

SÄÄVARMUUDEN KEHIT- TÄMINEN SALLILA SÄH- KÖNSIIRTO OY:N JAKELU- VERKON POHJOISOSASSA

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala		
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma		
Työn tekijä Pekka Niemi		
Työn nimi Säävarmuuden kehittäminen Sallila Sähkönsiirto Oy:n jakeluverkon pohjoisosassa		
Päiväys	17.12.2014	Sivumäärä/Liitteet
		68
Ohjaaja(t) yliopettaja Juhani Rouvali		
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Sallila Sähkönsiirto Oy		
<p>Tässä opinnäytetyössä tehtiin suunnitelma säävarmuuden kehittämiseksi Sallila Sähkönsiirto Oy:lle. Säävarmuuden kehittäminen on Suomessa ajankohtaista koko maassa. Tämä johtuu työ- ja elinkeinoministeriön energiaosaston linjauksesta, että sähkönjakelukeskeytys vuoden 2028 loppuun mennessä ei saa kestää haja-asutusalueella yli 36 tuntia, eikä taajamassa yli kuutta tuntia. Sallila Sähkönsiirroissa on tähän asti säävarmuuden kehittämistä suoritettu eniten kaupunkialueilla. Nyt kaupunkialueiden säävarmuus Sallila Sähkönsiirron alueilla alkaa olla hyvässä kunnossa, joten siirrytään haja-asutusalueiden säävarmuuden kehittämiseen. Tästä johtuen tämä opinnäytetyönä tehtävä suunnitelmakin tehdään haja-asutusalueelle.</p> <p>Opinnäytetyölle valittiin suunnitelman kohteeksi kaksi johtolähtöä. Johtolähdöistä toinen lähtee Punkalaitumen sähköasemalta ja toinen Lauttakylän sähköasemalta. Molempien johtolähtöjen sähkönjakelualue koostuu Punkalaitumen ja Huittisten välisestä haja-asutusalueesta. Alueella on sekä pelto-, että metsäalueita. Pitkät etäisyydet ja metsäosuudet, sekä metsäsaarekkeet tuovat haasteita säävarman, mutta mahdollisimman kustannustehokkaan sähkönjakelun suunnitteluun.</p> <p>Säävarmuus tarkoittaa käytännössä mahdollisimman puuvarmaa sähkönjakelua. Säävarman sähköverkon saavuttaminen vaatii runsaasti maakaapelia, mutta säävarmuuden kehittämisessä on myös muitakin vaihtoehtoja, joita tässä työssä on pohdittu.</p> <p>Suunnitelluille investoinneille on laskettu kustannusarviot, sekä pohdittu missä aikataulussa investoinnit olisi edullisinta suorittaa. Sallila Sähkönsiirto Oy:n verkossa investointien ongelmana on verkon nuoruus. Nykyinen verkko vaatii haja-asutusalueiden osalta investointeja säävarmuuden kehittämiseksi, mutta valtaosa tästä verkosta omaa vielä runsaasti nykykäyttöarvoa. Tämä tarkoittaa sitä, että säävarmuuden kehittämisen takia joudutaan purkamaan käyttökelpoista verkkoa. Tästä syntyy tappioita, koska purettava verkko olisi sähkönsiirtomaksujen muodossa kerännyt vielä tuottoa.</p> <p>Opinnäytetyönä tehtyä suunnitelmaa voidaan hyödyntää myös Sallila Sähkönsiirto Oy:n muitakin verkon osia parannettaessa. Tämä suunnitelma sisältää näiden kahden johtolähdön osalta suunnitelmia useaksi vuodeksi eteenpäin toteutettavaksi.</p>		
Avainsanat Sähkönjakeluverkko, säävarma sähkönjakeluverkko, säästä johtuva jakelukeskeytys		

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Pekka Niemi			
Title of Thesis Developing Weatherproofness of Distribution Network in Northern Part of Sallila Sähkösiirto Oy ´s Area			
Date	17 December 2014	Pages/Appendices	68
Supervisor(s) Mr. Juhani Rouvali, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Sallila Sähkösiirto Oy			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was made for Sallila Sähkösiirto Oy for developing the weatherproofness of its distribution network. Developing weatherproof distribution networks is common in Finland today, because of Ministry of Employment and Economy's Energy Department's proposal that outages must not last more than 36 hours in rural areas, and no more than six hours in urban areas after the end of year 2028. Sallila Sähkösiirto Oy has so far developed the weatherproofness of its distribution network mainly in urban areas. Today the weatherproofness of the distribution network is in good condition in urban areas and because of this Sallila Sähkösiirto Oy now begins to improve weatherproofness in rural areas. Therefore, the purpose this thesis was to make a plan for developing weatherproofness in rural areas.</p> <p>The plan included in this thesis was made for two 20 kV feeders. One of the feeders starts from the substation of Punkalaidun and another feeder starts from the substation of Lauttakylä. Both feeders distribute electricity to the rural area between Punkalaidun and Huittinen. There are both forests and open areas in this area. It is difficult to plan a cost-effective and weather proof distribution network in a rural area where there are both open areas and forests. Small forests in the middle of an open area are also difficult sections.</p> <p>The weatherproofness of a distribution network means practically that there must be no trees that could fall on the distribution lines. A lot of underground cable must be built to reach the objective of a weather proof distribution network. There are also other ways of improving the weatherproofness of distribution networks and these ways were studied in this thesis.</p> <p>First, the costs of the plan were calculated, and then the schedule of how the distribution network could be cost-effective to redevelop was studied. Sallila Sähkösiirto Oy has a problem that its distribution network is too new to be redeveloped. The distribution network of Sallila Sähkösiirto Oy needs redeveloping to reach weatherproofness objectives but this redeveloping is not yet economical. Sallila Sähkösiirto Oy will not get all possible incomes from the distribution network because it must disassemble rather new distribution lines in forests.</p> <p>This thesis was made for just two feeders but Sallila Sähkösiirto Oy can use it as a model also when developing the weatherproofness in other parts of the distribution network. This thesis includes implementation plans for many years concerning these two feeders.</p>			
Keywords Distribution network, weather proof distribution network, weather-related outage			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö on tehty Savonia ammattikorkeakoulun sähkötekniikan koulutusohjelman insinöörityönä. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Sallila Energia Oy:n sähköverkkoliiketoimintaa harjoittava tytäryhtiö Sallila Sähkönsiirto Oy. Opinnäytetyöni aihe on ollut ennen kaikkea ajankohtainen, mielenkiintoinen ja haastava.

Haluan kiittää opinnäytetyön ohjauksesta Sallila Sähkönsiirto Oy:n suunnittelupäällikkö Esko Nummea, verkkojohtaja Olli Eskolaa ja käyttöinsinööri Matti Hällforsia sekä muuta Sallilan henkilökuntaa. Haluan myös kiittää ohjauksesta yliopettaja Juhani Rouvalia.

Alastarolla 17.12.2014

Pekka Niemi

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
1.1	Työn tausta	8
1.2	Sallila Sähkösiirto Oy	9
2	SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ	10
2.1	Sähköverkot Suomessa	10
2.2	Sallila Sähkösiirto Oy:n jakeluverkot	10
2.3	Verkkotoiminnan viranomaisvalvonta.....	13
3	VERKON KEHITTÄMISEN KEINOT	16
3.1	Maakaapelointi.....	16
3.2	Ilmajohtojen sijoitus.....	17
3.3	Maastokatkaisijat	19
3.4	Kauko-ohjattavat erottimet	20
3.5	Kunnossapito.....	21
4	VERKKOTIETOJÄRJESTELMÄT	23
4.1	Verkkotietojärjestelmä.....	23
4.1.1	ABB DMS 600	23
4.1.2	Käytettävät kyselyt.....	23
5	VERKON KEHITTÄMISSUUNNITELMA	25
5.1	Kehittämissuunnitelman johdanto	25
5.2	Pärnänmaan johtolähtö	25
5.2.1	Rekisuontie-Koivulan erotinasema	26
5.2.2	Reininmaa	33
5.2.3	Koivulan erotinasema-Pärnänmaa	35
5.2.4	Pärnänmaan itäosa.....	38
5.3	Suontaustan johtolähtö	43
5.3.1	Rekikosken haara	43
5.3.2	Rekikoski-Räikänmaan erotinasema.....	47
5.3.3	Trykkärinmaan haara	49
5.3.4	Manninmäki	52
5.3.5	Salkinkoskenmaa	54
5.3.6	Maastokatkaisijat	57

5.4	Kauko-ohjattava erotinasema	58
5.5	Suunnitelman yhteenveto	60
6	HAVAITUT ONGELMAT SÄÄVARMUUDEN KEHITTÄMISESSÄ.....	63
7	YHTEENVETO.....	65
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	67

Lyhenteet ja määritelmät

AJK = Aikajälleenkytkentä (noin kahden minuutin sähkökatko)

AMKA = Pienjänniteriippukierrejohtotyyppi (ilmajohto)

GWh = Gigawattitunti (miljoona kilowattituntia)

JHA = Jälleenhankinta-arvo (euroina)

KAH = Keskeytyksen aiheuttama haitta

KJ = Keskijännite (yleensä 20 kilovolttia)

km = Kilometri

kV = Kilovoltti (tuhat volttia)

kW = Kilowatti

kWh = Kilowattitunti

MWh = Megawattitunti (tuhat kilowattituntia)

NKA = Nykykäyttöarvo (euroina)

PAS = Päälystetty keskijänniteilmajohto

PJ = Pienjännite (yleensä 400 volttia)

PJK = Pikajälleenkytkentä (noin puolen sekunnin sähkökatko)

Raven = Keskijänniteilmajohto, yhteispoikkipinta-ala 63 mm²

Sparrow = Keskijänniteilmajohto, yhteispoikkipinta-ala 40 mm²

VA = Volttiampeeri (näennäistehon yksikkö)

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Sähköverkkoa halutaan kehittää säävarmemmaksi. Säävarmempi sähköverkko tarkoittaa asiakkaille vähemmän jakelukeskeytyksiä ja keskeytysten pituuden lyhentymistä. Sähköverkon kehittämistä säävarmemmaksi tehdään tällä hetkellä valtakunnallisesti joka puolella Suomea. Tämä johtuu 1.9.2013 voimaan tulleesta sähkömarkkinalain muutoksesta, jolla pyritään parantamaan sähkönjakelun luotettavuutta.

Sähkömarkkinalain muutoksen lähtökohtana on lyhentää asiakkaiden kokemia sähkökatkoja. Lain mukaan sähkönjakelussa ei saa esiintyä myrskystä tai lumikuormasta johtuen asemakaava-alueella yli kuuden tunnin käyttökeskeytyksiä ja muulla alueella yli 36 tunnin käyttökeskeytyksiä. Lain vaatimukset tulee täyttää viimeistään vuoden 2028 loppuun mennessä. Laki astuu portaittain voimaan siten, että ehdot tulee täytyä vuoden 2019 loppuun mennessä 50 %:lla verkonhaltijan asiakkaista ja vuoden 2023 loppuun mennessä 75 %:lla asiakkaista. (TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ 2012, 3.)

Lain määrittämä käyttökeskeytyksen 36 tunnin maksimipituus ei kuitenkaan koske aivan kaikkia asiakkaita. Laki ei koske käyttöpaikkoja, jotka sijaitsevat saarella, johon ei ole kiinteää yhteyttä tai säännöllistä maantielauttaa. Laki ei myöskään koske käyttöpaikkoja, joiden vuotuinen sähkönkulutus on kolmen viimeisen kalenterivuoden aikana ollut enintään 2 500 kWh ja investoinnit käyttöpaikkaa varten olisivat kohtuuttoman suuria etäisen sijainnin vuoksi. Tällaisia käyttöpaikkoja löytyy maaseudulta melko runsaasti, koska maaseudulla on paljon etäisellä sijainnilla sijaitsevia kesäasuntoja ja mökkejä, sekä asumattomia taloja, joissa on voimassa oleva sähköliittymä. (FINLEX 2013.)

Opinnäytetyönä luodaan Sallila Sähkönsiirto Oy:n jakeluverkon pohjoisosan kahdelle johtolähdölle suunnitelma verkon kehittämisestä säävarmemmaksi. Näistä kahdesta johtolähdöstä toinen lähtee Punkalaitumen sähköasemalta ja toinen Lauttakylän sähköasemalta. Johtolähtöjen syöttämä alue käsittää Huittisten ja Punkalaitumen taajamien välistä maaseutua. Suunnitelma koskee sekä keski-että pienjänniteverkon kehittämistä.

Säävarma sähkönjakeluverkko tarkoittaa sitä, että puiden ei ole mahdollista kaatua verkon rakenteiden päälle aiheuttaen jakelukeskeytyksiä. Tällainen sähköverkko saavutetaan maakaapeloinnilla tai sijoittaen verkon rakenteet paikkaan, jonne puut eivät voi kaatua. Puiden kaatuminen verkon rakenteiden päälle johtuu yleensä joko tuulesta tai lumi- ja jääkuormasta. Tällainen ilmastosta johtuva poikkeustilanne saattaa aiheuttaa kohdalle osuessaan useita vikoja sääalttiiseen sähköverkkoon, koska tuuli tai lumi- ja jääkuorma monesti kaataa samaan aikaan useita puita. Tällöin voidaan puhua suurhäiriöstä. Ukkonen aiheuttaa sähkönjakeluun häiriöitä myös avoimilla alueilla. Näin ollen kaatuvilta puilta suojassa oleva ilmajohtoverkko avoimella alueella on altis ukkosen aiheuttamille vioille, kuten ylijännitteistä syntyville vioille.

Säävarmuuden kehittämistä suunniteltaessa on hyvä ottaa huomioon myös muuttuva ilmasto, sillä suunniteltavien verkon rakenteiden tekninen käyttöaika on 45 vuotta, ja tänä aikana ilmasto saattaa muuttua merkittävästi. Ilmatieteen laitoksen tuottamien tutkimusten mukaan tulevaisuudessa tuulet voimistuvat ja länsituulet lisääntyvät. Ennusteiden mukaan keskimääräisten tuulten nopeus talvisin kasvaa 2-4 % vuosisadan loppuun mennessä, ja myrskytuulten nopeus muutaman prosentin. Ilmaston lämpenemisen takia maan routainen aika vähenee ja tämä lisää puiden kaatumisherkkyyttä etenkin loppusyksystä ja alkutalvesta. Ennusteen mukaan tuulet myös jaksottuvat entistä enemmän syksy- ja talviaikaan, joten oletettavasti sähkönjakelun häiriöiden määrä lisääntyy tulevaisuudessa näinä aikoina, jos verkkoa ei kehitetä. Muutokset ilmastossa ovat kuitenkin melko pieniä ja tapahtuvat hitaasti, joten pelkästään muuttuvan ilmaston takia ei jakeluverkkoa kannattane kehittää. (Ilmatieteen laitos.)

1.2 Sallila Sähkösiirto Oy

Sallila Sähkösiirto Oy on osa Sallila Energia -konsernia. Konsernin emoyhtiö Sallila Energia Oy omistaa sataprosenttisesti tytäryhtiöt Sallila Sähkösiirto Oy:n ja Sallila Asennus Oy:n. Taulukossa 1 on esitetty Sallila Energia -konsernin tunnusluvut vuosilta 2012 ja 2013. (Sallila Energia 2014, 4.)

TAULUKKO 1. Sallila Energia -konsernin tunnusluvut (Sallila Energia 2014, 5.)

Konsernin tunnusluvut

1.000 €	2012	2013
Liikevaihto	30.534	29.034
Liikevoitto	2.409	3.578
Tilikauden tulos	2.336	3.824
Tase	68.288	70.172

Sallila Sähkösiirto Oy harjoittaa toimialueellaan sähkösiirtoliiketoimintaa. Toimialue koostuu Huitisten, Punkalaitumen, Loimaan ja Ypäjän kuntien alueesta. Vuonna 2013 Sallila Sähkösiirto Oy siirsi energiaa 361 GWh. Sallila Sähkösiirto Oy:n verkon KAH-arvo oli 911 000 euroa vuonna 2013. Keskimäärin KAH-arvo on vuosittain noin 600 000 euroa vaihteluiden ollessa suuria. Sallila Sähkösiirto Oy tekee investointeja keskimäärin noin 4,5 miljoonalla eurolla vuosittain. Tilikauden päättyessä Sallila Sähkösiirto Oy:n palveluksessa oli toistaiseksi voimassa olevalla työsuhteella 11 toimihenkilöä. Taulukossa 2 on esitetty Sallila Sähkösiirto Oy:n tunnusluvut.

TAULUKKO 2. Sallila Sähkösiirto Oy:n tunnusluvut (Sallila Energia 2014, 14.)

Tunnusluvut

1.000 €	2012	2013
Liikevaihto	12.457	12.800
Liikevoitto	3.804	4.131
Tilikauden tulos	191	246
Tase	55.568	57.832

2 SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ

2.1 Sähköverkot Suomessa

Suomessa tavallisesti sähkökäyttäjälle tuleva sähkö kulkeutuu 110 kV alueverkossa sähköasemalle, jossa päämuuntaja muuntaa sähkön 20 kV jännitetasolle eli keskijännitteiseksi. KJ-verkossa sähkö siirretään jakelumuuntamolle, jossa sähkö muunnetaan pienjännitteeksi eli 400 voltin jännitetasolle. PJ-johtoja pitkin sähkö kulkeutuu kuluttajille 400 voltin jännitetasolla. Suomessa sähkönjakelujärjestelmä sisältää noin 800 sähköasemaa, 150 000 km KJ-johtoja, 130 000 jakelumuuntamoita sekä 230 000 km PJ-johtoja. (Lakervi ja Partanen 2012, 11.)

TAULUKKO 3. Verkon rakenneosien kustannustietoja (Lakervi ja Partanen 2012, 12.)

	Hinta [€/kpl, €/km]
AMKA 35 mm ²	12 300
pylväsmuuntamo, muuntaja 30 kVA	6 200
pienjännitemaakaapeli haja-asutusalueella, 120 mm ²	23 800
puistomuuntamo, muuntaja 500 kVA	37 500
keskijänniteavojohto, Raven	19 600
päällystetty keskijänniteavohto, PAS 70 mm ²	25 800
keskijännitemaakaapeli taajamassa, 120 mm ²	68 000
110/20 kV sähköasema, muuntaja 16 MVA	800 000

Verkon eri komponenttien kustannuksia on esitetty taulukossa 3. Kokonaisuudessaan Suomen sähkönjakelujärjestelmän JHA:ksi on arvioitu noin 12 miljardia euroa. Taulukosta 3 näkee, että mitä suurempaa jännitetasoa käytetään, sitä kalliimpaa on verkon rakentaminen. Suuremmalla jännitetasolla taas siirtohäviöt ovat pienemmät ja teknisestikään ei ole mahdollista siirtää suuria tehoja sähköä laadukkaasti pienellä jännitteellä pitkien etäisyyksien päähän. (Lakervi ja Partanen 2012, 11-12.)

Suomessa on käytössä muitakin jännitetasoja kuten 400 kV ja 220 kV suurjännitejohdot. Vanhoja 45 kV ja 10 kV jännitteisiä johtoja on edelleen käytössä melko runsaasti. Myös 30 kV käyttöönottoa on suunniteltu. Pitkiin PJ-siirtoihin on viime vuosina osassa verkkoyhtiöitä otettu käyttöön 1000 voltin järjestelmä. Näihin jännitetasoihin ei kuitenkaan tässä opinnäytetyössä keskitytä.

2.2 Sallila Sähkönsiirto Oy:n jakeluverkot

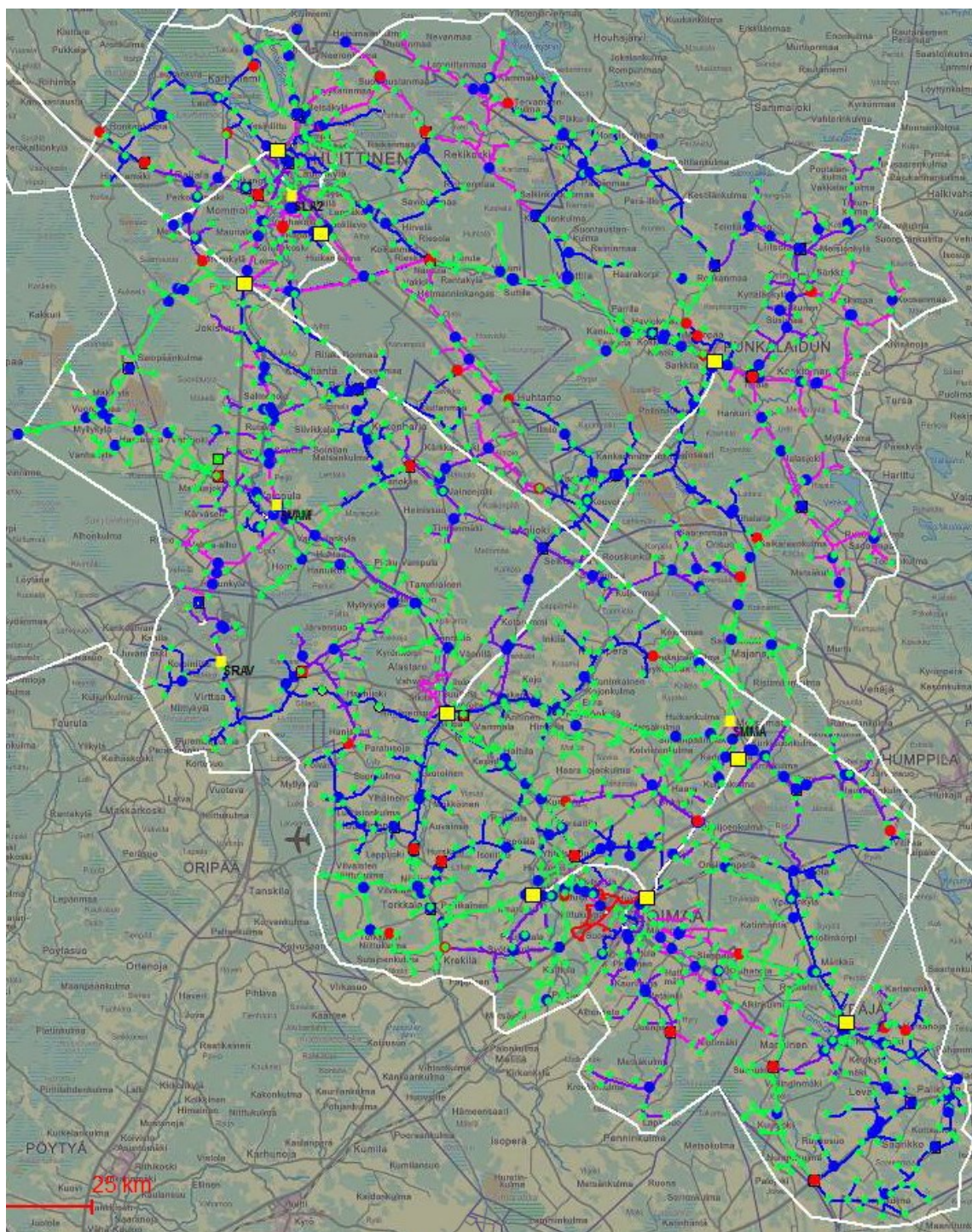
Sallila Sähkönsiirto Oy:n rakennettavasta uudesta verkosta valtaosa tehdään säävarmana maakaapelointina. Suurin osa 20 kV KJ-johdoista ja lähes kaikki 0,4 kV PJ-johdoista tehdään maakaapelilla. Sallilan verkkoalueen kaapelointiaste on KJ-verkossa 15,5 % ja PJ-verkossa 57,9 %. Säävarman ver-

kon piiriin kuuluu jo lähes 50 % asiakkaista ja määrä kasvaa koko ajan. (Sallila Energia 2014, 13–14.)

Sallila Sähkönsiirto Oy:llä ei ole käytössä, eikä ole suunnitelmissa ottaa käyttöön muita jännitetasoja 0,4 kV ja 20 kV lisäksi. Tämä yksinkertaistaa verkkoa ja vähentää tarvittavaa materiaalia, kun ei ole käytössä muita jännitetasoja. Osa verkkoyhtiöistä on viime vuosina ottanut käyttöön 1000 voltin järjestelmän, mutta kyseisellä verkkoalueella ei ole 1000 voltin järjestelmälle monia kovin otollisia kohteita, sillä asiakastiheys on haja-asutusalueellakin melko tasaista, joten yksinkertaistus on kannattavaa.

Sallila Sähkönsiirto Oy:llä on KJ-johtoja yhteensä 1 493 km ja lisäksi PJ-johtoja 2 857 km. Jakelu-
muuntamoita on tietokannan mukaan 1 392 kappaletta. Sähköasemia, joihin on 110 kV syöttö ja 20 kV johtolähdöt, on käytössä yhdeksän kappaletta, joiden lisäksi on vielä kaksi 20 kV kytkinasemaa ja kaksi maastokatkaisijaa. (Partanen 2013b.)

Kuvassa 1 on karttakuva Sallila Sähkönsiirto Oy:n jakeluverkosta. Kuvassa johtojen värit on merkitty johtolähdöittäin. Karttakuvassa keltaisilla mustin reunoin rajatuilla neliöillä on merkattu sähköasemat ja rajaamattomilla kytkinasemat ja maastokatkaisijat. Pienet vihreät pallot kartassa ovat jakelu-
muuntamoita.



KUVA 1. Sallila Sähkösiirto Oy:n jakeluverkko

Verkostoon ei Sallila Sähkösiirto Oy:n verkkoalueella nykyisen strategian mukaan suunnitella enää uusia PAS-johtoja. PAS-johdoista on saatu huonoja kokemuksia vuosien varrella, joten niiden rakentaminen on päätetty lopettaa. Sähköasemia on siis Sallila Sähkösiirto Oy:n verkkoalueella yhdeksän. Sallila Sähkösiirto Oy:n jakelualueelle ei tällä hetkellä ole suunnitelmassa rakentaa uusia sähköasemia Fingridin hallinnoiman 110 kV kantaverkon korkeiden liittymismaksujen vuoksi. Olemassa olevia sähköasemia on myös uudistettu viime aikoina.

Sallila Sähkösiirto Oy:n jakeluverkon kaapelointiastetta on tarkoitus kasvattaa merkittävästi. Tavoitteen mukaan KJ-verkon kaapelointiaste on vuoden 2028 loppuun mennessä yli 30 %. Tähän on liitetty välitavoitteet siten, että vuoden 2019 loppuun mennessä kaapelointiaste on 22 % ja vuoden

2023 loppuun 26 %. PJ-verkossa kaapelointiaste on tavoitteena nostaa vuoden 2028 loppuun mennessä noin 75 % tasolle. Tähän on asetettu välitavoitteet vuoden 2019 loppuun 65 % ja vuoden 2023 loppuun 70 %. (Partanen 2013b.)

Sääalttiita johtoja Sallila Sähkönsiirto Oy:llä on noin 248 km KJ-johtoja ja 535 km PJ-johtoja. Tästä johtuen KJ-verkkoa pitää vuoden 2028 loppuun mennessä kaapeloida 200 km ja PJ-verkkoa 431 km. (Partanen 2013b.) Todellisuudessa kaapelointien määrät ovat kuitenkin vieläkin suurempia, sillä myös säävarmoilla pelloilla suoritetaan kaapelointia.

