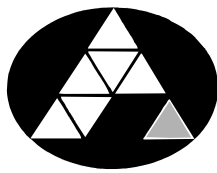


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Mika Piirainen

SÄHKÖNJAKELUVERKON UUDET KUNNOSSAPITOALUEET

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2012



POHJOIS-KARJALAN  
AMMATTIKORKEAKOULU

**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2012**  
**Sähkötekniikan koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
p. (013) 260 6412

**Tekijä**  
Mika Piirainen

**Nimeke**  
Sähkönjakeluverkon uudet kunnossapitoalueet

**Toimeksiantaja**  
PKS Sähkösiirto Oy

**Tiivistelmä**

Työssä luodaan sähkönjakeluverkolle johtolähtökohtaiset kunnossapitoalueet, jotta kunnossapitotoimien, kuten raivauksen vaikutus johtolähdöllä tapahtuviin sähkönjakelun keskeytyksiin voidaan todeta. Alueille suunnitellaan keskijännitejohtomääriltään tasainen kuuden vuoden raivausohjelma, jonka käyttöönottokustannukset minimoidaan ja niistä laaditaan kustannusarvio. Viimeiseksi tehdään työkalu, jolla voidaan tutkia sähköverkon kohteiden tarkastuskustannuksia, jos tarkastusvälejä pidennetään.

Kunnossapitoalueet muodostettiin keskijännitejohtolähtöjä mukaileviksi ja taajamista luotiin omat alueensa. Vuosittaiset kilometrimäärät tasattiin sekä siirtymäajalle että sen jälkeen muokkaamalla alueiden huoltovuosia. Uusien alueiden huoltovuodet määritettiin suurimilta osin mukailemaan vanhaa aluejakoa, jotta ylimääräisiä kustannuksia muodostuisi vähän. Raivauksen kustannusarvio laadittiin urakoitsijoiden keskihintojen sekä keski- ja pienjännitejohtokilometrien perusteella. Tarkastuskustannusten vertailua varten luotiin kolme tarkastusmallia ja taulukko, jossa malleja voidaan vertailla. Yksi malleista kuvaa vanhoja tarkastusvälejä ja muissa maaseutualueiden tarkastusvälejä on pidennetty.

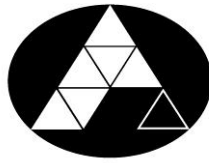
Uusia alueita muodostui yhteensä 161, joista 23 on taajama-alueita. Siirtymäajan ja tavoitekierron keskijännitejohtomäärien vuosittaiset vaihtelut saatiin tasattua vähäisiksi. Muodostuvat lisäkustannukset pysyivät sellaisella tasolla, että uusi aluejako voidaan ottaa suunnitellusti käyttöön. Työssä luotu tarkastusmallitaulukko näyttää erilaisten mallien kustannusten käyttäytymisen, mikä helpottaa uusien tarkastusvälien määrittämistä.

Tarkastuskustannusten alentamiseksi kannattaa pohtia verkostokomponenttien kuntotarkastusperusteista tarkastusväliä, jossa huomioidaan esimerkiksi kohteen tärkeys ja kuntotietoja. Työssä toimeksiantajan sähkönjakeluverkosta ja muilta verkkoyhtiöiltä kerättyjä tietoja sekä tehtyjä työkaluja kannattaa hyödyntää uusien tarkastusvälien määrittämisessä.

**Kieli**  
suomi

Sivuja 65  
Liitteet 11  
Liitesivumäärä 16

**Asiasanat**  
sähköverkot, sähkönjakelu, kunnossapito, kuntotarkastus



NORTH KARELIA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**THESIS**  
**May 2012**  
**Degree Programme in Electrical Engineering**  
Karjalankatu 3  
FIN 80200 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. 358-13-260 6412

Author  
Mika Piirainen

Title  
New Maintenance Areas for Power Distribution Network

Commissioned by  
PKS Sähkösiirto Oy

Abstract

The goal of this project was to create new maintenance areas for the PKS Sähkösiirto Oy, so that the effects of maintenance, such as clearing of routes of overhead lines could be seen as reduced interruptions in distribution of electricity. The areas had to be divided equally by the length of the medium voltage distribution network to be maintained in periods of six years. The other assignments was to implement the new areas as economically as possible and to make a cost estimate of the implementation phase, and to create a tool which helps to clarify the costs of inspections made for the distribution network when they are made with different intervals.

Maintenance areas which were located in the countryside were made to follow a distribution range of medium voltage network feeders. The other areas were drawn around population centers. Yearly variations of the lengths of medium voltage network were divided equally to six years period by carefully planning the area's maintenance year. Low implementation costs were aimed at by changing to the old system as little as possible. As the last assignment, a worksheet and three inspection programs with different intervals were created.

In total, 161 maintenance areas were created including 23 population center areas. Yearly variations of the lengths of the distribution network were small for the period of transition and afterwards. The costs of implementation of the new maintenance area system stayed well in control and the created worksheet and collected information will help restructuring inspection programs and intervals in the future.

Inspection costs could be reduced by doing the distribution networks inspections with a system, which notices the importance of the inspection target and its real condition, based on collected data and other selected parameters.

Language  
Finnish

Pages 65  
Appendices 11  
Pages of Appendices 16

Keywords  
power distribution network, maintenance, inspection

# Sisältö

1	Johdanto .....	6
2	Toimeksiantaja ja verkonrakenne .....	7
2.1	Verkon yleiskuvaus .....	7
2.2	Verkon ikä .....	8
2.3	Verkon kunto .....	9
3	Sähkönjakeluverkon kunnossapito ja tarkastus .....	10
3.1	Johtoalueen hoito .....	11
3.2	Kunnossapitoon velvoittavat lait .....	13
3.3	Tarkastukset ja tarkastusvälit .....	14
3.3.1	Kuntotarkastusvälin pituus .....	14
3.3.2	Käyttöönottotarkastus .....	15
3.3.3	Varmennustarkastus .....	15
3.3.4	Kuntotarkastukset .....	15
3.3.5	Määräaikaistarkastus .....	17
3.4	Sähkönjakelun keskeytyksiä kannattaa vähentää .....	18
3.5	Vanha kunnossapitoaluejako .....	20
3.6	PowerGrid-verkkotietojärjestelmä .....	20
4	Johtolähtökohtaiset kunnossapitoalueet .....	21
4.1	Uusien kunnossapitoalueiden suunnittelu .....	22
4.2	Uuden ja vanhan aluejaon yhteensovittaminen .....	23
4.3	Aluemuutoksen lisäkustannukset .....	24
4.4	Tarkastuskustannusten käyttäytyminen uudella aluejaolla .....	24
5	Rajausten piirtäminen .....	24
5.1	Valmiiden apugeometriarajausten tarkastus .....	25
5.2	Alueiden rajaaminen .....	26
5.2.1	Rajauksen kriteerit .....	28
5.2.2	Johtolähdön jakorajan selvittäminen .....	29
5.2.3	Alueiden sisältämät tiedot .....	30
5.3	Johtolähtökohtaisen alueen määräävä raivausvuosi .....	31
5.4	Taajama-alueen määräävä raivausvuosi .....	33
5.5	Johtomäärien hakeminen .....	34
5.5.1	Kyselyn virheellinen toiminta .....	35
5.5.2	Ongelma kyselytulosten siirrossa .....	37
5.6	Tavoitekierron raivausmäärien tasaus .....	38
5.7	Johtolähtömuutosten huomiointi .....	39
5.8	Siirtymäjän raivausmäärien tasaus .....	40
6	Alueiden muodostaminen .....	41
6.1	Näkymä verkkotietojärjestelmässä .....	41
6.2	Alueiden muodostaminen versioon .....	42
6.3	Rajauksen muuttaminen alueeksi .....	43
6.4	Alueiden nimeäminen .....	45
6.5	Päivitystarve siirtymäaikana .....	46
6.6	Tiedon kysely samanaikaisesti usealta alueelta .....	46
7	Kuntotarkastusvälien muutoksen mallintaminen .....	48
7.1	Tarkastusmallit uuteen aluejakoon .....	48
7.1.1	Vanha tarkastusmalli .....	49
7.1.2	Tarkastusmalli 1 .....	49
7.1.3	Tarkastusmalli 2 .....	50

7.2	Muiden verkkoyhtiöiden kunnossapitokäytäntöjä.....	51
8	Tulokset .....	52
8.1	Uudet alueet .....	52
8.2	Aluemuutoksen apuvälineet.....	54
8.3	Vuosittaisten vaihteluiden tasaus.....	55
8.4	Siirtymäajan raivauksen lisäkustannukset .....	56
8.5	Tarkastuskustannusten mallinnustyökalu .....	57
9	Pohdinta.....	58
	Lähteet.....	63

## Liitteet

Liite 1	PKS Sähkönsiirto Oy:n entinen kunnossapitoaluejako
Liite 2	Esimerkki poikkeavasta johtolähtökohtaisesta alueesta
Liite 3	Ote alueen raivausvuosien suunnittelutaulukosta
Liite 4	Käytetyt kyselyt ja uusien alueiden haku
Liite 5	Ohje alueiden luontiin ja muokkaukseen
Liite 6	Tarkastuskustannusmallien rakenne
Liite 7	Muiden jakeluyhtiöiden kunnossapitokäytäntöjä
Liite 8	Kartta 2012 raivattavista alueista
Liite 9	Esimerkki siirtymäajan raivaussuunnittelun aputaulukosta
Liite 10	Johtolähtökohtainen kunnossapitoaluejako
Liite 11	Ote tarkastuskustannusten mallinnustaulukosta

## 1 Johdanto

Sähkön toimitusvarmuusehdot jatkavat kiristymistään, joten jakeluyhtiöiden tarve vähentää keskeytysmääriä ja lyhentää vikojen kestoajoja kasvaa vuosittain. Keskeytyksiin vaikuttavia tekijöitä on syytä voida tarkastella luotettavilla ja todennukaisilla keinoilla, jotta korjaustoimet osataan kohdistaa oikeaan paikkaan.

Työn tarkoituksena oli muodostaa PKS Sähkön siirto Oy:lle uudet johtolähtökohdaiset kunnossapitoalueet, suunnitella näiden käyttöönotto kustannukset minimoimien ja arvioida muutoksesta aiheutuvat lisäkustannukset. Viimeisenä tehtävä oli luoda työkalu, jolla voidaan mallintaa erilaisilla tarkastusväleillä suoritettavien kuntotarkastusten kustannusten käyttäytymistä. Tarkastusvälien mallintaminen rajattiin keski- ja pienjänniteverkon (myöhemmin kj- ja pj-verkko) sekä muuntamoiden tarkastuksiin.

Toimeksiantaja suorittaa parhaillaan osittain sähköverkostaan kerättyihin kuntotietoihin perustuen laajaa kunnossapitopolitiikan päivitystä. Osana tätä projektia on päätetty siirtyä käyttämään kunnossapitoalueita, jotka noudattelevat kj-verkon johtolähtöjä. Käytössä oleva kunnossapitoaluejako ei mahdollista kunnossapitotoimien vaikutuksien luotettavaa seuranta, sillä johtolähtö voi esimerkiksi sisältää useita eri raivausvuosia. Kunnossapitotoimien, kuten raivauksen vaikutusta johtolähdöllä tapahtuviin sähköjakelun keskeytyksiin on voitava seurata nykyistä tarkemmin. Poliitiikan päivityksen yhteydessä määritetään uudelleen myös verkostokomponenttien tarkastusvälit, joiden suunnitteluun tarvitaan määräysten tuntemuksen lisäksi arvioita kustannusten muodostumisesta eri vaihtoehtoilla.

Työssä luodaan verkkotietojärjestelmään uudet kunnossapitoalueet, joiden on tarkoitus noudatella kj-verkon johtolähtöjä. Tiheimmin asutetuista alueista muodostetaan omat kunnossapitoalueensa, jotta kunnossapitoon liittyvä toimeksiantajan verkon rakenteen mukainen taajaman ja maaseudun erottelu olisi jatkossa mahdollista. Alueiden muodostaminen edellyttää syvällistä perehtymistä verkon rakenteeseen ja verkkotietojärjestelmän toimintaan. Muodostamisen yhteydes-

sä suunnitellaan raivausohjelman muutos uuteen aluejakoon vuosittaiset kjohtomäärien vaihtelut tasoittaen ja muutoksesta laaditaan kustannusarvio. Työn raportti toimii alueiden luontiprosessin ja tarkastusvälien uudelleen määrittämisen ohjeena toimeksiantajalle.

Viimeiseksi työssä luodaan menetelmä, jolla voidaan mallintaa tarkastusväli muutosten vaikutuksia tarkastuskustannuksiin uudessa aluejaossa. Tarkoitus ei ole saada määritettyä lopullisia välejä, vaan suunnitella apuvälineet niiden muodostamiseksi. Tarkastusvälien lopullisen määrittämisen avuksi selvitetään niitä koskevat lait ja määräykset sekä muiden jakeluyhtiöiden käyttämiä aikavälejä ja menetelmiä.

## **2 Toimeksiantaja ja verkonrakenne**

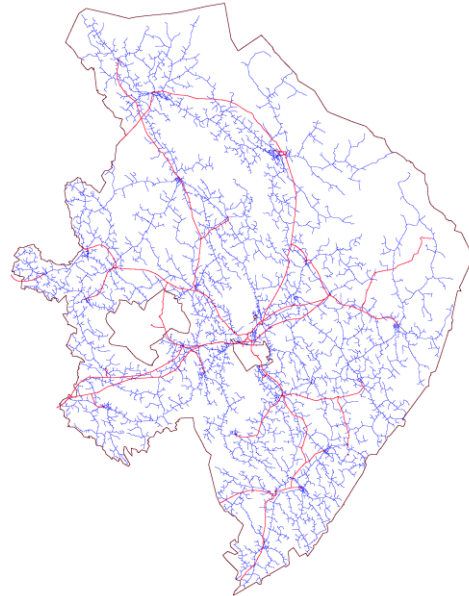
Pohjois-Karjalan Sähkö Oy (myöhemmin PKS) on vuonna 1945 perustettu energia-alan palveluyritys, jonka pääkonttori sijaitsee Joensuussa. Yhtiön liiketoiminnoista Sähkönliiketoiminta vastaa sähkön hankinnasta, tuotannosta sekä myynnistä koko Suomeen. Muita liiketoimintoja ovat tytäryhtiöt PKS Sähkönsiirto Oy (myöhemmin PKSS) ja Enerke Oy. Työn toimeksiantajan, eli PKSS:n, toimintaan kuuluvat myynnin, käytön, mittauksen ja taseen, rakennuttamisen, dokumentoinnin, maankäytön ja verkonkehityksen -toiminnot. Enerke Oy on verkostourakointiyhtiö, jolla on oma tytäryhtiönsä SLT-Consults Oy. Emoyhtiön tytäryhtiöihin kuuluu edellä mainittujen lisäksi Kuurnan Voima Oy. [1; 2.]

### **2.1 Verkon yleiskuvaus**

PKSS:n sähköverkko pitää sisällään noin 9740 kilometriä kjohtoa ja noin 11260 kilometriä pjjohtoa. Pjjohtoja vaihdettiin 90-luvulla paljon riippukierrehohdoiksi ja nykyisin ne pyritään kaapeloimaan, minkä seurauksena avojohtoja on jäljellä vain 3,1 % kokonaismäärästä. Kaikkiaan 36 sähköasemasta 28 on 110 kV:n asemia ja muuntamoita jakelualueelta löytyy 9151 kappaletta. [3.]

Kuvassa 1 on esitetty kunnittain PKS:n toimialue, johon eivät kuulu Outokumpu ja Joensuun taajama. Viereisestä kuvasta 2 nähdään sinisellä värillä PKSS:n kjo-

johdot ja punaisella jakelualueen suurjännitejohdot. Kuvasta nähdään, että kj-johdoverkosto harvenee jakelualueen pohjoisosassa, mutta on kuitenkin levittäytynyt laajalti koko toimialueelle.



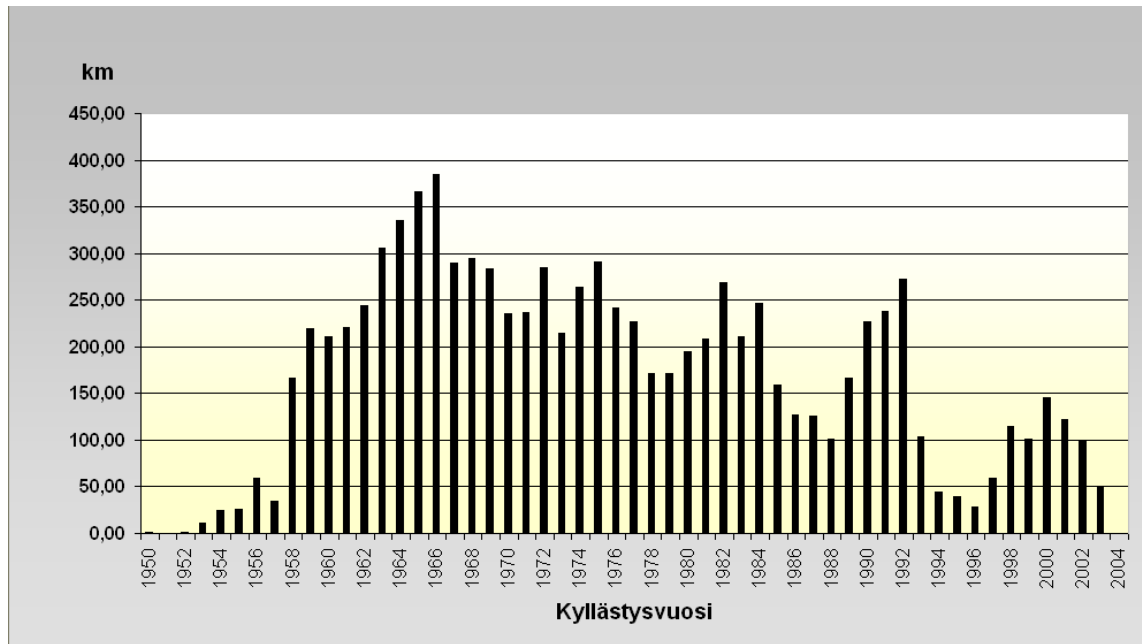
Kuva 1. PKS:n toimialue. [2.]

Kuva 2. Jakelualueen kj- ja sj-johdot.

## 2.2 Verkon ikä

PKSS:n sähkönjakeluverkon keski-ikä on korkea, sillä suurin osa verkosta on rakennettu 60–70-luvuilla. Ilmajohdon käyttöikä on 40–50 vuotta, joten suuri osa verkostosta tulee saneerattavaksi lähivuosien aikana. [4.] Kuviossa 1 on esitetty ilmajohdoverkon pituudet pylväiden kyllästysvuosiin nähden.





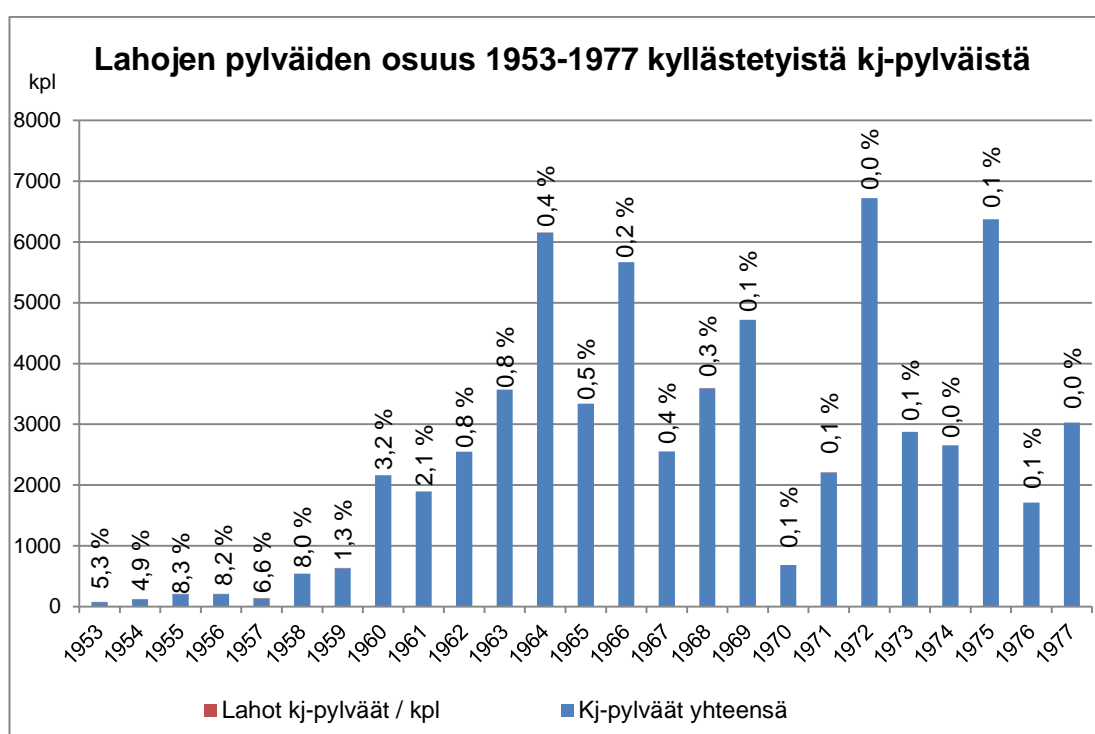
Kuvio 1. PKSS:n ilmajohtoverkon rakennusvuosijakauma. [4.]

Yhtiön sähköverkon pituus asiakasmäärään nähden on suuri ja sähkönsiirtomatkat pitkiä. Sähköverkkoa on pidettävä kunnossa, mutta sähköenergiaa kuluttavien, eli siirtomaksuja maksavien, asiakkaiden määrä maaseudulla vähenee väestön muuttaessa taajamiin tai kokonaan pois Pohjois-Karjalasta. [5.] Tulevaisuuden näkymät väestömäärän muuttoennusteiden suhteen kertovat tämän tilanteen heikkenemistä entisestään lähivuosikymmenien aikana [6].

### 2.3 Verkon kunto

PKSS on kerännyt sähköverkostaan kattavat kuntotiedot ja tallettanut ne käyttämäänsä verkkotietojärjestelmään. Kuntotarkastuksista koko pj-verkon pylväiden iästä riippumaton tarkastus suoritettiin vuosina 2006–2011 ja koko kj-verkko on tarkastettu nykyisen kunnossapitopolitiikan mukaisesti jo kaksi kertaa, joten kj-verkossa on meneillään kolmas tarkastuskierros. Tämä tarkoittaa käytännössä, että yhtiöllä on varsin tarkat tiedot sähköverkkonsa kunnosta ja että suurin osa tarkastuksissa ilmenneistä vioista sekä puutteista on jo korjattu. [7.] Vuonna 2011 noin 11 % tässä työssä käytettyjen johtolähtöjen sähkönjake-lunkeskeytyksistä johtui rakennevioista [8].

Tarkastuksissa kerättyjen tietojen perusteella verkossa on vain vähän lahoja pylväitä, vaikka ikää verkolle onkin jo kertynyt [7]. Kuviossa 2 esitetään PKSS:n verkon kyllästysvuosiltaan vanhimpien kj-pylväiden määrät ja näihin vuosiin kohdistettu lahojen pylväiden osuus. Lahoista pylväistä kannattaa pitää huolta ja verkkoa tarkastaa, sillä ruostuneen haruksen ja lahon yhteisvaikutuksesta kaatuneen pylvään verkkoyhtiölle aiheuttamat kustannukset voivat olla 5–10-kertaiset verrattuna siihen, että ruostunut harus olisi korjattu ajoissa [9].



Kuvio 2. Lahojen osuus kaikista 1953–1977 kyllästetyistä kj-pylväistä. [10.]

### 3 Sähkönjakeluverkon kunnossapito ja tarkastus

Sähköverkon käyttöikä on useita kymmeniä vuosia, joten kunnossapito liittyy olennaisesti laitteiston toimintakyvyn säilyttämiseen. Haltijalle sähköverkon arvo on suuri, joten tätä omaisuutta on hallittava huolella. Tätä kutsutaan verkosto-omaisuuden hallinnaksi, jolla tarkoitetaan verkoston kehittämisen, ylläpidon, ja käytön periaatteita ja toimintamalleja. Sähköverkon kunnossapito on yksi kolmesta omaisuuden hallinnan päätoiminnosta. Muita toimintoja ovat verkon käyttö ja -kehittämissuunnittelu. Kunnossapidon rooli verkosto-omaisuuden hallin-

nassa on tärkeä. Sen tavoitteena on pitää verkosto ja sen lukuisat komponentit käyttökuntoisina koko elinkaaren ajan. Kunnossapitotoimilla pyritään myös turvaamaan häiriötön sähkönjakelu asiakkaille ja varmistamaan sähkölaitteiston turvallisuus sekä pitkällä aikavälillä minimoimaan verkon kokonaiskustannuksia. [11, s. 216–228; 12, s. 44.]

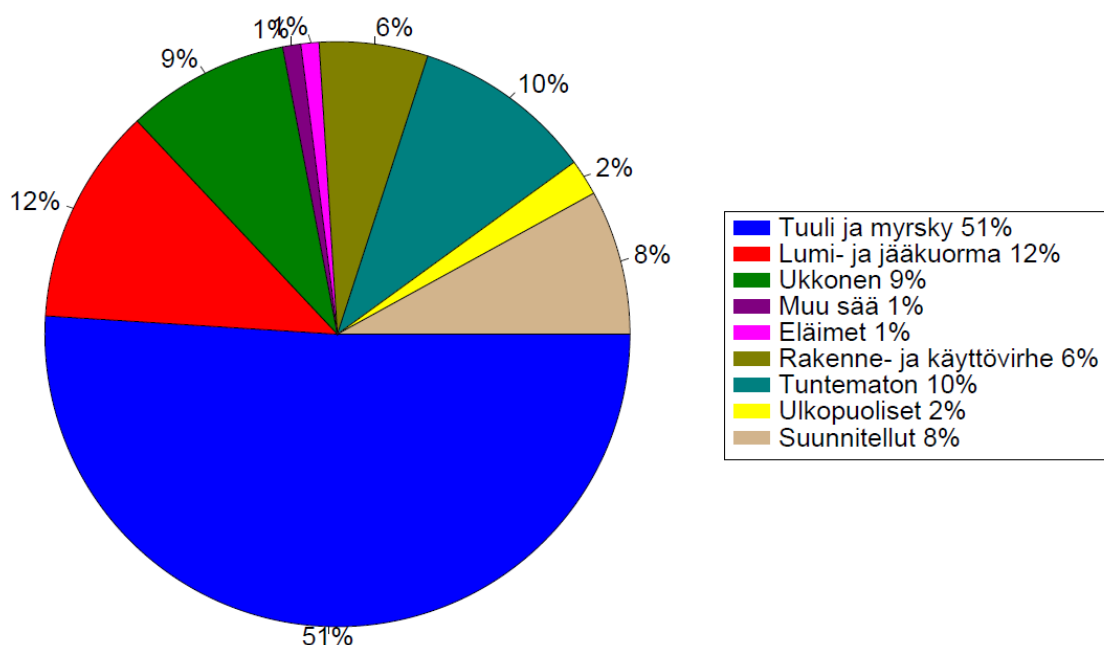
Kunnossapito voi olla joko ehkäisevää tai korjaavaa kunnossapitoa. Ehkäisevän kunnossapidon tarkoitus on pyrkiä säilyttämään verkoston komponentit toimintakuntoisina, mutta sen rinnalle tarvitaan myös korjaavaa kunnossapitoa, sillä aina komponenttien vikaantumisen estäminen ei ole mahdollista. Ehkäisevä kunnossapito jaetaan aikaperusteiseen ja kuntotilan seurantaan perustuvaan kunnossapitoon, joista kunnossapidon toteutukseen käytetään nykyisin yleisemmin viimeksi mainittua tapaa. Tarkasti suunnitellut ja käytännössä toimivaksi todetut kunnossapitovälit vähentävät korjaavan kunnossapidon tarvetta ja verkon kokonaiskustannuksia, mutta liiallinen ehkäisevä kunnossapito voi myös lisätä niitä. [11, s. 228–230.]

Sähköverkon kunnossapitoon liittyy monta yhtäaikaista toimintoa, joita ovat esimerkiksi raivaus, tarkastukset ja ennakoivat kunnossapitotyöt [13, s. 6]. Tässä luvussa käsitellään sähkönjakeluverkon kunnossapitoon velvoittavia lakeja ja määräyksiä sekä näiden vaatimia kuntotarkastusvälejä. Lisäksi kerrotaan tarkemmin verkolle tehtävistä tarkastuksista ja raivauksesta sekä näiden toteutuksesta PKSS:ssa päivittämättömän kunnossapitopolitiikan mukaisesti. Luvussa kerrotaan myös toimeksiantajan käyttämästä verkkotietojärjestelmästä ja esitellään tarkemmin yksi sähkönjakelunkeskeytysten vähentämistä jakeluyhtiöiltä edellyttävistä seikoista.

