

Juho Seppälä

# Maaseutuverkkojen säävarmuuden parantamisen vaihtoehdot

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

21.11.2017

Tekijä(t) Otsikko	Juho Seppälä Maaseutuverkkojen säävarmuuden parantamisen vaihtoehdot
Sivumäärä Aika	13 sivua 21.11.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkövoimatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Jakeluverkot
Ohjaaja(t)	Lehtori Sampsa Kupari Käyttöpäällikkö Risto Pirinen
<p>Tämä opinnäytetyö keskittyy sähköjakeluverkkojen yleissuunnitteluun haja-asutusalueilla. Opinnäytetyö tehtiin projektityönä jakeluverkkoyhtiö Oulun Seudun Sähkö Verkkopalvelut Oy:lle kesällä 2017. Työn päätarkoituksena on esittää ideoita ja vaihtoehtoja pitkien, vanhojen ja vikaantuvien ilmajohtoverkkojen uudelleensuunnitteluun ja saneeraukseen. Työn päätuotteena olivat yritykselle laaditut yleissuunnitelmat alueen kehitykselle. Työssä keskitytään alueisiin, joissa kulutus on pientä, matkat pitkiä ja verkosta saatava tuotto vähäistä. Tutkimusta tehtiin niin teknillisestä, kuin taloudellisesta näkökulmasta ja työssä tarkastellaan eri vaihtoehtojen välisiä rakentamiskustannuksia, ja eri vaihtoehtojen mahdollisia hyötyjä ja haittoja.</p> <p>Suurimmat muutokset nykyverkkoon tulevat olemaan johtoreittien siirtäminen teiden varsiin, sekä päällystettyjen BLL-tyyppisten ilmajohtojen käyttö säävarmuuden parantamiseksi. Työssä tarkastellaan myös mahdollisuutta käyttää 1kV järjestelmää sähkönsiirtoon sekä 1kV järjestelmän erityispiirteitä, jotka on otettava huomioon verkkosuunnitelmassa.</p> <p>Tarkastelussa olevan alueen saneeraus maksaisi noin 7 miljoonaa euroa säävarmuutta parantavien periaatteiden mukaisesti päällystetyillä ilmajohtojen rakennettuna. 1kV järjestelmää käyttämällä voitaisiin rakentamiskustannuksissa säästää noin 10%, mutta järjestelmän uutuuden ja pienen käyttöasteen vuoksi uudet käyttöönotot ovat vähäisiä. Tutkimuksessa havaittiin, että suurin osa 1kV järjestelmän säästöistä katoaa muuntajien suuremmasta määrästä johtuviin kustannuksiin. Johtoreittien osittainen kaapelointi voitaisiin toteuttaa noin 20% lisäkustannuksilla 20/0,4kV ilmajohtoreittiin verrattuna. Verkon säävarmuuden oletetaan paranevan kaikilla esitetyillä rakennusvaihtoehdoilla, mutta täysin säävarman verkon aikaansaaminen vaatisi koko verkon kaapeloimisen. Kaapeloimalla vikatilastot muodostuisivat laitevioista, ihmisen toiminnasta ja luonnonmullistuksista aiheutuvista vioista. Koko tarkastelualueen maakaapelointi nostaisi verkon maasulkuvirran 35-kertaiseksi nykyarvoon verrattuna, ja pelkän runkojohdon kaapelointi vaatisi 1,9 miljoonan euron lisäinvestoinnin ilmajohtorakentamiseen verrattuna. Yritys jatkojalostaa tämän opinnäytetyön pohjalta laaditut suunnitelmat toteutuskäyttöön tulevaisuudessa. Tarkat suunnitelmat sekä työn yksityiskohdat kuuluvat salassapitosopimuksen piiriin.</p>	
Avainsanat	Saneeraus, maaseutu, keskijännite, jakeluverkko