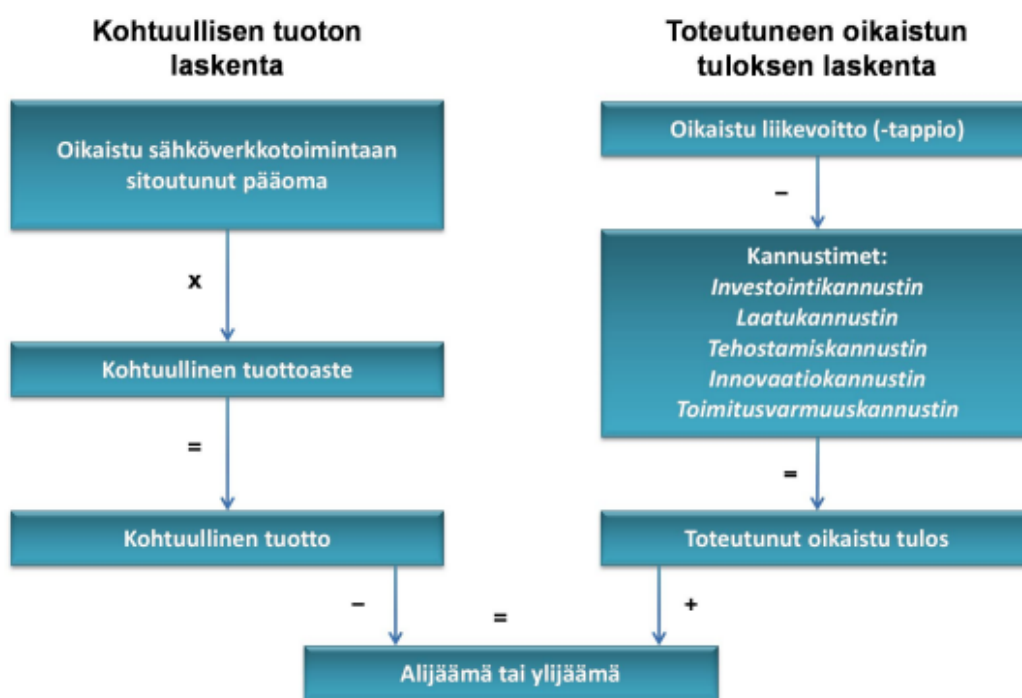
PJ-johtoja ei Sallila Sähkönsiirto Oy:n verkossa nykyisen strategian mukaan rakenneta enää ilmajohtona. Uudet PJ-johdot rakennetaan maakaapelina ja myös olemassa olevien PJ-johtojen uusinnat tehdään maakaapelina tiettyjä tilapäistapauksia lukuun ottamatta. Uudet KJ-johdot rakennetaan pääasiassa maakaapelina tai avoimelle alueelle ilmajohtona. Verkon rakentamisessa hyödynnetään tien reunoja paremman käyttövarmuuden takia. (Partanen 2013b.)

Investointeja tehtäessä pyritään investoinnit kohdentamaan täysi-ikäiseen verkkoon. Verkon komponenttien tekniset käyttöajat ovat KJ-johdoille sekä PJ-maakaapelille 45 vuotta. PJ-ilmajohdoille, muuntamoille sekä muuntajille tekninen käyttöaika on 40 vuotta. Sallila Sähkönsiirto Oy:n verkossa ei ole täysi-ikäisiä maakaapeleita juuri ollenkaan. Seuraavan kymmenen vuoden aikana ei siis juurikaan ole maakaapeliverkon uusimistarvetta ikääntymisen takia. KJ-ilmajohdoista täysi-ikäistä on vain 0,7 %, mutta 1970-luvun lopulla rakennettuja johtoja on noin 16 %, joka tarkoittaa että niitä on reilu 200 km. Tähän verkkoon tullaan tulevana vuosina tekemään investointeja. PJ-ilmajohdoista täysi-ikäisiä on noin 7 %, mutta lähes täysi-ikäisiä, vuosina 1975–1978 rakennettuja johtoja on noin 17 %, eli noin 215 km. Käytettävistä jakelumuuntajista on täysi-ikäisiä reilu 15 %, joten niitä joudutaan uusimaan tulevana vuosina. Pylväsmuuntamoista täysi-ikäisiä on vajaa 10 % ja niitä on tarkoitus uusida KJ-verkon kaapeloinnin yhteydessä puistomuuntamoiksi. Maakaapeliverkon puistomuuntamoista valtaosa on alle 20 vuotta vanhoja, mutta on myös muutamia käytössä olevia täysi-ikäisiä puistomuuntamoita. (Partanen 2013b.)

2.3 Verkkotoiminnan viranomaisvalvonta

Suomessa sähkönjakeluverkkoliiketoiminta on monopolitoimintaa, jota energiavirasto valvoo ja säätelee. Sähkönjakelua harjoittaa Suomessa vajaa sata verkkoyhtiötä. Verkkoyhtiöt harjoittavat toimintaansa energiaviraston vahvistamalla jakelualueella. Verkkoyhtiöt ovat hyvin erikokoisia ja jakelualueet ovat hyvin erilaisia. Osa verkkoyhtiöistä toimii vain yhden kantakaupungin alueella ja osa on keskittynyt lähinnä haja-asutusalueisiin. Verkkoyhtiöiden omistuspohjat vaihtelevat myös monipuolisesti. Omistuspohjien monipuolisuus näkyy myös yhtiöiden liiketoiminnallisissa tavoitteissa. Osa verkkoyhtiöstä pyrkii tarjoamaan omistajilleen mahdollisimman hyvää tuottoa, osa taas pyrkii tarjoamaan alueensa sähkönkäyttäjille mahdollisimman edullista siirtohintaa. (Lakervi ja Partanen 2012, 19.)

Energiaviraston suorittamaan verkkoyhtiöiden valvontaan sisältyy taloudellista ja teknistä valvontaa. Energiavirasto on säädellyt kullekin verkkoyhtiölle maksimivoittotason, jonka pysyvä ylittäminen johtaa sähkönsiirtomaksujen palauttamiseen asiakkaille. Verkkoon sitoutuneella pääomalla on huomattava vaikutus sallitun voiton laskennalliseen määrään. Tähän verkkoyhtiöt pystyvät siis vaikuttamaan investoinneilla. Energiavirasto valvoo sähkön laatua, joka tarkoittaa ennen kaikkea käyttövarmuuden valvontaa. Energiavirasto suorittaa myös verkkoyhtiöiden tehokkuusmittauksia, joissa sähkön laatu on yhtenä parametrina. Keskeytyskustannusten lasku antaa verkkoyhtiölle mahdollisuuden lisätä investointeja tai voittoa. Kuviossa 1 on esitetty energiaviraston taloudellisen valvonnan toimintamalli kaaviona. Suomessa on myös käytössä vakiokorvausmenettely sähköverkon käyttövarmuuteen kohdistuvan taloudellisen valvonnan muotona. Tämä tarkoittaa sitä, että sähkökäyttäjälle aiheutuvasta yli 12 tunnin käyttökeskeytyksestä verkkoyhtiö on velvollinen maksamaan korvausta sähkökäyttäjälle. Korvauksen suuruuteen vaikuttaa keskeytyksen pituus ja sähkökäyttäjän vuotuinen siirtomaksu. (Lakervi ja Partanen 2012, 19–21.)



KUVIO 1. Energiaviraston malli viranomaisvalvonnasta (Energiavirasto 2014b.)

Sähkönjakeluverkkoyhtiöiden toiminta on vuosien varrella muokkautunut ja toiminnoissa on suuria yhtiökohtaisia eroja. Kehitystrendinä on yleisesti ollut kuitenkin toimintojen ulkoistamisen lisääntyminen. Verkkoyhtiöt hallitsevat omaisuutta, johon kuuluu yleensä liiketoiminnan suunnittelu ja toteutus, verkostojen kehittämissuunnittelu ja rakennuttaminen sekä asiakaspalvelu. Ulkoistettuja toimintoja ovat monesti maastosuunnittelu, verkkojen rakentaminen, vikojen korjaus, ennakoiva kunnonvalvonta ja taseselvitykset. Ulkoistetut toiminnot kuuluvat täysin kilpailuille markkinoille. Kilpailun avulla on pyritty hakemaan tehokkuutta toimintoihin. Monopolitoiminnan valvontaa ulkoistaminen helpottaa, sillä ulkoistamalla huomattava osa verkkoyhtiön liiketoiminnasta voidaan toteuttaa kilpailuilla markkinoilla. (Lakervi ja Partanen 2012, 21–23.)

Sähköverkkoyhtiöiden investointien kannattavuuteen vaikuttaa huomattavasti energiaviraston määrittämä kohtuullinen pääoman painotettu keskikustannus. Tämän prosenttiluvun energiavirasto määrittää vuosittain ja se on vuodelle 2014 määritetty arvoon 3,03 % (Energiavirasto 2014b). Tästä käytetään myös lyhennettä WACC. Käytännössä WACC tarkoittaa sitä, paljonko verkostoon sitoutunut pääoma (verkon NKA) saa tuottaa vuodessa. Tämä tuotto tulee asiakkaiden maksamista siirtomaksuista, joten arvolla on myös vaikutusta sähkönsiirtomaksuihin. Verkostoon sitoutuneeseen pääomaan vaikuttaa olemassa olevan verkon ikä, sillä verkon NKA lasketaan vähentämällä vuosittain tasapoistoin verkon JHA:sta verkon teknisen pitoajan mukaan. Monesti siis kovin nuorta verkkoa ei kannata purkaa ja vaihtaa parempaan, jos sillä on teknistä pitoaikaa vielä jäljellä, koska tämän verkon purkamisen vähentää verkostoon sitoutunutta pääomaa ja näin myös tuottoa.

Energiaviraston määrittämä sähköverkkotoimintaan sitoutuneen pääoman kohtuullisen kustannuksen prosentti on tällä hetkellä hyvin alhainen, sen ollessa siis 3,03 %. Tähän prosenttiin vaikuttaa Suomen valtion 10 vuoden obligaatiokoron edellisen vuoden toukokuun keskiarvo. Korot ovat olleet viime vuosina hyvin alhaalla, joten se näkyy myös sähköverkkoyhtiöiden tuotto prosentissa. Esimerkiksi vielä vuonna 2012 sähköverkkotoimintaan sitoutuneen pääoman kohtuullisen kustannuksen prosentti oli 4,58 %. Toisaalta alhaisten korkojen ansiosta on ollut mahdollista saada edullista lainaa, joten jos sähköverkkoyhtiöllä on paljon velkaa, alhaiset korot ovat hyvä asia, mutta jos yhtiö on hyvin omavarainen, alhaisista koroista on haittaa. (Energiavirasto 2014c.)

3 VERKON KEHITTÄMISEN KEINOT

3.1 Maakaapelointi

Maakaapelilla saavutetaan ilmajohtoja parempi käyttövarmuus, vikataajuuden pudotessa 10–50 %:iin avojohtojen vikataajuudesta. Kaapeliverkossa päästään myös eroon jälleenkytkentöjen aiheuttamista lyhyistä jakelukeskeytyksistä. Vikojen paikallistaminen ja korjaaminen on hitaampaa maakaapeliverkossa kuin ilmajohtoverkossa. Kokonaisuutena kaapelointi pienentää huomattavasti KAH-arvoja, joten varsinkin taajama-alueilla ja muilla suuremmilla kulutusalueilla kaapelointi on kannattavaa. (Lakervi ja Partanen 2012, 146–147.)

Maakaapeloinnin huonona puolena pidetään sen kallista rakentamishintaa, varsinkin KJ-kaapeloinnin. Maakaapeloinnin hintaan vaikuttaa suuresti maasto, jonne rakennetaan. Maassa, jonne kaapelointi on helppoa, PJ-maakaapeli auramalla tehtynä saattaa olla jopa edullisempi rakentaa kuin AMKA-johto ilmaan rakennettuna pylvästys mukaan lukien. KJ-verkon maakaapeleilla on myös maasulkuvirtoja kasvattava vaikutus, jolloin monesti tulee tarpeen rakentaa maasulun sammutuslaitteisto joko sähköasemalle tai paikallisesti erotinväleille. (Lakervi ja Partanen 2012, 147–149.)

Maakaapeliverkkoon myös muuntamoiden rakentaminen on kalliimpaa kuin ilmajohtoverkon pylväsmuuntamoiden rakentaminen. Maakaapeliverkkoon rakennetaan puistomuuntamoita, joissa muuntaja ja kojeistot ovat metallikopin suojassa. Tämä myös parantaa verkon käyttövarmuutta ja lisää eläinten turvallisuutta. Tyypillinen puistomuuntamo on esitetty kuvassa 2. Pylväsmuuntamoilla tulee sähkönjakeluun melko runsaasti keskeytyksiä kun esimerkiksi lintu, orava tai kissa menee muuntajan kannelle aiheuttaen vikatilanteen. (Lakervi ja Partanen 2012, 147–148.)

Puistomuuntamoiden kalliin hinnan takia verkkoa saneerattaessa muuntamoiden määrän vähentäminen entisestä saattaa muodostua kannattavaksi. Puistomuuntamoita on kevyitä puistomuuntamoita, joissa ei ole yhtään erotinta, yhden erottimen muuntamoita, sekä puistomuuntamoita, joissa on sekä muuntamo- että linjaerotin. Kevyen puistomuuntamon ja kahdella erottimella varustetun puistomuuntamon hintaero on lähes 15 000 euroa, mutta kaapelin vikaantuessa ja työkeskeytyksissä suuresta erottimien määrästä on hyötyä.



KUVA 2. Puistomuuntamo (Niemi 2014-10-7.)

Maakaapelit sijoitetaan pääasiassa vanhoille ilmajohtojen johtokaduille tai tien laitoihin. Maakaapelointi olisi nykyistä kustannustehokkaampaa jos tien reunoihin olisi mahdollista kaapeloida helpommin ja pienemmällä lupaprosessilla. Maakaapelit sijoitetaan nykyisin yleensä tiealueen sisäpuolelle, lähelle tiealueen reunaa. Tiealueelle sijoittaminen helpottaa sähköverkon rakentajaa maankäyttösovimusten tekemisessä, koska tällä alueella on vain yksi maanomistaja. Tiealueen sisäpuolella maanrakennustöiden tekijät ovat ammattimaisia rakentajia, joilla on paremmat edellytykset varoa kaapeleita kuin yksityishenkilöillä. Verkonrakennuksen kannalta kaapeli olisi edullisinta rakentaa tien sisäluiskaan. Tällä alueella maa on yleensä sopivaa auraustekniikan käyttämiseen. Tämä ei kuitenkaan ole lainsäädännön takia mahdollista kuin tietyissä tapauksissa monien ehtojen täytyessä. (Liikennevirasto 2014, 11–48.)

3.2 Ilmajohtojen sijoitus

Ilmajohtojen sijoittamisella on huomattava vaikutus niiden käyttövarmuuteen. Maaseudulla on paljon käytössä olevia 1950- ja 1960-luvulla rakennettuja KJ-avojohtoja, jotka on sijoitettu metsiin. Tällöin johtojen sijoittelua ei ajateltu käyttövarmuuden ja huolto nopeuden kannalta vaan pyrittiin minimoimaan johtopituus. Lisäksi metsiä pidettiin hyvänä johtojen sijoituskohteena, koska siellä ne eivät olleet niin näkyvillä kuin pelloilla tai teiden varsilla. Kuvassa 3 näkyvä johto edustaa tyypillistä metsässä kulkevaa KJ-avojohtoa. Kyseinen johto kulkee lähellä teitä, mutta on silloisen rakennustavan mukaisesti rakennettu metsään. Kuvassa näkyvä johto on kuitenkin melko säävarma, koska vierimetsä on nuorta. Kyseinen johto vaikuttaa muutenkin melko hyväkuntoiselta. (Lakervi ja Partanen 2012, 143–144.)



KUVA 3. 1970-luvun KJ-avojohto metsässä (Niemi 2014-10-7.)

Metsässä sijaitsevien johtojen ongelmana ovat ennen kaikkea johtojen päälle kaatuvat puut ja joihin asti kasvavat puiden oksat, jotka aiheuttavat maasulkuja, sekä huollon hitaus. Pelloilla ilmajohdot ovat säävarmuuden kannalta huomattavasti paremmassa paikassa kuin metsässä. Avoimilla alueilla puita ei ole kaatunutta johtojen päälle vikoja aiheuttaen. Sallila Sähkönsiirto Oy:n verkossa huomattavan suuri osa KJ-ilmajohdoista on rakennettu pelloille. Kuvassa 4 näkyy pelloille rakennettu PAS-johto. Tienvarteen rakennettaessa johdon tien puolella on jo valmiina oleva leveä johtokatu, joten siltä puolelta harvemmin puu kaatuu johtojen päälle. Tästä johtuen tienvarteen sijoittaminen pienentää vikojen määrän lähes puoleen ja lisäksi vikojen kesto lyhenee. PAS-johdoilla tienvarteen sijoittaminen korostuu, koska niillä puu saattaa nojata johtoon aiheuttamatta heti vikaa. Puun nojautessa PAS-johtoon useita päiviä, johdon päällyste vaurioituu ja syntyy vikoja. Näitä vikoja pystytään estämään kun johtoon nojaava puu nähdään tienvarressa. (Lakervi ja Partanen 2012, 143–146.)



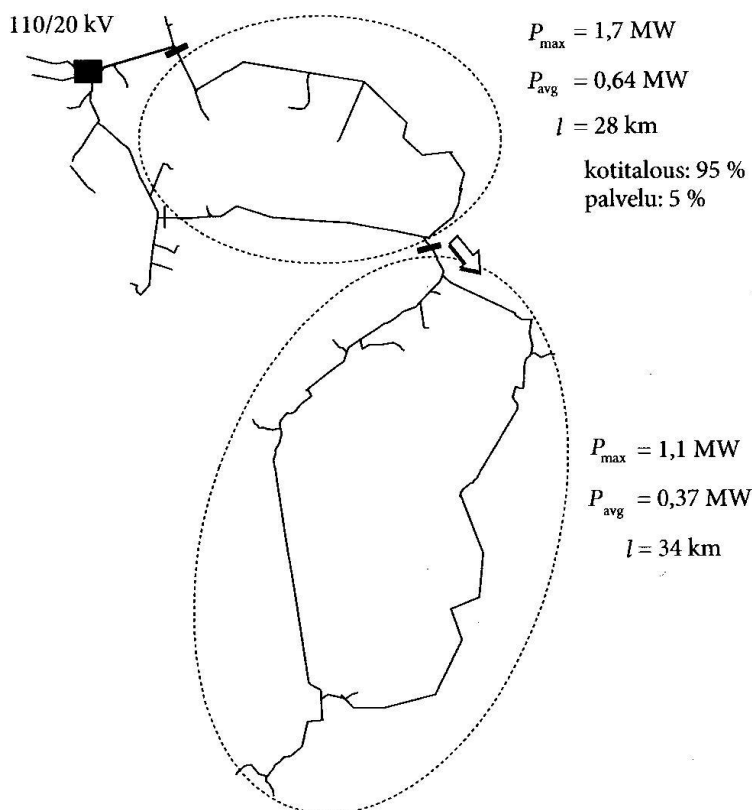
KUVA 4. Kaksois-PAS-johto säävarmalla paikalla (Niemi 2014-10-7.)

Tienvarteen rakentaessa joutuu tekemään kulmia enemmän kuin metsään tai pellolle rakennettaessa. Tämä lisää kustannuksia kulmiin rakennettavien tukirakenteiden takia. Vaikka johdosta tulee mutkaisempi, monesti kokonaispituus ei juuri kasva tienvarteen rakennettaessa, koska kulutuspaikat ovat keskittyneet pääosin teiden varsille. (Lakervi ja Partanen 2012, 144.)

3.3 Maastokatkaisijat

KJ-johdoilla voidaan käyttää maastokatkaisijoita sähköasemalla sijaitsevien katkaisijoiden lisäksi. Maastokatkaisijat parantavat sähkön laatua sähköaseman ja maastokatkaisijan välillä olevilla sähkökäyttäjillä. Tällä alueella vioista aiheutuvien keskeytysten lukumäärä pienenee ja kokonaiskestoaika lyhenee. Tämä johtuu siitä, että maastokatkaisijan takana sattuvat viat eivät näy kyseistä katkaisijaa ennen sijaitsevilla kuluttajilla. Maastokatkaisijalle otollinen sijainti on paikka, missä johtolähden alkuosassa on paljon kulutusta johtopituuteen nähden ja loppuosassa on pitkä ja vikaherkkä johto, mutta vähän kuluttajia. Tällöin maastokatkaisija sijoitetaan tälle välille ja turvataan alkupään suurelle kulutusmäärälle varmempi sähkönsaanti ja vähemmän jälleenkytkentöjä. Kuvassa 5 on esitetty maastokatkaisijalle sopiva sijainti paksulla mustalla poikkiviivalla. Kuvan tapauksessa maasto-

katkaisijan asentamisen jälkeen yläosan verkkoalueen sähkönjakelun varmuus parantunee huomattavasti ja varsinkin jälleenkytkennät vähenevät tuntuvasti. (Lakervi ja Partanen 2012, 152–153.)



KUVA 5. Maastokatkaisijalle sopiva sijainti (Lakervi ja Partanen 2012, 152.)

Maastokatkaisijoita voidaan asentaa pylväisiin, jolloin niitä kutsutaan myös pylväskatkaisijoiksi. Nykyään maastokatkaisijat asennetaan useimmiten metallikoppeihin, jotka muistuttavat ulkoapäin puistomuuntamoita, ja maastokatkaisija voikin olla muuntajan kanssa samassa kopissa. Sallila Sähkönsiirto Oy:llä on käytössä kaksi maastokatkaisijaa, jotka ovat molemmat koppimallisia. Toinen on sijoitettu siten, että se parantaa käyttövarmuutta merkittäväällä vedenottamalla. Toinen katkaisijasta sijaitsee noin kahden kilometrin päässä sähköasemalta, mutta tässä välissä on Metsämaan taajama. Sähköasemalta lähtevä johtolähtö syöttää tämän pienen taajaman ja jatkuu taajaman jälkeen pitkälle maaseudulle. Tämä maastokatkaisija parantaa siis merkittävästi sähkön käyttövarmuutta Metsämaan taajamassa.

3.4 Kauko-ohjattavat erottimet

Kauko-ohjattavia erottimia on paljon käytössä KJ-verkoissa. Sallila Sähkönsiirto Oy:llä on käytössä kauko-ohjattavia erotinasemia 48 kappaletta, joissa on yhteensä hieman yli 100 erotinta. Niillä ei pystytä vaikuttamaan vikojen määrään, mutta niillä pystytään lyhentämään vioista aiheutuvien keskeytysten kestoaikaa suurella osalla kuluttajia. Jälleenkytkennöistä aiheutuviin lyhyisiin keskeytyksiin kauko-ohjattavilla erottimilla ei ole vaikutusta. Vian sattuessa kauko-ohjattavilla erottimilla pystytään nopeasti rajaamaan vian vaikutusalue mahdollisimman pieneksi. Kauko-ohjattavien erottimien avulla pystytään monesti käyttämään verkkoa siten, että sähköttä olevien asiakkaiden lukumäärä pienentyy

nopeasti murto-osaan alkutilanteesta. Rengasverkkoalueella, kuten taajamien maakaapeliverkossa, saatetaan KJ-verkossa sattuva vika pystyä rajaamaan siten, että sähköttä ei jää erottimien käytön jälkeen yhtään asiakasta. Erottimien kauko-ohjaus muodostuu sitä oleellisemmaksi, mitä suurempaa verkkoa hallitaan yhdestä paikasta. Jos korjausmiehistö on nopeasti saatavilla ja erottimelle on lyhyt matka, käsikäyttöisen erottimen käyttäminenkin on melko nopeaa. Kauko-ohjattavia erottimia sijoitetaan tyypillisesti haja-asutusalueelle haaroituspisteisiin. Kuvassa 6 näkyy kauko-ohjattu erotinasema maaseutuverkon haaroituspisteessä Huittisissa. Haja-asutusalueella etäisyydet ovat yleisesti pitkiä ja verkon vikatiheys on monesti runsas. Haaroituspisteeseen sijoitetulla kauko-ohjattavalla erottimella saadaan vian vaikutusalue rajattua hyvin nopeasti vain vikaantuneelle haaralle ja muita haaroja voidaan käyttää normaalisti. (Lakervi ja Partanen 2012, 151–152.)



KUVA 6. Kauko-ohjattava erotinasema (Niemi 2014-10-7.)

3.5 Kunnossapito

Johtokatuja raivaus on tärkeä osa ennakoivaa kunnonhallintaa. Huomattavan suuri osa jälleenkytkennoistä syntyy puiden oksien osuessa jännitteeseen KJ-avojointoon, jolloin syntyy yleensä maasulku, mutta joissain tapauksissa myös oikosulku. Näiden tapausten määrään johtokatuja raivauksella pystytään vaikuttamaan. Johtokatuja raivaus siis parantaa sähkönjakelun luotettavuutta ja käyttövarmuutta. Johtokatuja raivaustarpeen tiheys vaihtelee alueittain, mutta monissa sähköverkkoyhti-

öissä on päätetty, että johtokadut raivataan viiden tai kuuden vuoden välein. Sallila Sähkönsiirto Oy:n jakeluverkossa raivaukset suoritetaan pääosin neljän vuoden välein.

Tärkeitä kunnossapitotoimenpiteitä käyttövarmuuden kannalta ovat myös muun muassa erotinhuollot sekä verkostotarkastukset. Erottimilla on vikatilanteissa suuri merkitys vian vaikutusalueen rajaamisessa ja myös työkohteen jännitteettömäksi tekemisessä. Erottimien huolloilla saadaan laitteille lisää käyttöaikaa ja käyttövarmuutta niitä tarvittaessa. Erityisesti myrskyjen jälkeen olisi tärkeää tarkastaa johtokadut mahdollisimman tarkasti, ettei johtojen päällä tai johtoja kohti ole nojaamassa puita, jotka tulevilla tuulilla ovat herkkiä aiheuttamaan vikoja. Varsinkin PAS-johtojen päälle jää monesti nojaamaan puita, jotka useita päiviä johtoon nojatessaan vaurioittavat johtoa.

4 VERKKOTIETOJÄRJESTELMÄT

4.1 Verkkotietojärjestelmä

Verkon suunnittelussa, käytössä ja tiedonhallinnassa on käytössä erilaisia verkkotietojärjestelmiä. Verkkotietojärjestelmät ovat nykyään karttapohjaisia ja verkon komponentit on piirretty karttapohjan päälle. Verkkotiedot on tallennettu tietokantaan, joka on usean eri sovelluksen käytössä. Verkkotietojärjestelmät sisältävät myös muun muassa asiakas- ja energiatiedot. Myös suunnittelussa verkkotietojärjestelmä on tärkeä työkalu. (Lakervi ja Partanen 2012, 265–268.)

Suomessa yleisimmin käytetyt verkkotietojärjestelmät ovat ABB:n DMS 600 ja Tekla NIS. Sallila Sähkönsiirto Oy:llä on käytössä ABB:n DMS 600 järjestelmä.

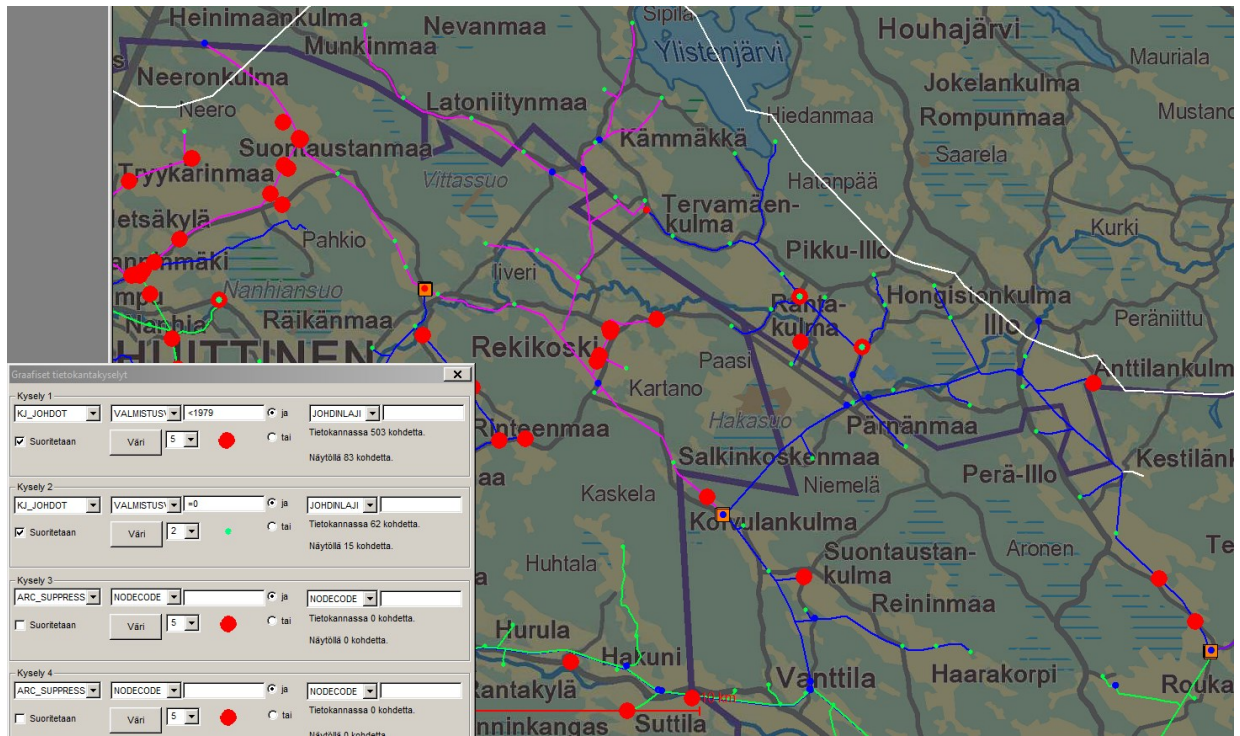
4.1.1 ABB DMS 600

Sallila Sähkönsiirto Oy:llä verkon suunnittelussa käytetään ABB:n DMS 600 Network Editoria, josta käytetään myös nimeä Integra. Verkon käytössä järjestelmänä on ABB:n DMS 600 Work Station, josta käytetään nimeä Opera. Tässä työssä käytetään selvyuden vuoksi näitä vanhoja nimiä Integra ja Opera.

