Insinööri (AMK)</p>
<p>Koulutusohjelma</p>	<p>Sähkötekniikka</p>
<p>Suuntautumisvaihtoehto</p>	<p>Sähkövoimatekniikka</p>
<p>Ohjaajat</p>	<p>Lehtori, Osmo Massinen Suunnittelupäällikkö, Erno Leväniemi</p>
<p>Opinnäytetyö tehtiin Eltel Networks Oy:lle, joka toimii Euroopan johtavana sähkö- ja televerkkojen rakennusurakoitsijana Suomessa. Työn tavoitteena oli perehtyä 20 kV:n keskijännitteisen jakeluverkon maakaapelointiprojektin toteutuksen suunnitteluun osana laajempaa KVR -työtä eli kokonaisvastuurakentamisprojektia sekä pohtia käytetyn toimintamallin heikkouksia ja vahvuuksia erityisesti suunnittelussa. Samalla myös käsitellään tarkemmin työn eri vaiheissa eteen tulevia riskejä.</p> <p>Työtä kirjoitettaessa KVR-urakan tilaaja (Caruna Oy ed. Fortum Distribution Oy) on rakanut runsaasti muutamien vuosien ajan uutta säävarmaa 20 kV:n maakaapeliverkkoa Suomessa tärkeimmillä verkkoalueillaan erityisesti Uudellamaalla ja Lounais-Suomessa. Suunnittelussa Eltel Networks Oy:llä on käytössä omat sisäiset toimintamallit, jotka perustuvat useimmiten alati hieman muuttuviin dokumentteihin sekä suullisesti sovittuihin käytäntöihin.</p> <p>Sähköverkkoalalla palveluidea kokonaisvastuullisesta suunnittelusta ja verkon rakentamisesta on ollut sähkömarkkinalain uudistukseen jälkeen nopeasti ja laajasti käytössä. Siten työssä pyritään kehittämään ja selkeyttämään toimintatapoja aidossa toteutustilanteessa. Tuloksena kenttätyön ohessa kerätyt esimerkit ja dokumentit pyrkivät antamaan tietolähteen nykyaikaisen verkosto- ja maastosuunnittelutehtävien riskienhallintaan. Loppukappaleessa pohditaan myös maakaapelointiprojektien tulevaisuuden näkymiä.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>kokonaisvastuurakentaminen, riskienhallinta, suunnittelu, maakaapeli, keskijännite, sähkönjakeluverkko</p>

Author Title	Antti Kivioja Risk Management in Planning of the New Mid Voltage Underground Electrical Grid as Part of the Turn-key Contract
Number of Pages Date	47 pages + 1 appendices 26 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Senior Lecturer, Osmo Massinen Planning Manager, Erno Leväniemi
<p>This thesis was done together with Eltel Networks Oy, which is a leading European provider of electrical and telecommunication distribution networks in Finland. The aim of the work was to explore the planning project of new mid voltage electrical transmission and distribution networks, which is a part of larger turn-key construction work, and to discuss the risk analysis, i.e. the weaknesses and strengths of the current planning procedure.</p> <p>During the writing of thesis the subscriber Caruna Ltd. (former Fortum Distribution Ltd.) has widely continued to replace electricity network in its main network area in south and southwest of Finland by increasing underground cabling to protect the networks from adverse weather conditions. Meanwhile the contractor's (Eltel Networks Ltd.) planning procedure consist of constantly variable documents and orally agreed practices.</p> <p>After the new electricity market act in Finland the service idea of turn-key construction planning and building work has been widely and rapidly utilized and therefore the ideas to improve and clarify the procedure is discussed during the implementation of real cabling work outside the planning office. As a conclusion, the results of the work consist of variety of examples and documents which will provide a new and useful information source for risk management in modern network planning. In addition, the future of cabling projects is also clarified at the end.</p>	
Keywords	turn-key construction, risk management, planning, underground cable, mid voltage, electric distribution network

Alkusanat

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Eltel Networks Oy:n kanssa vuosien 2015–2017 aikana maakaapelointiverkon suunnittelutyön ohessa laadittujen omien havaintojen ja eri tahojen haastattelujen perusteella. Työn ohjaus tiivistyy hyvin konkreettisesti suoraan työelämän tilanteisiin, joiden pohjalta useimmat tekstin esimerkit on alun perin laadittu. Esitän suuret kiitokset Erno Leväniemelle mahdollisuudesta työn kirjoittamiseen sekä lehtori Osmo Massiselle tuesta ja keskustelusta projektin eri vaiheissa.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Uusi sähkömarkkinalaki	2
3	Caruna verkkoyhtiönä	3
4	KVR-maakaapelointiurakan suunnittelun lähtökohdat ja tavoitteet	7
4.1	Eltel Networks Oy KVR -urakoitsijana	8
4.2	Yleissuunnitelma ja KVR-maakaapelointiprojektin aloitus	9
4.3	Kaapelireitit	12
4.4	Muuntamot	12
4.5	Kaukokäyttö ja hajautettu kompensointi	14
4.6	Jakokaapit	16
4.7	PJ-verkon suojaus	17
4.8	Pylväät	18
5	Suunnittelun vaikutus riskienhallintaan KVR–urakan vaiheissa	19
5.1	Projektin aloitus	19
5.2	Maastosuunnittelu	20
5.3	Sijoituslupien hankinta	24
5.4	Sähköinen suunnittelu ja kytkentätyöt	28
5.5	Maanrakennus- ja purkutyöt	31
5.6	Dokumentointi	34
6	Yhteenveto ja maakaapeloinnin tulevaisuuden näkymiä	35
	Lähteet	39
	Liitteet	
	Liite 1. Carunan sähköverkko lukuina ja toimintavarmuuden avainluvut	

Lyhenteet

AMKA	Eristepäällysteinen riippukierrekaapeli ilmajohtoverkossa.
AVI	Aluehallintovirasto.
FG	Fingrid Oy.
GPRS	GSM-verkossa toimiva pakettikytkentäinen tiedonsiirtopalvelu (Lyhennys sanoista: <i>General Packet Radio Service</i>) .
GPS	Maailmanlaajuinen paikantamisjärjestelmä (<i>Global Navigation System</i>).
GTK	Geologian tutkimuskeskus.
ELY	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
EV	Energiavirasto.
KJ	Keskijännite (20 kV).
KVR	Kokonaisvastuurakentaminen.
KTJ	Valtakunnallinen maanmittauslaitoksen kiinteistötietojärjestelmä.
NIS	Verkkotietojärjestelmä Trimble NIS.
PAS	Päällystetty keskijännitejohdin.
PJ	Pienjännite (0,4 kV).

Symbolit

C_0 Maakapasitanssi.

I_e Maasulkuvirta.

I_k Oikosulkuvirta.

Q Loisteho.

U_{TP} Kosketusjännite.

ω Kulmataajuus.

1 Johdanto

Suomen ensimmäisenä varsinaisena sähköverkkona voidaan pitää Helsingin rautatien valaistusverkon rakentamista 1800-luvun lopussa (10.12.1877), minkä jälkeen kehitys on ollut hyvin nopeaa paikallisten laitostasoisten verkkojen laajentuessa 1920-lukuun mennessä alueellisiksi verkoiksi. Aluksi jakelu toteutettiin tasajännitteellä ensimmäisten yhteiskunnallisten käyttökohteiden ollessa lähinnä katuvalaistusverkostoja. Alkujaan vasta 1950-luvun alussa käyttöönotettujen Suomen sähkölaitosyhdistyksen ohjeiden ja suositusten julkaisun jälkeen keskijännitteisten jakeluverkkojen jännitetasoksi alkoi vakiintua 20 kV. Ainoastaan pienissä maaseudun sähkölaitoksissa keskijänniteverkot on rakennettu alun perin 20 kV:n jakelujännitteelle jo 1930-luvulta asti. [Suomen sähköverkko 2016]

Nykyinen Suomen sähköverkko koostuu Fingrid Oy:n (FG) hallinnoimasta valtakunnallisesta 110–400 kilovoltin (kV) kantaverkosta, 110 kV:n alueverkoista sekä usean eri paikallisen sähköyhtiön hallitsemista 0,4–70 kV jakeluverkoista. Joillakin jakeluverkon haltioita on myös hallinnassa osia 110 kV verkosta. [Energiavirasto 2016.]

Tällä hetkellä avojohtoverkostomme alkaa olla jo melko vanhaa keski-ikänsä ollessa noin 28 vuotta. Ikä on suhteessa korkea, sillä keskimääräinen pitoaika avojohtoille on olosuhteista riippuen noin 42 vuotta. Lisäksi keski-ikänsä määrittäessä ikätiedot laskeminen komponentille pysähtyy pitoaikaan, jonka vuoksi todellinen avojohtojen keski-ikä monissa jakeluyhtiöissä on hyvin todennäköisesti suurempi kuin laskennallinen keski-ikä (28 vuotta). [Heikkilä 2013: 16]

Tämä vuoksi erityisesti paljon maaseutuverkkoa omistavat jakeluyhtiöt (esimerkiksi tässä työssä esiteltävä Caruna Oy) joutuvat lähivuosisikymmeninä investoimaan merkittävästi pääsääntöisesti 1950–1970-luvulla rakennettujen verkkojensa saneerauksiin, joita vauhdittivat vuosien 2008–2011 aikana tapahtuneet voimakkaat sää-ilmiöt. Myrskytuulet aiheuttivat erityisesti rannikoilla ja muilla tuuliherkillä alueilla laajoja ja pitkäaikaisia sähkönjakelun keskeytyksiä ja tapahtumat johtivat lopulta vuonna 2013 voimaantulleessa uusitussa sähkömarkkina-laissa merkittäviin toimintavarmuusvaatimusten kiristämiseen.

2 Uusi sähkömarkkinalaki

Uuden sähkömarkkinalain mukaan ensimmäistä kertaa myös ajallisia jakeluyhtiöitä velvoittavia toimintavarmuusvaatimuksia täsmennettiin ja jatkossa uudelle rakennettavalle sähköverkolle kaavoitellulla alueella sähkökatkon sallittu maksimikesto ilman sanktioita on enintään kuusi tuntia haja-alueella/maaseudulle enintään 36 tuntia. Tavoitteen piirissä tulee vuoteen 2028 mennessä olla 100 % asiakkaista (lukuun ottamatta vapaa-ajan asuntoja), välitavoitteiden ollessa 2019 (50 %) sekä 2023 (75 %). [Sähkömarkkinalaki 2013]

Käytännössä nopea lakimuutos on tarkoittanut jakeluyhtiöille suuria investointeja, laajoja ja pitkäaikaisia rakennustyömaahankkeita, joiden onnistunut toteutus vaatii huolellista ja hyvin toteutettua suunnittelua. Valtaosa saneeraustyöstä ja suurin suunnittelutyötä vaativa toimenpide kohdistuu vanhojen avojohtoverkkojen sekä pylväsmuuntamoiden korvaamisella maakaapeliverkoiksi sekä puistomuuntamoiksi.

Säävarmuudella keskijänniteverkossa on kaikista oleellisin vaikutus verkon toimintavarmuuteen, sillä jopa 90 % sähkökäyttäjien kokemusta keskeytyksistä on peräisin keskijänniteverkon vioista. Lisäksi KJ- verkolla on keskeinen rooli myös varayhteyksinä vakavissa 110 kV-alueverkon johtojen sekä sähköasemien vioissa. [Lakervi & Partanen: 125]

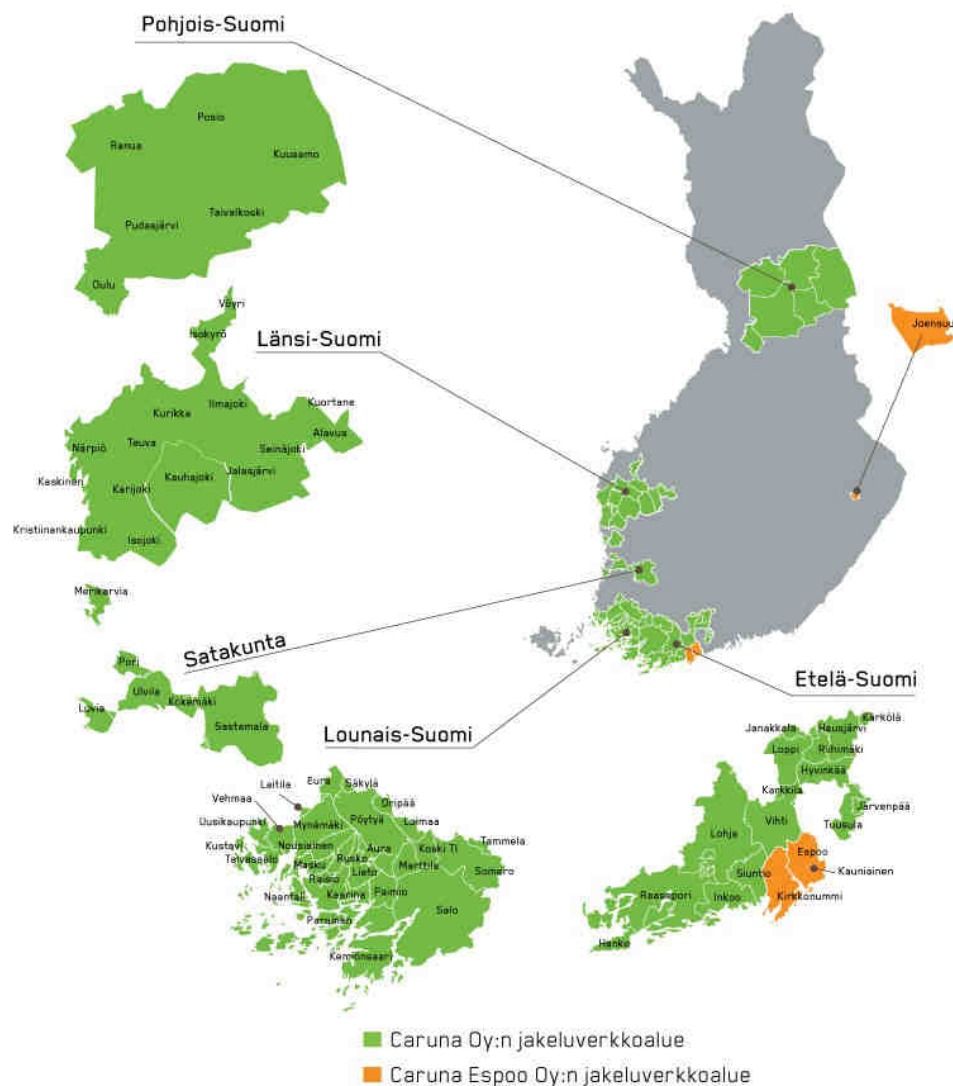
Verkon rakennustyötä ei luonnollisesti voida tehdä yksittäisenä paikallisena toimenpiteenä eikä tehdä kokoaan kerralla valmiiksi vaan käytännössä rakennustyöt tehdään ns. KVR-urakkamuodossa, jossa urakoitsija huolehtii kokonaisuudessaan rakennuskohteen toteuttaminen mukaan lukien uuden maakaapeliverkoston suunnittelun ja hakeen koordinoinnin. Myös lainsäädännön veloitteet asettavat uuden verkon suunnittelulle ja rakennustyölle nopean aikataulun vuoksi paljon haasteita. [Caruna-lausunto 2015]

Tukimusta ja keskustelua on käyty paljon siitä, mitkä ovat kustannustehokkaimpia ja toimivimpia menetelmiä käyttövarmuuden kehittämisessä, mutta monella verkkoyhtiöllä avojohtojen keski-ikä on sen verran korkea, että useimmiten tehokkain keino parantaa verkon käyttövarmuutta on KJ-verkon maakaapelointi. Seuraavassa kappaleissa esitellään Suomen suurimman jakeluverkkoyhtiö Caruna Oy sekä yhtiön KVR-suunnittelun tavoitteita.

