



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kai Aleks Kinnunen

LEPPÄKOSKEN SÄHKÖ OY:N PARKA-
NO-KIHNIÖ JAKELUALUEEN TAVOI-
TEVERKKOSUUNNITELMA

Tekniikka ja liikenne
2012

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun sähkötekniikan koulutusohjelmassa. Työn toimeksiantajana toimi Leppäkosken Sähkö Oy.

Työn ohjaajana Vaasan ammattikorkeakoulusta toimi yliopettaja Olavi Mäkinen ja Leppäkosken Sähkö Oy:stä verkostosuunnittelija Ari Kartaslammi, joille haluan esittää suuren kiitoksen. Lisäksi haluan kiittää Leppäkosken Sähkö Oy:n käyttöpäällikkö Jouko Vanhataloa, Parkanon aluepäällikkö Juhani Haavistoa ja verkostojohtaja Matti Virtasta sekä kaikkia, jotka tukivat minua tätä opinnäytetyötä tehdessäni.

Ikaalisissa 3.4.2012

Kai Kinnunen

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Kai Kinnunen
Opinnäytetyön nimi	Leppäkosken Sähkö Oy:n Parkano-Kihniö jakelualueen tavoiteverkkosuunnitelma
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	127 + 10 liitettä
Ohjaaja	Olavi Mäkinen

Parkanon ja Kihniön jakelualueen keskijänniteverkko on sähkönjakelun luotettavuuden ja sähkön laadun kannalta tulevaisuudessa melko haastavassa tilassa. Alueiden keskijänniteverkko on Parkanon keskustaa lukuun ottamatta maaseutuverkkoa, joka koostuu pitkistä avojohtolähdöistä. Viime vuosina lisääntyneet myrskyt ja voimakkaat sääilmiöt luovat jatkuvasti kasvavaa painetta kehittää metsissä ja vaikeissa ympäristöissä kulkevaa avojohtoverkkoa. Pitkistä jakelureiteistä ja osittain heikosta verkosta johtuen, myös jännitteenalenemat ovat muodostuneet ongelmaksi joissakin tavoiteverkkoalueen johtolähdöissä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on määrittellä Parkanon ja Kihniön alueiden keskijänniteverkon tila vuonna 2022. Työssä määritellään jakelualueen keskijänniteverkon nykytila sekä tekijät, jotka tulevaisuudessa aiheuttavat muutoksia alueen sähkönjakeluverkkoon. Työn tavoitteena on luoda suuntaviivat alueen jakeluverkon kehittämiseksi. Verkon nykytilan tarkastelussa ja kehittämiskohteiden suunnittelussa, käytettiin työkaluna sähköverkkoyhtiössä käytössä olevaa verkkotietojärjestelmää ABB Open++ Integra. Verkkotietojärjestelmän tietokantojen sekä laskenta- ja suunnittelutyökalujen avulla saatiin tarvittavat tiedot keskijänniteverkosta nykytila-analyysia varten. Kehittämissuunnitelmat luotiin verkkotietojärjestelmän verkostolaskenta- ja suunnittelutyökalujen avulla.

Luodut kehittämissuunnitelmat voidaan jaotella toimitusvarmuutta parantaviin ja kuormituksen muutoksiin perustuviin investointeihin. Tavoiteverkkoalueen kunnat ovat muuttotappiokuntia, joten kuormituksen kasvu on maltillista ja osiltaan jopa negatiivista. Pääpaino kehittämissuunnitelmissa on sähkön toimitusvarmuutta ja luotettavuutta parantavissa investoinneissa. Toimitusvarmuutta ja luotettavuutta parantavilla investoinneilla saadaan pienennettyä keskeytyksestä aiheutuneita haittakustannuksia ja asiakkaille maksettavia vakiokorvauksia.

ABSTRACT

Author	Kai Kinnunen
Title	Network Plan for Parkano-Kihniö Distribution Area of Leppäkosken Sähkö Oy
Year	2012
Language	Finnish
Pages	127 + 10 Appendices
Name of Supervisor	Olavi Mäkinen

The future of medium voltage network of Parkano-Kihniö distribution area is in a challenging position when it comes to distribution reliability and power quality. The medium voltage network of the area is mainly overhead-wired rural network. In recent years increased storms and severe weather events create a growing pressure to develop overhead line network that is located in the forests and in the difficult environments. Because of the long distribution distances and partly impaired network, the voltage losses have become problems in some line outputs of the area.

The purpose of this thesis was to define the state of medium voltage network of the Parkano and Kihniö region in the year 2022. The current electrical state of the network and change factors that have an effect on electricity network of the area in the future were also defined in this thesis. The aim of this thesis was to create guidelines for the development of the medium voltage network of the area. ABB Open++ Integra, a network information system, was used when researching the current state of the network and creating the development plans. Databases and planning tools of the network information system gave the needed information for the network analysis. Development plans were created with the network calculation and planning tools of the network information system.

The development plans can be divided in to distribution reliability improving investments and to the investments that are due to consumption changes. Parkano and Kihniö are both net migration municipalities so the load growth is moderate and partly negative. The main focus of the development plans was in the distribution reliability improving investments which can reduce the prejudice caused by the supply interruption and the indemnities that have to be paid to clients due to the supply interruptions.

Keywords	electricity distribution, medium voltage network, network planning, network target plan
----------	---

SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	20
2	YRITYKSEN ESITTELY	21
	2.1 Leppäkosken Sähkö -konserni	21
	2.2 Leppäkosken Sähkö Oy	22
	2.3 Leppäkosken Sähkö -konsernin strategia 2012.....	23
3	KESKIJÄNNITEVERKON SUUNNITTELU JA KÄYTTÖ.....	25
	3.1 Yleistä keskijänniteverkon suunnittelusta.....	25
	3.2 Suunnittelun työkalut	26
	3.2.1 ABB Open++ Integra	26
	3.3 Keskijänniteverkon käyttöprosessi	26
	3.4 Käyttötoiminnan työkalut	27
	3.4.1 ABB Open++ DMS 600.....	27
	3.4.2 ABB MicroSCADA Pro.....	27
	3.5 Keskijänniteverkon käyttövarmuus	28
	3.6 Sähkönjakelun luotettavuus	29
	3.7 Keskijänniteverkon kunnossapito	30
	3.8 Keskijänniteverkon suunnitteluun vaikuttavat parametrit	31
	3.8.1 Verkon kuormitettavuus.....	31
	3.8.2 Verkon oikosulkukestoisuus	32
	3.8.3 Verkon jännitteenalenema.....	33
	3.8.4 Verkon taloudellinen mitoittaminen	34
4	KESKIJÄNNITEVERKON RELESUOJAUS.....	36
	4.1 Yleistä keskijänniteverkon relesuojauksesta.....	36
	4.2 Oikosulkusuojaus	37
	4.3 Maasulkusuojaus.....	39
	4.3.1 Maasta erotetun verkon maasulkusuojaus.....	40
	4.3.2 Sammutetun verkon maasulkusuojaus	43
	4.4 Jälleenkytkennät.....	44

	5
4.5 Vyöhykkeellisen johtolähdön relesuojaus	46
4.5.1 Lamminkosken vyöhykekatkaisija.....	46
5 VERKON NYKYTILA-ANALYYSI.....	51
5.1 Sähköasemien nykytila	51
5.1.1 Paunun sähköasema	52
5.1.2 Parkanon sähköasema	53
5.1.3 Jaakkolan sähköasema	54
5.1.4 Nerkoon kytkinasema.....	55
5.2 Keskijänniteverkon nykytila	56
5.2.1 Paunun sähköaseman nykytilan kytkentätilanne.....	56
5.2.2 Parkanon sähköaseman nykytilan kytkentätilanne.....	57
5.2.3 Jaakkolan sähköaseman nykytilan kytkentätilanne.....	58
5.2.4 Nerkoon kytkinaseman nykytilan kytkentätilanne.....	59
5.2.5 Verkon sähkötekniinen tila.....	60
5.2.6 Suojausanalyysi ja releasettelut johtolähdöittäin	63
5.3 Sähköasemien korvaustarkastelu nykytilassa	73
5.3.1 Paunun sähköaseman korvaaminen	73
5.3.2 Parkanon sähköaseman korvaaminen	75
5.3.3 Jaakkolan sähköaseman korvaaminen.....	77
5.3.4 Nerkoon kytkinaseman syöttöyhteyden korvaaminen	79
6 KULUTUKSEN MUUTOSENNUSTEET	81
6.1 Tilastokeskuksen väestöennusteet	81
6.2 Ominaiskulutuksen kehittyminen	81
6.2.1 Paunun sähköaseman trendi	82
6.2.2 Parkanon sähköaseman trendi	85
6.2.3 Jaakkolan sähköaseman trendi	87
6.3 Tehonkasvuennusteen yhteenveto	89
6.4 Verkon tila ennusteen kuormituksilla	89
6.4.1 Paunun sähköaseman keskijänniteverkko	90
6.4.2 Parkanon sähköaseman keskijänniteverkko	90
6.4.3 Jaakkolan sähköaseman keskijänniteverkko	91
7 KEHITTÄMISSUUNNITELMAT	93

7.1	Kuivasjärven johtolähtö	93
7.2	Parkanon ja Jaakkolan sähköasemien sammutus	98
7.2.1	Parkanon sähköaseman sammutus	98
7.2.2	Jaakkolan sähköaseman sammutus	100
7.3	Vuorijärven johtolähtö	102
7.4	Karttiperän johtolähtö	106
7.5	Vahojärven johtolähtö.....	107
7.6	Nerkoon kytkinaseman kompensointikondensaattorit.....	110
7.7	Aurekosken kytkinasema ja topologiamuutos	113
7.8	Johtolähtö Keskusta 2	115
7.9	Johtolähtöjen Kihniö ja Kihniö 2 yhdistäminen	118
7.10	Nerkoon kytkinaseman uusi syöttö.....	119
8	PITKÄN TÄHTÄIMEN SUUNNITELMAT	122
9	YHTEENVETO	125

LÄHTEET

LIITTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Leppäkosken Sähkö -konsernin toimialue. /1./.....	22
Kuva 2. $I_0 \sin \varphi$ -toimintakarakteristika. /10./	42
Kuva 3. $I_0 \cos \varphi$ -toimintakarakteristika. /10./.....	44
Kuva 4. Keski-jänniteverkossa käytettävät jälleenkytkennät. /3./.....	45
Kuva 5. Vikavirran aiheuttama johtimien lämpenemä jälleenkytkentöjen aikana. /3./	46
Kuva 6. Kuivasjärven johtolähdön oikosulkusuojauksen selektiivisyys.....	47
Kuva 7. Laajakulmareleen laukaisuehdot. /12/.....	49
Kuva 8. Kuivasjärven johtolähdön maasulkusuojauksen selektiivisyys.	49
Kuva 9. Paunun sähköaseman mitatut huipputehot vuosilta 2009–11 ja huipputehoennusteet vuosille 2012–22.....	84
Kuva 10. Parkanon sähköaseman mitatut huipputehot vuosilta 2006–11 ja huipputehoennusteet vuosille 2012–22.....	86
Kuva 11. Jaakkolan sähköaseman mitatut huipputehot vuosilta 2006–11 ja huipputehoennusteet vuosille 2012–22.....	88
Kuva 12. Kuivasjärven lähtö ja vyöhykekatkaisijat.....	94
Kuva 13. Viidan vyöhykekatkaisija.	95
Kuva 14. Luoman kk-erotin ja Koiviston pylväsmuuntaja.	96
Kuva 15. Keski-erotinasema ja johtosaneeraus.....	97
Kuva 16. Parkanon aseman tähtipiste-omakäyttömuuntaja ja sammutuskela.....	99
Kuva 17. Jaakkolan sähköaseman sammutuslaitteisto.....	101
Kuva 18. Vuorijärven lähdön erotininvestoinnit.....	103
Kuva 19. Vaskiperän haaran saneeraus.....	104
Kuva 20. Runko-osuuden saneeraukset.....	105
Kuva 21. Oravalahden erotinasema.....	106
Kuva 22. Oravalahden haaran johtosaneeraus.....	107
Kuva 23. Linnaharjun haaran suunnitelmat.	108
Kuva 24. Runkojohdon saneeraukset.	109
Kuva 25. Sisätön haaran saneeraukset.....	110
Kuva 26. Nerkoon kytkinaseman kompensointikondensaattorit.....	111
Kuva 27. Rinnakkaiskompensointikondensaattorit.....	111

Kuva 28. Aurekosken kytkinaseman paikka.	113
Kuva 29. Aurekosken johtolähdön topologia.	114
Kuva 30. Kairokosken alueen kaapeloinnit ja saneeraukset.	116
Kuva 31. Teollisuusalueen syöttö.	117
Kuva 32. Kihniön johtolähdön topologia kytkentämuutoksen jälkeen.	118
Kuva 33. Nerכון kytkinaseman uusi syöttö.	120
Kuva 34. Nerכון sähköaseman sijoitus ja 110 kV:n johtohaara.	123
Taulukko 1. Paunun sähköaseman nykytilan sähköiset tunnusluvut.	52
Taulukko 2. Paunun sähköaseman maasulkuvirrat, kun sammutus on kytketty pois.	52
Taulukko 3. Parkanon sähköaseman nykytilan sähköiset tunnusluvut.	53
Taulukko 4. Kompensointikondensaattoreiden nimellisarvot.	54
Taulukko 5. Jaakkolan sähköaseman nykytilan sähköiset tunnusluvut.	55
Taulukko 6. Nerכון kytkinaseman nykytilan sähköiset tunnusluvut.	56
Taulukko 7. Paunun sähköaseman nykytilan mukaiset arvot johtolähdöittäin.	57
Taulukko 8. Parkanon sähköaseman nykytilan mukaiset arvot johtolähdöittäin.	58
Taulukko 9. Jaakkolan sähköaseman nykytilan mukaiset arvot johtolähdöittäin.	59
Taulukko 10. Nerכון kytkinaseman nykytilan mukaiset arvot johtolähdöittäin.	59
Taulukko 11. Paunun sähköaseman keskijänniteverkon nykytilan mukaiset sähkötekniset arvot johtolähdöittäin.	60
Taulukko 12. Parkanon sähköaseman keskijänniteverkon nykytilan mukaiset sähkötekniset arvot johtolähdöittäin.	61
Taulukko 13. Jaakkolan sähköaseman keskijänniteverkon nykytilan mukaiset sähkötekniset arvot johtolähdöittäin.	62
Taulukko 14. Nerכון kytkinaseman keskijänniteverkon nykytilan mukaiset sähkötekniset arvot johtolähdöittäin.	63
Taulukko 15. Paunun sähköaseman oikosulkusuojauksen releasettelut johtolähdöittäin.	65
Taulukko 16. Paunun sähköaseman maasulkusuojauksen releasettelut johtolähdöittäin.	66

Taulukko 17. Parkanon sähköaseman oikosulkusuojauksen releasettelut johtolähdöittäin.	67
Taulukko 18. Kuivasjärven johtolähdöllä sijaitsevan Lamminkosken vyöhykekatkaisijan oikosulkusuojauksen releasettelut.	68
Taulukko 19. Parkanon sähköaseman maasulkusuojauksen releasettelut johtolähdöittäin.	69
Taulukko 20. Kuivasjärven johtolähdöllä sijaitsevan Lamminkosken vyöhykekatkaisijan maasulkusuojauksen releasettelut.	69
Taulukko 21. Kondensaattoreiden suojareleiden asetteluarvot.	70
Taulukko 22. Jaakkolan sähköaseman oikosulkusuojauksen releasettelut johtolähdöittäin.	70
Taulukko 23. Jaakkolan sähköaseman maasulkusuojauksen releasettelut johtolähdöittäin.	71
Taulukko 24. Nerkoon kytkinaseman oikosulkusuojauksen releasettelut johtolähdöittäin.	72
Taulukko 25. Nerkoon kytkinaseman maasulkusuojauksen releasettelut johtolähdöittäin.	72
Taulukko 26. Korvaustarkasteluun osallistuvien sähköasemien sähkötekniiset arvot normaalissa kytkentätilanteessa.	74
Taulukko 27. Parkanon sähköaseman päämuuntajan sähkötekniiset arvot, kun Paunun asema on korvattu.	74
Taulukko 28. Parkanon sähköaseman johtolähtöjen tunnusluvut korvauskytkennässä.	75
Taulukko 29. Korvaustarkasteluun osallistuvien sähköasemien sähkötekniiset arvot normaalissa kytkentätilanteessa.	76
Taulukko 30. Jaakkolan sähköaseman päämuuntajan sähkötekniiset arvot, kun Parkanon asema on korvattu.	76
Taulukko 31. Jaakkolan sähköaseman johtolähtöjen tunnusluvut korvauskytkennässä.	76
Taulukko 32. Korvaustarkasteluun osallistuvien sähköasemien sähkötekniiset arvot normaalissa kytkentätilanteessa.	77

Taulukko 33. Parkanon sähköaseman päämuuntajan sähkötekniiset arvot, kun Jaakkolan asema on korvattu.	78
Taulukko 34. Parkanon sähköaseman johtolähtöjen tunnusluvut korvauskytkennässä.....	78
Taulukko 35. Korvaustarkasteluun osallistuvien syöttöasemien sähkötekniiset arvot normaalissa kytkentätilanteessa.	79
Taulukko 36. Jaakkolan sähköaseman päämuuntajan sähkötekniiset arvot, kun sillä syötetään myös Nerkoon kytkinasemaa.	79
Taulukko 37. Jaakkolan sähköaseman johtolähtöjen tunnusluvut korvauskytkennässä.....	80
Taulukko 38. Tavoiteverkkoalueen kuntien väestöennusteet vuodelle 2020 /13/.	81
Taulukko 39. Paunun sähköaseman mitatut ja ennustetut huipputehot.....	83
Taulukko 40. Parkanon sähköaseman mitatut ja ennustetut huipputehot.....	85
Taulukko 41. Jaakkolan sähköaseman mitatut ja ennustetut huipputehot.....	87
Taulukko 42. Yhteenveto sähköasemien tehon kasvusta.	89
Taulukko 43. Paunun sähköaseman johtolähtöjen arvot ennusteen kuormituksilla vuonna 2022.....	90
Taulukko 44. Parkanon sähköaseman johtolähtöjen arvot ennusteen kuormituksilla vuonna 2022.....	91
Taulukko 45. Jaakkolan sähköaseman johtolähtöjen arvot ennusteen kuormituksilla vuonna 2022.....	92
Taulukko 46. Kihniö-lähdön arvot vuonna 2018.....	112
Taulukko 47. Nerkoon kytkinaseman arvot vuonna 2022.....	112
Taulukko 48. Topologiamuutoksen jälkeiset tunnusluvut vuonna 2022.....	114
Taulukko 49. Kihniön lähdön sähköiset arvot vuonna 2022.	119
Taulukko 50. Nerkoon johtolähdön tunnusluvut vuonna 2022.	121

LIITTEET

LIITE 1. Tavoiteverkkoalue

LIITE 2. Paunun sähköaseman keskijänniteverkko

LIITE 3. Parkanon sähköaseman keskijänniteverkko

LIITE 4. Jaakkolan sähköaseman keskijänniteverkko

LIITE 5. Nerכון kytkinaseman keskijänniteverkko

LIITE 6. Tavoiteverkkoalueen maakaapelilajit ja maasulkuvirrat

LIITE 7. Häviökustannukset johtolähdöittäin

LIITE 8. Investointiohjelma

LIITE 9. Aurekosken kytkinaseman pääkaavio

LIITE 10. Nerכון 110/20 kV sähköaseman pääkaavio

KÄYTETYT LYHENTEET JA MERKINNÄT

Lyhenteet ja merkinnät

ABB	Asea Brown Boveri
AJK	Aikajälleenkytkentä
AMR	Automatic Meter Reading, mittareiden etäluentajärjestelmä
CAIDI	Customer Average Interruption Duration Index, vikojen keskimääräinen kesto/asiakas/vika
$\cos\phi$ -kytkentä	Suunnatun maasulkureleen sammutetussa verkossa käytetty kytkentä
DMS	ABB Open++ DMS 600, käytöntukijärjestelmä
D-ryhmä	Maadoitusryhmä vanhoissa asennuksissa
EA	Erotinasema
EMV	Energiamarkkinavirasto
f_N	Nimellistaajuus [Hz]
H_h	Tehohäviöiden hinta vuodessa [€/kW,a]
H_{jv1}	Johdon 1 ajalla $0 \dots T$ syntyvien kustannusten nykyarvo huipputehon kasvaessa $r\%$:ia vuodessa
I	Virta [A]
$I >$	Ylivirtareleen aikalaukaisuportaan laukaisuasetteluvirta [A]
$I > / I_{\max}$	Ylivirtareleen aikalaukaisuportaan asetteluarvon suhde johdolahteen huippukuormitusvirtaan [p.u.]
$I >>$	Ylivirtareleen pikalaukaisuportaan laukaisuasetteluvirta [A]

$I_0 \cos \varphi$	Maasulkuvirran resistiivinen pätökomponentti [A]
$I_0 \cos \varphi$ -karakteristika	Suunnatun maasulkureleen sammutetussa verkossa käytetty toimintakarakteristika
$I_{0\text{mitattu}}$	Mitattu maasulun summavirta [A]
$I_0 \sin \varphi$	Maasulun summavirran kapasitiivinen loiskkomponentti [A]
$I_0 \sin \varphi$ -karakteristika	Suunnatun maasulkureleen maasta erotetussa verkossa käytetty toimintakarakteristika
I_{1S}	1 s oikosulkukestoisuus [A]
I_E	Maasulkuvirta suorassa maasulussa [A]
I_{EF}	Maasulkuvirta vikavastuksen vaikutuksesta pienentyneessä maasulussa [A]
I_{k2}	2-vaiheinen oikosulkuvirta [A]
$I_{k2\text{min}}$	Pienin 2-vaiheinen oikosulkuvirta [A]
$I_{k2\text{min}} / I >$	Havahtuvaisuustunnusluku [p.u.]
I_{k3}	3-vaiheinen oikosulkuvirta [A]
$I_{k3\text{max}}$	Suurin 3-vaiheinen oikosulkuvirta [A]
I_k -kestoisuus $I >$	Oikosulkukestoisuus aikalaukaisua käyttäen [%]
I_k -kestoisuus $I >>$	Oikosulkukestoisuus pikalaukaisua käyttäen [%]
I_{max}	Huippukuormitusvirta [A]
I_N	Nimellisvirta [A]
Integra	ABB Open++ Integra, verkkotietojärjestelmä

$I_{\phi}'>$	Suunnatun maasulkureleen alemman toimintaportaan laukaisuasettelu toisioarvona [A]
$I_{\phi}>$	Suunnatun maasulkureleen alemman laukaisuportaan laukaisuasetteluvirta ensiöarvona [A]
$I_{\phi}>>$	Suunnatun maasulkureleen ylemmän laukaisuportaan laukaisuasetteluvirta ensiöarvona [A]
JKL	Jaakkolan sähköasema
KA	Kytkinasema
KAH	Keskeytyksestä aiheutunut haitta
$K_{häv}$	Häviökustannukset tarkasteltavalta ajanjaksolta [€]
K_{i1}	Johdon 1 rakentamiskustannukset [€/km]
K_{i2}	Johdon 2 rakentamiskustannukset [€/km]
K_{inv}	Investoinnin hankintakustannukset [€]
kk	Kaukokäyttö
K_{kesk}	Keskeytyshaittakustannukset tarkasteltavalta ajanjaksolta [€]
K_{kok}	Investoinnin kokonaiskustannukset [€]
K_{kun}	Kunnossapitokustannukset tarkasteltavalta ajanjaksolta [€]
LMK	Lamminkosken vyöhykekatkaisija
LSOY	Leppäkosken Sähkö Oy
MAIFI	Momentary Average Interruption Frequency Index, jälleenykytkentöjen keskimääräinen määrä/asiakas/vuosi

MELKO	Mittareiden etäluenta- ja kauko-ohjausjärjestelmä
MicroSCADA	ABB MicroSCADA Pro, käytönvalvontajärjestelmä
NRK	Nerkoon kytkinasema
OSAM 24A1	Strömbergin vähäöljykatkaisija
OSAP	Strömbergin vähäöljykatkaisija
p	Laskentakorkokanta [%]
P_1	Huipputeho suunnitelma-ajanjakson 1. vuotena [W]
P_{11}	Huipputeho suunnitelma-ajanjakson 11. vuotena [W]
PAU	Paunun sähköasema
P_h	Häviöteho [W]
PJK	Pikajälleenkytkentä
P_{max}	Huipputeho [W]
PRK	Parkanon sähköasema
Q	Loisteho [Var]
Q_N	Nimellisloisteho [Var]
R	Resistanssi [Ω]
r	Vuotuinen tehonkasvuprosentti [%/a]
R_{110}	110 kV:n verkon oikosulkuresistanssi [Ω]
REF 541	ABB:n numeerinen suojarele
R_F	Vikavastus [Ω]