Integra on tämän työn tekemisen kannalta tärkein työkalu. Integralla on helppo tarkastella johtojen ja kuluttajien tietoja karttapohjalta osoittamalla kursorilla. Värikoodien käyttö on käytännöllinen ominaisuus varsinkin PJ-verkon jännitteenalenumien tarkastelussa. Tästä näkyy hyvä esimerkki kuvissa 9 ja 10.

4.1.2 Käytettävät kyselyt

Graafisilla tietokantakyselyillä on helppo ja nopea nähdä muun muassa johtojen kuntoluokkia ja ikiä. Verkon saneerausta suunniteltaessa olemassa olevan verkon ikä on oleellinen asia. Graafinen tietokantakysely merkkaa kartalle kyselyn ehdot täyttävälle verkkokomponenteille merkin, joka on helppo havaita. Verkon saneerauskohteita suunniteltaessa käytettävyydeltään hyvä kysely on merkitä kartalle vanhat johdot, esimerkiksi yli 35 vuotta vanhat johdot. Graafinen tietokantakysely on tehty kuvan 7 verkkokartalle. Punaiset pallot kuvassa 7 merkkavat ennen vuotta 1980 rakennettuja KJ-johtoja. Vihreä pallo punaisen pallon keskellä tarkoittaa KJ-johtoa, jonka valmistusvuosi ei ole tiedossa. Näidenkin johtojen rakennusvuodet tosin löytyvät tietokannasta eri haulla.



KUVA 7. Graafisen tietokantakyselyn tulos, kyselynä yli 35 vuotta vanhat KJ-johdot

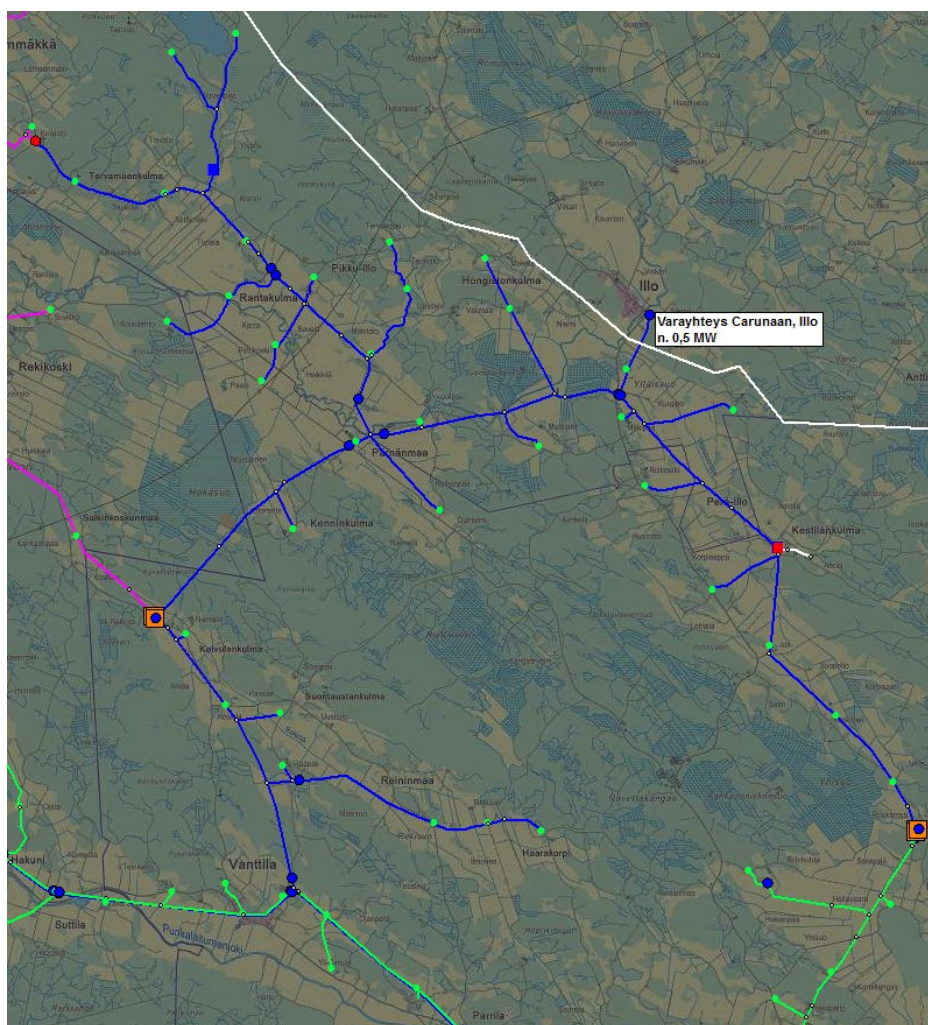
5 VERKON KEHITTÄMISSUUNNITELMA

5.1 Kehittämissuunnitelman johdanto

Tässä luvussa on esitetty suunnittelualueelle lasketut kehittämissuunnitelmat alueittain. Suunnitelman laskentatavat on esitetty ensimmäisessä suunnitelmassa kohdassa 5.2.1. ja seuraavissa suunnitelmissa on käytetty vastaavia laskentamenetelmiä, mutta niitä ei ole esitetty yhtä tarkasti. Myös korkoprosentit ja muut vastaavat kiinteät lukuarvot ovat samoja jokaisessa suunnitelmassa vaikka niitä ei ole erikseen esitetty ja perusteltu.

5.2 Pärnänmaan johtolähtö

Pärnänmaan johtolähtö sijaitsee Sallila Sähkönsiirto Oy:n verkossa pääosin Punkalaitumen kunnan alueella. Johtolähtö lähtee Punkalaitumen sähköasemalta ja jatkuu Ylistenjärvelle asti. Kyseinen johtolähtö näkyy kuvan 8 kartalla sinisellä. Johtolähdön alkuosa on kuvan ulkopuolella, mutta sillä alueella ei ole kulutusta kyseisellä johdolla. Alkuosa johtolähdöstä Punkalaitumen sähköasemalta Vanttilan kylään asti on vuonna 2003 rakennettua PAS-johtoa, joten sitä ei ole kannattavaa saneerata. Tämä PAS-johto on rakennettu pääosin pelloille, mutta matkalla on lyhyitä metsäsaarekkeita, joten täysin säävarma se johto-osa ei kuitenkaan ole.



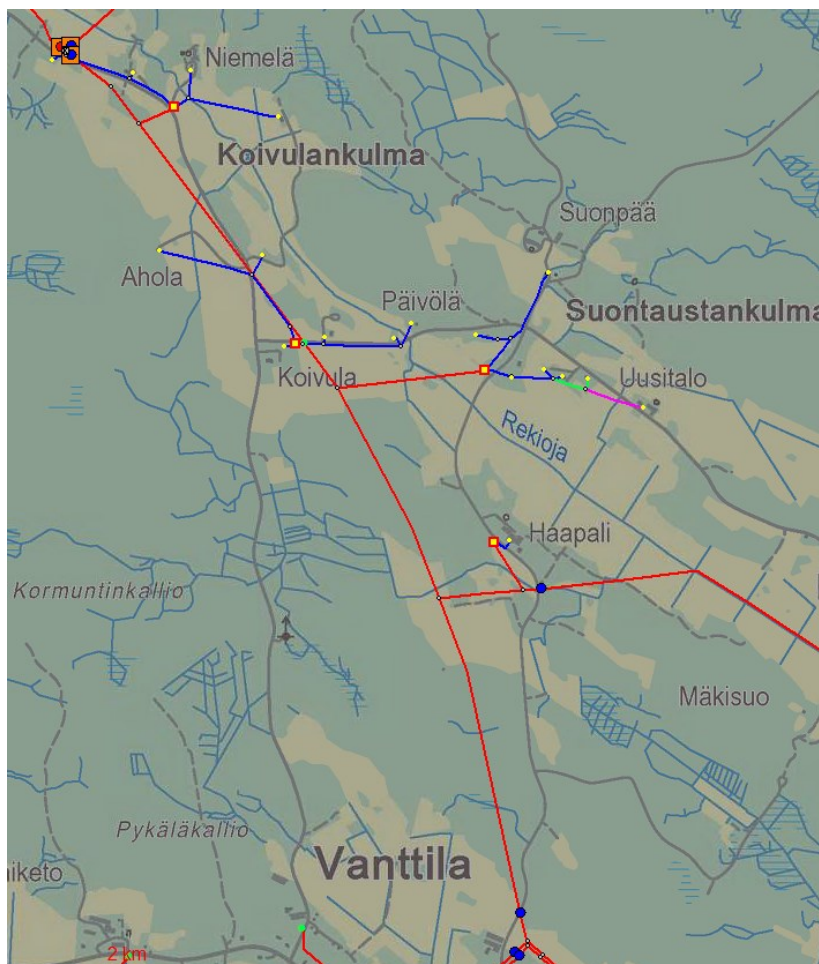
KUVA 8. Pärnänmaan johtolähtö, KJ-verkko

Kuvan 8 kartalla näkyvät siniset pallot ovat käsin ohjattavia erottimia ja oranssit neliöt ovat kauko-ohjattavia erottimia. Kartalla pienet vihreät pallot ovat jakelumuuntamoita. Selvyyden vuoksi PJ-verkko ei ole näkyvillä tällä kartalla.

Tietokannoista haettuna vuonna 2013 Pärnänmaan johtolähdön todellinen KAH-kustannus oli 43 315 euroa, josta noin 42 000 euroa oli KJ-vikojen aiheuttamaa haittaa. Tästä 32 932 euroa muodostui Seija-myrskyn seurauksena. Johtolähdöllä sattui vuonna 2013 yhteensä 26 PJK:ta, joka on Sallila Sähkönsiirto Oy:n muihin johtolähtöihin verrattessa melko paljon. Pärnänmaan johtolähdön PJK:iden määrä oletettavasti on jo laskenut, koska Punkalaitumen sähköasemalle on jo asennettu maasulun kompensointilaitteisto. Vuonna 2014 oli 12.11. mennessä sattunut 10 PJK:ta kyseisellä johtolähdöllä.

5.2.1 Rekisuontie-Koivulan erotinasema

Tarkastellaan Vanttilan kylään tulevan uuden PAS-johdon ja Koivulan kauko-ohjattavan erotinaseman välistä verkkoa. Kyseessä on runkojohto, jonka läpimenevä huipputeho on alkupäässä Integran mukaan 765 kW. Kuvan 9 kartassa näkyy tämä johto-osuus, sekä sen PJ-verkko. Karttakuvan oikeasta laidasta ulos Reininmaahan lähtevä johto on vuonna 2007 rakennettu avojohto. Tämän johdon huipputeho on Integran mukaan 45 kW. Tätä johtoa ei ole kannattavaa vielä uusia nuoruutensa takia. Tämän johdon lyhyt metsämatka täytyy kuitenkin pitää hyvin raivattuna.



KUVA 9. Nykyverkko välillä Rekisuontie-Koivulan erotinasema

Tietokannan perusteella suunnitelman johtoalueen alkupäässä sijaitsevan Vanntilan erottimen ja loppupäässä sijaitsevan Koivulan kauko-ohjattavan erotinaseman välillä oleville kuluttajille tunnin jakelukeskeytyksen KAH-arvo on noin 410 euroa. Tässä on oletettu kuluttajatyypin olevan keskimääräisiä. Taulukossa 4 on esitetty vuoden 2013 jakelukeskeytysten yhteenlaskettu kesto ja KAH-arvot muuntopiireittäin tällä johto-osuudella.

TAULUKKO 4. Jakelukeskeytysten yhteenlaskettu kesto ja KAH-arvo muuntopiireittäin vuonna 2013

Muuntopiiri	Keskeytysaika (h)	KAH (€) / 2013
SALL1223	7,77	294,02 €
SALL0464	7,77	1 297,17 €
SALL0199	7,77	201,43 €
SALL0855	7,77	165,23 €
SALL0200	8,5	732,58 €
SALL0422	8,5	279,78 €
SALL1330	8,5	353,55 €
	Yhteensä:	3 323,76 €

Vuoden 2013 keskeytysaikoihin Seija-myrskyn vaikutus on kyseisillä taulukon 4 muuntopiireillä noin 6,7 tuntia.

Johdon saneerauksella saavutetaan parempi käyttövarmuus myös erotinvälin ulkopuolella oleville, varsinkin saman johtolähdön asiakkaille. Johtoväli on renkaan osa sekä syöttö kauko-ohjattavalle erottimelle. Tällä seudulla on monia renkaita, joten hyvällä erottimien käytöllä voidaan saada vikatilanteissa vian vaikutusalue rajattua tehokkaasti. Tällaisella alueella, jossa on paljon erilaisia renkaita, syöttö kauko-ohjattavalle erottimelle on tärkeää olla säävarma. Kyseinen investointi parantaa huomattavasti tätä tilannetta.

Käytetään keskeytyskustannusten laskennassa Partasen luentomateriaalista saatua kaavaa 1:

$$\text{Keskeytyskustannus} = \text{KAH} * \text{Keskiteho} + \text{KAH} * \text{Keskeytysaika} * \text{Keskiteho} \quad (1)$$

Suurhäiriötilanteessa KJ-verkossa esiintyy keskimäärin 1,0 vikaa sääaltista johtokilometriä kohden (Partanen 2013b). Johto-osalta poistuisi investoinnin vaikutuksesta noin 2,2 km sääaltista verkkoa, joten se tarkoittaisi keskimäärin 2,2 vikaa suurhäiriössä. Viankorjaus kestää keskimäärin kuusi työtuntia vikaa kohden, joten johto-osalla se tarkoittaisi 13,2 työtuntia (Partanen 2013b). Neljän työntekijän työpanoksella viankorjaus kestäisi siten 3,3 tuntia. Lasketaan vikakeskeytyskustannusten säästö kaavan 1 mukaan, olettaen kulutustyyppit keskimääräisiksi. Johto-osan teho on 756 kW, joten johto-osan vikakeskeytyskustannusten säästö suurhäiriössä olisi:

$$1,1 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} * 756 \text{ kW} + 11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} * (3,3 \text{ h} * 756 \text{ kW}) = 28 274,4 \text{ €} \quad (1)$$

PJ-verkosta sääalttiista säävarmaksu muuttuu noin 0,56 km. Näiden johtojen keskiteho on noin 14,7 kW. PJ-verkossa sattuu suurhäiriötilanteessa keskimäärin 1,2 vikaa sääalttiista johtokilometriä kohden (Partanen 2013b). Investoinnilla poistuisi siis suurhäiriötilanteessa keskimäärin 0,67 vikaa. Viankorjaus kestää saman verran kuin KJ-verkossa, joten viankorjaukseen kuluu 4,0 työtuntia, joka neljän hengen työpanoksella tarkoittaa tunnin jakelukeskeytystä. PJ-verkossa investoinnilla saavutettu viakeskeytyskustannusten säästö suurhäiriössä olisi:

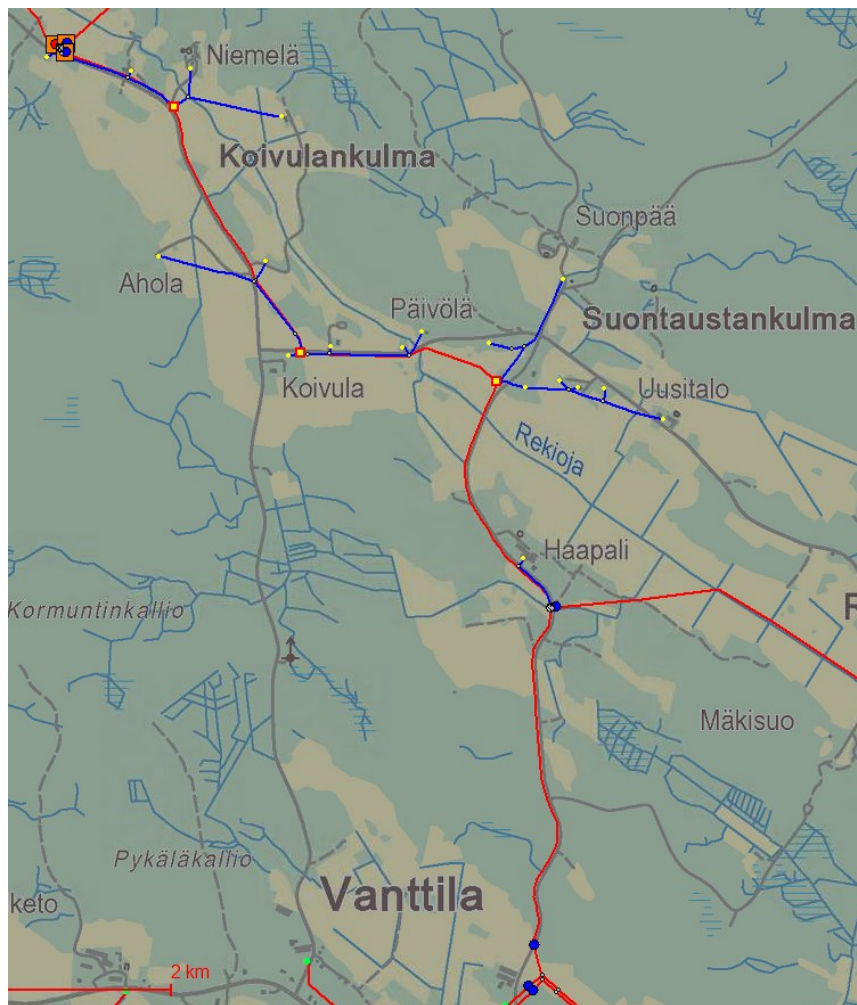
$$1,1 \frac{\text{€}}{\text{kW}} * 14,7 \text{ kW} + 11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} * (1,0 \text{ h} * 14,7 \text{ kW}) = 177,87 \text{ €} \quad (1)$$

Käsiteltävä johto-osuus koostuu KJ-verkon osalta kokonaan avojohdoista. Johto-osasta 3,8 km on Ravenia, jonka keski-ikä on 32,4 vuotta ja 1,1 km on Sparrowia, jonka keski-ikä on 31,0 vuotta. KJ-avojohdoille laskettu tekninen käyttöikä on 45 vuotta, joten näillä johdoilla on käyttöarvostaan vielä lähes kolmasosa jäljellä. KJ-verkkoa tällä johto-osalla on siis yhteensä noin viisi kilometriä ja tästä noin 2,2 kilometriä on metsässä.

Säävarmuuden paraneminen kyseisellä johtolähdöllä saavutetaan maakaapeloinnilla. Maakaapelointi kannattanee aloittaa Vanntilan kylässä sijaitsevalta erottimelta ja kaapeloida tien reunaa pitkin. Kyseisellä alueella ei ole sellaista muuntamoväliä, että johtokadun saisi koko matkalta tienvarteen avoimelle alueelle. Sallila Sähkösiirto Oy:n käytäntöjen mukaan ilmajohtoja rakennetaan ainoastaan tienvarteen avoimelle alueelle ja metsäalueilla maakaapeloidaan. Jos tie menee osittain metsässä ja osittain avoimella alueella, ei kannata pylväspäätteiden kalliin hinnan takia vaihdella kaapelin ja ilmajohtojen välillä.

Alueen muuntamot vaihdetaan puistomuuntamoiksi kaapeloinnin yhteydessä. Muuntajakoneista kaksi on vanhempaa kuin niiden tekninen käyttöikä, joka on 40 vuotta, joten ne vaihdetaan uusiin. Myös 36 vuotta käytössä ollut muuntajakone vaihdetaan uuteen. Yksi muuntajista on 21 vuotta vanha, joten sen käyttöä voidaan vielä jatkaa uudessa puistomuuntamossa.

PJ-verkkoon tehdään muutoksia jokaiselle muuntopiirille. Alueen eteläisimmällä muuntopiirillä muuntajan paikkaa siirretään vanhan linjan alle, jotta säästetään KJ-maakaapelia. Näin saadaan itään menevä haara liitettyä lyhyellä maakaapelilla muuntamolle. PJ-verkosta sääalttiita ilmajohtoja poistuu kaikista muuntopiireistä yhteensä noin 0,56 km. Suunnitelman uudet johtoreitit näkyvät kuvassa 10 sekä KJ- että PJ-verkon osalta.



KUVA 10. Suunniteltu verkko välillä Rekisuontie-Koivulan erotinasema

Kustannukset investoinnille pystytään laskemaan Integrasta saatavan suunnitelman perustietolistauksen ja energiaviraston yksikkö hinnaston avulla. Taulukossa 5 on esillä Integran antama suunnitelman kustannuslaskentaan tarvittava listaus.

TAULUKKO 5. Integran suunnitelman perustietojen listaus

UUDET KJ-JOHDOT	
AHXW185	4343 m
kustannukset	217150 €
KJ-JOHDINVAIHDOT	
AHXW120	3 m
kustannukset	135 €
UUDET PJ-JOHDOT	
AX50	236 m
AX95	309 m
kustannukset	5596 €
PJ-JOHDINVAIHDOT	
AX50	615 m
AX95	566 m
kustannukset	11712 €

Taulukon 5 tietojen perusteella voidaan tehdä taulukkolaskenta kustannuksista, johon syötetään energiaviraston yksikköhinnaston mukaiset kustannukset. Olemassa olevan verkon ikätiedot taulukon on haettu Integragrasta. Taulukkoon 6 NKA on laskettu kaavalla 2 (Partanen 2013b).

$$NKA = JHA * \left(1 - \frac{Ikä}{Tekninen\ käyttöaika}\right) \quad (2)$$

TAULUKKO 6. Johto-osuuden kustannukset

Tyyppi	JHA (€/ km/kpl)	NKA (€/ km/kpl)	Käyttöaika (a)	Keski-ikä (a)	Poist. (km/kpl)	Rakenn. (km/kpl)	Poist. NKA	Rakennushinta
1-pylväsmuuntamo	5 040,00 €	2 394,00 €	40	21	1		2 394,00 €	- €
2-pylväsmuuntamo	6 700,00 €	502,50 €	40	37	3		1 507,50 €	- €
Puistomuuntamo	24 540,00 €	24 540,00 €	40			1	- €	24 540,00 €
Kevyt puistomuuntamo	9 170,00 €	9 170,00 €	40			3	- €	27 510,00 €
Muuntaja 50 kVA	3 430,00 €	343,00 €	40	36	1	1	343,00 €	3 430,00 €
Muuntaja 100-160 kVA	4 920,00 €	0,00 €	40	40	2	2	- €	9 840,00 €
20 kV ilmajohto (Raven)	24 610,00 €	6 892,92 €	45	32,40	3,817		26 310,28 €	- €
20 kV ilmajohto (Sparrow)	20 760,00 €	6 439,26 €	45	31,04	1,141		7 347,19 €	- €
20 kV maakaapelit 185	37 940,00 €	37 940,00 €	45			4,065	- €	154 226,10 €
Kojeistopääte	1 260,00 €	1 260,00 €	45			9	- €	11 340,00 €
Pylväspääte	2 370,00 €	2 370,00 €	45			3	- €	7 110,00 €
0,4 kV ilmajohto 16-25	15 480,00 €	7 353,00 €	40	21	0,372		2 735,32 €	- €
0,4 kV ilmajohto 35-50	16 710,00 €	6 879,65 €	40	23,53	1,04		7 154,84 €	- €
0,4 kV maakaapelit 35-50	8 970,00 €	4 784,00 €	45	21	0,09	0,851	430,56 €	7 633,47 €
0,4 kV maakaapelit 95-120	12 890,00 €	12 890,00 €	45			0,803	- €	10 350,67 €
Johtoerotin, kevyt	3 530,00 €	1 765,00 €	30	15	1	4	1 765,00 €	14 120,00 €
Kaapeliojan kaivu	9 780,00 €					4,476		43 775,28 €
						Yhteensä	49 987,69 €	313 875,52 €

Investoinnin kokonaiskustannusarvio on taulukon 6 mukaisesti noin 314 000 euroa. Vanhaa verkkoa, jolla olisi vielä NKA:a jäljellä noin 50 000 euroa, joudutaan siis poistamaan käytöstä ennen aikaisesti. Investointi siis muuttuu koko ajan kannattavammaksi, koska olemassa olevan verkon NKA laskee vuosittain.

Kunnossapito maksaa maakaapelin osalta 200 €/km vuodessa ja ilmajohtojen osalta 400 €/km vuodessa (Partanen 2013b). Kunnossapitosäästöjä muodostuu siis koko johto-osuudella saneerauksen ansiosta noin 1400 euroa vuosittain. Koko käyttöaikana kuluvien kunnossapitosäästöjen laskennassa käytetään kaavan 3 diskonttauskerrointa α^t (ABB 2000, 10).

$$\alpha^t = \left(1 + \frac{\rho}{100}\right)^t \quad (3)$$

jossa ρ = korkoprosentti

t = aika

Vuosittain kuluvia kuluja laskettaessa käytetään koron arvona 2,00 %, koska inflaation suuruus on 2000-luvulla vaihdellut lähellä tätä arvoa (Suomen virallinen tilasto 2014).

Nykyarvoon diskontattuna 45 vuoden käyttöaikana kunnossapitosäästöjä syntyy noin 42 000 euroa.

Kaapelointiasteen kasvaessa syntyy KAH-säästöjä. KAH-kustannukset pienenevät KJ-verkossa 0,7 % jokaista kaapelointiprosenttia kohden (Partanen 2013b). Investoinnin vaikutuksesta kaapelointiprosentti kasvaa noin 0,28 %. KJ-verkon KAH-kustannukset vuodessa ovat 580 000 euroa. Tästä johtu-

en KAH-kustannuksista syntyy säästöä noin 1 100 euroa vuosittain. Kaavan 3 diskonttauksen huomioon ottaen KAH-säästöä syntyy KJ-verkon osalta investoinnin vaikutuksesta koko 45 vuoden käyttöaikana nykyarvoon diskontattuna 33 000 euroa.

Integra laskee verkon häviöenergiaa. Kyseisellä johtolähdöllä häviöenergia vuodessa on nykyverkoissa 11,9 MWh kun se olisi saneeratussa verkossa 9,7 MWh. Häviöenergia oletetaan maksavan 50 €/MWh, ja kun häviöt vähenevät vuosittain 2,2 MWh, häviösäästöjä syntyy vuosittain 110 euroa investoinnin vaikutuksesta. Koko verkon käyttöaikana tämä tarkoittaa nykyarvoon diskontattuna 3 200 euron säästöä.

Säästöjä kertyy siis KAH-säästöistä, kunnossapitosäästöistä ja häviösäästöistä yhteenlaskettuna nykyarvoon diskontattuna noin 78 000 euroa.

Energiaviraston kohtuullisen pääoman tuottoprosentin avulla lasketaan investoinnin vuosituohto. Investoinnin suuruus on noin 314 000 euroa. Kohtuullinen pääoman tuotto on vuonna 2014 määritetty 3,03 % suuruiseksi. Oletetaan, että tuottoprosentti jatkuu samansuuruisena. Koko käyttäjän tuottoa laskettaessa otetaan huomioon NKA vuosittain kaavan 2 mukaan ja diskonttaus kaavan 3 mukaan. Koko käyttäjän tuotoksi saadaan nykyarvoon diskontattuna noin 164 000 euroa.