3 Caruna verkkoyhtiönä

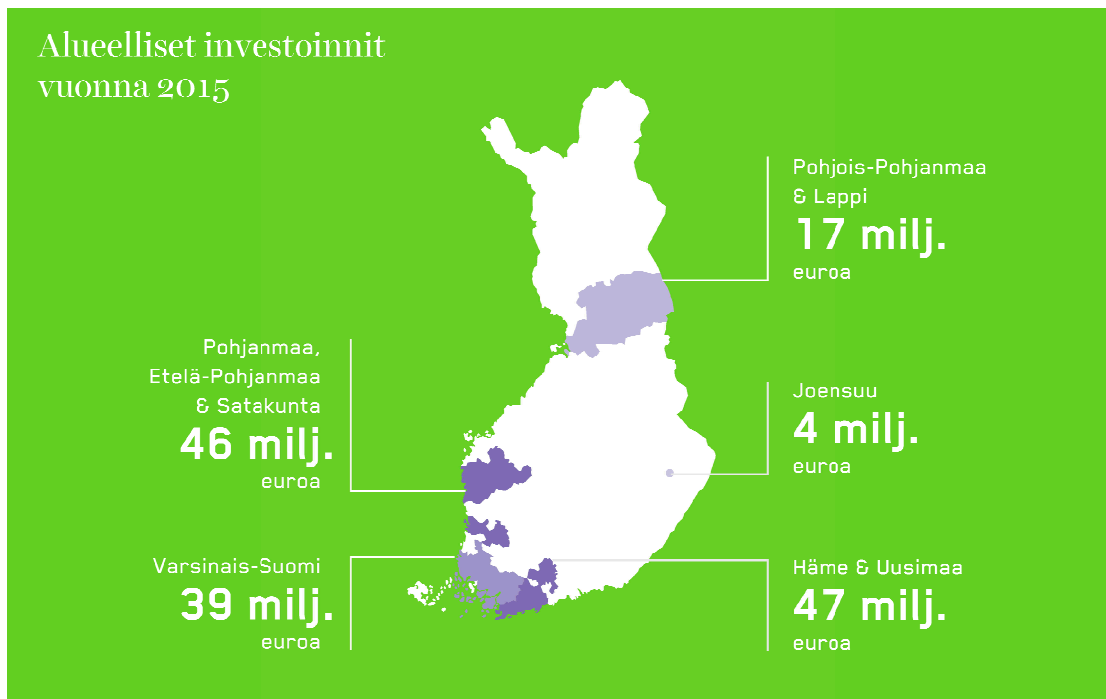
Carunan jakeluverkkoalue (kuva 1) on maantieteellisesti Suomen suurin. Yksityis- ja yritysasiakkaita on yli 650 000, joista yli 70 % asuu Etelä- ja Lounais-Suomen alueella. Yhtiö on jakautunut kahteen erilliseen siirtoyhtiöön Caruna Oy:n ja Caruna Espoo Oy:n, joissa on myös erillinen siirtohinnoittelu johtuen erilaisista paikallisen verkon olosuhteista (maaseutu vs. kaupunki).

Yhtiönä Carunan historia on nuori, sillä sen toiminta alkoi keväällä 2014, kun konserniyhtiö Fortum myi Suomen sähkönsiirtoliiketoiminnan Suomi Power Networks Oy:lle, jonka osakkaita ovat suomalaiset eläkevakuutusyhtiöt Keva (12,5 %) ja Lähi-Tapiola (7,5 %) sekä kansainväliset infrastruktuurisijoittajat First State Investments (40 %) ja Borealis Infrastructure (40 %). Siten yhtiöstä on tullut nopeasti Suomen suurin ja uusin sähkönsiirtoon keskittynyt yritys Suomessa. [Caruna www-sivut 2017]

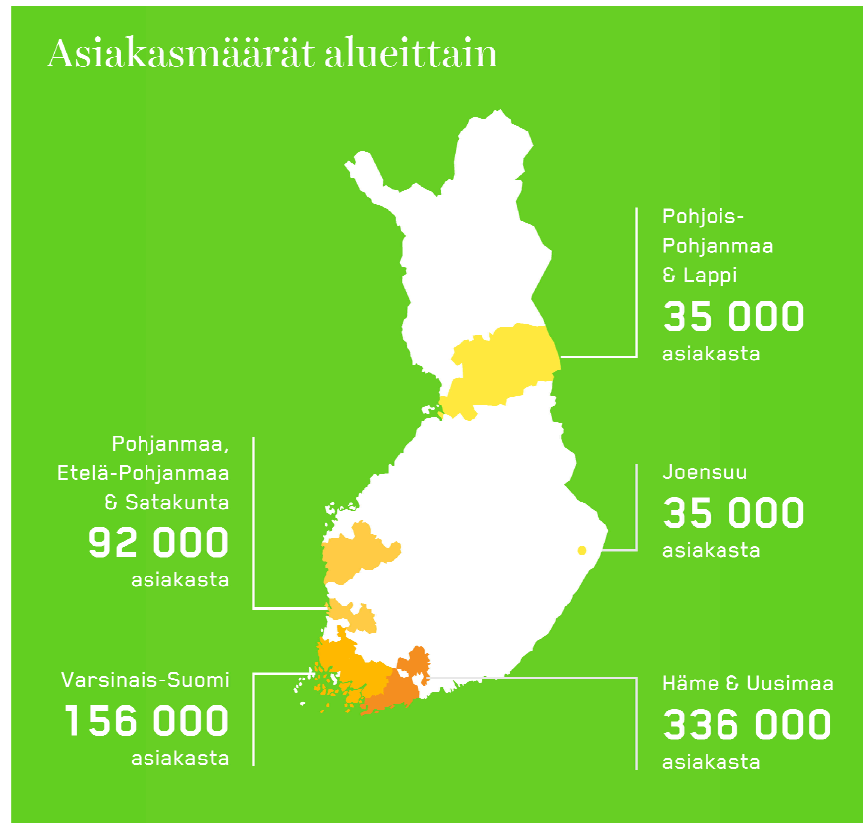


Kuva 1. Carunan jakeluverkkoalue.[Caruna www-sivut 2017]

Yhtiön tavoite investoinneille ja verkon kehittämiseen vuosittain on noin 200 miljoonaa euroa pääpainona maakaapelointi ja vierimetsänhoito. Vuonna 2015 kokonaisinvestoinnit olivat n. 173 miljoonaa euroa, josta kuvassa 2 on esitetty alueellisten investointien (yht. 153 milj.) jakaantuminen.



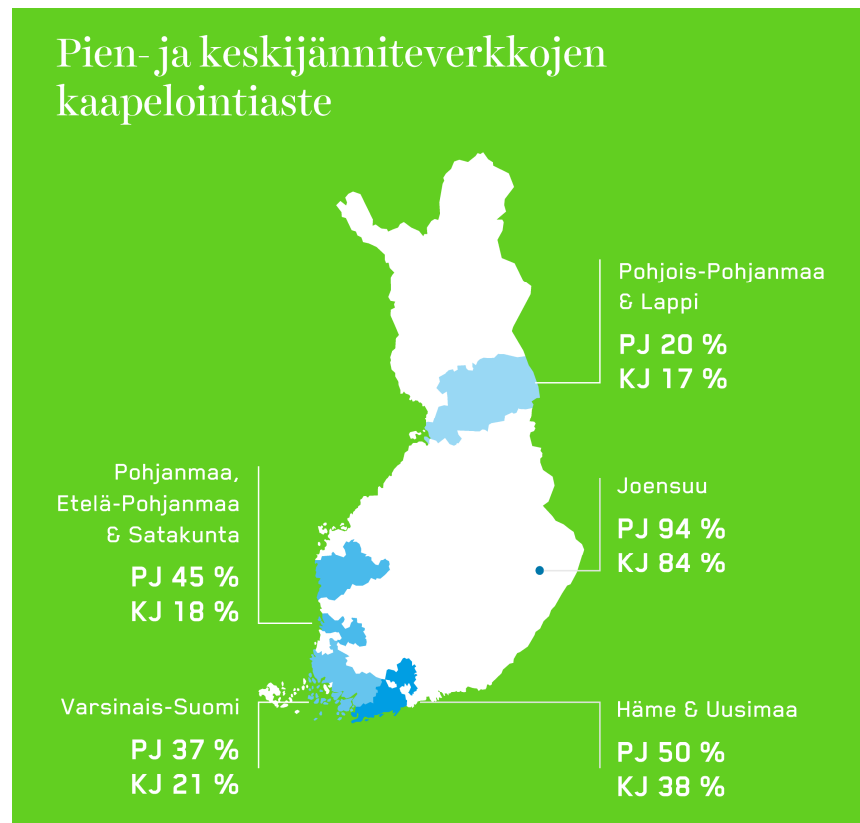
Kuva 2. Carunan (Caruna Oy ja Caruna Espoo Oy) alueellisten investointien jakaantuminen vuonna 2015. [Caruna www-sivut 2017]



Kuva 3. Carunan asiakasmäärät alueittain. [Caruna www-sivut 2017]

Prosentuaalisesti eniten investointeja on ollut Hämeen, Uudenmaan sekä Pohjanmaan alueilla, joissa on suhteellisesti suurin asiakastiheys ja siirrettävä sähkö määrä (kuva 3). Vuoden 2015 aikana uutta pien- ja keskijännitemaakaapeliverkkoa rakennettiin yhteensä n. 3 400 km kokonaiskaapelointiasteen ollessa 36 %. Alueellisten investointien lisäksi toteutuivat suurjänniteverkon (110 kV) noin 20 miljoonan euron vuosinvestoinnit.

Pitkän aikavälin päämääränä yhtiöllä on puolittaa sähkökatkojen määrä ja kaksinkertaistaa säävarman sähköverkon piirissä olevien asiakkaiden määrä vuoteen 2020 mennessä. Kunnianhimoisena tavoitteena yhtiöllä on saada vuoteen 2028 mennessä koko noin 82 000 kilometrin mittainen verkko säävarman verkon piiriin (Kuva 5). Tavoitteeseen on vielä matkaa, sillä vuoden 2015 vuosiraportin mukaan yhtiön kaapelointiaste on reilu kolmasosa (36 %) sekä uusimman vuoden 2016 vuosiraportin mukaan (40 %). [Caruna vuosiraportti 2016] Kuvassa 4. on eritelty tarkemmin aluekohtaiset kaapelointiasteet vuonna 2015.



Kuva 4. Carunan PJ- ja KJ- verkkojen kaapelointiaste vuonna 2015. [Caruna www-sivut 2017]



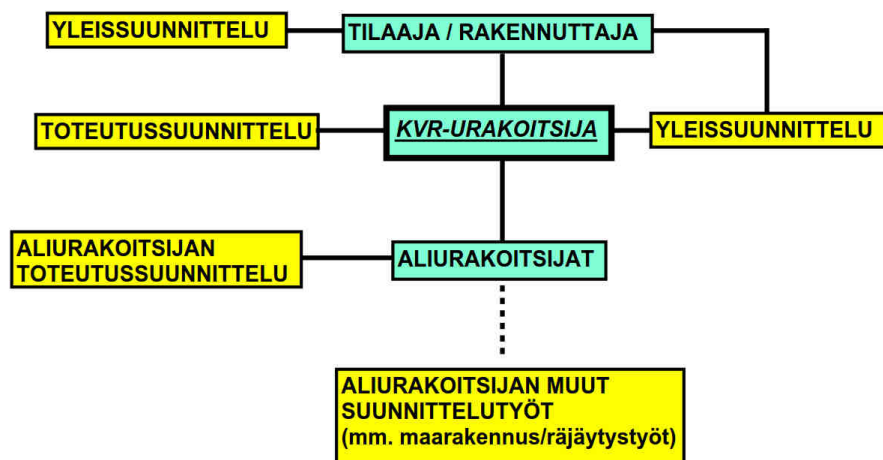
Kuva 5. Carunan sähkömarkkinalain mukaiset toimintavarmuustavoitteet. [Caruna vuosiraportti 2016]

4 KVR-maakaapelointiurakan suunnittelun lähtökohdat ja tavoitteet

Tässä luvussa käsitellään Caruna Oy:n uuden KJ-maakaapeliverkon toimintavarmuus- ja saneerausinvestoinneissa suunnittelua ja toteutusta ohjaavia pääperiaatteita.

Kaikkien Caruna Oy:n johtolähtötason käyttövarmuus- ja saneerausinvestointien suunnittelun ja rakentamisen yhteisenä tavoitteena on saavuttaa uuden maakaapeliverkon mahdollisimman suuri toimintavarmuus, jolloin valtaosa verkon rakennustoimenpiteistä kohdistetaan keskijänniteverkkoon. Myös PJ-ilmajohtoverkkoa voidaan saneerata maakaapeliverkoksi, jos PJ-verkon kaapelit saadaan KJ-verkon kanssa luontevasti asennettua valitun reitin ja maaston kannalta samaan kaivantoon. PJ-verkko ei ole siis määräävä tekijä valittaessa reittejä toimintavarmuuslähtöisissä KJ-verkon projekteissa. Ainoataan PJ-verkon mekaanisesti heikot osat sekä mahdolliset sähköiset puutteet korjataan. [Caruna-yleisohje 2014]

Omistajamuutoksen jälkeen Caruna Oy on ulkoistunut kaiken uuden sähköverkon kenttätöön, joten se toimii käytännössä vain rakennuttaja/tilaajaorganisaationa. Tilaus- ja hallinto-osaston lisäksi ainoastaan käyttökeskus sekä osa asiakaspalveluhenkilöstöstä ovat suoraan yrityksen palkkalistoilla. Siten KVR-urakan yleissuunnittelun pohjalta tehtävä varsinainen toteutussuunnittelu (kuva 6.), jää suurimmaksi osaksi urakoitsijan vastuulle. Joissain tapauksissa myös toteutussuunnittelussa voidaan käyttää aliurakointia.



Kuva 6. Eri suunnitteluvaiheiden sijoittuminen KVR-maakaapelointiurakoinnissa.

4.1 Eltel Networks Oy KVR-urakoitsijana

Vuonna 2001 perustettu Eltel on yhtiönä nykyään johtava teknisen palvelujen toimittaja infraverkkoalalla, jossa sen toiminta jakautuu kolmeen segmenttiin: Power, Communication ja Transport & Security. Kokonaisuutena Eltel on suuri monikansallinen

konserni, jossa työskentelee n. 9 500 työntekijää. Vuoden 2016 liikevaihto oli lähes 1,4 miljardia euroa. Euroopassa yrityksellä on liiketoimintaa pohjoismaiden lisäksi mm. Baltiassa, Puolassa, Saksassa ja Iso-Britanniassa. [Eltel- uutiskirje 2012]

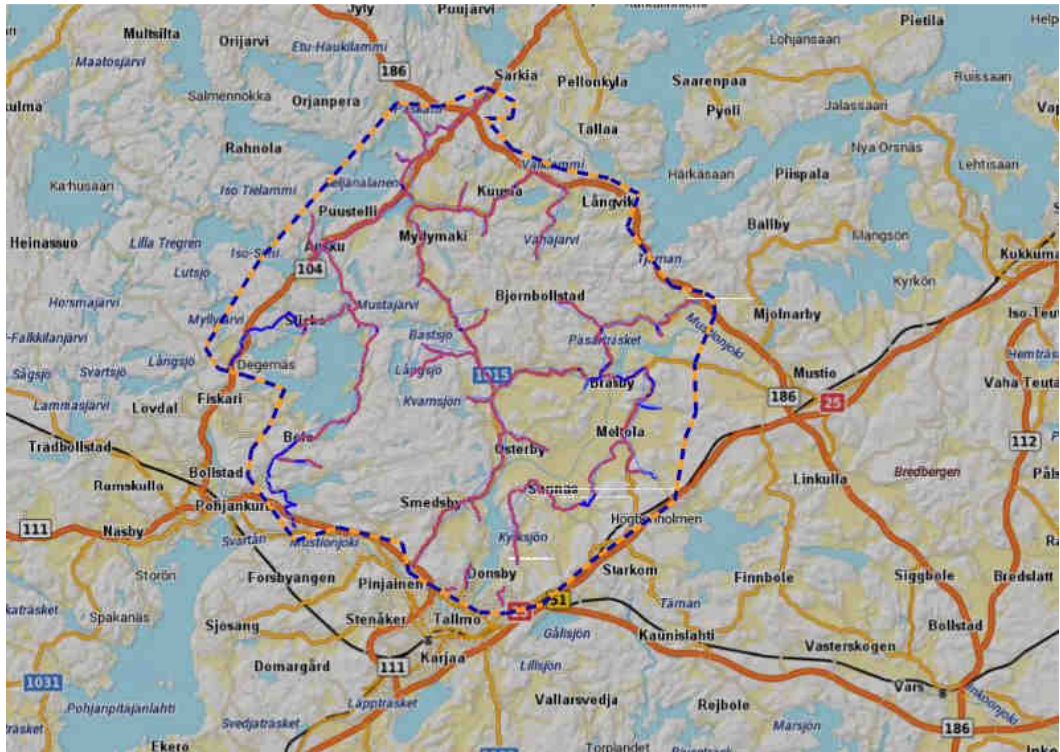
Pelkästään maakaapelointiin keskittyvä yksikkö Eltel Build Oy perustettiin vuoden 2012 alussa, jolloin toisen Suomessa toimivat suuren jakeluverkkoyhtiön Elenia Oy:n kanssa solmittiin pitkä kolmen vuoden sopimus Pirkanmaan alueen KJ-verkon maakaapeloinnista. Myös Caruna Oy on tehnyt useiden vuosien ajan suuria vuo puitesopimuksia Eltel Networksin kanssa ja juuri konsernin Build-yksikkö toteuttaa näitä sopimuksia. Sopimuksien vastuualueeseen kuuluvat maakaapeliverkkohankkeiden suunnittelu, asennukset, käyttöönotot, dokumentoinnit sekä luonnollisesti vanhan ilmajohtoverkon purkaminen. [Eltel- uutiskirje 2012]

4.2 Yleissuunnitelma ja KVR-maakaapelointiprojektin aloitus

Maakaapeloinnin valmistelu alkaa KVR –urakan suunnittelijan kannalta siitä, kun tilaaja lähettää joko itsenäisesti tai alihankintana valmistellun ns. verkonhaltijan tahtotilan, eli yleissuunnitelman, jonka tärkein tavoite on hahmottaa projektin tavoite sekä rajata kaapeloitava alue.