Author(s) Title Number of Pages Date	Juho Seppälä Weather proofing of medium voltage distribution in scarcely populated areas 13 pages 21 November 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Power engineering
Specialisation option	Power distribution
Instructor(s)	Sampsa Kupari, Senior Lecturer Risto Pirinen, Production manager
<p>This thesis focuses on general planning and weather proofing of medium voltage power distribution networks in scarcely populated, hard to reach areas. The research was done for Oulun Seudun Sähkö Verkkopalvelut Oy, a power distribution company in northern Finland.</p> <p>The main focus of this thesis is to present different alternatives for redesigning and renovating distribution networks in areas which get a lot of faults, and where the amount of paying customers in relation to distance is poor. The research was done from a technical and economical standpoint. The project compares building costs between different renovation options, and takes into account their possible gains and losses compared to the current state of the network.</p> <p>The main changes to the current state of the network included using covered aerial conductors, using roadsides as distribution routes, and considering the use of 1kV distribution networks and ground cables as a means to weatherproof difficult areas and possibly save in building costs.</p> <p>The renovation project would cost around 7 million euros as a whole if done with coated aerial conductors. The cost includes materials, build costs and required forestry. Usage of 1kV distribution would save around 100 000 euros per 1 million euros invested but since 1kV is still so scarcely used, adoption rates are low. It was discovered that most of the savings with 1kV systems are lost due to the increased amount of transformers needed for customer distribution. Partial ground cabling could be done with an extra investment of 20% compared to renovating the same region with more traditional 20/0,4kV aerial distribution. Weather induced faults are expected to diminish with all of the renovation options researched, but a complete renovation using grounded cables would technically eliminate them, leaving only human and animal induced faults. Using ground cables would increase the ground fault current 35 times compared to overhead lines, and the cost increase for the main lines alone would be around 1.9 million euros. The company found the plans provided useful and decided to refine them in the future.</p> <p>The plans and research done for the company is subjected to non-disclosure agreement.</p>	
Keywords	Modernization, Medium voltage, power distribution

## Sisällys

Lyhenteet ja termistöä

1	Johdanto	1
2	Lähtötilanne	2
3	Verkonrakennuksen yleiset vaihtoehdot	4
3.1	Kaapelointi	4
3.2	Päällystetyt avojohdot	5
3.3	1 kV:n jakelujärjestelmä	6
4	Kohdealueelle harkitut rakennusvaihtoehdot	8
4.1	Yleistä	8
4.2	Ilmajohtoratkaisu	8
4.3	1kV:n Ratkaisu	10
4.4	20 kV verkon osittainen kaapelointi	11
5	Yhteenveto	11
6	Loppusanat	12
	Lähteet	13

## Lyhenteet ja termistöä

AJK Aikajälleenkytkentä. Jakelukatkaisijan toiminto jossa katkaisija aukeaa noin kahdeksi minuutiksi ja sulkeutuu uudelleen.

PJK Pikajälleenkytkentä. Jakelukatkaisijan toiminto jossa katkaisija aukeaa noin 0,4 sekunnin ajaksi ja sulkeutuu uudelleen

Haarajohto Kts. Runkojohto

Runkojohto Jakelutekniikan termi jolla tarkoitetaan sähkön syöttöpisteeltä lähtevää johto-osuutta, josta haaroitetaan lyhyempiä pistomaisia haarajohtoja.

## 1 Johdanto

Jakeluverkon vikaantumisesta aiheutuvat kustannukset ovat vuositasolla iso osa jakeluverkkoyhtiön vuotuisista kustannuksista. Energiavirasto seuraa yhtiöiden jakelukeskeytysten määrää, joka vaikuttaa verkosta otettavissa olevan rahan määrään. Tällä hetkellä ikääntyvä ilmajohtoverkko on monien yhtiöiden päänvaiva, ja tulevaisuudessa isojen investointien kohde. Energiaviraston jatkuva painostus verkon siirtovarmuuden parantamiseen ja korvausinvestointien määrän kasvattamiseen on suuri motivaattori jakeluyhtiön investoinneille, sillä vanhentuvan verkon käyttöarvon nostaminen korvausinvestoinneilla mahdollistaa suuremman tuoton ottamisen siirrosta.

Säävarmalla verkolla tarkoitetaan verkkoa, jonka sähkön siirto ei saa katketa sääilmiöiden vaikutuksesta. Poikkeuksena tähän sääntöön ovat suurmyrskyt, jotka tuhoavat tietään myös säävarmennetut ratkaisut. Säävarmojen verkkojen vikaennuste koostuu laitteiden vikaantumisista, sekä ihmisten aiheuttamista vikaantumisista. Näitä ovat esimerkiksi Muuntamoihin törmäykset, sekä kaivutöistä aiheutuvat kaapelin katkaisut.

Tässä työssä tutkitaan ikääntyvää pitkää keskijännitejohtolähtöä haja-asutusalueella ja esitellään eri vaihtoehtoja johtoverkon kehitykselle kymmenen vuoden kehityskaarella. Työ tehtiin Oulun seudun sähkö verkkopalvelut Oy:lle projektityönä kesä - elokuussa 2017. Projektin ohjaukseen yrityksessä osallistui yrityksen käyttöpäällikkö, verkonrakennuspäällikkö sekä toimitusjohtaja. Insinööri työ ottaa huomioon jakeluverkkoyhtiön toiveet verkon kehityssuunnasta mutta tutkii myös muita olemassa olevia vaihtoehtoja verkon rakennukseen.