Vanhasta verkosta jää tuloja saamatta, koska sitä joudutaan purkamaan ennen sen teknisen käyttötien loppua. Lasketaan saamatta jäänyt tuotto 3,03 % vuotuisella pääoman tuotolla ja käyttäen inflaatiokorkona 2,00 %, kuten muissakin laskuissa. Näin saadaan nykyarvoon diskontattuna, että kyseinen vanha verkko olisi tuottanut vielä noin 10 000 euroa.

Investoinnin kannattavuus on näiden tietojen pohjalta laskettu taulukkoon 7.

TAULUKKO 7. Investoinnin kannattavuus

Investointikustannukset	-313 875,52 €
Saamatta jäänyt tuotto	-10 039,82 €
Tuotto	163 894,69 €
KAH-säästöt	32 598,97 €
Kunn.pito säästöt	41 940,91 €
Häviösäästöt	3 243,92 €
Kannattavuus	-82 236,85 €

Investointi jää siis taulukon 7 mukaan koko 45 vuoden käyttöajalta noin 82 000 euroa tappiolliseksi. Tähän ei kuitenkaan ole huomioitu PJ-verkon maakaapeloinnista aiheutuneita KAH-säästöjä. Myös pylväsmuuntamoiden uusimisesta puistomuuntamoiksi syntyy KAH-säästöjä, joita ei ole huomioitu. Näiden lisäksi Koivulan kauko-ohjattavan erotinaseman käyttövarmuus paranee huomattavasti tällä investoinnilla. Lisäksi parannettavalla johtoalueella on kolmella PJ-asiakkaalla oikosulkuvirrat suositusta pienempiä. Tämä tilanne paransi investoinnin vaikutuksesta.

Verkkoon investointi harvoin muodostuu taloudellisesti kannattavaksi laskentojen mukaan. Verkkoa on kuitenkin parannettava ja siihen on Sallila Sähkönsiirto Oy:llä budjetoitu vuosittain rahaa. Asiakaiden sähkön laadun parantaminen PJ-verkossa ei myöskään muodostu jakeluverkkoyhtiön talouden kannalta kannattavaksi. Tärkeä huomion kohde verkkoa parannettaessa on pyrkiä minimoimaan vanhan verkon saamatta jäänyt tuotto.

Kokonaisuus huomioon ottaen investointi vaikuttaa siis melko järkevältä toteuttaa. Investointi muuttuu joka vuosi kannattavammaksi, koska olemassa olevan verkon NKA pienenee joka vuosi. Taulukkoon 8 on laskettu investoinnin kannattavuus samalla tavalla kuin laskettiin taulukkoon 7, jos se suoritetaan viiden vuoden kuluttua. Inflaation vaikutusta ei ole huomioitu, koska se vaikuttaisi sekä kustannuksiin, että tuottoihin.

TAULUKKO 8. Investoinnin kannattavuus viiden vuoden kuluttua

Investointikustannukset	-313 875,52 €
Saamatta jäänyt tuotto	-4 436,87 €
Tuotto	163 894,69 €
KAH-säästöt	32 598,97 €
Kunn.pito säästöt	41 940,91 €
Häviösäästöt	3 243,92 €
Kannattavuus	-76 633,91 €

Investointi on viiden vuoden kuluttua noin 5 600 euroa kannattavampi kuin tällä hetkellä. Tämä johtuu poistettavan verkon saamatta jääneen tuoton pienenemisestä. Investointia ei kannata kuitenkaan siirtää liikaa, sillä vanhan verkon kunnossapito maksaa enemmän kuin uusitun verkon. Kunnossapito maksaa vanhalla verkolla keskimäärin 7 100 euroa enemmän kuin uusitulla verkolla viiden vuoden aikana. KAH-kustannuksia viiden vuoden käytössä kertyy vanhalla verkolla noin 5 700 euroa enemmän kuin investoidulla verkolla. Laskennan pohjalta näyttää siis siltä, että viiden vuoden aikana saavutetaan enemmän säästöjä kunnossapito- ja KAH-kustannuksissa kuin mitä voitettaisiin käyttämällä vanhaa verkkoa.

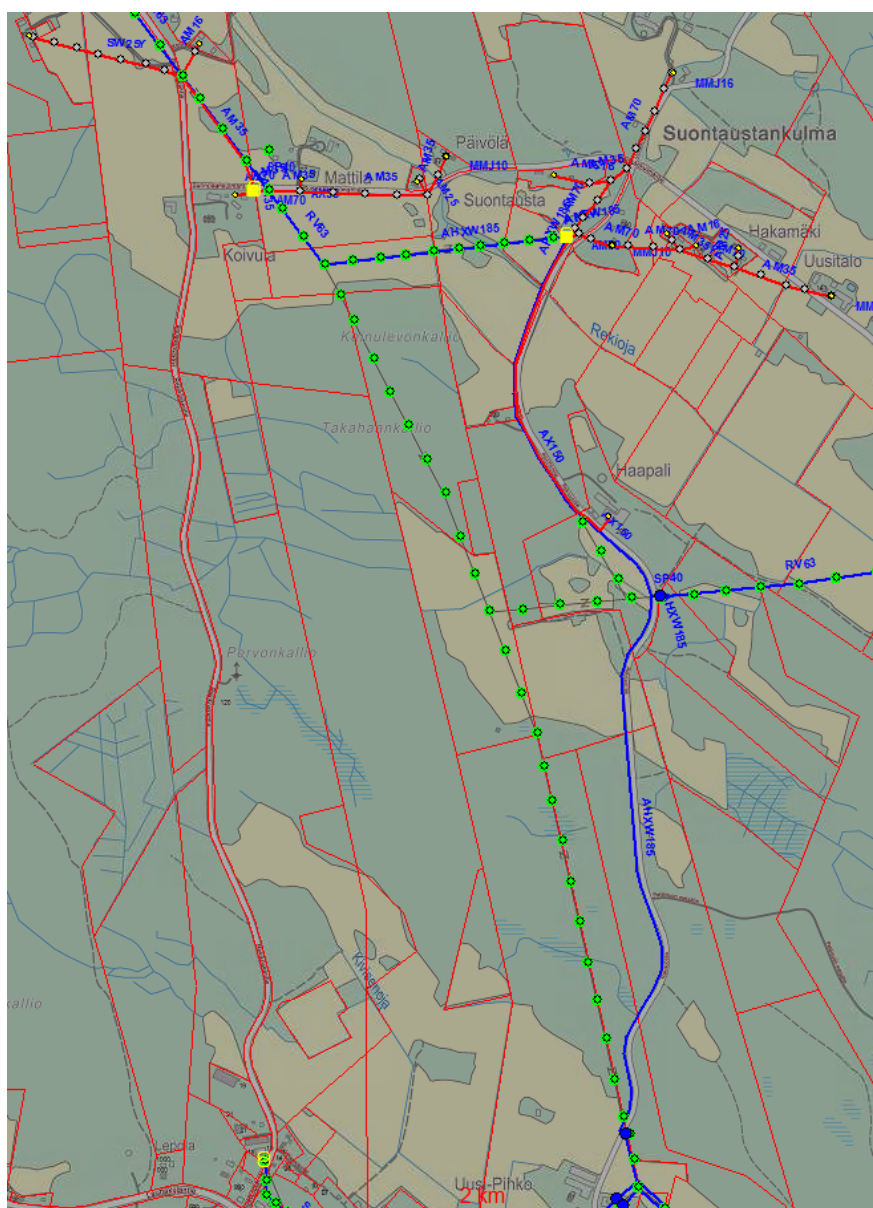
Kyseinen investointi kannattanee ajoittaa siten, että vanhan verkon kunnossapidosta, kuten raivauksesta, syntyy mahdollisimman vähän kuluja ennen sen purkamista. Jos verkko on siis vasta raivattu ja muutenkin hyvässä kunnossa, noin viiden vuoden kuluttua ennen seuraavaa raivausta voisi olla kannattavaa suorittaa tämä investointi.

Integran oikosulkulaskentalistauksen mukaan verkon oikosulkusuojaus toimii hyvin sellaisenaan verkkoon tehtävien muutosten jälkeen, kuten se toimi myös ennen muutoksia. Maasulkulaskentalistauksen mukaan johtolähdön maadoituksissa on puutteita ennen muutosta. Tämä tilanne ei kuitenkaan todellisuudessa ole näin, koska sähköasemilla on jo otettu käyttöön maasulun sammutus, jota Integran laskentalistaus ei huomioi. Kaapeloinnin lisäys kasvattaa maasulkuvirtoja ja tästä johtuen Integran mukaiset puutteet maadoituksissa pahenevat ja laskentalistaukseen lisääntyy johtolähtöjen määrä, joissa on puutteita maadoituksessa. Kaapeloinnin lisäämisen johdosta sähköasemalla maasu-

lun sammutuksen tarve korostuu. Ilman maasulun sammutusta kaapeloinnin lisääntyessä maadoituksia jouduttaisiin parantamaan kohtuuttoman paljon.

5.2.2 Reininmaa

Kyseessä on toinen vaihtoehto kohdassa 5.2.1 esitetylle Pärnänmaan johtolähdön kehittämissuunnitelmalle. Tämä suunnitelma toteutuessaan poistaa noin 1,77 km sääältistä ja noin 1,4 km avoimen alueen KJ-ilmajohtoa. Suunnitelman mukaan poistuu myös kaksi pylväsmuuntamoaa, joista toinen on käyttökänsä lopussa ja toinen on 21 vuotta vanha. Nämä pystytään korvaamaan yhdellä puistomuuntamolla asentamalla muuntamoiden välille KJ-maakaapelin kanssa samaan ojaan noin 780 metriä pitkä PJ-maakaapeli. Kuvassa 11 on esitetty tämän suunnitelman johtoreitit.



KUVA 11. Reininmaan vaihtoehtoisen investoinnin johtoreitit

Kuvia 10 ja 11 verratessa näkee, että KJ-maakaapeli asennetaan suunnitelman eteläosasta samalla tavalla tien laitaan Suontaustankulmassa sijaitsevalle muuntamolle asti kuin kohdan 5.2.1 suunnitelmassa. Kuvan 11 suunnitelmassa tältä muuntamolta kaapeloidaan vanhan ilmajohtoon johtokatu

pitkin olemassa olevalle runkojohdolle asti ja kaapelointi lopetetaan siihen. Tästä saadaan säästöä kohdassa 5.2.1 esitettyyn suunnitelmaan verrattuna. Suunnitelman kustannukset on esitetty taulukossa 9.

TAULUKKO 9. Kustannukset Reininmaan investoinnille

Tyyppi	JHA (€/ km/kpl)	NKA (€/ km/kpl)	Käyttöaika (a)	Keski-ikä (a)	Poist. (km/kpl)	Rakenn. (km/kpl)	Poist. NKA	Rakennushinta
1-pylväsmuuntamo	5 040,00 €	2 394,00 €	40	21	1		2 394,00 €	- €
2-pylväsmuuntamo	6 700,00 €	0,00 €	40	40	1		- €	- €
Puistomuuntamo	24 540,00 €	24 540,00 €	40			1	- €	24 540,00 €
Muuntaja 50 kVA	3 430,00 €	1 629,25 €	40	21	1		1 629,25 €	- €
Muuntaja 100-160 kVA	4 920,00 €	0,00 €	40	40	1	1	- €	4 920,00 €
20 kV ilmajohto (Raven)	24 610,00 €	7 109,56 €	45	32,00	2,071		14 723,89 €	- €
20 kV ilmajohto (Sparrow)	20 760,00 €	6 349,63 €	45	31,24	1,117		7 092,54 €	- €
20 kV maakaapelit 185	37 940,00 €	37 940,00 €	45			2,731	- €	103 614,14 €
Kojeistopääte	1 260,00 €	1 260,00 €	45			2	- €	2 520,00 €
Pylväspääte	2 370,00 €	2 370,00 €	45			4	- €	9 480,00 €
0,4 kV maakaapelit 35-50	8 970,00 €	4 784,00 €	45	21	0,09		430,56 €	- €
0,4 kV maakaapelit 150	19 850,00 €	19 850,00 €	45			0,777	- €	15 423,45 €
Johtoerotin, kevyt	3 530,00 €	0,00 €	30	30	1	2	- €	7 060,00 €
Kaapeliojan kaivuu	9 780,00 €					2,764		27 031,92 €
						Yhteensä	26 270,24 €	194 589,51 €

Taulukossa 9 esitettyä investointia halvempi tapa rakentaa olisi säilyttää 21 vuotta vanha 1-pylväsmuuntamo, joka sijaitsee kuvan 11 kartan keskivaiheilla. Tähän tarvitsisi rakentaa vain kaksi kappaletta pylväspäätteitä, jotka maksavat yhteensä 4 740 euroa. Taulukossa 9 esitetyistä kustannuksista poistuisi 777 metriä pitkä PJ-maakaapeli kokonaan, joka maksaa yli 15 000 euroa. Kunnossapidon ja käyttövarmuuden kannalta kuitenkin pylväsmuuntamon poisto ja maakaapelin rakentaminen on kannattavampaa. Näiden vaihtoehtojen kannattavuuksia on verrattu taulukoissa 10 ja 11, siten, että taulukon 11 laskuissa on käytetty muuntamon säilyttämistä. Näihin laskelmiin ei ole kuitenkaan otettu huomioon muuntamoiden KAH-säästöjä eikä kunnossapitosäästöjä. Kuvan 11 kartan vasemmassa laidassa näkyvälle muuntopiirille ei tehdä muutoksia. Tällä muuntamolla koko muuntopiirin huipputeho on Integran mukaan 8 kW ja osalla kulutuspeisteistä ei ole ollenkaan sähkönkulutusta. Tämäkin muuntamo sekä muuntaja ovat jo olleet käytössä koko teknisen käyttöikänsä, joten ne voisi saneerata, jos alueella on tulevaisuudessa ennakoitavissa sähkönkulutusta.

TAULUKKO 10. Kannattavuus Reininmaan vaihtoehtoiselle suunnitelmalle

Investointikustannukset	-194 589,51 €
Saamatta jäänyt tuotto	-5 471,58 €
Tuotto	101 607,76 €
KAH-säästöt	21 901,06 €
Kunn.pito säästöt	17 446,38 €
Häviösäästöt	2 064,31 €
Kannattavuus	-57 041,58 €

TAULUKKO 11. Kannattavuus suunnitelmalle, jos muuntamo jätetään käyttöön

Investointikustannukset	-183 583,32 €
Saamatta jäänyt tuotto	-4 267,79 €
Tuotto	95 860,71 €
KAH-säästöt	21 901,06 €
Kunn.pito säästöt	21 498,33 €
Häviösäästöt	2 064,31 €
Kannattavuus	-46 526,70 €

Kyseinen tapaus voidaan myös toteuttaa rakentamalla kevyt puistomuuntamo vanhan pylväsmuuntamon paikalle. Tämän ratkaisun kannattavuuslaskennan tulokset on esitetty taulukossa 12.

TAULUKKO 12. Kannattavuus suunnitelmalle rakennettaessa kevyt puistomuuntamo

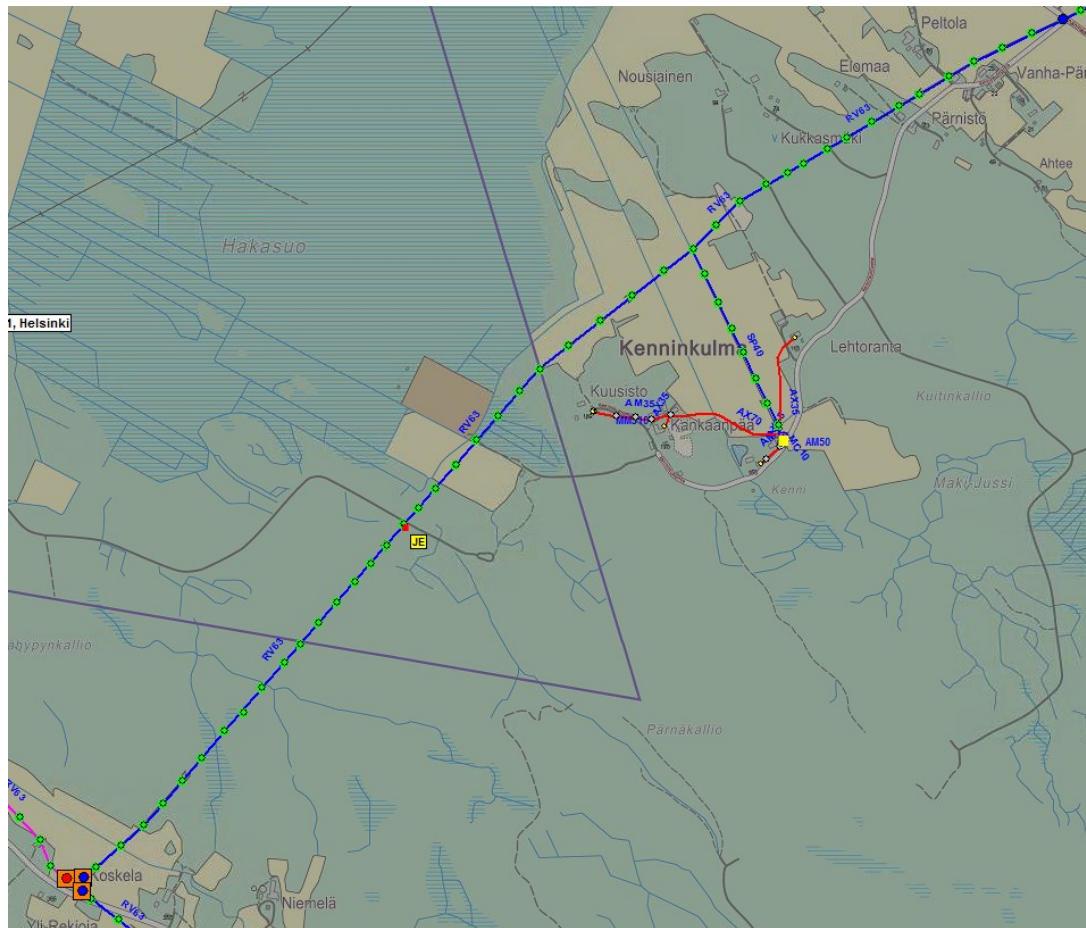
Investointikustannukset	-192 753,32 €
Saamatta jäänyt tuotto	-4 901,84 €
Tuotto	100 648,96 €
KAH-säästöt	21 901,06 €
Kunn.pito säästöt	21 498,33 €
Häviösäästöt	2 064,31 €
Kannattavuus	-51 542,50 €

Kokonaisuutena kannattavimmalta vaihtoehdolta tähän tilanteeseen vaikuttaa kevyen puistomuuntamon rakentaminen olemassa olevan pylväsmuuntamon paikalle ja käyttää vanhaa muuntajaa uudessa muuntamossa. Näin saavutetaan hyvä säävarmuus mahdollisimman edullisilla kustannuksilla.

Reininmaan vaihtoehdoisella investoinnilla poistuu yli 80 % sääalttiista KJ-johdoista, jotka poistuisivat kohdassa 5.2.1 käsitellyn investoinnin seurauksena. Tämä vaihtoehtoinen investointi maksaa kuitenkin vain noin 60 % kohdan alkuperäiseen investointisuunnitelmaan verrattuna. Saamatta jäävästä tuotosta syntyvää tappiota kertyy tällä investoinnilla hieman alle puolet siitä, mitä sitä kertyisi suorittamalla alkuperäinen investointisuunnitelma.

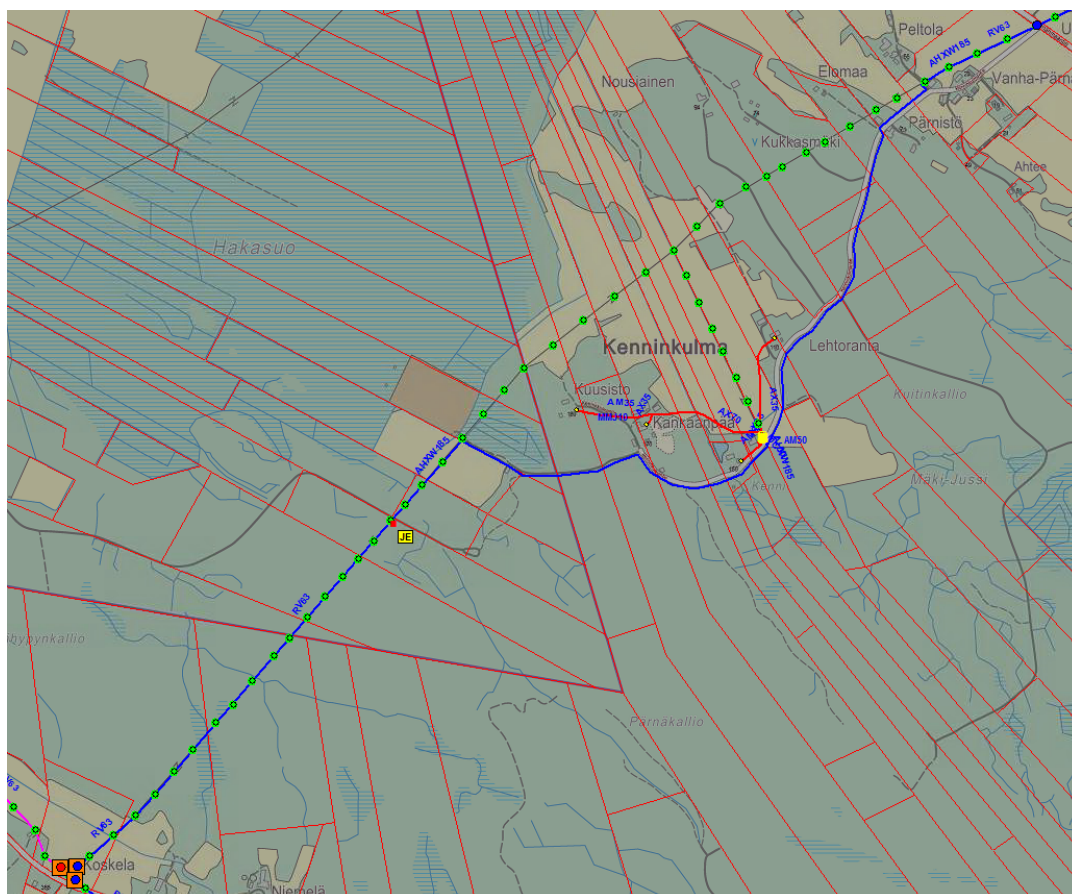
5.2.3 Koivulan erotinasema-Pärnänmaa

Johto-osuus Koivulan erotinasemalta Pärnänmaahan on rakennettu vuonna 1996 ja se on sijoitettu valtaosin metsään. Kyseisen johto-osan metsäisillä osuuksilla ei monin paikoin ole teitä lähellä, joista olisi apua vikatilanteessa. Sääalttiin metsäosuuden pituus tällä johto-osalla on noin 1,8 km, joka on Pärnänmaan johtolähdön pisin yksittäinen metsäosuus. Tämän KJ-avojohdon säävarmuus on siis heikko, mutta sillä on teknistä käyttöikää vielä jäljellä runsaasti. Säävarmuuden parantamisen takia tälle johto-osalle on tehtävä muutoksia, mutta taloudellisesti se ei ole kannattavaa johto-osan nuorena iän takia. Kuvan 12 kartalla näkyy alueen nykyverkko.



KUVA 12. Nykyverkko Koivulan erotinaseman ja Pärnänmaan välillä

Saneeraus tehdään maakaapelilla, joka on tässä tapauksessa käytännössä ainoa vaihtoehto metsäosuuksien takia. Koivulan erotinaseman puoleisesta päästä kaapeli sijoitetaan nykyisen avojohdon johtokadulle ja Pärnänmaan puoleisesta päästä tienvarteen. Kuvan 13 kartalla on esitetty suunnitelma johto-osan tulevasta verkosta. PJ-verkkojen saneeraukselle ei ole tarvetta tällä alueella.



KUVA 13. Koivulan erotinaseman ja Pärnänmaan välille suunniteltu verkko

Taulukkoon 13 on laskettu suunnitelman toteuttamisesta syntyvät kustannukset. Muuntamon saneeraus toteutetaan ilman erottimia olevalla kevyellä puistomuuntamolla, koska johto-osan molemmissa päissä on erottimet ja niiden välissä on vain tämä yksi muuntamo.

TAULUKKO 13. Koivulan erotinaseman ja Pärnänmaan välisen suunnitelman kustannukset

Tyyppi	JHA (€/ km/kpl)	NKA (€/ km/kpl)	Käyttöaika (a)	Keski-ikä (a)	Poist. (km/kpl)	Rakenn. (km/kpl)	Poist. NKA	Rakennushinta
1-pylväsmuuntamo	5 040,00 €	2 772,00 €	40	18	1		2 772,00 €	- €
Kevyt puistomuuntamo	9 170,00 €	9 170,00 €	40			1	- €	9 170,00 €
20 kV ilmajohto (Raven)	24 610,00 €	14 766,00 €	45	18	2,797		41 300,50 €	- €
20 kV ilmajohto (Sparrow)	20 760,00 €	12 456,00 €	45	18	0,509		6 340,10 €	- €
20 kV maakaapelit 185	37 940,00 €	37 940,00 €	45			3,284	- €	124 594,96 €
Kojeistopäätte	1 260,00 €	1 260,00 €	45			2	- €	2 520,00 €
Pylväspäätte	2 370,00 €	2 370,00 €	45			2	- €	4 740,00 €
Kaapeliojan kaivuu	9 780,00 €					3,284		32 117,52 €
						Yhteensä	50 412,61 €	173 142,48 €

Poistuvalla johto-osalla on taulukon 13 mukaan tällä hetkellä jäljellä NKA:a noin 50 000 euroa. Olemassa olevilla KJ-johdoilla on yli puolet teknisestä käyttöiästään jäljellä. Suunnitelman toteuttamisen kannattavuus on laskettu taulukkoon 14.

TAULUKKO 14. Kannattavuus Koivulan erotinaseman ja Pärnänmaan väliselle suunnitelmalle

Investointikustannukset	-173 142,48 €
Saamatta jäänyt tuotto	-17 651,35 €
Tuotto	90 408,88 €
KAH-säästöt	26 335,80 €
Kunn.pito säästöt	19 628,65 €
Häviösäästöt	2 064,31 €
Kannattavuus	-52 356,19 €

Johto-osan runsaan NKA:n takia suunnitelmaa ei ole taloudellisesti kannattavaa toteuttaa vielä mo-
neen vuoteen. Säävarmuuden kannalta johto-osan investointi on merkittävä, joten ennen vuotta
2029 se on jossakin muodossa kannattavaa toteuttaa. Taulukkoon 15 on laskettu investoinnin kan-
nattavuus, jos se toteutetaan kymmenen vuoden kuluttua.