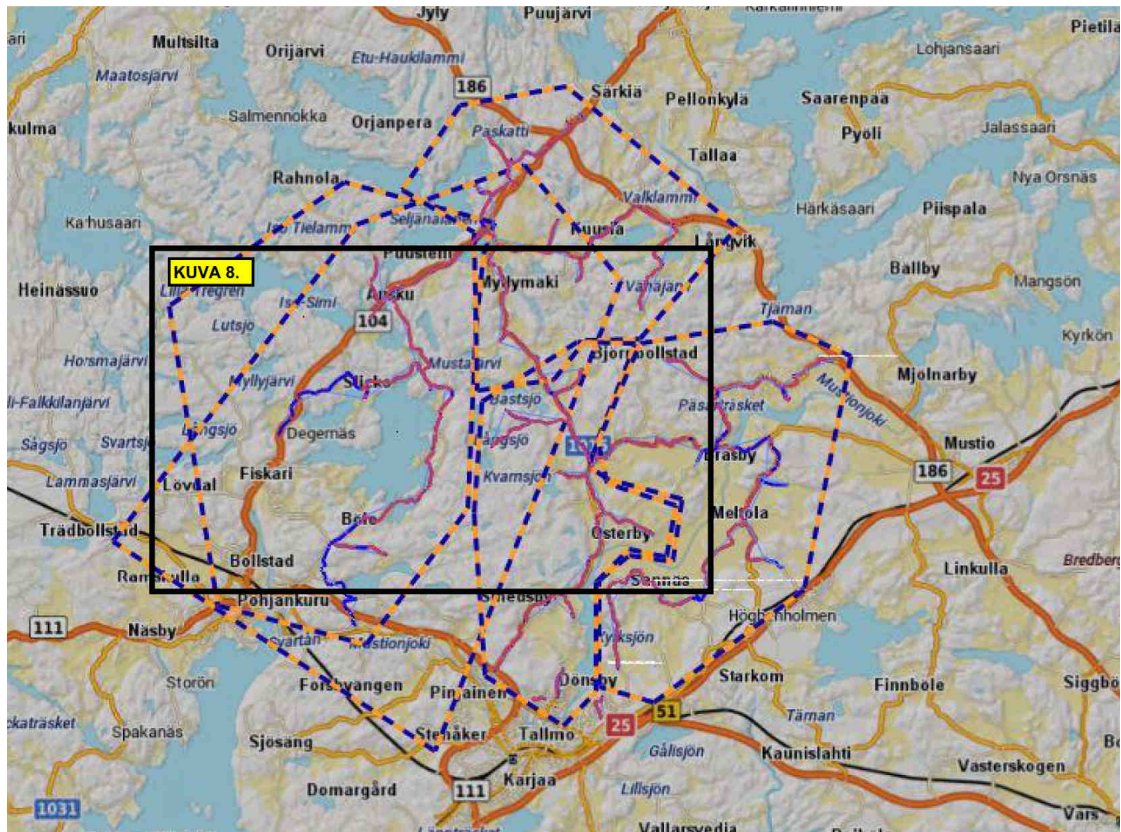
Käytännössä se on Trimble NIS–verkkotietojärjestelmällä (NIS) piirretty karkea yleiskuva suunnittelualueesta, johon tilaaja on arvioinut vain tärkeimpien uusien KJ-verkkokomponenttien määrät: kaapelit, kytkinlaitteet, muuntamokoneet ja puistomuuntamot. Yleissuunnitelmassa ei ole tarkastelu PJ–verkkoa eikä todellisia maasto-olosuhteita. Siten myös sähköinen laskenta (mm. kaapeleiden poikkipintojen valinta, maasulkuvirran kompensointi, oikosulkuvirrat) on tarkasteltu vain yleissuunnitelman mukaisten reittien mukaisesti, joten todellisten sijoitusreittien varmistuttua laskentatyö on tehtävä aina uudelleen.

Kun urakoitsija on tutustunut yleissuunnitelma-alueeseen, järjestetään ns. projektin aloituskokous, jossa tärkeimpänä tehtävä on varmistaa yhteinen näkemys suunnittelun kulusta ja lopputuloksesta. Tässä vaiheessa urakoitsijalla on tiedossa alueen maaomistajamäärät, kunnan lupakäytännöt sekä näkemys suunnitellun reitin haastavimmista osuuksista, joita voivat olla esimerkiksi siltakiinnitykset, joki-, vesistö- sekä rautatiealitukset.



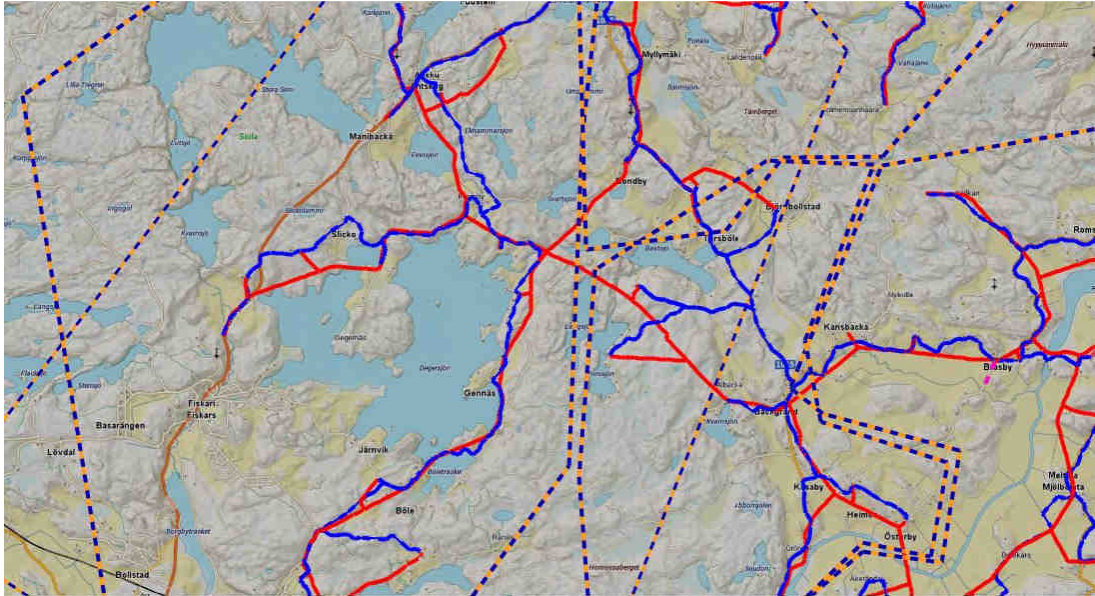
Kuva 7. Yleissuunnitelma–alue verkkokartalla rajattuna katkoviivalla (sini-keltainen katkoviiva).

Samassa kokouksessa aikataulutetaan ja sovitaan yleissuunnitelman jakaminen työ-
määritlään sopiviin alueisiin eli varsinaisiin toteutussuunnitelmiin, joiden sopiva joko on
noin 15–20 km kaapelireittiä ja 10–15 muuntopiiriä. Kuvassa 8 on esimerkkinä edellä
olevan yleissuunnitelmaan jako neljään pienempään toteutussuunnitelmaan, jotka on
rajattu vastaavasti sinikeltaisella yhtenäisillä viivoilla.



Kuva 8. Yleissuunnitelman jakaminen pienempiin toteutussuunnitelmiin sekä lähestymiskartta seuraavalle kuvalle no.8.

Työn sujuvuuden kannalta yleissuunnitelma pyritään käytännössä jakamaan siten, että reuna-alueilla on usein luontainen maantieteellinen raja eri toteutussuunnitelmien välillä, esim. asumaton metsä-alue/kallio, vesistö, joki tai muu sopiva rajauskohde. Verkko-tietojärjestelmässä komponenttitasolla suunnitelma-alueiden rajana on usein käytössä kaapelipääte uudella puistomuuntamalla. Näin myös uusien materiaalien tilaus ja vastuurajat vanhan verkon purkutyössä eri toteutussuunnitelmien kesken saadaan myös selkeästi jaettua.



Kuva 9. Lähikuva toteutussuunnitelma-alueiden raja-alueelta. Uusi KJ-kaapelioreitti on merkitty sinisellä sekä purettava KJ-ilmajohtoverkko punaisella viivalla.

4.3 Kaapelireitit

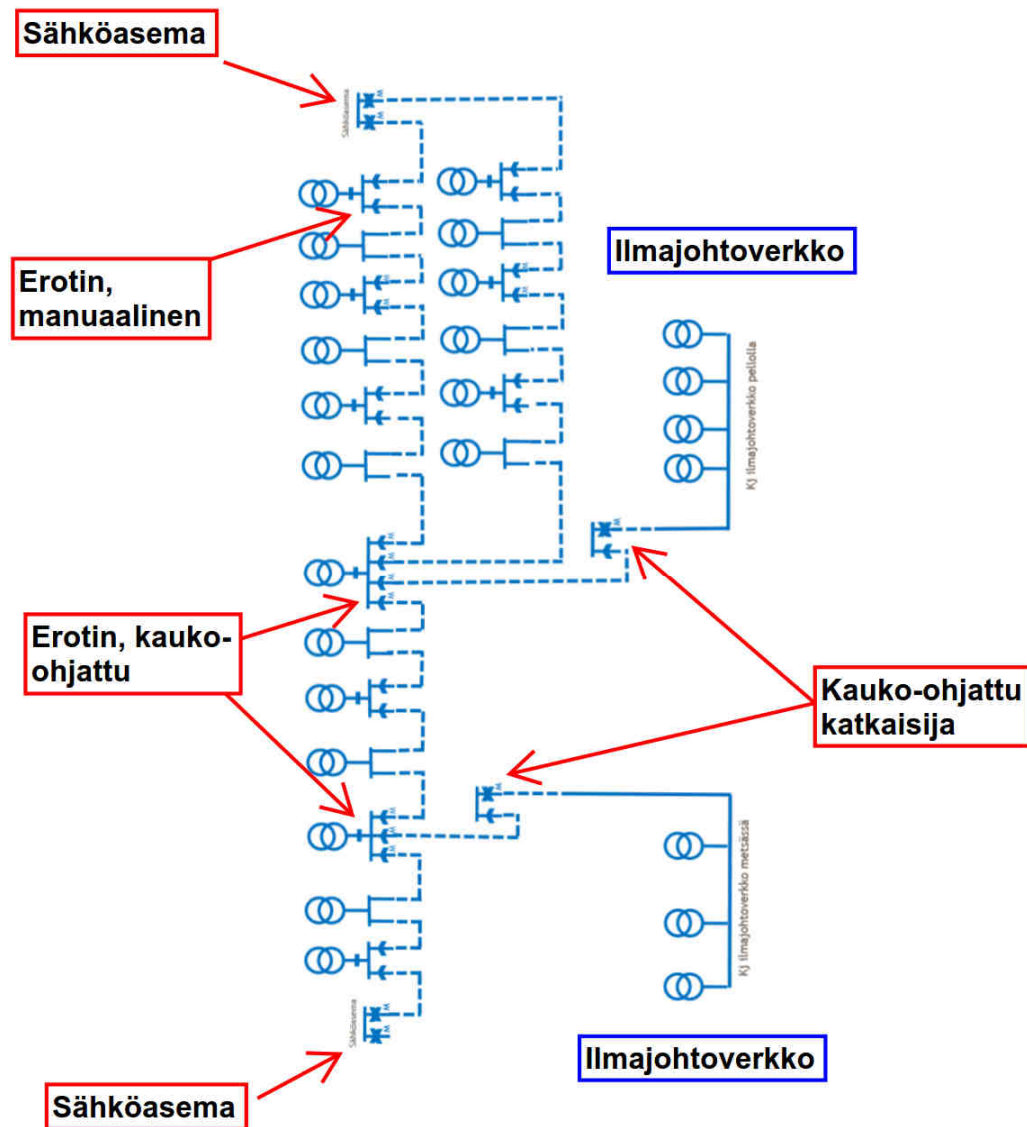
Kaapelireittien valinnalla on suurin merkitys koko työn kokonaiskustannuksiin, joten suunnittelussa pyritään aina hyödyntämään mahdollisimman helppoja kaivuolosuhteita, kuten peltojen ja tieojien reuna-alueita. Käytännössä helpointa ja suoraviivaisinta reittivalintaa ei aina voida hyödyntää vaan osa kaapeloinnista joudutaan siirtämään vaikealle kalliille louhinta- ja/tai betonointityötä sisältävälle reitille. Useimmiten on taloudellisesti jopa järkevämpää pidentää reilustikin helpon kaivuun osuutta, jos vältetään esim. louhintatöiltä kokonaan. [Caruna-yleisohje]

4.4 Muuntamot

Uusia pylväsmuuntamoja ei enää rakenneta vaan kaikki uudet puistomuuntamot pyritään rakentamaan lähtökohtaisesti mahdollisimman lähelle (alle 50 metriä) nykyisiä pylväsmuuntamoja, jotta vältetään ylimääräiseltä PJ-verkon saneeraukselta. Carunan yleisohjeistuksen mukaan haja-asutusalueella AMKA-verkko voidaan liittää uuteen puistomuuntamoon kaapelinousulla, (poikkipinta vähintään 95 mm²), jos se on rakennettu ennen vuotta 2000 ja pylväiden arvioitu mekaaninen kesto on vähintään viisi

vuotta. Muuntamoissa kyseisissä kaapelilähdöissä saa tällöin käyttää vain AMKA-sulakekäyrän mukaisia jonovarokeytkimiä, joiden suurin sallittu laukaisuaika on 15 s.

Johtolähtöjen erottimia pyritään lisäämään vähintään noin joka toiselle muuntamolle sekä niissä muuntamoissa, joissa ei ole erotinta, PJ-puolella käytetään aina pääkytkimiä (Kuvio 1.).



Kuvio 1. KJ -verkon rakenneperiaate ja käytettävä tekniikka erilaisissa maaseutu ja haja-asutusolosuhteissa. [Rakentamisohje 2017]

4.5 Kaukokäyttö ja hajautettu kompensointi

Uusissa kaapelointiprojekteissa käytetään erityisesti haarautumiskohdissa usein kaukokäyttöisiä puistomuuntamoja. Katkaisijat pyritään sijoittamaan aina ilmajohtohaaroille. Kaukokäytön suunnittelussa tärkeintä on huomioida mahdolliset kuuluvuusongelmat muuntamoiden sijoituksessa. Ongelmia voivat aiheuttaa mm. tiheään rakennetut alueet ja maaston suuret korkeuserot.

Sopivan muuntamopaikan löydyttyä suunnittelija tekee tilaajalle toimeksiannon ns. kuuluvuusmittaukselle, joka sisältää lähestymiskartat sekä suunnitellun kaukokäyttömuuntamon tarkan sijainnin GPS-koordinaatteineen. Mittauksen jälkeen saadaan vahvistus paikan soveltuvuudelle kaukokäyttöön sekä yksityiskohtaiset tiedot antennipylvään vaatimuksille, (mm. tiedot pylvään korkeudesta ja antenniputken pituudesta). Nykyään suurin osa kaukokäytön tiedonsiirtoyhteyksistä saadaan jo toteutettua GPRS-yhteyden avulla.