Kehityssuunnitelmissa on otettu huomioon Energiaviraston kiristyvät vaatimukset sähkön toimitusvarmuudesta sekä verkon pienestä kuluttajamäärästä johtuva saadun tuoton vähyys.

Insinööri työnsä tavoitteena oli luoda saneeraussuunnittelun yleissuunnitelma pitkälle ja ikääntyvälle ilmajohtolähdölle haja-asutusalueella. tarkoitus oli tutkia saneeraamista eri menetelmin, vertailla eri vaihtoehtojen haittoja, hyötyjä ja niiden kustannuksia. Samalla lähdön viat tilastoitiin viimeisen kymmenen vuoden ajalta ja saatua tilastoa käytettiin hyväksi saneeraussuunnittelussa. Tämä raportti on koottu yritykselle tehdystä laajemmasta



Syötetyt Metrimäärät Johtolajeittain							
Koko Lähtö Yhteensä				185365 m			
A132	Sp40	Sw25	FeS25	Rv63	Bt16	AHXW70	AHXW185
57595	71371	40506	6557	8645	456	55	180
Runko				58445 m			
A132	Sp40	Sw25	FeS25	Rv63	Bt16	AHXW70	AHXW185
55559	2176	0	0	530	0	0	180
Haarat				126920 m			
A132	Sp40	Sw25	FeS25	Rv63	Bt16	AHXW70	AHXW185
2036	69195	40506	6557	8115	456	55	0

Taulukko 1. Nykytilan 20kV verkon johtometrimäärät johtolajeittain.

Asiakkaista pääosa on kausiluontoisia loma-asuntoliittyjiä, joiden liittymä on 3 x 25 A ja vuosikulutus pientä. Alueella on muutamia vakituisen asutuksen keskittymiä, mutta ei suuria liittymiä vaativaa teollisuutta. Lähdön keskimääräisen asiakkaan vuosikulutus on 6800 kWh, jolloin lähdestä saatava vuosituotto perus- ja siirtomaksuina asiakkailta on noin 425 000 €.

Vikoja johtolähdöllä on viimeisen vuoden aikana ollut tarkastelupisteestä riippuen noin 550 joista 390 on ollut pika- ja 71 aikajälleenkytkentöjä sekä 91 pidempiä vikoja. Johtolähtö on sijainnistaan johtuen hankala korjata, sillä lähin sopimusurakoitsija on 30 km:n päässä lähtökatkaisijasta, ja 90 km:n päässä lähdön perältä. Etäisyydet lisäävät korjausaikaa ja sijainti vaikeuttaa vikapaikan löytymistä sekä vikapaikan rajausta. Lähdön keskimääräinen vika-aika on noin kahdeksan tuntia vuodessa ja keskimääräinen vika-aika per sähköjakelun keskeytyminen on noin yhdeksän minuuttia. Yleisin vikatyyppe on yksivaiheinen maasulku, jonka yleisin aiheuttaja on ilmajohtoon kaatunut puu. Muita yleisiä



vikoja ovat ukkosmyrskyjen aikaisten syöksyvirtausten kaatamat puut, jotka vahingoittavat ja katkovat ilmajohtoja.

Nykyverkon vianerottelun selektiivisyyttä on rungolla parannettu lisäämällä verkkoon kaksi maastokatkaisijaa kahden rungosta haarautuvan pisimmän haaran syötön puolelle, jolloin haaroilla syntyvät viat eivät laukaisisi syöttökatkaisijaa. Nykyasettelun ongelmana on se, että haaralla tapahtuva vika kuitenkin katkaisee sähköt rungolla maastokatkaisijalta eteenpäin. Katkaisijat on varustettu automaattisella vianerottelulla, joka avaa katkaisijan läheisyydessä olevan kaukokäytettävän haaraerottimen ja pyrkii palauttamaan rungolle sähköt. Mikäli vianerottelussa katkaisija löytää erotinkombinaation, jossa katkaisija ei laukea, vianerottelu päättyy ja eroteltu johto-osuus jää sähköttömäksi.

Nykyverkon heikoimmat lenkit ovat rungon alkupäässä oleva lyhyt Sp40 osuus joka on kokonaisuudessaan 1960-luvulta ja lähdon sähkönsyötön kannalta kriittisessä paikassa. Lisäksi Oulun kaupungin Viinivaara-pohjavesihankkeen vaatiman sähkönsiirron toimitusvarmuuden parantaminen ilman laajaa saneerausta on käytännössä katsoen mahdollista.