TAULUKKO 15. Suunnitelman kannattavuus 10 vuoden kuluttua

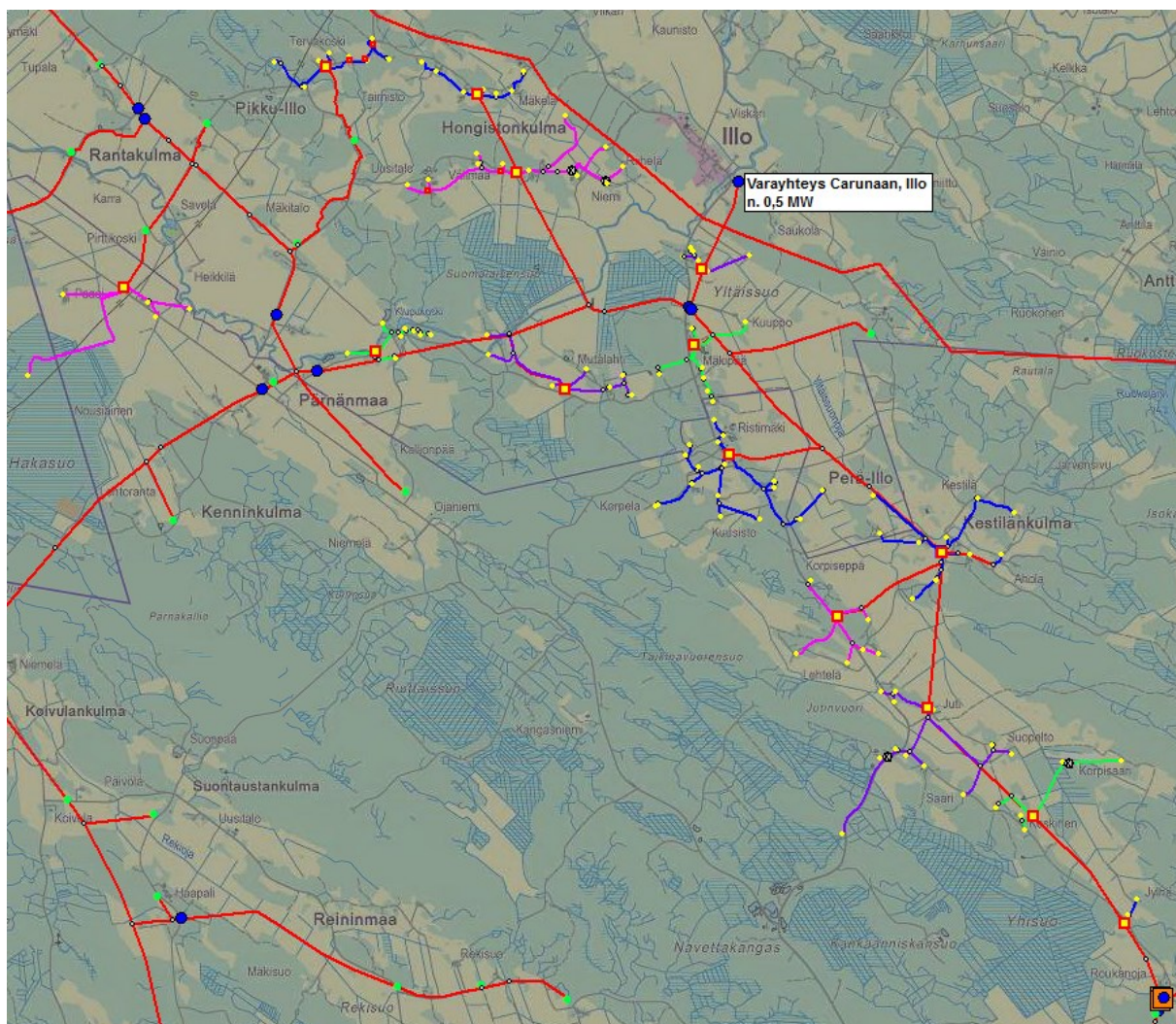
Investointikustannukset	-173 142,48 €
Saamatta jäänyt tuotto	-7 511,23 €
Tuotto	90 408,88 €
KAH-säästöt	26 335,80 €
Kunn.pito säästöt	19 628,65 €
Häviösäästöt	2 064,31 €
Kannattavuus	-42 216,08 €

Taulukoita 14 ja 15 verratessa näkyy investoinnin kokonaiskustannuksiin nähden merkittävä ero
saamatta jääneessä tuotossa. Jos investointi toteutetaan kymmenen vuoden kuluttua, saamatta jää-
nyttä tuottoa kertyy silloin lähes 60 % vähemmän kuin samasta investoinnista nyt toteutettaessa.

Koivulan erotinaseman ja Pärnänmaan suunnassa tässä suunnitelmassa käsitellyn muuntamon väli-
nen johto-osuus on myös mahdollista poistaa kokonaan ja vaihtaa sähkönsyöttö Pärnänmaahan eri
reittiä. Jos toteutetaan edes osittain kohdassa 5.2.4 esitetty Pärnänmaan itäosan kehityssuunnitel-
ma, tämä vaihtoehto saattaa muodostua hyvinkin kannattavaksi. Tämä voidaan myös toteuttaa ra-
kentamalla erotin kyseisen muuntamon ja pitkän metsäosuuden välille, jota pidetään normaalisti au-
ki ja näin metsäinen johto-osuus pidetään jännitteettömänä.

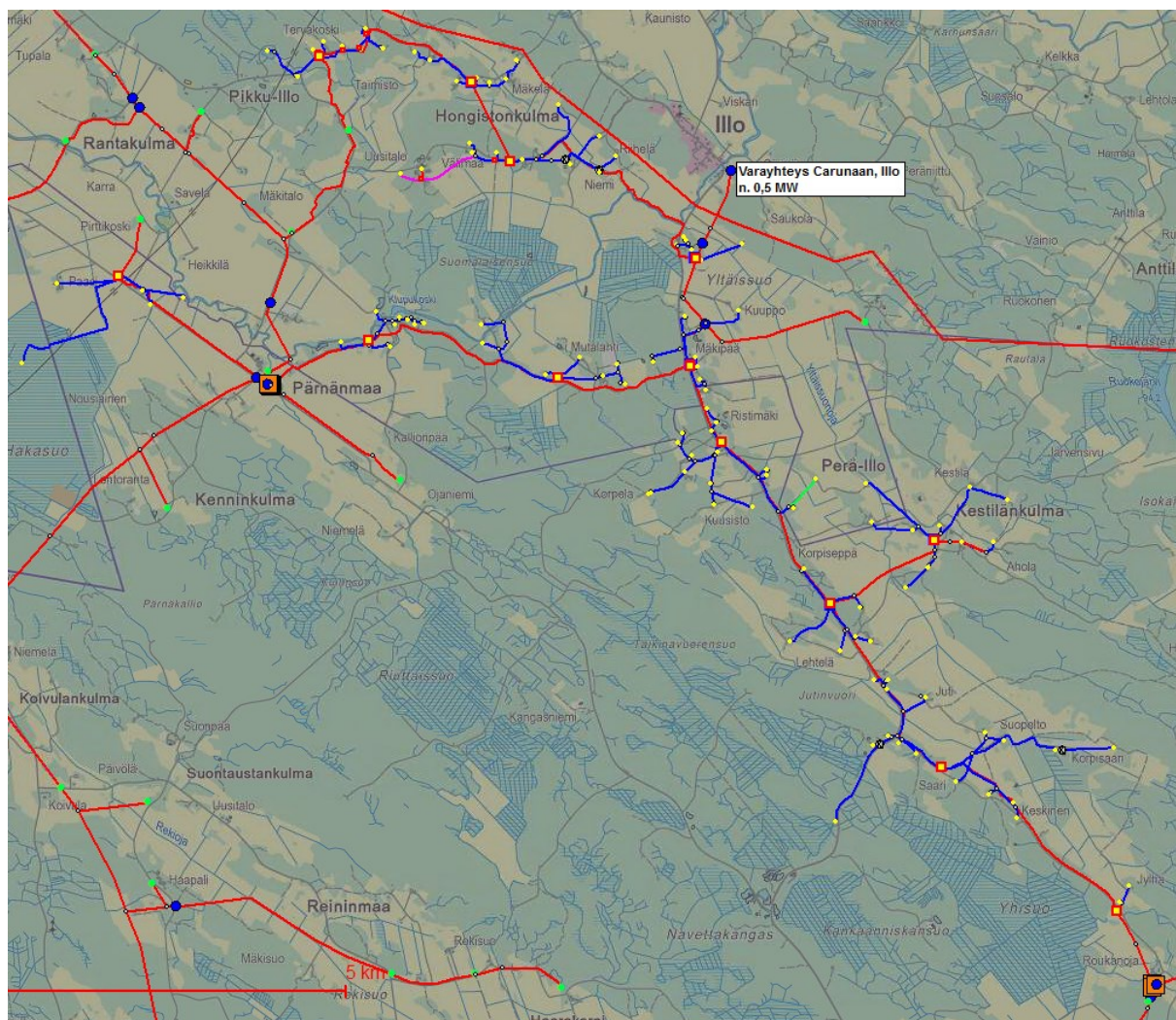
5.2.4 Pärnänmaan itäosa

Pärnänmaan johtolähdön itäosa on kaakkoiskulmasta yhdistetty kauko-ohjattavalla erotinasemalla
toiseen johtolähtöön. Normaalisissa kytkentätilassa Pärnänmaan johtolähtö siis päättyy tänne kauko-
ohjattavalle erotinasemalle. Johto-osa on pääosin rakennettu 1990-luvun alussa, joten se on melko
uutta. Verkon lähes kaikki KJ-johdot ovat avojohtoja, joista suuri osa on rakennettu pellolle, mutta
alueelle tyypillisesti siellä on myös metsäsaarekkeitä peltojen välissä. KJ-verkosta sääältistä on noin
kolme kilometriä. Pärnänmaan itäosan nykyverkko on näkyvillä kuvan 14 kartalla.



KUVA 14. Pärnänmaan johtolähdön itäosan nykyverkko

Suunniteltava uusi verkko rakennetaan tienvarsia hyödyntäen maakaapelina. Suunnittelualueen pohjoisosaan rakennetaan myös uusi rengas yhdistämällä kaksi muuntamoita tienvarteen sijoitettavalla maakaapelilla. Renkaan yhtenä sivuna hyödynnetään olemassa olevaa maakaapelia ja avoimella alueella sijaitsevaa uudehkoa ilmajohtoa. Rakennetaan myös Pärnänmaahan kauko-ohjattava viiden erottimen koppimallinen erotinasema, jolla tehostetaan rengasyhteyksien käyttöä ja nopeutetaan vian vaikutusalueen rajausta vikatilanteissa. Suunnitelman johtoreitit on esitetty kuvan 15 kartalla.



KUVA 15. Pärnänmaan johtolähdön itäosalle suunniteltu verkko

Suunnitelman mukaan alueelta vähenee yksi muuntamo alueen kaakkoiskulmasta. Tämä vaikuttaa tilanteeseen hyvältä ratkaisulta, kun voidaan näin ollen kaakkoon mentäessä kaksi viimeistä muuntamo rakentaa ilman erottimia ja näitä edellinen muuntamo sijaitsee KJ-johtojen haarakohdassa, joten siihen on joka tapauksessa hyvä saada erottimet. Suunnitelman mukaan rakennetaan 11 puistomuuntamo, joista seitsemän on ilman erottimia. Ilman erottimia olevat muuntamot on valittu sellaisiin paikkoihin, että mikä tahansa muuntamo voidaan tehdä jännitteettömäksi siten, että kyseisen muuntamon lisäksi korkeintaan yksi muuntopiiri menee jännitteettömäksi. Suunnitelman toteutuksesta syntyvät kustannukset on esitetty taulukossa 16.

TAULUKKO 16. Pärnänmaan itäosan suunnitelman kustannukset

Tyyppi	JHA (€/ km/kpl)	NKA (€/ km/kpl)	Käyttöaika (a)	Keski-ikä (a)	Poist. (km/kpl)	Rakenn. (km/kpl)	Poist. NKA	Rakennushinta
1-pylväsmuuntamo	5 040,00 €	2 520,00 €	40	20	1		2 520,00 €	- €
2-pylväsmuuntamo	6 700,00 €	1 690,23 €	40	29,91	11		18 592,50 €	- €
Puistomuuntamo	24 540,00 €	24 540,00 €	40			4	- €	98 160,00 €
Kevyt puistomuuntamo	9 170,00 €	9 170,00 €	40			7	- €	64 190,00 €
Muuntaja 50 kVA	3 430,00 €	114,33 €	40	38,67	6	5	686,00 €	17 150,00 €
Muuntaja 100-160 kVA	4 920,00 €	30,75 €	40	39,75	4	4	123,00 €	19 680,00 €
20 kV ilmajohto (Raven)	24 610,00 €	11 607,97 €	45	23,77	9,128	0,825	105 957,53 €	20 303,25 €
20 kV ilmajohto (Sparrow)	20 760,00 €	9 286,48 €	45	24,87	6,818		63 315,23 €	- €
20 kV maakaapelit max 70	24 520,00 €	14 167,11 €	45	19	0,13	0,299	1 841,72 €	7 331,48 €
20 kV maakaapelit 185	37 940,00 €	37 940,00 €	45			15,785	- €	598 882,90 €
Kojeistopääte	1 260,00 €	1 260,00 €	45			31	- €	39 060,00 €
Pylväspääte	2 370,00 €	2 370,00 €	45			7	- €	16 590,00 €
0,4 kV ilmajohtot 16-25	15 480,00 €	553,06 €	40	38,57	0,275		152,09 €	- €
0,4 kV ilmajohtot 35-50	16 710,00 €	6 246,16 €	40	25,05	4,742		29 619,31 €	- €
0,4 kV ilmajohtot 70	19 480,00 €	9 973,20 €	40	19,52	0,449		4 477,97 €	- €
PJ-haarituskaappi	660,00 €	660,00 €	45			8	- €	5 280,00 €
0,4 kV maakaapelit 25	7 840,00 €	7 840,00 €	45			0,151	- €	1 183,84 €
0,4 kV maakaapelit 35-50	8 970,00 €	8 970,00 €	45			2,134	- €	19 141,98 €
0,4 kV maakaapelit 95-120	12 890,00 €	12 890,00 €	45			4,124	- €	53 158,36 €
0,4 kV maakaapelit 150	19 850,00 €	19 850,00 €	45			0,963	- €	19 115,55 €
Johtoerotin, kevyt	3 530,00 €	0,00 €	30	30	3	3	- €	10 590,00 €
Kauko-ohj erotinasema	37 050,00 €	37 050,00 €	45			1	- €	37 050,00 €
Kaapeliojan kaivu	9 780,00 €					18,05		176 529,00 €
						Yhteensä	227 285,36 €	1 203 396,36 €

Kuten taulukosta 16 näkee, suunnitelman kokonaiskustannusarvio on noin 1,20 miljoonaa euroa. Tämä suunnitelma on niin laaja, että sitä luultavasti ei toteuteta yhtenä vuonna kerralla vaan jaetaan osiin. Tämä jakaminen on helpoin toteuttaa rakentamalla aina kerrallaan jollekin erottimilla varustetulle puistomuuntamolle. Taulukkoon 17 on laskettu suunnitelman kannattavuus.

TAULUKKO 17. Pärnänmaan itäosan suunnitelman kannattavuus

Investointikustannukset	-1 203 396,36 €
Saamatta jäänyt tuotto	-66 067,16 €
Tuotto	628 371,00 €
KAH-säästöt	126 586,66 €
Kunn.pito säästöt	105 268,07 €
Häviösäästöt	0,00 €
Kannattavuus	-409 237,78 €

Suunniteltavan saneerattavan verkon ennaikaisesta poistamisesta syntyisi tällä hetkellä toteutettaessa saamatta jäänyttä tuottoa yli 66 000 euroa, joten koko suunnitelman toteuttamista on kannattavaa lykätä ainakin kymmenen vuotta. Taulukkoon 18 on laskettu suunnitelman toteuttamisen kannattavuus, jos se suoritetaan 12 vuoden kuluttua.

TAULUKKO 18. Pärnänmaan itäosan suunnitelman kannattavuus 12 vuoden kuluttua

Investointikustannukset	-1 203 396,36 €
Saamatta jäänyt tuotto	-15 945,34 €
Tuotto	628 371,00 €
KAH-säästöt	126 586,66 €
Kunn.pito säästöt	105 268,07 €
Häviösäästöt	0,00 €
Kannattavuus	-359 115,97 €

Verratessa taulukoita 17 ja 18 havaitaan, että saamatta jääneen tuoton arvo on 12 vuoden aikana laskenut 75 %. Toteutettaessa 12 vuoden kuluttua, suunnitelma alkaa vaikuttaa kannattavalta. Näin suuren alueen saneerauksen toteuttaminen kerralla saattaa tuottaa säästöjä rakennusvaiheessa, sillä yleensä ostettaessa tarvikkeita suuria määriä saadaan säästöjä. Huono puoli on siinä, että tämän investoinnin kustannusarvio vastaa suurta osaa Sallila Sähkönsiirto Oy:n budjetoimasta vuosittaisesta investointisummasta, joka verkon rakentamiseen käytetään. Tästä johtuen samana vuonna tämän investoinnin toteuttamisen kanssa ei voitaisi juurikaan muualla rakentaa verkkoa.

Taulukoihin 17 ja 18 ei ole otettu häviösäästöjä ollenkaan huomioon, koska Integran mukaan suunnitelman toteuttamisen jälkeen loisteho kasvaa huomattavasti. Tämä johtuu johtolähdön KJ-kaapelointiasteen huomattavasta kasvusta. Maakaapelien käyttökapasitanssi on huomattavasti korkeampi kuin ilmajohtojen, joten loistehon määrä kasvaa ja näin ollen häviöt kasvavat vaikka resistanssi ja reaktanssi pienenevät. Siirrettävän loistehon, joka synnyttää häviöitä virran kasvusta johtuen, määrää on mahdollista vähentää sijoittamalla jakeluverkkoon, esimerkiksi jakelumuintajiin, kuristimia. Jos verkossa on runsaasti KJ-maakaapelia ja tämän lisäksi hyvin asetetut kuristimet, häviöiden määrä oletettavasti laskee nykyverkkoon verrattuna, mutta ilman kuristimia häviöiden määrä nousee. Tämän vuoksi häviöitä ei huomioida tämän suunnitelman laskelmissa. Suunnitellussa verkossa KJ-maakaapelin takia syntyvä loisteho voidaan laskea kaavalla 4:

$$Q = \omega * C * U^2 \quad (4)$$

jossa Q = loisteho
 ω = kulmataajuus
 C = käyttökapasitanssi
 U = pääjännite (20,5 kV KJ-verkossa)

Suunnitellun KJ-verkon maakaapelit on suunniteltu toteuttaa 70 mm² ja 185 mm² poikkipintaisilla kaapeleilla. Näiden kaapelien käyttökapasitanssit ovat 0,18 µF/km 70 mm² kaapelilla ja 0,26 µF/km 185 mm² kaapelilla. Näin saadaan kaavaa 4 käyttäen laskettua suunnitellun KJ-verkon synnyttämä loisteho:

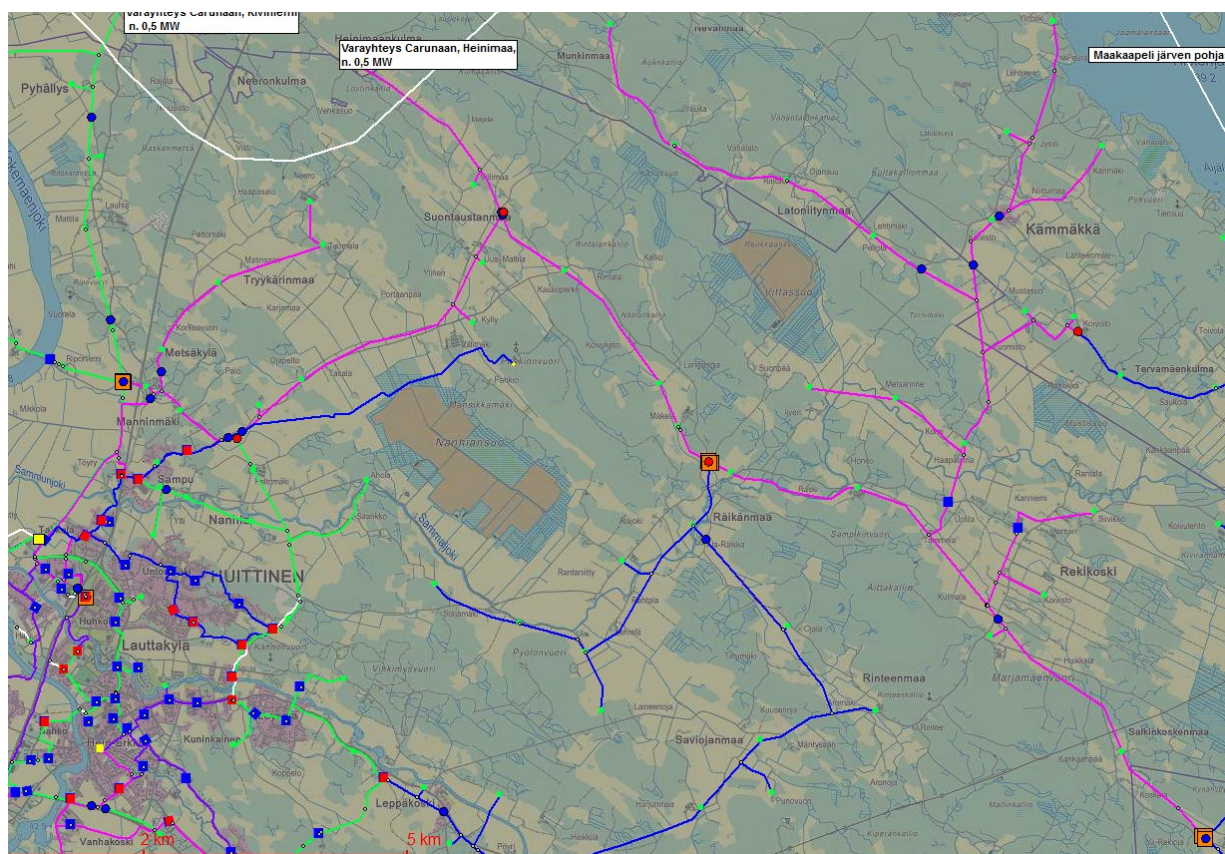
$$Q = 2 * \pi * f * (0,299 \text{ km} * C_{70} + 15,785 \text{ km} * C_{185}) * U^2$$

$$Q = 2 * \pi * 50 \text{ Hz} * \left(0,299 \text{ km} * 0,18 \frac{\mu\text{F}}{\text{km}} + 15,785 \text{ km} * 0,26 \frac{\mu\text{F}}{\text{km}}\right) * (20\,500 \text{ V})^2 \approx 550 \text{ kVar}$$

Laskelmien mukaan siirrettävän loistehon määrä, joka syntyy KJ-kaapelin vaikutuksesta, on siis noin 550 kVar. Tämä määrä loistehoa alkaa olla jo niin suuri määrä siirrettäväksi, että kompensoinnin tarvetta on pohdittava. Häviöiden lisäksi kompensoinnin tarvetta lisää myös mahdollinen jännitteen nousu liian korkeaksi. Tämä on mahdollista juuri tämän suunnitelman kaltaisessa tilanteessa, kun kaapelien pituudet ovat suuria ja kuormitukset pieniä. Jännite nousee sitä korkeammaksi, mitä enemmän on käyttökapasitanssia ja mitä vähemmän on kulutusta.

5.3 Suontaustan johtolähtö

Suontaustan johtolähtö lähtee Lauttakylän sähköasemalta kohti Punkalaidunta, syöttäen sähköä Huittisten itäosan maaseudulle. Johtolähdön huipputeho on Integran tietojen mukaan 938 kW. Johtolähdön alkuosa koostuu pääosin avoimelle alueelle rakennetuista PAS-johdoista, jonka jälkeen johtolähdön KJ-verkko koostuu lähinnä avojohdoista. Kuvan 16 karttakuvassa on violetilla värillä näkyvillä Suontaustan johtolähdön KJ-verkon johtoreitit.

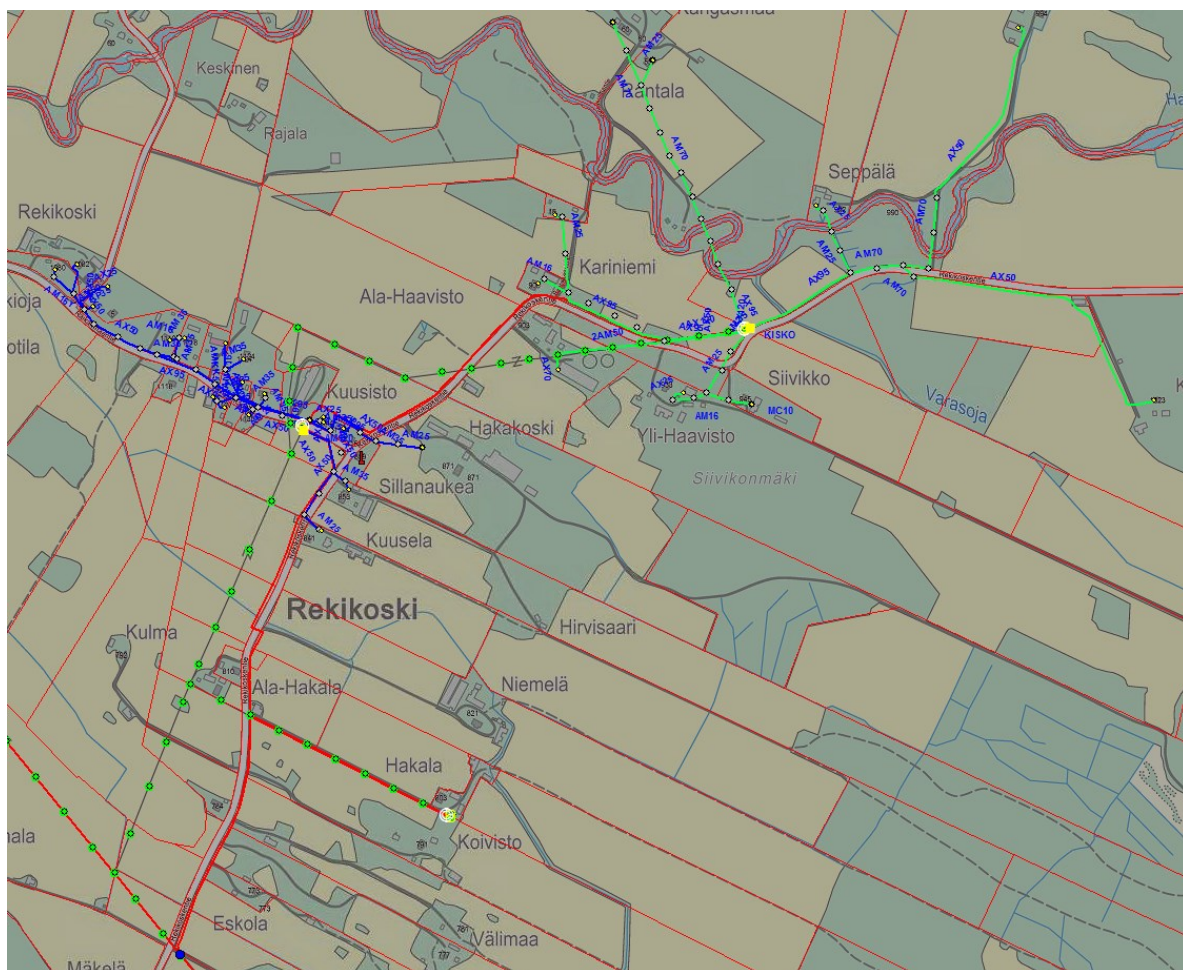


KUVA 16. Suontaustan johtolähdön KJ-verkko

Suontaustan johtolähdön todelliset KAH-kustannukset vuonna 2013 olivat tietokannasta haettuna 25 761 euroa. Tästä 19 818 euroa syntyi Seija-myrskystä, jolloin johtolähdön keskeytyksen kesto oli 13,32 tuntia. Suontaustan johtolähdöllä sattui vuonna 2013 seitsemän PJK:ta, eikä yhtään AJK:ta.

5.3.1 Rekikosken haara

Rekikosken haara on päättävä haara Suontaustan johtolähdön itäreunassa. Tämän haaran loppuosan KJ-verkko on vuonna 1966 rakennettua Sparrow-johtoa, joka on pääosin pellolla pieniä metsäsaarekkeita lukuun ottamatta. Johto-osa on siis jo käytetty teknisen käyttöikänsä loppuun. Kuvassa 17 on karttakuva nykyverkosta tällä alueella. Tällä johto-osalla on maaseuduksi melko runsas sähkönkulutus maatilojen, etenkin yhden suuren maatilan, johdosta.



KUVA 18. Rekikosken johtohaaran PJ- ja KJ-verkon johtoreitit investoinnin jälkeen

Kaapeliksi on valittu kuvan 18 kartan läntisimmälle muuntamolle asti, joka sijaitsee Räikänmaantien varressa, 185 mm² kaapelia. Tämä kaapeli on alueen kulutukseen nähden turhan vahva, mutta sitä voidaan käyttää runkojohtona tulevaisuudessa, jos kaapelointia jatketaan tästä Räikänmaantien reunaan pitkin länteen. Tästä suunnitelmasta lisää kohdassa 5.3.2. Loppuosa tämän alueen KJ-kaapelista voidaan tehdä 70 mm² kaapelilla, koska kyseessä on lyhyt, päättyvä haara. Taulukossa 19 on näkyvillä suunnitelman mukaan rakennettavat ja poistettavat verkon osat. Hintoina on käytetty energiaviraston yksikköhintoja.