Viime aikoina on pitkien johtolähtöjen kaapeloinnin yhteydessä kiinnitetty yhä enemmän huomioita kompensointiin, sillä ilmajohtolähtöihin verrattuna maakaapelin maakaapasitanssin C_0 -arvo voi olla jopa 50 kertaa suurempi. Teoreettisesti syynä ovat etäisyydet: kaapelissa vaihejohtimien etäisyydet toisistaan sekä maapotentiaalisista ovat huomattavasti lyhyempiä kuin ilmajohtimilla.

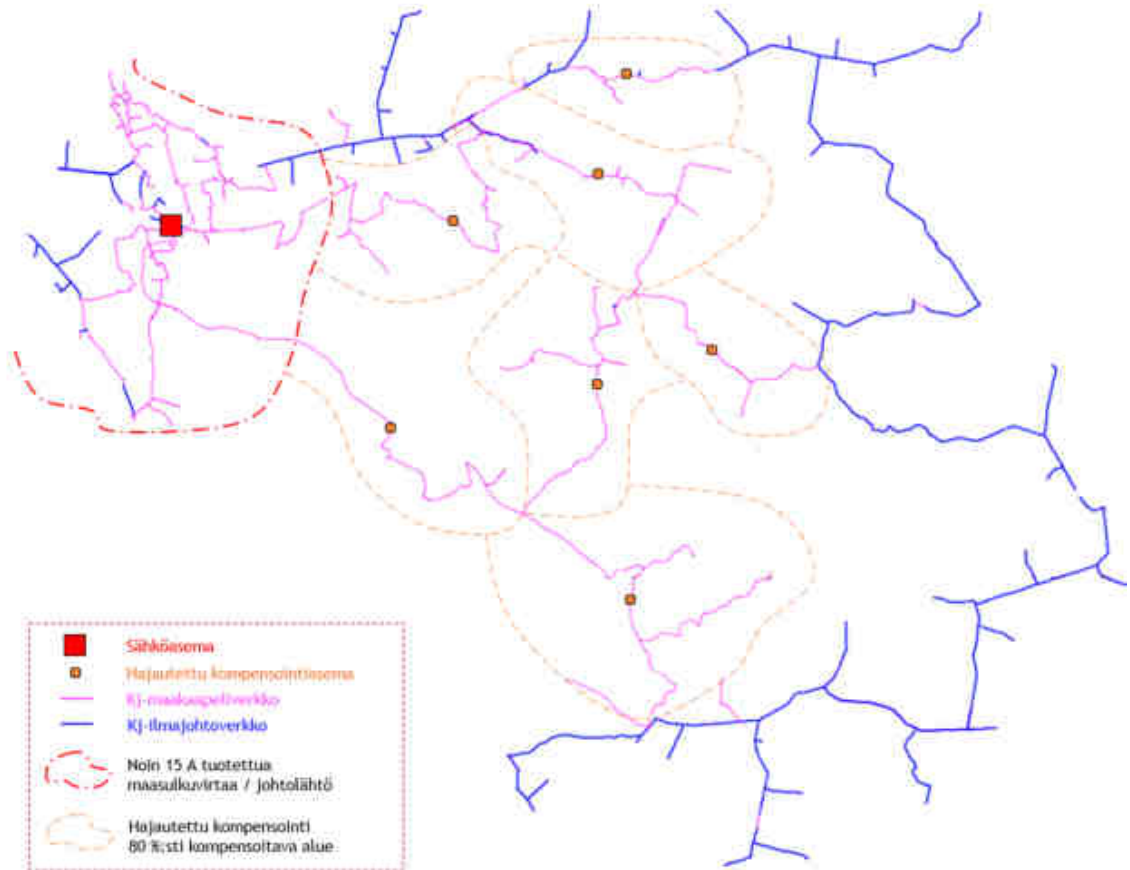
Seurauksena verkossa syntyvä loistehon Q tuotanto lisääntyy neliöllisenä hyvin nopeasti:

$$Q = \omega C_0^2,$$

jolloin myös maasulkuvirrat (I_e) kasvavat ja sitä kautta vikatilanteissa oleellisten kosketusjännitteen (U_{TP}) arvot. Siten perinteinen keskitetty kompensointi ei enää riitä, jossa sähköasemalla verkon nollapisteeseen on kytketty sammutuskuristin vaan tarvitaan hajautettua kompensointia.

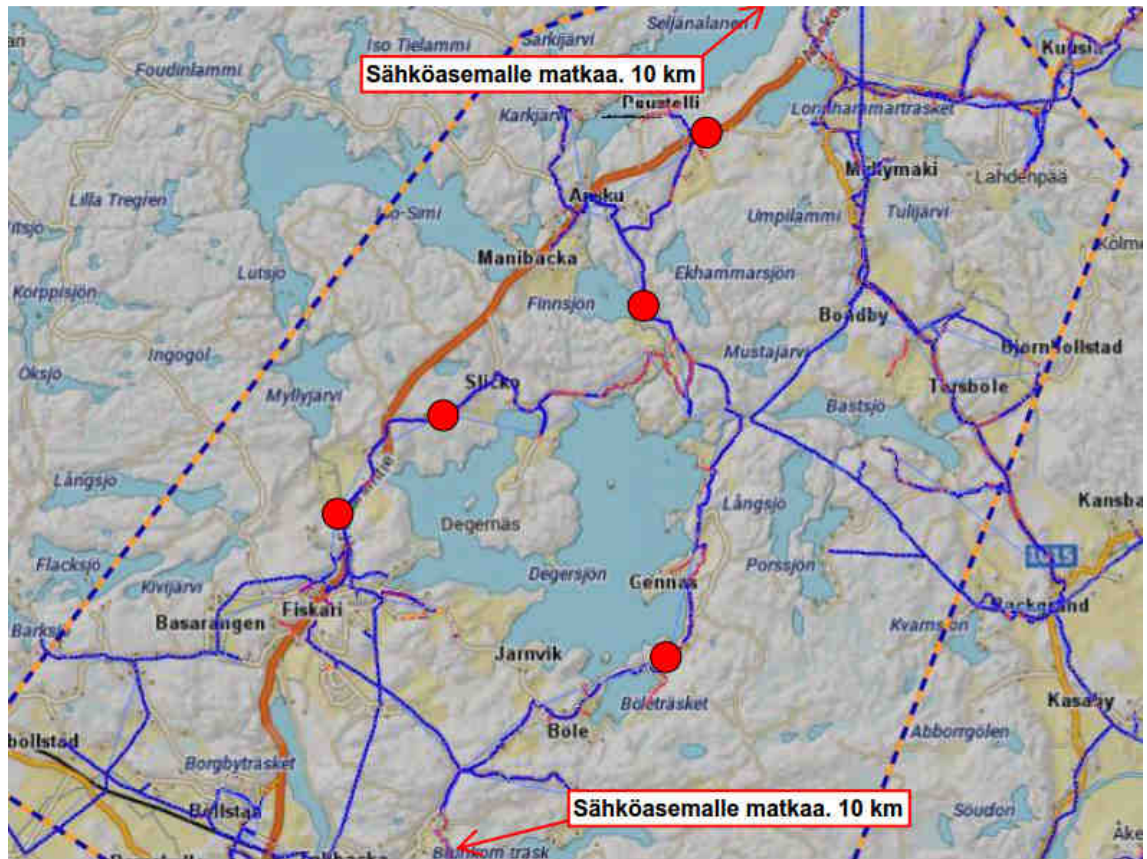
Caruna on ratkaissut ongelman käyttämällä kaukokäyttöohjausta sekä yhdistettyä Shunt-reaktoria ja Petersén-kelaa, joiden avulla voidaan kompensoida sekä varausettä maasulkuvirtoja. [Shunt 2017] Suunnitteluperiaatteen mukaan ensimmäinen kompensatioasema otetaan käyttöön noin 10 km:n etäisyydellä sähköasemasta sekä

muut asemat pyritään sijoittamaan runkojohdolle yleissuunnitelmassa määritetyille erotinvälille, (esimerkkinä kuvio 2). Poikkeuksena ovat asemat johtohaaroilla, jossa kompensoidaan vain kyseisen haaran kaapeleita.



Kuvio 2. Havainnekuva kaukokäyttöisten hajautettujen kompensatioasemien ideaalisesta sijoittamisesta ja kompensatioalueista. [Rakentamisohje 2017]

Suunnittelun kannalta suurimman ongelman aiheuttaa kelan äänihaitan aiheuttama sijoitusrajoite: Jos kompensatioasema joudutaan sijoittamaan avoimeen maastoon, tulee etäisyyden pihapiiristä olla vähintään 200 m. Poikkeustapauksessa sijoittamiselle voidaan sallia hieman lyhyempi (n. 150 m) etäisyys, jos kompensatioaseman ja pihapiirin väliin jää maastoesteitä, (esim. tiheää puustoa tai suuria korkeuseroja).



Kuva 10. Esimerkki hajautettujen kompensointiasemien todellisesta sijoittamisesta toteutus-suunnitelmassa.

4.6 Jakokaapit

Jakokaapit toimivat PJ-maakaapeliverkon solmupisteinä. Toteutussuunnittelussa käytetään pääsääntöisesti projektikohtaisesti sovittuja vakioitua jakokaappimallistoa. Valmistajakohtaisesti kaapeissa voidaan käyttää joko samantyyppisiä jonovarokkeita kuin puistomuuntamoissa, (esimerkiksi Kalbeldonin tuotteet), tai täysin valmistajan omia integroitua malleja, (esimerkiksi Ensto Rapid-tuotteet). Jälkimmäinen Kalbeldonin mallisto on käytännön tekemisen ja suunnittelun kannalta selkeästi parempi vaihtoehto kuin Ensto Rapidin integroidut mallit, sillä pienet muutos- tai lisästyöt onnistuvat paljon integroitua mallistoa helpommin. Jakokaapit mitoitetaan koon ja kytkimien sekä sähköisen mitoituksen osalta olemassa olevaan jakeluverkkoon sopivaksi. Sijoituksessa tulee huomioida maasto-olosuhteet, mahdollisimman hyvä käytettävyys sekä tien- ja maankäytön esteettömyys. Huolto- ja käyttötilanteessa kaapille täytyy olla helppo kulkureitti.

4.7 PJ-verkon suojaus

Käytännön syistä hyvin usein tulee vastaan tilanne, jolloin uutta puistomuuntamo ei voida sijoittaa alle 50 metrin etäisyydelle vanhaa pylväsmuuntamo. Tällöin koko olemassa oleva PJ-verkko katsotaan sähköturvallisuusstandardien kannalta uudeksi verkoksi, jolloin tarkasteltavan muuntopiirin olemassa olevan PJ verkon täytyy mm. noudata Taulukon 1. tiukimpia sähköturvallisuusstandardeja yksivaiheiselle oikosulkuvirralle (I_k).

Taulukko 1. Pienin sallittu I_k jakeluverkossa ja liittymäpisteissä, kun koko muuntopiiri tulkitaan uudeksi verkoksi. [Suojausohje 2015]

Jakeluverkko	Pienin sallittu I_k suojausalueella											
Suojaava sulake	1.x / A	35	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400
Määräysten mukainen minimi	I_k / A	87,5	125	157,5	240	300	375	480	600	750	945	1200
Minimitavoitearvo	I_k / A	260	260	260	260	310	390	500	630	800	1000	1300

Liittymät	Pienin sallittu I_k liittymän suojaavilla sulakkeilla												
Suojaava sulake	2.x / A	25	35	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400
Määräysten mukainen minimi	I_k / A	250	250	250	320	425	580	715	950				
Minimitavoitearvo taajama-haja-asutus	I_k / A	260	260	260	330	440	600	750	1000				
Minimitavoitearvo asemakaava	I_k / A	260	260	320	425	580	715	950	1250	1650			

Usein ongelmallisissa, maantieteellisesti pitkissä ja kapeissa muuntopiireissä, helpoin ratkaisu PJ-verkon sähköisten suojausarvojen saavuttamisen kannalta on tehdä uusi muuntopiirijako, jolloin yksi vanhan pylväsmuuntamo voidaan korvata kahdella uudella pienellä (korkeintaan 200 kVA) puistomuuntamolla.

Ongelmallisin tilanne voi syntyä silloin, jos toisen puistomuuntamon sijoituspaikan puuttumisen vuoksi ei kyseistä jakoa voida tehdä. Tällöin helpoin tapa ratkaista ongelma ja parantaa PJ-verkon suojausta, on pienentää muuntamon lähtösulakkeiden kokoa. Jos se ei liittymien ja johtimien kuormituksen vuoksi ole mahdollista, voidaan esim. sopivaan pylväshaaraan lisätä välivaroke tai työläimmissä tapauksissa AMKA-ilmajohdot joudutaan vaihtamaan vahvemmaksi (poikkipinta-alana vaihto usein $16 \text{ mm}^2 \rightarrow 35 \text{ mm}^2$ tai suurempi).

Useimmissa tapauksissa vaihtotyö voidaan tehdä olemassa oleviin pylväsiin, jos pylväiden arvioitu mekaaninen kesto on vähintään viisi vuotta ja vaihtotyö on teknisesti helppo toteuttaa (esim. pylväät tien vieressä, jolloin voidaan käyttää koriautoa). Todelli-

suudessa pylväisiin liittyvissä muutos- ja vaihtotöissä eniten vaikeuksia aiheuttavat yhteiskäyttöpylväät, joissa pahimmassa tapauksissa ovat käytössä katuvalot, aktiivinen puhelinoperaattori ja asiakkaan mittauksen takaisia ilmajohtimia.

4.8 Pylväät

Luonnollisesti maakaapelointisuunnittelussa pylväiden suunnittelutyötä on koko ajan vähemmän, mutta tilaajan kanssa on yhteisesti sovittu, että kaapelointityön yhteydessä suunniteltavien käyttövarmuuden ja työturvallisuuden kannalta erillisissä kunnossapitotarkastuksissa havaitut kriittiset puutteet pylväsrakenteissa korjataan.

Käytännössä urakoitsijalla on apuna verkkotietojärjestelmät kartat, joihin tilaajan kunnossapidosta vastaavat tilaajan edustajat ovat merkinneet pylväskuntotarkastuksen tulokset ja päiväyksen. Tulokset on visualisoitu värilipuilla (kuva 11), joista kaikista nopeinten vaihtokunnossa olevat pylväät merkitään kartalle punaisella värillä.



Kuva 11. NIS-järjestelmän esimerkkianalyysi alueen edellisessä kunnossapitotarkastuksessa havaituista mekaanisista puutteista pylväissä. Syitä vaihtoon voivat olla esim. halkeamat ja tikin tekemät kolot.

Etelin toimintatavan mukaisesti lopulliset toimenpiteet pylvälle päättää suunnittelija, joka uuden maakaapeliverkon suunnittelun ohessa käy vielä maastossa arvioimassa merkittyjen pylväiden vaihtotarpeen. Pylviäitä pyritään vaihtamaan mahdollisimman vähän, sillä vaihtaminen esim. kaukana yleisestä tiestä oleviin kohteisiin voi olla hankalaa ja taloudellisesti kannattamatonta KJ-maakaapeliprojektien yhteydessä. Lisäksi lähivuosina on suunnitteilla enemmän myös pelkästään PJ-verkon maakaapelointisaneerauksia. Yhteisesti on sovittu, että pylvääitä vaihdetaan, jos arvioitu mekaaninen kesto tuoreimpien havaintojen perusteella on alle viisi vuotta. Poikkeuksena tähän ovat tietenkin selkeät turvallisuuspuutteet, jotka vaativat välittömiä korjaustoimenpiteitä.

5 Suunnittelun vaikutus riskienhallintaan KVR–urakan vaiheissa

Kun keskeisimmät keskijänniteverkon maakaapelointia KVR-urakan suunnittelua ja toteutusta ohjaavat ehdot on käsitelty, voidaan jatkaa riskien kartoitusta työn toteutustilanteessa. Seuraavassa käydään muutamien esimerkkien avulla läpi tärkeimpiä toteutussuunnitteluvaiheen työvaiheita ja pohditaan, miten suunnittelun ja eri toimintatapojen kehittämisen avulla riskejä on mahdollista vähentää.

5.1 Projektin aloitus

Aikataulun ja kustannusten kannalta projektin riskejä voisi pienentää jo heti alkutilanteessa, jolloin urakoitsijalle esitellään maaston esiselvitys kohteena olevalla yleissuunnitelma-alueella. Tällä hetkellä esiselvityksen maaston analysointi perustuu useimmiten pelkästään karttahavaintoihin ja joissain tapauksissa arvioinnissa saadaan hyödynnettyä myös esimerkiksi Google Maps-sovelluksen katunäkymiä.