R_j	Syöttöaseman ja vikapaikan välisten 20 kV:n johtojen resistanssi [Ω]
R_{km}	Sähköaseman 110/20 kV:n päämuuntajan alajännitepuolen oikosulkuresistanssi [Ω]
R_m	Maadoitusresistanssi [Ω]
$R_m (2)$	Maadoitusresistanssin suurin sallittu arvo uusissa asennuksissa [Ω]
$R_m (D)$	Maadoitusresistanssin suurin sallittu arvo vanhoissa D-ryhmän maadoituksissa [Ω]
r_{v1}	Johdon 1 ominaisresistanssi pituusyksikköä kohden [Ω/km]
r_{v2}	Johdon 2 ominaisresistanssi pituusyksikköä kohden [Ω/km]
S	Näennäisteho [VA]
SA	Sähköasema
SAIDI	System Average Interruption Duration Index, vikojen kokonaiskesto aika/asiakas/vuosi
SAIFI	System Average Interruption Frequency Index, vikojen keskimääräinen määrä/asiakas/vuosi.
SENER	Sähköenergialiitto ry
SFS	Suomen Standardisoimisliitto ry
$\sin\phi$ -kytkentä	Suunnatun maasulkureleen maasta erotetussa verkossa käytetty kytkentä
S_{\max}	Rajateho [VA]
S_N	Nimellinäennäisteho [VA]

SPAA 341 C	ABB:n numeerinen johdonsuojarelepaketti
SPAA 3A5 J40	Strömbergin elektroninen suoja-rele
SPAJ 3A5 J3	Strömbergin 3-vaiheinen vakioaikaylivirtarele
SPAU 1K100 J3	Strömbergin vakioaikaylijänniterele
SPCS 2D26	ABB:n SPAA 341 C numeerisen johdonsuojarelepaketin maasulkurelemoduuli
SPS	Satapirkan Sähkö Oy
StM	Sähköturvallisuusmääräykset
T	Tarkasteluaika [a]
$t >$	Ylivirtareleen aikalaukaisuportaan aikahidastus [s]
$t >>$	Ylivirtareleen pikalaukaisuportaan aikahidastus [s]
$t_0 >$	Maasulkureleen alemman laukaisuportaan aikahidastus [s]
t_1	PJK:n poltto-aika [s]
t_2	AJK:n poltto-aika [s]
t_3	Vikavirran kesto-aika ennen lopullista laukaisua [s]
t_{AJK}	AJK:n jännitteetön aika [s]
TJS	Toimittamatta jäänyt sähkö
t_{PJK}	PJK:n jännitteetön aika [s]
$t_{\text{purkautumis}}$	Kompensointikondensaattoreiden purkautumisaika [s]
U	Pääjännite [V]
U_0	Nollajännite [V]

$-U_0$	Nollajännitteen vastavektori [V]
$U_0'>$	Nollajännitteen laukaisuasetteluarvo toisioarvona [V]
$U_0>$	Nollajännitteen laukaisuasetteluarvo ensiöarvona [V]
U_h	Jännitteenalenema [V]
$U_{hmax\%}$	Suurin suhteellinen jännitteenalenema [%]
U_m	Maadoitusjännite [V]
U_{TP}	Kosketusjännite [V]
U_V	Vaihejännite [V]
U_{VN}	Nimellinen vaihejännite [V]
VD4	ABB:n tyhjiökatkaisija
W_h	Häviöenergia [MWh/a]
VT3	Valtatie 3
X	Reaktanssi [Ω]
X_{110}	110 kV:n verkon oikosulkureaktanssi [Ω]
X_j	Syöttöaseman ja vikapaikan välisten 20 kV:n johtojen reaktanssi [Ω]
X_{km}	Sähköaseman 110/20 kV:n päämuuntajan alajännitepuolen oikosulkureaktanssi [Ω]
YNd11	Päämuuntajan kytkentäryhmä
ZN	Tähtipistemuuntajan kytkentäryhmä
ZNyn	Tähtipiste-omakäyttömuuntajan kytkentäryhmä

Kreikkalaiset

α	Apumuuttuja
β	Beta-kerroin
ΔP	Huipputehon muutos suunnitteluajanjakson lopussa [W]
$\Delta\varphi$	Laajakulmamaasulkureleen toimintasektori [deg]
φ	Vaihesiirtokulma [deg]
φ_2	Kapitalisointikerroimen apukerroin
φ_b	Laajakulmamaasulkureleen laukaisun peruskulma [deg]
ϑ_2	Tehohäviöiden kapitalisointikerroin

Johdinmerkinnät

AHXAMK-W	Alumiinijohtiminen keskijännitemaakaapeli
AXCLIGHT	Alumiinijohtiminen keskijännitemaakaapeli
BLL-T	Teräsvahvisteinen päällystetty alumiiniavojohto
BT16	Bantam, teräsvahvisteinen alumiiniavojohto
PAS	Päällystetty alumiiniavojohto
SP40	Sparrow, teräsvahvisteinen alumiiniavojohto
SW25	Swan, teräsvahvisteinen alumiiniavojohto

1 JOHDANTO

Leppäkosken Sähkö Oy:n Parkano-Kihniö jakelualueen tavoiteverkkosuunnitelman tarkoituksena on määrittellä Leppäkosken Sähkö Oy:n Parkanon ja Kihniön alueiden keskijänniteverkon tila 10 vuoden kuluttua nykyhetkestä eli vuonna 2022. Tavoiteverkkosuunnitelmassa esitetään verkon nykytila ja toimintakyky sekä määritellään tekijät, jotka tulevaisuudessa aiheuttavat muutoksia tarkasteltavan alueen sähkönjakeluverkossa. Tavoiteverkkosuunnitelman tavoitteena on luoda suuntaviivat, joiden mukaan alueen jakeluverkkoa tulisi kehittää tulevaisuudessa tapahtuvien muutosten mukaan, ja esittää mahdollisia ratkaisumalleja, joilla tavoiteverkkotilaan päästään.

Tavoiteverkkosuunnitelma rajautuu maantieteellisesti Parkanon kaupungin ja Kihniön kunnan rajoihin. Verkostollisesti alue rajautuu Parkanon ja Jaakkolan sähköasemien keskijännitejohtolähtöihin, Nerkoon kytkinasemaan sekä Ikaalisten puolella sijaitsevan Paunun sähköaseman 3:een keskijännitelähtöön.

Verkon nykytila-analyysissä tarkasteltiin syöttöasemien nykytilaa, keskijänniteverkon topologiaa ja sähkötekniistä kuntoa, johtolähtöjen releasetteluita sekä sähköasemien korvattavuutta. Verkon nykytilan ja sen mahdollisten ongelmien tunteminen on erittäin tärkeää jakeluverkon suunnittelun, kehittämisen, relesuojauksen ja mekaanisen kunnan tarkkailemisen takia. Nykytila-analyysissä havaittuihin ongelma-kohtiin esitettiin ratkaisumalleja verkon kehittämissuunnitelmissa.

Työssä esitettiin alueen kasvuennusteet ja muutostekijät tavoiteverkkoaikana. Verkon kehittämissuunnitelmissa luotiin suunnitelma miten sähköverkkoa tulee tavoiteverkkoaikana kehittää tapahtuvien muutosten myötä, esimerkiksi verkkoinvestointien, saneerausten ja topologiamuutosten avulla.

2 YRITYKSEN ESITTELY

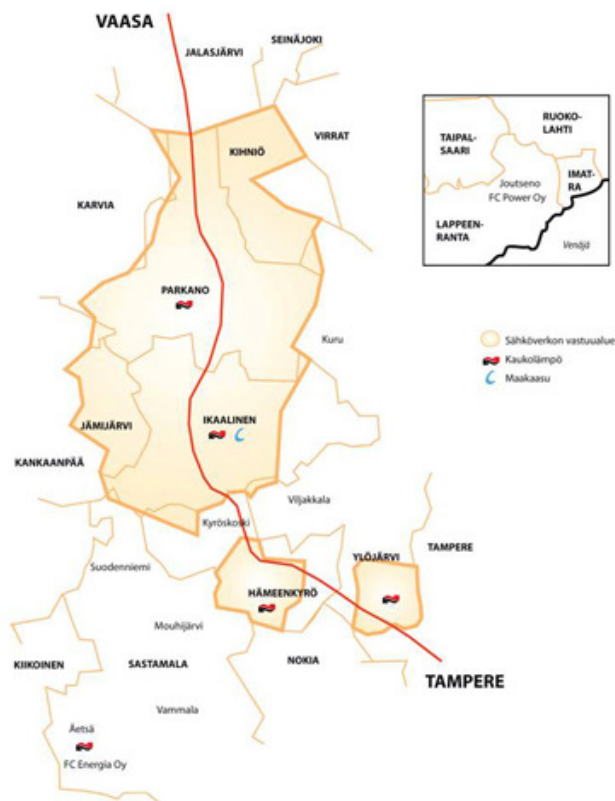
2.1 Leppäkosken Sähkö -konserni

Leppäkosken Sähkö -konserni on energiapalveluyritys, joka tarjoaa asiakkailleen sähkö-, kaukolämpö- ja maakaasupalveluja ja ratkaisuja. Konsernin muodostavat Leppäkosken Sähkö Oy ja sen täydessä omistuksessa oleva tytäryhtiö Leppäkosken Energia Oy. Lisäksi konserniin kuuluvat tytäryhtiöt FC Energia Oy ja FC Power Oy. /1./

Leppäkosken Sähkö Oy vastaa sähkön siirto- ja liittymäpalveluista, sähköverkon rakentamisesta ja ylläpidosta sekä konsernin yhteisistä toiminnoista. Konsernin emoyhtiö toimii verkonhaltijana jakelualueellaan. /1./

Leppäkosken Energia Oy vastaa sähkön, kaukolämmön ja maakaasun myynnistä, konsernin asiakkuudenhallinnasta, kaukolämmön tuotannosta ja siirrosta, sähkön tuotantotoiminnasta sekä maakaasu- ja kaukolämpöverkostojen rakentamisesta ja kunnossapidosta. Tytäryhtiö vastaa kaukolämpötoiminnasta Ikaalisissa, Parkanos- sa, Hämeenkyrössä, Sastamalan Äetsässä ja Ylöjärvellä Ylisen alueella sekä maakaasun pienjakelusta Ikaalisissa. Sähköä yhtiö myy koko valtakunnan alueelle. /1./

Konsernin keskustoimipaikka sijaitsee Ikaalisissa, aluetoimipisteet Ylöjärvellä ja Parkanos- sa. Konsernin toimitusjohtaja on Juha Koskinen, ja vakituista henkilöstöä konsernissa on 87 henkilöä. Vuonna 2011 konsernin liikevaihto oli 36,8 M€, lii- kevoitto 2,7 M€ ja tulos 1,9 M€. Konserni kuuluu Satapirkan Sähkö Oy:hyn (SPS), ja on rakentanut yhteisen laatu-, ympäristö- ja turvallisuusjärjestelmän muiden osakasyhtiöiden kanssa. Konsernin toimialue on esitetty kuvassa 1. /1./



Kuva 1. Leppäkosken Sähkö -konsernin toimialue. /1./

Leppäkosken Sähkö -konsernilla on käytössään kaikki toiminnot kattava toimintajärjestelmä, joka täyttää laatu- (ISO 9001:2000), ympäristö- (ISO 14001) sekä työterveys- ja turvallisuusstandardien (OHSAS 18001) perusteet ja vaatimukset. Lisäksi konsernille sertifioitiin kesällä 2011 Energianhallintajärjestelmä I - Energiatehokkuusjärjestelmä (SFS EN 16001). /1./

2.2 Leppäkosken Sähkö Oy

Leppäkosken Sähkö Oy perustettiin vuonna 1919, kun Jooseppi Rytilä kiinnostui mahdollisuudesta vangita Ikaalisten pohjoisosassa sijaitsevan Leppäkosken kuohut sähkön tuotantoon. Näin ollen Leppäkoskeen rakennettiin pato ja pieni voimalaitos. Varsinainen sähköntuotanto alkoi elokuussa 1921. /1./

Leppäkosken Sähkö Oy toimii sähkönjakeluverkonhaltijana Ikaalisissa, Parkanos-
sa, Kihniössä, Jämijärvellä, Hämeenkyrössä ja Ylöjärvellä. Jakeluverkko koostuu 1 444 km pitkstä keskijänniteverkosta (20 kV) ja 2 784 km pitkstä pienjännite-

verkosta (0,4 kV). Sähköasiakkaita yhtiöllä on 28 005. Emoyhtiö vastaa sähkön siirto- ja liittymäpalveluista, sähköverkon rakentamisesta ja ylläpidosta sekä konsernin yhteisistä toiminnoista, kuten taloushallinto-, tietohallinto- ja viestintäpalveluista. Yhtiön liikevaihto vuonna 2011 oli 12,6 M€ ja liikevoitto 2,2 M€. /1./

Yhtiön toimiala ja -alue ovat laajentuneet vuosikymmenien kuluessa. Yhtiö on hankkinut omistukseensa lähiseudun sähkö- ja kaukolämpöyhtiöitä sekä monipuolistanut energiantuotantovalikoimaansa laajan yhteistyöverkon avulla. Leppäkosken Sähkö Oy ja Kemira Chemicals perustivat 2000-luvun alussa 2 yhteistyöyrittystä, jotka käyttävät energiantuotannossaan puhdasta vetyä. FC Energian omistama voimalaitos sijaitsee Sastamalan Äetsässä ja FC Power Oy:n voimalaitos Lappeenrannan Joutsenossa. Yhtiöllä on myös 2 omaa vesivoimalaitosta mukana sähköntuotannossa, jotka sijaitsevat Ikaalisten Leppäsjärvellä ja Kukkura-koskella. /1./

2.3 Leppäkosken Sähkö -konsernin strategia 2012

Energia-alalla on tapahtunut merkittäviä liiketoimintaympäristön muutoksia, aina asiakaskäyttäytymisen muutoksista kilpailutilanteen ja lainsäädännön muutoksiin. Asiakkaat ovat entistä riippuvaisempia häiriöttömästä sähkön saannista, samalla kun sähkönsiirron kohtuullinen hinta korostuu. Energiamarkkinavirasto (EMV) valvoo Suomessa sähkömarkkinoiden toimintaa. Sähköverkkotoiminnan osalta valvonta kohdistuu ensisijaisesti sähkön laatuun ja siirtohinnoittelun kohtuullisuuteen. Tulevaisuudessa sähköverkonhaltijan velvollisuudet tulevat edelleen kiristymään. Tämä edellyttää, että Leppäkosken Sähkö -konserni kuuntelee asiakasta herkällä korvalla ja kehittää toimintaa suuntaan, joka huomioi asiakkaiden tulevat tarpeet. Uusiin haasteisiin sekä asiakastarpeisiin vastaamisen onnistuminen on koko konsernin henkilökunnan tavoite. /2./

Verkkoliiketoiminnan strategiana on varmistaa asiakkailleen häiriötön sähkön saanti, investoimalla riittävästi sähköverkon peruskorjaukseen ja kunnossapitoon. Sähkön siirtohinnoittelu pidetään kohtuullisena EMV:n salliman kohtuullisen tuoton alapuolella. Työturvallisuudesta ei tingitä, tavoitteena on 0 tapaturmaa. /2./

Konserni tulee muuttamaan palvelutarjontaansa entistä enemmän ratkaisukeskeiseksi, jossa asiakastarpeet on huomioitu kokonaisvaltaisemmin kuin pääosin alan muilla yrityksillä. Konsernin rooli energiamarkkinoilla on tarjota asiakkaille "Kestäviä Energiaratkaisuja Muuttuviin Tarpeisiin". Paikallisena, monipuolisena ja kilpailukykyisenä osajana, konsernilla on kaikki toimintaedellytykset roolin täyttämiseksi. /2./

Konsernin toimintaa tukevat tehokkaat kumppaniverkot, joita kehitetään ja laajennetaan yhdessä verkostojen muiden yritysten kanssa edelleen niille osa-alueille, joista on saavutettavissa lisäarvoa konsernille sekä viimekädessä asiakkaille. /2./

Uuden strategian käytäntöön viemisen varmistamiseksi, yhtiössä on laadittu suunnitelma, joka sisältää sekä toimenpideohjelmien perehdyttämistä että liiketoimintojen prosessien uudelleen arviointia toimenpiteineen. Suunnitelma sisältää myös uusien osaamisalueiden ja liiketoimintojen kehittämisen vahvistamisen rekrytoinnein sekä uudelleen järjestelyin. Konsernin tavoitteena on, että koko henkilöstö on toteuttamassa yhteistä visiota " Olemme menestyvin ja arvostetuin energiayhtiö". /2./

3 KESKIJÄNNITEVERKON SUUNNITTELU JA KÄYTTÖ

3.1 Yleistä keskijänniteverkon suunnittelusta

Jakeluverkon tehtävänä on siirtää siirtoverkon kautta tuleva ja jakeluverkkoon liitettyjen voimalaitosten tuottama sähkö kuluttajille. Keskijänniteverkko rakennetaan pääosin silmukoiduksi, mutta verkkoa käytetään lähes poikkeuksetta säteittäisenä, avoimien jakorajojen avulla. Tavallisesti jakorajoina ovat käsin ohjattavat tai kaukokäyttöiset erottimet. Silmukoinnilla parannetaan verkon käyttövarmuutta vika- ja huoltotilanteissa. /3./

Keskijänniteverkon kehittämiseksi on ominaista suunnittelun pitkä aikajänne, joka on tavallisesti 20–40 vuotta, ja investointien riippuvuus toisistaan. Verkon kehittäminen on jatkuva prosessi, sillä tarkasteltavan aikavälin täytyessä, alkaa suunnittelu taas uudestaan. Keskijänniteverkkoa on kehitettävä jatkuvasti kokonaisuutena, ja hyvin toteutettu ennakkoiva suunnittelu on siksi tärkeää. /3./

Keskijänniteverkkojen suunnittelu muodostuu useista eri tehtävistä. Tehtävät voidaan jakaa pitkän aikavälin kehittämissuunnitteluun, kohdesuunnitteluun (verkosuunnittelu), maastosuunnitteluun, rakennesuunnitteluun ja työsuunnitteluun. /3./

Kaikissa suunnittelun vaiheissa pyritään löytämään teknisesti toimiva ratkaisu, jonka pitkän aikavälin kokonaiskustannukset ovat mahdollisimman matalat. /3./

Investointikustannusten minimointi on tehtävä kuitenkin suunnittelutehtävään liittyvien reunaehtojen rajoissa, joita ovat esimerkiksi

- johtojen jännitteenalenema ei saa ylittää suurinta sallittua arvoa.
- johtojen termistä kestoisuutta ja oikosulkukestoisuutta ei saa ylittää.
- suojausten toimivuuteen ja sähköturvallisuuteen liittyvät määräykset tulee täyttyä. /3./

3.2 Suunnittelun työkalut

Verkostosuunnittelun ja -laskennan työkaluina käytetään tietokantapohjaisia tietokoneohjelmia, joissa suunnittelu tapahtuu maantieteellisen karttapohjan päälle.

3.2.1 ABB Open++ Integra

LSOY käyttää verkostosuunnittelun apuvälineenä ABB:n kehittämää verkkotietojärjestelmää ABB Open++ Integra (myöhemmin Integra). Integra on tietokantaperusteinen graafinen sähköverkon suunnitteluohjelma, jossa sähköverkko komponentteineen on esitetty valmiin karttapohjan päällä.

Integrassa on verkon suunnitteluun ja laskennalliseen optimointiin tarvittavat toiminnot ja tietokannat, jotka sisältävät teknisiä tietoja syöttöasemilta, keskijänniteverkosta, jakelumuuntamoilta ja pienjänniteverkosta sekä sen asiakasliittymistä. Integran tietokannat sisältävät myös verkon kytkentätilan ylläpitoon, raportointiin ja tilastointiin liittyviä tietoja. Verkkotietojärjestelmä Integra, yhdessä käytöntukijärjestelmän ja käytönvalvontajärjestelmän kanssa, muodostavat kokonaisuuden, jonka avulla verkon suunnittelu, käyttö, vianhallinta, kunnonvalvonta, laskenta ja analysointi on tehty mahdollisimman helpoksi.

Verkon suunnittelun lisäksi järjestelmä on erittäin hyvä työkalu suunnitelmien dokumentoinnissa. Tyypillisiä dokumentteja ovat mm. erilaiset laskentalistaukset, joista selviävät suunnitellun sähköverkon mitoitus ja sähkötekniinen tila. /3./

3.3 Keskijänniteverkon käyttöprosessi

Sähkönjakelussa verkkoyhtiön verkon käyttöprosessilla on erittäin suuri merkitys. Sähköverkon käyttötoiminnan tavoitteena on sähkön laadun, turvallisuuden, asiakaspalvelun ja taloudellisuuden ylläpito lyhyellä aikajänteellä. Verkkoyhtiön käyttötoiminnasta vastaa käytönjohtaja, ja toiminnassa korostuu vastuu sähkö- ja työturvallisuudesta sekä käyttövarmuudesta. /3./

Käyttötoiminnalla on laaja yhteys ja vuorovaikutus verkon kehittämiseen ja ylläpitoon. Käyttöprosessin päätehtäviä ovat käyttötoimintojen suunnittelu, verkon

tilan seuranta ja ohjaus, vikatilanteiden hallinta ja verkon komponenttien kunnossapito. /3./

Sähkönjakeluverkon kytkentätilan hallinta on turvallisuuden näkökulmasta kriittinen toiminto, ja kytkentätilan hallinnan menettäminen olisi kohtalokasta vika- ja suurhäiriötilanteissa. Kaukokäyttötoiminnon avulla voidaan ohjata syöttöasemilla ja verkossa sijaitsevia kytkinkomponentteja ja ohjata sähköliittyjien kuormituksia. /3./

3.4 Käyttötoiminnan työkalut

Verkon käyttötoiminnan työkaluina käytetään tietokantapohjaisia tietokoneohjelmia, joiden avulla voidaan ohjata kaukokäytettäviä kytkinlaitteita valvomolosuhteista.

3.4.1 ABB Open++ DMS 600

LSOY:n verkon käyttötoiminnan apuvälineenä käytetään ABB:n kehittämää käytöntukijärjestelmää ABB Open++ DMS 600 (myöhemmin DMS). DMS on graafinen sähkönjakeluverkkojen käytöntukijärjestelmä, jossa sähköverkko komponentteineen on esitetty maantieteellisen karttapohjan päällä.

DMS:ää käytetään sähköverkon kytkentätilan ylläpitoon, häiriötilanteiden hallintaan, raportointiin ja tilastointiin. DMS:ssä on tarvittavat toiminnot ja tietokannat, jotka sisältävät teknisiä tietoja syöttöasemilta, keskijänniteverkosta, jakelumuu-
ntamoilta, pienjänniteverkosta sekä sen asiakasliittymistä.

Käytöntukijärjestelmää käytetään yhdessä käytönvalvontajärjestelmän kanssa. Järjestelmän tarkoituksena on avustaa käytönvalvontahenkilökunnan käytönvalvontaa ja käyttötoimenpiteitä.

3.4.2 ABB MicroSCADA Pro

LSOY:n verkon käytönvalvontaan käytetään ABB:n käytönvalvontajärjestelmä ABB MicroSCADA Prota (myöhemmin MicroSCADA). Yhdessä käytöntukijärjestelmä DMS:n kanssa MicroSCADA toimii verkon käyttötoiminnan ja käytön-

valvonnan työkaluna. Saman valmistajan järjestelmät toimivat saumattomasti yhdessä, myös sen jälkeen kun vain toiseen tietojärjestelmään tehdään päivityksiä.