TAULUKKO 19. Rekikosken haaran investoinnin kustannukset

Tyyppi	JHA (€/ km/kpl)	NKA (€/ km/kpl)	Käyttöaika (a)	Keski-ikä (a)	Poist. (km/kpl)	Rakenn. (km/kpl)	Poist. NKA	Rakennushinta
2-pylväsmuuntamo	6 700,00 €	335,00 €	40	38	1		335,00 €	- €
Puistomuuntamo	24 540,00 €	24 540,00 €	40			1	- €	24 540,00 €
Muuntaja 100-160 kVA	4 920,00 €	307,50 €	40	37,5	2	2	615,00 €	9 840,00 €
20 kV ilmajohto (Raven)	24 610,00 €	3 828,22 €	45	38,00	0,397		1 519,80 €	- €
20 kV ilmajohto (Sparrow)	20 760,00 €	903,58 €	45	43,04	1,837		1 659,88 €	- €
20 kV maakaapelit 70	24 520,00 €	24 520,00 €	45			1,025	- €	25 133,00 €
20 kV maakaapelit 150-185	37 940,00 €	37 940,00 €	45			1,143	- €	43 365,42 €
Kojeistopääte	1 260,00 €	1 260,00 €	45			2	- €	2 520,00 €
Pylväspääte	2 370,00 €	2 370,00 €	45			4	- €	9 480,00 €
0,4 kV ilmajohdot 16-25	15 480,00 €	6 897,63 €	40	22,18	0,317		2 186,55 €	- €
0,4 kV ilmajohdot 35-50	16 710,00 €	2 879,87 €	40	33,11	1,638		4 717,23 €	- €
0,4 kV maakaapelit 35-50	8 970,00 €	8 970,00 €	45			0,376	- €	3 372,72 €
0,4 kV maakaapelit 95-120	12 890,00 €	12 890,00 €	45			1,214	- €	15 648,46 €
Johtorotin, kevyt	3 530,00 €	235,33 €	30	28	1		235,33 €	3 530,00 €
Kaapeliojan kaivu	9 780,00 €					2,982		29 163,96 €
Yhteensä							11 268,80 €	166 593,56 €

Johto-osan KJ-verkko on pääosin teknisen käyttöikänsä lopussa, joten investointi on taloudellisesti melko kannattava. Taulukkoon 20 on laskettu investoinnin kannattavuutta. Laskelmissa on käytetty samoja arvoja ja kaavoja kuin kohdassa 5.1.1.

TAULUKKO 20. Rekikosken haaran investoinnin kannattavuus

Investointikustannukset	-166 593,56 €
Saamatta jäänyt tuotto	-1 376,34 €
Tuotto	86 989,26 €
KAH-säästöt	17 386,12 €
Kunn.pito säästöt	27 248,91 €
Häviösäästöt	294,90 €
Kannattavuus	-36 050,70 €

Vanhalla purettavalla verkolla on NKA:a jäljellä noin 11 000 euroa, josta vajaa 7 000 euroa koostuu PJ-verkon AMKA-johdoista. Saamatta jäänyt tuotto on investoinnin kannattavuuden kannalta tärkeää. Tällä investoinnilla tätä kertyy vain vajaa 1 400 euroa. Kyseisellä alueella on muutamalla asiakkaalla oikosulkuvirrat pienempiä kuin mitä nykyiset suositukset määräävät. Näitä asiakkaita koskevia PJ-verkon investointeja ei voida ajatella taloudellisesti kannattaviksi, vaan ne on pakko tehdä.

Tällä investoinnilla siis poistuu KJ-verkosta vanhaa verkkoa. Säävarmuuden kannalta vanha verkko ei ole kovin huonoa suuren pelto-osuuden takia, mutta johto-osalla on myös lyhyitä sääalltiita metsäosuuksia. Vanha KJ-ilmajohto on sijoitettu paikoitellen maatilojen pihoihin, joten investoinnin toteuttaminen parantaa myös maisemaa sekä turvallisuutta.

Investoinnille vaihtoehtoinen toteutustapa on uusia vain haaran loppuosa eli muuntamoiden väli. Tällä tarkoitetaan kuvan 14 kartan kahden pohjoisemman muuntamon väliä. Tämä vaihtoehto voisi olla melko kannattava, koska alkuosa on pellolle rakennettua avojohtoa, jolla on vielä muutama vuosi teknistä käyttöikää jäljellä. Alkuosan johto on kahta pientä metsäsaarekettä lukuun ottamatta säävarmaa. Tämän investoinnin kustannukset on esitetty taulukossa 21.

TAULUKKO 21. Rekikosken haaran loppuosan investoinnin kustannukset

Tyyppi	JHA (€/ km/kpl)	NKA (€/ km/kpl)	Käyttöaika (a)	Keski-ikä (a)	Poist. (km/kpl)	Rakenn. (km/kpl)	Poist. NKA	Rakennushinta
2-pylväsmuuntamo	6 700,00 €	335,00 €	40	38	1		335,00 €	- €
Puistomuuntamo	24 540,00 €	24 540,00 €	40			1	- €	24 540,00 €
Muuntaja 100-160 kVA	4 920,00 €	307,50 €	40	37,5	2	2	615,00 €	9 840,00 €
20 kV ilmajohto (Sparrow)	20 760,00 €	0,00 €	45	45	1,14		- €	- €
20 kV maakaapelit 70	24 520,00 €	24 520,00 €	45			1,025	- €	25 133,00 €
Kojeistopääte	1 260,00 €	1 260,00 €	45			1	- €	1 260,00 €
Pylväspääte	2 370,00 €	2 370,00 €	45			1	- €	2 370,00 €
0,4 kV ilmajohdot 16-25	15 480,00 €	6 897,63 €	40	22,18	0,317		2 186,55 €	- €
0,4 kV ilmajohdot 35-50	16 710,00 €	2 879,87 €	40	33,11	1,638		4 717,23 €	- €
0,4 kV maakaapelit 35-50	8 970,00 €	8 970,00 €	45			0,376	- €	3 372,72 €
0,4 kV maakaapelit 95-120	12 890,00 €	12 890,00 €	45			1,214	- €	15 648,46 €
Johtoerotin, kevyt	3 530,00 €	235,33 €	30	28	1		235,33 €	- €
Kaapelioiden kaivu	9 780,00 €					1,839		17 985,42 €
						Yhteensä	8 089,12 €	100 149,60 €

Jos investointi toteutetaan investoimalla vain loppuosa, ei KJ-verkon saneerauksesta synny yhtään saamatta jäänyttä tuottoa. PJ-verkon saneerauksen takia syntyy saamatta jäänyttä tuottoa, mutta tällä on myös positiivinen vaikutus kuluttajien oikosulkuvirtoihin. Tällä vaihtoehtoisella investoinnilla

poistuu KJ-avojohtoa runsas 1,1 km, josta säälle altista on vajaa 0,5 km. Tämä KJ-avojohto on sijoitettu osittain mautilojen pihoihin ja se on ylittänyt teknisen käyttöikänsä, joten sen saneeraus on tarpeellista. Investoinnin kannattavuuslaskenta on esitetty taulukossa 22.

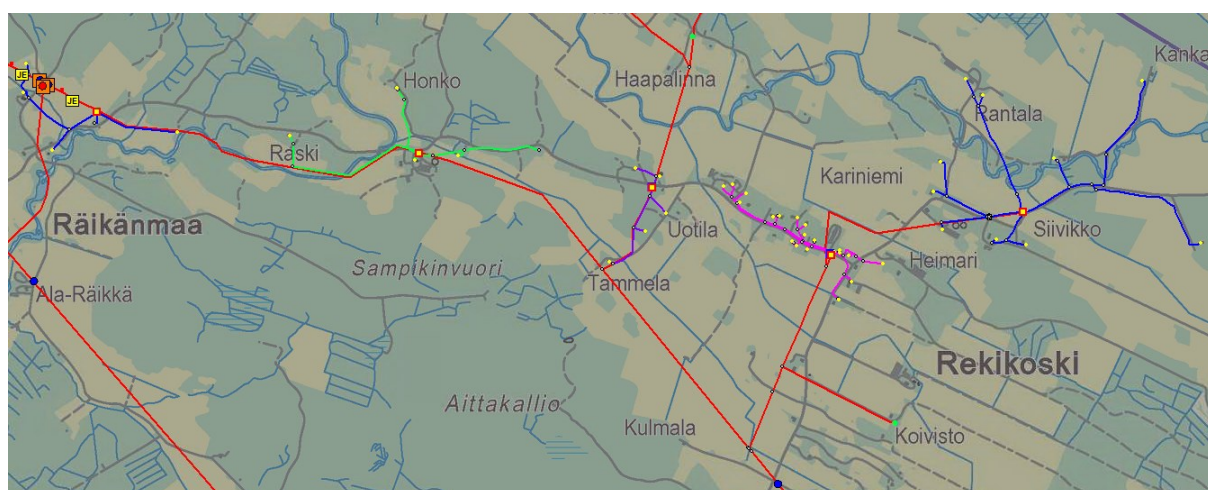
TAULUKKO 22. Rekikosken haaran loppuosan investoinnin kannattavuus

Investointikustannukset	-100 149,60 €
Saamatta jäänyt tuotto	-1 140,11 €
Tuotto	52 294,58 €
KAH-säästöt	8 219,91 €
Kunn.pito säästöt	21 085,46 €
Häviösäästöt	294,90 €
Kannattavuus	-19 394,85 €

Jos Rekikosken haaran KJ-verkosta saneerataan vain tämä loppuosa, KJ-verkosta ei poistu yhtään verkkoa ennenaikaisesti. Investoinnin seurauksena syntyvä saamatta jäänyt tuotto kertyy pääosin PJ-ilmajohtojen saneerauksesta ja hieman myös muuntamoista ja muuntajista. Muuntajat ja muuntamot ovat kuitenkin aivan teknisen käyttöikänsä lopulla. Investoinnin seurauksena PJ-verkon säävarmuus paranee ja oikosulkuvirtojen arvot nousevat muutamalla kuluttajalla nykyisten suositusten mukaisiksi.

5.3.2 Rekikoski-Räikänmaan erotinasema

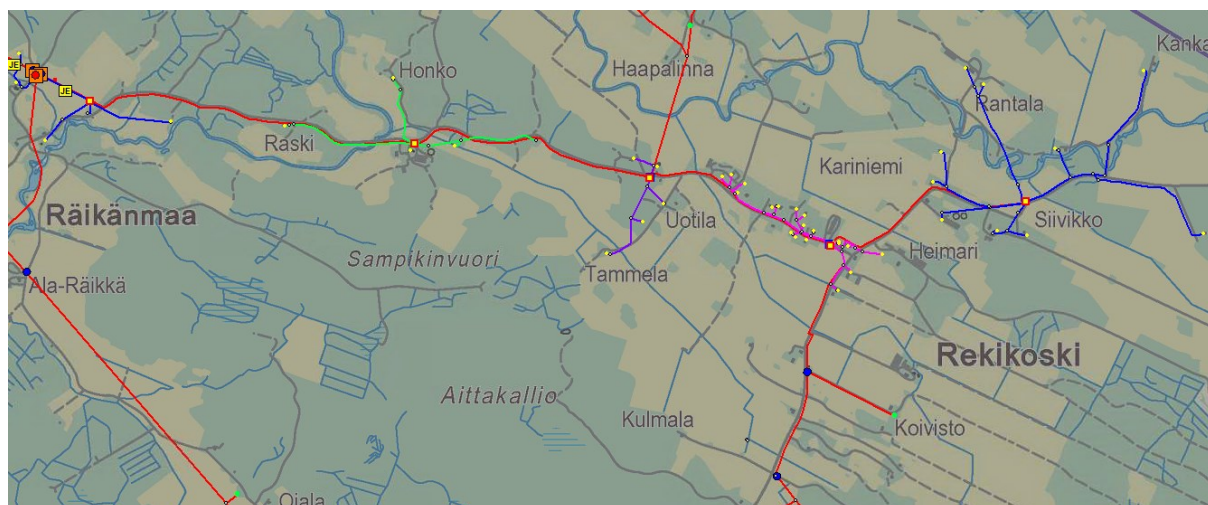
Rekikosken haaran investointia, jota on käsitelty kohdassa 5.3.1, voidaan laajentaa rakentamalla KJ-kaapeli Räikänmaantien reunaan pitkin Räikänmaan kauko-ohjattavalle erotinasemalle asti. Käytössä oleva KJ-verkko koostuu enimmäkseen 32 vuotta vanhasta Raven-ilmajohdosta. Tämä noin 4,3 km pitkä ilmajohto on rakennettu itäpäästä pääosin pellolle ja länsipäästä melko suurelta osalta metsään tai pellon laitaa. Tästä KJ-avojohtosta sääältistä on vajaa 1,6 km. Tämän johto-osan nykyverkon johtoreitit on esitetty kuvan 19 kartalla.



KUVA 19. Rekikosken ja Räikänmaan välinen nykyverkko

Kyseinen KJ-ilmajohto myös vaihtelee joen eri puolilla, kuten kuvasta 19 näkyy, joten sen sijainti on vikatilanteessa hankala. Tämän Räikänmaantien varteen rakennettavan KJ-kaapelin pituus olisi noin

3,8 km. Räkänmaan kauko-ohjattavan erottimen käyttömahdollisuudet lisääntyisivät tämän kaapeloinnin myötä. Kuvassa 20 näkyy alueelle suunniteltu uusi verkko.



KUVA 20. Rekikosken ja Räkänmaan välille suunniteltu verkko

Investoinnin kokonaiskustannuksista valtaosa muodostuu tienvarteen rakennettavista KJ-kaapeleista. Kustannukset Rekikosken haaran ja Räkänmaantien varren investoinnille on esitetty taulukossa 23.

TAULUKKO 23. Rekikosken haaran ja Räkänmaantien varren investoinnin kustannukset

Tyyppi	JHA (€/ km/kpl)	NKA (€/ km/kpl)	Käyttöaika (a)	Keski-ikä (a)	Poist. (km/kpl)	Rakenn. (km/kpl)	Poist. NKA	Rakennushinta
2-pylväsmuuntamo	6 700,00 €	390,83 €	40	37,67	3		1 172,50 €	- €
Puistomuuntamo	24 540,00 €	24 540,00 €	40			1	- €	24 540,00 €
Kevyt puistomuuntamo	9 170,00 €	9 170,00 €	40			2	- €	18 340,00 €
Muuntaja 100-160 kVA	4 920,00 €	287,00 €	40	37,67	4	4	861,00 €	19 680,00 €
20 kV ilmajohto (Raven)	24 610,00 €	6 769,35 €	45	32,62	4,485		30 360,54 €	- €
20 kV ilmajohto (Sparrow)	20 760,00 €	2 653,57 €	45	39,25	2,294		6 087,29 €	- €
20 kV maakaapelit 70	24 520,00 €	24 520,00 €	45			1,025	- €	25 133,00 €
20 kV maakaapelit 150-185	37 940,00 €	37 940,00 €	45			4,972	- €	188 637,68 €
Kojeistopäätte	1 260,00 €	1 260,00 €	45			7	- €	8 820,00 €
Pylväspäätte	2 370,00 €	2 370,00 €	45			6	- €	14 220,00 €
0,4 kV ilmajohto 16-25	15 480,00 €	6 897,63 €	40	22,18	0,317		2 186,55 €	- €
0,4 kV ilmajohto 35-50	16 710,00 €	3 381,85 €	40	31,90	1,887		6 381,55 €	- €
0,4 kV maakaapelit 35-50	8 970,00 €	8 970,00 €	45			0,376	- €	3 372,72 €
0,4 kV maakaapelit 95-120	12 890,00 €	12 890,00 €	45			1,582	- €	20 391,98 €
Johtoerotin, kevyt	3 530,00 €	3 530,00 €	30			2	- €	7 060,00 €
Kaapeliojan kaivuu	9 780,00 €					7,179		70 210,62 €
						Yhteensä	47 049,43 €	400 406,00 €

Kuten taulukosta 23 näkee, suunnitelman kokonaiskustannusarvio on noin 400 000 euroa. Poistuvalla verkolla on NKA:a jäljellä noin 47 000 euroa, joka on noin 39 000 euroa enemmän kuin pelkällä Rekikosken haaran investoinnilla. Poistuvan verkon NKA muodostuu Rekikosken haaran lisäksi lähes kokonaan KJ-verkosta, josta suurella osalla olisi vielä lähes 15 vuotta teknistä käyttöikää jäljellä. Suunnitelman kannattavuuslaskelma on esitetty taulukossa 24.

TAULUKKO 24. Rekikosken haaran sekä Räikänmaantien varren parannuksen kannattavuus

Investointikustannukset	-400 406,00 €
Saamatta jäänyt tuotto	-7 399,33 €
Tuotto	209 077,85 €
KAH-säästöt	48 092,51 €
Kunn.pito säästöt	59 045,20 €
Häviösäästöt	4 423,52 €
Kannattavuus	-87 166,26 €

Kyseisen johto-osan investoinnista syntyy saamatta jäänyttä tuottoa, koska valtaosa purettavasta Raven-ilmajohtosta on 32 vuotta vanhaa, joten sillä olisi käyttöikä vielä jäljellä 13 vuotta. Tästä johtuen investoinnin toteuttamista kannattaa odottaa vielä muutama vuosi. Tämän kaapelin rakentamisen jälkeen Koivulan ja Räikänmaan kauko-ohjattavien erotinasemien välille jää enää noin neljä kilometriä ilmajohtoa, joka tosin on sääältä sivussa teiltä menevien metsäosuuksien takia. Tätä johto-osuutta on käsitelty kohdassa 5.3.5.

Vaihtoehtoinen toteuttamistapa investoinnille on jättää Rekikosken puoleisesta päästä pellolla oleva avojohto käyttöön ja aloittaa kaapelointi metsäosuudelta. Tässä säästetään melko runsaasti ja säävarmuus ei oleellisesti huonone, koska jätettävät ilmajohtot ovat avoimella alueella.

5.3.3 Trykärinmaan haara

Trykärinmaa sijaitsee Huittisten kaupunkialueen pohjoispuolella ja se kuuluu Suontaustan johtolähdön ensimmäisiin alueisiin sähköasemalta lähdettäessä. Tämän haaran päässä on yksi merkittävä sähkökäyttäjät, jota varten on rakennettu vuonna 2009 muuntamo ja KJ-kaapeli. Tämä kuluttaja näkyy kuvan 21 kartassa aivan pohjoislaidassa. Trykärinmaan haara on tätä uutta lyhyttä KJ-kaapelia lukuun ottamatta vanhaa vuonna 1975 rakennettua Raven-ilmajohtoa. Tämä ilmajohto on haarajohtoon alkuosasta rakennettu piha-alueen laitaan sekä metsään. Alun jälkeen säävarmuus on KJ-johdolla parempaa, sillä se sijaitsee pääosin tienvarressa tai pellolla.



KUVA 21. Tryckärinmaan nykyverkko

Rakennettava KJ-kaapeli on suunniteltu tienvarteen, jolloin se rakennettaisiin alkua lukuun ottamatta vanhan ilmajohdon johtokadulle. Loppuosasta tätä johtohaaraa vanha johtokatu menee pellon keskeltä kun nykyään kaapeloinnit pyritään tekemään tienvarteen. Tästä johtuen kartan keskiosassa näkyvältä muuntamolta KJ-kaapeli rakennettaisiin nykyistä PJ-ilmajohdon johtokatua pitkin tienvarteen. Kartan pohjoisimpien muuntamoiden välillä olevaa uutta maakaapelia käytettäisiin siis tämän suunnitelman toteuttamisen jälkeen toisinpäin. Tämä uuden KJ-kaapelin johtoreitti näkyy kuvassa 22 punaisella. Vaihtoehtoisesti KJ-kaapeli voidaan myös rakentaa nykyisen KJ-avoijohdon johtokadulle, mutta tämä ei vaikuta oleellisesti suunnitelman laskelmiin.



KUVA 22. Tryckärinmaan uudet johtoreitit.

Investoinnin vaikutuksesta verkosta poistuisi KJ-avojohtoa vajaa kolme kilometriä, josta sääältistä on noin 930 metriä. Taulukkoon 25 on koottu suunnitelman toteuttamisesta syntyvät kustannukset komponenteittain.

TAULUKKO 25. Tryckärinmaan haaran investoinnin kustannukset

Tyyppi	JHA (€/ km/kpl)	NKA (€/ km/kpl)	Käyttöaika (a)	Keski-ikä (a)	Poist. (km/kpl)	Rakenn. (km/kpl)	Poist. NKA	Rakennushinta
2-pylväsmuuntamo	6 700,00 €	167,50 €	40	39	3		502,50 €	- €
Puistomuuntamo	24 540,00 €	24 540,00 €	40			1	- €	24 540,00 €
Kevyt puistomuuntamo	9 170,00 €	9 170,00 €	40			2	- €	18 340,00 €
Muuntaja 50 kVA	3 430,00 €	0,00 €	40	40	2	2	- €	6 860,00 €
20 kV ilmajohto (Raven)	24 610,00 €	3 281,33 €	45	39,00	2,785		9 138,51 €	- €
20 kV maakaapelit 70	24 520,00 €	24 520,00 €	45			3,018	- €	74 001,36 €
Kojeistopäätte	1 260,00 €	1 260,00 €	45			5	- €	6 300,00 €
Pylväspäätte	2 370,00 €	2 370,00 €	45			1	- €	2 370,00 €
0,4 kV ilmajohto 16-25	15 480,00 €	387,00 €	40	39	2,018		780,97 €	- €
0,4 kV ilmajohto 35-50	16 710,00 €	3 714,36 €	40	31,11	0,81		3 008,64 €	- €
0,4 kV ilmajohto 70	19 480,00 €	487,00 €	40	39	0,45		219,15 €	- €
0,4 kV maakaapelit 35-50	8 970,00 €	8 970,00 €	45			1,286	- €	11 535,42 €
0,4 kV maakaapelit 95-120	12 890,00 €	12 890,00 €	45			1,915	- €	24 684,35 €
Johterotin, kevyt	3 530,00 €	0,00 €	30	30	1	1	- €	3 530,00 €
Kaapelioiden kaivu	9 780,00 €					4,779		46 738,62 €
						Yhteensä	13 649,76 €	218 899,75 €

Investoinnin kustannusarvio on siis vajaa 220 000 euroa, kuten taulukosta 25 näkee. Tästä noin 112 000 euroa koostuu KJ-kaapelista ja sen päätteistä sekä kaivusta. PJ-verkon kehittämisestä syntyy kustannuksia tällä alueella noin 53 000 euroa. Tällä summalla saadaan yli kolme kilometriä maakaapelia. Noin puolet PJ-kaapeleista voidaan sijoittaa samaan kaapeliojaan KJ-kaapelin kanssa, joten näin säästetään kaivukustannuksissa. Vanhasta PJ-verkosta suurin osa on aivan käyttöikänsä lopussa, mutta suunnitelman mukaan uusittavaksi tulisi myös pieni osa melko uutta PJ-ilmajohtoa. Muuntamoista kolme kappaletta on 39 vuotta vanhoja pylväsmuuntamoita, joten ne ovat aivan käyt-

töikänsä lopussa ja ne uusitaan kaapeloinnin yhteydessä. Kyseisen suunnitellun investoinnin kannattavuuslaskelma on esitetty taulukossa 26.

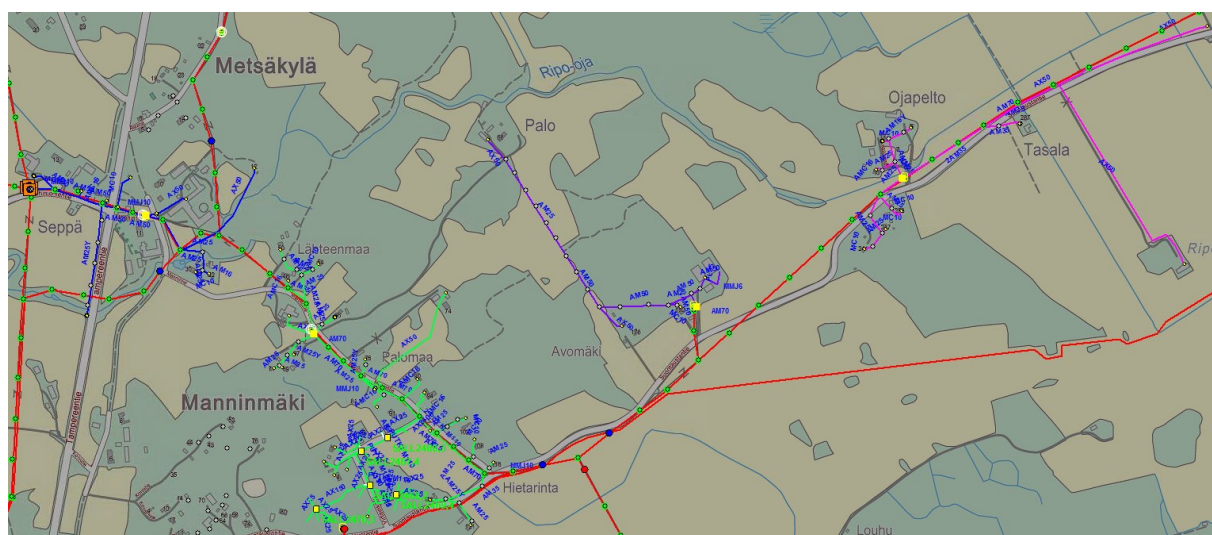
TAULUKKO 26. Trykkärinmaan haaran investoinnin kannattavuus

Investointikustannukset	-218 899,75 €
Saamatta jäänyt tuotto	-1 384,71 €
Tuotto	114 301,70 €
KAH-säästöt	24 202,63 €
Kunn.pito säästöt	34 839,67 €
Häviösäästöt	0,00 €
Kannattavuus	-46 940,44 €

Koska Trykkärinmaan haaran sähköverkko on rakennettu pääasiassa 1975, ja komponenteista vain KJ-ilmajohdolla on yli 40 vuoden käyttöikä, ja silläkin vain 45 vuotta, saamatta jäänyttä tuottoa ei synny investointia suoritettaessa juurikaan. Jos investointi suoritetaan kolmen vuoden kuluttua, saamatta jäänyttä tuottoa kertyy enää noin 470 euroa. Taulukon 26 investoinnin kannattavuuslaskelma on laskettu siten, että se suoritettaisiin tällä hetkellä. Tämä suunnitelma olisi siis kannattavaa toteuttaa jo muutaman vuoden sisällä.

5.3.4 Manninmäki

Manninmäki sijaitsee Huittisten taajaman koillislaidalla. Uuden suunniteltavan KJ-maakaapelin lähtöpiste on sama kuin kohdassa 5.2.3 käsitellyn Trykkärinmaan investoinnin lähtöpiste, joten nämä suunnitelmat voi toteuttaa samalla kerralla. Trykkärinmaan haaran investointi täytyy toteuttaa kuitenkin ennen tätä investointia KJ-johtojen sijoittamisen takia. Johto-osan länsipäästä poistuu metsäistä KJ-avojohtoa sekä tienvarressa metsässä sijaitsevaa KJ-avojohtoa. Tienvarsi on lisäksi melko tiheään asuttua aluetta. Suunnitelman itäosasta olemassa oleva KJ-verkko on melko säävarmaa ja sillä on teknistä käyttöikää jäljellä vielä muutama vuosi. Tämän suunnitelman toteuttaminen voisi olla kannattavaa vasta reilun viiden vuoden kuluttua. Kuvan 23 kartassa on näkyvillä nykyverkko suunniteltavalla alueella.