Käytännön toimintatavan mukaisesti useimmiten Etelin projektipäällikkö tai suunnittelupäällikkö käy tilaajan edustajan kanssa läpi suunnitelma-alueen, mutta todellisuudessa kumpikaan osapuoli ei vielä tässä vaiheessa ole tietoinen todellisista reitin maasto-olosuhteista. Toimintatapa johtaa usein ongelmiin aikataulussa sekä työn lopulliset kokonaiskustannukset ylittävät helposti myös tilaajan arvioitun budjetin. Koko projektin lopputulos olisi varmasti parempi, jos projektin aloituskokous järjestettäisiin noin kuukausi takautuvasti. Siten maastosuunnittelusta saataisiin todellinen tieto maanomistajien lukumäärästä, mahdollisista erikoislupakohteista ja muista työn ongelmakohteista.

Käytännön tilanne on usein päinvastainen, joten maastosuunnittelua lisäävät työt ilmevät vasta suunnitteluajataulun sopimisen jälkeen. Tämä johtaa väistämättä suunnittelun kuormittumiseen eteenkin maastosuunnittelun loppuvaiheessa, jolloin urakoitsija toimittaa, NIS-järjestelmään laatiman toteutus suunnitelman perusteella määräluettelon tilaajalle.

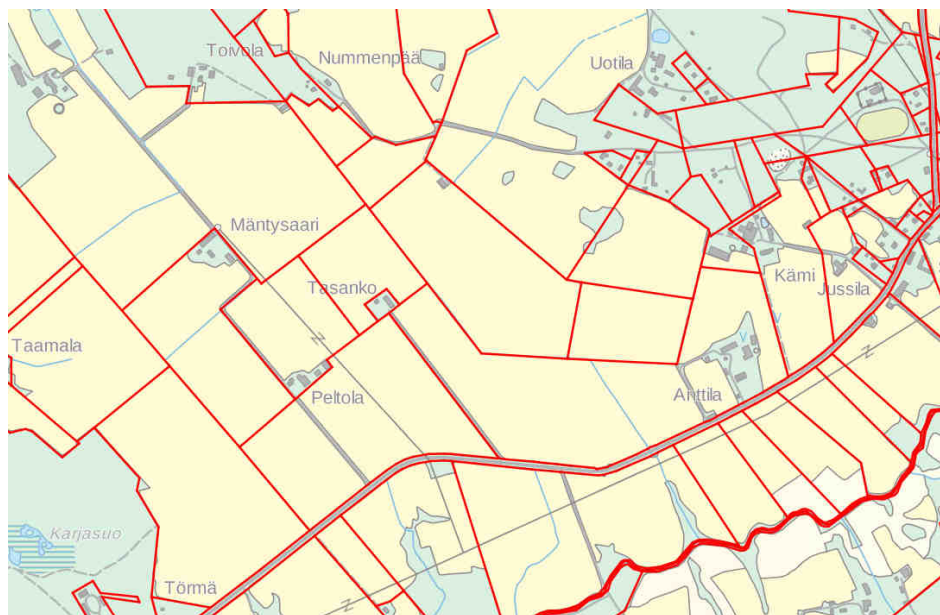
5.2 Maastosuunnittelu

Riskienhallinnan ja koko KVR-urakan onnistumisen kannalta ylivoimaisesti keskeisimmässä roolissa on maastosuunnitteluvaihe, jossa määritellään uuden KJ-kaakaapeliverkon optimaalinen sijoitus sähköverkon käytön ja maasto-olosuhteiden kannalta. Pääsääntöisesti Carunan ohjeiden mukaisesti maastosuunnittelu pyritään tekemään aina mahdollisimman kustannustehokkaasti hyödyntäen helppoja reittivaihtoehtoja. [Caruna -yleisohje]

Hyvän yleissäännön mukaisesti valtaosin haja-asutusaluetta sekä helppoja kaivu-olosuhteita sisältävän alueen (yhteensä 10–15 muuntopiiriä ja kaapeliojaa 15–20 km) maastosuunnittelu tulisi saada valmiiksi noin kolmen kuukauden aikana. Tässä ajassa varsinaisen kenttätöiden, johon sisältyvät mm. reitin suunnittelu maastossa, muuntamo- paikan mittaukset ja merkinnät, maaperätutkimukset, maanomistajatapaamiset sekä mahdolliset muut lupaviranomaisten vaatimat katselmukset (esim. kunnan edustajat, ELY-keskus, museovirasto) tulisi olla mahdollisimman pitkälle valmiina. Samanaikaisesti kenttätöiden ohessa ylivoimaisesti eniten aikaa toimistossa vievät mm. lausuntapyyntöjen valmistelut, muuntamo- ja johtoaluesopimusten, maankäyttökorvauslaskelmien sekä karttaliitteiden laatiminen ja tulostus. Lisäksi ennen sopimusten laatimista täytyy suunnitellun alueen toteutustiedot piirtää verkkotietojärjestelmään ja varmistaa verkon sähköisten arvojen riittävyys.

Todellisuudessa suunnittelijat ovat usein edellä luetelluista työtehtävistä hetkellisesti erittäin kuormittuneita, mutta käytännössä tehtäviä on mahdollista jakaa usealle suunnittelijalle. Eteenkin hyvin rutiininomaiset työvaiheet esim. sopimusten ja karttojen tulostuksesta sekä toteutustietojen piirtämisestä verkkotietojärjestelmään voidaan siirtää toiselle suunnittelijalle, jotta projektiin nimetyille pääsuunnittelijalle jää tarvittaessa maastosuunnitteluun enemmän aikaa.

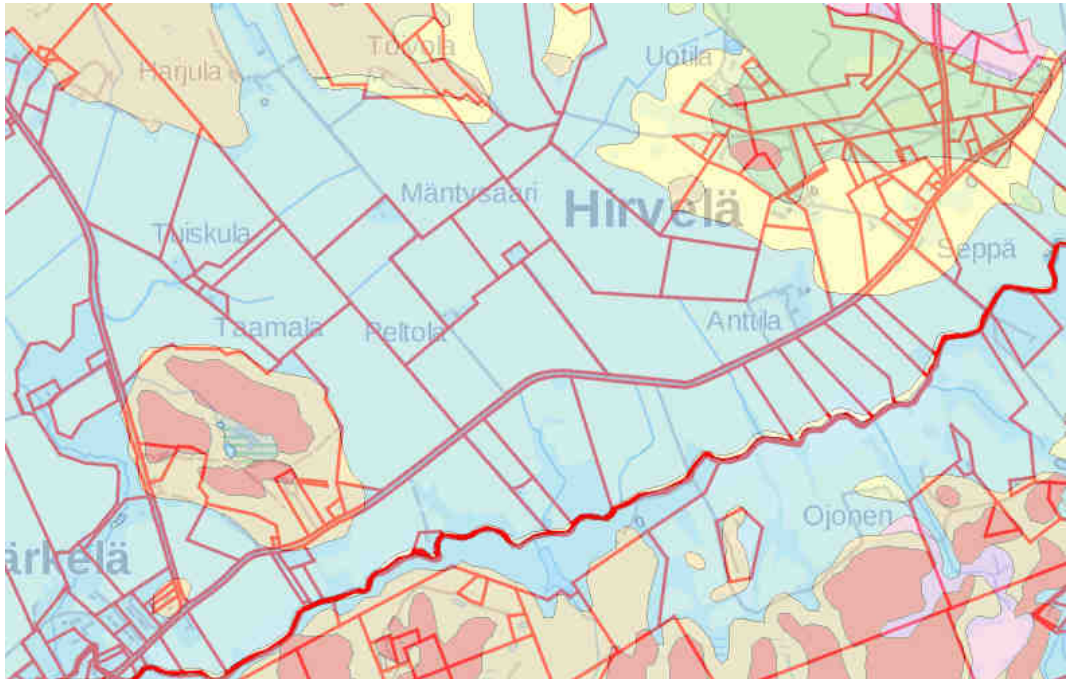
Käytännössä tilaajan hyväksymää lisäaikaa maastosuunnitteluun ei useimmiten ole mahdollista saada kovin paljon, yleensä korkeintaan yksi kuukausi lisää hyvin perusteltuna. Varsinkin aloitteleville suunnittelijalle tähän ns. kolmen kuukauden aikatauluta-voitteeseen on hyvin vaikeaa heti päästä. Suunnittelussa on kuitenkin apuna laaja valikoima erilaisia digitaalisia tietolähteitä, jotka oikein käytettynä vähentävät oleellisesti maastosuunnitteluun kuluva-aikaa. Maastosuunnittelussa etenkin alkuvaiheessa tärkeimmät sivustot ovat Paikkatietoikkuna, Maankamara GTK sekä maanmittauslaitoksen valtakunnallinen kiinteistö-tietojärjestelmä (KTJ). Tietolähteiden avulla saadaan kaikista luotettavimmin selville mahdolliset vaikeimmat asennuskohteet maastossa sekä hyvä arvio maaomistajien kokonaislukumäärästä.



Kuva 12. Esimerkki paikkatietoikkuna-tietolähteestä. Kiinteistöt on rajattu kartalle punaisilla viivoilla. [Paikkatietoikkuna 2017]

Kaikista suurin riski virhearvioon piilee kuitenkin siinä, että reitin kaivuolosuhteet määritellään pelkästään karttatietojen perusteella. Jos maastosuunnittelua tehdään ajan-kohtana, jolloin maanpeite on sulana, paras keino vähentää kaivuolosuhteiden virhearvioita on porata muutamia koereikiä alueilla, joissa epäillään olevan kalliota alle metrin syvyydellä. Poraaminenkaan ei aina kerro kovin luotettavaa tulosta maaperän rakenteesta. Kallion sijaan poraan saattaa osua esim. maakiviesiintymä, jonka kohdalla kaapelointi on todellisuudessa mahdollista asentaa normaaliin 70 cm:n syvyydelle kiertämällä maakivet. Käytännössä poraus antaa kuitenkin suunnittelijalle hyvän varmuu-

den siitä, antaako maaperä riittävän peittosyvyyden kaapeleille ilman erikoisjärjestelyjä, kuten louhintaa tai betonointia.



Kuva 13. Esimerkki paikkatietoikkuna-tietolähteestä. Kiinteistöjen lisäksi kartalla on esitetty maaperäkarta. Punaisilla alueilla maanpeitteen paksuus ennen peruskalliota on korkeintaan 1 m. [Paikkatietoikkuna 2017]

Maastosuunnittelun ajankohtana maaperä voi olla myös usein lumen tai jään peitossa, jolloin on vaikea arvioida todellista määrää louhintaa tai betonointia vaativista kohteista. Jos virhearvio kaivuolosuhteiden määrittämisessä huomataan vasta rakennusvaiheessa, urakoitsija voi joutua pitkäänkin neuvottelemaan tilaajan kanssa mahdollisen lisälouhintatyön kustannuksista ja vastuunjaosta. Talvella maaperän ollessa jäässä myös esim. tulva-ajan mahdolliset työkoneiden kantavuuden kannalta liian pehmeät olosuhteet voivat jäädä helposti huomaamatta. Virheitä voi vähentää ottamalla sijoituslupa-neuvotteluissa asia esille maanomistajien kanssa, jotka useimmiten tuntevat maaperänsä olosuhteet parhaiten. Myös huolellinen perehtyminen alueen vesistökarttoihin sekä mahdollisiin valuma-alueisiin vähentävät virhetulkintoja. Joissain tapauksissa voi jopa olla mahdollisuus hyödyntää muiden kaivuuhankkeiden maaperäselvityksiä, esimerkiksi kunnan vesi- ja viemäriverkostosuunnitelmia. Kyseisten projektien toteutus vaatii vielä huomattavasti tarkempia kaivuolosuhteselvityksiä, sillä putkiston tavoitteellinen asennussyvyys on aina routarajan alapuolella, käytännössä noin 1,2 m–1,5 m.

Vesi- ja viemäriverkoston selvitys kuuluu jopa tapauksessa tärkeimpiin tehtäviin, sillä pahimmillaan on mahdollista rakentaa uusi puistomuuntamo tai jakokaappi suoraan käytössä olevan vesi-viemäriputken päälle. Ongelmallisimpia ovat pienet vesiosuuskunnat sekä asukkaiden omat kaivot ja imeytyskentät. Molemmat ovat useimmiten hyvin puutteellisesti dokumentoitu sekä asiakirjoissa että maastossa.

KVR-projektin kokonaiskustannusrakenteessa maastosuunnittelun osuus KVR-projektissa on hyvin pieni verrattuna muihin rakentamisen aikaisiin kustannuksiin, joten esimerkiksi kuukauden pidennys suunnittelussa ei yleensä ole taloudellisessa mielessä vielä suuri ongelma. Käytännössä syy maastosuunnittelun kireään aikatauluun aiheutuu enimmäkseen toimintaketjun tiukasta kokonaisaikataulusta. Tilaajalla on ensisijaisesti toimintavarmuuslain asettamat paineet saada uutta KJ-maakaapeliverkkoa mahdollisimman pian käyttöönottovalihevukseen, jolloin se voidaan laskea verkko-omaisuudeksi regulaatiossa. Lisäksi on selvää, että maarakennustyötä suorittavat maanrakennusurakoitsijat eivät voi odottaa liian pitkään uuden työmaan valmistumista ja seisottaa kallista kalustoaan tuottamattomana. Useimmat heistä ovat pieniä yksityisyrittäjiä, joilla on kone- ja laitekannasta jatkuva taloudellinen rasite. Pahimmillaan KVR-urakoitsijan riskinä voi olla, että työmaan aloituksen viivästyessä työmaalle ei enää löydykään vapaata tai riittävän ammattitaitoista maanrakennusurakoitsijaa.

Eltel on ottanut tämän huomioon toimintatavoissaan ja sopinut usean eri maanrakennusyrittäjän kanssa ns. avoimen sopimuksen mahdollisesti toteutuvista KVR-kaapelointiurakoista. Näin molemmat osapuolet saavat joustavuutta omaan liiketoimintaansa. Todellisuudessa pienelle maanrakennusurakoitsijalle kaapelointityömaat ovat varmasti kysytyjä työkohteita, sillä ne tarjoavat töitä pitkäksi aikaa tulevaisuuteen.

Se miten suunnittelulla voidaan eniten myötävaikuttaa toteutuksen onnistumiseen ja erityisesti myös urakoitsijan taloudellisten riskien hallintaan ovat hyvin onnistuneet maanomistajakontaktit ja neuvottelutulokset uudesta kaapelireitistä. Käytännössä sijoituslupien mahdollisimman nopea hyväksyminen vähentää ylivoimaisesti eniten suunnittelijoiden ja maanrakentajien stressiä ja työkuormaa. Siten maankäyttösopimukset tulisi lähettää ja postittaa maanomistajille mahdollisimman pian, esimerkiksi heti katselmusten jälkeen. Aikataulun ja kokonaiskustannusten kannalta useimmiten paras lopputulos saavutetaan, kun maanomistajat ovat aktiivisia tai heidät saadaan innostumaan suunnittelusta kaapelointihankkeesta. Tällöin heidän paremman paikallistuntemuksen avulla useimmiten vaikeissakin kaivuolosuhteissa teknisesti paras reittivaihtoehto voi selvitä

suhteellinen nopeasti. Ideaalitapauksessa maastosuunnittelussa ainakin vaikeimmissa tapauksissa mukana olisivat suunnittelijan ja maanomistajan lisäksi myös todellisen työn tekevä maarakennusurakoitsija, jolla on luonnollisesti parhain ammattitaito arvioida työn riskejä.

5.3 Sijoituslupien hankinta

Suunnittelun riskienhallinnan ja aikataulun optimoinnin kannalta useimmiten parhaiten sijoituslupia tuottava menetelmä on mahdollisimman pian projektin alkuvaiheessa keskustella ja tavata kaikki kaapeloitavan alueiden suurimmat maanomistajat sekä aloittaa oman lupatyöskentelyn huolellinen ja järjestelmällinen dokumentointi henkilökohtaiseen lokikirjaan.