MicroSCADA toimii sähköjakelun reaaliaikaisena prosessitietokoneena, jonka avulla saadaan reaaliaikaista tietoa verkon ja sähköjakelun tilasta. Käytönvalvontajärjestelmän toimintoja hyväksikäyttämällä voidaan hallita monia kriittisiä tehtäviä, esimerkiksi sähkökatkojen ja vikatilanteiden aikana. /3./

MicroSCADAn tietokannoissa on kuvattu tarkasti syöttöasemat, niiden laitteistot ja verkon solmupisteissä olevat kauko-ohjattavat erotuslaitteet, kuten erotinasemat ja vyöhykekatkaisijat pääkaavio-tyylisesti. Tapahtumatietojen hallinnan avulla valvomoon saadaan tiedot suojareleiden toiminnoista, kytkinlaitteiden asentotietojen muutoksista ja päämuuntajien käämikytkimien toiminnoista. /3./

3.5 Keskijänniteverkon käyttövarmuus

Lähes kaikissa sähköliittymäasiakkaiden kokemissa toimituskeskeytyksissä syynä on keskijänniteverkossa oleva vika. Alue- ja siirtoverkoissakin toki esiintyy häiriöitä, mutta niistä suurin osa saadaan rajattua silmukoidun verkkotopologian ansiosta siten, ettei häiriö vaikuta sähköasiakkaisiin. Sähkökäyttäjien kokemista toimituskeskeytyksistä yli 90 % johtuu jakeluverkosta. Keskijänniteverkossa esiintyvä vika aiheuttaa johtoa syöttävän sähköaseman lähtökennon suojareleen toimimisen ja katkaisijan aukeamisen, jolloin tapauksesta riippuen satoja sähköasiakkaita kokee sähkökatkon, kunnes vika-alue saadaan rajatuksi ja varasyöttöyhteydet hyödynnettyä. Pienjänniteverkoissakin esiintyy vikatilanteita, mutta niissä 1 vian vaikutusalue on huomattavasti pienempi, yleensä vain muutama sähköasiakas. /3./

Sähkötoimituksen keskeytys on määritelty tilanteeksi, jossa jännite liittymäkohdassa on alle 1 %:n nimellisjännitteestä. Toimituskeskeytykset jaotellaan 2 osaan; suunnitellut työkeskeytykset ja häiriökeskeytykset. Suunnitelluista työkeskeytyksistä ilmoitetaan etukäteen keskeytyksen piiriin kuuluville sähkökäyttäjille. Häiriökeskeytykset aiheutuvat ei-ennustettavista, pysyvistä tai ohimenevistä vioista, joita ovat ulkopuoliset tapahtumat, laiteviat tai -häiriöt. Häiriökeskeytykset jaetaan lyhyisiin, alle 3 min kestäviin keskeytyksiin ja pitkiin, yli 3 min kestäviin

toimituskeskeytyksiin sekä jännitekuoppiin. Lyhyen toimituskeskeytyksen aiheuttaa yleensä ohimenevä vikatilanne, joka poistuu verkosta jälleenkytkentöjen avulla ja pitkän keskeytyksen taas verkossa oleva pysyvä vika. Jännitekuopalla tarkoitetaan tilannetta, jossa jakeluverkon jännite alenee äkillisesti 1–90 %:iin nimellisestä ja palautuu lyhyessä ajassa. Suurin osa jännitekuopista kestää alle 1 s, ja niiden suuruus on alle 60 %:ia jännitteenalenemana. /4./ /3./

Sähkömarkkinalain mukaan verkkoyhtiön on maksettava asiakkailleen hyvitystä, jonka suuruus riippuu keskeytyksen ajasta ja asiakkaan vuotuisesta verkkopalvelumaksusta. Vakiokorvausten enimmäismäärä verkkoyhtiöille toimituskeskeytyksen vuoksi on kuitenkin maksimissaan 700 €/asiakas. /3./

Keskijänniteverkon käyttövarmuutta voidaan parantaa tietyillä verkstorakenteilla rakennettaessa uutta tai saneerattaessa vanhaa verkkoa. Näitä käyttövarmuutta parantavia verkstorakenteita ovat esimerkiksi tien varteen rakentaminen, päällystettyjen avojohtojen käyttö ja maakaapelointi, ylijännitesuojaus ja kauko-ohjattavien erotinasemien ja vyöhykekatkaisijoiden käyttö. /3./

3.6 Sähkönjakelun luotettavuus

Verkon rakentamis- ja häviökustannusten lisäksi suunnittelussa voidaan mitata rahassa keskeytyksistä aiheutuneet kustannukset. Keskeytyskustannuksia voidaan kuvata toimittamatta jääneen sähkön (TJS) ja keskeytyksestä aiheutuneen haitan (KAH) avulla. TJS kuvaa paljonko katetuottoa sähköyhtiö olisi saanut siirretystä energiasta, joka toimintakeskeytyksestä johtuen jäi toimittamatta. KAH-arvo puolestaan kuvaa asiakkaalle toimintakeskeytyksestä aiheutunutta rahallista haittaa, esimerkiksi tuotantoprosessin keskeytyminen teollisuudelle tai kotitalousasiakkaan pakasteiden sulaminen. Asiakkaan kokeman yllättävän tai ennalta ilmoitetun toimituskeskeytyksen taloudellisen merkityksen määrittämisen pohjana käytetään Suomessakin eri asiakasryhmille tehtyjä kyselyihin perustuvia tutkimuksia. /3./

Keskeytyksistä aiheutuneiden kustannusten lisäksi sähköntoimitusvarmuutta koko jakelualueella kuvataan usein IEEE 1366 -standardin mukaisilla tunnusluvuilla, joita ovat

- SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), vikojen keskimääräinen määrä/asiakas/vuosi.
- CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index), vikojen keskimääräinen kesto/asiakas/vika.
- SAIDI (System Average Interruption Duration Index), vikojen kokonaiskesto/aika/asiakas/vuosi.
- MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index), jälleenyhteyksien keskimääräinen määrä/asiakas/vuosi. /3./

3.7 Keski-jänniteverkon kunnossapito

Verkon kunnossapidon tavoitteena on pitää verkon komponentit toimintakuntoisina siten, että verkon kokonaiskustannukset (investoinnit, käyttö, kunnossapito ja keskeytykset) minimoituvat pitkällä aikajänteellä. Kunnossapito voidaan jakaa korjaavaan kunnossapitoon ja ehkäisevään kunnossapitoon. /3./

Korjaavassa kunnossapidossa vikaantunut osa sähköverkosta tai sen komponenteista korjataan heti. Kunnossapitoon huomioon otettavia seikkoja ovat oikein mitoitettut henkilö- ja materiaaliressurit. Sähköyhtiöillä on harvoin isoja varaosavaraustoja, joten toiminta perustuu tavarantoimittajien ja palveluntuottajien käyttöön. Vikojen korjaamisessakin käytetään usein, omien henkilöressurssien lisäksi, palveluntuottajia. /3./

Ehkäisevän kunnossapidon tavoitteena on vikaantumisen ehkäiseminen, ja kunnossapito voidaan suorittaa aikaperusteisena tai kuntotilan seurantaan perustuvana kunnossapitona. Vikaantumisen ehkäisemisen keinoja ovat johtokatuja raivaukset, muuntamoiden puhdistamiset, komponenttien määräaikaishuollot ja parannukset sekä komponenttien kuntotarkastukset. Verkon komponenteille sopivien toimenpideohjelmien määrittämisessä käytetään apuna nk. luotettavuuspohjaista kunnossapitoajattelua, jossa verkon komponentteja tarkastellaan niiden tärkeyden kannalta. /3./

Verkoston käyttövarmuuteen vähän vaikuttavien komponenttien tapauksissa kunnossapitoa suoritetaan vain tarpeen mukaan. Tämä tarkoittaa käytännössä korjaa-
vaa kunnossapitoa. Käyttövarmuuteen enemmän vaikuttaville verkkokomponenteille, esimerkiksi suojareleille, tehdään määräaikaistarkastuksia ja -mittauksia. Täten varmistetaan, ettei komponenttien kunto heikkene huomaamatta. Kun komponentin kunto on todettu osin heikentyneeksi, voidaan sille suorittaa ennakkohuolto. Jos komponentin kunto lähestyy teknisen käyttöiän loppua, vaihdetaan komponentti uuteen tai suoritetaan laaja perushuolto, jolla komponentin pitoaikaa voidaan jatkaa. /3./

Kunnossapidolla pyritään pitämään verkon komponentit toimintakuntoisina. Komponenttien vikaantumista ei voida estää kaikissa olosuhteissa, sillä esimerkiksi avolinjan päälle kaatuvat puut ja salamoiden aiheuttamat vauriot ovat pääosin ennakoimattomia. /3./

3.8 Keskijänniteverkon suunnitteluun vaikuttavat parametrit

Verkostosuunnittelua ohjaavat tekniset reunaehdot, joita ovat johdinten oikosulkukestoisuus ja kuormitettavuus, verkon suuriin sallittu jännitteenalenema, vikavirtasuojauksen toimivuus, käyttövarmuusvaatimukset sekä sähköturvallisuussäännösten täyttyminen. Myös verkon taloudellinen mitoittaminen on erittäin tärkeä osa verkostosuunnittelussa. Kehittämissuunnittelussa on luotava sellaiset toimintamallit eri reunaehtojen ja suunnitteluparametrien käytölle, että pitkällä aikajänteellä saavutetaan verkon kelvollinen teknis-taloudellinen kehittyminen. /3./

3.8.1 Verkon kuormitettavuus

Tärkeä verkostosuunnittelua ohjaava parametri on verkon kuormitettavuus, joka tulee ottaa huomioon myös varasyöttöyhteyksiä suunniteltaessa. Tarkasteltavan verkon osan kuormitettavuuden määrää johtolähdössä kulkevan virran aiheuttama lämpenemä johtimiin ja verkkokomponentteihin. Tällä tarkoitetaan komponenttien termistä kuormitettavuutta. Jakeluverkon johtojen ja muuntajien häviöt ovat lähes kokonaan sähköenergian muuttumista lämpöenergiaksi. Lämpöteho nostaa johtimen tai muun verkon komponentin lämpötilaa ympäristön lämpötilasta ja aiheut-

taa eristyksen vanhenemisen nopeutumista. Tämä voi nopeastikin rikkoa kaapelin tai muun verkkokomponentin. Johdinmetallinkin ominaisuudet voivat huonontua, tai johtuen suuresta ylivirrasta, jopa sulaa. Vaihtelevalla kuormituksella joillekin verkkokomponenteille sallitaan lyhytaikaisesti komponentin suurimman sallitun jatkuvan virran ylittävä kuormitusvirta. Tämä hätäkuormitettavuuden arvo on n. 120 %, eli komponentille sallitaan tavallista maksimikuormitettavuutta 20 % suurempi kuorma hetkellisesti. /3./ /5./

3.8.2 Verkon oikosulkukestoisuus

Verkkoa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon verkon oikosulkukestoisuus ja oikosulun verkkokomponentteihin aiheuttamat rasitukset. Verkon johdinten oikosulkukestoisuutta sekä oikosulkusuojauksen releasetteluita määritettäessä, käytetään apuna oikosulkulaskennan tuloksia. Laskelmien avulla voidaan myös arvioida komponenttien mekaanista kestoisuutta, katkaisijoiden katkaisukykyä sekä oikosulkuvirran johdoille aiheuttamia lämpötilan muutoksia. /3./

Laskettaessa kaavan 1 mukaista 3-vaiheista oikosulkuvirtaa (I_{k3}), tulee tuntea verkon vaihejännite (U_v), 20 kV:n jänniteportaaseen vaikuttavat 110 kV:n verkon oikosulkuresistanssi (R_{110}) ja -reaktanssi (X_{110}), sähköaseman 110/20 kV:n päämuuntajan alajännitepuolen (20 kV) oikosulkuresistanssi (R_{km}) ja -reaktanssi (X_{km}) sekä syöttöaseman ja vikapaikan välisten 20 kV:n johtojen resistanssi (R_j) ja reaktanssi (X_j). /3./

$$I_{k3} = \frac{U_v}{\sqrt{(R_{110} + R_{km} + R_j)^2 + (X_{110} + X_{km} + X_j)^2}} \quad (1)$$

Kaavan 2 mukainen 2-vaiheinen oikosulkuvirta (I_{k2}) pystytään laskemaan, kun tunnetaan kaavassa 1 esitetty 3-vaiheinen oikosulkuvirta (I_{k3}).

$$I_{k2} = I_{k3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (2)$$

Myös verkon laajennusten ja muutostöiden yhteydessä on varmistuttava siitä, että verkko muutostöiden jälkeenkin on StM:n edellyttämässä kunnossa. Verkon oi-

kosulkulujuuslaskelmat suoritetaan usein jo suunnitteluvaiheessa. Suunnitelma-alueen oikosulkutehojen kasvu huomioidaan käyttäen apuna tulevaisuuden mitoitusarvoja, jotta verkkoa voidaan käyttää koko suunnitelma-ajan ilman vahvistustoimenpiteitä. /6./

3.8.3 Verkon jännitteenalenema

Tärkeä sähkön laadun mittari on sähköasiakkaalle toimitetun jännitteen suuruus. Standardin SFS-EN 50160 mukaan pienjännitteen tulee olla $U_V = U_{VN} + 10 \% / -15 \%$ eli vaihejännitteen tulee olla välillä 253 V...195,5 V. Laatumittaukset suoritetaan tehollisarvoina 10 min keskiarvoista, ja standardin mukaan 95 % mittauksista tulee olla välillä $U_V = U_{VN} \pm 10 \%$. Lisäksi SENER on määritellyt pienjännitteelle hyvän ja normaalin laadun. Hyvässä laadussa jännitetason vaihtelu on välillä $U_{VN} \pm 4 \%$ ja keskiarvo $U_{VN} \pm 2,5 \%$, normaalissa laadussa jännitetason vaihtelu on välillä $U_{VN} + 6 \% / -10 \%$. /7./

Verkostosuositus SA 4:09 määrittelee keskijännitteelle korkean laadun, suunnittelulaadun ja normaalin laadun. Korkean laadun ja suunnittelulaadun sallittu jännitteenalenema on välillä $\pm 4 \%$ ja normaalilaadussa välillä $\pm 6 \%$. Keskijännitteen jännitevaihtelun maksimiarvo on $U = 22 \text{ kV}$ ja minimiarvo $U = 19 \text{ kV}$. Koko keskijännitelähdön jännitteenalenema, aina pienjänniteasiakkaalle asti, on keskijännitejohdon, jakelumuuntajan ja pienjännitejohdon jännitteenalenemien summa. Siirtoverkon jännitteenalenema ei näy sähkökäyttäjälle 110/20 kV:n päämuuntajan automaattisesti toimivan tähtipistekäämikytkimen ja jännitteensäätäjän ansiosta. /8./ /3./

Jännitteenaleneman suuruus riippuu sähkönsyöttöreitin pituudesta, mitoituksista ja hetkellisestä kuormituksesta. Johdinten mitoituksessa on otettava huomioon niissä kokonaisuutena esiintyvä jännitteenalenema. Verkostosuunnittelun helpottamiseksi jakeluverkolle sallittu jännitteenalenema jaetaan keskijännite-, jakelumuuntaja- ja pienjänniteosuuksien kesken siten, että kullekin osoitetaan oma maksimiarvo. /3./

Verkon jännitteenalenema (U_h) voidaan laskea kaavan 3 mukaan, mikäli tiedetään tarkasteltavan johdon virta (I), resistanssi (R), reaktanssi (X) sekä vaihesiirtokulma (φ). /3./

$$U_h = I \cdot R \cdot \cos\varphi + I \cdot X \cdot \sin\varphi \quad (3)$$

LSOY:n strategian mukaan kaupunkiverkoissa keskijänniteverkon suurin sallittu jännitteenalenema normaalitilassa on 2–3 % ja korvaustilanteessa 5–7 %. Maaseutuverkoissa keskijänniteverkon suurin sallittu jännitteenalenema on 5 % ja korvaustilanteessa 8 %. Suunnittelussa käytetään jännitteenalenemarajana SENERin määrittämää 4 % jännitteenalenemaa.

3.8.4 Verkon taloudellinen mitoittaminen

Verkostosuunnittelun tavoitteena on löytää teknisesti toimiva ratkaisu, joka on kokonaiskustannuksiltaan mahdollisimman edullinen koko suunnitteluajanjakson ajalla. Täten suunnittelun yhteydessä tavoitteena on määrittää verkon eri komponenttien ja koko suunniteltavan jakeluverkoston pitoajan aikaiset kokonaiskustannukset. Verkoston ja sen eri komponenttien kustannukset koostuvat investointi-, ylläpito-, keskeytys- ja häviökustannuksista. Investointikustannukset ovat kertakustannuksia, mutta muut kustannukset ovat koko pitoajalle jaksottuvia kustannuksia, joita käsitellään vuotuis-kustannuksina. Osa verkkokomponenttien elinkaaren aikana syntyvistä jaksollisista kustannuksista pysyvät vakioina, kuten ylläpito-kustannukset ja muuntajan tyhjäkäyntihäviöt, mutta osa muuttuu eliniän aikana, esimerkiksi keskeytys- ja kuormitushäviökustannukset. /3./

Peruseriaatteena taloudellisessa mitoittamisessa voidaan pitää, että uuden komponentin häviökustannussäästöt tarkasteltavalla aikavälillä ovat suuremmat kuin investoinnin hankintakustannukset. Kaavassa 4 on esitetty yksinkertainen laskentamalli investoinnin kokonaiskustannuksista halutulla ajanjaksolla.

$$K_{\text{kok}} = K_{\text{inv}} + K_{\text{häv}} + K_{\text{kesk}} + K_{\text{kun}} \quad (4)$$

Johtimen mitoittamisessa keskeistä on sopivimman poikkipinnan valinta käytettävissä olevista johtolajeista. Mitoitusohjeen suunnittelussa haetaan rajakäyriä, joil-

la 2 perättäistä johdon poikkipinta-alaa johtaa samaan taloudelliseen laskentatuloon. Ratkaistaan rajateho, jota suuremmilla tehoarvoilla suuremman poikkipintaisen, mutta kalliimman johtimen 2 käyttö on häviökustannussäästöjen johdosta edullisempää kuin pienemmän poikkipintaisen johtimen 1. /3./ Rajakäyrän sijaintiin vaikuttaa johtojen rakennuskustannukset, häviösähkön hinta ja laskentakorkokanta. /9/.

Kaavassa 5 on esitetty johdon 1 ajalla $0 \dots T$ syntyvien kustannusten nykyarvo huipputehon kasvaessa $r\%$:ia vuodessa. /9./

$$H_{jv1} = K_{i1} + \vartheta_2 \cdot \frac{S^2}{U^2} \cdot r_{v1} \cdot H_h \quad (5)$$

Kaavassa 5 eri vuosina $0 \dots T$ syntyvien tehohäviöiden kapitalisointi nykyhetken kertoimella ϑ_2 . Kapitalisointikerroin ϑ_2 voidaan laskea kaavan 6 avulla. /9./

$$\vartheta_2 = \varphi_2 \cdot \frac{\varphi_2^T - 1}{\varphi_2 - 1} \quad (6)$$

Kaavassa 6 esiintyvät kapitalisointikertoimen ϑ_2 apukertoimet:

$$\varphi_2 = \frac{\beta^2}{\alpha}$$

$$\alpha = 1 + \frac{p}{100}$$

$$\beta = 1 + \frac{r}{100}$$

Johtolajin 2 kustannukset saadaan vastaavasti kaavasta 5, sijoittamalla siihen johdon 2 tunnusluvut.

Ratkaistaan rajateho S_{\max} kaavasta 7, jota suuremmalla alkuteholla on taloudellisesti kannattavampaa valita suurempi poikkipintainen, mutta kalliimpi johtolaji 2. Vastaavasti rajatehoa pienemmällä alkuteholla valitaan johtolaji 1. /9./

$$S_{\max} \geq \sqrt{\frac{K_{i2} - K_{i1}}{\vartheta_2 \cdot H_h \cdot (r_{v1} - r_{v2})}} \cdot U \quad (7)$$

4 KESKIJÄNNITEVERKON RELESUOJAUS

4.1 Yleistä keskijänniteverkon relesuojauksesta

Nykypäivänä sähköenergian saannin häiriötön jatkuvuus on tärkeää kuluttajille, joten syöttöasemien käyttövarmuus pyritään saamaan mahdollisimman hyväksi. Erittäin tärkeää se on varsinkin teollisuudelle, jossa prosessin keskeytyminen voi aiheuttaa suuria taloudellisia haittoja. Tehokkaalla ja oikein toteutetulla relesuojauksella on tärkeä merkitys viallisen verkonosan rajaamisessa pysyvässä vikatilanteessa ja verkon palauttamisessa normaalitoimintaan ohimenevissä vikatilanteissa. Suojareleet tarkkailevat jatkuvasti sähköverkon tilaa ja tarpeen vaatiessa ne ohjaamallaan katkaisijoilla erottavat automaattisesti ja nopeasti viallisen verkon osan muusta sähköverkosta. /10./

Relesuojauksen on täytettävä seuraavat perusvaatimukset:

- Suojauksen on toimittava selektiivisesti eli erotettava vikapaikka niin, että mahdollisimman pieni osa verkostosta jää vian seurauksena ilman sähköä.
- Suojauksen on toimittava niin nopeasti, että häiriön aiheuttamat vahingot jäävät pieniksi, ja että voimalaitosten yhteiskäyttö häiriintyy mahdollisimman vähän.
- Suojauksen on suojattava aukottomasti koko sähköverkostoa.
- Suojauksen on oltava mahdollisimman yksinkertainen ja käyttövarma.
- Suojausta on voitava koestaa käyttöpaikalla käytön aikana. /10./

Keskijänniteverkon erikoispiirteinä ovat silmukoidun verkon jakorajoilla säädetty säteittäinen syöttötapa sekä nollajohtimen ja tähtipistemaadoitusten puuttuminen. Tähtipistemaadoitusten puuttuminen yksinkertaistaa suojauksen selektiivisyyden toteuttamista, ja nollajohtimen puuttuminen taas tekee maasulkuviasta luonteel-

taan oikosulusta poikkeavan vian, jonka tunnistaminen ja paikantaminen vaativat oman tekniikkansa. /3./

Johtolähtöjä suojataan oikosulkujen, kaksoismaasulkujen ja 1-vaiheisten maasulkujen varalta. Ylikuormituksen suhteen ei johtoja yleensä erikseen suojata, sillä verkon muu suojaus toimii osaltaan johtojen ylikuormitussuojana, lisäksi pitkät johdot ovat lämpenemisen suhteen usein ylimitoitettuja. Koska avojohtojen oikosulut usein ovat valokaarioikosulkuja, ovat jälleenkytkennät tärkeitä valokaarioikosulkujen poistamisessa avojohdoilta. /10./

Sähköverkosto jaetaan suojausta suunniteltaessa erillisiin suoja-alueisiin, joiden suojaus suunnitellaan erikseen, huomioiden kuitenkin suojattavan sähköverkoston vaatimukset. Suojareleen suoja-alue on sähköverkon se osa, jossa syntyneen vian vaikutuksesta suoja toimii. Vian ollessa suoja-alueen ulkopuolella, ei suojaus saa toimia. /10./

Suoja-alueita rajoittavat suojareleiden ohjaamat katkaisijat. Vierekkäisten suoja-alueiden peittäessä osaksi toisensa, on suojaus aukoton. Suojaa sanotaan absoluutisesti selektiiviseksi, kun se toimii vain omalla suoja-alueellaan sattuvan vian vaikutuksesta. Suojauksen selektiivisyys voidaan jakaa 2 osaan; aikaselektiiviseen ja virtaselektiiviseen. Aikaselektiivisessä suojauksessa lähinnä vikaa olevan suojalaitteen kokonaistoiminta-aika on lyhyempi kuin ylemmän portaan havahtumisai-ka. Virtaselektiivisessä suojauksessa lähinnä vikaa olevan suojalaitteen laukaisuasettelu on pienempi kuin korkeamman suojausportaan laukaisuasettelu. /10./ /11./

4.2 Oikosulkusuojaus

Oikosulku on normaalissa käytössä jännitteisten osien välinen johtava yhteys, muulla tavalla kuin kuormituksen ja virtalähteen kautta. Oikosulkutilanteeseen liittyy jännitteisten osien välisen eristyksen oleellinen huononeminen ja oikosulkuvirta, joka ylittää nimellisvirran moninkertaisesti sekä oikosulun syötettyyn verkkoon aiheuttama jännitteenalenema. /6./

Keskijänniteverkon komponenttien mitoituksessa, oikosulkusuojauksen ja verkon turvallisen käytön suunnittelussa on tunnettava oikosulkuvirratt eri tilanteissa ja eri osissa verkkoa. Verkon komponenttien on kestettävä oikosulkutilanteen aikaiset termiset ja dynaamiset rasitukset. Oikosulkuvirran suuruus riippuu vikatapauksesta sekä verkon kytkentä- ja kuormitustilanteesta oikosulun kytkeytymishetkellä. Ensimmäisessä syöttävä verkko määrää oikosulkuvirran suuruuden. /4./ /6./

Oikosulkusuojauksen tavoitteena on ehkäistä oikosulkuvirran johdoille ja komponenteille aiheuttamat lämpenemisvauriot ja erottaa vikaantunut johto-osa muusta verkosta. Oikosulkusuojauksen tavoitteena on myös taata turvallisuus vikatilanteessa niin verkon käyttäjille kuin ulkopuolisille henkilöille. Suomessa oikosulkusuojaukseen sähkölaitokset käyttävät tavallisesti 2-portaista vakioaikaylivirtarelettä, joka sisältää aikalaukaisu-, ja isolla virralla toimivan pikalaukaisuportaan. /3./

Johtolähdön ylivirtareleen pikalaukaisulla voidaan varmistaa, ettei sähköaseman läheisten johto-osien oikosulkukestoisuus ylitä ja, että laukaisusta johtuvan jännitekuopan kesto-aika jää lyhyeksi. Sähköaseman 20 kV:n syöttökatkaisijan virta-asetteluarvo asetellaan päämuuntajan nimellistehon ja kuormitettavuuden mukaan. Syöttökatkaisijan suoja-releessä käytetään myös pikalaukaisua suojaamaan kiskosta mahdollisissa kiskovioissa. Syöttökatkaisijan pikalaukaisu toimii myös keskijännitelähtöjen ylivirtareleiden varasuojana oikosulussa, lähdön suoja-releen ollessa vikaantunut. Johtolähdöllä tapahtuvassa oikosulussa lähdön suoja-releen aikalaukaisuportaan havahtuminen lukitsee syöttökatkaisijan pikalaukaisuportaan. Tällaisella lukituksella saavutetaan suojauksen selektiivisyys myös kaikissa johtolähdön pikalaukaisuissa. /3./

Keskijänniteverkon oikosulkusuojaus on LSOY:llä toteutettu 2-portaisilla vakioaikaylivirtareleillä. Suojausportaina ovat ylivirran alempi toimintaporras ($I >$) ja ylempi laukaisuporras, ns. momenttiporras ($I \gg$). Releen mittaussuureina ovat verkossa kulkevat vaihevirratt, jotka mitataan sähköaseman jokaisen johtolähdön kennossa sijaitsevilla vaihevirtamuuntajilla. Kun yhdenkin vaihevirran suuruus ylittää releeseen asetellun arvon, rele havahtuu ja laukaisee vikaantuneen johto-

lähdön irti verkosta asetellun aikahidastuksen kuluttua, mikäli vikavirta ei pienene alle releen asetteluarvon aikahidastuksen kestäessä. /10./

LSOY:llä ylivirtareleen alempi toimintaporras on aseteltu siten, että asetteluarvo on 2,5 kertaa suurempi kuin johtolähdön suurin kuormitusvirta (I_{\max}), mutta myös 2 kertaa pienempi kuin johtolähdöllä esiintyvä pienin 2-vaiheinen oikosulkuvirta ($I_{k2\min}$).