### 3 Verkonrakennuksen yleiset vaihtoehdot

#### 3.1 Kaapelointi

Kaapeli on tällä hetkellä suuressa suosiossa mm. suurten jakeluverkkoyhtiöiden (Elenia, Caruna) keskuudessa. Kaapeloimalla saadaan rakennettua ilmastollisista tekijöistä riippumaton jakeluverkko, jonka ennustetut vikaantumiset johtuvat ainoastaan laitevioista sekä ihmisen toiminnasta. Kaapeloidun verkon suurimmat ongelmat muodostuvat alueellisesti vaihtelevista rakennuskustannuksista. Kaapelin auraaminen on kaapeloimisvaihtoehdoista kustannustehokkain, mutta johtuen esimerkiksi maaston kallioisuudesta tai yleisestä kivisyydestä, ei auraamista kyetä toteuttamaan halutussa mittakaavassa, vaan rakentamistapaa on muutettava. Tämä lisää kustannuksia oleellisesti: Rakennustahti hidastuu, kun kaapelille joudutaan kaivamaan oletuksena vähintään 40 cm leveä, ja 70 cm syvä kaapelioja, johon maaperän kivisyydestä riippuen saatetaan joutua asentamaan myös erityiset kovamuovipohjalevyt, sekä mahdollisesti suojaamaan kaapeli joko kouruilla tai putkittamalla. [1.]

Jos kaapelointi toteutetaan kallioisella alueella, voidaan osa kaapelireitistä joutua suojaamaan betonoinnilla. Betonointi on menetelmä, jossa kaapeli ensin suojataan kallion pinnalle joko kouruttamalla, tai käyttämällä A-luokan putkitusta. Tämän jälkeen kaapeli-suojat kiinnitetään kallioon raudoittamalla, ja koko rakenne peitetään betonikerroksella. Betonoinnissa kaapeli siis käytännössä asennetaan maan pinnalle, ja betoni yhdessä putkituksen kanssa antaa kaapelille riittävän suojan sääilmiöitä ja mahdollista ympäristön kuluttavuutta vastaan. Betonoinnin vaihtoehtona voidaan käyttää kallion louhintaa, mutta louhinnan suuret kustannukset rajoittavat sen käyttöä ainoastaan tiheään asutuille kaupunkialueille, missä betonointi ei ole järkevää. Betonointia pyritään yleisesti ottaen välttämään etsimällä kaapelille parempi reitti, joka kiertää alueet, jossa kallio on maan pinnassa. Erityisluvalla voidaan taajamissa käyttää ns. maisemakumpuja, eli kaapelireitille ajetaan täyttömaata, jolla kaapelin asennussyvyydelle asetetut vaatimukset saadaan täytettyä. Maisemakumpuja käytettäessä tulee kuitenkin ottaa huomioon ympäröivät mahdolliset kulutustekijät sekä alueen mahdollinen kehittyminen kaapelin käyttöänsä aikana. Käytännössä maisemakumpuun asennettava kaapeli tulee aina joko kouruttaa, tai putkittaa riittävän kulutuskeston varmistamiseksi.

Suuria alueita kaapeloitaessa tulee ottaa huomioon kaapelin tuottama maasulkuvirta. Ilmajohto-osuuden kaapeloiminen nostaa johto-osuuden maasulkuvirran n.37-kertaiseksi, olettaen että reitin pituus pysyy samana. Tällöin maasulkuvirran kompensointipatteristojen sijoittelu, suunnittelu ja oikea mitoitus ovat erityisen tärkeitä saneerattavalla alueella. Kaapeliverkossa järkevin kompensointivaihtoehto on hajautettu kompensointi, jossa pienempiä kompensointikeloja asennetaan puistomuuntamoiden yhteyteen. Hajautettu kompensointi tulee järkeväksi laajalla kaapelointialueella, jota otetaan käyttöön portaittain. Tällöin uuden verkko-osuuden kompensointi on otettu huomioon jo verkon rakenteessa, eikä sähköasemalla olevaan kompensointiyksikköön tarvitse tehdä muutoksia.

### 3.2 Päälystetyt avojohdot

Haja-asutusalueilla sekä pienempien jakeluverkkoyhtiöiden alueilla on saneerauksessa ja uuden verkon rakennuksessa käytetty päälystettyjä ilmajohtoja. Markkinoille viime aikoina lanseerattu Amokraft Ab:n kehittämä BLL-Ilmajohtosarja on tehnyt ilmajohtorakentamisesta kustannustehokkaan ja säävarman vaihtoehdon kaapeloinnille alueilla, joilla kaapeloinnin kustannukset suhteutettuna verkon käyttöarvon nousuun eivät ole edulliset.