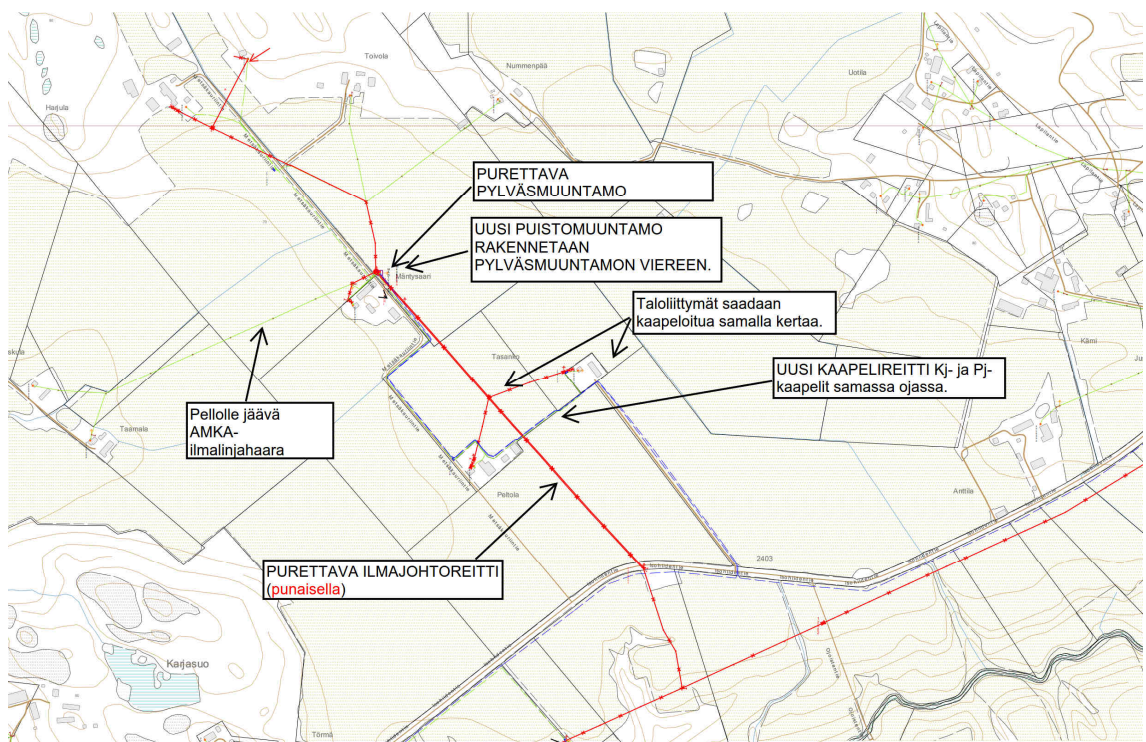
Lisäksi ensimmäisten asioiden joukossa maastosta tulisi aina selvittää työn toteutumisen kannalta kaikista kriittisimmät kohteet, jotka ovat yleensä jokien vesistöalituksia tai merialueella rantautumiskohtia. Ne ovat kohteita, jotka verkoston rakenteen ja reitin kannalta usein ovat lähes välttämättömiä saada kaapelointiprojektissa hyödynnettyä. Maanomistajan sijoitusluvan lisäksi kohteisiin voidaan ELY-keskuksen vesistölausunnon mukaisesti vaatia aluehallintoviraston myöntämä AVI-lupa, joka tarkoittaa käytännössä usein pitkää ja hidasta lupaprosessia.

Jos ns. kriittistä lupaa esimerkiksi vesistöalitukseen ei saada, vaihtoehtona voi pahimmillaan olla jopa huomattavasti pidempi kiertoreitti vaikeilla kaivuolosuhteilla sisältäen louhintaa ja betonointia. Erityisesti suurempien kaupunkien läheisyydessä usein taajama-alueilla verkkoyhtiö voi joissain tilanteissa käyttää apuna mahdollista lunastusoi-keutta. Silti tätä äärimmäistä keinoa pyritään välttämään viimeiseen asti, sillä lunastus on erittäin hidas ja byrokraattinen prosessi, joka voi viivästyttää huomattavasti koko kaapelointihanketta.

Seuraavaksi on hyvä selvittää alueen tieverkosto (ELY- ja yksityistiet) sekä oman työn aikataulutuksen ja kuormituksen hallinnan kannalta arvioida maanomistajien kokonaislukumäärä toteutusalueella. Lukumäärä voi vaihdella huomattavastikin, noin 30 maanomistajasta jopa yli 100 maanomistajaan yhdessä projektissa.

Helpon sijoituslupaneuvottelut onnistuvat usein suurien maanomistajien kanssa, jotka omistajat laajoja peltoalueita. Haja-asutusalueella he ovat yleensä aktiivisia maatalousyrittäjiä, joilla on erinomainen paikallistuntemus esim. alueen mahdollisista vesiosuuskunnan putkistoista ja muista alueen maanomistajista. Neuvotteluissa kannattaa tiedustella erityisesti suurilta maanomistajilta, onko heillä mahdollisesti suunnitelmia uusista sähköliittymistä lähiaikana, sillä niiden rakentaminen on mahdollisuuksien mukaan hyvä huomioida heti suunnitteluvaiheessa, jotta turha kaivuutyö voidaan minimoida.

Tyypillisimmässä tilanteessa (kuva 14) uudet KJ-kaapeliojat voidaan sijoittaa metsän, tien tai pelto-ojien reunalle sekä taloliittymien PJ-verkko saadaan useimmiten luontaisesti kulkemaan uuden KJ-kaapeliojan mukana. Myös puistomuuntamoille löytyy yleensä sopiva sijoituspaikka vanhan lähistöltä sopivasta ns. joutomaakulmasta tai peltoalueen ja metsän reunasta.



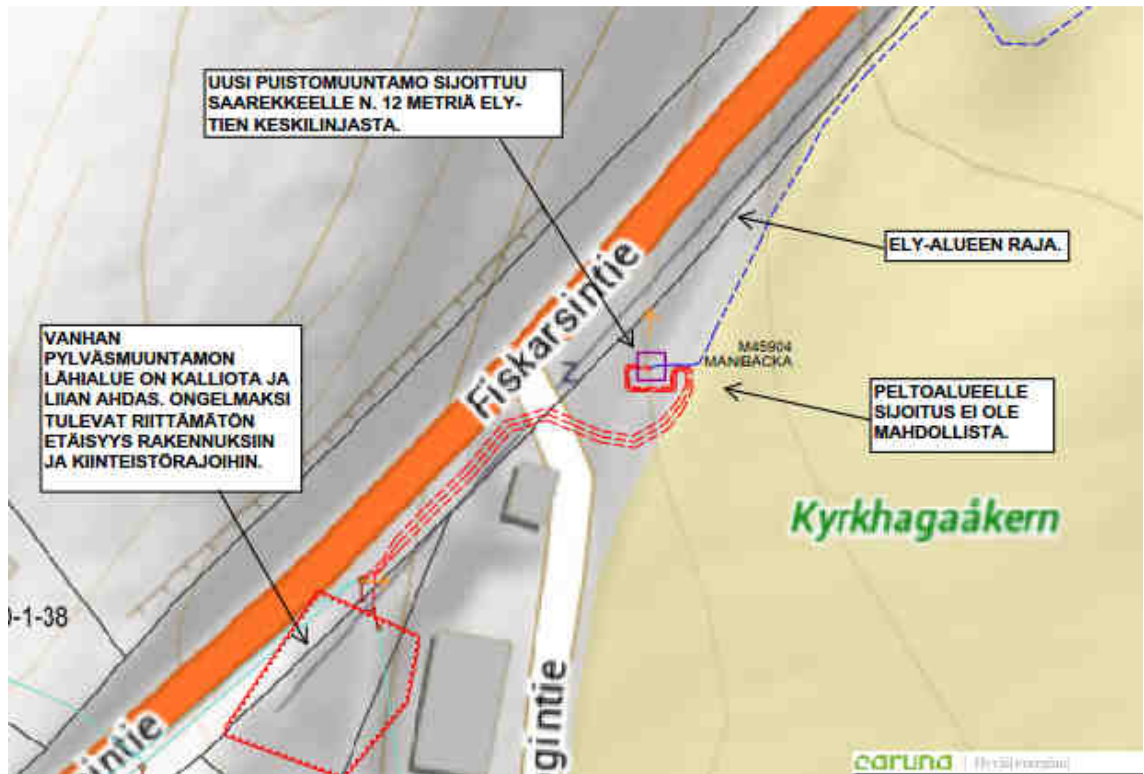
Kuva 14. Tyypillinen sijoitusesimerkki helposta sijoituskohteesta, jossa KJ- ja PJ-kaapelit saatiin kulkemaan luontevasti samassa ojassa taloliittymille.

Uusi maakaapeli pellon tai metsän reunoilla on vanhaa ilmajohtolinjaan verrattuna maanomistajille huomattavasti pienempi rasite viljelyn kannalta. Ainoastaan salaojaputkien sijainti voi olla ongelmallinen kaapeloinnin kannalta. Useimmiten sijaintitiedot ovat itse maanomistajillekin epätarkkoja, mutta putkien sijainnin voi työn tekemisen kannalta arvioida riittävällä tarkkuudella esim. peltojen maastonmuodoista ja näkyvien tarkastuskaivojen sijainneista.

Ongelmia voi syntyä silloin, jos maaviljelijät toivovat eniten myös haaraantuvien PJ-ilmajohtoverkkojen (ks. kuva 14) kaapelointia, joka on taas ristiriidassa verkkoyhtiön intressien kanssa. Usein vanhat avolinjat (erityisesti vanhat AMKA-ilmalinjat) ovat usein kaikista ongelmallisista viljelijöille. Pylväät häiritsevät pellon tehokasta viljelykäyttöä sekä pahimmillaan liian matalalla riippuvat johtimet estävät pahimmassa tapauksessa työskentelyn nykyaikaisilla suurilla puimurikoneilla.

Joissain tapauksissa myös puistomuuntamon sijoitusta ja luvan saantia voi vaikeuttaa vaatimus suoja-alueesta ELY-tien lähistöllä, sillä määräysten mukaan uudet puistomuuntamot tulisi sijoittaa vähintään 20 metrin etäisyydelle maantien ajoradan keskilinjasta, jotta vältytään mahdollisilta näkömähaitoilta. Vanhat pylväsmuuntamoissa kyseistä näkemärasitetta ei ole, joten ne on rakennusajankohtana voitu sijoittaa lähemmäksi tietä.

Etäisyysvaatimuksen vuoksi puistomuuntamon joutuisi periaatteessa sijoittamaan keskelle peltoa, jossa se olisi alavilla mailla usein vielä liian selkeä näköhaitta maanomistajan pihapiirissä. Suunnittelun riskienhallinnan kannalta mahdollisuudet korvaaville sijoituspaikoille kannattaa selvittää maastossa mahdollisimman pian. Jos muuta vaihtoehtoisia sijoituspaikkaa, esim. metsän reuna tai joutomaasaareke, ei löydy, suunnittelija voi ELY-keskukselta hakea poikkeusluvalla sijoitusoikeutta muuntamolle, jonka etäisyys on alle 20 metriä tien keskilinjasta. ELY-keskus käsittelee poikkeusluvut aina tapauskohtaisesti, joten vastaukseen saamiseen voi kulua aikaa useita kuukausia.



Kuva 15. Esimerkki ELY-keskuksen poikkeusluvan vaativasta puistomuuntamon sijoituksesta.

Osa sijoituslupaongelmista voi joutua myös ns. normaalista poikkeavasta tai muuten vaikeasti lähestyttävästä maanomistajasta. Tällaisia voivat olla esimerkiksi ulkomailla asuvat maanomistajat tai yhteisessä omistuksessa olevat alueet (ns. yhteiset alueet), jolloin kiinteistöllä voi olla hyvin monen yksityisomistajan lisäksi osittainen kunnan tai kaupungin omistus, (esimerkiksi yhteinen soranottoalue). Joissain tapauksissa kiinteistön käyttöön liittyvät asiat on voitu valtuuttaa myös edunvalvojalle tai omistussuhteissa on epäselvyyksiä (esim. kuolinpesät tai puutteelliset tiedot lainhuutotodistuksessa).

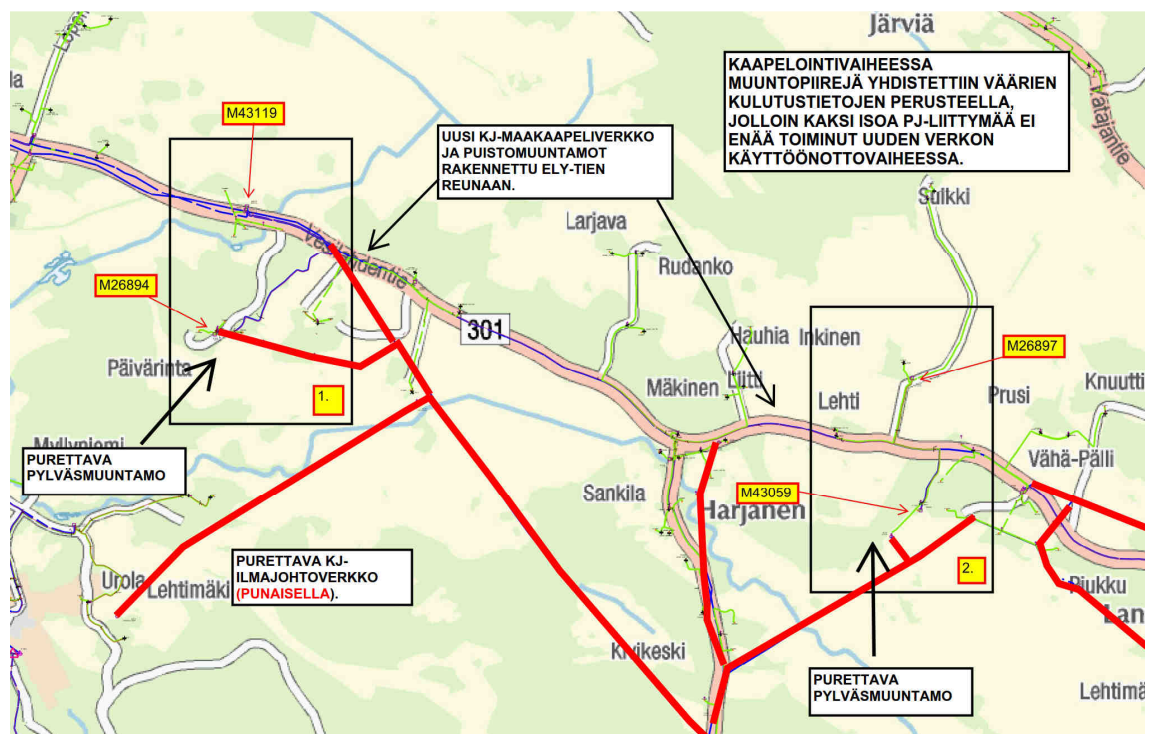
Toisaalta rajoittavia tekijöinä voivat olla myös ns. muut erikoisalueet, luonnonsuojelu-alueet sekä museoviraston määrittämät kulttuurisesti arvokkaat maisema-alueet, joihin puistomuuntamolle ei saa sijoituslupaa normaalin lupaprosessin avulla.

Myös purkutyön tiedottaminen maanomistajalle on hyvin usein unohtunut ja ongelmataapauksia on tullut tilanteissa, joissa on lähekkäin suuria peltotilojen omistajia. Sovitusta kaapeliojasta esimerkiksi pellon reunaan verkkoyhtiö maksaa luonnollisesti maankäyttökorvauksen maaperän kaapelirasitteesta. Epähuomiossa suunnittelija on unohtanut informoida naapuripellon omistajaa, jonka alueelta loppuvaiheessa puretaan vanha ilmajohtoverkko ilman maankäyttökorvauksia. Unohduksen seurauksena maanraken-

nusurakoitsijan työtä voidaan häiritä ja häneltä voidaan vaatia korvausta purkamisesta aiheutuneista mahdollisista viljely- ja maankäyttöhaitoista. Lopputulos olisi varmasti parempi, jos esimerkiksi molempia maanomistajia olisi kuultu ennen kaapelointiprojektia yhteisesti.

5.4 Sähköinen suunnittelu ja kytkentätyöt

Yksi merkittävimmistä uuden KJ-maakaapeliverkon sähköiseen suunnitteluun liittyvistä virheistä voi kohdistua suunnittelussa käytettyihin väriin PJ-verkon kuormitus ja sulaketiöihin. Tällöin pahimmassa tapauksessa (ks. Kuva 16) uuden KJ-maakaapeliverkon käyttöönottoaiheessa vanhaa PJ-verkkoa ei saada uuden KJ-verkon rakenteen avulla toimimaan toivotulla tavalla vaan jännitteen alenema jää jollain lähdöllä liian suureksi.



Kuva 16. Suunnitteluvirhe sähköisessä laskennassa, jonka seurauksena rakennettiin lisätyönä kaksi uutta puistomuuntamoja lisää.

Useimmiten ainoa järkevä ja totuuskelpoinen vaihtoehto virheen korjaamiseksi on rakentaa lisätyönä sopiva uusi KJ-haara äskettäin uusittuun KJ-maakaapeliverkkoon. Tilanne voi aiheuttaa suuria lisäkustannuksia joko tilaajalle tai urakoitsijalle sekä vanhan verkon purkamisaikataulun merkittävää viivästymistä.