### **3.1 Johtoalueen hoito**

Suurin osa sähkönjakelunhäiriöistä aiheutuu johtokadulle kaatuvista puista tai langoille lentävistä oksista [14, s. 5; 15]. Tämän vuoksi johtokadusta ja sen ympäristöstä huolehtiminen on verkkoyhtiöille tärkeää ja huollon merkitys korostuu varsinkin suurhäiriötilanteissa, kuten myrskyjen ja tykkylumen aikaan [7]. Johtoalueen hoidon tärkeyttä voidaan perustella myös seuraavasta kuviosta 3, jossa esitetään vuonna 2010 tapahtuneet kj-verkon sähkönjakelunkeskeytysaikojen

aiheuttajat. Jälleenkytkentöjä ei ole laskettu mukaan vertailuun [16, s. 3]. Peräti 63 % sähköjakelunkeskeytysajasta oli lumen, jään, tuulen tai myrskyn aiheuttamaa. Laskuissa mukana olleen 79 verkonhaltijan yhteenlaskettu kj-verkon pituus on 135 687 km, josta 52 % on metsässä olevia avojohtoja. [16, s. 1.]



Kuvio 3. KJ-verkon sähköjakelunkeskeytysaikojen aiheuttajat. [16, s. 4.]

PKSS:ssa KJ- ja PJ-johtokadun pohjapuuston raivaus tehdään kuuden vuoden välein liitteen 1 mukaisen aluejaon perusteella, ja se toteutetaan yhdessä akuutin oksinnan kanssa kesäkaudella. Raivauksen yhteydessä merkataan myös poistettavat reunapuut. Johtokadun levitys sekä ei-akuutti oksinta suoritetaan nykyisen kunnossapitopolitiikan mukaisesti seuraavan vuoden huhtikuun loppuun mennessä. Koneellista oksintaa tehdään johtolähdöittäin maasta ja ilmastasta käsin yhteensä noin 400 km vuodessa. [17, s. 8; 18.]

Ilmajohdojen toimintavarmuuden parantamiseen liittyen, Energiategollisuus ry:n verkkovaliokunta on käynnistänyt johtoalueen vierimetsien hoidon tehostamiseen tähtäävän selvityshankkeen, joka pohjautuu Metsätalouden kehittämisskeskuksen Tapion luomaan hankesuunnitelmaan. PKSS:n suunnittelija Arto Tuovinen toimii yhtenä hankkeen valmisteluryhmän jäsenistä. Yksi hankkeen tavoitteista on selvittää entistä monipuolisemmin ennalta ehkäisevien toimien

taloudellisia vaikutuksia sekä niiden metsänomistajille aiheuttamia haittoja ja kustannuksia. Selvitystä tehdään metsänhoito- ja hakkuutoimenpiteiden simulointien sekä pilottihankkeiden avulla. Näiden pohjalta pyritään luomaan perusteet reunametsän metsänhoito- ja hakkuutoimenpiteistä aiheutuville korvauksille maan eri osissa. PKSS on jo käynnistänyt vierimetsien hoidon pilottiprojektin yhdessä Pohjois-Karjalan Metsänhoitoyhdistyksen kanssa. Pilotin tavoitteena on käsitellä yhteensä noin 60 kilometriä johtokatua ja ensimmäiset projektin vaatimuksiin perehdytetyt urakoitsijat aloittavat työnsä kesän 2012 alussa. [18.]

### 3.2 Kunnossapitoon velvoittavat lait

Sähkönjakeluverkon kunnossapitoon velvoittavat Sähköturvallisuuslaki 410/1996 ja Sähkömarkkinalaki 386/1995. Sähkömarkkinalain toteutumista valvoo Energiamarkkinavirasto (myöhemmin EMV) ja Sähköturvallisuuslain toteutumista Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (myöhemmin TUKES) [19]. Kauppa- ja teollisuusministeriön (myöhemmin KTM) asettamia määräyksiä sähkönjakeluverkolle tehtävistä tarkastuksista käsitellään myöhemmin luvussa 3.3. Kaikki sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta Suomessa koskevat standardit on lueteltu TUKESin ohjeessa S10 / 2011 [20].

Kaikkia sähkölaitteistoja on huollettava koko käyttöiän läpi niin, ettei niistä aiheudu vaaraa. Sähkölaitteistojen turvallisuuden tasosta Sähköturvallisuuslain 410/1996 5. § sanelee seuraavaa:

Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä; sekä
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.

Jos sähkölaite tai -laitteisto ei täytä 1 momentin edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille eikä ottaa käyttöön. [21.]

Sähkömarkkinalain 386/1995 9. § verkonkehittämisvelvollisuudesta sanelee asiakkaille hyvälaatuisen sähkön toimitusvelvollisuudesta ja sähköverkon ylläpidosta seuraavaa:

Verkonhaltijan tulee ylläpitää, käyttää ja kehittää sähköverkkoaan sekä yhteyksiä toisiin verkkoihin asiakkaiden kohtuullisten tarpeiden mukaisesti ja turvata osaltaan riittävän hyvälaatuisen sähkön saanti asiakkaille (verkon kehittämisvelvollisuus). [22.]

### **3.3 Tarkastukset ja tarkastusvälit**

Sähkönjakeluverkkoa tarkastetaan monella tavoin ja tarkastuksia tehdään heti rakentamisen jälkeen sekä ennalta määrätyin välein koko verkon käyttöiän ajan. PKSS:n kunnossapitopolitiikassa tarkastukset on jaettu käyttöönotto-, varmenus-, kunto-, peruskunto- ja määräaikaistarkastuksiin [17, s. 4]. Jotkin tarkastuksista saavat suorittaa vain viranomaisten määrittelemät tahot ja osan verkkoyhtiö voi tehdä itse [23]. Tarkastuksen suorittava taho kerrotaan tarkemmin tarkastusmuotojen yhteydessä.

#### **3.3.1 Kuntotarkastusvälin pituus**

KTM on jakanut sähkölaitteistot päätöksessään 517/1996 kolmeen eri luokkaan, jotka ovat 1, 2 ja 3, ja lisäksi nämä on jaettu alaluokkiin a, b ja c. Sähköverkko-yhtiöiden jakeluverkko kuuluu tämän jaottelun perusteella luokkaan 3c. Sähkönjakeluverkolle on KTM:n päätöksen 517/1996 11. § mukaisesti laadittava ennalta sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. [23.]

Työn aikana perehdyttiin myös voimassa oleviin standardeihin kuntotarkastustiheyttä silmällä pitäen, mutta näissä ei määritely sähköjakeluverkon komponenteille pisintä sallittua tarkastusväliä, maadoitusmittauksia lukuun ottamatta [24, s. 78; 25]. Selvitystä tehtiin toimeksiantajalle syksyllä 2012 uudelleen määritettävien kj- ja pj -johdon sekä muuntoasemien tarkastusvälien osalta.

Koska käytössä olevat standardit eivät määrittele sähköjakeluverkolle maksimikuntotarkastusvälejä, voivat verkkoyhtiöt tehdä tämän itse. Tarkastusvälit on kuitenkin määriteltävä sähköverkolle laaditussa kunnossapito-ohjelmassa ja niiden on täytettävä toiminnallisuudeltaan laitteiston kunnon ja sähköturvallisuuden valvonnan toteutumiseen liittyvät seikat. Vanhoissa standardeissa määriteltiin riittävänä pidetyt tarkastusvälit jänniteportaittain. Näitä voidaan pitää oh-

jenuorana, mutta käytännössä jo nykyiset välit ovat osittain näitä pidempiä. Jos pidentämistä kuitenkin ajatellaan standardeista poikkeamisena, on turvallisuustason täytyminen uusilla väleillä voitava osoittaa. [25.] Pidennetyt välit on siis syytä hyväksyttävä valtuutetulla tarkastajalla tai tarkastuslaitoksella [25], sillä KTM:n päätöksen 1196/1999 pykälien 3 ja 4 mukaisesti sähköturvallisuusvaatimusten katsotaan täytyvän vain, kun kaikki sähköturvallisuusviranomaisen listaamat sovellettavat standardit täyttyvät [26].

### **3.3.2 Käyttöönottotarkastus**

KTM:n päätöksen 517/1996 3. § mukaisesti sähkönjakeluverkolle on tehtävä käyttöönottotarkastus, jossa selvitetään riittävän laajasti että sähköturvallisuuslain 410/1996 5. § laitteiston sähköturvallisuuden tasolle asettamat ehdot täyttyvät [21; 23]. Käytännössä tarkastuksella varmistetaan rakennetun sähkönjakeluverkon turvallisuus ja PKSS:ssa tarkastuksen suorittaa urakoitsija [17, s. 4].

### **3.3.3 Varmennustarkastus**

Käyttöönottotarkastuksen lisäksi uudelle sähkönjakeluverkolle on tehtävä sähköturvallisuuden varmistamiseksi varmennustarkastus rakennusvuodesta seuraavan kalenterivuoden aikana. Tarkastus on suoritettava myös nimellisjännitteeltään yli 1000 V oleviin sähkölaitteistoihin tehtyjen muutostöiden jälkeen. Sähkönjakeluverkolle varmennustarkastuksen voi tehdä valtuutettu laitos tai tarkastaja, ja tarkastuksesta on laadittava laitteiston haltijan käyttöön tarkastustodistus. [23.]

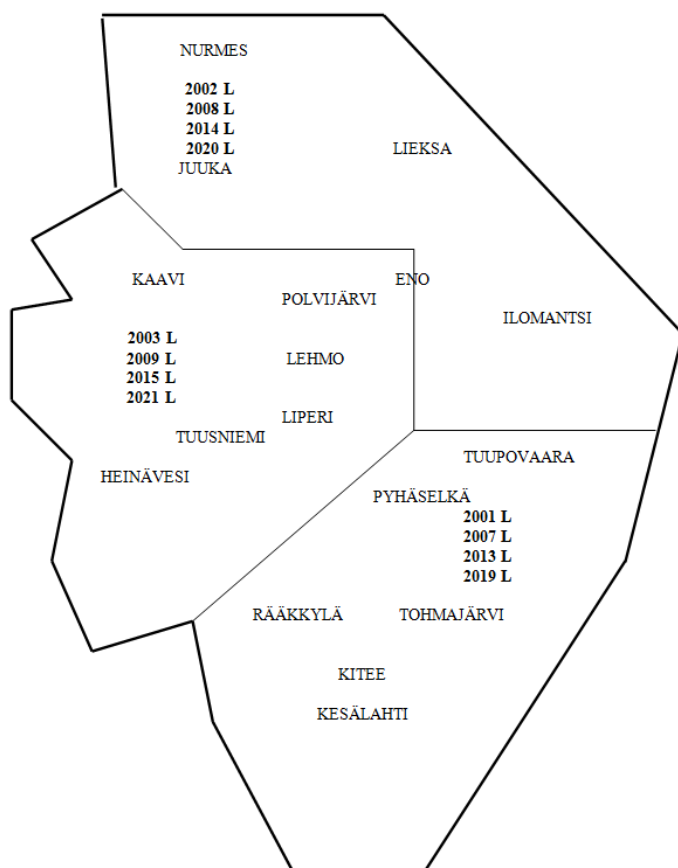
### **3.3.4 Kuntotarkastukset**

Sähkölaitteiston haltija on KTM:n päätöksen 517/1996 10. § mukaisesti veloitettu huolehtimaan laitteistonsa kunnan ja turvallisuuden tarkkailusta sekä havaittujen puutteiden ja vikojen riittävän nopeasta poistamisesta. Näiden vaatimusten täyttämiseksi sähkönjakeluverkolle ja sen komponenteille tehdään kunnossapito-ohjelmassa mainituin määräajoin kuntotarkastuksia. [17, s. 3; 23.]

PKSS:n sähköverkkoa tarkastetaan kunnossapito-ohjelman mukaisilla aikaväleillä. Tarkastuskierto kulkee vuoden raivauskiertoa jäljessä, jotta raivausjäljen laatua voidaan valvoa tarkastuksen yhteydessä. Sekä kunto- että peruskunto-tarkastukset tehdään pylväiden kyllästysvuoden perusteella. Käyttöönottotarkastusta seuraava, ensimmäinen kuntotarkastus suoritetaan uusille kohteille rakentamista seuraavan kalenterivuoden aikana. Tämän jälkeen kuntotarkastus tehdään kuuden vuoden välein maasta käsin sekä kj- että pj-verkolle liitteen 1 mukaisen aluejaon mukaisesti. Tarkastus suoritetaan 25–39-vuotiaille pylväille. Peruskunto- eli lahotarkastus tehdään aluekierron mukaisesti niin ikään kj- ja pj-verkkojen 40-vuotiaille ja tätä vanhemmille pylväille. Kuntotarkastuksien yhteydessä verkkotietojärjestelmän maastotietokoneelle kerätään verkostokohteen rakenne-, sijainti- ja kuntotiedot, jotka siirretään tarkastuksien jälkeen verkkotietojärjestelmään. [17, s. 6–7, 12–13, 16.]

Muuntamot ja erottimet tarkastetaan maasta käsin kuuden vuoden välein samalla tarkastusaluekierrolla kuin kj- ja pj-johdot [17, s. 6–7]. Jakelualueen kj-verkko tarkastetaan myös lentämällä kuuden vuoden välein, kuvassa 3 näkyvän aluejaon mukaisesti. Jakelualueesta lennetään 1/3 kerrallaan ja tarkastuslaatu on tarkoitettu lähinnä akuuttien vikojen havaitsemista, muuntamoiden karkeaa tarkastusta ja raivauslaadun valvontaa varten. [17, s. 17, 20, 22.]





Kuva 3. Vanha lentotarkastuskierto. [17, s. 18.]

### 3.3.5 Määräaikaistarkastus

Käsitellyt lait ja määräykset edellyttävät, että sähköverkoston laitteiden huolto- ja kunnossapitotoimiin liittyvät kuntotarkastukset tehdään huolto- ja kunnossapitosuunnitelman mukaisesti [17, s. 3]. Huolto- ja kunnossapito-ohjelmien toimien toteutumista valvovat KTM:n päätöksen 517/1996 12. § mukaisesti sähköjaka- luverkon osalta viranomaiset, viiden vuoden välein tehtävien määräaikaistarkas- tusten avulla. Sähköjaka-luverkon määräaikaistarkastuksen voi suorittaa vain valtuutettu laitos tai tarkastaja, ja tarkastuksesta on laadittava verkon haltijalle tarkastuspöytäkirja. [23.]

Määräaikaistarkastuksen sisällöstä KTM:n päätös 517/1996 13. § sääntelee seuraavaa:

Määräaikaistarkastuksissa tulee riittävässä laajuudessa pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistua siitä, että

- 1) sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet,
- 2) sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä ja
- 3) sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat. [23.]

### **3.4 Sähkönjakelun keskeytyksiä kannattaa vähentää**

Energiamarkkinavirasto (myöhemmin EMV) valvoo sähköverkonhaltijoiden verkkotoiminnan hinnoittelua ja sen kohtuullisuutta Sähkömarkkinalain (386/1994) mukaiseen etukäteiseen valvontaan perustuen. Valvonta toteutetaan neljän vuoden pituisilla valvontajaksoilla, joista tällä hetkellä on meneillään kolmas jakso (1.1.12–31.12.2015). Valvontajakson aikana verkonhaltija saa vuosittain lokakuun loppuun mennessä EMV:n suorittamat laskelmat sähköverkkotoiminnan kohtuullisesta tuotosta, toteutuneesta ja oikaistusta maksimi tuloksesta, riittävän investointitason toteutumisesta ja voitonjakoluonteisien erien toteutumisesta. [27, s. 1–4.]

Ennen valvontajakson alkamista EMV on Sähkömarkkinalain 38 a § 1 momentin 1 mukaisesti velvollinen vahvistamaan verkonhaltijalle päätöksellään verkkotoiminnan tuoton ja siirtopalvelusta perittävien maksujen määrittämiseksi käytetyt valvontamenetelmät. Päätöstä kutsutaan vahvistuspäätökseksi ja se on annettava ennen valvontamenetelmien käyttöönottoa erikseen jokaiselle verkonhaltijalle. Mainittujen menetelmien perusteella EMV laskee vuosittain verkonhaltijoiden kohtuullisen tuoton ja toteutuneen oikaistun tuloksen, joista lasketaan verkkotoiminnan tuoton yli- tai alijäämä valvontajakson aikana. [27, s. 3–4.]

Verkkoyhtiöiden täytyy ottaa vahvistetut menetelmät huomioon siirtopalveluista perittävien maksujen muodostamisessa ja jokaiselle sähköverkonhaltijalle määrittellään sähköverkkoliiketoiminnan katto, jonka yli tuotot eivät saa mennä. Jos valvontajakson toteutunut, oikaistu tulos ylittää kohtuullisen tuoton määrän, on verkonhaltijan palautettava ylijäämä asiakkaille siirtohintoja alentamalla viimeistään seuraavan neljän vuoden valvontajakson aikana. [27, s. 50–52; 28.]

Valvontamenetelmien yhtenä tarkoituksena on kannustaa ja ohjata verkonhaltijaa kehittämään sähkönsiirron laatua. Yhtenä valvontamenetelmänä toimii laa-

tukannustin, joka otetaan huomioon verkonhaltijan toteutuneen oikaistun tuloksen laskennassa. Kolmannella valvontajaksolla lasketaan huomioitava laatukannustimen vaikutus suuntaan tai toiseen voi olla enintään kaksi prosenttia verkonhaltijan kyseisen vuoden kohtuullisesta tuotosta. Laatukannustin huomioidaan vähentämällä kyseisen vuoden rahan arvoon korjatusta maksimi liikevoitosta tai -tappiosta verkonhaltijan keskeytyskustannusten vertailutason ja toteutuneiden laskennallisten keskeytyskustannusten välinen erotus. Laatukannustin saadaan laskettua, kun verkonhaltijoille vuosittain määritetystä KAH-arvon vertailutasosta vähennetään kyseisenä vuonna toteutuneet lasketut KAH-kustannukset. [27, s. 38–39, 41–42; 28.]

Laatukannustimessa tarkastellaan siis sähkötoimituksen keskeytyksistä verkonhaltijan asiakkaille aiheutuneen haitan kustannuksia eli KAH-arvoa. Käyttönotetussa EMV:n valvontamallissa KAH-arvon merkitys verkonhaltijalle korostuu huomattavasti, sillä jos keskeytyksiä on paljon, niin suurimman sallitun tuoton raja alenee vastaavalla euromäärällä aina laatukannustimen ylärajaan saakka. Toisin sanoen, riski suurimman sallitun tuoton rajan ylittämisestä ja siirtomaksujen alentamisesta seuraavassa valvontajaksossa kasvaa, jos KAH-arvo kasvaa tai on suuri. [27, s. 41–42, 50–52; 28.] Siirtomaksutulojen pienentyminen vähentää myös sähköverkon ylläpitoon ja investointeihin käytettävissä olevia varoja.

PKSS:n verkostostrategian mukainen tavoite on puolittaa KAH-arvo ja pienentää verkoston vikamääriä 40 % vuosien 2007–2035 välisenä aikana. Tavoitteiden saavuttamiseksi yhtiö on ryhtynyt toimiin lisäämällä verkostoautomaation määrää, päällystettyjen kj-johtojen käyttöä ja maakaapelointia, siirtämällä sähköverkkoa teiden varsille ja erottamalla taajamien sähköverkkoja maaseutualueista oman päämuuntajan avulla. [29.] VTT:n vuonna 2007 teettämän tutkimuksen mukaan edellä luetellut toimet ovat myös keinoja, joilla otetaan sähköverkkojen suunnittelussa ja rakentamisessa parhaiten huomioon ilmastonmuutoksen aiheuttamat vaikutukset [30, s. 100–101]. Sähkönjakelun keskeytysten määriin PKSS:ssa vaikutetaan myös jännitetyötä lisäämällä, häiriönhoitoa tehostamalla sekä parantamalla johtokadun ja sen lähiympäristön hoitoa [29]. Mikäli lakiesitys sähkönjakelun toimitusvarmuuden ehtojen kiristymisestä tulee nykyisessä muo-

dossaan voimaan, joudutaan keskeytyksiin vaikuttavia toimia tehostamaan entisestään myös PKSS:ssa. Käytännössä tämä tarkoittaa esimerkiksi taajama-alueiden maakaapeloinnin toteuttamista nykyistä huomattavasti nopeammalla aikataululla. [31; 32.]

### **3.5 Vanha kunnossapitoaluejako**

Liitteestä 1 nähdään toimeksiantajan vanha kunnossapitoaluejako sekä raivaus- ja tarkastuskierto. Jako muodostettiin, kun yhtiön toiminta oli nykyistä vahvemmin hajautettuna maakuntien toimipisteisiin. Maakuntien piiriesimiehet jakoivat vastuu-alueensa sähköverkon erilaisiin kunnossapitoalueisiin. Näistä jaoista jakelualueelle muodostui yhteensä 104 erilaista kunnossapitoaluetta, jotka oli nimetty kuudelle eri vuodelle jakautuvaksi tunnuksilla 1A, 2A, 3A, 1B, 2B ja 3B. Alueet siirrettiin verkkotietojärjestelmään yksitellen piirtäen vuonna 2004. [7.]

Kunnossapitoalueita ei ole piirretty kaikilta osin jakelualueen rajoja myötäileviksi ja osa aluerajoista kulkee toistensa yli tai väleihin on jäänyt rakoja. Tekoajan mukaisista määrittelyperusteista johtuen alueet eivät noudatelleet johtolähtöjä, jolloin johtolähtö saattoi sijaita usealla eri kunnossapitoalueella. Aluejako on muilta osin ollut toimiva ja vuosittaiset johtomäärien vaihtelut ovat olleet riittävän pieniä. [7.] Raivausurakoitsijoiden näkökulmasta vuosittain ohjelmaan tulevien alueiden maantieteellinen sijainti on jakautunut tasaisesti koko jakelualueelle, jolloin töitä on riittänyt tasaisesti koko kuuden vuoden kierron ajalle. [18.]

### **3.6 PowerGrid-verkkotietojärjestelmä**

PowerGrid (myöhemmin PG) on ohjelman tuottajan Tieto Finland Oy:n käyttämää nimitystä lainaten verkko-omaisuuden hallintajärjestelmä [33, s. 3]. Ensimmäisen PG:n version otti käyttöön Fortum Sähkönsiirto Oy keväällä 2003 [33, s. 3] ja PKS Oy:lle ohjelmisto hankittiin vuonna 2004 [7]. Ohjelmisto koostuu useista eri moduuleista, joiden käyttö ja lukumäärä riippuvat asiakkaasta. Käyttöliittymä koostuu karkeasti kuvaten erilaisista toiminnallisuuspainikkeista, valikoista sekä välilehdistä [33, s. 3].

PG on rakennettu Smallworld GIS -alustalle, joka on maailman laajuinen markkinajohtaja verkko-omaisuuden hallintajärjestelmien perustajana. Lyhenne GIS tarkoittaa tiedon käsittelyjärjestelmää, joka käsittelee maantieteellistä tietoa. Järjestelmä perustuu relaatiotietokantaan, johon voidaan tallentaa kaikki tarpeelliset tiedot esimerkiksi järjestelmän käyttäjistä, asiakkaista, verkosta ja taustakartasta. Eri tietoja sekä kohteita saadaan näkyville valitsemalla käyttöön halutut näkymät. Tietokannan tietoja voidaan hakea järjestelmästä, alueilta tai apugeometriaviiva (myöhemmin apugeometria) -rajauksen sisältä muodostamalla ja suorittamalla halutut kriteerit omaavia kyselyitä. Kohteiden kokonaismäärän tai hakukriteerin avulla rajattu haku on mahdollista tehdä myös haettavan kohteen Lomake-kentän kautta. [33, s. 3–4.]

#### **4 Johtolähtökohtaiset kunnossapitoalueet**

PKSS:ssa on meneillään laaja kunnossapitopolitiikan päivitys, joka aloitettiin vuonna 2009 [7]. Poliitiikan päivityksen yhteydessä yhtiössä on päätetty siirtyä käyttämään johtolähtökohtaisia kunnossapitoalueita sähköverkon huollossa, jotta kunnossapitotoimien seurattavuus täyttäisi yhtiön sille asettamat vaatimukset myös tulevaisuudessa. Uuden EMV:n valvontamallin myötä sähköjakeluyhtiöiden on erittäin tärkeää pystyä seuraamaan kaikkia sähköjakelun keskeytyksiin vaikuttavia tekijöitä mahdollisimman tarkasti, jotta keskeytysmääriä ja niiden kestoajoja saadaan pienemmäksi [5]. Toimeksiantajalla nykyisin käytössä oleva kunnossapitoaluejako ei mahdollista johtolähdöllä tapahtuvien sähköjakelun keskeytysten, eli vikamäärien yhdistämistä sähköverkon kunnossapito- ja huoltotoimien vaikutuksiin riittävän todenmukaisella tasolla. Pitkään käytössä olleen aluejaon myötä sähköverkosto on osittain kasvanut aluerajojen yli ja lisäksi yksittäisellä johtolähdöllä voi olla useita eri huoltovuosia, mikä tarkoittaa käytännössä esimerkiksi eri vuosina tapahtuvaa johtoalueen pohjapuuston rai-vausta.

Verkon tarkastuksien ja kunnossapitoinvestointien myötä, on katsottu ajankohtaiseksi määrittää uudelleen kuntotarkastusvälit kj- ja pj-johdoille sekä muuntoasemille, jotta eri verkostokohteiden tarkastuksista saatava hyöty ja siitä syntyvät kustannukset saadaan optimoitua. Päätökset lopullisista tarkastusvälimuu-

toksista tehdään syksyyn 2012 mennessä, mutta tarkastusväleihin kohdistuvien muutoksien vaikutuksia on voitava tarkastella luodulle aluejaolle sovitettuna jo aiemmin. Tarkastusvälien muutoksien yhteydessä tullaan todennäköisesti myös muuttamaan tarkastusmenetelmien suhdetta esimerkiksi kj-johdolla, eli vähentämään maasta tehtävän tarkastuksen määrää korvaamalla tätä lentotarkastuksella.

#### **4.1 Uusien kunnossapitoalueiden suunnittelu**

Ensimmäiseksi työssä muodostetaan toimeksiantajalle uudet johtolähtöjä mukailevat kunnossapitoalueet kuuden vuoden huoltokierrolle sovitettuna. Lisäksi suunnitellaan näiden käyttöönotto toteutuskelpoiseksi lisäkustannukset minimoiden. Ensiksi suunnitellaan tulevan aluejaon tavoiteraivauskierto vuosille 2018–2024, sitten siirtymäajan vuosien 2012–2017 raivauksen toteutus ja viimeiseksi uuteen aluekiertoon sovitetaan kuntotarkastusohjelma vuodesta 2013 alkaen.

Muodostettavien alueiden rajat tulee piirtää tarvittaessa jakelualueen ulkoreunoille saakka ja näiden tulee kulkea mahdollisuuksien mukaan kaukana nykyisestä verkosta. Ensisijaisesti rajojen tulee mukailla verkkotietojärjestelmästä näkyville saatavia kj-johtolähtöjen jakorajoja sekä näiden lähtöjen pj-verkkoa. Alueet piirretään aivan vierekkäin, jotta vanhassa aluejaossa alueiden välillä paikoittain esiintyviä rakoja tai päällekkäisyyksiä ei muodostu.

Uuden johtolähtökohtaisen alueen luonnin yhteydessä sille ja kaikille sisälle jääville vanhojen alueiden osille määritellään tuleva raivausvuosi. Koko johtolähtökohtaisen alueen raivausvuosi määrätään ensisijaisesti sen sisälle jääneen osan perusteella, joka tulisi vanhan jaon mukaisesti raivatuksi aikaisimmin. Kun koko jakelualueen johtolähtökohtaiset alueet on saatu muodostettua, tasoitetaan vuosittaiset kj-johtokilometrien vaihtelut ja tehdään lopulliset lisäraivaussuunnitelmat tavoitekierron saavuttamiseksi 2018 alkaen.

Tiheimmistä asutuskeskuksista muodostetaan omat alueensa, sillä näiden alueiden tekeminen johtolähtökohtaiseksi olisi käytännössä hankalaa tiheän sähköverkon ja taajamien useiden johtolähtöjen vuoksi. Muualla kuin edellä maini-

tuilla taajama-alueilla tapahtuvasta, johtolähtökohtaisesta aluerajauksesta suurempi poikkeaminen sovitaan työn valvojan kanssa erikseen ja poikkeamat kirjataan tarvittaessa ylös. Taajama-alueiden tuleva raivausvuosi määräytyy aikaisimman raivausvuoden omaavan alueen sisälle jääneen osan mukaisesti.