4.3 Maasulkusuojaus

Maasulku on StM:n määrittelyn mukaan käyttömaadoittamattoman äärijohtimen ja maan tai maahan johtavassa yhteydessä olevan osan välinen eristysvika. LSOY:n jakeluverkossa esiintyvien maasulkuvikojen suurimmat syyt ovat avojoh-tojen päälle kaatuneet ja pudonneet puut ja oksat. Suomessa sähkölaitosten keski-jänniteverkot ovat joko tähtipisteestään maasta erotettuja tai sammutettuja eli maadoitettuja sähköasemalla sijaitsevan sammutuskuristimen kautta. Jotta tarkas-teltavan verkon maasulkuvirrat ja nollajännitteet voidaan määrittää, täytyy tuntea koko galvaanisesti yhteen kytketty verkko. /4./

Keskijänniteverkkojen vioista 60–70 % on maasulkuja, jotka voidaan jakaa 4:ään eri luokkaan; 1-vaiheinen maasulku, kaksoismaasulku, 2-vaiheinen maaosulku, johdinkatkeama ja 1-vaiheinen maasulku kuorman puolella. Suurin osa maasulku-vioista on 1-vaiheisia maasulkuja, joihin yleensä liittyy valokaari-ilmiö. /6./

Maasulun mittaamiseen käytetään sähköaseman jokaisessa johtolähdössä sijaitse- via kaapelivirtamuuntajia, jotka mittaavat lähdön vaihevirtojen epäsymmetriaa kuvaavaa nollavirtaa (summavirta). Kaapelivirtamuuntajien lisäksi käytetään mit-tauskentän, vaihejännitteisiin kytkettyä, jännitemuuntajaa, jonka toision avokol-miokäämiin muodostuu mitattu verkon nollajännite. Maasulkulaukaisun toteutu-miseen vaaditaan johtolähdön summavirtatiedon lisäksi nollajännitetieto mittaus-kentästä. Näin saadaan estettyä virhelaukaisu oikosulkutilanteessa, jossa esiintyy näennäinen summavirta. Suunnatun maasulkusuojaus ehtona on, edellä mainit-tujen lisäksi, että nollavirta kulkee tarkasteltavan johtolähdön summavirtamuunta-jan kautta kohti vikapaikkaa eikä kiskostoon päin. /3./

LSOY käyttää keskijänniteverkon maasulkusuojaukseen vain suunnattua maasulkusuojaukseen, riippumatta siitä onko verkko sammutettu tai maasta erotettu. Työssä tarkastellulla alueella on sekä sammutettua että maasta erotettua verkkoa. Paunun sähköaseman tarkasteltavalle alueelle syöttävät johtolähdöt ovat sammutettua, Parkanon ja Jaakkolan sähköasemien ja Nerכון kytkinaseman johtolähdöt maasta erotettua verkkoa, mutta niiden muutamien pitkien johtolähtöjen varrelle on asennettu sammutuskuristimia rajoittamaan maasulkuvirtaa.

Suunnatulla maasulkusuojauksella saavutetaan suojauksen selektiivisyys suurilla vikaresistanssin arvoilla myös silloin kun verkon kytkentätilanne vaihtelee suuresti. Suunnatun suojauksen selektiivisyys ei ole riippuvainen kulloinkin kytkettynä olevien johtojen pituudesta eikä lukumäärästä. /10./

LSOY käyttää suunnatussa maasulkusuojauksessa vain 1:tä, alemmaa maasulkusuojauksen toimintaporrasta ($I_{\phi} >$). Toimintaportalla toteutetaan tavoiteltava suojauksen herkkyyksivaatimus ja se asetellaan niin alas, että suojaus laukaisee suurimmalla halutulla vikaresistanssiarvolla johdon maasulussa. LSOY:llä maasulkusuojauksen herkkyyksiasettelu on asemakohtaisesti välillä $R_F = 3\ 000\text{--}6\ 000\ \Omega$, arvo riippuu syöttöaseman johtolähtöjen tuottamasta yhteenlasketusta maasulkuvirrasta sekä nollavirta- ja nollajänniteasetteluista. Suojauksessa voidaan myös ottaa käyttöön ylempi suunnattu maasulkuporras ($I_{\phi} >>$), mikäli suojattavan johdon maadoitusimpedanssit ovat niin suuria, että standardin SFS 6001 salliman kosketusjännitteen arvo ylittyy pieni-impedanssisissa maasulussa alemman toimintaportaan laukaisuajalla. Tällöin ylemmän toimintaportaan havahtumistaso ja laukaisu aika asetellaan sellaisiksi, että standardin SFS 6001 kosketusjännitevaatimukset täyttyvät myös johdon pieni-impedanssisissa maasuluissa. /10./

4.3.1 Maasta erotetun verkon maasulkusuojaus

Maasta erotetun keskijänniteverkon tähtipiste ei ole johtavassa yhteydessä maahan. Maasta erotetussa verkossa maasulku ei yleensä aiheuta itse verkolle niin suurta välitöntä vaaraa kuin oikosulku, eikä se periaatteessa häiritse sähköenergian siirtämistä verkossa. Maasulkuvika aiheuttaa kuitenkin vikapaikassa ja sen lähiympäristössä tapaturmavaaran askel- ja kosketusjännitteiden takia. /6./

Keskeisin syy maasta erotetun keskijänniteverkon käyttöön on kosketusjänniteongelma, joka johtuu huonoista maadoitusolosuhteista. Maasulkuvika syntyy usein äärijohtimen valokaaresta tai kosketuksesta suojamaadoitettuun osaan. Tällöin kosketusjännitteen arvo riippuu suojamaadoituksen resistanssista ja maasulkuvirran suuruudesta. Sallitun kosketusjännitteen suuruuden määrittämisessä pyritään arvoon, jolla vältettäisiin hengenvaarallisen sydänkammiovärinän syntyminen. Keinot joilla kosketusjännitteen suuruutta saadaan pienennettyä, ovat maadoitusten parantaminen, laukaisuajan lyhentäminen tai maasulkuvirran pienentäminen, jakamalla verkkoa pienempiin osiin tai käyttämällä maasulkuvirran kompensointia. /3./

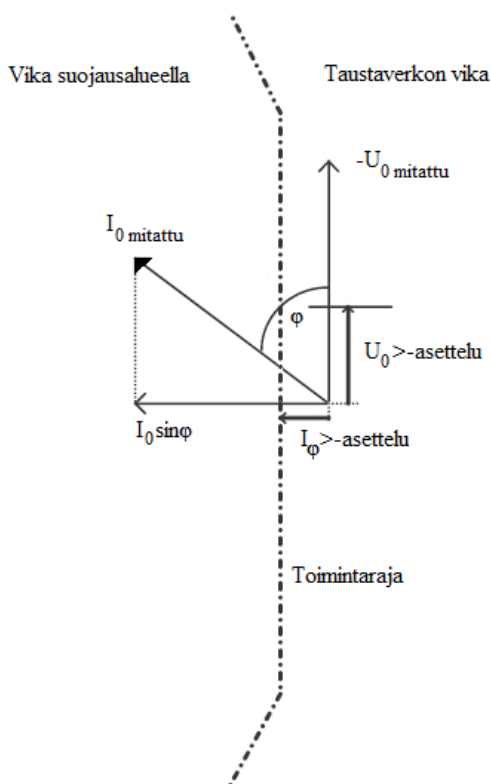
Maasta erotetun keskijänniteverkon terveessä tilassa verkon vaihejännitteet ovat maahan nähden symmetrisiä ja näin ollen niiden summa on joka hetki 0. Vastavasti maakapasitanssien kautta maahan kulkeva osa verkon varausvirroista muodostaa symmetrisen järjestelmän. Suorassa maasulussa, $R_F = 0 \Omega$, terveiden vaiheiden vaihejännitteet maahan nähden kasvavat pääjännitteen tasolle. Tällöin vikaantuneen vaiheen vaihejännite on 0 V ja nollajännite nousee vaihejännitteen suuruiseksi. Tämän epäsymmetrian seurauksena vikaantuneen johtolähdön summavirta poikkeaa 0:sta, ja tämä osa varausvirrasta kulkee vikapaikan kautta maahan muodostaen maasulkuvirran. Maasulkuvirta kulkee vikapaikasta maahan, ja edelleen muiden sähköaseman galvaanisesti yhteen kytkettyjen johtolähtöjen vaihejohtimien maakapasitanssien kautta sähköaseman päämuuntajan käämityksiin, ja sieltä viallisen vaiheen maakapasitanssin kautta vikapaikkaan. /4./ /3./

Vikaresistanssin kasvaessa maasulkuvirta ja -jännite pienentyvät. Tilanne voi aiheuttaa ongelmia maasulkusuojauksen toteuttamiselle, mikäli vikavastuksen arvo lähentelee verkon normaalitilan vuotoresistanssia. /3./

Maasta erotetun verkon maasulkuvirta on melko pieni, yleisesti noin 5–100 A. Virran suuruus riippuu galvaanisesti yhteen kytketyn verkon laajuudesta. Keski-jänniteavojohtojen synnyttämä maasulkuvirta on keskimäärin 0,067 A/km. Maakaapeleiden aikaansaama maasulkuvirta on huomattavasti isompi, suuremmista maakapasitansseista johtuen. LSOY:n tavoiteverkkoalueella käytettyjen maaka-

peleiden tuottamat maasulkuvirrat ovat välillä 2,0–4,0 A/km. Tavoiteverkkoalueella käytettyjen maakaapeleiden maasulkuvirrat ovat taulukoituna liitteessä 6. /3./

LSOY:n sähköasemilla maasta erotetuissa verkoissa käytetään maasulkuvirran kapasitiivisen loiskomponentin suunnan mittaukseen perustuvaa suuntarelettä, joka asetellaan $\sin\varphi$ -kytkentään ja näin ollen toimintakarakteristikaksi määräytyy kuvassa 2 esitetty $I_0\sin\varphi$ -karakteristika. Rele laskee mitatun maasulun summavirran ($I_{0\text{mitattu}}$) kapasitiivisen loiskomponentin ($I_0\sin\varphi$). Rele laukaisee, mikäli verkon nollajännite (U_0) ylittää releen nollajänniteasettelun ($U_0>$) ja maasulun summavirran kapasitiivinen loiskomponentti ylittää virta-asettelun ($I_\varphi>$) sekä maasulun mitatun summavirran $I_{0\text{mitattu}}$ -osoittimen ja nollajännitteen referenssinä olevan vastavektorin $-U_0$ -osoittimen vaihe-ero on kuvan 2 mukainen. /10./



Kuva 2. $I_0\sin\varphi$ -toimintakarakteristika. /10./

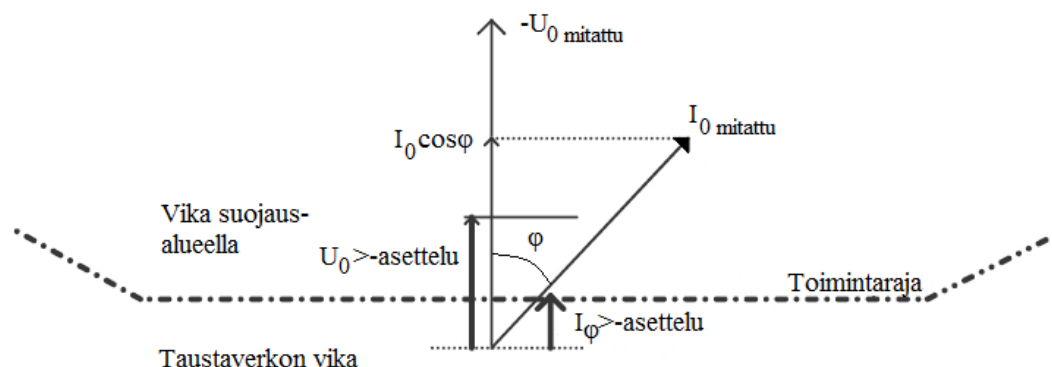
Vian ollessa taustaverkossa, summavirran laskettu kapasitiivinen loiskomponentti $I_0\sin\varphi$ on 90° kuvan referenssiksi valitun nollajännitteen vastavektoria $-U_0$ jäljessä, ja näin ollen toiminta-alueen ulkopuolella. /10./

4.3.2 Sammutetun verkon maasulkusuojaus

Maasulkuvian esiintyessä verkossa, voidaan verkon vikapaikassa kulkevaa kapasitiivista maasulkuvirtaa rajoittaa huomattavasti kytkemällä verkon tähtipisteeseen sammutuskuristin, joka muuttaa resonanssisäätäjän avulla maasulkukelan induktanssia verkon kytkentätilanteen ja maakapasitanssien muuttuessa. Sähköaseman alajännitepuolella on harvoin käytössä tähtipistettä, päämuuntajan tavanomaisesta YNd11-kytkentäryhmästä johtuen, joten tähtipiste joudutaan muodostamaan keinotekoisesti. Parhaiten tämä onnistuu ZNyn-kytkentäisen tähtipistemuuntajan avulla, jonka tähtipisteeseen sammutuskela kytketään. Kuristimen induktiivisen virran ollessa yhtä suuri kuin maakapasitanssien kautta verkosta maahan kulkeva kapasitiivinen maasulkuvirta, kulkee vikapaikasta maahan ainoastaan kuristimen rinnanvastuksen ja verkon maakapasitanssien häviöistä johtuva resistiivinen jännösvirta. Tämä virta on normaalisti niin pieni, että valokaarimaasulut sammuvat itsestään, mikä johtaa puolestaan jälleenkytkentöjen merkittävään vähenemiseen. Sammutuksen hyödyksi voidaan lukea myös turvallisuuden paraneminen, sillä vikapaikan virran pienentyessä, pienenee myös maasulussa esiintyvä maadoitusjännite. /10./ /6./ /4./

Sammutetun verkon ollessa suppea, saattaa maasulkuvirran resistiivinen pätökomponentti ($I_0 \cos \varphi$) jäädä niin pieneksi, ettei maasulkuvirran suuntaa voida luotettavasti määrittää. Tällöin pätökomponenttia täytyy keinotekoisesti kasvattaa siten, että sammutuskuristimen rinnalle kytketään vastus. Rinnanvastuksen kytkemiseen voidaan käyttää 2 periaatetta. Vanhoilla sähköasemilla, joissa ei ole sammutuskuristimen automaattisäätäjää, mittauskennon nolajännitereleeseen asettaan aikahidastus, mikä LSOY:llä on 0,4 s. Vastaavasti uudemmilla sähköasemilla rinnanvastus kytkeytyy sammutuskelan automaattisäätäjän avulla. Myös automaattisäätäjän aikahidastuksen asetteluarvo LSOY:llä on 0,4 s. Hidastusta käytetään siksi, että maasululle annetaan aikaa sammua itsestään. Maasulkuvian ollessa pysyvä, sammutuskuristimen rinnanvastus kytkeytyy päälle asetteluajan kulluttua vian syntymisestä. Tämä kasvattaa verkon maasulkuvirran pätökomponentin niin suureksi, että vikaantuneen lähdön suunnattu maasulkusuojaus pystyy laukaisemaan vikalähdön irti verkosta. /10./

Maasulun suuntarele mittaa maasulkuvirran resistiivisen pätökomponentin suuntaa. Rele asetellaan $\cos\varphi$ -kytkentään ja toimintakararakteristikaksi määräytyy kuvassa 3 esitetty $I_0\cos\varphi$ -karakteristika. Rele laskee mitatun maasulun summavirran ($I_{0\text{mitattu}}$) pätökomponentin ($I_0\cos\varphi$) referenssinä olevan nollajännitteen vastavektorille ($-U_0$). Jotta rele laukaisee, on nollajännitteen ylitettävä nollajänniteasettelu ($U_0>$) ja summavirran pätökomponentin oltava suurempi kuin virta-asettelu ($I_\varphi>$) ja summavirtavektorin on oltava kuvan 3 toiminta-alueella. /10./



Kuva 3. $I_0\cos\varphi$ -toimintakararakteristika. /10./

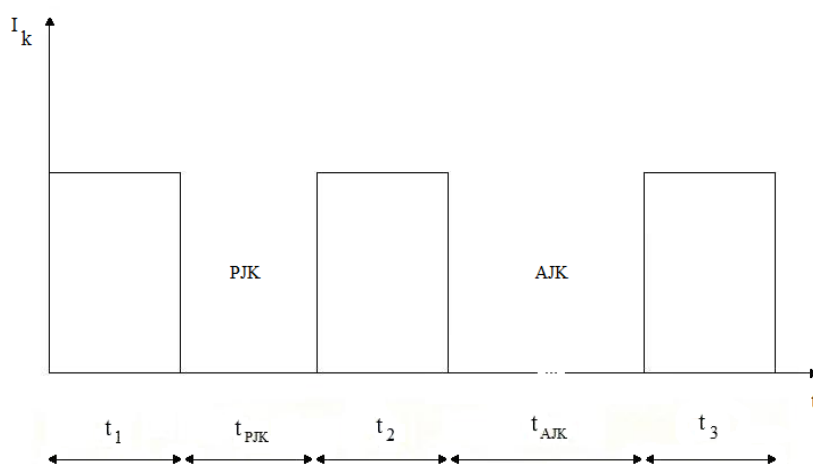
Taustaverkon lähtöjen summavirrat ovat 90° jäljessä kuvan nollajännitevektoria. Johdon alun summavirran kulma riippuu verkon kompensointiasteesta. Summavirran pätökomponentti kulkee kuitenkin vikalähdölle kohti vikapaikkaa. /10./

Sammutetun verkon maasulkusuojauksessa LSOY:llä tullaan ottamaan käyttöön periaate, jossa numeerisiin suojaruleisiin asetellaan tausta-asetteluiksi maasta erotetun verkon maasulkusuojauksen releasettelut. Toimenpiteellä päästään parempaan suojaustekniikkaan, kun sähköaseman verkkoa joudutaan käyttämään välillä sammutettuna ja välillä maasta erotettuna.

4.4 Jälleenkytkennät

Ohimenevien vikojen selvittämiseen keskijänniteverkossa käytetään jälleenkytkentöjä, joiden tehtävänä on estää pidempi jakelukeskeytys. Jälleenkytkennät jakautuvat kuvan 4 mukaisesti 2 osaan niitä edeltävän jännitteettömän ajan pituuden mukaan. Pikajälleenkytkennän (PJK) jännitteetön aika on tyypillisesti 0,3–0,7 s,

jonka jälkeen katkaisija kytkee johtolähdön automaattisesti takaisin verkkoon. Jos johdolla oleva vika ei poistu PJK:lla, suoritetaan aikajälleenkytkentä (AJK). AJK:n jännitteetön aika on 30–120 s, jonka jälkeen katkaisija ohjataan uudelleen kiinni. Mikäli verkossa oleva vika on pysyvä, suorittaa katkaisija lopullisen laukaisun ja johtolähtö jää jännitteettömäksi. LSOY:n verkossa PJK:n jännitteetön aika on 0,5 s ja AJK:n 120 s. Joissain tapauksissa, varsinkin teollisuuslähdöissä, käytetään vain AJK:ta, sillä nopea PJK voi olla haitaksi prosessissa käytettäville laitteille. Kuvassa 4 on esitetty keskijänniteverkossa käytettävät jälleenkytkennät.

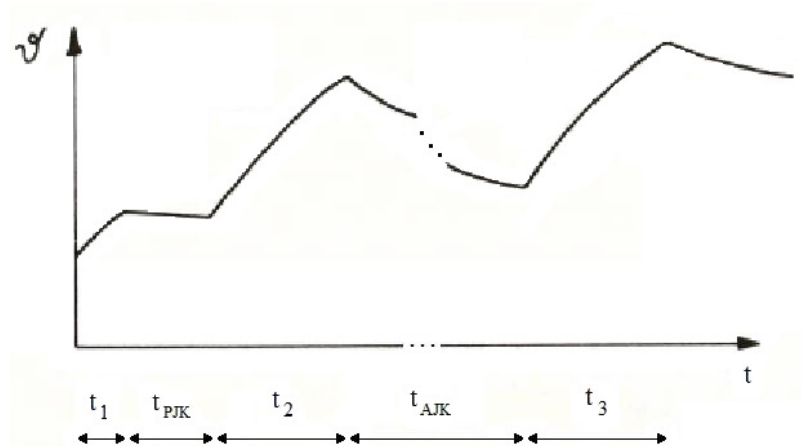


Kuva 4. Keskijänniteverkossa käytettävät jälleenkytkennät. /3./

Tutkimusten mukaan avojohtoverkon vioista noin 90 % on lyhytkestoisia, ohimeviä vikoja, jotka saadaan selvitettyä jälleenkytkentöjen avulla. PJK:t selvittävät tyypillisesti n. 75 % vioista ja vastaavasti n. 15 % vioista selviää AJK:n avulla. Yleensä alle 10 % vioista on pysyviä. Vain maakaapelia käsittävässä johtolähdöissä PJK:n käyttöä ei katsota tarpeelliseksi, koska kaapeliverkon viat eivät poistu valokaaren sammuttua. /3./

Käytettäessä jälleenkytkentöjä, on otettava huomioon oikosulkuvirtojen vaikutus johtimien lämpenemään. PJK:n jännitteetön aika on niin lyhyt, ettei johtimissa tapahdu merkittävää jäähtymistä. Sen sijaan AJK:n jännitteettömänä aikana tapahtuva jäähtyminen voidaan ottaa johtimien termistä rasitusta arvioitaessa huomioon. /10./ /3./

Kuvan 5 kuvaaja osoittaa jälleenkytkentöjen ja johdinten lämpenemän välisen riippuvuuden.



Kuva 5. Vikavirran aiheuttama johtimien lämpenemä jälleenkytkentöjen aikana.
/3./

4.5 Vyöhykkeellisen johtolähdön relesuojaus

Joissakin tapauksissa johtolähdöllä on katkaisijoita muuallakin kuin syöttävän sähköaseman kennoissa. Tällaisen vyöhykekatkaisijan (tai verkkokatkaisija) periaatteena on estää johtolähdön alkupään jälleenkytkennät ja toimintakeskeytykset, johtolähdön loppupäässä sattuvissa vioissa. Vian esiintyessä vyöhykekatkaisijan takana olevalla verkko-osuudella, suorittaa vyöhykekatkaisija jälleenkytkennän, eikä johtoa syöttävä sähköaseman katkaisija. Näin saadaan sähköverkossa esiintyvän häiriön vaikutus rajattua mahdollisimman pienelle alueelle. Vyöhykekatkaisija sijoitetaan yleisesti pitkän johtolähdön rungolle, jonka loppupään verkko on koettu vikaherkäksi ja lähdön kuormituksen painopiste jää vyöhykekatkaisijaa edeltävälle verkko-osuudelle.