Toinen esimerkki riskeistä liittyy olemassa olevan pylväsmuuntamon ja PJ-ilmajohtoverkon saattomaadoituksen huomiointiin uuden ja purettavan verkon suunnittelussa. Eteenkin huonosti johtavassa hiekkaperäisessä harjumaastossa maadoituskupareita on usein jatkettu ja asennettu vanhoissa pylväissä ilmajohtimena useita pylväsvälejä paremmin johtavalle maa-alueelle. Saattokuparijohtimen tarvittava pituus voi olla useita satoja metrejä ja asian huomioiminen saattaa helposti jäädä huomaamatta maastosuunnitteluvaiheessa, eteenkin, jos uusi puistomuuntamo suunnitellaan kauas vanhasta pylväsmuuntamosta tai verkkotietojärjestelmässä on puutteellinen dokumentointi.

PJ-maakaapeliverkossa suunnitteluriskinä voi olla väärin mitoitettu jakokaappi tai puistomuuntamon PJ-kisko, jolloin kaikille jonovarokkeille ei ole riittävästi asennustilaa. Virheet hidastavat rakennustöitä ja riski käyttöönoton aikataulun venymiseen kasvaa. Eitelissä kaavioiden oikeellisuuden tarkistaminen on täysin suunnittelijan vastuulla. Helpotusta voisi saada, esim. valmistajien omista suunnitteluohjelmistoista (Esim. ABB Kabeldon suunnitteluohjelma).

Asentajien kytkentätöiden turvallisuuden sekä rakentamistyön sujuvuuden parantamiseksi Eitelissä on hiljattain yhteisesti sovittu, että vanhoja pylväsmuuntamoiden pylväitä ei enää hyödynnetä uusissa kaapelinousussa olemassa olevaan PJ-ilmajohtoverkkoon. Vanhoissa muuntamopylväissä usein vielä käytössä olevat muut johtimet rakenteineen hidastavat ja tekevät uuden verkon käyttöönoton haastavaksi ja erityisesti KJ-johtimien ja muuntajan läheisyys tekee työskentelystä vielä sähköturvallisuuden kannalta hyvin vaarallista.

Tavallisten sähkönkäyttäjien turvallisuuden kannalta on tärkeintä, että liittymien pääsulakkeen jälkeinen sulakesuojaus toimii riittävän tehokkaasti. Täytyy aina muistaa, että vanhojen liittymien suojaus perustuu osittain liittymishetken 1-vaiheiseen oikosulkuvirtaan. Käytännössä lähes kaikissa täysin uudeksi verkoksi tulkittavissa muuntopiireissä päästään ainakin hyvin lähelle taulukon 1 vaatimaa mininiarvoa, $I_k = 260 \text{ A}$.

Suurimmat ongelmat tulevat vastaan erityisesti vanhoissa muuntopiireissä, joissa vaatimukset yksivaiheiselle oikosulkuvirralla ovat pienemmät. Lisäksi haja-asutusalueella tulee paljon vastaan vanhoja kiinteistöjä, joissa asiakkaan mittauksen takainen kiinteistösähköverkko ja erityisesti lähes olematon maadoitus kaipaisi välitöntä saneerausta. Pahimmassa tapauksessa osa mittauksen takaisista rakennuksista syötetään vanhoilla PJ-avojohtimilla. Lisäksi nollajohdin (N-johdin) on kytketty useimmiten nykysäännösten mukaan laittomasti suoraan verkkoyhtiön avolinjasta (kuva 17) N-johtimen irtoaminen tai löystyminen voi pahimmillaan aiheuttaa koko kiinteistössä hengenvaarallisen ns. nollavikatilanteen jos kytkentää ei kaapeloinnin jälkeen varmisteta.



Kuva 17. Esimerkki saneeraukseen tulevasta vanhasta PJ-avojohtoverkosta, jossa alimpana kulkee asiakkaan kiinteistöverkon N-johdin.

5.5 Maanrakennus- ja purkutyöt

Maarakennustöissä suurin osa virheistä on mahdollista välttää huolellisella maasto-suunnittelulla. Suurin riskitekijä käytännössä on työmaalle kulkeutunut väärinkäsitys tai jonkun kaivamistyön kannalta oleellisen tiedon osittainen tai kokonainen tai puuttuminen. Taloudellisesti juuri maarakennuksessa riskit ovat suurimmillaan, sillä pienetkin rakennusvirheen aiheuttama lisätyö ja mahdollisesti koko projektin valmistumisen viivästyminen voivat koitua urakotisijalle yllättävän kalliiksi.

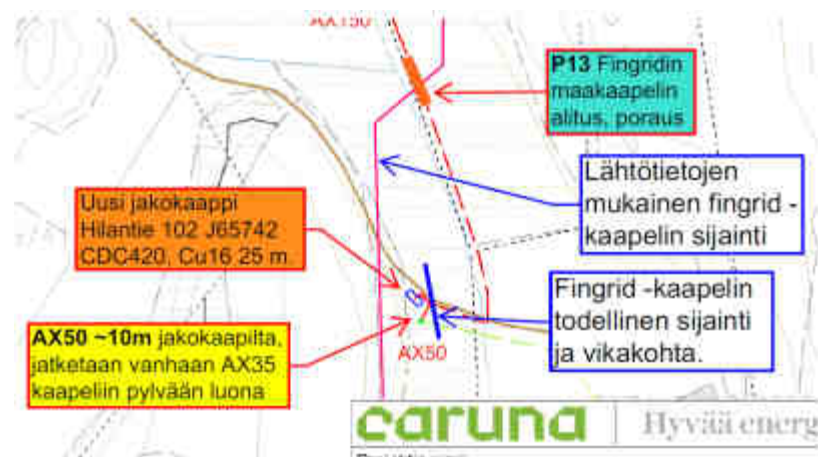
Etelin Build-yksikössä päävastuu työmaan maanrakennustyön etenemisen valvonnasta on maarakennuspäälliköllä. Samalla rakentamisaikaista sähkö- ja työturvallisuuden toteutumista valvovat kentällä Carunan käyttämänä valvontayritys (Rejlers Oy). Käytännössä valvontayrityksen edustajat tutustuvat Etelin projektipäällikön, maanrakennuspäällikön ja suunnittelijan kanssa kaapelointityömaan ennen tilaajan virallista lupaa rakennustyön aloittamiselle. Lisäksi rakentamistyön aikana pidetään useita työmaakokouksia sekä maanrakennustyön laatua ja ympäristö- ja työturvallisuutta valvotaan mm. satunnaisilla katselmuksilla (ns. safety walk). Ajankohdat niille voivat olla joko ennalta sovittuja tai yllätysluonteisia tarkastuksia.

Etelin perinteisen vastuunjakomallin mukaan suunnittelija vastaa luonnollisesti suoraan suunnitteluun liittyvissä asioissa käytännössä ainakin rakentamisen aloitukseen saakka, jonka jälkeen usein suunnittelupäällikkö määrää hänet aloittamaan täysin uuden työmaan suunnittelun. Samalla edellisen työmaan nimetty projektipäällikkö vastaa mm. rakentamisen aikaisesta taloudesta ja projektinhoidosta. Hyvä tietolähde projektipäällikön työtehtävien tarkastelusta löytyy mm. Ville Leinon opinnäytetyöstä [Leino 2014.]

Käytännössä myös suunnittelijasta on maanrakentajalle rakentamisen aikana korvaamaton apu, sillä hän on työmaan paras asiantuntija ja käytännössä ainoa henkilö, joka on todella perehtynyt työkohteeseen. Lisäksi selkeimmät suoraan suunnittelijan tekemään maastosuunnitteluun liittyvät riskit tulevat eteen vasta maanrakennusvaiheessa, kun kaapelia ollaan konkreettisesti asentamassa maaperään. Lisäksi rakentamisen aikaisilla vastuuhenkilöillä (maanrakennus- ja projektipäällikkö) on hoitavana samanaikaisesti jopa yli kymmenen kaapelointityömaata, joten usein suunnittelija ehtii parhaiten käymään työmaalla nopeastikin katsomassa mahdollisia ongelmakohteita.

Luonnollisesti kaikkien mahdollisten maanalaisten rakenteiden (puhelin-, kaasu-, lämpö-, vesi- ja viemäriverkosto ym.) huolellinen selvittäminen, maininta ja merkitseminen työkuviin on ensiarvoisen tärkeää suunnitteluvaiheessa, jotta vältetään mahdollisesti suuriltakin riskeistä.

Esimerkkinä hyvin vakavasta viime kesänä sattuneesta läheltä piti tapauksesta on eristeeroksiltaan vaurioitunut Fingridin Estlink 150 kV tasajännitekaapeli. Tapauksessa maanrakennusurakoitsija kaivoi ilman johdonomistajan virallista kaapelinäyttöä läheistä uutta PJ-verkon maakaapelia suunnitellulle jakokaapille. Urakoitsija oli luottanut pelkkiin suunnittelijan tekemiin karttamerkintöihin, jotka eivät vastanneet lainkaan FG:n kaapelin todellista ja tarkkaa sijaintia. Toisaalta tutkimuksissa selvisi, että kaapeli oli määräysten vastaisesti asennettu noin 60–70 cm syvyyteen. Lisäksi havaitsemista helpottava varoituss nauha oli asennettu virheellisesti heti kaapelin päälle sekä ympärille asennettava suojarahka puuttui kokonaan. Tilanteen seurauksena Ertelin työkuviissa luovuttiin kokonaan merkitsemästä muiden operaattoreiden johtoja tai putkia suoraan piirtämällä. Vastaisuudessa kuvissa ainoataan mainitaan mahdollisimman selkeästi johdonomistajan kaapelinäytön pakollisuudesta ennen kaivuuta ko. alueilla.



Kuva 18. Vaarallinen läheltä piti tapaus, jossa virheellinen työkuva vuoksi vaurioitettiin 150 kV tasajännitekaapelia.

Käytännössä maanrakennusurakoitsijat joutuvat vakuutusehtojensa vuoksi tilaamaan aina virallinen johdonomistajan kaapelinäytön ennen kaivua, mutta huonoissa olosuhteissa merkinnät saattavat peittyä esim. huurteeseen tai lumeen ennen työn suorittamista.

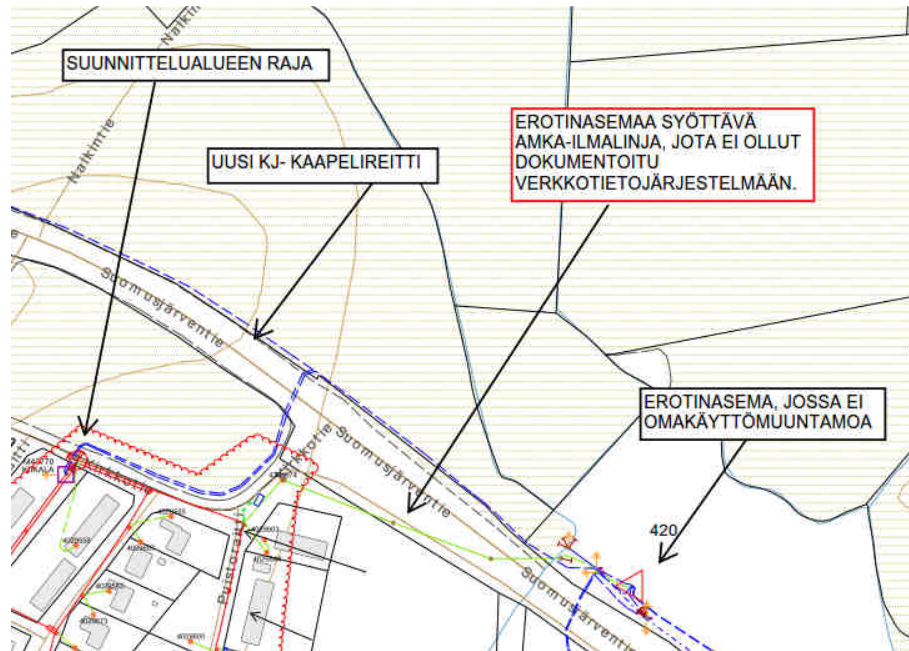
Etelissä suunnittelija voi auttaa tilanteessa merkitsemällä virallisesti tutkatut reitit merkintäkepeillä tärkeimmissä kohteissa. Käytännössä eniten ongelmia on tullut maanomistajien omien kaapeleiden merkitsemisestä, sillä maanomistajat eivät aina tiedä itsekään missä kaapelit kulkevat. Eniten reklamaatiota tulee kuitenkin luonnollisesti maan tiiveyteen liittyvissä ongelmissa kaapeloinnin jälkeen. On myös tullut vastaan tilanteita, että asiakkaan vesijohtoyhteys kaivolle on voinut jäättyä kaivamisen jälkeen.

Myös kaapelinousukohdan huolellinen merkitseminen käytössä oleviin pylväisiin on tehtävä huolella, jotta maarakentaja osaa kaivaa uuden maakaapelin oikeaan kohtaan. Jos merkintä on tehty väärään paikkaan, asennusvaiheessa kaapeli täytyy kaivaa uudelleen auki pylvään juurella. Lisäksi väärän merkinnän vuoksi kaapeliin asennusvara voi jäädä liian lyhyeksi, jolloin myös asennuskustannukset helposti nousevat.

Työturvallisuuden kannalta selvästi eniten riskejä maanrakennustyössä on tullut purkuvaiheessa, sillä maastosuunnitteluvaiheessa suunnittelijan aika ei voi riittää siihen, että koko purettava verkko käytäisiin yksityiskohtaisesti läpi. Käytännössä purettavan verkoon liittyviä riskejä havainnoidaan samalla kertaa ja samalla alueella, missä suunnitellaan uutta maakaapeliverkkoa. Kehitystoimenpiteenä yrityksen sähkötöiden johtajan kehotuksesta suunnittelijoilla on jatkossa käytössä kiikarit, jolloin pelto-osuuksilla purettavia kohteita on nopeampi ja helpompi tarkastella.

5.6 Dokumentointi

Riskienhallinnan kannalta myös dokumentointi on merkittävässä asemassa. Carunan käyttämä NIS-järjestelmä on toki erittäin monipuolinen, tarjoten suunnittelijoiden tarvitsemat toiminnot mm. verkostolaskentaan, rakennuskustannusten määrittämiseen sekä verkon ikätietoihin. [Trimble 2017] Silti järjestelmään ei koskaan voi luottaa aukottomasti, kuten muutamissa aiemmissa esimerkeissä esim. väärin kulutustietojen perusteella rakennettu KJ-verkon mitoitus, osoitti. Maastossa virheitä voi tulla mm. vastuunjaosta eri suunnitelma-alueiden reunoilla. Yleisimpiä dokumentointipuutteita ovat olleet mm. kaukokäyttökohteiden PJ-omakäyttöjen dokumentoinneissa. Esimerkissä (kuva 19) KJ-ilmajohtoverkossa käytössä oleva erotinasema tarvitsee mm. moottorikatkaisijoiden ja hälytystoimintojen ohjaukseen pienjännitesyötön. Käytännössä se on toteutettu läheisestä muuntopiiristä AMKA-ilmalinjana. Dokumentointipuute huomattiin, kun punaisella merkityllä alueella tehtiin PJ-verkon kaapelointisaneerausta. Virheen vuoksi uusi KJ-kaapelioja kaivettiin vain muutamaa päivää aikaisemmin kyseiselle erotinasemalle, joten verkon käytön kannalta hyvin oleellisen erotinaseman PJ-ohjaus jäi tie yli menevän AMKA-linjan varaan.



Kuva 19. Puutteellisen dokumentoinnin ja läheisen erillisen PJ suunnitelman vuoksi käytössä olevan KJ erotinaseman PJ-omakäyttö jäi edelleen osittain tie yli kulkevan AMKA-ilmalinjan varaan.

6 Yhteenveto ja maakaapeloinnin tulevaisuuden näkymiä

Työn tavoitteena on ollut perehtyä uuden keskijännitemaakaapeliverkon toteutuksen suunnitteluun KVR-urakointiprojektissa, tuoda esille toimintatavan vahvuuksia ja heikkouksia sekä pohtia esille tulevia riskejä. Työ pyrkii myös selkeyttämään ja antamaan kehitysideoita toimintatavoille aidossa toteutustilanteessa. Kokonaisvastuullinen palveluidea uuden maakaapeliverkon suunnittelusta ja rakentamisesta on ollut laajasti vain muutaman vuoden käytössä sähkömarkkinalain uudistuksen jälkeen.