Ennen kokonaan uusien alueiden luomista tutkitaan kesällä 2011 muuhun käyttöön tehtyjen, johtolähtöjä mukailevien apugeometriarajausten soveltuvuutta uusien kunnossapitoalueiden rajoiksi. Uusien alueiden tulee olla syötettynä verkkotietojärjestelmään maaliskuun 2012 loppuun mennessä, jotta kyseisen vuoden pohjapuuston raivaukset ehditään tilata urakoitsijoilta ajoissa. Raivausurakoitsijoiden näkökulmasta lopullisen raivauskierron vuosittaiset kjohtomäärät olisi hyvä säilyttää lähes entisillä sijoillaan, jotta tietyn toimialueen metsäpalvelu-urakoitsijalle riittäisi tasaisesti töitä koko kierron ajalle. Tätä toivota ei kuitenkaan käytetä lähtökohtana uuden aluejaon suunnittelussa.

#### **4.2 Uuden ja vanhan aluejaon yhteensovittaminen**

Uusien kunnossapitoalueiden muodostamisen yhteydessä suunnitellaan uuden ja vanhan raivausohjelman yhteensovittaminen aluejaon muuttuessa. Nykyisen ja uuden raivausohjelman yhteensovittaminen tulee suunnitella siten, että muutovaiheesta aiheutuvat kustannukset saadaan minimoitua. Myös nykyistä tarkastusohjelmaa mallinnetaan uuden aluejaon mukaiseksi. Muutosvaihetta suunniteltaessa on oltava tarkkana, jotta kaikki vanhojen alueiden johto-osat tulevat raivatuiksi enintään kuuden vuoden välein. Johtokadun pohjapuusto ei saa päästä kasvamaan liian pitkäksi. Kuitenkin pienien, muutosvaiheessa erikseen raivattavien johto-osuuksien kohdalla voidaan tapauskohtaisesti erikseen sovittuna harkita raivausvälin pidentämistä yhdellä vuodella.

Tulevaisuudessa johtolähdöillä tapahtuvien muutoksien lisääminen tulee huomioida työtä tehdessä ja jo työn aikana on kiinnitettävä huomiota alueiden päivitysmahdollisuuksiin tulevaisuudessa. Kaikki tiedossa olevat johtolähtö- ja sähköasemamuutokset otetaan huomioon uusia alueita luotaessa. Siirtymäajan jälkeen sekä raivaus- että tarkastuskierron tulee olla puhtaasti johtolähtökohtaisella aluejaolla toteutettu. [34.]

### **4.3 Alue muutoksen lisäkustannukset**

Muutoksen merkittävimmät lisäkustannukset muodostuvat lisäraivauksen määrän perusteella. Siirtymäajan raivauskustannuksista laaditaan kustannusarvio. Aluejaon muuttuminen näin radikaalisti johtaa siihen, että jotkut osat verkosta tulevat raivatuiksi tavanomaista kiertoa useammin ja lisäksi joitakin johtosuusia täytyy raivata siirtymävaiheen aikana pienemmissä pätkissä, jotta puusto ei kasva liian pitkäksi ja käyttöönottokustannuksia saadaan jaettua pitemmälle aikavälille. [34.]

### **4.4 Tarkastuskustannusten käyttäytyminen uudella aluejaolla**

Työssä tutkitaan nykyisten kuntotarkastusvälien pidentämisen vaikutuksia kunnossapitokustannuksiin tulevaisuudessa kj- ja pj-johtojen sekä muuntoasemien osalta. Tarkoituksena on pystyä mallintamaan kuntotarkastuskustannusten käyttäytymistä uudessa johtolähtökohtaisessa aluejaossa eli luoda työkalut, jotka näyttävät miten tarkastusvälien muutokset heijastuvat kustannuksiin. Tarkastusvälien muuttamista koskien selvitetään niitä koskevat lait ja asetukset sekä näiden asettamat vaatimukset. Vertailukohdiksi selvitetään muiden rakenteeltaan samanlaista sähköverkkoa omistavien yhtiöiden käyttämiä kunnossapitovälejä. Tarkastuskäytäntöjä mallintaessa käytetään myös nykytarpeeseen sopivia suhteita maasta ja ilmasta käsin tehtävien tarkastusten välillä. Tarkastuskustannusten käyttäytymistä tutkiessa pyritään selvittämään maaseudun ja taajamien eri tarkastusvälien aiheuttamat vaikutukset kunnossapitokustannuksiin.

## **5 Rajausten piirtäminen**

Työn alkaessa tietoa alueiden viennistä verkkotietojärjestelmään oli niukasti saatavilla, sillä normaalin käyttäjän on harvoin tarvinnut luoda tällaisia muutoksia. Vanhojen kunnossapitoalueiden syöttämisestä järjestelmään oli kulunut useita vuosia, joten alueiden luontimenetelmät eivät olleet tekijän tuoreessa muistissa. Varmana tietona oli, että johtolähtökohtaisista alueista täytyy muodostaa apugeometriarajaukset, jotka tallennetaan tiedostoon. Apugeometria on verkkotietojärjestelmän tilapäinen geometria, jolla voidaan luoda ja muokata esimerkiksi piste-, viiva-, alue-, teksti-, ja rasteri-tyyppisiä kohteita [33, s. 13].



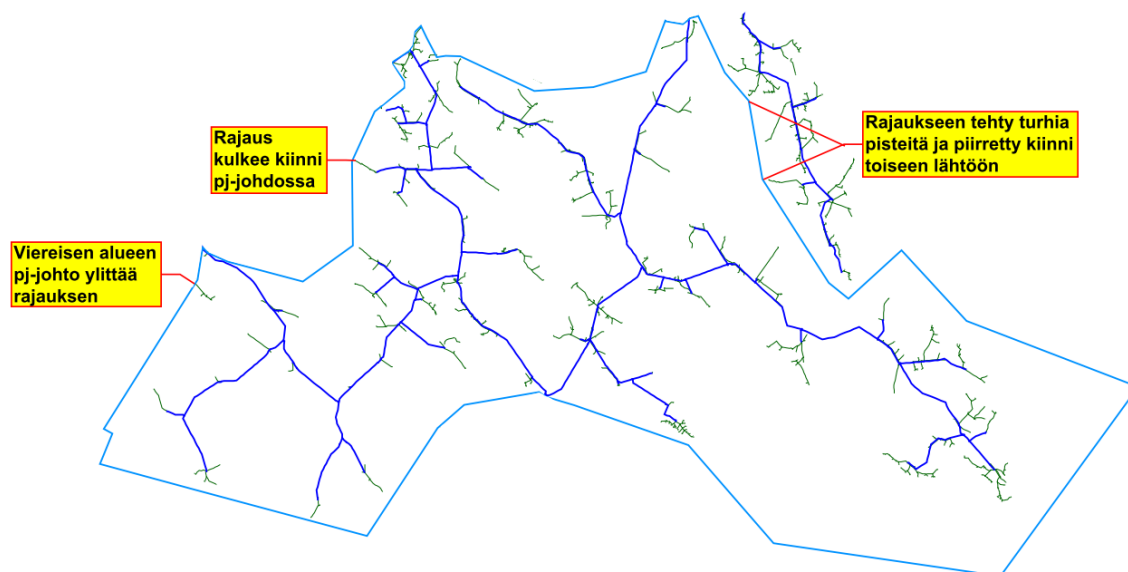
Lisäksi tiedettiin, että apugeometriarajaukset joudutaan muuttamaan alueiksi yksitellen ja lopuksi ne viedään verkkotietojärjestelmän päätietokantaan kaikkien käyttäjien saataville. Työn alussa päätettiin, että ensiksi luodaan ja tallennetaan kaikki apugeometriarajaukset ja varmistetaan niiden toimivuudesta ennen lopulliseksi alueiksi muodostamista ja päätietokantaan siirtämistä. Työ aloitettiin tutkimalla olemassa olevia apugeometriarajauksia ja vertaamalla niiden soveltuvuutta työn rajauksille asetettuihin kriteereihin.

### **5.1 Valmiiden apugeometriarajausten tarkastus**

Johtolähtökohtaisesta raivausaluejaosta oli tehty muun työn yhteydessä alustavaa selvitystä 2011 kesällä. Tuolloin tehtyä työtä varten tarvittiin kj-johtolähtöjen pituuksia ja tämän vuoksi luotiin karkeat apugeometriarajaukset silloisten johtolähtöjen jakorajojen mukaisesti. Samassa yhteydessä oli alustavasti hahmoteltu raivauksen siirtämistä johtolähtökohtaiseen aluejakoon ja tehty karkea arvio kolmen vuoden lisäraivauskustannuksista (n. 0,5 milj. €), siirtymäajan ollessa kuusi vuotta. [7; 34; 35.]

Rajausten tarkastelu aloitettiin sieltä, missä sähköverkko on selkeintä eli jakelualueen pohjoisosasta. Rajauksia tarkasteltiin Juuan, Nurmeksen, Lieksan ja Valtimon sähköasemien johtolähdöiltä, eli viiden eri sähköaseman alueelta. Johtolähtökohtaiset rajaukset näiden asemien osalta käytiin yksitellen läpi ja niitä verrattiin verkkotietojärjestelmän avulla väritettyihin lähdön jakorajoihin sekä uusille alueille asetettuihin vaatimuksiin.

Aiemmin tehtyjä rajauksia tarkastellessa havaittiin, etteivät ne täysin täytä työlle asetettuja määritteitä ja että useita kymmeniä pisteitä sisältävien viivojen muokkaaminen käytettävissä olevilla työkaluilla on erittäin työlästä. Olemassa olevat rajaukset eivät myöskään kaikilta osin noudatelleet johtolähtöjä pj-verkon osalta, kuten kuvasta 4 voidaan todeta. Lisäksi rajaukset oli paikoitellen piirretty lähelle verkkoa, joten niiden muokkaustarve tulevaisuudessa olisi ollut suuri.



Kuva 4. Kesällä 2011 tehty johtolähtörajaus.

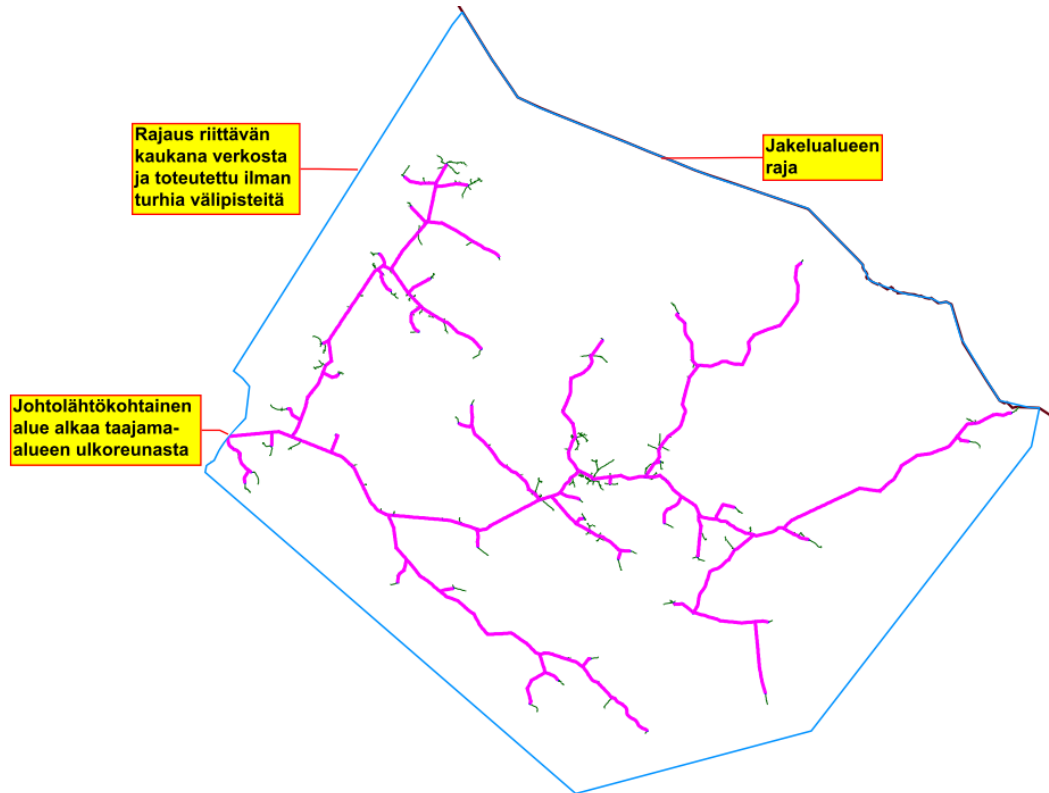
Näiden tulosten perusteella työssä päädyttiin käyttämään valmiita johtolähtörajausja vain ohjeellisina alueina, joista muokattaisiin kaikilta osin vaaditut kriteerit täyttäviä, johtolähtökohtaisia aluerajauksia. Samalla myös alueiden kohdistuminen oikeille johtolähtötunnuksille tulee tarkistetuksi ja verkostossa jo tapahtuneet muutokset huomioiduiksi. Aiemmin luoduista rajauksista työssä voitiin pienellä muokkauksella hyödyntää taajama-alueiden rajauksia, joiden muodostamisessa oli osittain mukailtu sähköverkon rakennetta, asukastiheyttä sekä taajamien johtolähtöjä [7; 35].

## 5.2 Alueiden rajaaminen

Uusien johtolähtökohtaisten alueiden muodostaminen aloitettiin tutuksi tulleesta jakelualueen pohjoisosasta. Näillä alueilla ovat vanhat kunnossapitoalueet olivat suuret ja selkeät, mikä helpotti raivauksen suunnittelua. Aiemmin muodostettuja johtolähtökohtaisia rajauksia käytettiin ohjeellisena, mutta käytännössä rajaukset jouduttiin piirtämään lähes kokonaan uudestaan hitaan muokattavuuden vuoksi.

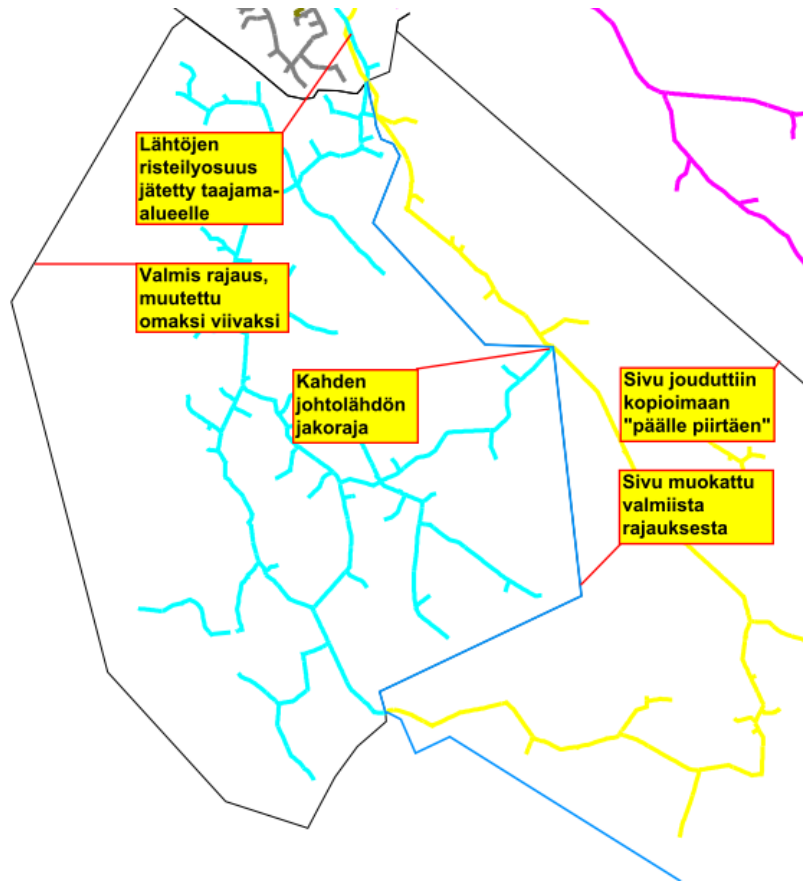
Rajaukset tehtiin piirtämällä apugeometria käsiteltävän kj-johtolähdön ympärille apugeometriatyökalun toimintojen avulla kuvan 5 mukaisesti. Kun koko johtolähtö oli rajattu, viivan päät suljettiin yhteneväksi näppäimellä C, jonka jälkeen rajaus tallennettiin tiedostoon. Apugeometriarajaus on tärkeää sulkea ehjäksi

edellä mainitulla tavalla, jotta verkkotietojärjestelmä osaa esimerkiksi hakea kaikki tiedot halutun rajauksen sisältä ja alueeksi muodostaminen onnistuu ongelmitta.



Kuva 5. Kriteereiden mukaan piirretty johtolähtökohtainen aluerajaus.

PG-verkkotietojärjestelmällä voidaan piirtää tai avata näytölle kerralla vain yksi apugeometria kerrallaan [33, s. 13]. Viivojen eri osia ei myöskään saada erikseen aktiiviseksi tai pystyttyä suoraan kopioimaan. Tämän vuoksi vierekkäisten alueiden piirtämiseksi valmiista ja tallennetusta rajausviivasta muodostettiin PG:n suunnitelmaan oma viiva. Oma viiva on pelkkä piirto, joka voidaan muodostaa vain avoimeen suunnitelmaan, josta se saadaan esille aina tarvittaessa. Kuvan 6 mukaisesti, edellä tehdystä rajauksesta saatiin kopioitua uuteen vain yksi sivu ja muut muita alueita myötäilevät rajat täytyi piirtää suunnitelman oman viivan päälle.



Kuva 6. Usean vierekkäisen alueen piirtäminen.

Valmis ja tallennettu apugeometriarajaus muutettiin aina omaksi viivaksi suunnitelmaan ja siirryttiin piirtämään seuraavaa aluetta, kunnes koko jakelualue oli käyty sähköasema ja johtolähtö kerrallaan läpi. Alueiden piirron yhteydessä käytettiin vain tarvittavia verkkotietojärjestelmän näkymiä, sillä esimerkiksi taustakartan ollessa näkyvillä edestakainen tarkentaminen oli huomattavasti hitaampaa. Tehdyt rajaukset nimettiin mallilla Sähköaseman lyhenne - Johtolähdön tunnus - Johtolähdön nimi, esimerkiksi HKV-J17\_Vahalahti\_Kompakka.

### 5.2.1 Rajauksen kriteerit

Uuden johtolähtökohtaisen alueen rajan määrääväenä tekijänä käytettiin kj-johtoja, mutta myös pj-johtoja pyrittiin rajaamaan lähtökohtaisesti verkon rakenteen niin salliessa. Välillä pj-verkon loppupää saattoi kuitenkin jäädä osittain eri alueille, sillä johtoja kulkee paikoittain eri johtolähdön kj-johdon kanssa ristiin. Käytännön huollon kannalta tämä ei kuitenkaan aiheuta haittaa, sillä esimerkiksi

pj-verkko raivataan muuntoasemalta linjan loppuun saakka [7; 18], jolloin rajauksen ylittänyt johdon osa aiheuttaa korkeintaan pientä virhettä alueen pj-verkon kokonaiskilometrimäärään.

Rajaukset piirrettiin ulottumaan jakelualueen ulkorajoja myötäileviksi. Yksittäistä johtolähtöä rajatessa pyrittiin ottamaan huomioon tulevaisuudessa tapahtuvaa sähköverkon kasvua viemällä rajaus mahdollisimman kauaksi olemassa olevasta verkosta. Tiheämmän sähköverkon alueella johtolähdöt kuitenkin kulkevat välillä erittäin lähellä toisiaan tai keskenään ristiin, jolloin rajaus oli piirrettävä aivan johdon lähelle. Joissakin tapauksissa lähekkäin tai keskenään ristiin kulkeneet johtolähdöt oli järkevä sijoittaa yhdelle alueelle, sillä niiden erottaminen toisistaan olisi ollut vaikeaa. Nämä tapaukset sovittiin työn valvojan kanssa erikseen ja niistä tulostettiin pdf-kartat, joista eriäväisyys voidaan tarvittaessa havaita. Esimerkki poikkeavasta johtolähtökohtaisesta alueesta esitetään liitteessä 2.

### **5.2.2 Johtolähdön jakorajan selvittäminen**

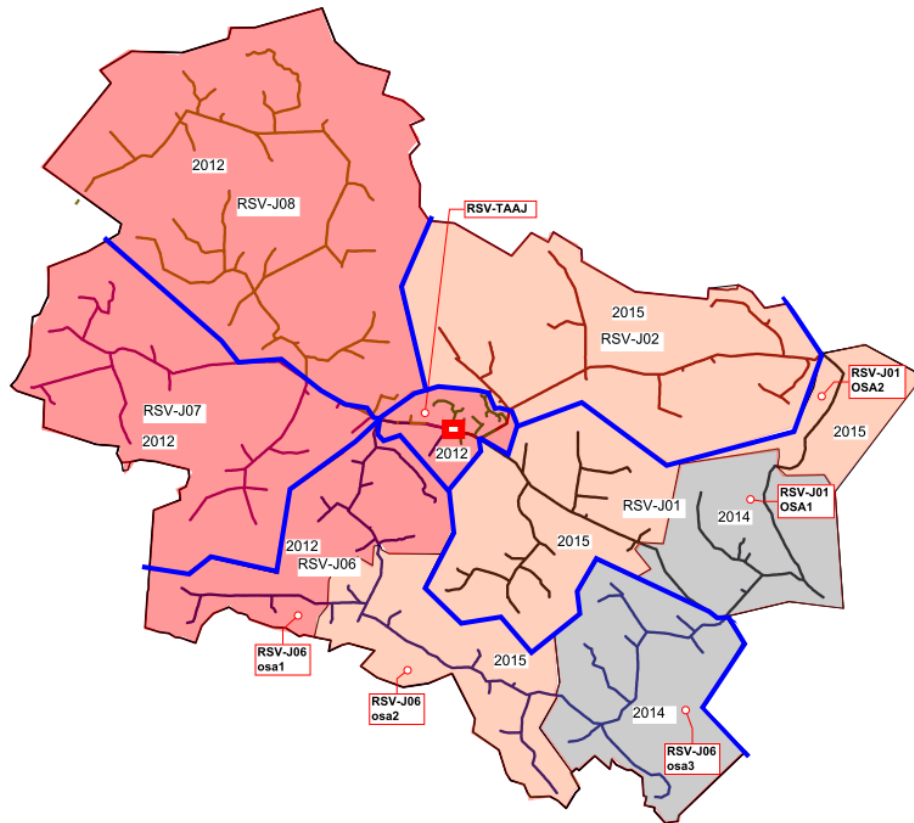
PG-verkkotietojärjestelmällä voidaan värittää karttanäkymällä sijaitsevien sähköasemien johtolähdöt eri väreillä [33, s. 300–301]. Värytykseen kuluva aika pitenee sen mukaan, monenko sähköaseman päälle karttanäkymä on tarkennettu. Jos näkymässä on kerralla useita sähköasemia, verkon värytys voi kestää useitakin minutteja. Kartalla nopeasti liikkuminen tai näkymän mittakaavan muuttaminen useita kertoja peräkkäin, voi hävittää johtolähtöjen värytykset kokonaan, jolloin ne joudutaan hakemaan näkyviin uudelleen.

Työn edetessä selvisi, etteivät DMS 600 (Distribution Management System) -käyttöntukijärjestelmän [36] ja verkkotietojärjestelmän pysyvät jakorajat olleet ajan tasalla Ahmovaaran sähköaseman kahden johtolähdön osalta. Nämä alueiden rajat korjattiin työn osalta ja pääkäyttäjän toimesta myös verkkotietojärjestelmän puolelta. Eriäväisyys johtuu järjestelmien keskinäisen tiedonsiirron puutteellisuudesta ja osittain inhimillisestä virheestä. PG:ssä tehtävät jakorajamuutokset päivittyvät DMS-ohjelmaan, mutta DMS:n käytönvalvojen tekemät muutokset eivät näy PG:ssä, joten pysyvät jakorajamuutokset on aina ilmoitettava verkkotietojärjestelmän pääkäyttäjälle [37].

Eriäväisyyksien vuoksi työn ohessa jouduttiin vertaamaan käytöntukijärjestelmän kaikkien johtolähtöjen jakorajoja verkkotietojärjestelmästä löytyviin rajoihin, jotta varmistuttiin uusien alueiden rajojen todenmukaisuudesta. Tarkastus tehtiin vertaamalla ohjelmien jakorajoja karkealla tasolla, eli mittakaavassa josta olisi havaittu suuret eriäväisyydet. Tarkka jakorajojen tutkiminen olisi vaatinut paljon aikaa, joten toisena keinona käytönvalvonnasta pyydettiin tiedot erotin tunnuksista, joihin oli kohdistettu jakorajamuutoksia viime vuosina. Nämä käytiin läpi PG:stä ja lopputuloksena kummastakaan tarkastelusta ei löytynyt muita järjestelmien välisiä jakorajojen poikkeavuuksia.

### **5.2.3 Alueiden sisältämät tiedot**

Kun yhden sähköaseman kaikki johtolähtökohtaiset alueet ja mahdollinen taajama-alue oli muodostettu, aseman alueesta tulostettiin erilaisia pdf-karttoja. Sähköaseman syöttämät johtolähdöt olivat väritettyinä ja suunnitelmaan piirretyt omat viivat näkyvissä karttoja tulostaessa, jolloin tulosteeseen saatiin jo tässä vaiheessa tulevien alueiden rajat. Kuvassa 7 näkyy paksulla sinisellä viivalla erotettuina Riistaveden sähköaseman johtolähtöjen alueet ja keskellä sijaitsee pieni taajama-alue. Keskellä taajamaa näkyvä punainen neliö kuvaa sähköaseman sijaintia. Kuvasta nähdään, että yhteen sähköasemakarttaan kirjattiin kaikkien eri osien viimeisimmät raivausvuodet sekä alueiden ja osien tunnuksat. Esimerkiksi johtolähdön RSV-J06 alueella oli kolme eri raivausvuotta.



Kuva 7. Riistaveden sähköaseman alueiden kaikki raivausvuodet.

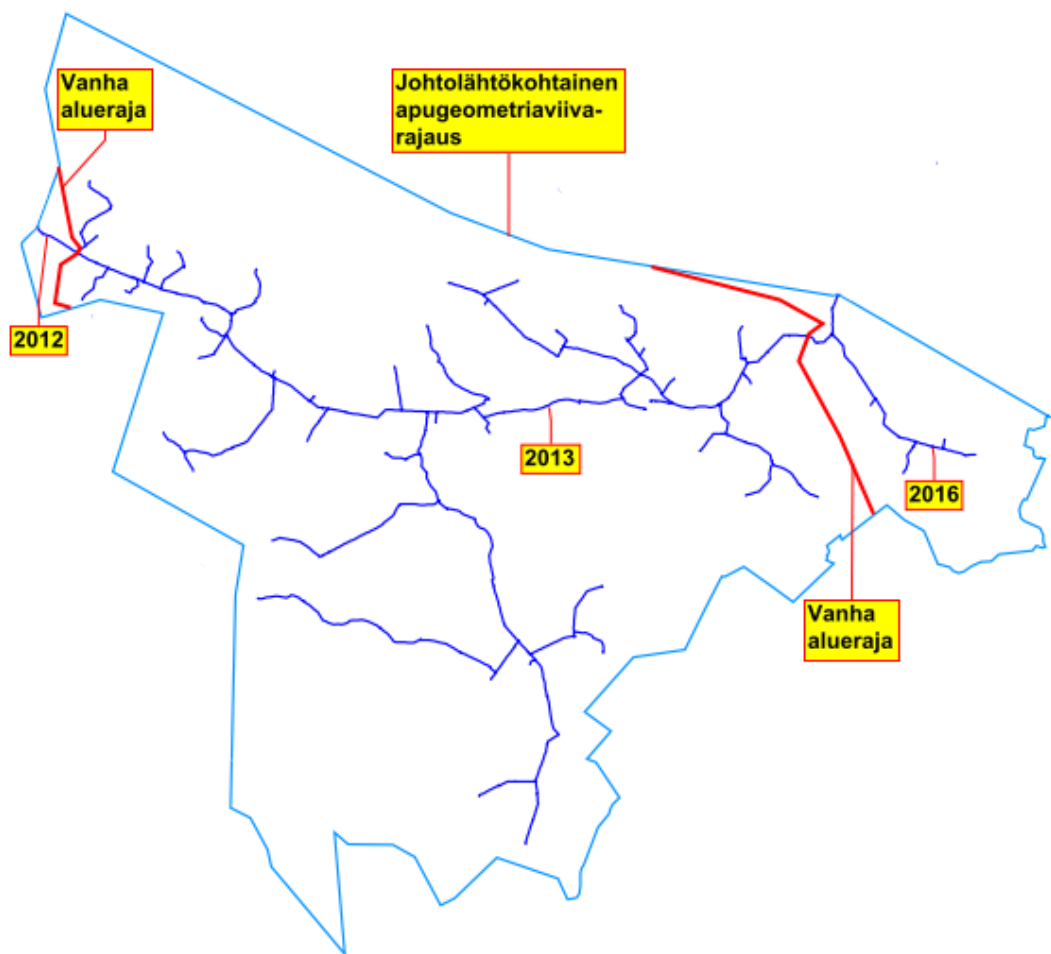
Kaikkien osien ja alueiden raivausvuodet kirjattiin ylös myös excel -taulukoon tulevaa raivauskierron suunnittelua varten (ote taulukosta liitteessä 3). Koska siirtymäajan raivauskierron vuosittaisten kj-johtokilometrien tasoitustarvetta oli mahdotonta ennustaa uusien alueiden tekovaiheessa, lähes kaikista vanhojen alueiden osista piirrettiin ja tallennettiin omat apugeometriarajauksensa myöhempää käyttöä varten. Yhden johtolähtökohtaisen alueen sisältä saattoi siis joutua piirtämään useita osa-alueita, mutta näiden tekeminen oli nopeaa sillä osan ulkoreunat saatiin valmiiksi tehdystä alueesta. Sisärajaus piirrettiin Tarkastus alueen osa -näköymästä löytyvien vanhojen kunnossapitoalueiden rajojen mukaisesti.