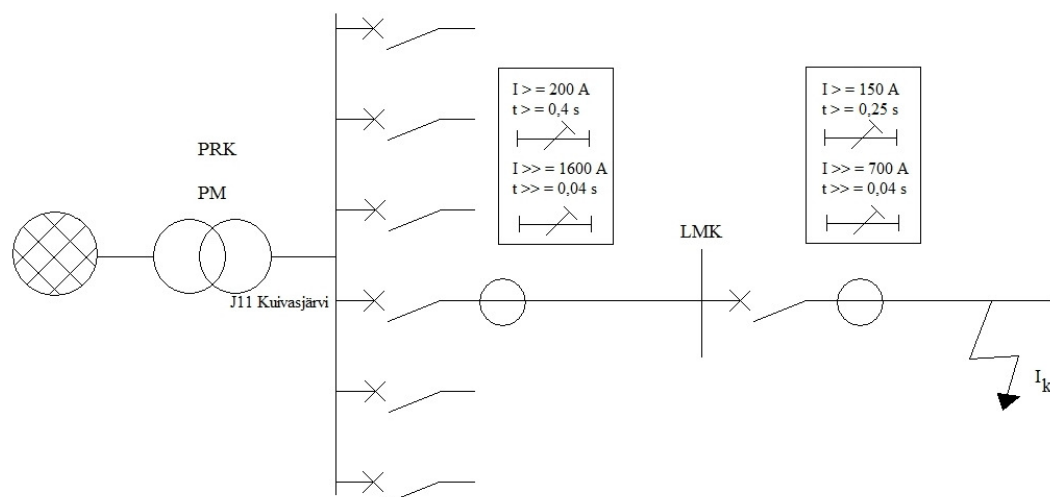
4.5.1 Lamminkosken vyöhykekatkaisija

Tavoiteverkkoalueella on nykytilassa käytössä ainoastaan 1 vyöhykekatkaisija; Lamminkoski (LMK). Lamminkosken vyöhykekatkaisija on Parkanon sähköaseman Kuivasjärven johtolähdöllä. Johtolähtö on 106 km pitkä ja katkaisija on sijoitettu 9,8 km päähän syöttöasemasta. Johtolähdön huipputeho on 1,27 MW ja kat-

kaisijaa edeltävän verkon osan huipputeho on 1,19 MW. Maantieteellisesti katkaisija sijaitsee Parkanon Lamminkoskella, VT3:n tuntumassa.

Oikosulkusuojaus

Vyöhykkeellisen johtolähdön selektiivisen oikosulkusuojauksen toteuttaminen vaatii oman tekniikkansa. LSOY:llä käytetty periaate on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Kuivasjärven johtolähdön oikosulkusuojauksen selektiivisyys.

Parkanon sähköaseman Kuivasjärven johtolähdön selektiivisen suojauksen toteuttamista hankaloittaa Parkanon sähköaseman keskijännitelähtöjen releistys. Sähköaseman releet ovat Strömbergin SPAA 3A5 J40 -tyyppiset elektroniset suojareleet, joille voi asettaa pikalaukaisuportaalte vain kiinteitä laukaisuaikoja. Näin ollen johtolähdön ylivirtareleen aikalaukaisuporras ($I >$) asetellaan aikaselektiivisesti ja pikalaukaisuporras ($I >>$) virtaselektiivisesti.

Lamminkosken vyöhykekatkaisijan ylivirtareleen alemman ylivirtaportaan laukaisuaika asetellaan lyhyemmäksi kuin johtolähdön releen laukaisuaika. Kuvasta 6 nähdään, että sähköaseman johtolähdön ylivirtareleen aikalaukaisuportaan aikahidastus on $t \geq 0,4$ s ja Lamminkosken katkaisijan aikalaukaisuportaan aikahidastus on $t \geq 0,25$ s. Näin ollen Lamminkosken vyöhykekatkaisija erottaa viikaantuneen verkonosan, suorittamalla jälleenkytkennän, takanaan sattuvassa oikosulussa ennen kuin asemalta johtoa syöttävä katkaisija.

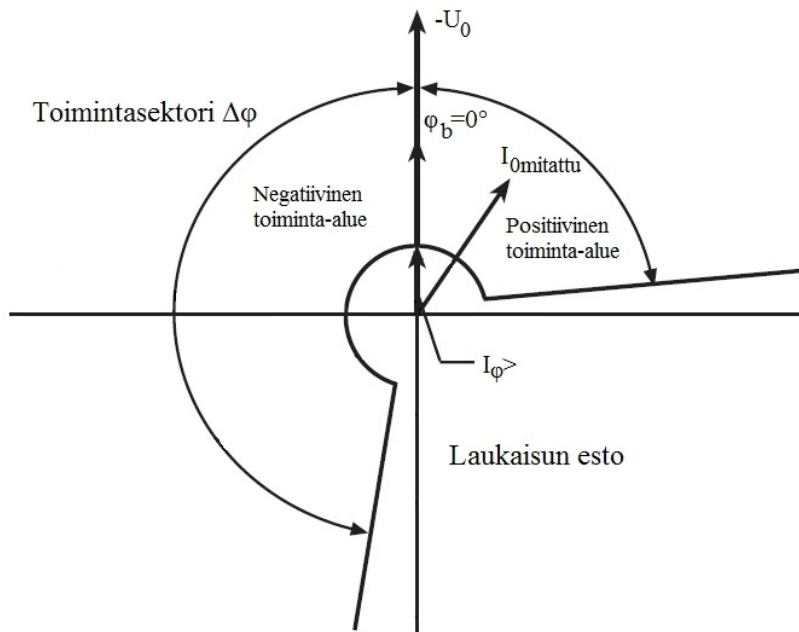
Parkanon sähköaseman keskijännitelähtöjen elektronisiin releisiin ei pystytä asetelemaan aikahidastusta pikalaukaisuportaalle, vaan laukaisuaika on kiinteä $t \gg = 0,04$ s. Pikalaukaisuporras täytyy asetella virtaselektiivisesti siten, että Parkanon sähköaseman Kuivasjärven lähtöä syöttävän katkaisijan pikalaukaisuasetteluvirta on suurempi kuin Lamminkosken katkaisijan pikalaukaisuasettelu ja, että pikalaukaisu ylettää vain Lamminkosken katkaisijalle asti. Tyypillisesti pikalaukaisu asetellaan johtolähdön suurimman 3-vaiheisen oikosulkuvirran (I_{k3max}) ja pienimmän 2-vaiheisen oikosulkuvirran (I_{k2min}) arvojen väliin vyöhykekatkaisijan kohdalla. Kuvasta 6 nähdään, että syöttävän katkaisijan asetteluarvo on $I \gg = 1600$ A ja Lamminkosken katkaisijan $I \gg = 700$ A, näin ollen vyöhykkeen takana sattuvassa oikosulussa vyöhykekatkaisija toimii ja absoluuttisesti selektiivinen syöttöaseman katkaisija ei näe vyöhykkeen takana tapahtuvaa oikosulua. Lamminkosken katkaisijalla käytetään johdonsuojareleena ABB:n numeerista SPAA 341 C -relettä.

Esitettyä periaatetta käytetään myös Parkanon sähköaseman johtolähdöllä J10 Kihniö, jonka perässä on Nerkoon kytkinasema. Parkanon sähköaseman ja Nerkoon kytkinaseman releasettelut on esitetty luvussa Suojausanalyysi ja releasettelut johtolähdöittäin.

Maasulkusuojaus

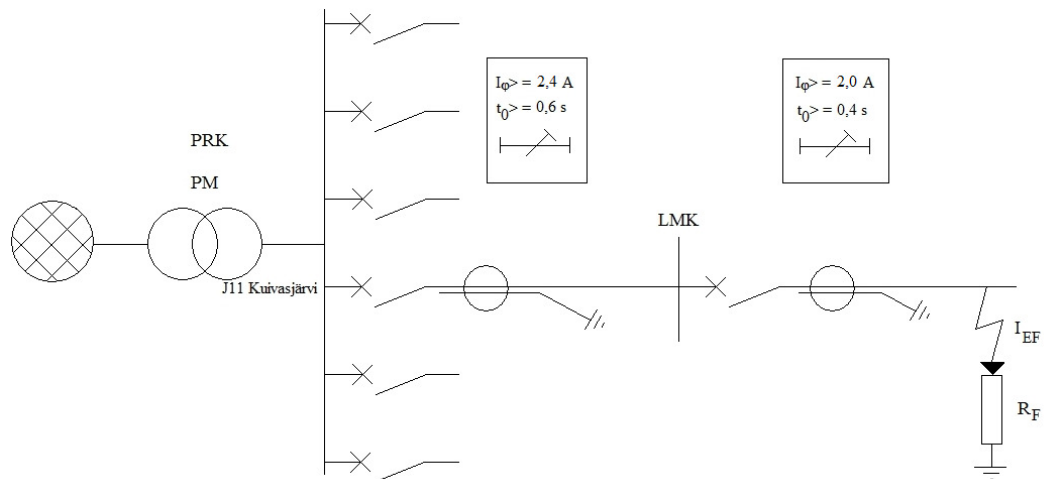
Lamminkosken vyöhykekatkaisijalla (kuten kaikilla LSOY:n vyöhykekatkaisijoilla) releistykseenä käytetään ABB:n numeerista SPAA 341 C -tyyppistä johdonsuojarelepakettia. Relepaketin maasulkukyksikkönä on SPCS 2D26 suunnattu maasulkurelemoduuli, joka on ns. laajakulmarele. Laajakulmaperiaatetta käytetään siksi, että rele pystyy toimimaan laajennetulla kulmalla eli rele pystyy laukaamaan suojaamansa johto-osan pois verkosta selektiivisesti riippumatta siitä, onko verkko sammutettu tai maasta erotettu, peruskulman ollessa $\varphi_b = 0^\circ$. Tämä on tärkeää erityisesti häiriötilanteissa, sillä sähköaseman sammutuskela kytketään aina ensimmäisenä pois.

Kuvassa 7 on esitetty suunnattuun maasulkusuojaukseen tarkoitetun laajakulmarelele laukaisuehdot.



Kuva 7. Laajakulmareleen laukaisuehdot. /12/.

Kuvan laajakulmareleen toimintasektori on $\Delta\varphi = -170^\circ \dots 80^\circ$, peruskulman ollessa $\varphi_b = 0^\circ$. Kuvassa 8 on esitetty Kuivasjärven lähdön maasulkusuojauksen selektiivisyyden toteuttaminen.



Kuva 8. Kuivasjärven johtolähdön maasulkusuojauksen selektiivisyys.

Kuvasta 8 nähdään, että maasulkusuojauksen selektiivisyys hoidetaan sekä aika-että virtaselektiivisesti siten, että Parkanon sähköaseman Kuivasjärven johtoa syöttävän katkaisijan releen maasulkuvirran havahtumisvirta on aseteltu arvoon

$I_{\phi} > = 2,4$ A ja aika-asettelu $t_0 > = 0,6$ s. Vastaavasti Lamminkosken vyöhykekatkaisijalla releen nollavirran havahtumisvirta on aseteltu arvoon $I_{\phi} > = 2,0$ A ja aika-asettelu $t_0 > = 0,4$ s. Näin ollen Lamminkosken vyöhykekatkaisija irrottaa viikaantuneen johto-osan verkosta takanaan sattuvassa maasulussa, eli Lamminkosken katkaisija ehtii toimimaan nopeammin ja herkemmin kuin koko johtolähtöä syöttävä katkaisija Parkanon asemalla. Lähinnä maasulkusuojauksen selektiivisyyden toteuttamisessa prioriteettina on aikaselektiivisyys, virtaporrastuksen toimiessa varmistuksena.

5 VERKON NYKYTILA-ANALYYSI

Tavoiteverkkoalueen keskijänniteverkon nykytilan tarkasteluun käytettiin Integran tietoja ja laskentatyökaluja. Tallennettujen tietojen ja laskentatyökalun avulla saatiin tarvittavat tiedot sähköasemista ja verkostosta johtolähdöittäin. Nykytilan mukaiset korvaustarkastelut tehtiin Integran suunnittelutyökalun avulla.

5.1 Sähköasemien nykytila

Tavoiteverkkoaluetta syöttää 3 kpl 110/20 kV:n sähköasemaa ja 1 kpl 20 kV:n kytkinasema. Sähköasemat ovat Paunu (PAU), Parkano (PRK) ja Jaakkola (JKL) sekä kytkinasema Nerko (NRK), jota normaalissa kytkentätilanteessa syötetään Parkanon sähköaseman lähdöllä Kihniö. Nerkoon kytkinaseman, Parkanon ja Jaakkolan sähköasemien kaikki keskijännitejohtolähdöt syöttävät tarkasteltavaa aluetta, mutta Paunun sähköasema vain 3 johtolähdön osalta, joita ovat Yliskylä, Parkano sekä Rauma-Repola.

Paunun sähköasema syöttää Parkanon eteläpuolisia alueita ja Parkanon sähköasema syöttää pääosin Parkanon keskustaa, Parkanon pohjoispuolisia alueita sekä Jaakkolan sähköasema Parkanon itäisiä alueita. Nerkoon kytkinasema syöttää Kihniön aluetta. Kuva koko tavoiteverkkoalueen verkkotopologiasta on esitetty liitteessä 1.

Taulukoissa 1–4 on esitetty syöttöasemien nykytilan mukaiset sähköiset tunnusluvut. Taulukoissa on esitetty sähköaseman päämuuntajan nimellisteho S_N [MVA], päämuuntajan huipputeho P_{\max} [MW], päämuuntajan kuormitusaste eli päämuuntajan huipputehon suhde nimellistehoon [%] ja päämuuntajan huipputehon aikainen kuormitusvirta I_{\max} [A]. Taulukoissa on myös esitetty sähköaseman johtolähdöjen tuottama yhteenlaskettu maasulkuvirta suorassa maasulussa I_E [A] ($R_F = 0 \Omega$) ja 500 Ω vikavastuksen vaikutuksesta pienentyneessä maasulussa I_{EF} [A] ($R_F = 500 \Omega$).

5.1.1 Paunun sähköasema

Paunun sähköasema on LSOY:n 1. sähköasema ja se on rakennettu vuonna 1963. Asemalle suoritettiin laaja saneeraus vuosina 2004–08, jolloin aseman 110 kV:n kytkinlaitteet päämuuntajaa ja releitä myöden vaihdettiin. Myös 20 kV:n kytkinlaitteet ja releistys uusittiin. Saneerauksen yhteydessä asemalle asennettiin maasulun sammutuslaitteisto.

Sähköaseman päämuuntaja on nimellisteholtaan 20 MVA ja keskijännitekojeisto on 1-kiskoinen. Kiskoston suojana asemalla on käytössä valokaarisuojat. Keski-jännitelähtöjen releet ovat vuodelta 2008, ja ne ovat ABB:n REF 541 -tyyppiset numeeriset suojareleet. Keski-jännitekatkaisijat ovat ABB:n VD4-tyyppisiä tyhjiökatkaisijoita, ja ne ovat vuodelta 2008.

Asemalla on käytössä 8 johtolähtöä ja varalla 4 kalustamatonta kennoa. Aseman 8 keskijännitelähdöstä 3 syöttää tavoiteverkkoaluetta, joita ovat Yliskylä, Parkano ja Rauma-Repola. Muut lähdöt syöttävät Ikaalisten pohjoisia alueita ja Jämijärveä.

Taulukko 1. Paunun sähköaseman nykytilan sähköiset tunnusluvut.

S_N [MVA]	20
P_{max} [MW]	9,4
Kuormitusaste [%]	47,0
I_{max} [A]	274,4
I_E [A], $R_F = 0 \Omega$	5,8
I_{EF} [A], $R_F = 500 \Omega$	4,7

Taulukosta 1 nähdään, että päämuuntaja on 47 %:n kuormassa ja tämä edesauttaa Paunun aseman käyttöä varasyöttötilanteissa. Sähköaseman kaikkien keskijännitelähtöjen yhteenlaskettu maasulkuvirta suorassa maasulussa on 5,8 A ja 500 Ω vikavastuksen maasulussa 4,7 A.

Taulukko 2. Paunun sähköaseman maasulkuvirrat, kun sammutus on kytketty pois.

I_E [A], $R_F = 0 \Omega$	39,4
I_{EF} [A], $R_F = 500 \Omega$	19,9

Taulukossa 2 on esitetty tilanne, kun Paunun sammutuskela on kytketty pois. Suorassa maasulussa esiintyvä maasulkuvirta on 39,4 A ja 500 Ω :n vikavastuksen vaikutuksesta pienentynyt maasulkuvirta on 19,9 A.

5.1.2 Parkanon sähköasema

Parkanon sähköasema on valmistunut vuonna 1978. Sähköaseman päämuuntaja on kooltaan 25 MVA ja sille suoritettiin perushuolto kesällä 2010. Sähköaseman keskijännitekojeisto on pääkisko-apukisko -tyyppinen. Kiskoston nimellisvirta on $I_N = 630$ A. Keskijännitelähtöjen suojareleistys on alkuperäinen, releet ovat tyyppiä Strömberg SPAA 3A5 J40. Reletyyppi on elektroninen eikä ota häiriötallenteita. Sähköaseman keskijännitekatkaisijat ovat myös alkuperäiskalustoa, ja ne ovat Strömbergin OSAM 24 A1 -vähäöljykatkaisijoita.

Sähköasemalla on käytössä 11 keskijännitejohtolähtöä, joista 1:ssä on loistehon kompensointikondensaattorit.

Taulukko 3. Parkanon sähköaseman nykytilan sähköiset tunnusluvut.

S_N [MVA]	25
P_{\max} [MW]	13,5
Kuormitusaste [%]	54,0
I_{\max} [A]	391,3
I_E [A], $R_F = 0 \Omega$	46,3
I_{EF} [A], $R_F = 500 \Omega$	20,7

Taulukosta 3 nähdään, että päämuuntaja on 54 %:n kuormassa eli ei siis kriittisesti kuormitettu ja tämä sallii aseman käytön myös korvaustilanteissa. Sähköaseman johtolähtöjen tuottama yhteenlaskettu maasulkuvirta suorassa maasulussa on 46,3 A ja 500 Ω vikavastuksen vaikutuksesta pienentynyt maasulkuvirta on 20,7 A. Parkanon sähköaseman syöttämä keskijänniteverkko on hajautetusti kompensoitua, lähtöjen Parkano ja Kuivasjärvi varteen on asennettu kuristimet rajoittamaan maasulkuvirtaa.

Sähköaseman syöttökennossa J14 on loistehon kompensointiparistot, jotka ovat Nokian Kondensaattoritehtaan valmistamat. Kondensaattorit on valmistettu vuon-

na 1987 ja ne ovat mallia Nokia 12 USNP. Kondensaattoreiden suojareleinä käytetään Strömbergin 3-vaiheista vakioaikaylivirtarelettä SPAJ 3A5 J3 ja Strömbergin SPAU 1K100 J3 -tyyppistä vakioaikaylijänniterelettä. Releiden mittaussuureina on verkosta mitattavat vaihevirrät ja -jännitteet, jotka mitataan kennossa sijaitsevilla jännite- ja virtamuuntajilla. Taulukossa 4 on esitetty kondensaattoreiden nimellisarvot.

Taulukko 4. Kompensointikondensaattoreiden nimellisarvot.

Q_N [MVar]	3
U_N [kV]	22,9
I_N [A]	76
f_N [Hz]	50
$t_{\text{purkautumis (50 V)}}$ [s]	300
KytKentä	Y

Asemalle asennetaan maasulkuvirran kompensointilaitteisto vuonna 2013 ja johtolähtöjen releet korvataan ABB:n numeerisilla REF-releillä vuonna 2012.

5.1.3 Jaakkolan sähköasema

Jaakkolan sähköasema on rakennettu vuonna 2000. Aseman päämuuntajan nimellisteho on 16 MVA. Aseman keskijännitekojeisto on pääkisko-apukisko -tyyppinen. Kiskoston nimellisvirta on $I_N = 1\,000$ A ja 1 s oikosulkukestoisuus $I_{1s} = 12,5$ kA. Kiskoston suojana asemalla on käytössä valokaarisuojat. Johtolähtöjen suojareleet ovat 70-luvun Strömbergin SPAA 3A5 J40 -tyyppiä. Rele on elektroninen, eikä se ota häiriötallenteita. Keskijännitekatkaisijoina ovat Strömbergin OSAP-vähäöljykatkaisijat, jotka ovat 1970-luvulta.

Asemalla on käytössä 5 keskijännitejohtolähtöä ja varalla 2 kalustettua johtolähtöä.

Taulukko 5. Jaakkolan sähköaseman nykytilan sähköiset tunnusluvut.

S_N [MVA]	16
P_{\max} [MW]	6,9
Kuormitusaste [%]	43,1
I_{\max} [A]	196,6
I_E [A], $R_F = 0 \Omega$	14,3
I_{EF} [A], $R_F = 500 \Omega$	12,2

Taulukosta 5 nähdään, että sähköaseman päämuuntaja on kevyessä kuormassa, mikä sallii Jaakkolan aseman käytön varasyöttötilanteissa, korvattaessa verkkoalueen muita sähköasemia. Jaakkolan keskijännitelähtöjen yhteenlaskettu maasulkuvirta suorassa maasulussa on 14,3 A ja 500 Ω vikavastuksen vaikutuksesta pienentynyt maasulkuvirta on 12,2 A. Jaakkolan keskijänniteverkko on hajautetusti sammutettua, Vahojärven lähdön varrelle on asennettu sammutuskuristin rajoittamaan maasulkuvirtaa.

Jaakkolan sähköasemalle asennetaan maasulun sammutuslaitteisto vuonna 2014. Sammutuksen yhteydessä keskijännitelähtöjen suojareleet korvataan ABB:n REF-tyyppisillä numeerisilla releillä.

5.1.4 Nerכון kytkinasema

Nerכון kytkinasema on vuodelta 1999. Kytkinaseman kojeisto on 1-kiskoinen, kiskoston nimellisvirta on $I_N = 630$ A. Johtolähtöjen suojareleet ovat 1970-luvulta ja ne ovat tyyppiä Strömberg SPAA 3A5 J40. Reletyyppi on elektroninen, ja sille voidaan asetella vain kiinteitä laukaisuaikoja, eikä ota häiriötallenteita. Johtolähtöjen katkaisijat ovat niin ikään 70-luvulta, ja ne ovat Strömbergin OSAM 24A1 -vähäöljykatkaisijoita.

Kytkinasemalla on 4 keskijännitejohtolähtöä. Aseman syöttönä toimii normaalissa kytkentätilanteessa Parkanon sähköaseman lähtö J10 Kihniö ja varasyöttöyhteytenä Jaakkolan sähköaseman lähtö J07 Pitkäjärvi.

Taulukko 6. Nerkoon kytkinaseman nykytilan sähköiset tunnusluvut.

P_{\max} [MW]	0,7
I_{\max} [A]	21
I_E [A], $R_F=0 \Omega$	43,4
I_{EF} [A], $R_F=500 \Omega$	19,4

Taulukosta 6 nähdään, että kytkinaseman huipputeho on 700 kW ja huippukuoritusvirta 21 A. Johtolähtöjen tuottama yhteenlaskettu maasulkuvirta suorassa maasulussa on 43,4 A ja 500 Ω vikavastuksen vaikutuksesta pienentynyt maasulkuvirta on 19,4 A. Nerkoon aseman johtolähtöjen Ratikylä ja Jokikylä varsille on asennettu maasulkuvirtaa rajoittavat kuristimet.

Parkanon ja Jaakkolan sähköasemien sammutuksen (vuosina 2013–14) takia, Nerkoon kytkinaseman releistys vaihdetaan ABB:n numeerisiin SPAA 341 - tyyppisiin laajakulmareleisiin vuonna 2012. Vuonna 2014 kytkinasemalle asennetaan loistehon kompensointikondensaattorit, joilla saavutetaan jännitteenaleneman selvä pieneneminen. Kondensaattorit voidaan asentaa vasta kun AMR-kaukoluentajärjestelmä on otettu käyttöön ja MELKO-järjestelmä poistettu.

5.2 Keskijänniteverkon nykytila

Tavoiteverkkoalueen yhteenlaskettu keskijänniteverkon pituus on 576 km, josta ilmajohtoa on 558 km ja maakaapelia 18 km, jolloin kaapelointiaste on 3,2 %. Kulluttajia tavoiteverkkoalueella on 6 778.

5.2.1 Paunun sähköaseman nykytilan kytkentätilanne

Paunun sähköaseman 3 keskijännitejohtolähtöä syöttää tavoiteverkkoaluetta. Johtolähdöt ovat pitkiä maaseutulähtöjä, joilla syötetään tavoiteverkkoalueen eteläisiä haja-asutusalueita. Paunun sähköaseman tavoiteverkkoaluetta syöttävän verkon topologia on esitetty liitteessä 2, jossa Paunun johtolähdöt on kuvattu violetilla värillä.

Taulukko 7. Paunun sähköaseman nykytilan mukaiset arvot johtolähdöittäin.

Lähtö	Asiakkaat [kpl]	Johtopituus [km]	Maakaapelia [km]	Ilmajohtoa [km]	Kaapelointiaste [%]
J11 Yliskylä	186	15,6	0,1	15,5	0,6
J15 Parkano	398	19,2	0,1	19,1	0,5
J16 Rauma-Repola	474	20,6	0,8	19,8	0,5

Taulukon 7 mukaan johtolähtöjen yhteenlaskettu pituus on 55,4 km, josta maakaapelia on 1 km ja ilmajohtoa 54,4 km, näin ollen kaapelointiaste on todella matala. Asiakkaita tarkasteltavilla lähdöillä on yhteensä 1 058.