BLL-Ilmajohtosarja on perinteistä PAS-johtoa säävarmempi ratkaisu BLL:n paksumman eristerroksen ansiosta. BLL kestää johdolle kaatuvasta puusta aiheutuvaa hankausta sekä mahdollista maasulkuvaaran aiheuttavaa tilannetta. BLL Kestää myös johdinten osumisen toisiinsa vahingoittumatta, toisin kuin perinteiset PAS-johtimet. [2, s.6 - 7.]

BLL-sarjan lähtökotaisesti paremmat säänkesto-ominaisuudet vähentävät johdolla aiheutuvia poistuvuonteisia katkoja, jotka suoraa vaikuttavat verkon käyttöarvoon. BLL tukee nykyisten PAS-rakenteiden käyttöä ja on rakentamiskustannuksiltaan hyvin lähellä perinteisemmän PAS-johdon rakentamiskustannuksia.

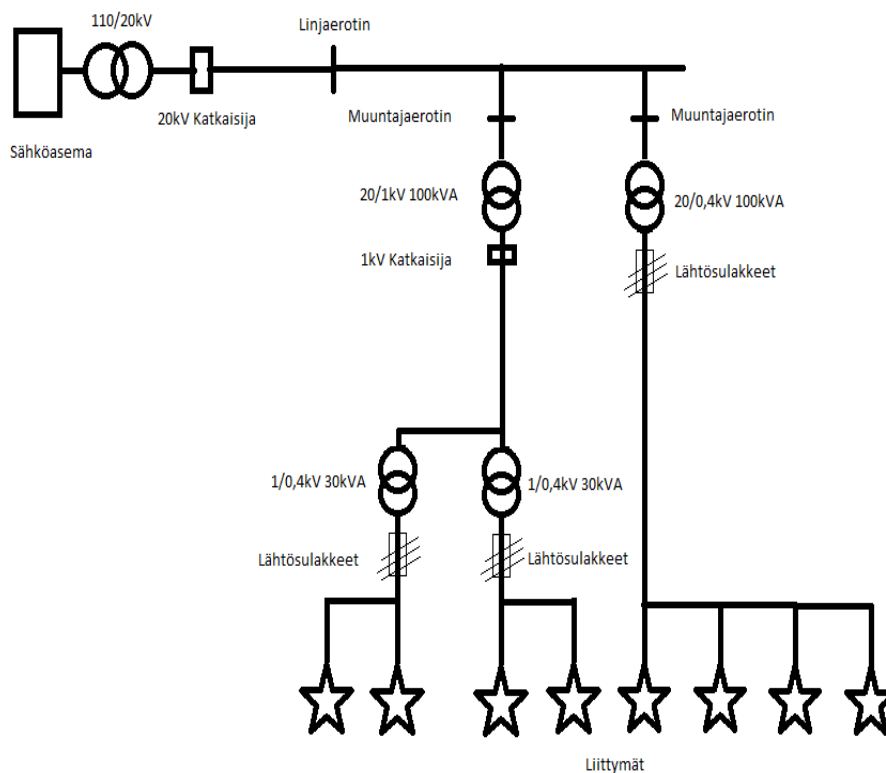
### 3.3 1 kV:n jakelujärjestelmä

Kilovoltin jakelujärjestelmää käytettäessä korvataan vanhan keskijänniteverkon haaroja pienjännitejakelulla. Kilovoltin järjestelmässä rungolle rakennetaan 20/1 kV:n jakelumuuntoasema, jonka jälkeen sähkö voidaan siirtää AMKA- tai kaapelirakenteella noin 5 km matkan haaran kuluttajille. Kulutuskeskittymien läheisyydessä kilovoltin verkkoon rakennetaan 1/0,4 kV:n jakelumuuntoasema, josta sähkö siirretään joko uudistettua tai jo olemassa olevaa pienjänniteverkkoa pitkin kuluttajille. Kilovoltin jakelujärjestelmässä on otettava huomioon, että se on maasta erotettu kuten 20 kV verkko ja näin ollen vaatii maasulun kompensointilaitteiston, sekä verkkokatkaisijan, joka on varustettu ylivirta- ja oikosulkureleillä. Järjestelmä vaatii myös viivästetyllä laukaisulla varustetun maasulkusuojauksen. Kilovoltin katkaisijoissa yleisimmät mallit ovat käsiviritteisiä, mikä tarkoittaa, että lauennut katkaisija joudutaan virittämään uudelleen manuaalisesti. Katkaisija ja suojalaitteiston hinta on noin 2600 euroa. Kilovoltin järjestelmä on pätevä keino vähentämään keskijänniteverkon vikoja, sillä se vähentää alueelle tarvittavan keskijänniteverkon määrää.