### 5.3 Johtolähtökohtaisen alueen määräävä raivausvuosi

Työn alussa valmiita aluerajauksia tutkiessa havaittiin vuosittaisen johtokilometrijakauman muodostuvan erittäin epätasaisesti, jos uuden alueen tuleva raivausvuosi muodostettaisiin vain aikaisemmin raivattavaksi tulevan, sisälle jääneen

vanhan osan raivausvuoden perusteella. Kuvasta 8 nähdään esimerkkinä käytetyn Heinäveden sähköaseman Vihtarin lähdön uusi apugeometriarajaus ja vanhan kunnossapitoaluejaon mukaisesti sen sisälle muodostuneet osat. Lisäksi kj-johdolle on merkattu vuosi, milloin kyseinen johto-osuus on viimeistään raivattava.

Raivaukseen 2012 tulevan kj-johdon pituus on noin yksi kilometri, eli jos uuden alueen tuleva raivausvuosi olisi muodostettu sen mukaiseksi, johtolähdön alueelta olisi jouduttu raivaamaan tihentyneellä välillä loput 106 kilometriä kj-johtoa. Viimeistään 2016 raivattavalla alueella on noin seitsemän ja 2013 raivattavalla noin 99 kilometriä kj-johtoa. Näitä alueita arvioitiin muodostuvan lukumääräisesti paljon, jolloin kilometrimäärien tasoitustarpeen arveltiin muodostuvan suureksi koko jakelualueen aluerajausten valmistumisen jälkeen.



Kuva 8. Heinäveden sähköaseman lähdön apugeometriarajaus.



Vanhassa kunnossapitoaluejaossa kuuden vuoden kierron alueet olivat jakautuneet tasaisesti koko jakelualueelle myös maantieteelliseltä sijainniltaan. Tästä seikasta ja lisäraivauksen minimoinnista muodostettiin uusi kriteeri alueen tulevan raivausvuoden määräytymiselle. Uuden alueen tuleva raivausvuosi muodostettiin aluerajauksen tekovaiheessa siten, että se määräytyi eniten kj-johtokilometrejä sisältäneen vanhan alueen osan mukaisesti. Heinäveden Vihtarin lähdön tapauksessa alueen määräävä raivausvuosi oli 2013 ja uuden alueen tavoiteraivausvuosi 2019. Toisin sanoen 2012 raivataan erillisenä osana tuo yksi kj-johtokilometri ja vuonna 2013 koko johtolähdön alue, jolloin kahdeksan kilometriä kj-johdosta raivataan tihentyneesti ja loput 99 kilometriä säilyvät entisessä raivauskierrossa. Näin toimimalla vuosittain ohjelmaan tulevat alueet saatiin suunnilleen säilyttämään entinen maantieteellinen sijaintinsa, jolloin mahdollisimman pieni osuus kustakin johtolähdöstä tulee raivatuksi tihentyneesti. Vihtarin lähdön tapauksessa vuosittaisia kilometrivaihteluita tasattaessa vuoden 2016 osa oli mahdollista aikaistaa raivattavaksi vuonna 2013.

Täysin yhtenäistä määräävän vuoden kriteeriä kaikille alueille ei voitu noudattaa. Muutamien alueiden tavoitevuosissa huomioitiin esimerkiksi muut ympäröivät raivausvuodet tai ympäröivän sähköverkon rakenteesta johtuvia seikkoja, jotta vuodet jakautuivat mahdollisimman järkevästi alueen sijaintiin nähden.

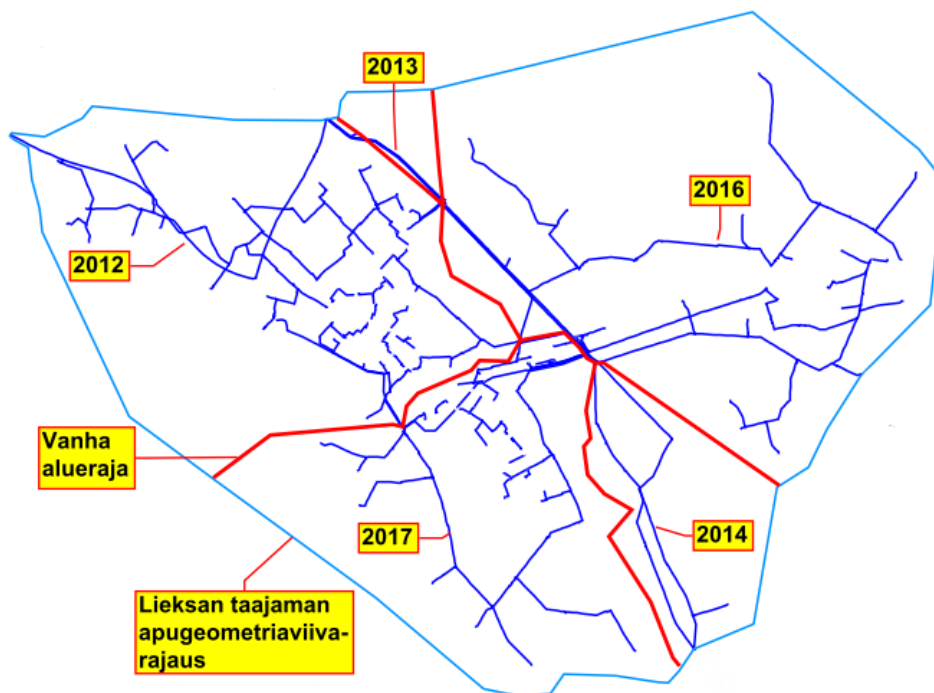
Työtä suunniteltaessa keskusteltiin mahdollisuudesta pitkittää pienien johtosuusien raivausta vuodella, jos uuden alueen muodostuminen sitä vaatisi. Tämä vaihtoehto suljettiin kuitenkin pois, sillä kokemuksen perusteella käytössä oleva kuuden vuoden raivausväli on riittävä, mutta eteläisellä jakelualueella varsin tarkalle mitoitettu [18; 38]. Lisäksi pienen johto-osuuden uudelleen raivaaminen ei aiheuta suurta lisäkustannusta, joten riskiä pohjapuuston liiallisesta kasvusta ei kannattanut ottaa.

#### **5.4 Taajama-alueen määräävä raivausvuosi**

Taajama-alueiden määräävä raivausvuosi muodostettiin alkuperäisen kriteerin perusteella, eli aikaisimmin raivaukseen tulevan osan vuosi määritti koko uuden alueen tavoitevuoden. Taajama-alueita ei lähdetty jakamaan osiin, sillä jakami-

nen olisi ollut haastavaa toteuttaa käytännössä muun muassa tiheän sähköverkon vuoksi.

Kuvassa 9 näkyy Rantalan ja Saavan sähköaseman yhdessä muodostama Lieksan taajama-alue raja ja vanhojen kunnossapitoalueiden rajat sekä viimeisimmät mahdolliset raivausvuodet. Kyseinen taajama-alue sisälsi lukumäärällisesti eniten, peräti viisi eri vanhan kunnossapitoalueen osaa. Alueen määrääväksi raivausvuodeksi tuli käytetyn kriteerin perusteella 2012, jolloin siirtymäajan jälkeinen raivaus tapahtuu vuonna 2018 ja siitä eteenpäin kuuden vuoden välein. Koko kyseisellä taajama-alueella sijaitsee noin 109 kilometriä kjohtoa, josta 79 kilometriä joudutaan raivaamaan tihentyneesti.



Kuva 9. Rantalan ja Saavan sähköasemien yhteinen taajama-alue raja.

## 5.5 Johtomäärien hakeminen

Kun koko jakelualueen johtolähtökohtaiset ja taajama -alueet oli saatu rajattua ja tallennettua, jokaiselta alueelta haettiin kjo- ja pj-johtojen pituudet sekä muuntamoiden, erottimien ja jakokaappien määrät. Tiedot haettiin käyttämällä liitteessä 4 näkyviä kyselyitä. Käsitteltävän alueen rajaus avattiin tiedostosta, suoritettiin kysely ja siirrettiin tulokset taulukkoon Vie Microsoft Excel -toiminnolla.

Tiedot siirtyvät toiminnon avulla palvelimen taulukkolaskentaohjelmaan, josta ne kopioitiin omaan taulukkoon. Kaikkien alueiden sisältämät verkostokomponenttimäärät jouduttiin hakemaan erikseen edellä mainitulla tavoin. Jokaisen alueen pohjatiedot sekä suunnitellut raivausvuodet olivat kerättyinä erilliseen taulukkoon (liite 3), tähän lisättiin myös kaikki muu alueilta haettu tieto.

### **5.5.1 Kyselyn virheellinen toiminta**

Työssä käytetyt verkstopituudet on haettu helmi-huhtikuussa 2012, kullekin verkkotyypille kohdistetun reittikyselyn perusteella. Kj-johtomäärät sisältävät pj-johtojen yhteiskäyttöosuuden ja pj-johtomäärät perustuvat tästä erillään olevaan, pelkkään pj-verkkoon. Molemmissa käytetyt kyselyt jättävät maakaapeli-verkon pois. Verkoston kokonaispituudet on haettu tekemällä kysely koko jakelualueen ympäröivän apugeometriarajauksen sisältä. Eli alueiden tietojen ja kokonaismäärien haku on suoritettu samalla menetelmällä, jotta tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia.

Verkkotietojärjestelmän johtoreitit koostuvat useista solmuväleistä, eli paloista jotka katkeavat esimerkiksi johtolaadun vaihtuessa, haarakohdissa ja muissa verkostokomponenttien kytkentäpaikoissa. Haettaessa kilometrimääriä alueilta kävi ilmi, että järjestelmän johtoreittikyselyt eivät laske mukaan sitä johdon solmuväliä, minkä alku- ja loppupää jäävät rajan eri puolille (kuva 10). Kuvassa punaisella korotetut kj-johtoreitit ovat kyselyyn laskettuja reittejä ja sinisellä näkyvä osuus on jäänyt pois solmupisteiden sijainnin vuoksi. Sama tilanne toteutuu, jos aluerajaus on niin pieni että solmuvälin molemmat päät jäävät sen ulkopuolelle. Tämä huomattiin haettaessa johtomääriä erittäin pieniltä alueiden osilta. Tällöin kysely ei löytänyt alueelta johtoa, vaikka sitä verkkokuvan perusteella siellä sijaitsikin.



Kuva 10. Reittikyselyn virheen muodostuminen.

Kyselyiden edellä kuvattu toiminta aiheuttaa virhettä johtopituuksiin, mutta sen katsottiin olevan kokonaismäärissä niin vähäinen, ettei korjauksia tarvinnut tehdä [38]. Virheen osuus selvitettiin vertaamalla koko jakelualueen reittimääriä yksittäisiltä alueilta haettujen reittimäärien summaan. Kyselyiden kj- ja pj-johtomääriin aiheuttama virhe on esillä taulukossa 1. Kyselyä, joka osaisi ”katkaista” solmuvälin apugeometria- tai aluerajan kohdalta ja poistaisi virheen, ei ole mahdollista muodostaa PG:llä [39]. Alueiden yhteissumman paikkansa pitävyys tarkastettiin hakemalla verkkotietojärjestelmän kyselyllä kaikki uudet alueet, valitsemalla ne yhtäaikaisesti aktiiviseksi ja suorittamalla reittikyselyt kaikille valituille alueille kerralla. Näin nähtiin alueiden aktiivisuuden perusteella, että haku koskee koko jakelualueen ympäröivän apugeometriarajauksen antamaan tulokseen nähden. Tällä tavoin voitiin varmistua, ettei johtomäärien katoaminen johtunut tekijän virheestä.

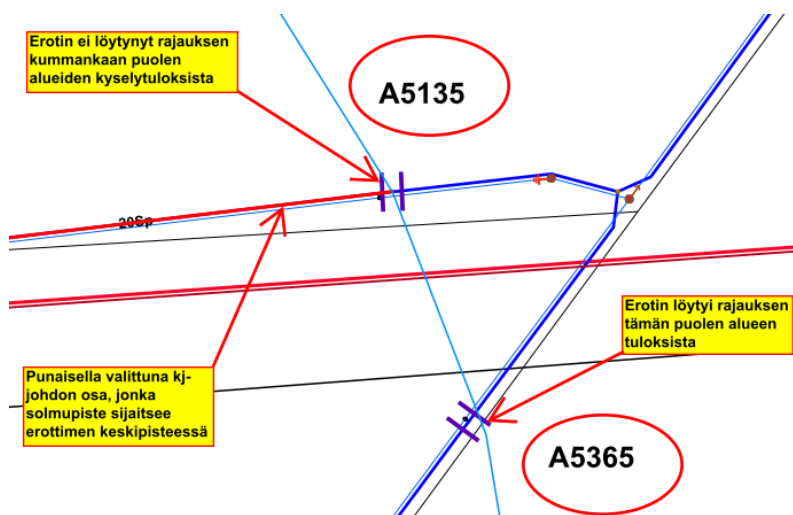
Taulukko 1. Kyselyiden johtokilometreihin aiheuttama virhe.

Reittityyppi (ilmajohdot)	Verkostopituus yht. / km		Virhe	
	Jakelualue	Uudet alueet	km	%
Kj-verkko (sis. pj-yhteiskäyttö)	9630	9513	117	1,2 %
Pj-verkko	8499	8484	15	0,2 %

### 5.5.2 Ongelma kyselytulosten siirrossa

Tulevaa tarkastuskierron suunnittelua varten uusilta aluerajauksilta haettiin useiden verkostokomponenttien määrät. Johtomäärien puutteellisuudesta viisastuneena, myös näiden kohteiden kokonaismäärät haettiin koko jakelualueelta, jotta varmistuttaisiin kyselyiden toimivuudesta. Jakokaappien lukumäärä täsmäsi alueilta erikseen haettujen summan kanssa, mutta erikseen alueilta haetuista erottimista 24 oli hukassa.

Koko jakelualueen erottimien listauksesta etsittiin ne tunnuksat, jotka puuttuivat aluehakujen yhteismäärästä. Tunnuksien avulla erottimet saatiin käytyä läpi verkkokartalla ja niistä löydettiin kuvan 11 mukainen toistuva piirre. Puuttuvien erottimien reittipisteen lävitse kulki uusi aluerajaus, jolloin kyseinen erotin ei tullut rajan kummankaan puolen alueen kyselyn tuloksiin. Kun kaikkien 24 erottimen läpi kulkevat rajaukset siirrettiin irti reittipisteestä, ne löytyivät toisen alueen kyselyn tuloksista. Tästä olisi voinut aiheutua suurikin aluerajauksen korjaustarve, jos rajaus olisi piirretty jokaisen jakorajaerottimen kohdalla kulkemaan kyseisen pisteen lävitse.



Kuva 11. Aluerajaus ei voi kulkea erottimen keskipisteestä.

Toinen komponenttimäärien hakuun liittyvä virhetoiminta havaittiin, kun verkko-tietojärjestelmän resurssienhallinnasta vietiin tietoja palvelimella sijaitsevaan Microsoft Excel 2003 -taulukkolaskentaohjelmaan. Sekä muuntaja että erotin -

määriä siirtäessä tietueiden kokonaismäärä resurssienhallinnassa ei aina siirtynyt kokonaisuudessaan Excel -taulukkoon. Hakuja tehtäessä komponenttien määrän siirtovirheen havaittiin tapahtuvan, jos tietueita oli löytynyt alueelta yli 100. Taulukkoon siirtyi kyllä yli 100 tietuetta, mutta kokonaismäärä oli resurssienhallinnan tuloksia pienempi. Ongelma saatiin korjattua ottamalla kyselyn resurssienhallintaan tuottamasta listauksesta lisätietokenttä pois käytöstä ennen tietojen siirtoa taulukkolaskentaohjelmaan.

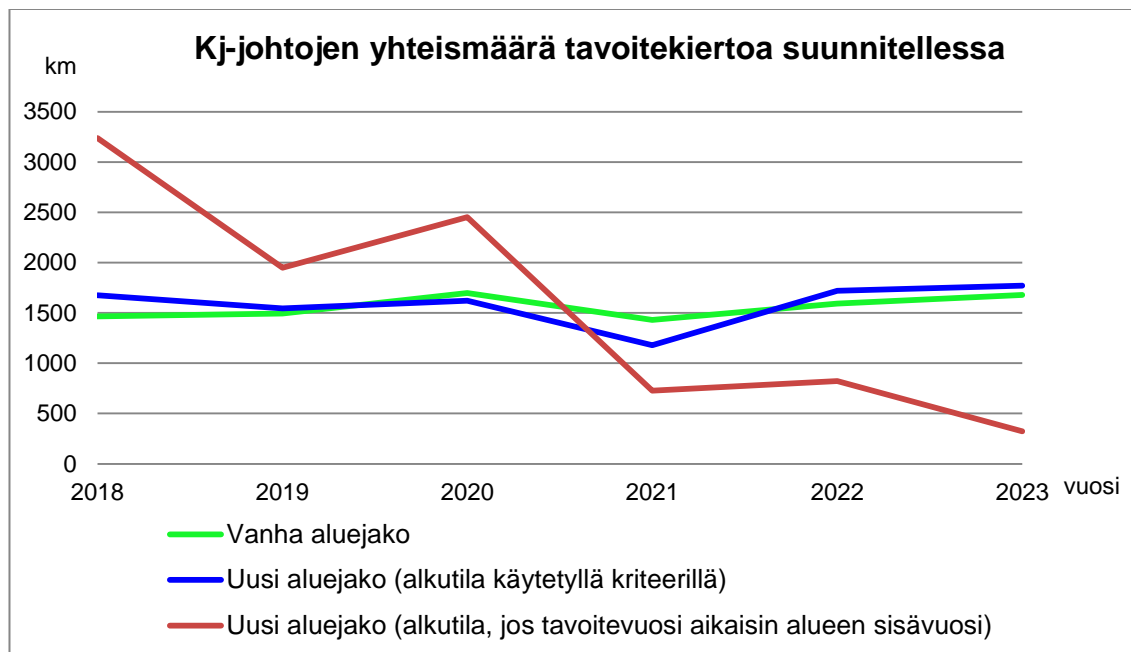
Haettaessa tietoja koko jakelualueelta vastaan tuli myös palvelimen vanhan Excel 2003 -ohjelman rajallinen rivimäärä, joka on 65 536 kpl [40]. Yrittäessä siirtää resurssienhallinnasta edellä mainitun rajan ylittävää määrää, verkkotietojärjestelmä ilmoitti että rivien maksimimäärä on saavutettu ja tiedot eivät siirtyneet. Excel -taulukkolaskentaohjelman versiossa 2007 ja tätä uudemmissa rivien ylärajaksi on asetettu 1 048 576 kpl [40]. Työkoneella käytettyyn Excel 2010 -ohjelmaan esimerkiksi 100 000 tietuetta saatiin siirrettyä valitsemalla ja siirtämällä palvelimen ohjelmaan ensin tietueet 1–50 000 ja toisessa erässä loput eli 50 001–100 000. Tällaisten tietuemäärien käsittely järjestelmässä on harvinaista, mutta se oli välttämätöntä suuren tietomäärän käsittelyssä mahdollisesti tapahtuvien virheiden havaitsemiseksi ja kyselyiden luotettavuuden toteamiseksi.

## 5.6 Tavoitekierron raivausmäärien tasaus

Kun kaikki johtopituudet olivat taulukoituna, haettiin SUMMA.JOS -funktion kaavaan asetetun raivausvuosiehdon täyttäviltä riveiltä johtopituuksien yhteissumma. Tuloksista saatiin esille ensimmäisen kerran kokonaiskuva uuden raivauskierron jakautumisesta vuosille 2018–2023. Uuden aluejaon lähtötilanteen vuosittaiset kj-johtomäärät ovat esillä kuviossa 4 sinisellä ja vanhan aluejaon vuosittaiset kj-määrät vihreällä viivalla. Vertailukohdaksi on alueilta kerättyjen tietojen perusteella laadittu arvio uuden aluejaon alkutilanteesta, jos tavoitevuosi olisi määrätty vain aikaisimman alueen osan raivausvuoden perusteella. Kuviossa nähdään, että alueiden rajausten valmistumisen jälkeinen tasoitustarve olisi ollut tällöin todella suuri.

Käytetyllä kriteerillä tasoitustarvetta ilmeni vain vuoden 2021 kj-johtojen yhteismäärässä. Tämä tarkoitti käytännössä vähäisiä muutoksia muutaman alueen

tavoitevuosissa. Muutos kohdistettiin ensisijaisesti niihin alueisiin, jotka sisälsivät vuonna 2015 raivattavan osan. Näiden alueiden tavoitevuosi muokattiin halutuksi, yleisesti käytetystä kriteeristä poiketen.



Kuvio 4. Vanhan aluejaon ja uuden aluejaon lähtötilanteen vertailu.

## 5.7 Johtolähtömuutosten huomiointi

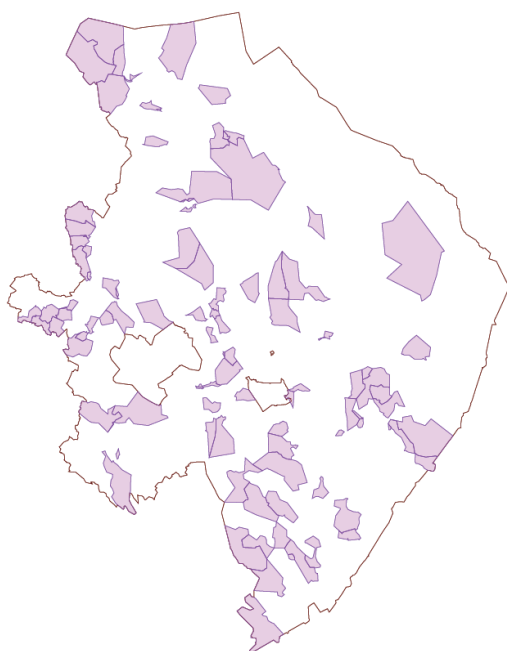
Tuleva raivauskierto oli suunniteltu lähes valmiiksi, kunnes saatiin tiedot lähiaikoina tapahtuvista johtolähtö- ja sähköasemamuutoksista. Tiedoista selvisi, että vuoden 2012 aikana Ruskeakosken sähköasema puretaan ja rakennetaan uuteen paikkaan. Lisäksi muutoksia jakorajoissa tapahtuu Saavan sähköaseman kahdella johtolähdöllä ja Kiihtelysvaaran sähköasemaa syöttävän, uuden 45 kV johdon valmistuttua muodostuu viisi uutta johtolähtökohtaista aluetta. Näiden muutosten vuoksi jouduttiin piirtämään kuusi uutta johtolähtökohtaista aluetta sekä muokkaamaan kahdeksan valmiin alueen rajoja.

Kaikilta jonkinlaisen muutoksen vaatineilta alueilta jouduttiin hakemaan verkostokomponenttien määrät uudelleen, jotta voitiin toistamiseen hieman tasoittaa vuosittaisia vaihteluita. Tämän tasoituksen yhteydessä huomioitiin myös pj-johtomäärien vuosittaisia vaihteluita, vaikka tämä ei virallisesti kuulunut vaati-

muksiin johtomäärien tasoituksen osalta. Vuosittaisia kj- ja pj-johtomäärien vaihteluita tasoitusten jälkeen käydään läpi tarkemmin työn Tulokset -osiossa.

## 5.8 Siirtymäajan raivausmäärien tsaus

Siirtymäajan vuosittaiset vaihtelut tasattiin tavoitekierron saavuttamisen jälkeen. Kaikkien alueiden tavoitevuodet olivat tiedossa, joten siirtymäaikana ylimääräisenä raivattavien osien määrä voitiin minimoida. Osien lukumäärää vähennettiin aikaistamalla kaikkien mahdollisten osien raivaus tehtäväksi samana vuonna tavoitevuoden määränneen osan kanssa. Tämä ei vaikuttanut siirtymäajan kokonaislisäkustannuksiin, sillä vain raivauksen suoritusajankohtaa muutettiin. Osien lukumäärää vähennettiin siihen saakka, kunnes vuosittaiset vaihtelut oli saatu tasattua. Tavoitekierron saavuttamiseksi siirtymäajalle jäi raivattavaksi 98 erilaista johtolähtökohtaisen alueen osaa, jotka näkyvät vaaleanpunaisina alueina kuvasta 12. Kuten kuvasta nähdään, kuuden vuoden ajan johtolähtökohtaisten alueiden yhteydessä tehtävien ylimääräisten osien määrä on kohtalaisen suuri, mikä johtuu aluejaon suuresta muutoksesta ja lisäraivauskustannusten minimoinnista. Pieniä osia ei raivata yksistään, vaan ne liittyvät useimmiten samana vuonna raivattavaan viereiseen johtolähtökohtaiseen alueeseen.



Kuva 12. 2012–2017 Raivattavat johtolähtökohtaisten alueiden osat.



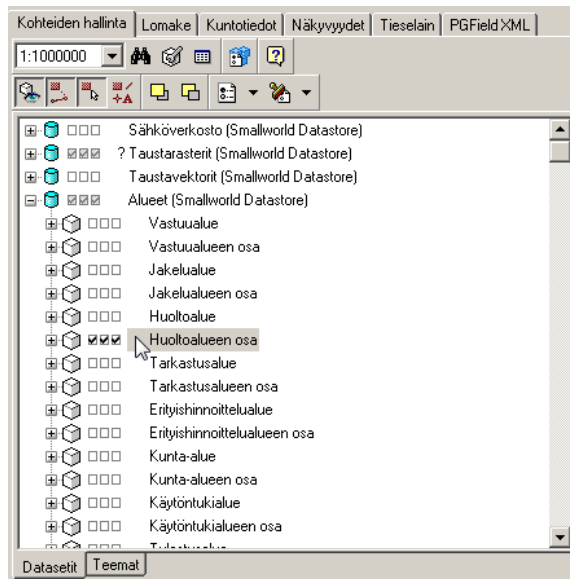
Tasoituksen vuoksi 16 johtolähtökohtaista aluetta raivataan siirtymäaikana osissa siten, etteivät ne muodostu raivauksen osalta siirtymäajan vuosina täysiksi alueiksi. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että alueet raivataan ensimmäisen kerran kerralla koko johtolähdön osalta vasta siirtymäajan jälkeen, mutta kaikkien osat tulevat raivatuiksi enintään kuuden vuoden välein.

## **6 Alueiden muodostaminen**

Työn alkaessa selvitettiin, miten uudet kunnossapitoalueet haluttaisiin näkymään käyttäjille verkkotietojärjestelmässä siirtymäaikana sekä sen jälkeen. Koska siirtymäaikana raivausta joudutaan tekemään osissa, eikä lopullista aluejakoa vielä käytetä raivauksessa, olisi tuona aikana käytössä olevat alueet haettu eri näkymään lopullisen aluejaon kanssa. Vanhat kunnossapitoalueet sijaitsevat Tarkastusalue -näkyvässä, eikä niitä haluttu poistaa kokonaan järjestelmästä ennen kuin koko verkoston kunnossapito on toteutettu toimivasti uuden aluejaon mukaisesti.