Muutostahti verkonrakennuksen siirtyessä ilmajohtoverkoista maakaapeleihin on ollut kuitenkin hyvin nopeaa, ja uuden lain asettamat vaatimukset toimintavarmuudelle ovat lisänneet merkittävästi myös jakeluverkkosuunnittelijoiden ja työtä tilaavien jakeluyhtiöiden vaatimuksia. Suunnittelijan vastuulle on tullut valtavasti lisää työtehtäviä, sillä ennen lakimuutosta verkkoyhtiöiden saneerausalueet koostuivat paljon nykyistä pienemmistä yksiköistä, lähinnä muutamista muuntopiireistä.

Suunnittelun riskienhallinnan kannalta huonoimmat kokemukset ovat liittyneet vaihtoehtoon, jossa toteutussuunnittelussa on käytetty aliorakointia. Syitä aliorakoinnin käyt-

tämiseen toteutussuunnittelussa voivat olla esimerkiksi riittämättömät henkilöstöresurssit KVR-urakoitsijan suunnitteluosastolla tai huonosti hoidettu suunnittelutyön esimiestyö ja koordinaatio. Joka tapauksessa eteen on tullut toteutussuunnitelmia, joiden rakentaminen on huomattavasti viivästynyt tai ne ovat jääneet toteutumatta, vaikka tilaajan puolesta ainakin osittainen hyväksyntä olisi jo saatu. Käytännössä pahimmat puutteet ovat liittyneet joko epäselvyyksiin sijoitusluvuissa ja työdokumenteissa tai piirretyn suunnitelman dokumentointivirheisiin verkkotietojärjestelmässä.

Sähköverkon suunnittelussa keskeisimmät vaiheet ovat projektin aloitus, sähköinen suunnittelu, maastosuunnittelu, maanrakennus ja sähkötyöt sekä lopuksi dokumentointi. Näiden vaiheiden aikana suunnittelija joutuu selvittämään lukemattomia erilaisia ongelmia sekä joutuu lähes päivittäin olemaan yhteydessä joko lupaviranomaisiin, maanomistajiin, rakennuttajaan sekä rakentamisen toteuttaviin maanrakennusurakoitsijoihin.

Työmäärät asettavat myös suuria haasteita käytännön tekemiselle, jos Caruna Oy:n tavoite sanerata koko yli 82 000 km:n verkosto maakaapeliksi todella toteutuisi. Toisaalta Eltel Build kehittyi myös koko ajan omassa työssään ja onnistui vuonna 2016 tekemään uskomattoman suuren Suomen ennätyksen maakaapeloinnissa. Maakaapelia asennettiin yhteensä n. 4000 km. Määrä vastaa yli 11 km:n matkaa vuoden jokaisen päivänä. [Eltel-uutiskirje 2016]

Suunnittelun laadunvalvontaa on myös tilaajalle esitettyjen toiveiden pohjalta asteittain kehitetty mm. lisäämällä verkkotietojärjestelmään ns. suunnitelman tarkastus- sekä analyysityökaluja, jotka kertovat esimerkiksi olemassa olevan verkon mahdolliset sähköiset turvallisuuspuutteet sekä urakoitsijan uudelleen laatiman maakaapeliverkon dokumentointipuutteet, (esimerkkinä puuttuvat kaapelilähdön suuntatiedot muuntamalla, nimitietojen puute, asennusvuoden/ kaivuulosuhteen puute jne...) Uusille suunnittelijoille järjestetään vuosittain myös ns. suunnittelijakorttikoulutusta, joka käsittää noin kahden päivän luentokokonaisuuden sekä loppukokeen. Kortti on uusittava viiden vuoden välein. Lisäksi suunnittelijoilla on jatkuvasti käytössä verkkopalvelusivusto ns. Carunan kumppanisivusto, josta mm. suunnitteluun liittyvistä kysymyksistä saa tarvittaessa hankittua lisätietoa.

Joka tapauksessa KVR-toimintamallin mukaisesti suunnittelun laadunvalvonnan ja riskienhallinnan osalta päävastuu jää aina urakoitsijalle, joten myös Build-yksikkö on toi-

mintansa alusta alkaen kehittänyt myös omia toimintamallejaan suunnittelun laadun parantamiseksi esimerkiksi pyrkimällä mahdollisimman pitkälle yhtenäistämään käytäntöjä työdokumenttien (työ- ja purkukuvat, kaaviot) visuaalisessa laadinnassa sekä sopimalla vastuurajoista suunnittelijoiden, projektipäälliköiden ja maanrakentajien kanssa. Kehityksestä huolimatta jokainen suunniteltavassa kohteessa on aina omia erityispiirteitä sekä jokaisella suunnittelijalla on luontaisesti pieniä eroavaisuuksia omissa toimintatavoissaan, mitkä aiheuttavat väistämättä aina jonkin verran riskejä.

Vaikka avojohtoverkoston korkea 28 vuoden laskennallinen ikä sekä nykyaikainen nopeasti digitalisoituvan yhteiskunnan entistä suurempi riippuvaisuus luotettavasta sähkösaannista nähdään selkeinä perusteita investoinneille, ovat nopeasti edenneet kaapelointihankkeet herättäneet myös kriittistä keskustelua. Kritiikki liittyy valtaosin aina nouseviin siirtokustannuksiin, joista tuorein Carunan ilmoittama historiallisesti suurin hinnankorotus oli paljon uutisotsikoissa keväällä 2016. Korotukset herättivät myös Energiamarkkinaviraston valvontaviranomaiset ja julkisuudessa pohdittiin laajasti korotuksen oikeellisuutta. Lukuisten asiakasyhteydenottojen jälkeen kuluttajariitalautakunta ratkaisi tilanteen neuvottelemalla mahdollisuuden korotuksien kohtuullistamisesta Carunan kanssa. [Hinnankorotus 2016]

Toisaalta kaapelointiprojektien yhteydessä monissa tapauksissa on saneerattu melko uuttakin PAS-ilmalinjaa, (laskennallinen keski-ikä alle 15 -vuotta), on jonkin verran surutta maakaapeliverkoksi, vaikka laskennallista käyttöikää olisi vielä ollut runsaasti jäljellä. Purettavan ilmalinjaosuuden sijainti on myös ollut pellon tai tien reunalla kaukana päälle kaatuvista puista eli ilmajohtoverkko on jo käytännössä ollut säävarmaa. Silti suuri osa, käytännössä yli 90 % maakaapeliksi saneeraavasta KJ-ilmajohtoverkosta, on todellisuudessa ollut selvästi vanhempaa ja paljon lähempänä laskennallista maksimikeski-ikää. Vanhimmat puretut KJ-pylväät ovat olleet jopa 50-luvun alusta asti käytössä.

Silti missään lakitekstissä tai ohjeistuksessa ei määritellä onko maakaapeli vai puustosta vapaa PAS-ilmalinja oikeampi tapa rakentaa ja ylläpitää säävarmaa sähköverkkoa? Caruna on todennäköisesti valinnut näistä kahdesta maakaapeloinnin, koska se voi noin 20 % prosentin markkinaosuuden ja sekä varakkaan omistusohjauksen avulla tilata lisää uusia kaapelointihankkeita valtavan suurilla volyyymeillä verrattuna moneen muuhun pienempään verkkoyhtiöön, milloin esimerkiksi ero elinkaarikustannuksissa PAS-ilmalinjaratkaisuun jää todennäköisesti hyvin pieneksi. EV:n esityksen mukaisesti

olisi kuitenkin selkeästi tarvetta muuttaa valvontamallia siten, että kohtuullinen tuottoaste voisi olla erityyppisille verkonhaltijaryhmille erisuuruinen. Tavoitteena olisi rajoittaa tarpeettomia hinnankorotuksia niiden verkonhaltijoiden osalta, joilla ei ole välitöntä tarvetta investoida merkittävässä määrin toimintavarmuuden parantamiseksi. [Energiaviraston esitys 2016]

Kun uuden sähkömarkkinalain poliittisia päätöksiä aikanaan on tehty käyttövarmuusvaatimuksen osalta, ei varmaan ajateltu sitä, kuinka moni tavallinen sähkönkäyttäjä on valmis maksamaan suurempia siirtomaksuja esimerkiksi yli 98 %:n käyttövarmuuden nostamisesta? Tällä hetkellä Carunan toimintavarmuusaste on ollut yli 99 % (liitte 1). Lisäksi monet pienet yhtiöt, joilla ei ole suuria pääomia ja/tai lainausmahdollisuuksia markkinoilta investointien rahoittamiseen, eivät voi saneerata maakaapeliverkkoa yhtä nopeasti kuin Caruna on viime vuosina tehnyt.

Energiamarkkinaviraston valvontamallin ratkaisut ovat käytännössä merkittävin asia, joka esim. määrittää verkkoyhtiöiden mahdollisuudet investoida uusiin veronsaneerausprojekteihin. Myös Carunaa koskevat keskeisimmät haasteet ovat rahoitusmarkkinoiden ennustamattomuuden aiheuttamat kustannukset, joiden huomioiden valvontamallissa ovat hyvin vaikeita ennustaa. [Caruna-lausunto 2015]

Toisaalta lainsäätäjän näkökulmasta on selvää, että kaikkia sähkön käyttäjiä pitää kohdella syrjimättömästi ja tasapuolisesti, mutta välillä mietityttää onko kaapelointi välttämätöntä esim. harvaan asutulla väestökatoalueilla, joissa sähkönkäyttö rajoittuu hiljalleen pääsääntöisesti vain vapaa-ajan asuntojen tarpeisiin.. Henkilökohtaisesti uskon, että Carunan asettamaan kunnianhimoiseen tavoitteeseen eli koko 82 000 kilometrin sähköverkon kaapelointiin ei tulla pääsemään vuoteen 2028 mennessä ja asetettuun sähkömarkkinalakiin tulee varmasti muutoksia siirtymäaikoihin.

Lähteet

Caruna vuosiraportti. 2016. Verkkodokumentti. Caruna Oy.

<<http://vuosiraportti2016.caruna.fi/raportti/luotettava-toimija/>>. Luettu 9.4.2017.

Caruna-lausunto. 2015. Verkkodokumentti. Caruna Oy.

<<https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Caruna+Oy+ja+Caruna+Espoo+Oy.pdf/98479620-201c-496d-bdba-34d73c4d26c8>>. Päivitetty 14.4.2015. Luettu 26.4.2017.

Caruna-yleisohje. 2014. Sisäinen dokumentti. Caruna Oy. ”Johtolähtötason käyttövarmuus- ja saneerausinvestointien suunnitteluperiaatteet KVR –puitesopimukset”.

Päivitetty 28.10.2014. Luettu 9.4.2017.

Caruna www-sivut. 2017. Verkkodokumentti. Caruna Oy.

<<http://www.caruna.fi/caruna/yrityksemme/jaamme-hyvaa-energiaa/>>. Luettu 9.4.2017.

Eltel- uutiskirje. 2012. Verkkodokumentti. Eltel Networks Oy.

<<http://www.eltelnetworks.com/fi/suomi/uutiset/eltel-maakaapelo-saavarmaa-sahkoverkkoa-elenialle-pirkanmaan-alueella/>>. Uutiskirje 11/2012. Luettu 20.4.2017.

Eltel- uutiskirje. 2016. Verkkodokumentti. Eltel Networks Oy.

<<http://uutiskirje.eltelnetworks.com/a/s/91431408-ffc4c3f8e8848590cc786ecf75fde7/1463529>>. Uutiskirje 4/2016. Luettu 27.4.2017.

Energiavirasto. 2016. Verkkodokumentti. Energiavirasto.

<<https://www.energiavirasto.fi/sahkoverkon-haltijat/>>. Luettu 30.12.2016.

Energiaviraston esitys. 2016. Verkkoartikkeli. Energiavirasto.

<<https://www.energiavirasto.fi/documents/10191/0/Liite+2+-+Energiaviraston+esitys+talousvaliokunnassa+10022016.pdf/e00fd539-bd11-4f74-9728-9722affada17>>. Luettu 21.4.2017.

Heikkilä, Tuukka. 2013. Sähköverkon toimintavarmuuteen liittymien valvontamenetelmien kehittäminen. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.

Hinnankorotus. 2016. Verkkoartikkeli. Talous-lehti 1.4.2016.

<<http://www.ess.fi/uutiset/talous/2016/04/01/Kuluttajariitalautakunta-Carunan-alle-15-prosentin-korotukset-eiv%C3%A4t-kohtuuttomia>>. Luettu 21.4.2017

Lakervi, Erkki & Partanen, Jukka. 2008. Sähkönjakeluteknikka. 2. painos. Helsinki: Otatieto.

Leino, Ville. 2014. Projektinhallintaohjeistus sähköverkon saneeraukseen KVR-urakkana. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Paikkatietoikkuna. 2017. Verkkodokumentti. Paikkatietoikkuna.
<<http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi>>. Luettu 9.4.2017.

Rakentamisohje. 2017. Sisäinen dokumentti. Caruna Oy. "Verkon rakentamistavat".
Päivitetty 3.2.2017. Luettu 26.4.2017.

Shunt. 2017. Verkkodokumentti. www-sähkönumerot.fi.
<<http://www.sahkonumerot.fi/5709000/>>, Luettu 26.4.2017.

Suojausohje. 2015. Sisäinen dokumentti. Caruna Oy. "Pienjänniteverkon (0,4 kV) sulakesuojaus, Maastosuunnittelu", Versio 3 / 6.3.2015. Luettu 26.4.2017.

Suomen sähköverkko. 2016. Verkkodokumentti. Wikipedia-verkkosivusto.
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Suomen_s%C3%A4hk%C3%B6verkko>.
Luettu 30.12.2016.

Sähkömarkkinalaki. 2013. Verkkodokumentti. Finlex. "588/2013, päivätty 9.8.2016, 6 luku Jakeluverkkoa ja jakeluverkon haltijaa koskevat säännökset".
<<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>>. Luettu 23.3.2017.

Trimble. 2017. Verkkodokumentti. Trimble-verkkosivusto. "Trimble NIS sähköverkoille".
<<http://utilities.trimble.fi/trimble-nis-sahkoverkoille.html>>. Luettu 21.4.2017.

CARUNAN SÄHKÖVERKKO LUKUINA, (VUOSRAPORTTI 2016).

caruna | Hyvää energiaa.

VUOSIRAPORTTI 2016

Sähköverkko lukuina

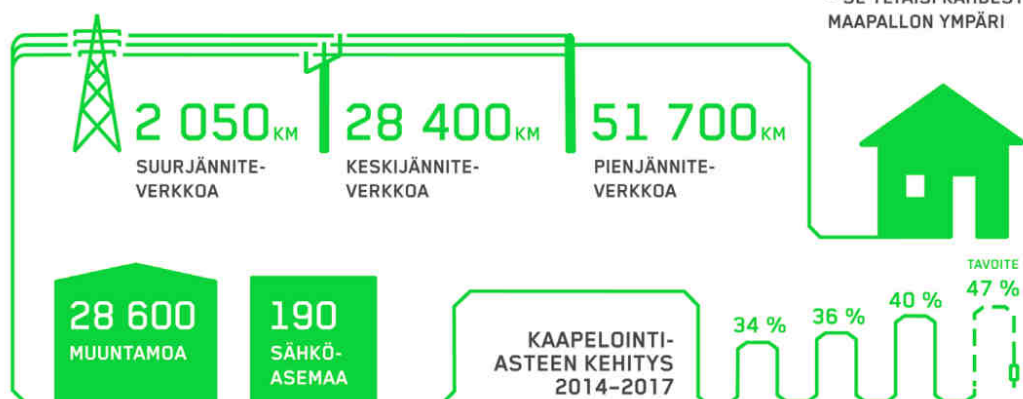
SÄHKÖNSIIRRON
TOIMITUS-
VARMUUS ON

99,98 %

SÄHKÖVERKKOMME
PITUUS ON NOIN

82 000 KM

- SE YLTÄISI KAHDESTI
MAAPALLON YMPÄRI



TOIMINTAVARMUUDEN AVAINLUVUT VUOSINA 2014-2016.

TOIMITUSVARMUUDEN AVAINLUVUT	2016	2015	2014
Sähkönjakeluhäiriöiden keskimääräinen keskeytysaika asiakasta kohden (SAIDI) (min)	95	137	108
Sähkönjakeluhäiriöiden keskimääräinen esiintymistiheys asiakasta kohden (SAIFI) (kpl)	1,7	2,3	2,2
Toimitusvarmuusaste (%)	99,98	99,98	99,98