Olemassa olevien 1 kV laitteistojen suurin ongelma on niiden mitoitusteho, maksimien jäädessä 100 kilovolttiampeeriin. Tämä suuresti rajoittaa järjestelmän käyttömahdollisuuksia haja-asutusalueilla, joiden haarojen mitoitustehot vaihtelevat 50 ja 250 kilovolttiampeerin välillä, jolloin kilovoltin järjestelmä ei isompien pienien haarojen kohdalla ole järkevää, koska haaralle jouduttaisiin rakentamaan myös 20/0,4 kV:n jakelu tehontarpeen vuoksi. Kilovoltin järjestelmän todennäköisin käyttömuoto onkin 20/0,4 kV jakelun rinnalla lyhentämään 20kV haarojen pituutta niiden perällä.

Kilovoltin järjestelmä voi olla kustannustehokas ratkaisu verkon saneeraukseen pienempikulutusisilla johtohaaroilla järjestelmän pienemmän huoltotarpeen, pienempien johtoaukkojen ja pienemmän vikaherkkyuden vuoksi. Järjestelmä ei ole laajassa käytössä Suomessa, ja uuden jänniteportaan käyttöön ottamisen kynnyks on suuri niin pienille kuin isommille jakeluverkkoyhtiöille.

Kuvioon 1 on piirretty samalle 20kV runkojohdolle 1kV ja 0,4kV siirtoverkot. Kuvasta käy ilmi tarvittavien lisäkomponenttien määrä, jotka tarvitaan 1kV siirron toteuttamiseksi. Kuviossa olevassa esimerkiverkossa syötetään kahta keskenään identtistä kuormaa.



Kuvio 1. Havainnekuva 20/1kV ja 1/0,4kV sähkönjakelun peruseroista.

## 4 Kohdealueelle harkitut rakennusvaihtoehdot

### 4.1 Yleistä

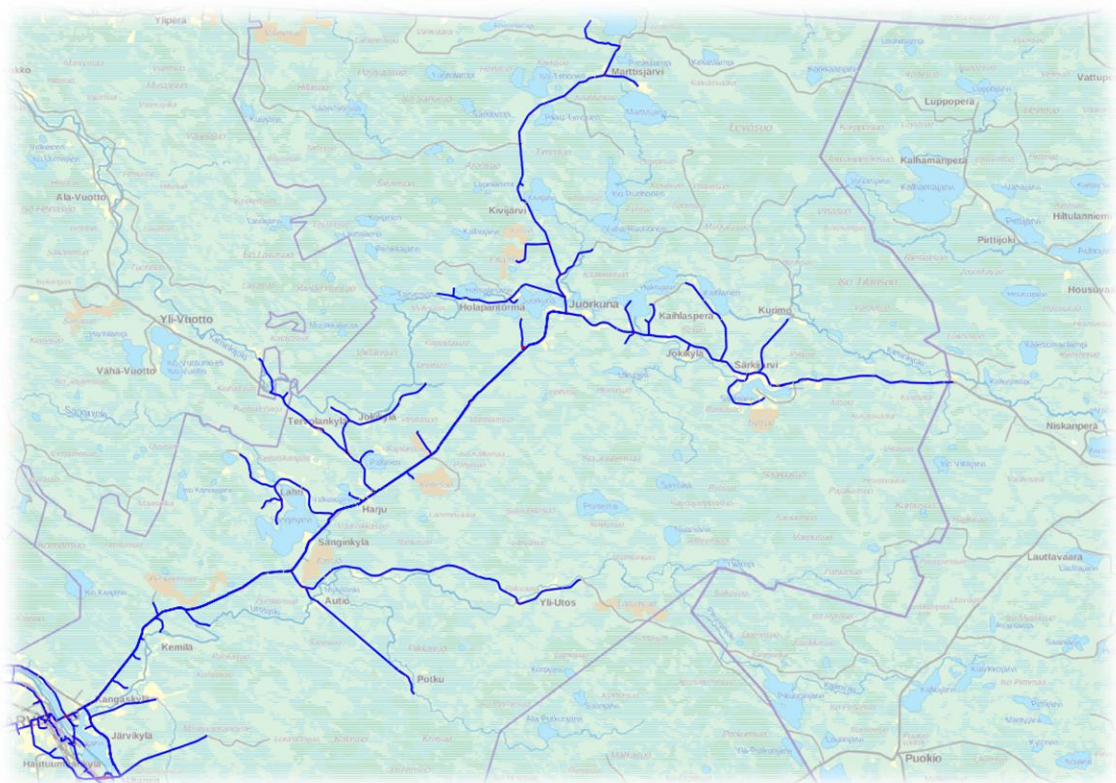
Jakeluverkkosuunnittelu toteutettiin jakeluverkkoyhtiön Trimble NIS -verkkotieto- ja käytöntukijärjestelmällä. Ohjelma sisältää työkalut reitti-, ja johtolajisuunnitteluun ja -mitoitukseen. Projektin alussa työn tavoitteet ja tarkasteltavat kohteet ja osa-alueet käytiin läpi yrityksen verkonrakennuksesta vastaavan elimen kanssa. Tutkittavaksi haluttiin BLL:n käyttö, 1 kV järjestelmä sekä osittaisen kaapeloinnin vaikutus rakennuskustannuksiin. Lisäksi haluttiin tarkastella kauko-ohjattavien erotinasemien lisäämisen tarvetta vikapaikan rajaamisen nopeuttamiseksi. Kustannuslaskelmat on tehty käyttäen Energiaviraston ohjeistoja sekä puuttuvilta osin yrityksen sopimusurakoitsijan vanhentunutta yksikköhinnastoa. Rakennuskustannusarvio sisältää vain verkon rakentamisen kustannukset, mutta ei suunnittelua, maastosuunnittelua eikä kytkentöjä. Muuntamot sekä erotinasemat sisältävät hinnoitteluissaan tarvittavat lisärakenteet. Kaapeloinnin hinta on arvioitu esteiseen maahan kaivettuna.