### **6.1 Näkymä verkkotietojärjestelmässä**

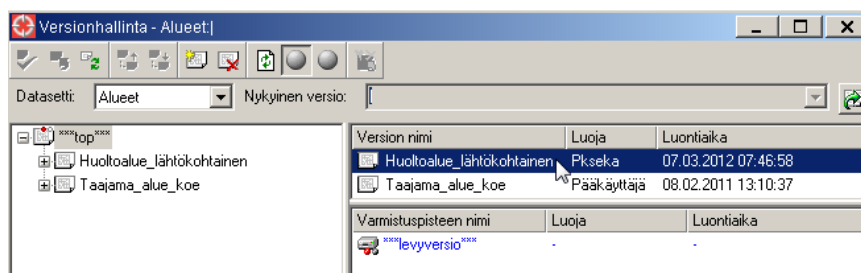
Järjestelmän muokattavuutta näkymien suhteen selvittäessä selvisi, että uusia näkymiä voidaan luoda vain ohjelmistoversion vaihdon yhteydessä, eikä edes olemassa olevien näkymien nimiä pystyä muuttamaan kuin tuolloin [41]. Vuoden 2012 version vaihto toteutettiin maaliskuun puolivälissä, eikä sen yhteydessä tehtäviin muutoksiin ollut mahdollista vaikuttaa tätä työtä tehtäessä. Käytävissä kaikkia uusia alueita varten oli vain yksi vapaa näkymä, nimeltä Huoltoalue. Kaikki siirtymäajan ja tavoitekierron alueet päätettiin sijoittaa sen alle eli Huoltoalueen osa -näkyvässä, minkä sijainti verkkotietojärjestelmässä on kuvan 13 mukainen.



Kuva 13. Johtolähtökohtaisten alueiden sijainti verkkotietojärjestelmässä.

## 6.2 Alueiden muodostaminen versioon

Kun uusille alueille oli löydetty sopiva sijainti, niiden luomista varten tehtiin verkkotietojärjestelmään uusi versio nimeltä Huoltoalue\_lähtökohtainen (kuva 14). Versioita käytetään muutoksien teon yhteydessä eräänlaisena välisijoituspaikkana, sillä uuden tarkistamattoman tiedon vieminen suoraan päätietokantaan voisi pahimmassa tapauksessa pyyhkiä vanhat tiedot kokonaan pois. Versioissa pääsyä päätietokantaan on rajoitettu, jolloin voidaan turvallisesti tehdä muutoksia olemassa oleviin järjestelmän kohteisiin ja varmistua muutosten oikeellisuudesta ennen päätietokantaan viemistä [33, s. 103]. Muutokset saadaan tallennettua jatkokäsittelyä varten ja lopuksi ne voidaan siirtää yhtenä kokonaisuutena päätietokantaan.



Kuva 14. Alueiden luontiin käytetty versio.

### 6.3 Rajauksen muuttaminen alueeksi

Uudet alueet muodostettiin tehtyyn versioon tallennetuista apugeometriarajauksista yksitellen. Haluttu aluerajaus avattiin tiedostosta näkyville ja Huoltoalueen osa -lomakkeelle syötettiin alueen tiedot sekä lisättiin geometria ennen muutosten vahvistamista, jolloin rajaus muuttuu alueeksi. Huoltoalueen osa -lomakkeen tietokentät näkyvät kuvassa 15. Kentistä on aktiivisena kohta, josta apugeometriarajaus muutetaan alueen ulkorajaksi. Tarkempi ohje alueiden muodostamisesta esitetään liitteessä 5.

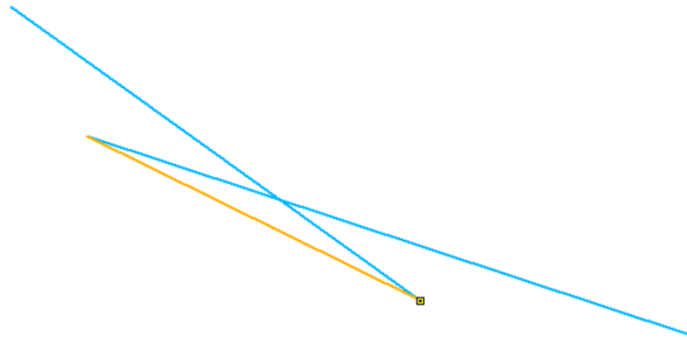
Kentän nimi	Arvo
Nimi	
Koko nimi	
Kokonaisalue	
Huoltoalueen osat	
Karttatekstin sijainti	
Huomiot	
Area Id	
Huoltovuosi	
Seuraava huoltovuosi	
Raivausvuosi	

Kuva 15. Huoltoalueella käytössä olleet tietokentät verkkotietojärjestelmässä.

Alueita tehtäessä kolmen tehdyn rajauksen muodostaminen alueeksi ei onnistunut ensimmäisellä yrittämällä. Kun lomakkeen tiedot oli täydennetty ja valittiin toiminto Lisää geometria, verkkotietojärjestelmä antoi virheilmoituksen. Ilmoitus tarkoitti vapaasti suomennettuna, ettei kyseinen apugeometriarajaus ole sopiva Huoltoalueen osa -kentän alueeksi.

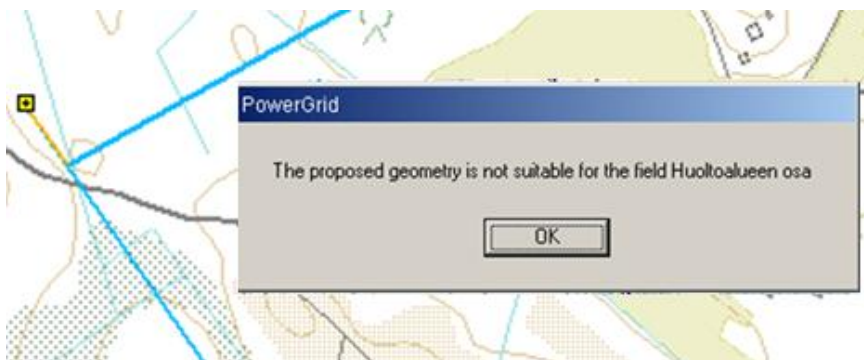
Koska rajausviivoja muokattiin teon aikana paljon viivan reittipisteitä poistamalla eri karttanäkymän mittakaavoissa, arveltiin vian löytyvän rajausviivan rakenteesta. Tämä oletus osui oikeaan, sillä kaikissa kolmessa rajauksessa havaittiin ylimääräinen reittipiste erittäin lähelle tarkennetulla mittakaavalla. Yksi virheellisistä rajauksista oli kuvan 16 mukainen. Reittiin jäänyt ylimääräisiä pisteitä, kun rajauksia muokattiin suurella mittakaavalla. Käytännössä rajaus ei siis saanut

olla ”solmussa”, jotta alue voitiin muodostaa. Virhe näkyi vasta todella lähelle tarkennettaessa, kuten kuvassa näkyvästä mittakaavasta voidaan todeta.



Kuva 16. Rajaukseen jäänyt ylimääräinen piste.

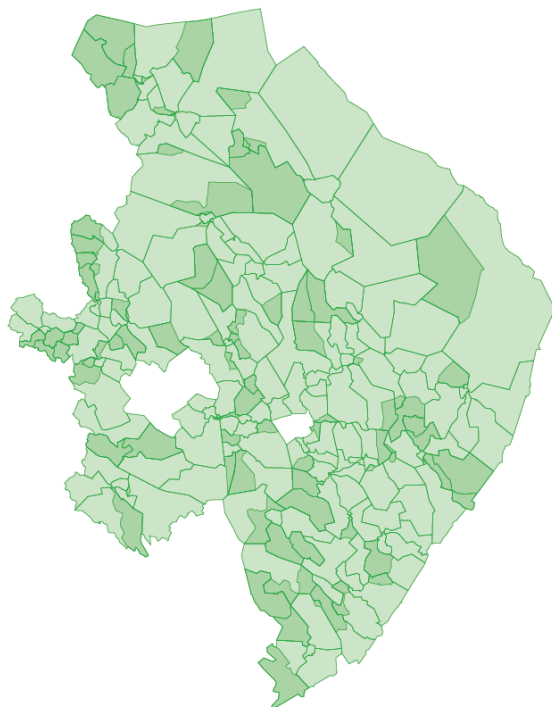
Kaksi muuta rajausta sisälsivät kuvan 17 mukaisen virheen, jossa aluerajauksen kulmaan oli jäänyt yksi ylimääräinen piste. Virheistä voidaan tulkita, että rajausviiva ei saa kulkea itsensä päällä takaisin samaa reittiä lyhyttäkään matkaa. Kuvassa näkyy myös verkkotietojärjestelmän antama virheilmoitus.



Kuva 17. Piste poistamatta rajauksen kulmasta.

Koska kaikki alueet jouduttiin syöttämään samaan näkymään, ensiksi luotiin kokonainen johtolähtökohtainen alue ja sen päälle sijoitettiin siirtymäajan raivauksessa tehtävät saman alueen osat. Tämän vuoksi kokonaisten johtolähtökoh-

taisten alueiden rajat saadaan yhtäaikaisesti näkyviin siirtymäaikana vain erikseen tehtävällä kyselyllä. Huoltoalueen osa -näkömön aktiiviseksi asettaminen näyttää kaikki siirtymäajan osat ja tulevaisuuden kierron alueet yhtäaikaisesti. Kuvassa 18 verkkotietojärjestelmästä tulostettu pdf-kartta, josta nähdään päällekkäin luodut alueet tummemmalla vihreällä. Näytölle avattu näkömön ei näytä päällekkäisyyttä eri värillä.



Kuva 18. Tuloste verkkotietojärjestelmän Huoltoalueen osa -näkömönstä.

Kun kaikki alueet ja siirtymäajan osat olivat syötettyinä versioon, verkkotietojärjestelmän pääkäyttäjä siirsi ne päätietokantaan. Tämä ehdittiin tehdä juuri ennen maaliskuun puolessa välin tehtyä ohjelmiston versionvaihtoa, joka kesti neljän työpäivän ajan.

#### **6.4 Alueiden nimeäminen**

Johtolähtökohtaiset alueet nimettiin sähköaseman lyhenteellä, johtolähtötunnuksella ja johtolähdön koko nimellä. Taajama-alueet nimettiin sähköaseman lyhenteellä, johtolähtötunnuksella ja taajaman paikkakunnan nimellä. Jos johtolähtökohtainen alue muodostettiin useammasta kuin yhdestä johtolähdöstä, sen

nimeäminen tapahtui kuten yksittäisessä johtolähtökohtaisessa alueessa, mutta lähtöjen tunnukset sekä nimet erottiin kentissä ja -sanon avulla. Nimien erottimena ei voitu käyttää mitään sallittua välimerkkiä, sillä verkkotietojärjestelmässä olevien johtolähtöjen nimissä oli käytössä kaikki sallitut välimerkit ja sekaantumiselta haluttiin välttyä. Siirtymäaikana raivattavat alueiden osat nimettiin raivausvuositiedolla ja johtolähtötunnuksen perään kirjatulla osan järjestysnumerolla.

### **6.5 Päivitystarve siirtymäaikana**

Koska alueet syötettiin samaan näkymään, joudutaan siirtymäaikana raivattavat ylimääräiset osat poistamaan, kunhan tieto raivauksen suorituksesta on varmistunut eikä aluetta enää tarvita. Lisäksi raivauksen valmistumisen jälkeen on päivitettävä uusien johtolähtökohtaisten alueiden Raivausvuosi -kenttä seuraavan raivausajankohdan mukaiseksi, eli kuuden vuoden päähän. Kun siirtymäaika on ohi, raivausvuosien päivitykset tehty ja kaikki ylimääräiset osat poistettu, jäävät jäljelle kokonaiset alueet joiden raivausvuositieto pidetään ajan tasalla myös tulevaisuudessa.

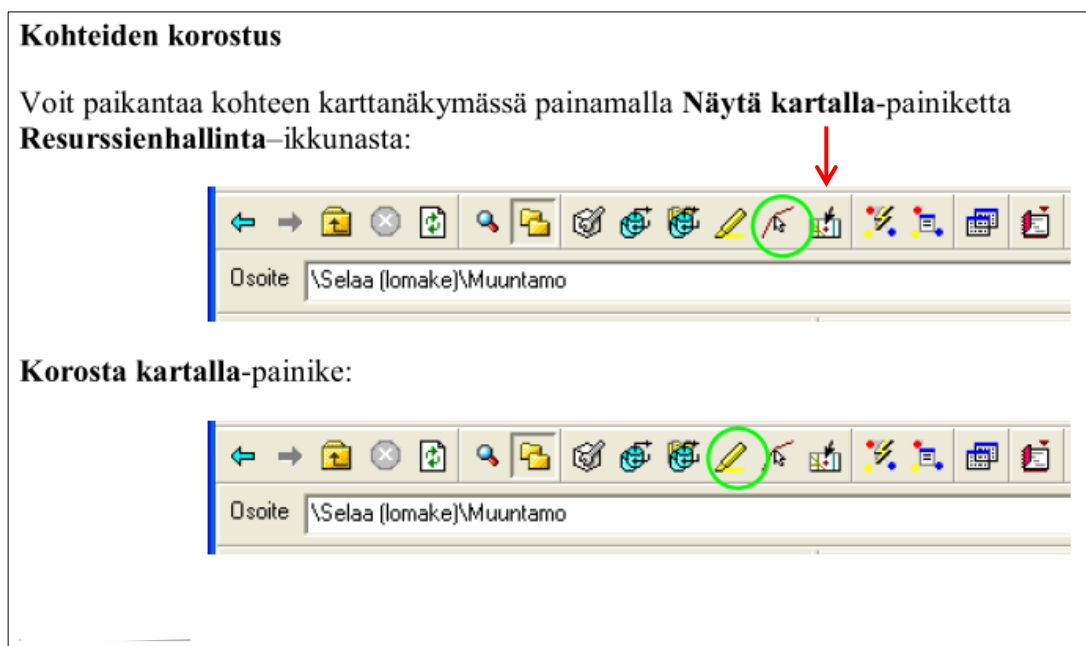
Koska kokonaisia alueita muodostuu osittain vasta siirtymäajan jälkeen, siirtymäajan alueet yksilöitiin Huomiot -kentän avulla. Siirtymäaikana raivattavien kokonaisten alueiden Huomiot -kenttään syötettiin ”Päivitettävä” -teksti, jotta esimerkiksi liitteen 4 sivulla 2 esitetyllä kyselyllä saadaan helposti haettua kaikki 2012 raivatut kokonaiset alueet. Näitä hakuja joudutaan tekemään esimerkiksi raivausvuositiedon päivityksen yhteydessä. Vain siirtymäaikana käytettävien osien Huomiot -kenttään syötettiin teksti ”Poistettava”, jotta ne saadaan eroteltua pysyvistä alueista helposti poiston tullessa ajankohtaiseksi.

### **6.6 Tiedon kysely samanaikaisesti usealta alueelta**

Verkkotietojärjestelmästä voidaan hakea tietoa suoraan kohteen lomakkeelta ja kyselyiden avulla. Kyselyissä on aktivoitava järjestelmästä löytyvä alue tai määriteltävä hakualue itse apugeometrialla [33, s. 209, 218–224]. Järjestelmästä löydettiin työn yhteydessä toiminto, jolla kyselytuloksista saadaan kerralla valittua aktiiviseksi useita kohteita. Tämä helpottaa uusien alueiden käsittelyä, sillä

useilta aktiivisilta alueilta voi järjestelmän käyttäjillä olleesta tiedosta poiketen hakea tietoa yhdellä kyselyllä. Liitteessä 4 olevalla kyselyllä voidaan ensiksi hakea esimerkiksi kaikki 2012 raivattavat alueet, sitten valita ne yhtäaikaisesti aktiiviseksi ja suorittaa esimerkiksi valituille alueille tarkoitettu kj-johtomäärän kysely. Tuloksien saaminen resurssienhallintaan voi kestää, mutta näin menettämällä saadaan huomioitua kokonaismäärissä vuosien saatossa tapahtuneet verkostomuutokset.

Menettelytapaa voi hyödyntää monen muunkin asian tekemisessä verkkotietojärjestelmää käytettäessä. Verkkotietojärjestelmän käyttöohjeesta löydettiin virhe alueiden yhtäaikaisen korostamisen kohdalta. Kuvasta 19 nähdään ote ohjeesta kohteiden korostamiseksi kartalta. Yläreunassa on ympyröity kohteiden yhtäaikaisen aktivoinnin painike, mutta teksti kertoo vain kohteen paikantamisesta kartalla. Todellisuudessa kohteen paikantaminen kartalla tapahtuu oikealla olevasta painikkeesta (kuvaan piirretty punainen nuoli). Ohjeesta ei löydetty kohtaa, missä kyselytulosten kohteiden yhtäaikainen aktivointi tai näiltä tiedon kerralla hakeminen olisi kerrottu. Tämä voi olla yksi syy, miksi kyseistä toimintoa ei ole aikaisemmin tiedetty käyttä.



Kuva 19. Verkkotietojärjestelmän ohje kohteen korostamiseksi. [33, s. 211.]

## 7 Kuntotarkastusvälien muutoksen mallintaminen

Toimeksiantaja päivittää tulevaan kunnossapitopolitiikkaan myös verkkokohteiden kuntotarkastusvälit. Alustavaa selvitystä nykystandardien edellyttämistä kuntotarkastusväleistä tehtiin jo 2009, jolloin valtakunnallisen tarkastuslaitoksen eli Inspectan edustajan vastaus oli sama mihin tässäkin työssä päädyttiin, eli standardit eivät suoraan määritä maksimitarkastusvälejä. [7; 25.] Tarkkojen sähköverkon kuntotietojen perusteella ja tarkastuksista saatavan hyödyn optimoimiseksi PKSS:n jakeluverkon kohteiden tarkastusvälejä haluttaisiin pidentää nykyisestä [7]. Työssä luotiin uusia tarkastusmalleja pidennetyillä tarkastusväleillä, jotta nähdään kuinka toimeksiantajan verkon rakenne ja luodut alueet muodostavat tarkastuskustannuksia, jos taajama- ja maaseutualueet tarkastetaan joidenkin tarkastusmuotojen osalta eri väleillä. Tarkastusmallien tarkastusvälit esitetään taulukkomuodossa liitteessä 6 ja kuvaukset kerrotaan luvuissa 7.1.1–7.1.3.

### 7.1 Tarkastusmallit uuteen aluejakoon

Uuteen aluejakoon sopivaksi muodostettiin yksi vanhoja tarkastuskustannuksia kuvaava ja kaksi pidennetyillä tarkastusväleillä olevaa mallia. Tarkastusmallien avulla voidaan tutkia tarkastuskustannuksien käyttäytymistä uudella aluejaolla jo ennen tarkastusvälien lopullista määrittämistä. Mallien muodostaminen vaati edellisten vuosien kustannusten tutkimista ja tarkat tiedot uusilla alueilla sijaitsevista tarkastuskohteista sekä näiden lukumääristä. Mallintamista varten luotiin taulukko, joka sisältää kolme kuuden vuoden peräkkäistä tarkastusjaksoa. Kullekkin tarkastusjaksolle syötetään vuositasolla käytetyillä tarkastusväleillä saadut komponenttien määrät ja näistä saadaan tarkastuksen kokonaiskustannukset. Taulukossa verrataan kuuden vuoden tarkastuskustannuksia edelliseen, samanpituisen jaksoon ja tarkastusmuotoina ovat kunto- ja peruskunto, muuntamo-, jakokaappi- ja lentotarkastus. Taulukon käyttötarkoitusta, tarkastusmallien avulla tehtyä kustannusten jakautumista ja mallinnuksen tarkastusvälejä käsitellään myös työn Tulokset -osassa.



### 7.1.1 Vanha tarkastusmalli

Lähtökohdaksi luotiin kuuden vuoden mittainen, ”vanha” tarkastusmalli viime vuosien tarkastusmäärien ja -kustannusten perusteella. Joitakin tarkastusmääriä jouduttiin muokkaamaan lähelle tyypillistä vuosittaista toteumaa käyttämällä keskiarvoja, mutta pääasiassa määrinä käytettiin vuosien 2006–2011 tarkastustietoja. Tässä mallissa lentotarkastuksen hintana käytettiin lähinnä raivausjäljen valvontaan tarkoitettua tarkastuskustannusta. Näiden vuosien aikana tarkastettiin koko jakelualan pj-verkosto pylväiden iästä riippumatta, joten tästä muodostui malliin melko suuri kustannus. Kj-verkolle tehtiin kunnossapitolitiikan mukaiset tarkastukset vanhan aluejaon mukaisesti. Jakokaappitarkastuksia ei ole ennen suoritettu alueperusteisesti tarkalla aikavälillä, joten niiden tarkastuskustannuksia tähän malliin ei lisätty.

### 7.1.2 Tarkastusmalli 1

Ensimmäisessä uudessa tarkastusmallissa työssä luotuja, taajama-alueiden ulkopuolisia johtolähtökohtaisia alueita ajatellaan maaseutualueiksi. Taajama-alueiden muuntamoiden tarkastus sekä kj- ja pj-verkon maasta käsin tehtävä kuntotarkastus suoritetaan edelleen kuuden vuoden välein. Maaseutualueilla maasta käsin tehtävän kj- ja pj-johtojen kuntotarkastuksen suoritusväliä venytettiin 12 vuoteen. Kuntotarkastus tehtäisiin edelleen vain 25–39-vuotiaille pylväille, jolloin 0–24-vuotiaat kj- ja pj-johdot eivät kuulu maasta käsin tehtävän kuntotarkastuksen piiriin. 12 vuoden tarkastusväli koskee myös maaseudun muuntamoita ja jakokaappeja. Kj-johdon tarkastus lentämällä suoritetaan kuuden vuoden välein sekä taajamissa että maaseudulla, jotta raivausjälki ja iältään 0–24-vuotias kj-johto tulevat tarkastetuiksi. Lentotarkastusmateriaali on laadultaan kj-kuntotarkastukseen sopivaa ja kolmiulotteista, minkä vuoksi myös hinta on vanhaa menetelmää kalliimpi. Peruskuntotarkastus suoritetaan edelleen 40 vuotta ja vanhemmille kj- ja pj-ylväille kuuden vuoden välein kaikille tarkastuskierron mukaisille alueille.

Tarkastusmallin pylväsmäärät ovat nykyisten pylvästietojen mukaan ajateltu tarkastettavaksi vuosina 2013–2018. Esimerkiksi 2018 vuonna 40 vuotta ja vanhemmiksi pylväiksi on laskettu tällä hetkellä järjestelmästä löytyvät vuonna

1978 tai aiemmin kyllästetyt pylväät. Laskentatavasta aiheutuu oletettavasti hieman todellista suuremmat pylväsmäärät tulevaisuuden saneerausten ja maakaapeloinnin todennäköisen kasvun vuoksi.

Tarkastusmalli 1 tuo parannusta 1–24-vuotiaan kj-verkon tarkastukseen, sillä se tarkastettaisiin kolmiulotteisen kuvamateriaalin tuottavalla lentotarkastusmenetelmällä, jolloin materiaalia voitaisiin käyttää myös jossain määrin suunnittelijoiden apuvälineenä. Lisäksi malliin on lisätty jakokaappien tarkastus tietyin määräväleihin, jolla saadaan parannusta varsinkin taajamajakokaappien tarkastuksiin. Vikojen riskiä maaseudulla lisää kuntotarkastuksen suoritusiheyden kaksinkertaistaminen, mutta tästä saadaan samalla kustannussäästöjä. Puutteeksi tässä tarkastusmallissa jäävät vanhan kunnossapitopolitiikan tapaan 1–24-vuotiaat pj-pylväät, joita ei tuolla välillä tarkastettaisi ollenkaan.

### **7.1.3 Tarkastusmalli 2**

Toisessa tarkastusmallissa kj-johdon maasta käsin tehtävä kuntotarkastus 25–39-vuotiaille pylväille on jätetty kokonaan pois. Kj-johdon tarkastus toteutetaan vain ilmasta käsin kuuden vuoden välein mallin 1 mukaisella tarkastusmenetelmällä. Iältään 0–39-vuotiaille pj-pylväille tehdään kuntotarkastus maasta käsin taajamissa kuuden ja maaseudulla kahdentoista vuoden välein. Pj-kuntotarkastuksen yhteydessä tarkastetaan myös muuntamot ja jakokaapit samalla aluejaolla sekä tarkastusväleillä. Pylväsmäärät ja iän laskeminen ovat mallin 1 mukaiset. Peruskuntotarkastus suoritetaan myös tässä mallissa kuuden vuoden välein kaikille tarkastuskierron mukaisien alueiden 40-vuotiaille ja tätä vanhemmille kj- ja pj-pylväille.

Menettely toisi edellisen mallin etujen lisäksi tasaisemman tarkastusjakauman myös pj-johdon osalta, jolloin käyttöturvallisuudesta varmistutaan myös johdon ”nuorina” ikävuosina. Kustannussäästöjä saataisiin kj-verkolle maasta käsin tehtävästä kuntotarkastuksesta luopumalla.

## 7.2 Muiden verkkoyhtiöiden kunnossapitokäytäntöjä

Työn alkupuolella kuudelle muulle sähköyhtiölle lähetettiin kuntotarkastusmenetelmiä ja -suoritusvälejä koskeva kysely. Kohdeyhtiöt valittiin suurimmalta osin sähköverkon tyyppin mukaan PKSS:n sähköverkkoa vastaaviksi, jotta tulokset olisivat keskenään vertailtavissa. Vastaus kyselyyn saatiin E.ON Kainuun Sähköverkko Oy:ltä, Järvi-Suomen Energia Oy:ltä, Kymeenlaakson Sähköverkko Oy:ltä, LNI Verkko Oy:ltä ja Savon Voima Verkko Oy:ltä. Vain Fortum Sähkön-siirto Oy:n vastaus ei saapunut ainakaan työn tekemisen aikana. Pyynnöstä yhtiöiden nimet jätettiin yhteenvetotaulukossa mainitsematta. Neljän vastanneen yhtiön kunnossapitovälit ja saadut tiedot käytetyistä tarkastusmenetelmistä ovat esillä satunnaisessa järjestyksessä liitteen 7 taulukossa. Viidennen yhtiön vastaukset jätettiin taulukosta pois tulkintaseikkojen vuoksi. Saatuja tietoja käytetään hyödyksi lopullisia tarkastusvälejä määritettäessä. Taulukkoon laitettut tiedot ovat tekijän tulkintoja vastauksista ja toimeksiantajalla on käytössään alkuperäiset vastausviestit näkemyserojen korjaamiseksi.

Yhdellä vastanneista yhtiöistä oli käytössä johtolähtökohtainen raivauskierto ja viestistä voitiin tulkita, että raivauksen laadun seuranta on helpottunut ja verkossa tapahtuvien jälleenkytkentöjen määrän laskeminen raivauksen jälkeen on ollut välittömästi nähtävissä. Kuntotarkastusvälit vaihtelivat jonkin verran yhtiöiden välillä, kuuden vuoden tarkastusväli oli tuloksien perusteella eniten käytetty tarkastuskohteesta riippumatta. Pisin tarkastusväli kj-johdolla oli kuusi ja pj-johdolla kahdeksan vuotta. Tihein kj-johdon tarkastusväli oli kaksi vuotta ja pj-johdolla kuusi vuotta.

Tarkastusmenetelmistä voitiin nähdä, että lentotarkastusta käytettiin yleisesti paljon, mikä kertoo nyky menetelmien tarkkuuden ja soveltuvuuden kj-verkon tarkastukseen olevan hyvällä tasolla. Yksi vastanneista oli luopunut kj-verkon maasta käsin tehtävästä tarkastuksesta lahotarkastusta lukuun ottamatta. Lahotarkastuksia yhtiöissä suoritetaan yleisesti monella eri ikähaarukalla, vastauksissa tarkastuksen aloituksen iät vaihtelivat 20–40-vuoteen. Yksi vastaajista suorittaa tarkastuksen 40-vuotiaille pylväille vain kerran elinkaaren aikana. Vastauksien ulkopuolelta Fortum Sähkön-siirto Oy on siirtymässä riski- ja luotettavuuspohjaiseen huolto- ja kunnossapito-ohjelmaan, jossa verkkokohteita tar-

kastetaan ja huolletaan kohteiden vaurioalttiuteen ja sijaintiin perustuvissa sykleissä [15].