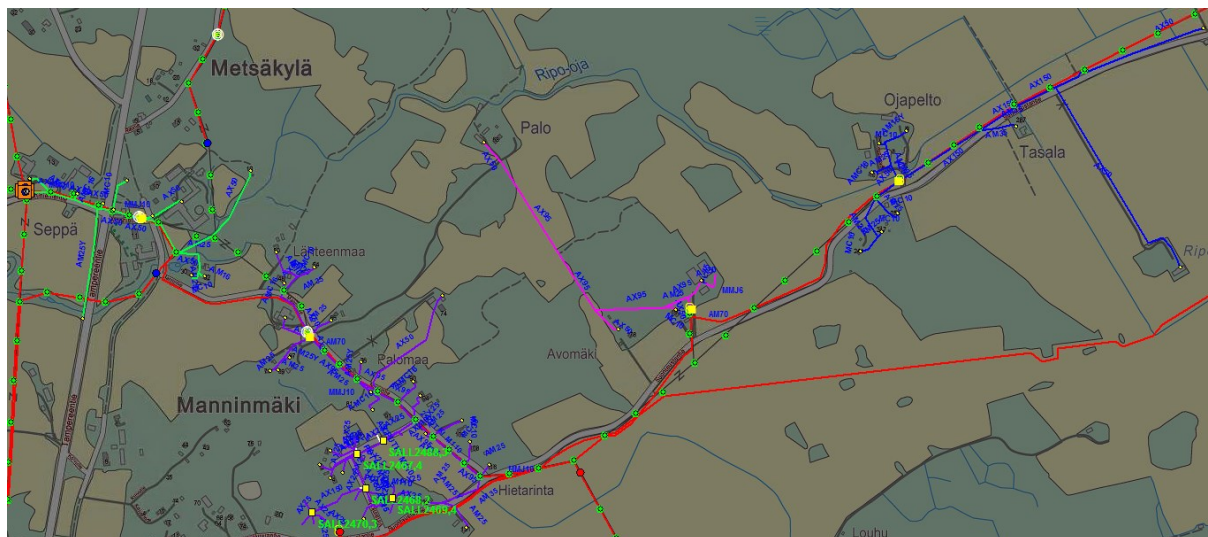
KUVA 23. Manninmäen nykyverkko

Manninmäen nykyverkosta suunnitelman mukaan poistuisi KJ-avojohtoa vajaa 3,2 km, josta sääältis- ta on reilu yksi kilometri. Lisäksi poistettavat muuntamot ovat lähes teknisen käyttöikänsä lopussa, eivätkä sijaitse säävarmalla paikalla. Taulukkoon 27 on laskettu kustannukset, joita syntyy tämän in- vestoinnin toteuttamisesta.

TAULUKKO 27. Kustannukset Manninmäen suunnitelmalle

Tyyppi	JHA (€/ km/kpl)	NKA (€/ km/kpl)	Käyttöaika (a)	Keski-ikä (a)	Poist. (km/kpl)	Rakenn. (km/kpl)	Poist. NKA	Rakennushinta
2-pylväsmuuntamo	6 700,00 €	460,63 €	40	37,25	4		1 842,50 €	- €
Kevyt puistomuuntamo	9 170,00 €	9 170,00 €	40			4	- €	36 680,00 €
Muuntaja 50 kVA	3 430,00 €	0,00 €	40	40	1	1	- €	3 430,00 €
Muuntaja 100-160 kVA	4 920,00 €	0,00 €	40	40	2	2	- €	9 840,00 €
Muuntaja 200 kVA	6 450,00 €	0,00 €	40	40	1	1	- €	6 450,00 €
20 kV ilmajohto (Raven)	24 610,00 €	6 646,04 €	45	32,85	3,188		21 187,57 €	- €
20 kV maakaapelit 150-185	37 940,00 €	37 940,00 €	45			2,986	- €	113 288,84 €
Kaapeloitu erotinasema	25 420,00 €	25 420,00 €	45			1	- €	25 420,00 €
Kojeistopäätte	1 260,00 €	1 260,00 €	45			10	- €	12 600,00 €
Pylväspäätte	2 370,00 €	2 370,00 €	45			5	- €	11 850,00 €
0,4 kV ilmajohto 16-25	15 480,00 €	1 812,24 €	40	35,31721195	0,703		1 274,00 €	- €
0,4 kV ilmajohto 35-50	16 710,00 €	1 628,60 €	40	36,10	1,399		2 278,41 €	- €
0,4 kV ilmajohto 70	19 480,00 €	2 848,72 €	40	34,15	0,638		1 817,48 €	- €
PJ-haarotuskaappi	660,00 €	660,00 €	45			10	- €	6 600,00 €
0,4 kV maakaapelit 25	7 840,00 €	7 840,00 €	45			0,142	- €	1 113,28 €
0,4 kV maakaapelit 35-50	8 970,00 €	8 970,00 €	45			0,77	- €	6 906,90 €
0,4 kV maakaapelit 95-120	12 890,00 €	12 890,00 €	45			1,173	- €	15 119,97 €
0,4 kV maakaapelit 150	19 850,00 €	19 850,00 €	45			0,424	- €	8 416,40 €
Johtoerotin, kevyt	3 530,00 €	0,00 €	30	30	2	2	- €	7 060,00 €
Kaapelioiden kaivu	9 780,00 €					4,625		45 232,50 €
						Yhteensä	28 399,97 €	310 007,89 €

Suunnitelman mukaan rakennetaan KJ-maakaapelia noin kolme kilometriä, uusitaan neljä pylväs- muuntamo kevyiksi puistomuuntamoiksi ja uusitaan myös heikoimmat osat PJ-verkosta. Uusi KJ- kaapelin reitti on merkitty kuvan 24 karttaan.



KUVA 24. Manninmäkeen suunnitellun verkon johtoreitit

Suunnitelman mukaan kaikki neljä muuntamo rakennetaan kevyiksi puistomuuntamoiksi, joissa ei ole erottimia. Suunniteltavan kaapelin puoliväliin yhdistyy Huittisten keskustasta tuleva olemassa oleva maakaapeli, jolloin tähän risteyskohtaan rakennetaan kaapeloitu KJ-erotinasema. Uuden maa- kaapelin toisessa päässä on valmiina erotin ja toiseen päähän asennetaan uusi erotin, joten muun- tamoiden huoltotilanteessa saadaan mikä tahansa muuntamo jännitteettömäksi siten, että ainoas-

taan kahdelle muuntamolle tulee jakelukeskeytyks. Suunnitelman kannattavuus on laskettu taulukoon 28.

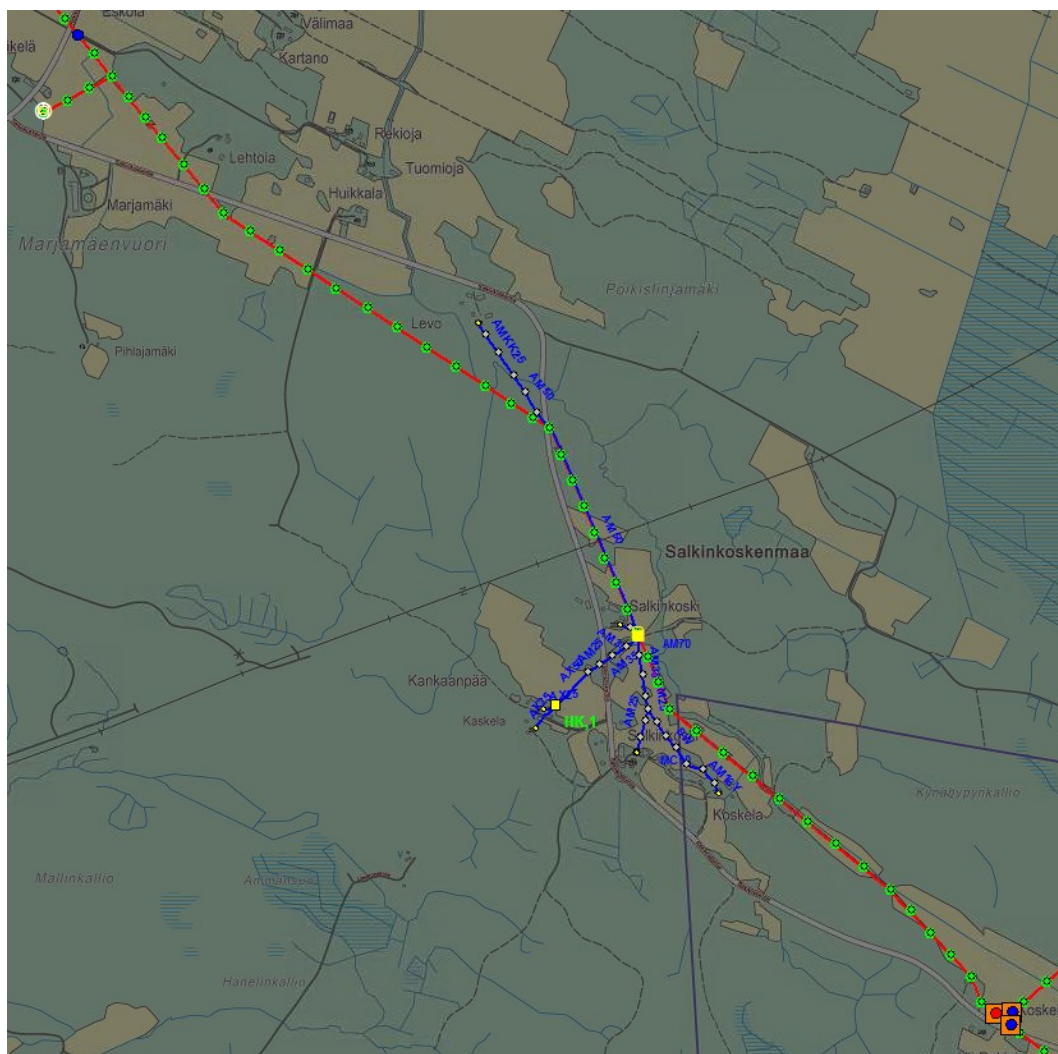
TAULUKKO 28. Manninmäen suunnitelman kannattavuus

Investointikustannukset	-310 007,89 €
Saamatta jäänyt tuotto	-4 406,53 €
Tuotto	161 875,15 €
KAH-säästöt	23 946,01 €
Kunn.pito säästöt	37 517,38 €
Häviösäästöt	4 570,97 €
Kannattavuus	-86 504,91 €

Manninmäen alueen nykyverkko on pääosin melko vanhaa, joten saamatta jäänyt tuotto jää melko pieneksi. Suunnitelman toteuttamista on kuitenkin kannattavaa muutama vuosi odottaa. Joka tapauksessa ennen tämän suunnitelman toteuttamista pitää toteuttaa kohdassa 5.3.3 käsitelty Trykkärinmaan haaran suunnitelma. Trykkärinmaasta tuleva johto näkyy kuvan 24 luoteisosassa avoimena KJ-johdon päässä.

5.3.5 Salkinkoskenmaa

Johto-osa Salkinkoskenmaa on Suontaustan johtolähdön päätyvä haara normaalissa kytkentätilassa. Johto-osa loppuu kuvan 25 kaakkoiskulmassa näkyvälle Koivulan kauko-ohjattavalle erotinasemalle, jossa normaalitilassa on erotin auki. Johto-osan keskivaiheilla näkyvän muuntamon jälkeinen loppuosa on siis ainoastaan varakäytössä, mutta kuitenkin jännitteinen normaalitilassa. Varayhteyden säävarmuus on suurhäiriötilanteessa tärkeässä asemassa ja tämän olemassa olevan varayhteyden säävarmuus ei ole kovin hyvällä tasolla. Parannettaessa Salkinkoskenmaan johto-osa ja kohdassa 5.3.2 käsitelty johto-osa Rekikoski-Räikänmaan erotinasema, tulisi Koivulan ja Räikänmaan kauko-ohjattavien erotinasemien välille huomattavasti nykyistä säävarmempi verkko. Tämä parantaisi näiden erotinasemien käytettävyyttä ja suurhäiriötilanteessa vian vaikutusalueen rajaamismahdollisuudet paranisivat suurella alueella. Kuvassa 25 on esitettyä Salkinkoskenmaan nykyverkon johtoreitit.



KUVA 25. Salkinkoskenmaan nykyverkko

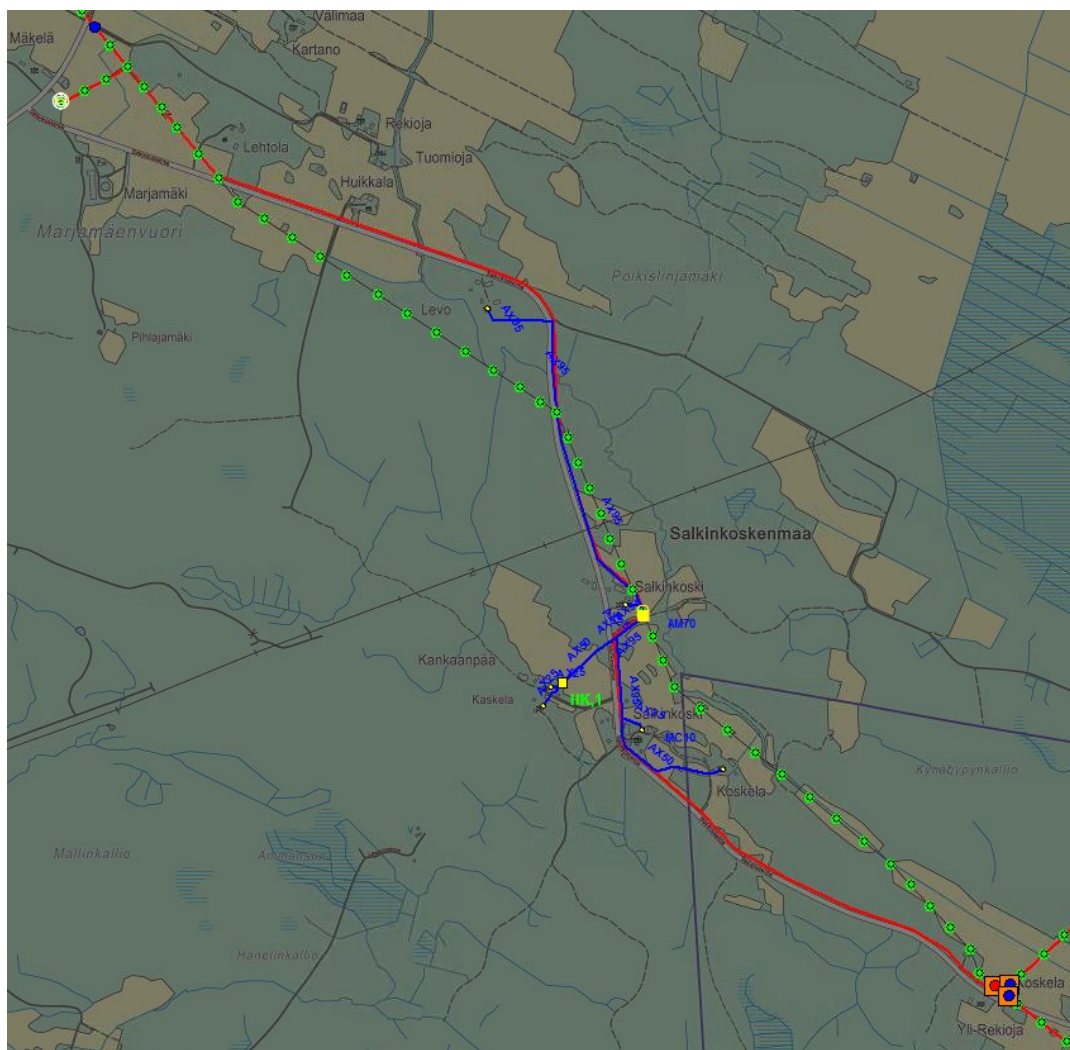
Suunnitellaan alueelle uudet johdot maakaapelilla runsaan metsäosuuden takia. Suunnitelman toteutuksesta syntyvät kustannukset on esitetty taulukossa 29.

TAULUKKO 29. Kustannukset Salkinkoskenmaan suunnitelmalle

Tyyppi	JHA (€/ km/kpl)	NKA (€/ km/kpl)	Käyttöaika (a)	Keski-ikä (a)	Poist. (km/kpl)	Rakenn. (km/kpl)	Poist. NKA	Rakennushinta
2-pylväsmuuntamo	6 700,00 €	0,00 €	40	40	1		- €	- €
Kevyt puistomuuntamo	9 170,00 €	9 170,00 €	40			1	- €	9 170,00 €
Muuntaja 50 kVA	3 430,00 €	343,00 €	40	36	1	1	343,00 €	3 430,00 €
20 kV ilmajohto (Raven)	24 610,00 €	13 385,02 €	45	20,53	3,477		46 539,70 €	- €
20 kV maakaapelit 185	37 940,00 €	37 940,00 €	45			3,703	- €	140 491,82 €
Kojeistopäätte	1 260,00 €	1 260,00 €	45			2	- €	2 520,00 €
Pylväspäätte	2 370,00 €	2 370,00 €	45			2	- €	4 740,00 €
0,4 kV ilmajohtot 16-25	15 480,00 €	2 709,00 €	40	33	0,695		1 882,76 €	- €
0,4 kV ilmajohtot 35-50	16 710,00 €	2 924,25 €	40	33,00	1,015		2 968,11 €	- €
PJ-haarotuskaappi	660,00 €	660,00 €	45			2	- €	1 320,00 €
0,4 kV maakaapelit 25	7 840,00 €	7 840,00 €	45			0,123	- €	964,32 €
0,4 kV maakaapelit 35-50	8 970,00 €	8 970,00 €	45			0,421	- €	3 776,37 €
0,4 kV maakaapelit 95-120	12 890,00 €	12 890,00 €	45			1,273	- €	16 408,97 €
Johtoerotin, kevyt	3 530,00 €	3 530,00 €	30			1	- €	3 530,00 €
Kaapeliojan kaivuu	9 780,00 €					4,228		41 349,84 €
Yhteensä							51 733,57 €	227 701,32 €

Alueelle uusitaan myös muuntamo ja suuri osa PJ-verkosta. Muuntamo uusitaan kevyeksi puistomuuntamoksi, koska johto-osan molemmissa päissä on erottimet, ei erottimille ole muuntamalla tarvetta. PJ-verkon uusinnassa käytetään maakaapelia ja sen rakentamisessa pystytään hyvin hyödyn-

tämään KJ-kaapelia varten kaivettua kaapeliuojaa. Suunnitelman uudet johtoreitit on esitetty kuvassa 26.



KUVA 26. Salkinkoskenmaan uudet johtoreitit

Salkinkoskenmaan johto-osalla on KJ-johtoa noin 3,5 km ja tästä sääältistä KJ-avojohtoa on noin 1,5 km. Tämä KJ-johto on pääosin melko nuorta, joten sitä joudutaan poistamaan ennaikaisesti. Tämän suunnitelman kannattavuus on laskettu taulukkoon 30.

TAULUKKO 30. Salkinkoskenmaan suunnitelman kannattavuus

Investointikustannukset	-227 701,32 €
Saamatta jäänyt tuotto	-15 765,52 €
Tuotto	118 897,57 €
KAH-säästöt	29 695,94 €
Kunn.pito säästöt	28 629,05 €
Häviösäästöt	2 359,21 €
Kannattavuus	-63 885,07 €

Taulukosta 30 näkee, että saamatta jääneestä tuotosta syntyy melko paljon tappiota, jos investointi toteutettaisiin tällä hetkellä. Tämä saamatta jäänyt tuotto koostuu pääosin ennaikaisesti poistu-

vasta sääalttiista KJ-avojohdosta. Taulukkoon 31 on laskettu investoinnin kannattavuus, jos se suoritetaan 12 vuoden kuluttua.

TAULUKKO 31. Salkinkoskenmaan investoinnin kannattavuus suoritettaessa 12 vuoden kuluttua

Investointikustannukset	-227 701,32 €
Saamatta jäänyt tuotto	-4 414,66 €
Tuotto	118 897,57 €
KAH-säästöt	29 695,94 €
Kunn.pito säästöt	28 629,05 €
Häviösäästöt	2 359,21 €
Kannattavuus	-52 534,21 €

Taulukoita 30 ja 31 verratessa havaitaan, että saamatta jääneen tuoton arvo putoaa 12 vuoden aikana yli 70 %. Investointia on siis kannattavaa lykätä vielä ainakin muutama vuosi, mutta suorittaa kuitenkin viimeistään vuonna 2028.

5.3.6 Maastokatkaisijat

Suunnitellaan maastokatkaisija Suontaustan johtolähdölle, Räikänmaan ja Rekikosken välille. Tätä aluetta on käsitelty kohdassa 5.3.2. Maastokatkaisija erottaa Räikänmaantien varresta pohjoiseen lähtevän haaran muusta johtolähdöstä. Maastokatkaisijalla saadaan sitä ennen oleville kuluttajille käyttövarmempi sähkönjakelu, koska katkaisijan jälkeen olevan verkon viat eivät näy katkaisijaa ennen olevilla sähkönkäyttäjillä. Maastokatkaisijalla ei ole merkitystä sähkömarkkinalakiin asetettujen säävarmuustavoitteiden saavuttamisessa, vaan sillä vain rajataan vian vaikutusalue pienemmäksi.

Katkaisijan sijoittamisen kannattavuutta pohdittaessa tutkitaan verkon keskitehoja katkaisijan etu- ja takapuolilta. Nämä tiedot otetaan Sallila Sähkönsiirto Oy:n tietokannoista. Maastokatkaisijan takana olevan verkon keskiteho on 99,5 kW. Katkaisijan etupuolella olevan verkon keskiteho on 306,33 kW. Katkaisijan jälkeen olevan KJ-verkon pituus on noin 16,9 km. Tämä verkko on sekalaista sisältäen pääosin KJ-avojohdtoa, mutta myös hieman PAS-johtoa. Nämä KJ-ilmajohdot sijaitsevat sekalaisesti metsissä ja pelloilla, osittain tienvarressa. Tästä johtuen pysyvien vikojen vikatiheyttä selvitetessä käytetään keskimääräisenä keskeytystiheyden arvona 2,5 vikaa vuodessa jokaista sataa johtokilometriä kohden. Pysyviä vikoja katkaisijan takana olevassa verkossa siis syntyy keskimäärin 0,42 kappaletta vuodessa. Katkaisijan paikassa on nykyverkossa käsikäyttöinen erotin, nimeltään Rautu, jonka käyttöajaksi arvioidaan yksi tunti. Tämä tarkoittaa katkaisijan etupuolen kuluttajille vuodessa keskimäärin 0,42 tuntia vähemmän pysyviä jakelukeskeytyksiä. Keskeytyskustannukseksi 0,42 tunnin vikakeskeytykselle katkaisijan etupuoliselle alueelle, saadaan kaavalla 1 laskemalla arvoksi 1 752,21 euroa. Tässä on käytetty keskeytyshaitan kertoimen arvona painotettuja keskiarvoja, koska alueen kulutus on sekalaista.

Nykyverkkoon verrattuna katkaisijan etupuolella oleville kuluttajille jälleenkytkentöjen määrä katkaisijan vaikutuksesta oletettavasti putoaisi noin puoleen. Vuonna 2013 alueella sattui seitsemän PJK:ta eikä yhtään AJK:ta. Jos näistä puolet poistuisi, keskeytyskustannuksista syntyisi säästöjä jälleenkyt-

kentöjen osalta 589,69 euroa vuosittain, olettaen, että vuoden 2013 jälleenykykentöjen määrät ovat keskimääräisiä. Keskeytyskustannuksista kertyy katkaisijan ansiosta siis laskelmien mukaan säästöjä vuosittain 2 341,90 euroa.

Pylväskatkaisija maksaa energiaviraston yksikköhinnaston mukaan 17 170 euroa. Taulukkoon 32 on laskettu maastokatkaisijan kannattavuus. Katkaisijan käyttöiäksi on oletettu 30 vuotta. Laskelmissa katkaisijan kunnossapitokustannuksia ei ole huomioitu. Laskelmien summat on diskontattu nykyarvoon kahden prosentin korkoprosentilla ja tuotto-prosenttina on käytetty 3,03 %, joka on energiaviraston määrittämä tuotto-prosentti vuodelle 2014.

TAULUKKO 32. Maastokatkaisijan kannattavuus

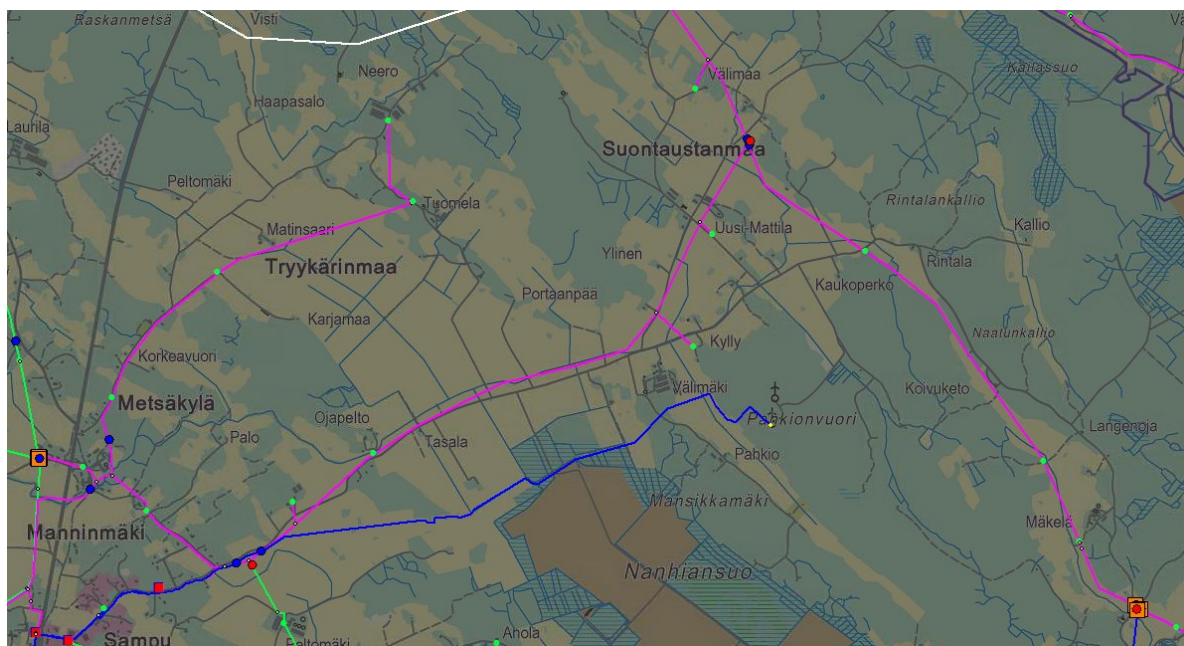
Investointikustannukset	-17 170,00 €
Tuotto	6 592,92 €
KAH-säästöt	52 450,26 €
Kannattavuus	41 873,18 €

Maastokatkaisija on todennäköisesti toimintavarmempi, jos se asennetaan koppiin sisälle, eikä pylväeseen. Se tosin maksaa huomattavasti enemmän kuin pylväskatkaisija. Kannattavuuslaskelmissa on käytetty energiaviraston yksikköhinnaston hintaa pylväskatkaisijalle ja oletettu se täysin toimintavarmaksi 30 vuoden ajaksi. Todellisuudessa maastokatkaisijan kannattavuus ei luultavasti ole aivan näin hyvä kuin laskelmat näyttävät. Kokonaisuutena kuitenkin laskelmien mukainen KAH-säästö on niin merkittävä, että maastokatkaisijan hankintaa kyseiseen kohteeseen kannattanee miettiä.

Maastokatkaisijan paikalle vaihtoehtoinen investointi on rakentaa samalle paikalle kauko-ohjattava erotinasema. Tällä ei pystytä vaikuttamaan jälleenykykentöjen määrään kuluttajilla, mutta vian vaikutusalueen rajaus nopeutuu kun erotin on kauko-ohjattava.

5.4 Kauko-ohjattava erotinasema

Suunnitellaan Suontaustanmaahan nykyisen käsin ohjattavan erotinaseman tilalle kauko-ohjattava erotinasema. Tämä paikka näkyy kuvan 27 kartassa Suontaustanmaan kylän kohdalla. Suontaustanmaahan sähkönsyöttö tulee lounaasta Lauttakylän sähköasemalta ja tämän syötön huipputeho on Integran mukaan 603 kW. Erotinasemalta pohjoiseen lähtee lyhyt johtohaara, jonka päästä on varayhteys Carunan verkkoon. Tämän haaran huipputeho on 15 kW. Suontaustanmaasta kaakkoon lähtevän johdon huipputeho on 593 kW. Tällä kaakkoon lähtevällä johtohaaralla on olemassa oleva kauko-ohjattava erotinasema Räikänmaassa, joka näkyy kuvan 27 kartan kaakkoiskulmassa.



KUVA 27. Suontaustanmaan nykyverkko

Räikänmaassa sijaitsevan kauko-ohjattavan erotinaseman, joka näkyy kuvan 27 kaakkoiskulmassa, takia Suontaustanmaan erotinasemalla on merkitystä Suontaustanmaan ja Lauttakylän sähköaseman välisille kuluttajille vain vikatilanteissa, joka sattuu Räikänmaan ja Suontaustanmaan välissä tai Suontaustanmaan pohjoispuolella. Lasketaan kauko-ohjattavan erottimen ansiosta saatavat KAH-säästöt mahdollisissa vikatilanteissa. Vikatiheysarvona käytetään samoja arvoja kuin kohdassa 5.3.6, ja samoin kuluttajatyypit oletetaan keskimääräisiksi. Oletetaan, että käsin ohjattavan erottimen käyttöaika on noin tunti ja kauko-ohjattavan noin kuusi minuuttia.