5.2.2 Parkanon sähköaseman nykytilan kytkentätilanne

Parkanon sähköasema syöttää pääosin Parkanon keskustaa ja Parkanon luoteisosi- en haja-asutusalueita ja Kihniön aluetta. Parkanon keskustalähdöissä on suunnitelma-alueen korkeimmat kaapelointiasteet. Tarkasteluissa tulee ottaa huomioon, että Parkanon aseman lähtö J10 Kihniö toimii Nerkoon kytkinaseman syöttönä, syöttäen koko Kihniön aluetta. Näin ollen Kihniön lähdön tunnusluvuissa on mukana myös kaikki Nerkoon kytkinaseman 4 johtolähtöä. Parkanon sähköaseman syöttämän keskijänniteverkon topologia on kuvattuna liitteessä 3 sinisellä värillä. Nerkoon kytkinaseman syöttämä verkko näkyy liitteen kuvassa keltaisella värillä.

Taulukko 8. Parkanon sähköaseman nykytilan mukaiset arvot johtolähdöittäin.

Lähtö	Asiakkaat [kpl]	Johtopituus [km]	Maakaapelia [km]	Ilmajohtoa [km]	Kaapelointiaste [%]
J02 Urho	808	5,2	2,4	2,8	46,2
J04 Vahojärvi	117	5,5	0,1	5,4	1,8
J05 Keskusta 2	596	14,9	3,3	11,6	22,1
J06 Aure	0	0,1	0,0	0,1	0
J07 Rauma-Repola	81	5,9	0,8	5,1	13,6
J09 Vuorijärvi	434	73,3	2,0	71,3	2,7
J10 Kihniö	1065	130,6	0,8	129,8	0,6
J11 Kuivasjärvi	579	106,2	0,6	105,6	0,6
J12 Käenkoski	0	2,8	0,1	2,7	3,6
J13 Kihniö 2	0	0,1	0,1	0,0	100,0
J15 Vesitorni	735	8,9	3,1	5,8	34,8

Taulukosta 8 nähdään, että Parkanon sähköaseman keskijänniteverkon yhteispituus on 353,5 km, josta maakaapelia on 13,3 km ja ilmajohtoa 340,2 km. Asiakkaita Parkanon aseman verkossa on yhteensä 4 415. Aseman kaapelointiaste ja asiakasmäärä ovat tavoiteverkkoalueen syöttöasemista korkeimmat.

Johtolähdölle J11 Kuivasjärvi on asennettu vyöhykekatkaisija Lamminkoski (LMK). Lamminkosken vyöhykekatkaisija sijaitsee 106 km pitkän johtolähdön alkupäässä, 9,8 km päässä sähköasemasta.

5.2.3 Jaakkolan sähköaseman nykytilan kytkentätilanne

Jaakkolan sähköasema syöttää pääosin Parkanon itäpuoleisia haja-asutusalueita pitkillä maaseutulähdöillä ja Kihniön aluetta yhdellä johtolähdöllä, Pitkäjärvi. Jaakkolan sähköaseman syöttämä verkko on esitetty liitteessä 4. Syöttöverkon topologia näkyy liitteen kuvassa turkoosilla värillä.

Taulukko 9. Jaakkolan sähköaseman nykytilan mukaiset arvot johtolähdöittäin.

Lähtö	Asiakkaat [kpl]	Johtopituus [km]	Maakaapelia [km]	Ilmajohtoa [km]	Kaapelointiaste [%]
J05 Kause	1	7,0	0,2	6,8	2,9
J06 Aurekoski	56	14,8	2,2	12,6	14,9
J07 Pitkäjärvi	612	53,4	1,4	52,0	2,6
J08 Karttipenä	244	33,7	0,1	33,6	0,3
J10 Vahojärvi	392	58,2	0,2	58,0	0,3

Taulukosta 9 nähdään, että Jaakkolan johtolähtöjen yhteenlaskettu pituus on 167,1 km, josta maakaapelia on 4,1 km ja ilmajohtoa 163 km. Kuluttajia Jaakkolan sähköaseman perässä on 1 305 kpl.

5.2.4 Nerkoon kytkinaseman nykytilan kytkentätilanne

Nerkoon kytkinasema syöttää Kihniön aluetta ja koko jakelualueen pohjoispäätä. Verkon normaalissa kytkentätilanteessa kytkinasemaa syöttää Parkanon sähköaseman lähtö Kihniö ja korvaustilanteissa Jaakkolan aseman lähtö Pitkäjärvi. Kytkinaseman syöttämät johtolähdöt ovat maaseutuverkkoa, joissa maakaapeliosuudet ovat erittäin pieniä. Nerkoon kytkinaseman tunnusluvut on huomioitu jo Parkanon sähköaseman tunnusluvuissa. Analyysissa kytkinasemaa tutkitaan itsenäisenä syöttöasemana siten, että Nerkoon tarkastelu alkaa kytkinaseman kiskosta eteenpäin. Nerkoon kytkinaseman syöttämä verkko on kuvattu liitteessä 5 keltaisella värillä korostettuna.

Taulukko 10. Nerkoon kytkinaseman nykytilan mukaiset arvot johtolähdöittäin.

Lähtö	Asiakkaat [kpl]	Johtopituus [km]	Maakaapelia [km]	Ilmajohtoa [km]	Kaapelointiaste [%]
J02 Niskos	364	28,8	0,1	28,7	0,3
J04 Jokikylä	373	46,8	0,1	46,7	0,2
J05 Kihniö	0	0,1	0,0	0,1	0,0
J06 Ratikylä	218	26,1	0,1	26,0	0,4

Taulukon 10 mukaan kytkinaseman syöttämän verkon yhteenlaskettu pituus on 101,7 km, josta ilmajohtoa 101,4 km ja maakaapelia 300 m. Maakaapelin osuus koostuu ainoastaan johtolähtöjen reitistä johtolähdön päätteiltä ensimmäiselle pylväälle. Nerkoon syöttämällä verkolla on 955 asiakasta.

5.2.5 Verkon sähkötekniinen tila

Verkon sähkötekniinen tila määritettiin johtolähtökohtaisesti kultakin syöttöasemalta. Tilaa määritettäessä, tutkittiin johtolähtöjen kuormitusastetta eli johtolähdön se johto-osa, jolla esiintyy suurin kuormitus suhteessa kuormitettavuuteen [%], suurinta kuormitusvirtaa I_{\max} [A] ja suurinta esiintyvää 3-vaiheista oikosulkuvirtaa $I_{k3\max}$ [A]. Lisäksi tutkittiin johtolähdöillä esiintyvää pienintä 2-vaiheista oikosulkuvirtaa $I_{k2\min}$ [A], huipputehoa P_{\max} [kW], johtolähdöillä esiintyvää suurinta suhteellista jänniteenalenemaa $U_{h\max\%}$ [%], sekä tehohäviötä P_h [kW] ja johtolähtöjen vuosittaista häviöenergiaa W_h [MWh/a]. Syöttöasemien vuosittaiset häviökustannukset johtolähdöittäin on esitetty liitteessä 7.

Saadut parametrit antavat hyvän kuvan tarkasteltavien johtolähtöjen tilasta ja verkon suorituskyvystä. Tarkasteltaessa verkon nykykytkentätilanteen mukaista sähkötekniistä tilaa tulee ottaa huomioon, että taulukoidut arvot edustavat Integran laskemia vuoden huippukuormituksen mukaisia tunnuslukuja. Toisin sanoen tunnusluvut kuvaavat talven tilannetta, jolloin kuormitus on huipussaan.

Paunun sähköasema

Paunun sähköaseman nykykytkentätilan mukaiset sähkötekniiset arvot on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Paunun sähköaseman keskijänniteverkon nykytilan mukaiset sähkötekniiset arvot johtolähdöittäin.

Lähtö	Kuormitusaste [%]	I_{\max} [A]	$I_{k3\max}$ [A]	$I_{k2\min}$ [A]	P_{\max} [kW]	$U_{h\max\%}$ [%]	P_h [kW]	W_h [MWh/a]
J11 Yliskylä	3	9	4410	1120	320,0	0,2	0,4	1,2
J15 Parkano	10	27	4410	1230	925,1	0,8	4,7	14,8
J16 Rauma-Repola	24	66	4410	1200	2213,4	2,0	29,7	28,6

Taulukosta 11 nähdään, että Paunun sähköaseman sähkötekniset arvot ovat sallitujen rajojen sisällä. Kuormitusasteet ovat matalat, eikä jännitteenalenemissakkaan ole huomautettavaa.

Parkanon sähköasema

Parkanon sähköaseman nykykytkentätilan mukaiset sähkötekniset arvot on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Parkanon sähköaseman keskijänniteverkon nykytilan mukaiset sähkötekniset arvot johtolähdöittäin.

Lähtö	Kuormitusaste [%]	I_{\max} [A]	$I_{k3\max}$ [A]	$I_{k2\min}$ [A]	P_{\max} [kW]	$U_{h\max\%}$ [%]	P_h [kW]	W_h [MWh/a]
J02 Urho	27	46	4820	2500	1600,5	0,5	5,5	18,6
J04 Vahojärvi	3	8	4820	2250	267,0	0,1	0,2	0,4
J05 Keskusta2	20	59	4820	2290	2018,0	0,3	3,1	8,7
J06 Aure	0	0	4820	3770	0,0	0,0	0,0	0,00
J07 Rauma-Repola	26	49	4820	2140	1638,4	0,8	8,4	20,0
J09 Vuorijärvi	10	25	4820	510	894,6	1,3	6,7	20,2
J10 Kihniö	35	81	4820	740	2795,4	6,6	124,9	334,8
J11 Kuivasjärvi	12	35	4820	1440	1221,8	3,3	23,4	56,6
J12 Käenkoski	0	0	4820	3150	0,0	0,0	0,0	0,0
J13 Kihniö2	0	0	4820	3770	0,0	0,0	0,0	0,0
J15 Vesitorni	39	89	4820	2150	3050,7	1,1	22,1	72,6

Tarkasteltaessa Parkanon sähköaseman sähköteknisiä arvoja, tulee ottaa huomioon, että Kihniön johtolähtö toimii Nerkoon kytkinaseman syöttönä, joten lähdön tunnusluvut pitävät sisällään myös koko Nerkoon ala-aseman arvot. Taulukosta 12 huomataan, että Kihniön johtolähdöllä esiintyy sähköaseman syöttämän keskijänniteverkon suurin kuormitusaste ja jännitteenalenema. Kuormitusasteessa ei sinänsä ole huomautettavaa, mutta jännitteenalenema 6,6 % ylittää maaseutuverkon 5 % sallitun jännitteenalenemarajan. Jännitteenalenema 6,6 % esiintyy Nerkoon kytkinaseman Jokikylän lähdöllä. Ennen Nerkoon kytkinasemaa Kihniön johtolähdön suurin jännitteenalenema on 5,2 %. Kihniön johtolähtöä tarkastellaan verkon kehittämissuunnitelmissa. Johtolähtö toimii Nerkoon kytkinaseman syöttönä

ja on täten erittäin pitkä, n. 130 km ja lähdön huippukuormitus on lähes 3 MW. Lukuun ottamatta Kihniön johtolähtöä, Parkanon sähköaseman lähtöjen tunnusluvuissa ei ole huomauttamista.

Jaakkolan sähköasema

Jaakkolan sähköaseman nykykytkentätilan mukaiset sähkötekniset arvot on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Jaakkolan sähköaseman keskijänniteverkon nykytilan mukaiset sähkötekniset arvot johtolähdöittäin.

Lähtö	Kuormitusaste [%]	I_{\max} [A]	$I_{k3\max}$ [A]	$I_{k2\min}$ [A]	P_{\max} [kW]	$U_{h\max\%}$ [%]	P_h [kW]	W_h [MWh/a]
J05 Kause	5	9	4130	1720	327,2	0,1	0,1	0,2
J06 Aurekoski	32	59	4130	1300	1984,6	1,7	18,7	30,2
J07 Pitkäjärvi	33	87	4130	500	3058,0	5,7	124,3	396,1
J08 Karttipenä	8	22	4130	530	763,5	0,7	2,1	3,7
J10 Vahojärvi	9	21	4130	270	725,8	2,5	11,1	28,3

Jaakkolan sähköaseman nykytilan mukaisia sähköteknisiä arvoja tarkasteltaessa taulukosta 13 huomataan, että Pitkäjärven johtolähdöllä esiintyy suurin kuormitusaste 33 % ja jänniteenalenema 5,7 %, joka ylittää maaseutuverkossa suurimman sallitun 5 % rajan. Pitkäjärven lähdölle on asennettu 600 kVar kompensointikondensaattorit Kihniön taajamaan. Pitkäjärven lähdön kehittämistä käsitellään verkon kehittämissuunnitelmissa. Pitkäjärven johtolähtö toimii Nerkoon kytkinaseman varasyöttönä. Muuten Jaakkolan sähköaseman nykytilan tunnusluvuissa ei ole moitittavaa.

Nerkoon kytkinasema

Nerkoon kytkinaseman nykykytkentätilan mukaiset sähkötekniset arvot on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Nerkoon kytkinaseman keskijänniteverkon nykytilan mukaiset sähkötekniset arvot johtolähdöittäin.

Lähtö	Kuormitusaste [%]	I_{\max} [A]	$I_{k3\max}$ [A]	$I_{k2\min}$ [A]	P_{\max} [kW]	$U_{h\max\%}$ [%]
J02 Niskos	8	22	1760	472	710,0	6,0
J04 Jokikylä	14	26	1140	249	842,8	6,6
J05 Kihniö	0	0	1140	895	0,0	5,2
J06 Ratikylä	24	21,3	1140	490	697,5	6,1

Nerkoon kytkinaseman syöttönä normaalitilassa toimii Parkanon sähköaseman johtolähtö Kihniö, joten Nerkoon ala-aseman syöttämät johdot ovat Kihniön lähdön kanssa samaa verkkoa. Nerkoon kytkinaseman tarkastelu alkaa kytkemön kiskostosta eteenpäin. Taulukosta 14 huomataan, että ala-aseman kaikkien johtolähtöjen jännitteenalenemat ylittävät sallitun 5 % rajan. Suurin jännitteenalenema esiintyy Jokikylän johtolähdöllä; 6,6 %. Nerkoon kytkinaseman kehittämistä tutkitaan verkon kehittämissuunnitelmissa. Yksi ratkaisumalli on uuden maakaapeliyhityksen rakentaminen kytkinaseman syötöksi ja pitkän tähtäimen suunnitelma tulee olemaan uuden 110/20 kV:n sähköaseman rakentaminen. Taulukossa 14 ei ole esitetty Nerkoon kytkinaseman johtolähtöjen teho- ja energiahäviöitä, sillä ne sisältyvät Parkanon sähköaseman Kihniö-johtolähdön tunnuslukuihin.

5.2.6 Suojausanalyysi ja releasettelut johtolähdöittäin

Tutkittaessa syöttöasemien releasetteluita johtolähdöittäin, tarkasteltiin verkon nykytilan oikosulku- ja maasulkusuojauksen asetteluarvoja, huomioiden myös jälleenkytkentöjen jännitteettömät ajat ja polttoajat. Suojausanalyysissä otettiin kantaa suojauksen toimivuuteen ja LSOY:n oman strategian mukaisten arvojen toteutumiseen.

LSOY:n tavoiteverkkoalueen kaikilla muuntamoilla käytetään yhdistettyä maadoitusta eli suurjännitepuolen suojamaadoitus ja pienjännitepuolen käyttömaadoitus on yhdistetty. Vanhoissa D-maadoitusryhmään kuuluvissa asennuksissa maasulkusuojauksen laukaisuaikaan vaikuttaa maadoitusresistanssin (R_m) suuruus. /10/. Uusissa asennuksissa, standardin SFS 6001 mukaan, maasulku ei saa aiheuttaa

vaarallista kosketusjännitettä (U_{TP}). Yleisesti katsotaan, että maadoitusjännite (U_m) saa olla enintään kaksinkertainen kosketusjännitteeseen nähden. /10/. Maasulkusuojausanalyysissa on taulukoitu johtolähtöjen muuntamoilla suurin sallittu maadoitusresistanssin arvo sekä vanhoissa D-ryhmän asennuksissa että uusissa asennuksissa. Tavoiteverkkoalueen muuntamalla kosketusjännitteet eivät ole muodostuneet ongelmaksi.

Taulukoissa 15–25 on esitetty syöttöasemien oiko- ja maasulkusuojauksen asettelu-arvot johtolähdöittäin. Releasettelut on taulukoitu siten, että oikosulkusuojauksen asettelu-arvot ovat primääriverkon arvoina, mutta maasulkusuojauksen releasettelut ovat sekä ensiö- että toisiosuureina.

Oikosulkusuojauksesta taulukoissa on esitetty johtolähtöjen ylivirtareleiden aikalaukaisuportaan asettelu-arvot $I > [A]$ ja pikalaukaisuportaan asettelu-arvot primääriverkon arvoina $I \gg [A]$. Lisäksi on tutkittu ylivirtareleiden aikalaukaisuportaan asettelu-arvon suhdetta johtolähdön suurimpaan kuormitusvirtaan $I > / I_{\max}$ [p.u.], suhdeluvun tulee olla $> 2,5$ ja johtolähtöjen ylivirtareleiden havahtuvaisuustunnuksilukuja $I_{k2\min} / I > [p.u.]$ eli johtolähdön pienimmän 2-vaiheisen oikosulkuvirran arvo suhteessa ylivirtareleen aikalaukaisuportaan asettelu-arvoon, suhdeluvun tulee olla $> 2,0$. Taulukoissa on myös esitetty johtolähtöjen oikosulkukestoisuutta pika-/aikalaukaisua käyttäen I_k -kestoisuus $I > / I \gg [\%]$ eli 3-vaiheisen oikosulkuvirran suhde oikosulun ekvivalenttisen kestoajan ja johtimen 1 s oikosulkuvirran avulla laskettuun suurimpaan sallittuun oikosulkuvirtaan. Jos suhdeluku on alle 100 %, on johdin oikosulkukestoinen. Taulukkoihin on kerätty johtolähtöjen huonoimmat arvot saavan johto-osan tunnusluvut, pienemmän arvon saava laukaisuporras toimii johto-osan suojana paremmin.

Maasulkusuojauksesta on tutkittu johtolähtöjen suunnattujen maasulkureleiden alemman toimintaportaan laukaisuasetteluja primääriverkon arvoina $I_{\phi} > [A]$ ja toisioarvoina $I_{\phi}' > [A]$, sähköaseman mittauskentän nollajännitereleen nollajänniteasettelu johtolähtöjen maasulkusuojauksessa primääriverkon arvoina $U_0 > [V]$ ja toisioarvoina $U_0' > [V]$. Lisäksi taulukoissa on esitetty johtolähtöjen muuntamoitten yhdistetyn maadoituksen suurimmat sallitut maadoitusresistanssin arvot vanhoissa D-ryhmän maadoituksissa $R_m (D) [\Omega]$ ja uusissa asennuksissa $R_m (2) [\Omega]$.

Taulukoissa on myös esitetty johtolähtöjen maasulkusuojauksen PJK:n polttoajat t_1 [s], AJK:n polttoajat t_2 [s] sekä vikavirran kestoajat ennen lopullista laukaisua t_3 [s].

Paunun sähköasema

Oikosulkusuojaus

Taulukossa 15 on esitetty Paunun sähköaseman tavoiteverkkoaluetta syöttävien keskijännitejohtolähtöjen nykytilan mukaiset ylivirtareleasettelut.

Taulukko 15. Paunun sähköaseman oikosulkusuojauksen releasettelut johtolähdöittäin.

Lähtö	$I >$ [A]	$I >>$ [A]	$I > / I_{\max}$ [p.u.]	$I_{k2\min} / I >$ [p.u.]	I_k -kestoisuus $I >$ [%]	I_k -kestoisuus $I >>$ [%]
J11 Yliskylä	300	900	33,3	3,7	65	23
J15 Parkano	300	1500	11,1	4,1	244	86
J16 Rauma-Repola	200	1000	3,0	6,0	43	15

Taulukosta 15 nähdään, että johtolähtöjen releasettelut täyttävät LSOY:n strategian mukaiset tunnusluvut aikalaukaisuportaan asetteluun ja suurimman kuormitusvirran suhteen sekä havahtuvaisuustunnuksen osalta. Johtolähdöllä J15 Parkano on oikosulkukestoton johto-osa, joka pystytään juuri suojaamaan pikalaukaisuportaan avulla. Kyseinen johto-osa on Bantamia (BT16), joka ei ole oikosulkukestoinen. Muuten tunnusluvuissa ei ole moitittavaa.

Paunun sähköaseman kaikissa tavoiteverkkoaluetta syöttävissä johtolähdöissä on käytössä PJK ja AJK. PJK:n jännitteetön aika on $t_{PJK} = 0,5$ s ja vastaavasti AJK:n jännitteetön aika on $t_{AJK} = 120$ s. Paunun sähköaseman johtolähtöjen jälleenkytkentöjen polttoajat ylivirran aikalaukaisuportaalla ($I >$) ovat $t_1 = 0,25$ s, $t_2 = 0,25$ s ja $t_3 = 0,4$ s. Pikalaukaisuportaan ($I >>$) polttoajat ovat $t_1 = 0$ s, $t_2 = 0,04$ s ja $t_3 = 0,04$ s.

Maasulkusuojaus

Taulukossa 16 on esitetty Paunun sähköaseman tavoiteverkkoaluetta syöttävien keskijännitejohtolähtöjen nykytilan mukaiset maasulkureleasettelut.

Taulukko 16. Paunun sähköaseman maasulkusuojausten releasettelut johtolähdöittäin.

Lähtö	$I_{\phi >}$ [A]	$I_{\phi}' >$ [A]	$U_0 >$ [V]	$U_0' >$ [V]	t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	$R_m(D)$ [Ω]	$R_m(2)$ [Ω]
J11 Yliskylä	0,7	0,01	1732,1	15	0,45	0,45	0,6	111	55
J15 Parkano	0,7	0,01	1732,1	15	0,45	0,45	0,6	111	55
J16 Rauma-Repola	0,7	0,01	1732,1	15	0,45	0,45	0,6	111	55

Taulukon 16 mukaan Paunun sähköaseman kaikkien tarkasteltavien johtolähtöjen maasulkusuojausten asetteluarvot ovat samat eli nollavirta-asettelu $I_{\phi >} = 0,7$ A ja nollajänniteasettelu $U_0 > = 1732,1$ V.

Parkanon sähköasema

Oikosulkusuojaus

Taulukossa 17 on esitetty Parkanon sähköaseman keskijännitejohtolähtöjen nykytilan mukaiset ylivirtareleasettelut.

Taulukko 17. Parkanon sähköaseman oikosulkusuojauksen releasettelut johtolähdöittäin.

Lähtö	$I >$ [A]	$I >>$ [A]	$I > / I_{\max}$ [p.u.]	$I_{k2\min} / I >$ [p.u.]	I_k -kestoisuus $I >$ [%]	I_k -kestoisuus $I >>$ [%]
J02 Urho	400	1800	8,7	6,3	188	48
J04 Vahojärvi	150	600	18,8	15,0	95	30
J05 Keskusta 2	200	1600	3,4	11,5	113	36
J06 Aure	450	1200	-	8,4	56	14
J07 Rauma-Repola	200	1000	4,1	10,7	58	18
J09 Vuorijärvi	125	700	5,0	4,1	324	102
J10 Kihniö	200	1000	2,5	3,7	183	47
J11 Kuivasjärvi	200	1600	5,7	7,2	74	19
J12 Käenkoski	150	900	-	21,0	48	15
J13 Kihniö2	200	1000	-	18,9	56	14
J15 Vesitorni	300	1800	3,4	7,2	93	29

Taulukosta 17 nähdään, että johtolähtöjen releasettelut täyttävät LSOY:n strategian mukaiset tunnusluvut aikalaukaisuportaan asetteluun ja suurimman kuormitusvirran suhteen sekä havahtuvaisuustunnuksien osalta. Johtolähdöillä Urho, Keskusta 2 ja Kihniö on aikalaukaisuportaan suhteen oikosulkukestottomia johto-osia, mutta ne pystytään suojaamaan pikalaukaisulla. Sen sijaan Vuorijärven johdolla on täysin oikosulkukestoton johto-osa, jota ei pystytä suojaamaan kummallakaan laukaisuportalla. Kyseinen johto-osa on oikosulkukestotonta Bantamia (BT16). Urhon lähdön oikosulkukestoton johto-osa on Swania (SW25), Keskusta 2:n Sparrowia (SP40) ja Kihniön Bantamia (BT16).