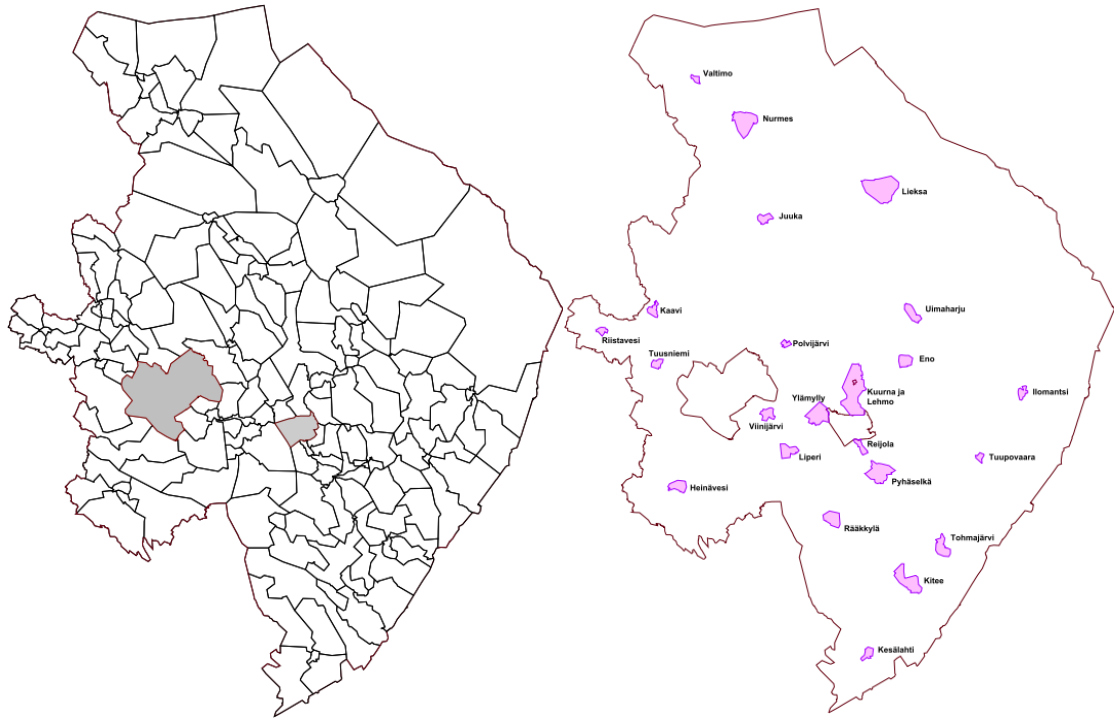
## **8 Tulokset**

Työn merkittävimpänä tuloksena voidaan pitää täysin uusia kunnossapitoalueita, joiden käyttöönotto saatiin suunniteltua toteutuskelpoiseksi. Uusille alueille löydettiin sijoituspaikka verkkotietojärjestelmästä, vaikka järjestelmän muokattavuus ei mahdollistanut uusien näkymien luomista työn aikana. Myös raivausohjelmien vaihto onnistuttiin toteuttamaan muutoksen laajuuteen nähden pienillä kustannuksilla. Kunnossapitolitiikan päivittämisen etenemisen kannalta tärkeitä tuloksia ovat myös tutkitut määräykset ja lait, tehdyt tarkastusmallit ja mahdollisuus tutkia kustannusten käyttäytymistä taulukkotyökalun avulla. Tulokset saatiin valmistumaan suunnitellun aikataulun mukaisesti.

### **8.1 Uudet alueet**

Uusia kunnossapitoalueita suunniteltiin yhteensä 161 kappaletta (kuva 20), joista taajama-alueiksi muodostui yhteensä 23 aluetta (kuva 21). Näin ollen johtolähtöä noudattelevia, niin sanottuja maaseutu-alueita muodostui 138. Sekä siirtymä- että tavoitekierron alueet syötettiin yhteiseen näkymään verkkotietojärjestelmään, sillä työn aikana järjestelmän näkymiä ei saatu muokattua halutulla tavoin. Johtolähtöjen alkuosia jouduttiin usein jättämään esimerkiksi taajamara-jausten sisälle, jolloin pieni osa johdosta voi edelleen jäädä eri vuosina huollettavaksi. Taajama-alueet keskittyivät tavoitevuoden määrittelyssä käytetyllä kriteerillä kuuden vuoden kierron alkupuolelle.

Joidenkin johtolähtökohtaisten alueiden osalta poikettiin lähdön mukaisesti kulkevan rajan tavoitteesta, sillä verkon rakenne ei tätä kaikkialla mahdollistanut. Kerättyjen tietojen perusteella 52 uutta aluetta sisälsi vain yhden entisen raivausvuoden. Kahdesta vanhasta raivausvuodesta muodostui 76, kolmesta 25, neljästä 7 ja viidestä 1 alue. Uudet alueet muodostettiin näin ollen yhteensä 312 vanhan alueen osasta. Luku ei sisällä pieniä johto-osuuksia, jotka sovitettiin muiden alueiden vuosien mukaisiksi jo rajausvaiheessa.



Kuva 20. Uudet kunnossapitoalueet. Kuva 21. Taajama-alueet.

Uusien kunnossapitoalueiden sisältämät verkostokomponenttien määrät ja tietojen haussa mahdollinen virheen osuus selvitettiin laajasti tulevaa käyttöä huomioiden. Taulukossa 2 on kuvattu verkkotietojärjestelmästä kyselyillä haettujen tietojen perusteella laadittu vertailu verkostokohteiden jakautumisesta uusien taajama- ja maaseutualueiden kesken.

Taulukko 2. Verkostokomponenttien sijoittuminen kunnossapitoalueille.

Verkostokohde	Maaseutu	Taajama
KJ-johto	92 %	8 %
PJ-johto	91 %	9 %
Erotin	83 %	17 %
Muuntoasema	86 %	14 %
Jakokaappi	35 %	65 %
Liittymä	71 %	29 %

## 8.2 Alue muutoksen apuvälineet

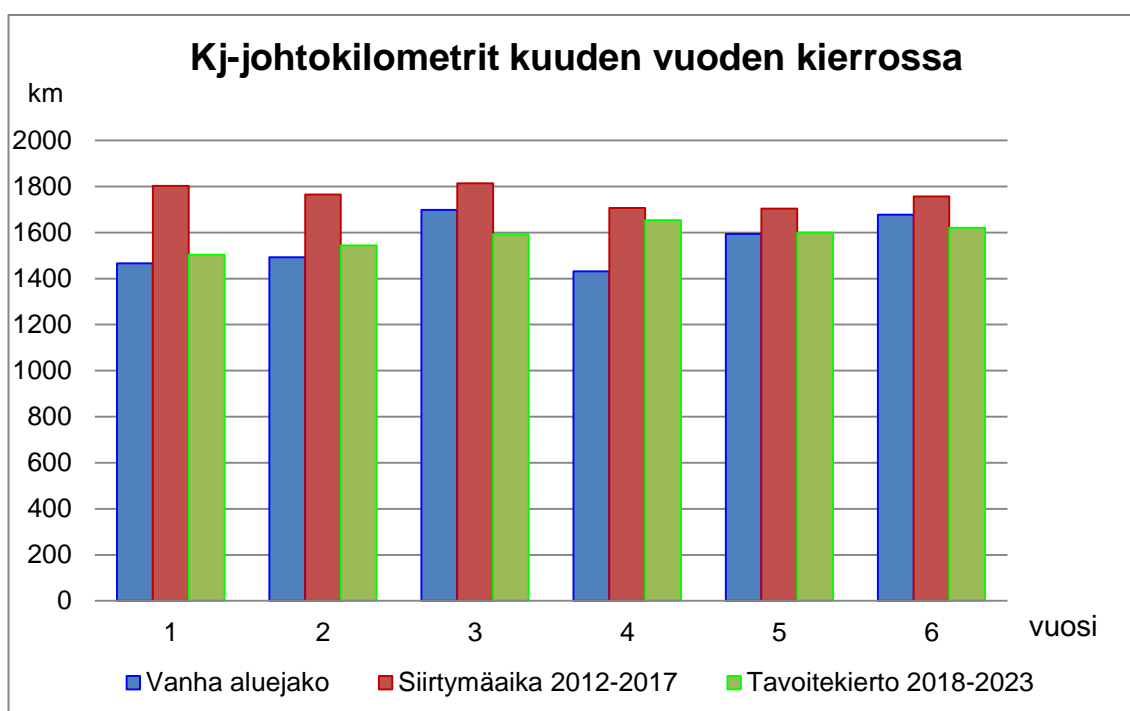
Etenkin siirtymäajan raivausta varten työssä laadittiin monenlaisia apuvälineitä, kuten vuositason tehty kartat raivattavista alueista ja osista. Esimerkki vuositason raivausaluekartasta nähdään liitteestä 8, jossa näkyvät 2012 raivattavat alueet. Karttoihin merkattiin jokaisen alueen tunnus, jotta alueet saadaan yhdistettyä tehtyyn taulukkoon ja vastaava alue löydetään myös verkkotietojärjestelmästä. Vuosittaisista kartoista tehtiin karkeita ja tarkempia versioita, joissa mukana oli esimerkiksi taustakartta. Erotin- tai muuntamotunnuksia koko jakelualueen kokoiseen karttaan ei voitu sisällyttää, sillä tekstien mittakaavan muokaus näin suurelle kartalle sopivaksi ei ollut mahdollista.

Raivauksen toteutuksen suunnittelun avuksi tehtiin kaksi erillistä taulukkoa, joista toinen sisälsi omille välilehdilleen tehty aluelistaukset siirtymäajan vuosista ja toinen samat tiedot kuuden vuoden jaksosta siirtymäajan jälkeen. Siirtymäajan taulukkoon sisällytettiin myös arvioidut vuosittaiset kustannukset ja näitä selventäviä kaavioita. Taulukoihin kerättiin kaikkien alueiden kj- ja pj-johtojen määrät ja lisäksi jokaisen alueen riville luotiin urakoitsijan valintavalikko, jonka avulla alueet saadaan jaettua eri urakoitsijoille helposti. Taulukosta nähdään välittömästi kullekin urakoitsijalle suunniteltujen alueiden muodostamat työmäärät. Hinnat ja urakoitsijat lisätään ennen käyttöä omille välilehdilleen. Esimerkki taulukon välilehdestä, jota käytetään apuna vuoden 2015 raivausalueiden jakamisessa eri urakoitsijoille, nähdään liitteestä 9.

Koska alueiden muodostuksen yhteydessä tehtiin rajauksia myös tiedossa oleviin muutoksiin perustuen, laadittiin verkkotietojärjestelmän johtolähtölistauksen perusteella taulukko, josta nähdään värikoodeilla nopeasti onko alue järjestelmän johtolähdön mukainen. Tästä listauksesta nähdään myös helposti sähköasemittain kaikki johtolähdöt, jotka kuuluvat tiettyyn taajama-alueeseen tai nyt järjestelmästä löytyvät, mutta myöhemmin poistuvat lähdöt, joiden mukaan alueita ei muodostettu. Tulevien jakorajojen muodostaminen tuo raivaustyön suunnitteluun omat lisähaasteensa, joten käytössä olevien todellisten jakorajojen selvittäminen joudutaan katsomaan verkkotietojärjestelmästä johtolähdöt värittämällä. Työn loppuvaiheessa yksi ”pysyvä” jakoraja ehti jo muuttua alkutilanteesta poikkeavaksi.

### 8.3 Vuosittaisten vaihteluiden tasaus

Siirtymäajan ja tavoitekierron kuuden vuoden syklin vuosittaiset kj-johtomäärien vaihtelut tasattiin vähäisiksi. Tasoituksen tuloksena saadut siirtymäajan ja tavoitekierron vuosittaiset kj-johtomäärät näkyvät kuviossa 5, johon on lisätty vertailukohdaksi vanhan aluejaon mukaiset johtomäärät. Johtomäärissä ei huomioitu tulevien vuosien aikana alueiden sisällä tapahtuvia muutoksia, eikä kyselyn toiminnan puutteellisuudesta aiheutuvaa virhettä. Siirtymäajan vuosien kj-johtomäärien ero suurimman ja pienimmän vuosittais määrän välillä on noin 110 kilometriä ja tavoitekierrossa noin 150 kilometriä, mikä on yli 100 kilometriä vanhaa kiertoa pienempi. Tulevien jakorajamuutosten aiheuttaman tasaustarpeen yhteydessä, myös pj-johtojen vuosittainen vaihtelu tavoitekierrossa tasattiin noin 190 kilometriin.



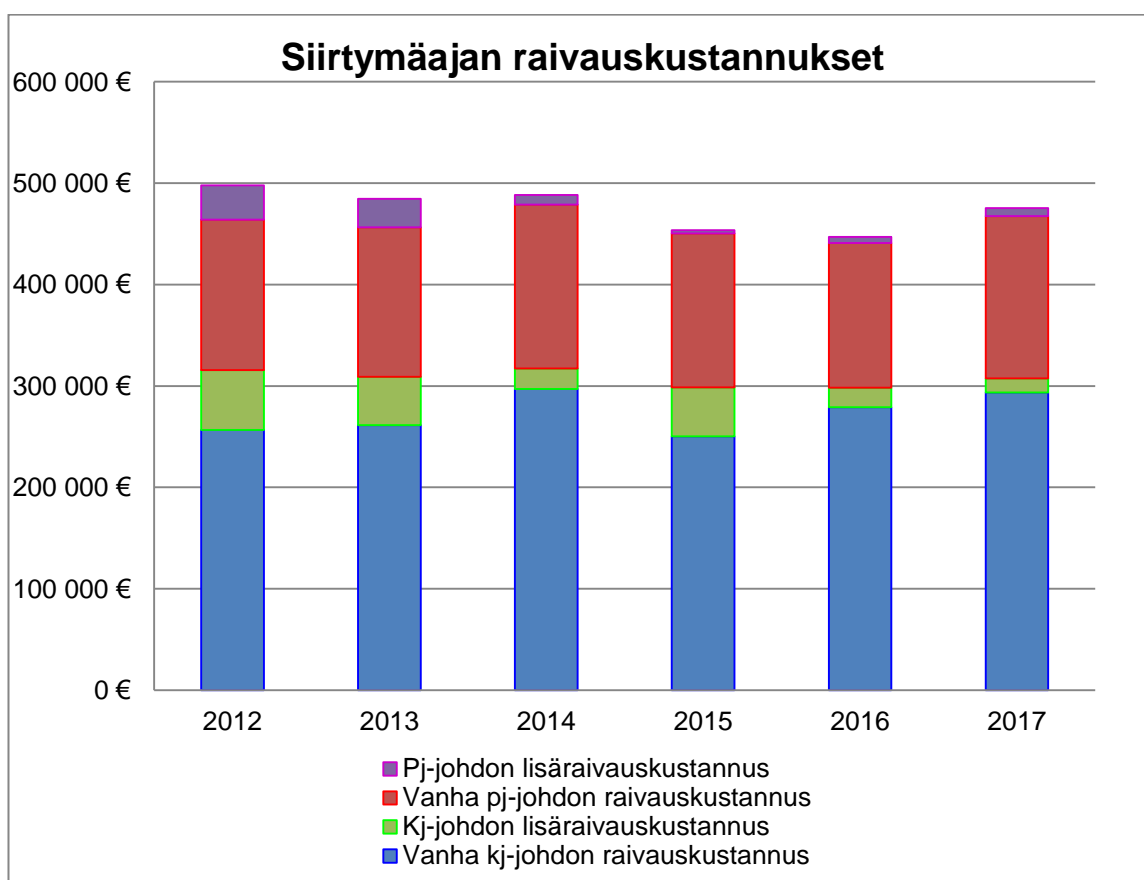
Kuvio 5. Tasatut kj-johtomäärät aluekierrossa siirtymäaikana ja sen jälkeen.

Kuudelle vuodelle muodostettu johtolähtökohtainen kunnossapitoaluekierto nähdään liitteestä 10, jossa vuosittain kunnossapidettävät alueet ovat erivärisiä. Alueiden tietoihin ei tallennettu tunnusta tai numeroa, joka yhdistäisi alueen tiettyyn vuoteen kierrossa, kuten vanhoissa alueissa oli tehty.

## 8.4 Siirtymäajan raivauksen lisäkustannukset

Yhteenlaskettu lisäraivaustarve tavoitekierron saavuttamiseksi on siirtymäaika-  
na kj-johdon osalta noin 1190 ja pj-johdolla noin 840 kilometriä. Siirtymäajan  
raivauksen kustannusarvion muodostamiseen käytettiin urakoitsijoiden 2012  
vuonna voimassa olevien hintojen keskiarvoa. Kuviossa 6 on esitetty siirtymä-  
ajan vuosien raivauskustannusten muodostuminen vanhaan kustannukseen  
verraten.

Arvio pohjautuu suoraan työssä haettuihin kilometrimääriin, eikä siinä huomioida kilometriperusteisen yksikköhinnan mahdollista nousua. Kahden viime vuoden aikana kj-johdon keskimääräinen raivauskustannus oli tehdyn selvityksen mukaan noussut keskimäärin noin 8 % ja pj-johdon noin 10 % vuodessa. Tämä selittyy osittain työn jäljen laatuvaatimusten tiukentamisella ja sopimusehtojen tarkentamisella [18]. Tähän raporttiin ei liitetty tarkkaa vuositason kustannusarviota yksikkökustannusten salaamiseksi.



Kuvio 6. Siirtymäajan raivauskustannusarvio.

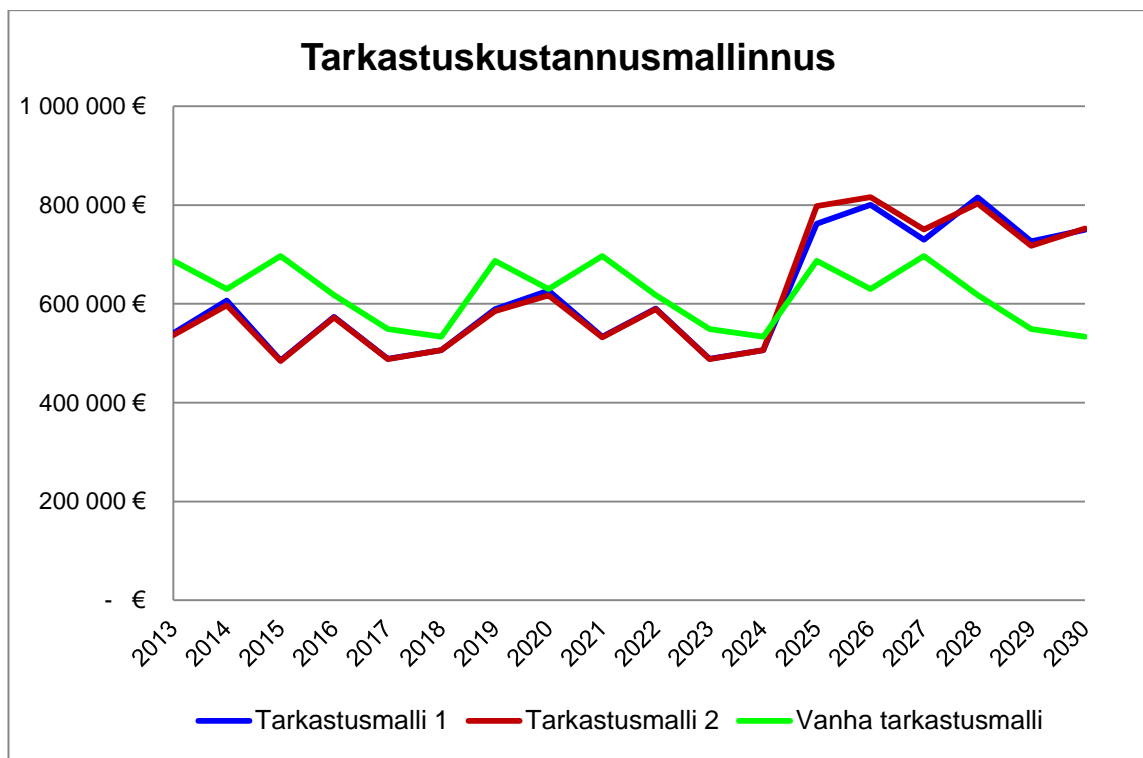


## 8.5 Tarkastuskustannusten mallinnustyökalu

Tarkastusvälien uudelleen määrittelyä varten työssä luotiin uuteen aluejakoon soveltuva aputaulukko, jolla tarkastuskustannuksia saadaan mallinnettua kolmelle tulevalle kuuden vuoden jaksolle. Neljännen jakson muodostavat ensimmäiseen työkirjaan syötetyt vanhat kustannukset. Vanhojen kustannusten vertailukohdiksi laadittiin kaksi teoreettista tarkastusmallia. Jokaista jaksoa verrataan edelliseen jaksoon ja jaksojen välillä nähdään kaaviomuodossa, mistä tarkastusmuodoista kustannusten lisäystä, tai vähennystä edelliseen jaksoon verrattuna syntyy. Liitteessä 11 esitetään malli kahden tarkastelujakson vertailusta, johon syötetään tarkastettavien kohteiden määrät. Liitteestä nähdään myös esimerkki tarkastusten kustannuspoikkeamia jaksojen välillä kuvaavasta kaaviosta. Tarkastelujakson vertailutaulukon määrät poistettiin tästä esimerkistä.

Luotujen tarkastusmallien tarkoitus on selventää tarkastuskustannusten käyttäytymistä, jos esimerkiksi toimeksiantajan verkon maaseutualueiden kj- ja pj-johdon ja muuntoasemien tarkastusväliä jatketaan. Kolmen eri tarkastusmallin kustannusten käyttäytyminen uudessa aluejaossa on kuvion 7 mukaista. Taa-jama-alueiden kj- ja pj-johtojen sekä muuntoasemien tiheämpi tarkastusväli aiheuttaa malleissa näkyvää kustannusvaihtelua kuuden vuoden jaksolle, sillä taajamien lukumäärää ei tasoitettu eri vuosille.

Tarkastuskohteiden määrien on oletettu pysyvän samanlaisina kahden viimeisen, kuuden vuoden pituisen tarkastelujakson ajan. Siirtymäajan vuosina tehdään poikkeuksellisesti lentotarkastus vain kokonaan raivatuille uuden aluejaon mukaisille alueille ja ylimääräisenä raivattavien osien tarkastus jätetään pois. Muuten siirtymäajan tarkastusmäärät ovat yhtenevät kahden viimeisen tarkastelujakson kanssa. Tarkastelussa ei huomioitu verkossa tai hinnoissa tapahtuvia muutoksia ja maaseutualueiden 12 vuoden välein tarkastettavaksi määrättyjen kohteiden tarkastuskierron aloitus siirrettiin alkamaan kokonaisuudessaan vasta vuodesta 2025. Tämä aiheuttaa tarkastuskustannusten jyrkän kasvun tuolle vuodelle. Yksityiskohtainen tarkastelutaulukko jätettiin työstä pois yksikkökustannusten salaamiseksi.



Kuvio 7. Eri mallien tarkastuskustannusten käyttäytyminen 2013–2030.

## 9 Pohdinta

Työssä saatiin muodostettua vaatimustason täyttävät johtolähtökohtaiset kunnossapitoalueet ja näistä suuresti poikkeavat tapaukset jäivät muutamiin kappaleisiin. Aluerajat noudattelevat johtolähtöjä pääosin hyvin, eivätkä pienet johtojen alkuosat taajamissa aiheuta suurta virhettä, sillä suurin osa johdosta huolletaan samana vuonna. On myös todennäköistä, että nuo alkuosat tullaan muuttamaan lähitulevaisuudessa maakaapeleiksi, jolloin esimerkiksi raivauksen vaikutusalueelle jää vain yksi huoltovuosi. Enemmän johtolähdöistä poikkeavuutta tulee nähtävästi aiheuttamaan verkossa tapahtuva eläminen, eli johtolähtöjen jakorajojen muutokset.

Alueiden rajaaminen ja raivauskierron huolellinen suunnittelu veivät paljon aikaa ja edellyttivät tarkkaa perehtymistä toimeksiantajan sähköverkkoon. Työ kannatti tehdä, sillä kilometrimäärien tasoitustarve ison urakan jälkeen oli todella vähäinen. Tämä juontuu pitkälti onnistuneesta tavoitevuoden määrittelykriteeristä ja sen noudattamisesta, eli työn alussa muodostunut ajatus pysyvä vanhassa

tuotti tulosta. Jos tasoitustarve olisi ollut todella suuri, satojen alueiden raivausvuosien yksittäinen sijoittelu ja jakaminen olisivat luultavasti vieneet lähes koko työn ajan, tai ainakin tuottaneet suuremmat lisäkustannukset. Suurta massaa oli helpompi hallita, kun seurasi tiettyä ajatusmallia ja luotti sen tuottamiin tuloksiin heti alussa, vaikka näkemystä olikin vaikea selvittää työn kanssa tekemissä olleille henkilöille. Oikeastaan tämä onnistui vasta, kun koko alue oli käyty läpi ja saatiin esille ensimmäinen versio tavoitekierron kilometrimääristä ennen tasoitusta.

Haittapuolena tavoitekierron saavuttamiseksi siirtymäajalla joudutaan raivamaan kohtalaisen paljon lopullisista alueista poikkeavia osia, mikä työllistää raivauksen tilaavia suunnittelijoita. Näin suuri muutos aluerajoissa aiheuttaa joka tapauksessa ylimääräistä työtä, joten osien lukumäärän ei annettu häiritä työtä tehdessä. Kun työn alussa mietittiin kustannusminimin saavuttamista, pinnalle nousivat ajatus pysyä mahdollisimman paljon vanhassa aluejaossa ja rohkea suhtautuminen siirtymäaikana tehtävän raivauksen pilkkomiseen. Nämä olivat pääasialliset keinot, joilla lisäkustannussäästöt pyrittiin luomaan.

Työn ohessa alueilta kerätyt tarkat tiedot ja luodut apuvälineet helpottavat siirtymäajasta ”selviämistä” sekä pienentävät liian pitkän raivausvälin syntymisen riskiä. Materiaalia on kuitenkin paljon, joten sen käytön ja tarkoituksen opettaminen käyttäjille on syytä toteuttaa huolella.

Alueiden tasainen jakautuminen jakelualueen joka puolelle kuuden vuoden tavoitekierrossa onnistui hyvin ja vuosittaiset kilometrimäärien vaihtelut saatiin tasattua entistä kiertoa paremmiksi. Työtä tehdessä ehdotettiin myös taajama-alueiden tasaisempaa jakamista kierron eri vuosille ja kirjaintunnuksen antamista uusille alueille, jotta ne voitaisiin yhdistää tiettyyn kierron vuoteen. Näitä toimia ei kuitenkaan katsottu tarpeelliseksi.

Uudet alueet saatiin verkkotietojärjestelmään aikataulun mukaisesti, mutta siirtymäajan ja tavoitekierron alueita ei saatu omiin näkymiinsä. Alueiden erikseen käsittely osina tai kokonaisina joudutaan toteuttamaan kyselyitä hyväksi käyttäen. Työssä löydetty kyselytulosten yhtäaikaaisesti aktiiviseksi saaminen helpot-

taa muun muassa tietojen hakua alueilta vuositason, sillä ennen tiedot olisi haettu alueilta yksitellen. Myös muiden järjestelmän virhetoimintojen ylöskirjaaminen auttaa tiedostamaan toiminnalliset puutteet jatkossa.

Lisäkustannusten minimoinnin tuloksiin oltiin tyytyväisiä ja tulokset osoittavat, että aluejako on ylipäättään mahdollista ottaa käyttöön ilman valtavan suuria kertainvestointeja. Vanhan kierron vuosittaisista johtomäärien vaihteluista johtuen, siihen verratut suurimmat lisäkulut raivauksesta syntyivät kuluvalle vuodelle. Tarkoituksena oli, että kustannukset ovat vuositason tasaiset ja tämä toteutuikin vähäisten johtomäärien vuosittaisten vaihteluiden johdosta. Virhettä kustannusarvioihin syntyy jonkin verran kyselyiden kadottamista johto-osista ja olettavasta hintojen noususta. Kustannusarviota pienentäviä tekijöitä ovat mahdollinen maakaapeloinnin lisääminen ja muut saneerauskohteet, jotka tietenkin vähennetään lopullisesta raivaustilauksesta.

Uudelle aluejaoille suunniteltavat tarkastusvälit voidaan mallintaa kustannusten käyttäytymisen osalta työssä luodun työkalun avulla. Uusien välien lopullisessa muodossa tullaan hyödyntämään myös muilta yhtiöiltä saatuja ja alueilta kerättyjä tietoja. Tarkastuskustannusten mallinnus osoittaa, ettei 12 vuoden huoltoväliä voida käytännössä toteuttaa koko maaseutualueille kerralla vasta 2025 alkaen. Kustannusten nousu ensimmäisten 12 vuoden aikana saataviin säästöihin nähden on liian jyrkkä. Mallinnuksesta käy myös ilmi, kuinka taajama-alueiden sijoittuminen kuuden vuoden jakson alkupuolelle luo kustannuksiin aaltomaista käyttäytymistä. Tämä johtuu siitä, että taajamiin keskittyy suuri osa esimerkiksi muuntamoista ja jakokaapeista. Tarkastusvälien jatkosuunnittelussa auttaa myös tieto, että mallin 2 pj-johdon tarkastuksen (0–39-vuotiaille pylväille) käyttöönotto vastaa kustannuksiltaan suurin piirtein maasta käsin kj- ja pj-johdoille mallissa 1 käytettyjen välien mukaista kuntotarkastusta (25–39-vuotiaille pylväille). Lisäarvoa tarkastusvälien määrittämiseen työstä saadaan muilta yhtiöiltä kerätyistä tiedoista.