Lasketaan tilanne, jos vika sattuu Suontaustanmaan ja Räikänmaan erotinaseman väliin. Tällä osuudella KJ-ilmajohtojen pituus on 3 797 metriä. Näin saadaan, että pysyviä vikoja tällä johto-osuudella sattuu keskimäärin 0,095 kappaletta vuodessa. Tällöin keskimääräinen vian vaikutusaika kauko-ohjattavan erottimen ansiosta putoaa alueella keskimäärin noin 0,085 tuntia vuodessa. Lauttakylän sähköaseman ja Suontaustanmaan erotinaseman välinen sekä pohjoiseen menevän haaran yhteenlaskettu keskiteho on tietokannasta laskettuna noin 166 kW. Kuluttajatyypit oletetaan keskimääräiseksi ja näin lasketaan keskimääräinen vuosittainen säästö keskeytyskustannuksissa, joka syntyy kauko-ohjattavan erottimen vaikutuksesta. Laskenta suoritetaan samoin kuin kohdassa 5.3.6 ja tulokseksi saatiin 338,70 euroa.

Johdon alkupäähän, jossa KJ-ilmajohtoa on noin 11 km, sattuu vika todennäköisesti 0,28 kertaa vuodessa. Kauko-ohjattavalla erottimella vian vaikutusaika saadaan keskimäärin vuosittain pieneneväksi 0,25 tuntia. Alueen, jolle sähkö saadaan tilanteessa palautettua, keskiteho on 22,7 kW, joten KAH-säästöjä tässä tilanteessa syntyy keskimäärin 86,96 euroa vuodessa.

Johdon pohjoiseen lähtevälle haaralle, jossa KJ-ilmajohtoa on noin 2,8 km, sattuu vika todennäköisesti 0,07 kertaa vuodessa. Kauko-ohjattavalla erottimella vian vaikutusaika saadaan keskimäärin

vuosittain pienenevään 0,06 tuntia. Alueen, jolle sähkö saadaan tilanteessa palautettua, keskiteho on 181,5 kW, joten KAH-säästöjä tässä tilanteessa syntyy keskimäärin 326,03 euroa vuodessa.

Olemassa olevat erottimet on rakennettu vuonna 1977, joten niillä ei ole teknistä pitoaikaa enää jäljellä, eikä näin ollen saamatta jäänyttä tuottoa kerry tällä saneerauksella ollenkaan.

Kauko-ohjattavan erottimen kannattavuudesta tehty laskenta on esitetty taulukossa 33. Kannattavuuslaskennassa inflaatiokoron arvona on käytetty 2,00 %, käyttöaikana 30 vuotta ja pääoman tuotto prosenttina energiaviraston määrittämää kohtuullista pääoman tuotto prosenttia vuodelle 2014, joka on 3,03 %.

TAULUKKO 33. Kauko-ohjattavan erottimen kannattavuus Suontaustanmaahan

Investointikustannukset	-37 050,00 €
Tuotto	14 226,42 €
KAH-säästöt	16 835,27 €
Kannattavuus	-5 988,30 €

Laskennan mukaan kauko-ohjattavan erotinaseman rakentaminen Suontaustanmaahan ei muodostu taloudellisesti kannattavaksi. On kuitenkin mahdollista, että syntyy muitakin vikatilanteita, joissa tästä kauko-ohjattavasta erottimesta on hyötyä. Tällainen tilanne syntyy esimerkiksi tapauksessa, jos Räikänmaan kauko-ohjattava erotinasema ei toimi. Toisaalta kannattavuuslaskentaan ei ole myöskään huomioitu kunnossapitokustannuksia ollenkaan. Jos Suontaustanmaan ja Räikänmaan erotinaseman välinen vanha KJ-avojohto korvataan maakaapelilla, Suontaustanmaan kauko-ohjattavan erotinaseman tarve pienenee huomattavasti.

5.5 Suunnitelman yhteenveto

Kootaan kaikista suunnitelmista yhteenveto. Tämä on esitetty taulukossa 34. Kyseisessä taulukossa on käytetty tietoina arvoja, jos suunnitelma suoritetaan kalliimmalla ja laajemmalla vaihtoehdolla. Saamatta jäävän tuoton arvona taulukossa on käytetty arvoja, jos investointi suoritettaisiin tänä vuonna.

TAULUKKO 34. Suunnitelmien yhteenveto

Suunnitelman nimi	Investointikus- tannus (euroa)	Saamatta jää- nyt tuotto (euroa)	Poistuva sääaltis KJ-avojohto (km)	Muuta
Rekisuontie-Koivulan erotinasema	313 876	10 689	2,2	
Koivulan erotinase- ma-Pärnänmaa	173 142	17 651	1,8	
Pärnänmaan itäosa	1 203 396	66 067	3,0	Kauko-ohj. erotinasema
Rekikosken haara	100 150	1 140	0,5	
Rekikoski-Räikänmaa	300 256	6 259	1,6	Maastokat- kaisija
Trykkäriinmaan haara	218 900	1 385	0,9	
Manninmäki	310 008	4 407	1,0	
Salkinkoskenmaa	227 701	15 766	1,5	
Yhteensä:	2 847 429	123 364	12,5	

Taulukosta 34 havaitaan, että sääaltista KJ-verkkoa poistuu suunnitelmien toteutuksen myötä 12,5 km. Tämä tarkoittaa sitä, että suurhäiriötilanteessa Sallila Sähkönsiirto Oy:n verkkoalueelle syntyy keskimäärin 12,5 KJ-verkon vikaa vähemmän kuin nykyverkossa. Laskelmien mukaan Sallila Sähkönsiirto Oy:n nykyverkossa KJ-verkon vikojen selvitysaika suurhäiriössä on 51,3 tuntia, ja näiden suunnitelmien toteuttamisen jälkeen vikojen selvitysaika on 48,7 tuntia.

Kahden käsitellyn johtolähdön, Pärnänmaan ja Suontaustan, yhteenlaskettu vuosittainen tuotto siirtomaksuista on verollisena noin 341 000 euroa. Verojen jälkeen tästä summasta jää jäljelle noin 275 000 euroa. Nämä summat on laskettu Sallila Sähkönsiirto Oy:n hinnaston mukaan. Asiakastiedot on saatu tietokannoista. Näistä hinnoista pitää vähentää vielä alueverkkomaksut, jotka Sallila Sähkönsiirto Oy joutuu maksamaan. Kyseisiltä johtolähdöiltä kulutuksen mukaan maksettavia alueverkkomaksuja kertyy vuosittain noin 42 000 euroa. Näiden lisäksi tulevat vielä kiinteät alueverkkomaksut, joten alueverkkomaksut kokonaisuutena näille johtolähdöille nousevat reiluun 45 000 euroon. Lasketaan vielä johtolähdöille häviö- ja kunnossapitokustannukset aiemmin esitetyillä tavoilla. Häviö- ja kunnossapitokustannukset sekä alueverkkomaksut vähennettynä johtolähdöiltä jää tuottoa noin 172 000 euroa vuodessa. Tästä tuotosta pitää vielä vähentää energiaviraston määrittämä kohtuullinen pääoman tuotto prosentti 3,03 % NKA:sta, jota kertyy likiarvoilla laskettuna vuosittain alueelta noin 66 000 euroa. Tämän jälkeen tuottoa jää enää noin 106 000 euroa vuodessa.

Taulukon 34 yhteenlaskettu investointien kokonaiskustannus 2,8 miljoonaa euroa on kohtuuttoman suuri ottaen huomioon johtolähtöjen vuosittaisen tuoton 106 000 euroa. Johtolähdöiltä saatava likiarvoilla laskettu 106 000 euron tuotto diskontattuna 5 % vuosikorolla 45 vuoden käyttöajalle tar-

koittaa yhteensä noin 1,9 miljoonan euron tuottoja käyttöaikana. Investointien vaikutuksesta myös kunnossapitokustannukset pienenevät, joten kannattavuus tämän takia paranee.

Suunnitelmasta poistettaessa taulukossa 34 näkyvä Pärnänmaan itäosan suunnitelma, suunnitelmien yhteiskustannukset pienenevät huomattavasti niiden jäädessä 1,64 miljoonaan euroon. Tämän seurauksesta poistuvan sääälttiin KJ-johdon määrä vähenee 9,5 km:iin ja saamatta jäävän tuoton arvo pienenee noin 57 000 euroon. Näin ollen investointisuunnitelma muuttuu huomattavasti kannattavammaksi taloudellisesti.

Laskettuihin kustannusarvioihin ei ole kuitenkaan huomioitu kaikkia kuluja, kuten vanhojen jakeluverkkojen purkamiskustannuksia. Kustannuslaskennat ovat muutenkin vain arvioita, jotka on tehty energiaviraston yksikköhinnaston perusteella. Suunnitelmien kustannukset ovat kuitenkin keskenään vertailukelpoisia. Kaivukustannukset on laskettu joka kohteelle samalla kilometrihinnalla, mutta kaikkien kohteiden ollessa haja-asutusalueella melko lähellä toisiaan, suuria eroja kohteiden kesken ei todennäköisesti todellisuudessakaan esiinny.

6 HAVAITUT ONGELMAT SÄÄVARMUUDEN KEHITTÄMISESSÄ

Kaapeliverkossa viankorjaus kestää pidempään, joten rengasverkkojen hyödyllisyys KJ-verkossa korostuu. Yli 12 tunnin jakelukeskeytyksistä joudutaan maksamaan vakiokorvauksia. Taajama-alueilla, jossa mahdolliset vakiokorvaukset nousisivat todella suuriksi, rengasverkkojen tärkeys korostuu kaapeliverkossa. Taajamassa lyhyiden etäisyyksien ansiosta rengasverkkojen rakentaminen on myös melko helppoa.

Kaapeloidussa KJ-verkossa työturvallisuuden kannalta tärkeä työmaadoittaminen on monesti vaikeaa. Maadoittaminen on mahdollista lähinnä vain muuntamoilta tai maakaapelin ja ilmajohdon liitokohdasta. Jos tällaista paikkaa ei ole lähellä työpistettä, maadoittaminen joudutaan tekemään kaukaa. Jos taas maakaapeli sattuu olemaan poikki työmaadoituspisteen ja työpisteen väliltä, työpiste ei ole maadoitettu.

Maakaapelien takia maasulkuvirrat kasvavat monessa tapauksessa niin suuriksi, että maasulun sammutus tulee välttämättömäksi. Maasulun sammutuslaitteisto sähköasemalle maksaa energiaviraston yksikköhinnaston mukaan koosta riippuen 135 000-193 000 euroa. Jos maadoitukset ovat erittäin hyvät, ei maasulun sammutuslaitteistoa tarvita, mutta käytännössä tämä ei ole yleensä mahdollista jos maakaapelia on rakennettu runsaasti. Maasulun sammutuslaitteistoja voidaan sähköaseman lisäksi asentaa hajautetusti maastoon. Käytännössä tämä monesti toteutetaan asentamalla yhden erotinvälin tarpeen mukaan mitoitettu laitteisto erotinvälille. Sallila Sähkönsiirto Oy:n nykyisen linjauksen mukaan sammutuslaitteistot asennetaan keskitetysti sähköasemille. Osa maasulun sammutuslaitteista on jo asennettu Sallila Sähkönsiirto Oy:n sähköasemille ja vuoden 2015 loppuun mennessä ne asennetaan lopuille sähköasemille.

Maakaapelit synnyttävät sähkönjakeluverkkoon huomattavan määrän loistehoa. Tämä johtuu KJ-verkon kaapelien suuresta käyttökapasitanssista, joka on merkittävästi korkeampi kuin ilmajohdoilla. KJ-verkon kaapelointiasteen noustessa korkeaksi, tämä luultavasti joudutaan ottamaan huomioon, jotta häviökustannukset eivät nouse kohtuuttoman korkeiksi. (Väisänen 2012.)

Maakaapeloinneista, etenkin PJ-verkon kaapeloinneista, huomattava osa tehdään pelloille, koska maasto pelloilla on helppoa kaapelointiin. Pelloilla olevat salaojat aiheuttavat ongelmia kaapelointia tehtäessä. Salaojia, kuten myös muuta maanalaista tekniikkaa, pyritään varomaan kaapeloitaessa. Kaapeloinnin suorittajaa saatetaan myös syyttää turhaan salaojien vioista, vaikka vika ei olisikaan johtunut kaapeloinnista. Monesti salaoja saattaa rikkoutua kaapeloinnin yhteydessä, mutta kaapeloinnin suorittaja kuitenkin pyrkii aina korjaamaan salaojaan aiheuttamansa vian.

Tiealueelle kaapelointia on pyritty viime vuosien aikana helpottamaan, mutta se ei ole edelleenkaan kovin helppoa. Sallila Sähkönsiirto Oy:n kokemusten mukaan lupaprosessi on turhan hankala nykyään. Erityisesti maastosuunnittelua tämän lupaprosessin monimutkaisuus työllistää huomattavasti.

Kaupunkialueella maan alla on runsaasti tekniikkaa, jota joudutaan varomaan kaapeloitaessa. Vanhoista rakennelmista olemassa olevat kartat ovat monesti heikkoja ja virheellisiä, joten varominen on tällöin ainoa vaihtoehto välttää rikkomasta muuta tekniikkaa, ja aina sekään ei onnistu. Myös muun tekniikan, kuten telekaapelien, rakentajat joutuvat varomaan maakaapeleita. Tämä työllistää sähköverkkoyhtiötä merkittävästi, kun kaapelien paikkoja joudutaan merkitsemään maalilla maastoon.

Puistomuuntamot eivät oletettavasti kestä päälle kaatuvia suuria puita. Taajama-alueilla on paljon puistomuuntamoita ja monesti niiden lähellä on myös puita. Sallila Sähkönsiirto Oy:ssä ei ole toistaiseksi kokemusta puistomuuntamon päälle kaatuneista puista, jotka olisivat rikkoneet puistomuuntamon. Oletettavasti tällainen vahinko kuitenkin joskus sattuu. Jos puu rikkoo kaatuessaan puistomuuntamon pahoin, on erittäin vaikeaa saada palautettua tämän muuntamon kaikille PJ-kuluttajille sähköt takaisin kuuden tunnin aikana. Tähän on kuitenkin päästävä vuoden 2028 lopun jälkeen taajama-alueilla lain mukaan.

Sähkönkulutuksen ennustaminen tulevaisuudessa on varsin haasteellista, varsinkin haja-asutusalueilla. Käsiteltyllä verkkoalueellakin tällä hetkellä pienimmillä muuntopiireillä on koko muuntopiirin vuotuinen sähkönkulutus alle 10 MWh. Tällaisilla alueilla on mahdollista, että 15 vuoden kulluttua muuntopiirin alueella ei ole ollenkaan sähkönkulutusta. Toinen vaihtoehto on, että alueelle esimerkiksi rakennetaan uusi omakotitalo ja nyt toimimaton maatalo alkaa toimia uudestaan ja näiden lisäksi vielä sähköautot yleistyvät. Yksi sähköauto, jolla ajetaan keskimäärin 20 000 km vuodessa, kuluttaa sähköä 2-4 MWh vuodessa. Sähköautojen määrän mahdollinen huomattava lisääntyminen vaikuttaisi siis merkittävästi sähkönkulutuksen määrään. Jos sähköautot lisääntyvät huomattavasti ja sähköautojen latausajat onnistutaan jaksottamaan sopivasti, sähkönsiirtomaksujen yksikköhinnat todennäköisesti putoavat, koska kulutus lisääntyisi ja tulisi tasaisemmaksi. Jos taas sähköautojen lataus kasvattaa huipputehoja huomattavasti ja näin jakeluverkko vaatii investointeja, sähkönsiirron yksikköhinnat saattavat myös nousta. Vaikeasti ennustettavista on myös sähkönkäyttö lämmittämisessä. Tulevaisuudessa oletettavasti sähkön avulla tapahtuva jäähdytys lisääntyy, mutta lämmitykseen käytettävän sähkön määrän on ennustettu pysyvän lähellä nykytasoa. (Partanen 2013a.)

Sähkönjakeluverkkoon tehtävät runsaat investoinnit luovat nostopainetta sähkönsiirron hintoihin. Asiakkaat saavat vastineeksi nouseville hinnoille varmempaa sähkönjakelua koko verkkoyhtiön toimialueella. Taajama-alueiden kuluttajilla sähkönjakelun toimitusvarmuus on nyt jo niin hyvällä tasolla, että nouseville sähkönsiirron hinnoille saatava vastine jää monesti melko pieneksi.

7 YHTEENVETO

Säävarmuuden kehittäminen on välttämätöntä toimintaa tällä hetkellä sähköverkkoyhtiöissä. Tämä johtuu sähkömarkkinalain muutoksesta, joka on tullut voimaan 1.9.2013. Uudistetun sähkömarkkinalain mukaan ilmastollisista syistä johtuva sähkönjakelun jakelukeskeytys ei saa vuoden 2028 lopun jälkeen kestää asemakaava-alueella yli kuutta tuntia ja muilla alueilla poikkeustapauksia lukuun ottamatta yli 36 tuntia. Sähköverkonhaltijat saavat itse päättää toimintatavat, miten näihin ehtoihin päästään.

Sähkönjakeluverkon säävarmuuden kehittämiseen on erilaisia vaihtoehtoja, mutta tehokkain ja nykyään paljon käytetty keino on ilmajohtojen korvaus maakaapeleilla. Jakeluverkon ilmastollisesti herkimmin haavoittuva osa on KJ-verkko, jonka säävarmuutta kehitetään maakaapeloinnin lisäksi erilaisella automaatiolla, kuten maastokatkaisijoilla ja kauko-ohjattavilla erottimilla. Näillä saadaan monessa tapauksessa merkittävää vähennystä asiakkaiden kokemiin vuosittaisiin jakelukeskeytyksiin, mutta suurhäiriötilanteessa niiden käyttömahdollisuudet heikkenevät. Keskeytysaikoja pystytään lyhentämään myös sijoittamalla ilmajohdot tienvarteen. Maakaapelointi on tehokkain tapa säävarmuuden kehittämiseen, joten tästä johtuen Sallila Sähkönsiirto Oy:ssä on viime vuosina rakennettu runsaasti maakaapeliverkostoa ja tätä rakentamista tullaan myös jatkamaan tulevaisuudessa.

Taloudellisesti ajateltuna Sallila Sähkönsiirto Oy:n ei kannata vielä tällä hetkellä uusia kovin paljoo KJ-verkkooan, koska valtaosalla verkosta on teknistä käyttöikää vielä jäljellä. Noin kymmenen vuoden kuluttua KJ-verkosta löytyy uusintakohteita, joista suuri osa kannattaa suorittaa ennen vuoden 2028 loppua säävarmuustavoitteisiin pääsemisen takia. Parina vuotena ei kuitenkaan pystytä uusimaan koko sähkönjakeluverkkoa, joten osa joudutaan uusimaan jo nyt ja nämä uusinnat kannattaa kohdistaa mahdollisimman vanhoihin verkon osiin, kuten suunnitelmassa 5.3.1 käsiteltyyn Rekikosken haaraan. PJ-johdoista löytyy täysi-ikäisiä ja sääalttiita johtoja huomattavasti enemmän kuin KJ-johdoista, joten näiden uusiminen ilman KJ-verkon uusintaa saattaa tulla kannattavaksi. Myös muuntamoiden ja muuntajien uusimistarvetta on hieman jo tällä hetkellä, mutta KJ-kaapelien päätteiden kalliin hinnan takia muuntamoiden uusiminen puistomuuntamoiksi kannattanee suorittaa vasta KJ-kaapeloinnin yhteydessä.

Sääalttiita ja teknisen käyttöikänsä lopussa olevia KJ-johtoja on Sallila Sähkönsiirto Oy:n verkossa hyvin vähän. Tämä on luotettavan sähkönjakelun kannalta hyvä tilanne, mutta säävarmuuden kehittäminen on hankalaa, koska verkko sisältää uudehkoja sääalttiita johtoja. Uudehkoja KJ-avojohtoja joudutaan purkamaan metsistä säävarmuuden kehittämisen takia, mutta tämä määrä kannattaa minimoida ja suorittaa purkaminen mahdollisimman myöhäisenä ajankohtana.

Peltoalueilla investoinnit kannattaa kohdistaa vanhaan verkkoon ja tutkia johtojen vikatiheyksiä. Jos johto-osalla sattuu paljon vikoja esimerkiksi ukkosen tai lintujen takia, kannattaa pelloillakin maakaapeloida KJ-verkkoa. Ukkosen ja lintujen aiheuttamista sähkönjakelun häiriöistä suuri osa on jälleenkytkentöjä. Jälleenkytkentöjen vaikutusalue voidaan rajata maastokatkaisijoilla huomattavasti pienemmäksi.

Kokonaisuutena Sallila Sähkösiirto Oy:n jakeluverkko on kuitenkin niin hyvässä kunnossa, että säävarmuustavoitteisiin pääseminen ei ole kovin suuri ongelma. Tähän tavoitteeseen pääsemisessä auttavat myös suuret peltoalueet, joissa on paljon säävarmaa ilmajohtoa.

Sähkönjakeluverkon kehittäminen ei yleensä ole taloudellisesti kannattavaa, mutta verkkoa on siitä huolimatta kehitettävä säävarmemmaksi sähkömarkkinalain vaatimusten vuoksi. Erityisesti maaseudulla KJ-verkon kaapelointi on huomattavan kallista toimintaa sähkönkulutuksen suuruus huomioon ottaen. Sähkösiirron maksut ovat yhtä suuria koko jakelualueen kuluttajille, joten lopputuloksena taajamien sähkönkäyttäjät maksavat siirtomaksujen muodossa myös suuren osan maaseudun sähkönjakeluverkon kehittämisestä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

ABB Oy, 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita. Vaasa

CARUNA Oy 2014. Liittymismaksu- ja verkkopalveluhinnasto alueverkossa 110 kV [verkkajulkaisu].

[Luettu 2014-11-11.] Saatavissa:

https://www.fortum.com/countries/fi/SiteCollectionDocuments/Sahkon-siirto-ja-liittymat/Carunan%20hinnastot/CARUNA_Alueverkkohinnasto_2014_fi.pdf

ENERGIATEOLLISUUS RY 2014. Sähkön keskeytystilasto 2013 [verkkajulkaisu]. [Luettu 2014-11-12.]

Saatavissa: <http://energia.fi/julkaisut/s-hk-n-keskeytystilasto-2013>

ENERGIATEOLLISUUS RY 2010. Verkkopalveluehdot, VPE 2010 [verkkajulkaisu]. [Luettu 2014-12-2.]

Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/Verkkopalveluehdot_VPE2010.pdf

ENERGIIVIRASTO 2014a. Sähköjakeluverkon komponenttien yksikköhinnat vuodelle 2014. Saatavissa:

<http://www.energiavirasto.fi/sahkonjakeluverkon-komponenttien-yksikkohinnat-2014>

ENERGIIVIRASTO 2014b. Sähköverkkotoimintaan sitoutuneen pääoman kohtuullinen kustannus

vuonna 2014. Saatavissa: <http://www.energiavirasto.fi/sahkoverkkotoimintaan-sitoutuneen-paoman-kohtuullinen-kustannus-vuonna-2014>

ENERGIIVIRASTO 2014c. Valvontaparametrit. Saatavissa:

<http://www.energiavirasto.fi/valvontaparametrit1>

FINLEX 2013. Sähkömarkkinalaki. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>

HAAKANA, Juha 2008. Haja-asutusalueen keskijänniteverkon kaapeloinnin ja automaation suunnittelumetodiikka. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. [Luettu 2014-10-22.] Saatavissa:

https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/42493/Haakana_Diplomityo.pdf?sequence=1

ILMATIETEEN LAITOS. Tuuliolot eivät suuresti muutu [verkkajulkaisu]. [Luettu 2014-11-25]. Saatavissa:

<http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/e16bb020-5c80-41ed-9d23-508701c90c5c/tuuliolot-eivat-suuresti-muutu.html>

KORPINEN, Leena. Vikatilanteet [verkkajulkaisu]. Saatavissa:

<http://www.leenakorpinen.fi/archive/sahkoverkko/vikatilanteet.pdf>

LAKERVI, Erkki ja PARTANEN, Jarmo 2012. Sähköjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto.

LAPPEENRANTA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY 2010. Jakeluverkkojen tekninen laskenta. [Luettu 2014-10-22.] Saatavissa:

https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bl20a0500/luennot/jakeluverkkojen_tekninen_laskenta.pdf

LIIKENNEVIRASTO 2014. Sähkö- ja telejohdot ja maantiet. Saatavissa:

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-15_sahko_telejohdot_web.pdf

NIEMI, Pekka 2014-10-7. Sallila Sähkösiirto Oy:n jakeluverkkoa Huittisissa. Picasa kotialbumi. Sijainti: Sastamala: Tekijän sähköiset kokoelmat.

NYKÄNEN, Kaisa 2009. Vaasan sähköverkko Oy:n keskijänniteverkon nykytilan määrittäminen sekä kehittämissuunnitelma käyttövarmuuden näkökulmasta. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. [Luettu 2014-11-03.] Saatavissa:

<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/47336/nbnfi-fe200909232132.pdf?sequence=3>

PARTANEN, Jarmo 2013a. Suunnitteluperusteet. Lappeenranta University of Technology. Luentomateriaali. Saatavissa:

<https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCQQFjAB&url=https%3A%2F%2Fnoppa.lut.fi%2Fnoppa%2Fopintojakso%2Fbl20a0500%2Fluennot%2Fsuunnitteluperusteet.pdf&ei=RR53VPvbHcS9ygO9zoLQDQ&usq=AFQjCNEeBwsKbgboh1NVRXcR6bnXE5gvQ&bvm=bv.80642063,d.bGQ>

PARTANEN, Jarmo 2013b. Säävarma sähkönjakeluverkko – Sallilan Sähkösiirto Oy. Netstra Oy.

PARTANEN, Jarmo. Alue- ja keskijänniteverkkojen pitkän aikavälin kehittäminen. LUT Energia. Luentomateriaali.

SALLILA ENERGIA OY 2014. Sallila Energia vuosikertomus 2013. Saatavissa:

http://issuu.com/huima/docs/sallilaenergia_vuosikertomus2013

SALLILA SÄHKÖNSIIRTO OY 2014a. Hinnasto 1.1.2014 [verkkójulkaisu]. Saatavissa:

http://www.sallila.fi/uploads/Hinnasto_siirto_1.1.2014.pdf

SALLILA SÄHKÖNSIIRTO OY 2014b. Verkkopalveluhinnasto, tehosähkö 1.1.2014 [verkkójulkaisu].

Saatavissa: http://www.sallila.fi/uploads/lomakeliitteet/Tehohinnasto_siirto_1.1.2014.pdf

SUOMEN VIRALLINEN TILASTO (SVT) 2014. Liitekuvio 1. Kuluttajahintaindeksin ja yhdenmukaistetun kuluttajahintaindeksin vuosimuutokset, tammikuu 2001 - syyskuu 2014 [verkkójulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus. [Viitattu 5.11.2014]. Saatavissa:

http://www.stat.fi/til/khi/2014/09/khi_2014_09_2014-10-14_kuv_001_fi.html

TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ 2012. Energiaosaston muistio. Työ- ja elinkeinoministeriön ehdotus toimenpiteistä sähkönjakelun varmuuden parantamiseksi sekä sähkökatkojen vaikutusten lievittämiseksi. Saatavissa:

http://www.tem.fi/files/32354/Muistio_TEMin_ehdotuksiksi_toimitusvarmuudesta_16032012_final_clean.pdf

VAARASUO, Ilkka 2012. 20 kV sähkönjakeluverkon kehittämissuunnitelma. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Luettu 2014-10-22.] Saatavissa:

http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/48851/Vaarasuo%20ont_palautettava.pdf?sequence=1

VÄISÄNEN, Pasi 2012. Loistehon kompensointi jakeluverkkoyhtiössä. Tampereen teknillinen yliopisto. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. [Luettu 2014-11-12.] Saatavissa:

<https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21284/Vaisanen.pdf?sequence=1>