Parkanon sähköaseman kaikissa johtolähdöissä, lukuun ottamatta Käenkoski-lähtöä, on käytössä PJK ja AJK. Käenkosken lähdöllä ei ole käytössä nopeaa PJK:ta, Koillis-Satakunnan Sähkö Oy:n vesivoimalaitoksesta johtuen. PJK:n jännitteetön aika on $t_{PJK} = 0,5$ s ja vastaavasti AJK:n jännitteetön aika on $t_{AJK} = 120$ s. Parkanon sähköaseman johtolähtöjen jälleenkytkentöjen polttoajat ylivirran aikalaukaisuportalla ($I >$) ovat $t_1 = 0,4$ s, $t_2 = 0,4$ s ja $t_3 = 0,4$ s, lukuun ottamatta lähtöjä Urho, Aure, Kihniö, Kuivasjärvi ja Kihniö 2. Kyseisillä lähdöillä on käytössä pidemmät polttoajat selektiivisyyden takia, sillä lähtöjä Urho, Aure ja Kihniö 2 käytetään korvaustilanteissa syöttöyhteyksinä. Lähtöä Kihniö käytetään Nerkoon

ala-aseman syöttöyhteytenä ja Kuivasjärven varrella on Lamminkosken verkko-
katkaisija. Edellä mainittujen lähtöjen polttoajat ovat $t_1 = 0,6$ s, $t_2 = 0,6$ s ja $t_3 =$
0,6 s. Kaikkien lähtöjen pikalaukaisuportaan ($I \gg$) polttoajat ovat $t_1 = 0,04$ s, $t_2 =$
0,04 s ja $t_3 = 0,04$ s.

Taulukko 18. Kuivasjärven johtolähdöllä sijaitsevan Lamminkosken vyöhyke-
katkaisijan oikosulkusuojauksen releasettelut.

Lähtö	$I >$ [A]	$I \gg$ [A]	$I > / I_{\max}$ [p.u.]	$I_{k2\min} / I >$ [p.u.]	I_k -kestoisuus $I >$ [%]	I_k -kestoisuus $I \gg$ [%]
J11 Kuivasjärvi	150	700	6,0	1,7	127	***

Taulukossa 18 on esitetty Kuivasjärven johdolla sijaitsevan Lamminkosken vyö-
hykekatkaisijan ylivirta-asettelut. Vyöhykekatkaisijan perässä olevan verkon ha-
vahtuvaisuustunnusluku ei täytä LSOY:n strategian mukaista suhdelukua 2,0. Jot-
ta tunnuslukuun päästäisiin, tulisi aikalaukaisuportaan asetteluarvo laskea arvoon I
> = 130 A. Vyöhykekatkaisijan takaiselta verkonosalta löytyy täysin oikosulku-
kestoton johto-osa, jota ei pystytä suojaamaan kummallakaan laukaisuportaalla.
Kyseinen johto-osa on Bantamia. Vyöhykekatkaisijan PJK:n jännitteetön aika on
 $t_{PJK} = 0,5$ s ja vastaavasti AJK:n jännitteetön aika on $t_{AJK} = 120$ s. Lamminkosken
oikosulkusuojauksen jälleenkytkentöjen polttoajat aikalaukaisuportaalla ($I >$) ovat
 $t_1 = 0,1$ s, $t_2 = 0,1$ s ja $t_3 = 0,25$ s ja vastaavasti pikalaukaisuportaalla ($I \gg$) $t_1 = 0$
s, $t_2 = 0$ s ja $t_3 = 0,45$ s.

Maasulkusuojaus

Taulukossa 19 on esitetty Parkanon sähköaseman keskijännitejohtolähtöjen nyky-
tilan mukaiset maasulkureleasettelut.

Taulukko 19. Parkanon sähköaseman maasulkusuojauksen releasettelut johtolähdöittäin.

Lähtö	$I_{\phi>}$ [A]	$I_{\phi'>}$ [A]	$U_{0>}$ [V]	$U_{0'>}$ [V]	t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	$R_m(D)$ [Ω]	$R_m(2)$ [Ω]
J02 Urho	1,2	0,04	923,8	8	0,6	0,6	0,6	12	5
J04 Vahojärvi	1,2	0,04	923,8	8	0,4	0,4	0,4	17	12
J05 Keskusta 2	2,4	0,08	923,8	8	0,4	0,4	0,4	17	12
J06 Aure	2,4	0,08	923,8	8	0,6	0,6	0,6	13	6
J07 Rauma-Repola	1,2	0,04	923,8	8	0,4	0,4	0,4	17	12
J09 Vuorijärvi	1,2	0,04	923,8	8	0,4	0,4	0,4	17	12
J10 Kihniö	1,2	0,04	923,8	8	0,6	0,6	0,6	13	6
J11 Kuivasjärvi	2,4	0,08	923,8	8	0,6	0,6	0,6	13	6
J12 Käenkoski	0,6	0,02	923,8	8	0,6	0,6	0,6	13	6
J13 Kihniö 2	1,2	0,04	923,8	8	0,4	0,4	0,4	17	12
J15 Vesitorni	1,2	0,04	923,8	8	0,4	0,4	0,4	17	12

Taulukon 19 mukaan Parkanon sähköaseman johtolähtöjen maasulkusuojaus nollavirta-asettelu on $I_{\phi>} = 1,2$ A ja nolajänniteasettelu $U_{0>} = 923,8$ V, lukuun ottamatta lähtöjä Keskusta 2, Aure, Kuivasjärvi ja Käenkoski. Käenkosken lähdön nollavirta-asettelu on $I_{\phi>} = 0,6$ A ja muilla 2,4 A. Maasulkusuojauksessa jälleenykytkentöjen polttoajat ovat $t_1 = 0,4$ s, $t_2 = 0,4$ s ja $t_3 = 0,4$ s, paitsi johtolähdöillä Käenkoski ja korvauskytkentöihin osallistuvilla johtolähdöillä $t_1 = 0,6$ s, $t_2 = 0,6$ s ja $t_3 = 0,6$ s.

Taulukko 20. Kuivasjärven johtolähdöllä sijaitsevan Lamminkosken vyöhykekatkaisijan maasulkusuojaus releasettelut.

Lähtö	$I_{\phi>}$ [A]	$I_{\phi'>}$ [A]	$U_{0>}$ [V]	$U_{0'>}$ [V]	t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	$R_m(D)$ [Ω]	$R_m(2)$ [Ω]
J11 Kuivasjärvi	2	0,04	923,8	8	0,25	0,25	0,4	13	6

Taulukossa 12 on esitetty Lamminkosken vyöhykekatkaisijan maasulkuasettelut. Maasulkusuojauksessa jälleenykytkentöjen polttoajat ovat $t_1 = 0,25$ s, $t_2 = 0,25$ s ja $t_3 = 0,4$ s.

Parkanon sähköaseman kennossa J14 on kompensointiparistot. Kondensaattoreilla ei ole käytössä jälleenkytkentöjä. Kondensaattoreiden suojausarvojen asettelu on esitetty taulukossa 21.

Taulukko 21. Kondensaattoreiden suojausarvojen asettelu.

$I >$ [A]	$t >$ [s]	$I >>$ [A]	$t >>$ [s]	$U >$ [V]	$t >$ [s]
200	0,6	1000	0,04	1154,7	0,7

Jaakkolan sähköasema

Oikosulkusuojaus

Taulukossa 22 on esitetty Jaakkolan sähköaseman keskijännitejohtolähtöjen nykytilan mukaiset ylivirtareleasettelut.

Taulukko 22. Jaakkolan sähköaseman oikosulkusuojauksen releasettelut johtolähdöittäin.

Lähtö	$I >$ [A]	$I >>$ [A]	$I >/I_{\max}$ [p.u.]	$I_{k2\min}/I >$ [p.u.]	I_k -kestoisuus $I > [%]$	I_k -kestoisuus $I >> [%]$
J05 Kause	450	1200	50,0	3,8	64	16
J06 Aurekoski	180	900	3,1	7,2	49	15
J07 Pitkäjärvi	225	1050	2,6	2,2	52	16
J08 Karttipera	150	600	6,8	3,5	144	45
J10 Vahojärvi	150	600	7,1	1,8	65	***

Taulukosta 22 nähdään, että Jaakkolan aseman johtolähtöjen releasettelut täyttävät LSOY:n strategian mukaiset tunnusluvut aikalaukaisuportaan asetteluun ja suurimman kuormitusvirran suhteen sekä havahtuvaisuustunnuksen osalta. Johtolähdöllä J08 Karttipera on aikalaukaisua käyttäen oikosulkukestoton johto-osa, joka pystytään kuitenkin suojaamaan pikalaukaisuportaan avulla. Kyseinen johto-osa on Bantamia (BT16). Johtolähdöllä Vahojärvi on johto-osa, jota ei pystytä suojaamaan lainkaan pikalaukaisuportalla (***) ja aikalaukaisuportaan oikosulkukestoisuustunnusluku on 65 %.

Jaakkolan sähköaseman kaikissa johtolähdöissä on käytössä PJK ja AJK. PJK:n jännitteetön aika on $t_{PJK} = 0,5$ s ja AJK:n jännitteetön aika on $t_{AJK} = 120$ s. Jaakkolan sähköaseman johtolähtöjen jälleenkytkentöjen polttoajat ylivirran aikalaukaisuportaalla ($I >$) ovat $t_1 = 0,4$ s, $t_2 = 0,4$ s ja $t_3 = 0,4$ s, lukuun ottamatta varasyöttöyhteytenä käytettävää lähtöä Kause. Kausen ylivirran aikalaukaisuportaan ($I >$) jälleenkytkentöjen polttoajat ovat $t_1 = 0,6$ s, $t_2 = 0,6$ s ja $t_3 = 0,6$ s. Pika-laikaisuportaan ($I >>$) polttoajat kaikilla johtolähdöillä ovat $t_1 = 0,04$ s, $t_2 = 0,04$ s ja $t_3 = 0,04$ s.

Maasulkusuojaus

Taulukossa 23 on esitetty Jaakkolan sähköaseman keskijännitejohtolähtöjen nykytilan mukaiset maasulkureleasettelut.

Taulukko 23. Jaakkolan sähköaseman maasulkusuojaus releasettelut johtolähdöittäin.

Lähtö	$I_{\phi >}$ [A]	$I_{\phi' >}$ [A]	$U_{0 >}$ [V]	$U_{0' >}$ [V]	t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	$R_m(D)$ [Ω]	$R_m(2)$ [Ω]
J05 Kause	1,2	0,04	923,8	8	0,6	0,6	0,6	45	22
J06 Aurekoski	1,2	0,04	923,8	8	0,4	0,4	0,4	55	39
J07 Pitkäjärvi	1,2	0,04	923,8	8	0,4	0,4	0,4	55	39
J08 Karttipera	1,2	0,04	923,8	8	0,4	0,4	0,4	55	39
J10 Vahojärvi	1,2	0,04	923,8	8	0,4	0,4	0,4	55	39

Taulukon 23 mukaan Jaakkolan aseman kaikkien johtolähtöjen maasulkusuojausasetteluarvot ovat samat eli nollavirta-asettelu $I_{\phi >} = 1,2$ A ja nollajänniteasettelu $U_{0 >} = 923,8$ V. Maasulkusuojauksessa jälleenkytkentöjen polttoajat ovat $t_1 = 0,4$ s, $t_2 = 0,4$ s ja $t_3 = 0,4$ s, lukuun ottamatta Kausen johtolähtöä, jonka polttoajat ovat $t_1 = 0,6$ s, $t_2 = 0,6$ s ja $t_3 = 0,6$ s.

Nerkoon kytkinasema

Oikosulkusuojaus

Taulukossa 24 on esitetty Nerkoon kytkinaseman keskijännitejohtolähtöjen nykytilan mukaiset ylivirtareleasettelut.

Taulukko 24. Nerkoon kytkinaseman oikosulkusuojaus releasettelut johtolähdöittäin.

Lähtö	$I >$ [A]	$I \gg$ [A]	$I > I_{\max}$ [p.u.]	$I_{k2\min}/I >$ [p.u.]	I_k -kestoisuus $I > [\%]$	I_k -kestoisuus $I \gg [\%]$
J02 Niskos	100	600	4,5	4,7	68	35
J04 Jokikylä	100	600	3,8	2,5	58	30
J05 Kihniö	200	600	-	4,5	6	3
J06 Ratikylä	100	600	4,7	4,9	19	9

Taulukon 24 mukaan Nerkoon kytkinaseman johtolähtöjen releasetteluissa ja tunnusluvuissa ei ole huomauttamista. LSOY:n tavoitearvot täyttyvät, eikä oikosulkukestottomia johto-osia löydy syöttöaseman johtolähdöistä.

Nerkoon kytkinaseman kaikissa johtolähdöissä on käytössä PJK ja AJK. PJK:n jännitteetön aika on $t_{PJK} = 0,5$ s ja AJK:n jännitteetön aika on $t_{AJK} = 120$ s. Kaikkien johtolähtöjen jälleenkytkentöjen polttoajat ylivirran aikalaukaisuportaalla ($I >$) ovat $t_1 = 0,1$ s, $t_2 = 0,1$ s ja $t_3 = 0,2$ s. Pikalaukaisuportaan ($I \gg$) polttoajat kaikilla johtolähdöillä ovat $t_1 = 0,04$ s, $t_2 = 0,04$ s ja $t_3 = 0,04$ s.

Maasulkusuojaus

Taulukossa 25 on esitetty Nerkoon kytkinaseman keskijännitejohtolähtöjen nykytilan mukaiset maasulkureleasettelut.

Taulukko 25. Nerkoon kytkinaseman maasulkusuojaus releasettelut johtolähdöittäin.

Lähtö	$I_{\phi >}$ [A]	$I_{\phi' >}$ [A]	$U_0 >$ [V]	$U_0' >$ [V]	t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	$R_m(D)$ [Ω]	$R_m(2)$ [Ω]
J02 Niskos	1,2	0,04	923,8	8	0,3	0,3	0,3	19	16
J04 Jokikylä	1,2	0,04	923,8	8	0,3	0,3	0,3	19	16
J05 Kihniö	1,2	0,04	923,8	8	0,3	0,3	0,3	19	16
J06 Ratikylä	1,2	0,04	923,8	8	0,3	0,3	0,3	19	16

Taulukosta 25 nähdään, että Nerkoon syöttöaseman johtolähtöjen nollavirta-asettelut ovat $I_{\phi} > = 1,2$ A ja nollajänniteasettelu $U_{0} > = 923,8$ V. Maasulkusuoja-uksessa jälleenkytkentöjen polttoajat ovat $t_1 = 0,3$ s, $t_2 = 0,3$ s ja $t_3 = 0,3$ s.

5.3 Sähköasemien korvaustarkastelu nykytilassa

Verkon nykytilan mukaisessa korvaustarkastelussa tutkittiin tavoiteverkkoalueen syöttöasemien korvattavuutta huipputehon aikana. Korvaustarkastelu suoritettiin sähköasemittain päämuuntajavauriotapauksessa, jossa oletettiin, että korvattavan aseman keskijännitekiskosto on käytettävissä. Korvauskytkennät suoritettiin käytämällä LSOY:n strategian mukaisia varasyöttyhteysyhteyksiä.

Korvaustilanteessa tarkasteltavan verkon sähkötekniset parametrit tulee täyttyä; suojausten täytyy toimia aukottomasti ja selektiivisesti, johtojen oikosulkukestoisuus, jännitteenalenema ja verkkokomponenttien kuormitettavuus ei saa ylittyä. Tarkastelussa suurin sallittu kuormitettavuus päämuuntajalle oli 120 % ja johtimelle 100 %. Jännitteenalenema ei saanut ylittää LSOY:n strategian mukaista maaseutuverkon korvaustilanteen suurinta sallittua jännitteenaleman 8 % arvoa.

5.3.1 Paunun sähköaseman korvaaminen

Paunun sähköaseman korvaustarkastelussa on korvattu koko sähköasema eli tavoiteverkkoaluetta syöttävien 3 johtolähdön lisäksi tarkastelulaskentaan kuului kaikki Paunun keskijännitejohtolähdöt, jotka syöttävät Ikaalisten pohjoisosaa ja Jämijärveä.

Paunun sähköaseman korvaamiseen käytetään Parkanon sähköasemaa. Varasyöttyhteytenä käytetään Parkanon sähköaseman Urhon johtolähtöä, joka tulee jakorajamuutoksella kiinni Paunun sähköaseman Parkano-johtolähtöön. Muodostettaessa Paunun sähköaseman korvauskytkentää, Paunun aseman Jämijärvi-johtolähtö siirretään Teiharjun sähköaseman perään, johtolähtö Luhalahti siirretään Ikaalisten sähköaseman perään ja Rauma-Repolan johtolähtö siirretään Parkanon aseman perään. Jakorajamuutoksilla suoritettujen tehojaon lisäksi Parkanon sähköaseman päämuuntajan syöttämä kiskojännite muutetaan jännitteensäätäjän avulla arvoon 21,2 kV eli syöttöjännitettä nostetaan 2 käämikytkimen askeleen verran. Myös

Paunun sähköaseman sammutuskela kytketään pois käytöstä, sillä Parkanon sähköaseman verkko on maasta erotettua. Tällä toimenpiteellä varmistetaan maasulkuojoituksen luotettava toimiminen.

Taulukko 26. Korvaustarkasteluun osallistuvien sähköasemien sähkötekniset arvot normaalissa kytkentätilanteessa.

Sähköasema	S_N [MVA]	P_{max} [MW]	Kuormitusaste [%]	I_{max} [A]
Paunu	20	9,4	47,0	274,4
Parkano	25	13,5	54,0	391,3

Taulukon 26 mukaan Parkanon sähköaseman päämuuntajan huippukuormitus normaalitilanteessa on 13,5 MW ja kuormitusaste on 54 %. Vastaavasti korvattavan Paunun päämuuntajan huippukuormitus on 9,4 MW ja päämuuntajan kuormitusaste on 47 %.

Taulukko 27. Parkanon sähköaseman päämuuntajan sähkötekniset arvot, kun Paunun asema on korvattu.

Sähköasema	S_N [MVA]	P_{max} [MW]	Kuormitusaste [%]	I_{max} [A]
Parkano	25	18,9	75,4	507,0

Taulukosta 27 nähdään, että Paunun sähköaseman korvaaminen Parkanon sähköasemalla onnistuu. Parkanon sähköaseman päämuuntajan kuormitus korvauskytkennässä nousee 18,9 MW ja kuormitusaste on tällöin 75,4 %. Päämuuntajan kuormitusvirta korvauskytkennässä on 507 A.

Taulukko 28. Parkanon sähköaseman johtolähtöjen tunnusluvut korvauskytkennässä.

Lähtö	Kuormitusaste [%]	I_{\max} [A]	P_{\max} [kW]	$U_{h\max\%}$ [%]	P_h [kW]
J02 Urho	63	145	5180,3	7,1	146,1
J04 Vahojärvi	3	7	272,3	0,1	0,2
J05 Keskusta 2	19	57	2016,0	0,3	2,8
J06 Aure	0	0	0,0	0,0	0,0
J07 Rauma-Repola	16	47	1637,6	0,8	7,8
J09 Vuorijärvi	8	24	891,1	1,2	6,2
J10 Kihniö	34	79	2796,3	6,1	116,3
J11 Kuivasjärvi	34	11	1238,1	3,1	22,4
J12 Käenkoski	0	0	0,0	0,0	0,0
J13 Kihniö 2	0	0	0,0	0,0	0,0
J15 Vesitorni	59	137	4814,4	2,2	65,0

Paunun sähköaseman varasyöttöyhteytenä toimii Parkanon sähköaseman Urhon johtolähtö. Taulukosta 28 nähdään, että korvauskytkennässä Parkanon sähköaseman johtolähtöjen tunnusluvuissa ei ole moitittavaa, varasyöttöyhteytenä toimivaan Urhon lähtöön ei muodostu tehonsiirron pullonkaulaa ja kaikkien johtolähtöjen jännitteenalenemat ovat sallituissa rajoissa. Suurin virta $I_{\max} = 145$ A ja jännitteenalenema $U_{h\max\%} = 7,1$ % esiintyvät syöttävässä Urhon johtolähdössä. Varasyöttöyhteyttä lukuun ottamatta, suurin jännitteenalenema, 6,1 %, esiintyy Kihniön lähdöllä.

5.3.2 Parkanon sähköaseman korvaaminen

Parkanon sähköaseman korvaamiseen käytetään pääasiassa Jaakkolan sähköasemaa. Varasyöttöyhteytenä käytetään Jaakkolan sähköaseman Kausen johtolähtöä, joka tulee jakorajamuutoksella kiinni Parkanon sähköaseman Aureen johtolähtöön. Muodostettaessa Parkanon sähköaseman korvauskytkentää, Parkanon aseman johtolähdöt Rauma-Repola ja Vesitorni siirretään Paunun sähköaseman Rauma-Repola johtolähtöön, johtolähtö Urho syötetään Paunun sähköaseman Parkano lähdöllä. Lisäksi Nerkoon kytkinasema syötetään Jaakkolan johtolähdöllä Pitkäjärvi. Jakorajamuutoksilla suoritetun tehojaon lisäksi Jaakkolan sähköaseman

päämuuntajan syöttämä kiskojännite muutetaan jännitteensäätäjän avulla arvoon 21,2 kV eli syöttöjännitettä korotetaan 2 käämikytkimen askeleen verran.

Taulukko 29. Korvaustarkasteluun osallistuvien sähköasemien sähkötekniset arvot normaalissa kytkentätilanteessa.

Sähköasema	S_N [MVA]	P_{max} [MW]	Kuormitusaste [%]	I_{max} [A]
Parkano	25	13,5	54,0	391,3
Jaakkola	16	6,9	43,1	196,6

Taulukon 29 mukaan Jaakkolan sähköaseman päämuuntajan huippukuormitus normaalitilanteessa on 6,9 MW ja päämuuntajan kuormitusaste on 43,1 %. Korvattavan Parkanon sähköaseman päämuuntajan huippukuormitus on 13,5 MW ja tällöin päämuuntajan kuormitusaste on 54 %.

Taulukko 30. Jaakkolan sähköaseman päämuuntajan sähkötekniset arvot, kun Parkanon asema on korvattu.

Sähköasema	S_N [MVA]	P_{max} [MW]	Kuormitusaste [%]	I_{max} [A]
Jaakkola	16	13,5	80,0	378,0

Taulukon 30 mukaan Parkanon sähköaseman korvaaminen Jaakkolan sähköasemalla onnistuu. Jaakkolan sähköaseman päämuuntajan kuormitus korvauskytkennässä nousee 13,5 MW ja kuormitusaste on tällöin 80 %. Päämuuntajan kuormitusvirta korvauskytkennässä on 378 A.

Taulukko 31. Jaakkolan sähköaseman johtolähtöjen tunnusluvut korvauskytkennässä.

Lähtö	Kuormitusaste [%]	I_{max} [A]	P_{max} [kW]	$U_{hmax\%}$ [%]	P_h [kW]
J05 Kause	57	133	4780,9	5,9	140,1
J06 Aurekoski	31	57	1984,2	1,6	17,4
J07 Pitkäjärvi	55	147	5247,7	9,2	354,8
J08 Karttipenä	8	21	762,4	0,6	1,9
J10 Vahojärvi	9	20	725,8	2,3	10,3

Parkanon sähköaseman varasyöttöyhteytenä toimii Jaakkolan sähköaseman Kausen johtolähtö. Taulukon 31 mukaan korvauskytkennässä esiintyvä suurin jännitteenalenema on Pitkäjärven lähdöllä, joka syöttää Nerkoon kytkinasemaa. Jännitteenalenema 9,2 % ylittää LSOY:n suurimman sallitun maaseutuverkon korvaustilanteen 8 % jännitteenaleneman. Muuten tunnusluvuissa ei ole huomautettavaa, varasyöttöyhteytenä toimivaan Kausen lähtöön ei synny tehonsiirron pullonkaulaa. Suurin virta ei esiinny syöttävässä Kausen lähdössä vaan johtolähdössä Pitkäjärvi, $I_{\max} = 147 \text{ A}$, joka syöttää Nerkoon kytkinasemaa.

5.3.3 Jaakkolan sähköaseman korvaaminen

Jaakkolan sähköaseman korvaamiseen käytetään Parkanon sähköasemaa. Varasyöttöyhteytenä toimii Parkanon sähköaseman Aure-johtolähtö, joka tulee jakorajamuutoksella kiinni Jaakkolan sähköaseman Kausen johtolähtöön. Muodostettaessa Jaakkolan sähköaseman korvauskytkentää, Jaakkolan aseman johtolähtö Pitkäjärvi syötetään Parkanon sähköaseman Kihniö 2 johtolähdöllä. Jakorajamuutoksella suoritettuna tehojaon lisäksi Parkanon sähköaseman päämuuntajan syöttämä kiskojännite muutetaan jännitteensäätäjän avulla arvoon 21,2 kV eli syöttöjännitettä nostetaan 2 käämikytkimen askeleen verran.

Taulukko 32. Korvaustarkasteluun osallistuvien sähköasemien sähkötekniset arvot normaalissa kytkentätilanteessa.

Sähköasema	S_N [MVA]	P_{\max} [MW]	Kuormitusaste [%]	I_{\max} [A]
Jaakkola	16	6,9	43,1	196,6
Parkano	25	13,5	54,0	391,3

Taulukon 32 mukaan Parkanon sähköaseman päämuuntajan huippukuormitus normaalitilanteessa on 13,5 MW ja tällöin päämuuntajan kuormitusaste on 54 %. Vastaavasti korvattavan Jaakkolan sähköaseman päämuuntajan huippukuormitus on 13,5 MW ja päämuuntajan kuormitusaste on 43,1 %.