Ongelmia työn aikana aiheuttivat verkkotietojärjestelmän hitaus ja kyselyiden toiminnassa havaitut puutteet sekä verkkotietojärjestelmän toimittajan hitaasti saapuneet vastaukset järjestelmän muokattavuuteen liittyen. Pari kertaa kuu-

kaudessa pidettävien muiden kokousten yhteydessä käytiin läpi työn etenemistä, saavutettuja tuloksia sekä tulevia vaiheita ja tavoitteita. Kokouksista haettiin tiettyä varmuutta työn oikeaan suuntaan etenemisestä ja enemmistön hyväksyntää saavutetuille tuloksille, jotta työssä päästiin sujuvasti eteenpäin. Kokouksien yhteydessä oli helppo tuoda esille kaikki havaitut ongelmakohdat, joihin etsittiin ratkaisuja isommalla porukalla.

Jatkoa ajatellen ja etenkin tarkastusta varten voisi olla kätevämpää siirtää kokonaiset alueet omaan näkymäänsä, kunhan tällainen saadaan luotua. Jos siirtymäajan ja tavoitekierron alueet olisivat erillään, niin siirtymäajan jälkeen voitaisiin poistaa kerralla koko väliaikainen näkymä. Uusien alueiden rajojen päivittämistä kannattaa tuskin tehdä vuosittain, jollei verkkoon tehdä suuria muutoksia, kuten uusia sähköasemia. Rajojen päivittämiseen voitaisiin käyttää esimerkiksi kuuden vuoden väliä. Kaikki tuona aikana tapahtuvat jakorajamuutokset olisi syytä kirjata vaikkapa taulukkoon, tallettamalla esimerkiksi erotintunnus siltä erottimelta, missä jakoraja ennen muutosta sijaitsi.

Jos tarkastusvälien pituudessa päädytään 12 vuoden mittaisiin jaksoihin, kannattaa alueet jakaa kahteen ryhmään ja aloittaa toisen puoliskon 12 vuoden välein tehtävä tarkastus heti. Tällöin kustannukset jakaantuisivat tasaisemmin pitkälläkin aikavälillä. Alueiden ryhmään jaossa olisi voitu hyödyntää mahdollisia tunnuksia, joten näiden käyttäminen on myös harkittava tarvittaessa uudelleen. Ennen lopullista päätöstä välien pidentämisestä kannattaa pohtia seuraavassa kappaleessa olevia valtakunnallisen tarkastuslaitoksen edustajan kommentteja.

Aivan työn loppuvaiheessa saapuivat Inspecta Tarkastus Oy:n johtavan asiantuntijan kommentit suunnitelluista tarkastusväleistä. Hänen mukaansa tarkastusväliksi on yleensä hyväksytty maksimissaan kuusi vuotta, mutta perustelujen jälkeen myös kahdeksan vuoden väli on hyväksytty pj-johdon tarkastuksen osalta. Jos tarkastusväliä pidennetään tuosta yleisimmästä kuuden vuoden välistä, täytyy sen perustua riskin arviointiin, tarkastuksissa havaittuihin puutteisiin, puutteiden vakavuuteen ja korjausnopeuteen. Taajamissa jopa kuuden vuoden tarkastusvälikin voi olla liian pitkä ja kahdentoista vuoden väli pj-johdon tarkastuksessa tuntuu liian pitkältä. [42.]

Sähköverkon kunnossapitoon liittyviä tietoja etsiessä kävi ilmi, että useat jakeluyhtiöt ovat tehneet selvitystä ja osa myös ottanut käyttöön pääasiassa kohteista kerättyihin kuntotietoihin perustuvan kuntoindeksityökalun. Käytännössä verkon kohteet pisteytetään tärkeysjärjestykseen suunniteltuja määritteitä käyttäen ja näiden avulla suunnitellaan tehtäviä kunnossapitotoimia tai suoritusvälejä sekä tulevia saneerauskohteita. Tämän järjestelmän käyttäminen voisi tuoda kuntotarkastuksista kustannussäästöjä ja auttaa investointikohteiden määrittämisessä. Verkkotietojärjestelmän kunnonhallintaominaisuuksien käyttömahdollisuuksia kohteiden kuntoindeksin luomisessa kannattaisi selvittää.

Työ opetti paljon PKSS:n sähköverkosta ja sen rakenteesta sekä sähköjakeluverkolle tehtävistä tarkastuksista. Alueita luodessa ja tietoja hakiessa perehdyttiin PG-verkkotietojärjestelmän muokattavuuteen ja toimintaperiaatteisiin, joista löydettiin myös joitakin epäkohtia. Näitä selvittäessä opittiin paljon järjestelmän toiminnasta. Työn ohessa tutustuttiin myös kunnossapitupuolen arkipäiväisiin asioihin ja saatiin tietoa sähkölaitosalalla meneillään olevista muutoksista.

## Lähteet

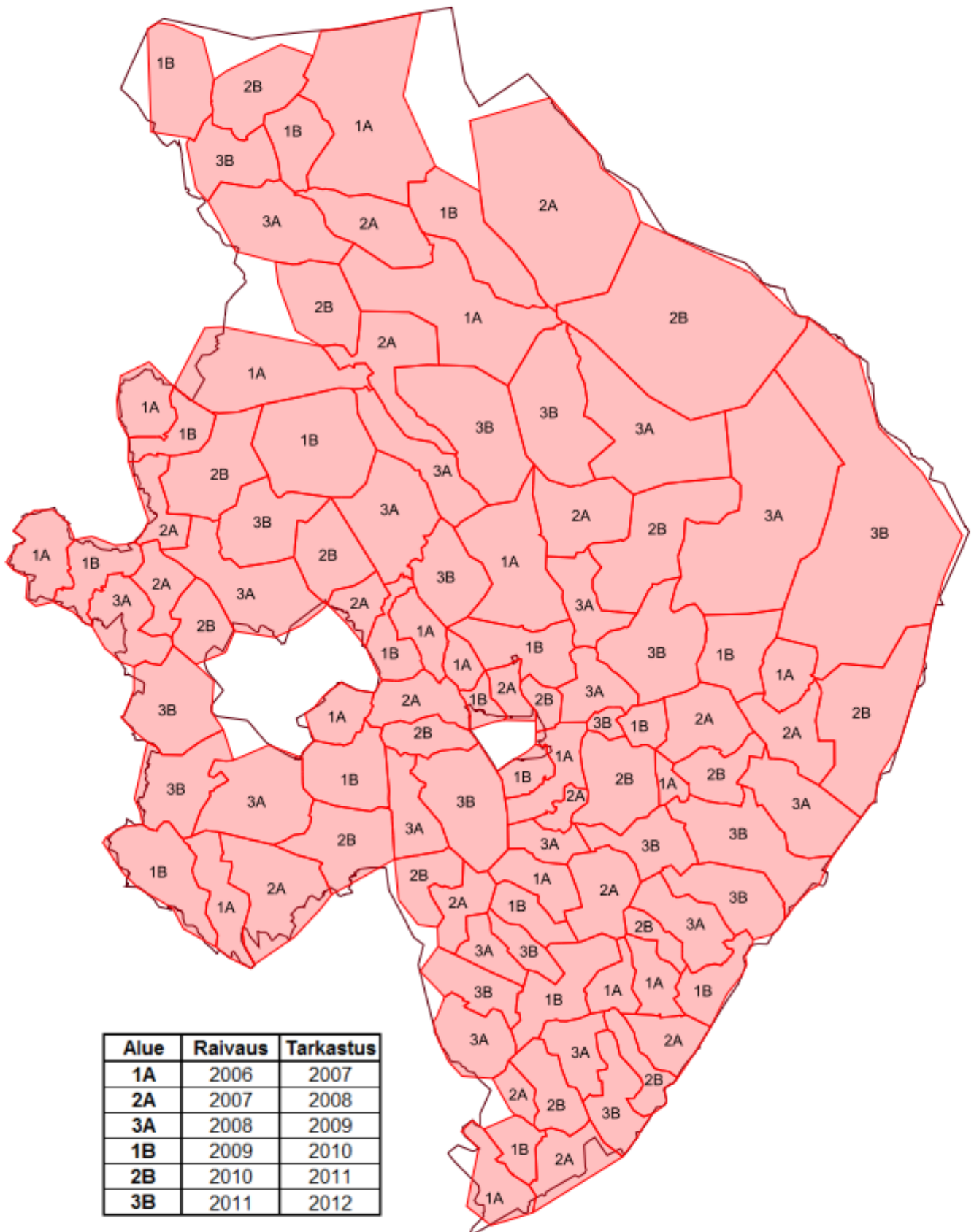
1. Leinonen, M. Yritysesittely [yhtiön sisäinen koulutusmateriaali]. 2011. PKS Sähkönsiirto Oy.
2. Pohjois-Karjalan Sähkö Oy. Yritysesittely [yrityksen kotisivut]. 2012. [Viitattu 7.4.2012]. Saatavissa: <https://www.pks.fi/pks-yrityksena;jsessionid=7E8B3A839D180D79DA853694B906FA7D>
3. Turunen, U. Verkkotietoja vuodelta 2011 [yhtiön sisäinen ryhmäsähköpostiviesti]. Vastaanottaja: PKS Sähkönsiirto Oy – Verkon kehitys. Lähetetty: 25.1.2012
4. Ahonen, J. Verkoston kunnossapito [yhtiön sisäinen koulutusmateriaali]. 2011. PKS Sähkönsiirto Oy.
5. Gylén, A. 2012. PKSS info. Joensuu, 20.2.2012, Pohjois-Karjalan Sähkö Oy. [PKS Sähkönsiirto Oy:n sisäinen koulutustilaisuus]
6. Tilastokeskus. Väestöennuste kunnittain ja maakunnittain vuoteen 2040 - Muuttoliikkeen sisältävä laskelma [verkkojulkaisu]. 2012. [Viitattu 13.4.2012]. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/vaenn/2004/vaenn\\_2004\\_2004-09-20\\_tau\\_002.html](http://www.stat.fi/til/vaenn/2004/vaenn_2004_2004-09-20_tau_002.html)
7. Karjalainen, E. Suunnittelija. PKS Sähkönsiirto Oy. Haastattelut ajalta 13.12.2011-2.4.2012
8. Pehkonen, J. Verkostotöiden vaikuttavuuden seurantajärjestelmä [yhtiön sisäinen taulukko-ohjelma]. 2012. PKS Sähkönsiirto Oy
9. Sähkötolppien vaihto. Infrakuntoon.fi [verkkojulkaisu]. 2011. [Viitattu 2.4.2012]. Saatavissa: <http://www.infrakuntoon.fi/sahkotolppien-vaihto.html>
10. Turunen, U. Vertailu lahoista pylväistä [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Jukka Ahonen. Lähetetty: 2.2.2012
11. Lakervi, E. ja Partanen, J. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto. 2. uudistettu painos 2009. ISBN 978-951-672-359-7
12. Haakana, J. ja Hyytiäinen, A. Suuret volyymit – haaste sähköverkon kunnossapidolle. Promaint ry. [Yhdistyksen jäsenlehti]. 2010. 5. [Viitattu 11.4.2012]. Saatavissa: [http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu\\_id=844](http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu_id=844)
13. Siivonen, M. Sähköverkon kunnossapito on jatkuva prosessi. Lännen Omavoima Oy, Rauman Energia Oy, Vakka-Suomen Voima Oy. [Asiakaslehti]. 2011. 3. [Viitattu: 16.4.2012]. Saatavissa: <http://www.digipaper.fi/raumanenergia/75344/index.php?>
14. Suomalainen, P. Sähkölinojen raivaus. Parikkalan Valo Oy. [Asiakaslehti]. 2011. 1. [Viitattu 7.4.2012]. Saatavissa: [http://www.parikkalanvalo.fi/fi/uploads/valoviesti/ValoViesti\\_1\\_2011.pdf](http://www.parikkalanvalo.fi/fi/uploads/valoviesti/ValoViesti_1_2011.pdf)
15. Fortum Oyj. Sähköverkot rakennetaan vuosiksi [Tapanin myrskyn tiedote]. 2012. [Viitattu 31.3.2012]. Saatavissa: <http://www.fortum.com/fi/media/tapaninmyrsky/sahkoverkot%20rakennetaan%20vuosikymmeniksi/pages/default.aspx>
16. Energiateollisuus ry. Keskeytystilasto 2010 [verkkojulkaisu]. 2011. [Viitattu 10.4.2012]. Saatavissa: [http://www.energia.fi/sites/default/files/keskeytystilasto\\_2010\\_0.pdf](http://www.energia.fi/sites/default/files/keskeytystilasto_2010_0.pdf)
17. Tiilikainen, M. Kunnossapitopolitiikka [yhtiön sisäinen toimintaohje]. 2011. PKS Sähkönsiirto Oy.
18. Ronkainen, J. Suunnittelija. PKS Sähkönsiirto Oy. Haastattelut ajalta 3.1.–3.4.2012

19. Energiateollisuus ry. Sähkömarkkinat – Lainsäädäntö ja viranomaisvalvonta [verkkójulkaisu]. 2012. [Viitattu 18.4.2012]. Saatavissa: <http://www.energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/lainsaadanto-ja-viranomaisvalvonta>
20. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. S10-11 Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit [ohje]. 2011. [Viitattu 16.4.2012]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/Tukes-ohjeS10-2011.pdf>
21. Sähköturvallisuuslaki 410/1996
22. Sähkömarkkinalaki 386/1995
23. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 517/1996
24. Suomen Standardoimisliitto SFS. SFS käsikirja 600 pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus 2007. Helsinki: SFS. 1. painos 2008-09. ISBN 978-952-5650-43-3
25. Alkio, J. Määräaikaistarkastusten tarkastusvälit [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Esa Karjalainen. Lähetetty: 10.3.2009
26. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta 1193/1999
27. Energiamarkkinavirasto. Sähkön kantaverkkotoiminnan hinnoittelun kohtuullisuuden valvontamenetelmien suuntaviivat vuosille 2012 – 2015 [dnro 837/430/2010]. 2011. [Viitattu 19.4.2012]. Saatavissa: [http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Sahko\\_kantaverkko\\_suuntaviivat\\_2012\\_2015.pdf](http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Sahko_kantaverkko_suuntaviivat_2012_2015.pdf)
28. Energiamarkkinavirasto. Tiedote valvontamenetelmistä 2012-2015 [verkkójulkaisu]. 2011. [Viitattu 20.4.2012]. Saatavissa: <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/data.asp?articleid=2734&pgid=364>
29. Ahonen, J. PKSS verkostostrategia 2007 [yhtiön sisäinen koulutusmateriaali]. 2007. PKS Sähkönsiirto Oy.
30. Farin, J., Martikainen, A. ja Pykälä, M-L. Recognizing climate change in electricity network design and construction [VTT tiedote]. VTT. 2007. [Viitattu: 4.4.2012]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2419.pdf>
31. Työ- ja elinkeinoministeriö. Häkämies: Sähköntoimintavarmuutta parannetaan lakimuutoksin [tiedote]. 2012. [Viitattu 7.4.2012]. Saatavissa: [http://www.tem.fi/?89519\\_m=105290&s=2471](http://www.tem.fi/?89519_m=105290&s=2471)
32. Ahonen, J. 2012. Verkonkehityksen kokous - huhtikuu 2012. Joensuu, 16.4.2012, Pohjois-Karjalan Sähkö Oy. [PKS Sähkönsiirto Oy:n sisäinen kokous]
33. Tieto Finland Oy. PowerGrid 2.5 käyttöohje [verkkotietojärjestelmän sähköinen käyttöohje]. 2011. [Viitattu 31.3.2012]
34. Ahonen, J., Karjalainen, E. ja Ronkainen, J. 2011. Opinnäytetyön aloitus palaveri. Joensuu. 15.11.2011. Pohjois-Karjalan Sähkö Oy.
35. Pehkonen, J. Uusien raivausalueiden luontitaulukko [yhtiönsisäinen taulukko]. 2011. PKS Sähkönsiirto Oy
36. ABB Oy. MicroSCADA Pro DMS 600 4.3 Operation Manual [käyttöohje]. 2009. [Viitattu 15.4.2012]. Saatavissa: [http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/1082ef495a55304bc125771100244e2e/\\$file/dms600\\_operation%20manual\\_756667\\_ena.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/1082ef495a55304bc125771100244e2e/$file/dms600_operation%20manual_756667_ena.pdf)

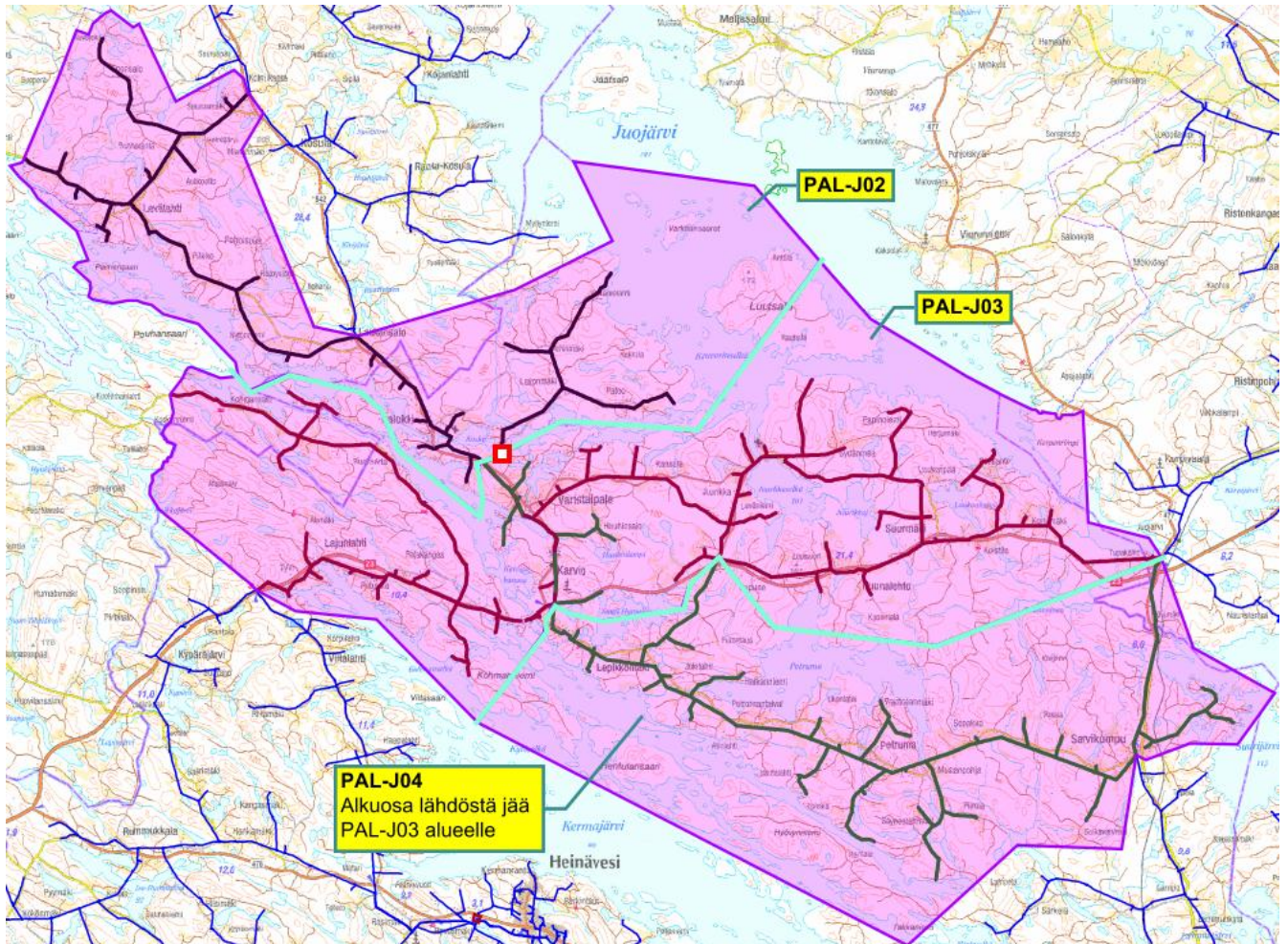


37. Turunen, U. Viestin aihe muokattuna: ”Jakorajojen muuttaminen” [yhtiön sisäinen ryhmäsähköpostiviesti]. Vastaanottaja: PKS Sähkönsiirto Oy – Verkon kehitys. Lähetetty: 30.3.2012
38. Ronkainen, J. 2012. Kunnossapitotiimin kokous - helmikuu 2012. Joensuu, 6.2.2012, Pohjois-Karjalan Sähkö Oy. [PKS Sähkönsiirto Oy:n sisäinen kokous]
39. Turunen, U. Alue/reittikyselyn kummallisuuksia [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Esa Karjalainen. Lähetetty: 8.3.2012
40. Microsoft Corporation. Laskentataulukon yhteensopivuusongelmat [verkojulkaisu]. 2012. [Viitattu 15.4.2012]. Saatavissa: <http://office.microsoft.com/fi-fi/excel-help/laskentataulukon-yhteensopivuusongelmat-HA010343040.aspx>
41. Hiltunen, A. Uusien tarkastus- ja raivausalueiden muodostaminen [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Esa Karjalainen. Lähetetty: 16.2.2012
42. Alkio, J. Kj- ja pj-verkkojen sekä muuntoasemien kuntotarkastusvälien pidentäminen [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Mika Piirainen. Lähetetty: 24.4.2012

## PKS Sähkösiirto Oy:n kunnossapitoaluejako &lt;2012



## Esimerkki johtolähtöjen risteilystä



- Kuvassa on Palokin sähköaseman kolme johtolähtöä (musta, punainen ja vihreä - korostus).
- Palokin sähköasema on kuvattu punaisella neliöllä.
- Johtolähtökohtaisten kunnossapitoalueiden väliset rajat näkyvät vaalean sinisellä.
- Johtolähdön PAL-J04 alkuosa jätettiin PAL-J03 alueelle, sillä alkuosa on yhteisellä johtokadulla.

## Ote alueiden raivausvuosien suunnittelutaulukosta

Järj.	Sähköasema	Lähdön nimi	Tunnus	Osan nimi	Kaikki alueen sisälle jääneet raivausvuodet	Kaikki suunnitellut raivausvuodet	Osan / alueen raivausvuosi	Koko alueen 1. raivausvuosi	Tavoite raivausvuosi	Kj-pituus / m/alue	Siirtaik. toteut. Kj/m	Pj-pituus / m/alue	Siirtaik. toteut. Pj/m
1	AHMOVAARA	Talvivaara	AHM-J01		2011	2017	2017	2017	2023	80805	80805	87002	87002
2	AHMOVAARA	Koli	AHM-J02		2011	2017	2017	2017	2023	36696	36696	30756	30756
3	AHMOVAARA	Verkkovaara	AHM-J04		2011	2017	2017	2017	2023	55743	55743	40599	40599
4	AHMOVAARA	Nunnalahi	AHM-J05		2007	2013	2013	2013	2019	29083	29083	24910	24910
5	AHMOVAARA	Kuhusta	AHM-J08		2008	2014	2014	2014	2020	17164	17164	12818	12818
6	ENO	Sarvinki	ENO-J06		2007, 2008, 2009, 2011	2013, 2014, 2015K	2015	2015	2021	81896	81896	61357	61357
7	ENO	Sarvinki		ENO-J06-OSA2			2014				327		0
8	ENO	Sarvinki		ENO-J06-OSA3			2013				18235		10594
9	ENO	Kirkonkylä	ENO-J07		kuuluu taajamaan								
10	ENO	Mönni	ENO-J08		2008, 2009, 2011	2014K	2014	2014	2020	95291	95291	85437	85437
11	ENO	Uimaharju	ENO-J11		2010	2016	2016	2016	2022	22181	22181	22923	22923
12	ENO	Jakokoski	ENO-J12		2008, 2009	2014K	2014	2014	2020	27909	27909	31958	31958
13	ENO	Ahterinen	ENO-J13		2007, 2008, 2010	2013K	2013	2013	2019	38337	38337	40624	40624
14	ENO	Riuta	ENO-J14		2006, 2008	2012, 2014K	2014	2014	2020	65767	65767	65583	65583
15	ENO	Riuta		ENO-J14-OSA2			2012				26411		18893
16	ENO	Taajama	ENO-TAAJAMA		2008	2014	2014	2014	2020	22548	22548	30373	30373
17	HEINÄVESI	Kirkonkylä	HEI-J05		kuuluu taajamaan								
18	HEINÄVESI	Palokki	HEI-J08		2011	2017	2017	2017	2023	43550	43550	49790	49790
19	HEINÄVESI	Teofilisuusalue	HEI-J09		kuuluu taajamaan								
20	HEINÄVESI	Vihtari	HEI-J11		2006, 2007, 2010	2012, 2013K	2013	2013	2019	107347	107347	90329	90329
21	HEINÄVESI	Vihtari		HEI-J11-OSA2			2012				496		1164
22	HEINÄVESI	Rummukkala	HEI-J12		2009	2015	2015	2015	2021	56071	56071	39897	39897
23	HEINÄVESI	Sompasaari	HEI-J13		2006	2012	2012	2012	2018	15219	15219	18271	18271
24	HEINÄVESI	Malkkila	HEI-J14		2006, 2009	2012, 2015K	2015	2015	2021	120420	120420	100325	100325
25	HEINÄVESI	Malkkila		HEI-J14-OSA2			2012				63287		54239
26	HEINÄVESI	Taajama	HEI-TAAJAMA		2006	2012	2012	2012	2018	26365	26365	26399	26399


- Alueita muodostaessa kaikki vanhat raivausvuodet kirjattiin ylös.
- Työn edetessä päivitettiin kaikki alueelle suunnitellut raivausvuodet (K -kirjain on vuosi, jolloin alue raivataan kokonaisuudessaan).
- Taulukkoon lisättiin tarvittava määrä osia, jotka raivattaisiin erillisenä pääalueeseen nähdessä.
- Johtopituudet ovat vielä järjestelmän antamassa muodossa, eli metreinä.
- Taulukkoon tarvittiin useita eri merkityksellä olevia, eriteltyjä raivausvuosia, jotta funktioilla saatiin summattua vuosittaisia kokonaismääriä helposti.