### 4.2 Ilmajohtoratkaisu

Ilmajohtoratkaisussa johtoreitit siirrettiin nykyisiltä paikoiltaan teiden varteen, jolloin 20 kV johtoreittien pituus kasvoi yhteensä 196 kilometriin. Runkojohtimiksi valittiin BLL-T157, jonka siirtokyky vastaa lähdön nykyistä A132 -runkojohtoa. Haaroille valittiin haaran mitoitustehosta riippuen joko BLL-T62 tai BLL-T99. Muuntamot saneerataan mahdollisuuksien mukaan runkojohdolle tai pidemmillä haaroilla haarajohdolle. Erillisten muuntamohaarojen käyttöä pyrittiin välttämään rakentamiskustannusten minimoimiseksi. Muuntamot mitoitettiin ottaen huomioon uuden verkon käyttöiän aikana tapahtuva mahdollinen kasvu. Muuntamot ovat rakenteeltaan 1- ja 2-pylväsmuuntamoita muuntajan koosta riippuen. PJ-verkon saneeraukseen ei otettu yrityksen pyynnöstä huomiota, mutta kustannuslaskelmissa huomioitiin PJ-verkkojen uusille muuntamoille kääntöön tarvittavat kaapelimäärät. Johtoreitin siirron ongelmiksi muodostuu alueen maataloudesta johtuva peltoalueiden suuri määrä. Ilmajohtoaluesopimuksen saaminen olemassa olevan johdon siirtämiselle on vaikeaa varsinkin viljelyalueilla, koska pellot ovat usein teiden varsissa ja johdon siirrolla rajoitettaisiin peltojen käytettävyyttä maanviljelyssä. Päälystettyjen ilmajohtojen käytöllä pyritään minimoimaan puustosta aiheutuvat

katkot, mutta suurempien myrskyjen ja talven lumikuormasta aiheutuvien puiden kaatumisen aiheuttamia johdon vikaantumisia ei kyetä eliminoimaan. Nykyverkkoon nähden tilanne tulisi kuitenkin paranemaan huomattavasti päällystettyjen ilmajohtojen paremman puunkestoisuuden ansiosta. [2. s. 6 - 7.]

Kuvassa 2 on esiteltynä uudet 20kV siirtoreitit, jotka on suunniteltu säävarmuuden parantamista ajatellen. Kuvasta on poistettu tarkemmat yksilöivät tiedot, sekä pienjänniteverkot ja muut siirtoverkot.



Kuva 2. Kohdealueelle suunnitellut uudet reitit ilmajohtoratkaisulle.

Suunnitelman toteuttaminen tulisi investointina maksamaan 6,5–7 miljoonaa euroa, joka jaettuna kymmenen vuoden suunnitellulle rakentamiselle tarkoittaisi noin 700 000 euron vuosittaista investointia johtolähdölle. Lisäksi suunnitelmassa huomioitiin pumppaamojen sähkönsyötön varmistukseen varaus toiselle BLL-T157 -runkojohdolle, jonka lisärakentamiskustannus olisi noin 200 000 euroa. Runko voitaisiin myös kaapeloida pumppu-asemien haaran kohdalle 1,9 miljoonalla eurolla. Saneerauksen hinnaksi tulisi noin 7800 euroa per johtolähdön sähkökuluttaja.





Suunnitelman toteuttaminen tulisi investointina maksamaan 6,3 – 7 miljoonaa euroa, jolloin säästöä perinteisellä 20/0,4kV jakeluun perustuvalla saneerauksella toteutettuun suunnitelmaan olisi odotettavissa noin 200 000 euroa. Kymmenen vuoden ajalle suunniteltu toteutus vaatisi noin 650 000 euron vuosittaista investointia. Johtolähdön saneerauksen hinnaksi tulisi noin 7600 euroa per johtolähdön sähkökuluttaja. Kilovoltin järjestelmän komponenttien halvemmasta hinnasta saatu säästö hukkuu komponenttien suuremman määrän tarpeeseen 20/0,4kV Ratkaisuun verrattuna.

#### 4.4 20 kV verkon osittainen kaapelointi

Projektissa tutkittiin myös mahdollisesta osittaisesta kaapeloinnista saatavia hyötyjä ja toteutustavan lisäämiä kustannuksia. Todettiin, että yksittäisen haaran kaapeloiminen ilmajohtoa vastaavalla mitoituksella voitaisiin toteuttaa noin 200 000 euron lisäkustannuksella ilmajohtosaneeraukseen verrattuna. Jos haaralla käytettäisiin kilovoltin jakelujärjestelmää, säästettäisiin haaralla noin 200 000 euroa perinteiseen ilmajohtosaneeraukseen verrattuna. Osittainen kaapelointi poistaisi haarasta johtuvat pika- ja aikajälkeenkytkennät, vähentäen koko alueella tapahtuvien vikojen määrää ja parantaen näin alueen sähkön toimitusvarmuutta.

## 5 Yhteenveto

Alueen ongelmallisesta sijainnista sekä verkon huonosta kunnosta johtuen pelkkä lähdön saneerauksen kannattavuuden tarkastelu ei ole verkkoyhtiölle vaihtoehto. Kiristyvät määräykset pakottavat tekemään investointeja, sillä pienillä kulunomaisilla verkon korjaus- ja parannustoilla ei saada verkolle arvon nousua, jolloin koko lähtö tuottaa käytännössä katsoen tappiota yritykselle. Projektin tulokset esiteltiin yrityksessä 29.9.2017. Yrityksen verkon kehityksestä vastaava henkilökunta piti ennakkotietoisesti 1 kV järjestelmää parhaana ratkaisuna alueelle, mutta projektin aikana tehdyt kustannuslaskelmat osoittivat 1 kV jakelujännitteen käyttöönotosta saatavan säästön niin pieneksi, että järjestelmän käyttöönoton kannattavuutta ei alueelle pidetä itsestään selvyytenä. Tarkoitus olikin luoda yleissuunnitelmia ja uusia ideoita alueen sähkönjakeluun, ja tämän projektin pohjalta on tarkoitus luoda yritykseen lisää insinööriöprojekteja, joissa tämän projektin



esittämiä ideoita, sekä mahdollisia nousseita kysymyksiä ja ongelmia lähdetään jatkojalostamaan. Alueelle ei ole olemassa sitä yhtä selvää oikeaa ratkaisua, vaan ideoimalla ja uuden sukupolven innovaatiolla sille pyritään löytämään paras mahdollinen ratkaisu olosuhteet huomioiden.

## **6 Loppusanat**

Haluan kiittää Oulun Seudun Sähkö Verkkopalvelut Oy:tä mielenkiintoisen insinööryöaiheen tarjoamisesta sekä yrityksen henkilökuntaa tarjoamastaan avusta työn tekemisen kanssa. Kiitos kuuluu myös kouluni henkilökunnalle sekä insinööryöohjaajalleni.

## Lähteet

- 1 Elenia Säavarma – Kysymyksiä ja vastauksia. 2017. Verkkodokumentti. Elenia. <[http://www.elenia.fi/sahko/saavarma\\_ukk](http://www.elenia.fi/sahko/saavarma_ukk)>. Luettu 15.10.2017.
- 2 Amo kraftkabel AB produktkatalog 2016. 2016. Verkkodokumentti. amokabel. [https://issuu.com/amokabel/docs/kraft\\_produktkatalog\\_2016](https://issuu.com/amokabel/docs/kraft_produktkatalog_2016). Luettu 30.6.2017.