## Työssä käytetyt kyselyt

<b>Kyselyt voidaan kopioida suoraan PG-verkkotietojärjestelmän Kysely -ikkunaan.</b>	
<b>Kj-johtoreitit (sisältää yhteiskäyttöosuudet)</b>	
<u>Apugeometriarajauksen sisältä</u> Reitti where Sijainti within trail and Reittityyppi = "Ilmareitti" and ( Verkkotyyppi = "KJ-verkko" or Verkkotyyppi = "PJ/KJ-verkko" )	<u>Aktiivisilta alueilta</u> Reitti where Sijainti within selected_geometry and Reittityyppi = "Ilmareitti" and (Verkkotyyppi = "KJ-verkko" or Verkkotyyppi = "PJ/KJ-verkko" )
<b>Pj-johtoreitit</b>	
Reitti where Sijainti within trail and Reittityyppi = "Ilmareitti" and Verkkotyyppi = "PJ-verkko"	Reitti where Sijainti within selected_geometry and Reittityyppi = "Ilmareitti" and Verkkotyyppi = "PJ-verkko"
<b>Muuntamot (vain verkkoyhtiön omistamat)</b>	
Muuntamo where Sijainti within trail and Omistaja = "Verkkoyhtiö"	Muuntamo where Sijainti within selected_geometry and Omistaja="Verkkoyhtiö"
<b>Erottimet</b>	
Erotin where Sijainti within trail	Erotin where Sijainti within selected_geometry
<b>Jakokaapit</b>	
Jakokaappi where Sijainti within trail	Jakokaappi where Sijainti within selected_geometry
<b>Liittymät</b>	
Liittymä where Sijainti within trail	Liittymä where Sijainti within selected_geometry
<b>Kj-pylväät</b>	
[Sähköverkosto] Pylväs where Sijainti within trail and (Verkkotyyppi = "PJ/KJ-verkko" or Verkkotyyppi = "KJ-verkko")	[Sähköverkosto] Pylväs where Sijainti within selected_geometry and (Verkkotyyppi = "PJ/KJ-verkko" or Verkkotyyppi = "KJ-verkko")
<b>Pj-pylväät</b>	
[Sähköverkosto] Pylväs where Sijainti within trail and Verkkotyyppi = "PJ-verkko"	[Sähköverkosto] Pylväs where Sijainti within selected_geometry and Verkkotyyppi = "PJ-verkko"



**Uusien alueiden käsittelyyn käytettäviä kyselyitä**

<b>Kaikkien uusien kunnossapitoalueiden hakeminen (Siirtymäaika+tavoitekierto)</b>
<p><u>Kopioi verkkotietojärjestelmän kysely ikkunaan haku:</u>          Huoltoalue          where Nimi is not null</p> <p>- Haku voidaan tehdä myös Huoltoalue tai Huoltoalueen osa -datasettien (näkymien) lomakkeelta valitsemalla Selaa</p> 
<b>Tietynä vuonna raivattavat alueet:</b>
<p>Esimerkkinä kaikki 2012 raivattavat (haluttu vuosi muutetaan kyselyyn)</p> <p><u>Kopioi verkkotietojärjestelmän kysely ikkunaan haku:</u>          Huoltoalue          where Raivausvuosi = 2012</p>
<b>Tietyn vuoden jälkeen poistettavat alueet:</b>
<p>Esimerkkinä vuoden 2012 jälkeen poistettavat (kun alueiden raivaus on suoritettu)</p> <p>Huoltoalue          where Huomiot = "Poistettava"          and Raivausvuosi =2012</p>
<b>Tietyn vuoden jälkeen päivitetään siirtymäajan alueille seuraava raivausvuosi:</b>
<p>Esimerkkinä vuoden 2012 jälkeen päivitettävät (kun alueiden raivaus on suoritettu)</p> <p>Huoltoalue          where Huomiot = "Päivitettävä"          and Raivausvuosi =2012</p>
<b>Kaikkien uusien kunnossapitoalueiden hakeminen (tavoitekierto=kokonaiset alueet)</b>
<p>Huoltoalue          where (Huomiot = "Päivitettävä" or Huomiot is null)</p>
<b>Kaikki taajama-alueet</b>
<p>Huoltoalue          where (Nimi="ENO-TAAJAMA" or Nimi="HEI-TAAJAMA" or Nimi="HKV-TAAJAMA" or Nimi="ILO-TAAJAMA"          or Nimi="JKA-TAAJAMA" or Nimi="KSL-TAAJAMA" or Nimi="KTE-TAAJAMA" or Nimi="KRN-LEH-TAAJAMA"          or Nimi="LIP-TAAJAMA" or Nimi="MNK-TAAJAMA" or Nimi="NUR-TAAJAMA" or Nimi="PES-TAAJAMA"          or Nimi="POL-TAAJAMA" or Nimi="RLA-SVA-TAAJAMA" or Nimi="REI-TAAJAMA" or Nimi="RSV-TAAJAMA"          or Nimi="RKL-TAAJAMA" or Nimi="TOH-TAAJAMA" or Nimi="TUU-TAAJAMA" or Nimi="TSN-TAAJAMA"          or Nimi="VLM-TAAJAMA" or Nimi="VJR-TAAJAMA" or Nimi="YMY-TAAJAMA")</p> <p>Kaikkia edellä lueteltuja kyselyitä (taajama-alueita lukuun ottamatta) voidaan tehdä myös Huoltoalue tai Huoltoalueen osa -datasettien (näkymien) lomakkeelta syöttämällä tyhjälle lomakkeelle haluttu kriteeri tai kriteerit (esimerkiksi Raivausvuosi -kenttään arvo 2012 ja Huomiot -kenttään teksti Poistettava) ja valitsemalla Selaa.</p>

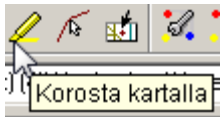
## Kyselytulosten käsittely

### Kun halutut alueet on haettu resurssienhallintaan:

- Ne voidaan valita yhtä aikaa (listalta valitut aktivoituvat).
- >> Valitse listalta esimerkiksi kaikki tulokset (esim. CTRL+A)
- >> Aktivoi alueet yhtäaikaisesti painamalla Valitse kartalla



- Tai vain korostaa kartalle (listalta valitut korostuvat).
- >> Valitse listalta esimerkiksi kaikki tulokset (esim. CTRL+A)
- >> Korosta alueet yhtäaikaisesti painamalla Valitse kartalla



- Voidaan listalta valittu alue myös paikantaa (näkyvä kohdistuu alueen ylle ja alue aktivoituu).



### Kun halutut alueet ovat aktiivisena:

- Niiltä voidaan hakea tietoja yhtäaikaisesti suorittamalla esimerkiksi sivulla 1 esitettyjä aktiivisille alueille tarkoitettuja kyselyitä.

>> Haun kesto aika riippuu haettavasta kohteesta ja valittujen alueiden lukumäärästä.

**HUOM!** Alueiden aktiivisuus näkyy varmimmin, kun Huoltoalueen osa -näkyvä on aktiivisena.

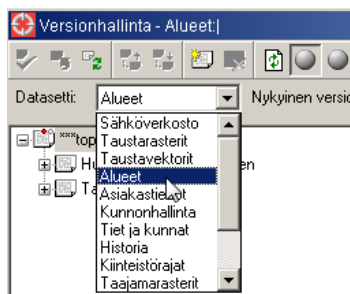
**Valitse tai Korosta -kartalla ja Paikanna -toiminnot ovat käytettävissä myös suoraan lomakkeella.**

## Uusien alueiden luominen PG -verkkotietojärjestelmään

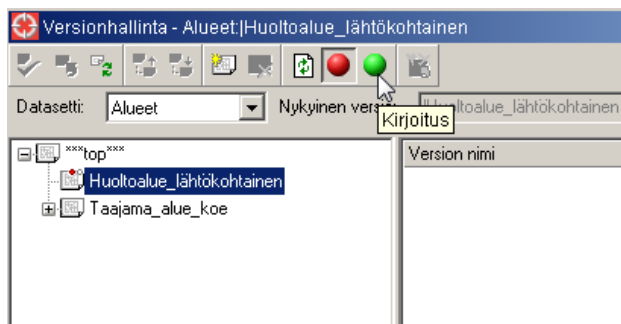
- Käynnistä PG:n Dokumentointi -sovellus.
  - Oikeuksista riippuen työ voi onnistua myös Suunnittelu -sovelluksessa.
- Ennen uusien alueiden luontia, niille täytyy miettiä sopiva sijoituspaikka PG:n dataseiteistä.
  - Jos teet esimerkiksi uudet alueet käytössä olevan datasetin päälle ja viet ne päätietokantaan, edelliset alueet poistuvat kokonaan verkkotietojärjestelmästä.
- Alueita varten kannattaa ennalta luoda valmiit apugeometriarajaukset ja tallentaa nämä tiedostoon.
  - Rajaukset kannattaa tehdä selkeiksi ja vähillä reittipisteillä, jotta ylimääräisiä tai liian lähellä toisiaan olevia pisteitä ei muodostuisi. Rajauksen täytyy olla yhtenäinen!

### 1. Alueiden luomista varten täytyy tarkoitukseen sopivaa versiota, tai luoda kokonaan uusi. Versio täytyy asettaa kirjoitus -tilaan!

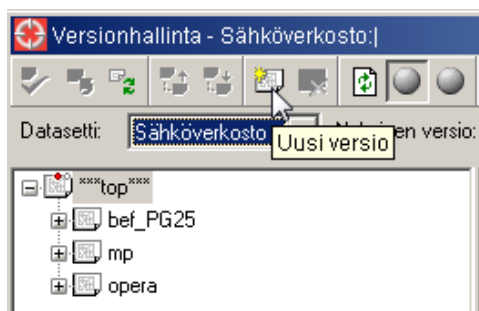
- ➔ Valitse Tiedosto >> Versiot.
- ➔ Esimerkki tämän työn alueita varten luodun version aktivoinnista:



- ➔ Versionhallinnasta kaksoisnapsautetaan kohtaa Huoltoalue\_lähtökohtainen.
- ➔ Asetetaan Huoltoalue\_lähtökohtainen Kirjoitus -tilaan.



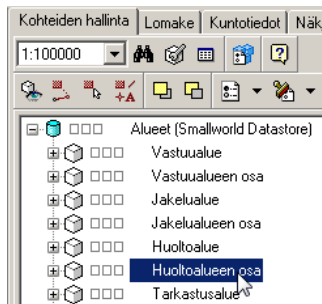
- ➔ Kokonaan uusi versio saadaan luotua alla olevan kuvan mukaisesta painikkeesta.




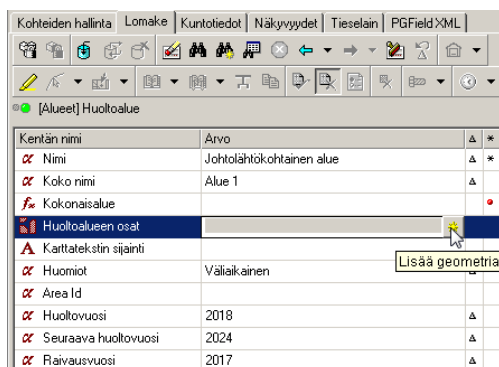


## 2. Kun haluttu versio on varmasti asetettu kirjoitus -tilaan, voidaan alueita syöttää haluttuun datasettiin seuraavalla tavalla (esimerkissä Huoltoalueiden syöttäminen):

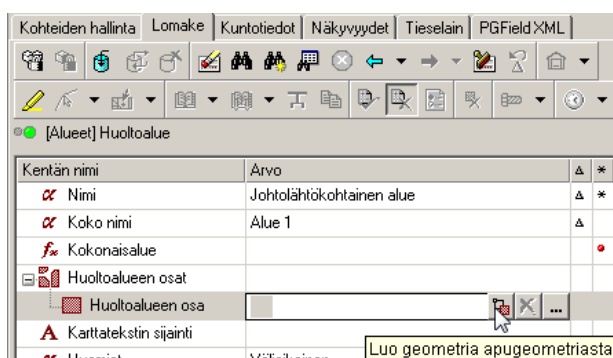
- Avataan aiemmin luotu apugeometriarajaus valitsemalla valikosta Apugeometria toiminto Muodosta tiedostosta.
- Kun haluttu rajaus avautuu, siirrytään Kohteiden hallinnan kautta käsiteltävän datasetin lomakkeelle. (Esimerkissä Huoltoalueen osa.)




- Tyhjälle lomakkeelle syötetään kaikki aluetta koskevat tiedot.
- Lisätään uusi alueen lomake  -painikkeesta.
- Valitaan lomakkeelta Lisää geometria.



- Muutetaan avattu rajaus alueeksi valitsemalla Luo geometria apugeometriasta.



- Jos rajaus on tehty oikein, eli suljettu näppäimellä C ja vältetty liian lähekkäisiä pisteitä, luotu alue korostuu ja lomakkeen kohtaan Huoltoalueen osa (tässä tapauksessa) tulee  -merkki.

- Yhdelle alueelle voidaan luoda useita osia avaamalla haluttu apugeometriarajaus ja tois-  
tamalla vaiheet Lisää geometria ja Luo geometria apugeometriasta.
- Alueiden lisäyksen jälkeen lomakkeen tiedot päivitetään  -toiminnolla, jolloin alue  
muodostuu versioon ja alueiden kokonaispinta-ala ilmestyy kohtaan Kokonaisalue.
- Esimerkissä muodostui yksi kahdesta eri osasta koostuva alue. Osille ei voida antaa yksilöllisiä tietoja, eikä nimiä. Tiedot näkyvät lomakkeella lisäämisen jälkeen seuraavasti:

Kentän nimi	Arvo
Nimi	Johtolähtökohtainen alue
Koko nimi	Alue 1
Kokonaisalue	317.3
Huoltoalueen osat	2
Karttatekstin sijainti	
Huomiot	Väliakainen
Area Id	
Huoltovuosi	2018
Seuraava huoltovuosi	2024
Raivausvuosi	2017

- Osat saadaan aktiiviseksi lomakkeelta valitsemalla haluttu osa ja painamalla Valitse kartalla. Myös muut toiminnot, kuten Korosta tai Paikanna -kartalla ovat käytettävissä.

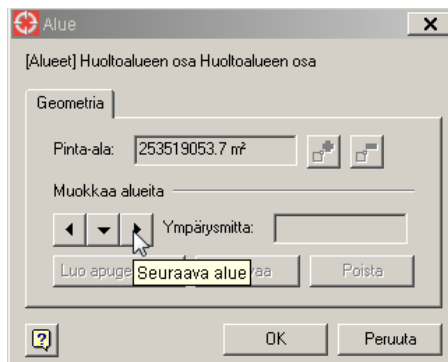
Kentän nimi	Arvo
Nimi	Johtolähtökohtainen alue
Koko nimi	Alue 1
Kokonaisalue	319.6
Huoltoalueen osat	2
Huoltoalueen osa	✓
Huoltoalueen osa	✓

### 3. Alueen rajan muokkaaminen

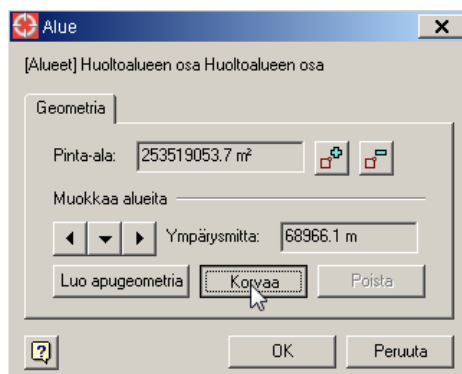
- Luotujen alueiden rajoja voidaan käsitellä versiossa seuraavaksi esitetyllä tavoin.
- Valitaan lomakkeelta aktiiviseksi muokattava alue ja painetaan Muokkaa geometriaa.


Kentän nimi	Arvo
Nimi	Johtolähtökohtainen alue
Koko nimi	Alue 1
Kokonaisalue	319.6
Huoltoalueen osat	2
Huoltoalueen osa	✓
Huoltoalueen osa	✓
Karttatekstin sijainti	

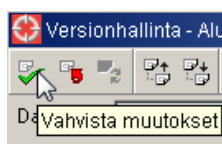
- Käsiteltävä osa-alue valitaan aktiiviseksi Edellinen tai Seuraava alue -painikkeesta, jolloin käsiteltävä alue korostuu tummettuna kartalle ja Luo apugeometria -toiminto aktivoituu.



- Valitaan Luo apugeometria, jolloin aluerajat muuttuvat apugeometriaviivaksi
- Muokataan haluttua kohtaa rajauksesta esimerkiksi valikosta Apugeometria löytyvällä Apugeometria piste -työkaluilla.
- Kun muokkaus on valmis ja rajausta edelleen suljettu, painetaan Alue ikkunasta ensin Korvaa ja sitten OK.



- Viimeiseksi on muistettava päivittää lomakkeen tiedot  -toiminnolla.
- Kaikki versioon tehdyt, halutut muutokset on vahvistettava, jotta ne tallentuvat siihen. (Tätä kysytään kun poistat version kirjoitustilasta, jos muutoksia ei ole vahvistettu.)



- Valmiin, muokatun version sisältämät muutokset vietään päätietokantaan Vie muutokset -toiminnolla. Muutoksien vieni päätietokantaan kannattaa jättää pääkäyttäjän tehtäväksi. (Älä kokeile, jos et tiedä mitä teet!)



## Käytettyjen tarkastusmallien rakenne

Tarkastustyyppi	Koko jakelualue	Taajama	Maaseutu
<b>1. Kuntotarkastus KJ+PJ</b> (rakentamista seuraavan kalenterivuoden aikana)	Kaikki tarkastusmallit		
<b>Kuntotarkastus KJ</b>			
<b>25-39v pylvää 6v välein</b> (maasta käsin, 1/6-alueista vuodessa)	Vanhamalli	Malli 1	
<b>25-39v pylvää 12v välein</b> (maasta käsin, 1/6-alueista vuodessa)			Malli 1
<b>Lentäen 6v välein</b> (laatu kohtalainen, (1/3-alueista kerralla)	Vanhamalli		
<b>Lentäen 6v välein</b> (laatu tarkka "3D", 1/6-alueista vuodessa)	Malli 1*		
	Malli 2*		
<b>Kuntotarkastus PJ</b>			
<b>Kaikki pylvää 6v välein</b> (1/6-alueista vuodessa)	Vanhamalli		
<b>0-39v pylvää 6v välein</b> (1/6-alueista vuodessa)		Malli 2	
<b>0-39v pylvää 12v välein</b> (1/6-alueista vuodessa)			Malli 2
<b>25-39v pylvää 6v välein</b> (1/6-alueista vuodessa)		Malli 1	
<b>25-39v pylvää 12v välein</b> (1/6-alueista vuodessa)			Malli 1
<b>Lahotarkastus</b>			
<b>Peruskunto(laho) -tarkastus 6v välein</b> 40v ja vanhemmille KJ+PJ -pylväille (1/6-alueista vuodessa)	Kaikki tarkastusmallit		
<b>Muuntamot</b>			
<b>Muuntamot 6v välein</b> (maasta käsin 1/6-alueista vuodessa ja lentäen 1/3-alueista kerralla)	Vanhamalli		
<b>Muuntamot 6v välein</b> (maasta käsin 1/6-alueista vuodessa)		Malli 1	
		Malli 2	
<b>Muuntamot 12v välein</b> (maasta käsin 1/6-alueista vuodessa)			Malli 1
			Malli 2
<b>Pylväsmuuntamot 6v välein</b> lentotarkastuksena (1/6-alueista kerralla)	Malli 1*		
	Malli 2*		
<b>Jakokaapit</b>			
<b>Jakokaapit 6v välein</b>		Malli 1	
		Malli 2	
<b>" Ei säännöllistä tarkastuskiertoa"</b>	Vanhamalli		
<b>Jakokaapit 12v välein</b>			Malli 1
			Malli 2

\*) 2013–2018 lennetään vain kokonaan raivatut uudet alueet, ei ylimääräisiä osia.

## Muiden yhtiöiden kunnossapitokäytäntöjä

	Yhtiö 1	Yhtiö 2	Yhtiö 3	Yhtiö 4
<b><u>Raivaus</u></b>				
<b>Kj -raivausväli</b>	4 vuotta.	6 vuotta.	6 - 8 vuotta.	4 vuotta.
<b>Pj -raivausväli</b>	8 vuotta.	6 vuotta.	6 vuotta.	8 vuotta.
<b>Pohjanraivaustapa</b>	Käsin.	Käsin.	Käsin.	Käsin.
<b>Oksintatapa</b>	Pääasiassa ilma- sta käsin. Metsä- koneoksinta pilo- toitavana.	Metsäkoneella 700 km / a ja helikopterilla 100 km / a.	Metsäkoneella ja helikopterilla.	Ilmasta käsin.
<b>Raivauksen koh- dennus</b>	Kj-kohdennetusti, pj-alueellisesti.	Aluejaon perus- teella.	Kj-johtolähdöittäin, pj-alueellisesti.	Aluejaon perus- teella.
<b><u>Tarkastus</u></b>				
<b>Kj -tarkastusväli</b>	4 vuotta.	3 vuotta.	6 vuotta.	4 vuotta.
<b>Kj -tarkastustapa</b>	Lentotarkastus.	6 vuoden välein maasta käsin ja 6 vuoden välein lentotarkastus.	Maasta käsin.	Lentotarkastus.
<b>Pj -tarkastusväli</b>	8 vuotta.	6 vuotta.	6 vuotta.	8 vuotta.
<b>Pylväsmuunta- moiden tarkastus- väli</b>	4 vuotta (kj- tarkastuksen yh- teydessä).	3 vuotta (kj- tarkastuksen yhteydessä).	6 vuotta.	4 vuotta (kj- ja pj- tarkastuksien yhteydessä)
<b>Lahotarkastus</b>	Kerran elinkaaren aikana 40 vuotta ja vanhemmille pylväille.	1. kerran 20 vuotiaille pylväil- le.	Suoritettu 1975 ja aiemmin kyllästetyille pylväille. Vuosittain n. 5000 kpl:een otan- toja.	30 vuotta ja van- hemmille pylväil- le.
<b>Muut kommentit</b>	Ilmakuvatarkastus todettu toimivaksi malliksi, kompo- nentti- ja raivaus- tarvetarkastus voidaan tehdä konttoriolosuhteis- sa. Materiaalia voivat hyödyntää myös suunnittelu- ja käyttöosastot.	Määräaikaisuus- teen perustuvalla kuntotarkastus- ja raivaus- ohjelmalla var- mistetaan tasa- laatuinen ver- koston kuntota- so, joskin hyvä- kuntoista verk- koa saatetaan ylihuoltaa.	Raivausmenetelmän ansiosta raivauksen vaikutukset jälleen- kytkentöjen määriin ovat nähtävissä. Kj- lentotarkastusta ei käytetä lähinnä siksi, että kuntotietojen ja havaintojen keräys verkkotietojärjestel- mään nopeasti ja luotettavasti on han- kalaa.	Kj-verkon kävely- tarkastuksesta luovuttiin vuonna 2011. Koneelli- nen oksinta tul- laan kohdenta- maan tarkastus- lentojen perus- teella.



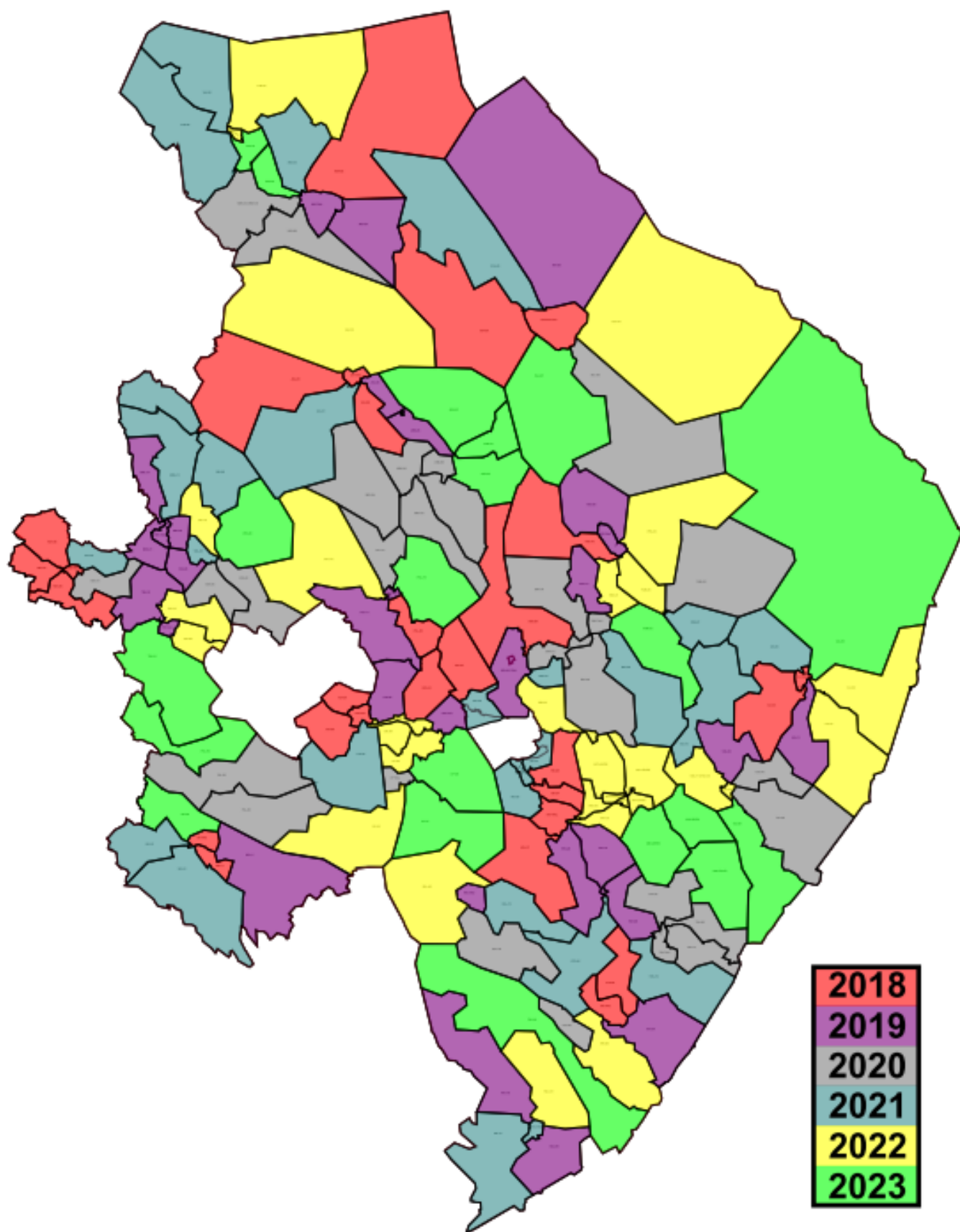
## Esimerkki siirtymäajan raivaussuunnittelun aputaulukosta

2015 RAIVATTAVAT ALUEET							
Järj	Sähköasema	Lähdön nimi	Tunnus	Osan nimi	KJ/km	PJ/km	Urakoitsija
1	ENO	Sarvinki	ENO-J06		81,9	61,4	urak1
2	HEINÄVESI	Rummukkala	HEI-J12		56,1	39,9	urak2
3	HEINÄVESI	Malkkila	HEI-J14		120,4	100,3	urak3
4	ILOMANTSI	Pamilo	ILO-J06		52,2	40,0	urak4
5	JUUKA	Kajoo	JKA-J11		96,2	77,7	urak5
6	KESÄLAHTI	Punkaharju	KSL-J11		107,1	97,3	urak6
7	KESÄLAHTI	Taajama	KSL-TAAJAMA		19,5	16,6	urak7
8	KITEE	Sepänniemi/Kytänniemi	KTE-J06		83,7	71,1	urak1
9	KUURNA	Paihola	KRN-J02		13,8	18,3	urak2
10	MANKINEN	Rasimäki, Säyneinen	MNK-J12		76,0	63,9	urak3
11	MANKINEN	Vehkalahti, Pisankoski		MNK-J14-OSA2	11,9	17,8	urak4
12	MARTONVAARA	Sammakkovaara		MRV-J04-OSA2	31,2	19,9	urak5
13	NURMES	Louhikoski	NUR-J14		64,9	58,8	urak6
14	PAMILO	Ilomantsi	PAM-J07		38,3	21,9	urak7
15	POLVIJÄRVI	Ruvaslahti		POL-J10-OSA3	8,4	8,1	urak1
16	PUHOS	Puh. taaj./Voimal.		PUH-J04-OSA3	22,1	25,1	urak2
17	SAAVA	Koriseva	SVA-J05		159,1	135,9	urak3
18	REIJOLA	Iiksenniitty	REI-J03		18,1	16,1	urak4
19	REIJOLA	Niittylahti	REI-J09		30,7	42,7	urak5
20	REIJOLA	Taajama	REI-TAAJAMA		20,7	24,6	urak6
21	RIISTAVESI	Tuusniemi		RSV-J01-OSA2	26,6	19,2	urak7
22	RIISTAVESI	Kaavi	RSV-J02		26,8	33,1	urak1
23	RIISTAVESI	Hakomäki		RSV-J06-OSA2	16,1	25,6	urak2
24	RÄÄKKYLÄ	Rasivaara, Kivivaara	RKL-J12		61,9	57,7	urak3
25	TOHMAJÄRVI	Akkala	TOH-J10		82,2	62,0	urak4
26	TUUPOVAARA	Revonkylä	TUU-J13		84,5	58,0	urak5
27	VALTIMO	Rumo		VLM-J01-OSA1	51,7	41,0	urak6
28	VALTIMO	Pajukoski		VLM-J06-OSA1	40,3	15,7	urak7
29	VASIKKAVUORI	Mäntyjärvi/Siikaj.	VSK-J06		92,7	86,8	urak1
30	VIINIJÄRVI	Risti	VJR-J05		87,3	88,5	urak2
31	YLÄMYLLY	Onttola	YMY-J02		24,2	18,3	urak3
<b>YHTEENSÄ</b>					<b>1706,3</b>	<b>1463,3</b>	

Raivausmäärät urakoitsijoilla 2015		
Urakoitsija:	KJ/km	PJ/km
urak1	293,6	260,4
urak2	195,2	197,4
urak3	441,7	376,2
urak4	164,3	135,9
urak5	242,5	198,3
urak6	244,3	221,7
urak7	124,7	73,4
<b>YHT</b>	<b>1706,3</b>	<b>1463,3</b>

### Johtolähtökohtainen kunnossapitoaluejako





**Esimerkkitaulukko kahden kuuden vuoden tarkastusjakson vertailusta**

Kuntotarkastuskustannusten vertailu (2013-2018 / 2019-2024)														
	Peruskuntotarkastus (pylvään ikä >=40V)				Kuntotarkastus (pylvään ikä 0-39 V)		Lentotarkastus		Muuntoasemat		Jakokaapit		YHT	
	KJ km	Hinta	PJ km	Hinta	PJ km	Hinta	KJ km	Hinta	kpl	Hinta	kpl	Hinta		
2019		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	2019
Vertailu 2013		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	
Ero +/-		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	
2020		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	2020
Vertailu 2014		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	
Ero +/-		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	
2021		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	2021
Vertailu 2015		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	
Ero +/-		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	
2022		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	2022
Vertailu 2016		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	
Ero +/-		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	
2023		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	2023
Vertailu 2017		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	
Ero +/-		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	
2024		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	2024
Vertailu 2018		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	
Ero +/-		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	
Lisäkustannus yht.		- €		- €		- €		- €		- €		- €	- €	

Kokonaiskustannukset 2019-2024 - €  
 Kokonaiskustannukset 2013-2018 - €  
 Kustannukset ed. tarkasteluun nähden - €  
 %

**Kaavio kahden tarkastusjakson kustannuserojen muodostumisesta tarkastusmuodoittain**