Taulukko 33. Parkanon sähköaseman päämuuntajan sähkötekniset arvot, kun Jaakkolan asema on korvattu.

Sähköasema	S_N [MVA]	P_{max} [MW]	Kuormitusaste [%]	I_{max} [A]
Parkano	25	19,8	79,2	549,8

Taulukosta 33 nähdään, että Jaakkolan sähköaseman korvaaminen Parkanon sähköasemalla onnistuu. Parkanon sähköaseman päämuuntajan kuormitus korvauskytkennässä nousee 19,8 MW ja kuormitusaste on tällöin 79,2 %. Päämuuntajan kuormitusvirta korvauskytkennässä on 549,8 A.

Taulukko 34. Parkanon sähköaseman johtolähtöjen tunnusluvut korvauskytkennässä.

Lähtö	Kuormitusaste [%]	I_{max} [A]	P_{max} [kW]	$U_{hmax\%}$ [%]	P_h [kW]
J02 Urho	26	45	1601,1	0,5	5,2
J04 Vahojärvi	3	7	272,3	0,1	0,2
J05 Keskusta 2	19	57	2016,0	0,3	2,8
J06 Aure	40	92	3231,4	4,1	73,5
J07 Rauma-Repola	26	47	1637,5	0,8	7,8
J09 Vuorijärvi	10	24	891,1	1,2	6,2
J10 Kihniö	34	79	2796,3	6,1	116,3
J11 Kuivasjärvi	11	34	1238,1	3,1	22,4
J12 Käenkoski	0	0	0,0	0,0	0,0
J13 Kihniö 2	36	83	3020,0	3,6	77,4
J15 Vesitorni	37	86	3047,6	1,0	20,7

Jaakkolan sähköaseman varasyöttöyhteytenä toimii Parkanon sähköaseman Aureen johtolähtö. Taulukosta 34 nähdään, että korvauskytkennässä Parkanon sähköaseman johtolähtöjen tunnusluvuissa ei ole moitittavaa, varasyöttöyhteytenä toimivaan Aureen lähtöön ei muodostu tehonsiirron pullonkaulaa ja kaikkien johtolähtöjen jännitteenalenemat ovat sallituissa rajoissa. Suurin virta $I_{max} = 92$ A esiintyy syöttävässä Aureen johtolähdössä ja jännitteenalenema $U_{hmax\%} = 6,1$ % Kihniön johtolähdössä.

5.3.4 Nerkoon kytkinaseman syöttöyhteyden korvaaminen

Nerkoon kytkinaseman korvaustarkastelussa tutkitaan ala-aseman varasyöttöyhteyttä, jona toimii Jaakkolan sähköaseman Pitkäjärvi-johtolähtö. Pitkäjärven johtolähtö kytketään aseman syötöksi jakorajamuutoksella Laurilan erotinasemalta.

Taulukko 35. Korvaustarkasteluun osallistuvien syöttöasemien sähkötekniset arvot normaalissa kytkentätilanteessa.

Syöttöasema	S_N [MVA]	P_{max} [MW]	Kuormitusaste [%]	I_{max} [A]
Nerkoo	-	2,1	-	65,5
Jaakkola	16	6,9	43,1	196,6

Taulukon 35 mukaan Jaakkolan sähköaseman päämuuntajan huippukuormitus normaalitilanteessa on 6,9 MW ja kuormitusaste 43,1 %. Syötettävän Nerkoon kytkinaseman huippukuormitus on 2,1 MW ja huippukuormitusvirta 65,5 A.

Taulukko 36. Jaakkolan sähköaseman päämuuntajan sähkötekniset arvot, kun sillä syötetään myös Nerkoon kytkinasemaa.

Sähköasema	S_N [MVA]	P_{max} [MW]	Kuormitusaste [%]	I_{max} [A]
Jaakkola	16	9,0	60,0	254,0

Taulukon 36 mukaan Nerkoon kytkinasema voidaan syöttää Jaakkolan sähköasemalta. Jaakkolan sähköaseman päämuuntajan kuormitus korvauskytkennässä nousee 9 MW ja kuormitusaste on tällöin 60 %. Päämuuntajan kuormitusvirta korvauskytkennässä on 254 A.

Taulukko 37. Jaakkolan sähköaseman johtolähtöjen tunnusluvut korvauskytkennässä.

Lähtö	Kuormitusaste [%]	I_{\max} [A]	P_{\max} [kW]	$U_{h\max\%}$ [%]	P_h [kW]
J05 Kause	5	9	327,2	0,0	0,1
J06 Aurekoski	27	57	1984,2	1,6	17,4
J07 Pitkäjärvi	55	147	5247,7	9,2	354,8
J08 Karttiperä	8	21	762,4	0,6	1,9
J10 Vahojärvi	9	20	725,8	2,3	10,3

Taulukon 37 mukaan korvauskytkennän suurin jännitteenalenema esiintyy syöttävässä Pitkäjärven lähdössä. Jännitteenalenema 9,2 % ylittää LSOY:n suurimman sallitun maaseutuverkon korvaustilanteen 8 % jännitteenaleneman. Muuten tunnusluvuissa ei ole huomautettavaa, syöttävään Pitkäjärven lähtöön ei synny tehonsiirron pullonkaulaa.

6 KULUTUKSEN MUUTOSENNUSTEET

Kulutuksen muutosennusteet perustuvat Tilastokeskuksen laatimiin väestöennusteisiin ja arvioon ominaiskulutuksen kasvusta. Tavoiteverkkoaikana kunnilla ei ole näköpiirissä uusia kaavoituskohteita, vaan lähinnä täydentämiskäytämistä, joka voitiin tarkastella ominaiskulutuksen kasvun puitteissa.

6.1 Tilastokeskuksen väestöennusteet

Parkanon vuoden 2012 väkiluku on 6 989 asukasta ja Tilastokeskuksen väestöennuste vuodelle 2020 on 6 548 asukasta /13/. Kihniön vuoden 2012 väkiluku on 2 181 asukasta ja Tilastokeskuksen ennusteen mukaan Kihniön asukasluku vuonna 2020 on 1 981 /13/. Taulukossa 38 on esitetty Parkanon ja Kihniön Tilastokeskuksen laatimat väestöennusteet.

Taulukko 38. Tavoiteverkkoalueen kuntien väestöennusteet vuodelle 2020 /13/.

Kunta	Väestö 2012 [kpl]	Ennuste 2020 [kpl]	Muutos [kpl]	Muutos [%]
Parkano	6 989	6 548	-441	-6,3
Kihniö	2 181	1 981	-200	-9,2

Taulukon 38 perusteella molempien kuntien väkiluku pienenee tavoiteverkkoaikana. Parkanon väkiluku laskee 55 asukasta/a ja Kihniön väkiluku 25 asukasta/a.

Adaton tutkimuksen mukaan kotitalouksien laitesähkön käytössä arvioidaan olevan vuoteen 2020 mennessä kokonaisuudessaan 23 % energiansäästöpotentiaali. Kuitenkin samanaikaisesti kotitalouksien sähkölaitteiden määrä jatkuvasti kasvaa, mikä kasvattaa sähkönkäyttöä, vaikka laitteiden energiatehokkuus kasvaa. Tämän vuoksi voidaan ennakoida uusien laitteiden kumoavan säästöpotentiaalin ja sähkön ominaiskulutus kotitalouksissa pysyy ennallaan. /14./

6.2 Ominaiskulutuksen kehittyminen

Sähköasemien kuormitusennusteen avulla tarkasteltiin kuinka paljon nykyinen kuormitus tulee kasvamaan tavoiteverkkoaikana. Sähköasemien tehonkasvuennus-

teet on laadittu Excel-taulukkolaskentaohjelmalla, matemaattisen mallin avulla. Tehonkasvuennusteet perustuvat vuoden huipputehomittauksiin vuosilta 2006–11, joiden avulla sähköasemien tehonkasvun trendikäyrät on piirretty. Huipputehomittauksista on poistettu ennustetta vääristävät, normaalista verkkotopologiasta poikkeavat kytkentämuutosten ja korvauskytkentöjen aikaiset tehopiikit.

Sähköasemien huipputehoennusteissa on laskettu vuosittainen tehonkasvuprosentti r [%/a], jota käytettiin kehittämissuunnitelmien laskennassa. Integra laskee suunnitelmien huipputehon korkoa korolle -periaatteella, kaavan 8 mukaisesti.

$$P_{11} = P_1 \cdot \left(1 + \frac{r}{100}\right)^T \quad (8)$$

Kaavassa 8 P_{11} on huipputeho vuonna 2022, suunnitelman 11. vuotena [MW] ja P_1 on huipputeho vuonna 2012, suunnitelman 1. vuotena [MW]. T on suunnitteluajanjakson pituus [a] ja r vuotuinen tehonkasvuprosentti [%/a].

6.2.1 Paunun sähköaseman trendi

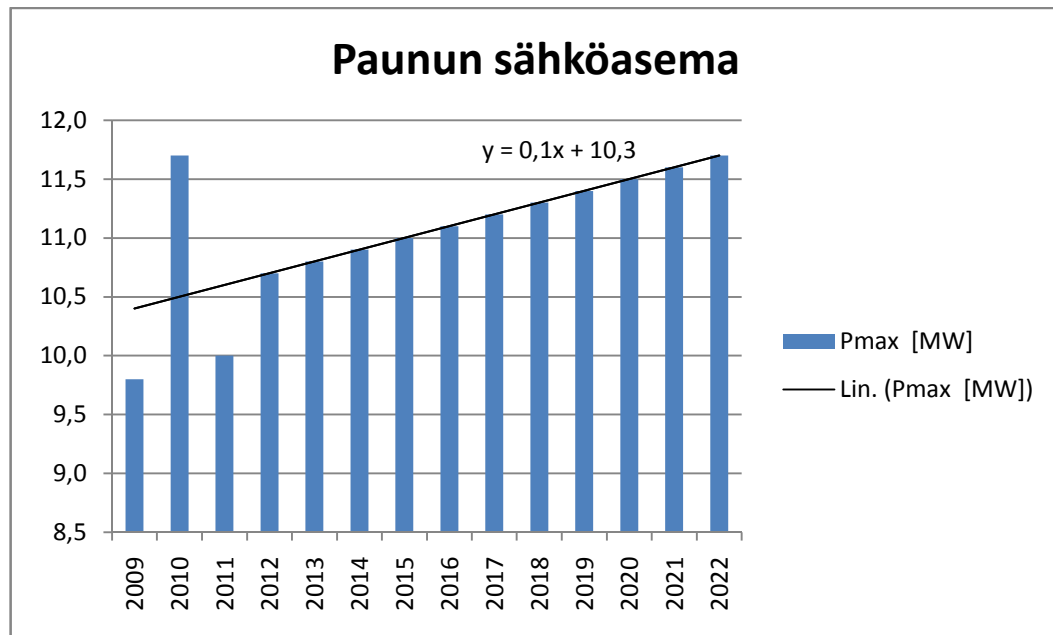
Paunun sähköaseman vuosittaiset huipputehomittaukset alkavat vuodesta 2009, sillä kyseisenä vuonna Jämijärven johtolähdön perään kytkettiin koko Jämijärveä syöttävä Loukkuojan kytkinasema. Huipputehomittausten huomioon ottamisella kyseisestä vuodesta eteenpäin, saavutettiin realistisempi tehoennuste.

Taulukossa 39 ja kuvassa 9 on esitetty Paunun sähköaseman mitatut vuosittaiset huipputehot vuosilta 2009–11 ja matemaattiset huipputehoennusteet vuosille 2012–22.

Taulukko 39. Paunun sähköaseman mitatut ja ennustetut huipputehot.

Vuosi	P_{\max} [MW]
2009	9,8
2010	11,7
2011	10,0
2012	10,7
2013	10,8
2014	10,9
2015	11,0
2016	11,1
2017	11,2
2018	11,3
2019	11,4
2020	11,5
2021	11,6
2022	11,7

Taulukosta 39 nähdään, että Paunun sähköaseman 1. mittausvuoden 2009 huipputeho oli $P_{\max} = 9,8$ MW ja suunnitelma-ajan viimeisenä vuotena, vuonna 2022 ennustettu huipputeho on $P_{\max} = 11,7$ MW.



Kuva 9. Paunun sähköaseman mitatut huipputehot vuosilta 2009–11 ja huipputehoennusteet vuosille 2012–22.

Kuvasta 9 nähdään, että Paunun sähköaseman huipputehon kasvun trendikäyrän kulmakerroin on $y = 0,1x + 10,3$. Sähköaseman ennustettu huipputeho 1. suunnitelmavuonna 2012 on $P_1 = 10,7$ MW ja sähköaseman ennustettu huipputeho 11. suunnitelmavuotena eli vuonna 2022 on $P_{11} = 11,7$ MW. Näiden perusteella Paunun huipputehon muutos suunnitteluajanjakson lopussa on $\Delta P = 1$ MW, joten huipputeho kasvaa tavoiteverkkoaikana $0,1$ MW/a. Tietojen perusteella voitiin laskea vuosittainen tehonkasvuprosentti r :

$$\frac{P_{11}}{P_1} = \left(1 + \frac{r}{100}\right)^{11}$$

$$\ln \frac{P_{11}}{P_1} = 11 \ln \left(1 + \frac{r}{100}\right)$$

$$\ln x = \frac{\ln \frac{P_{11}}{P_1}}{11}$$

$$x = e^{\frac{\ln \left(\frac{P_{11}}{P_1}\right)}{11}} = 1,008$$

$$r = 0,8 \text{ %/a}$$

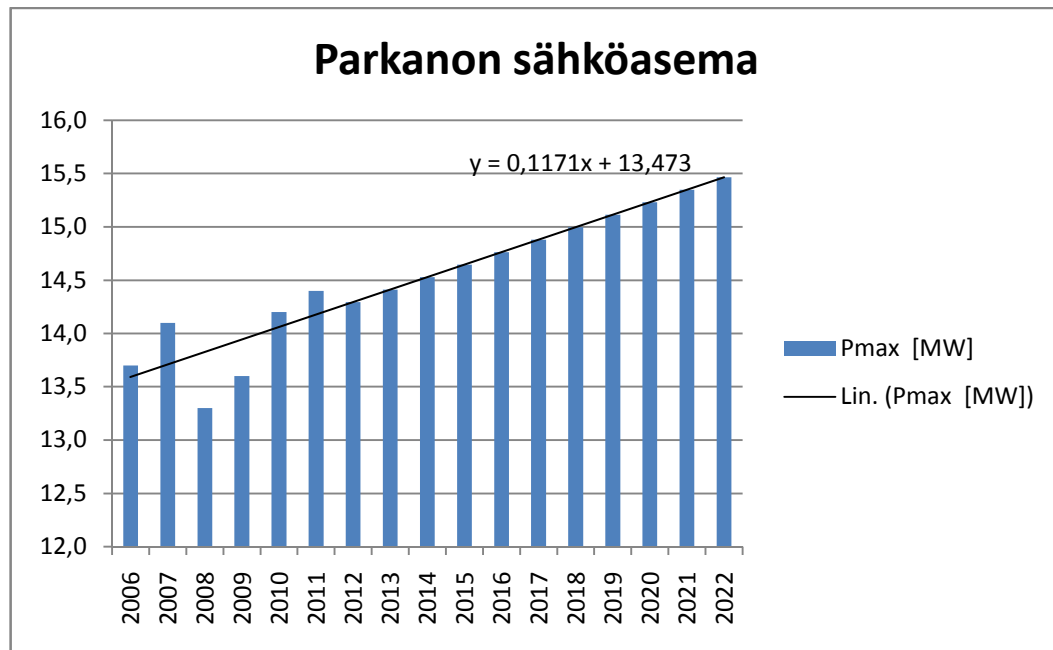
6.2.2 Parkanon sähköaseman trendi

Taulukossa 40 ja kuvassa 10 on esitetty Parkanon sähköaseman mitatut vuosittaiset huipputehot vuosilta 2006–11 ja matemaattiset huipputehoennusteet vuosille 2012–22.

Taulukko 40. Parkanon sähköaseman mitatut ja ennustetut huipputehot.

Vuosi	P_{\max} [MW]
2006	13,7
2007	14,1
2008	13,3
2009	13,6
2010	14,2
2011	14,4
2012	14,3
2013	14,4
2014	14,5
2015	14,6
2016	14,8
2017	14,9
2018	15,0
2019	15,1
2020	15,2
2021	15,3
2022	15,5

Taulukosta 40 nähdään, että Parkanon sähköaseman 1. mittausvuoden 2006 huipputeho oli $P_{\max} = 13,7$ MW ja suunnitelma-ajan viimeisenä vuotena, vuonna 2022 ennustettu huipputeho on $P_{\max} = 15,5$ MW.



Kuva 10. Parkanon sähköaseman mitatut huipputehot vuosilta 2006–11 ja huipputehoennusteet vuosille 2012–22.

Kuvasta 10 nähdään, että Parkanon sähköaseman huipputehon kasvun trendikäyrän kulmakerroin on $y = 0,1171 x + 13,473$. Sähköaseman ennustettu huipputeho 1. suunnitelmavuonna 2012 on $P_1 = 14,3$ MW ja sähköaseman ennustettu huipputeho 11. suunnitelmavuotena eli vuonna 2022 on $P_{11} = 15,5$ MW. Näiden perusteella Parkanon huipputehon muutos suunnitteluajanjakson lopussa on $\Delta P = 1,2$ MW, joten huipputeho kasvaa tavoiteverkkoaikana $0,1$ MW/a. Tietojen perusteella voitiin laskea vuosittainen tehonkasvuprosentti r :

$$\frac{P_{11}}{P_1} = \left(1 + \frac{r}{100}\right)^{11}$$

$$\ln \frac{P_{11}}{P_1} = 11 \ln \left(1 + \frac{r}{100}\right)$$

$$\ln x = \frac{\ln \frac{P_{11}}{P_1}}{11}$$

$$x = e^{\frac{\ln \left(\frac{P_{11}}{P_1}\right)}{11}} = 1,007$$

$$r = 0,7 \text{ %/a}$$

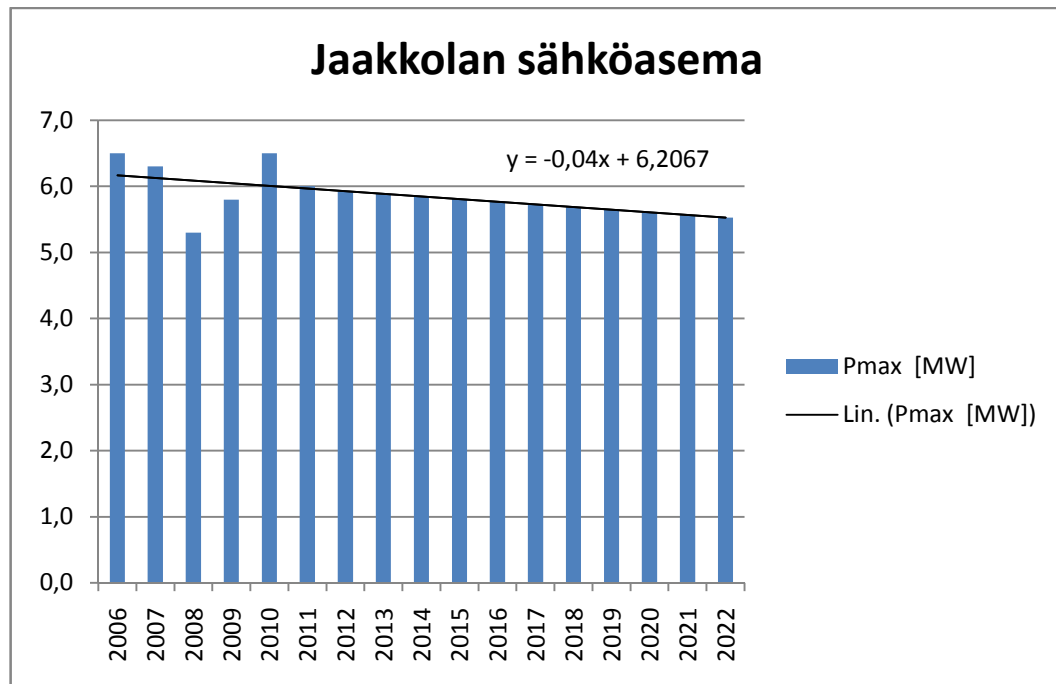
6.2.3 Jaakkolan sähköaseman trendi

Taulukossa 41 ja kuvassa 11 on esitetty Jaakkolan sähköaseman mitatut vuosittaiset huipputehot vuosilta 2006–11 ja matemaattiset huipputehoennusteet vuosille 2012–22.

Taulukko 41. Jaakkolan sähköaseman mitatut ja ennustetut huipputehot.

Vuosi	P_{\max} [MW]
2006	6,5
2007	6,3
2008	5,3
2009	5,8
2010	6,5
2011	6,0
2012	5,9
2013	5,9
2014	5,8
2015	5,8
2016	5,8
2017	5,7
2018	5,7
2019	5,6
2020	5,6
2021	5,6
2022	5,5

Taulukosta 41 nähdään, että Jaakkolan sähköaseman 1. mittausvuoden 2006 huipputeho oli $P_{\max} = 6,5$ MW ja suunnitelma-ajan viimeisenä vuotena, vuonna 2022 ennustettu huipputeho on $P_{\max} = 5,5$ MW. Ennusteen mukaan Jaakkolan sähköaseman kuormituksen kasvu on negatiivista.



Kuva 11. Jaakkolan sähköaseman mitatut huipputehot vuosilta 2006–11 ja huipputehoennusteet vuosille 2012–22.

Kuvasta 11 nähdään, että Jaakkolan sähköaseman huipputehon kasvun trendikäyrän kulmakerroin on $y = -0,04 x + 6,2067$. Sähköaseman ennustettu huipputeho 1. suunnitelmavuonna 2012 on $P_1 = 5,9$ MW ja sähköaseman ennustettu huipputeho 11. suunnitelmavuotena eli vuonna 2022 on $P_{11} = 5,5$ MW. Näiden perusteella Jaakkolan huipputehon muutos suunnitteluajanjakson lopussa on $\Delta P = -0,4$ MW, joten huipputeho kasvaa tavoiteverkkoaikana $-0,04$ MW/a. Tietojen perusteella voitiin laskea vuosittainen tehonkasvuprosentti r :

$$\frac{P_{11}}{P_1} = \left(1 + \frac{r}{100}\right)^{11}$$

$$\ln \frac{P_{11}}{P_1} = 11 \ln \left(1 + \frac{r}{100}\right)$$

$$\ln x = \frac{\ln \frac{P_{11}}{P_1}}{11}$$

$$x = e^{\frac{\ln \left(\frac{P_{11}}{P_1}\right)}{11}} = 0,99$$

$$r = -1,0 \text{ %/a}$$

6.3 Tehonkasvuennusteen yhteenveto

Tavoiteverkkoalueen kunnat ovat muuttotappiokuntia, mutta sähkölaitteiden määrän kasvaessa kotitalouksissa, voidaan sähkönkulutuksen silti odottaa kasvavan maltillisesti.

Taulukossa 42 on esitetty tehonkasvun yhteenveto. Taulukosta nähdään sähköasemien vuosittainen tehonkasvuprosentti, huipputeho suunnitelman 1. vuotena eli vuonna 2012, huipputeho suunnitelman 11. vuotena eli vuonna 2022, huipputehon vuosittainen muutos ja sähköasemien päämuuntajan kuormitusaste ennusteen huipputehoilla vuonna 2022.

Taulukko 42. Yhteenveto sähköasemien tehon kasvusta.

Sähköasema	S_N [MW]	r [%/a]	P_1 [MW]	P_{11} [MW]	$\Delta P/a$ [MW/a]	Kuormitusaste [%]
Paunu	20	0,8	10,7	11,7	0,1	58,5
Parkano	25	0,7	14,3	15,5	0,1	62,0
Jaakkola	16	-1,0	5,9	5,5	-0,04	34,4

Taulukon 42 mukaan, Paunun sähköaseman huipputeho vuonna 2022 on 11,7 MW ja päämuuntajan kuormitusaste 58,5 %, mikä aiheuttaa rajoituksia Paunun päämuuntajan käyttämiseen korvaustilanteissa. Parkanon aseman ennustettu huipputeho tavoiteverkkovuotena on 15,5 MW ja päämuuntajan kuormitusaste on 62 %, mikä myös aiheuttaa rajoituksia Parkanon aseman käyttämiseen korvaustilanteissa. Jaakkolan ennustettu kasvu on negatiivista, huipputeho vuonna 2022 on 5,5 MW, kuormitusasteen ollessa 34,4 % eli Jaakkolan asemalle jää runsaasti päämuuntajakapasiteettia korvauskäytännöille.

6.4 Verkon tila ennusteen kuormituksilla

Tarkasteltiin keskijänniteverkon nykytilan suorituskykyä huipputehoennusteen kuormituksilla tavoiteverkkovuotena siten, että nykyverkkoa käytettäisiin vuoteen 2022 asti. Eli tarkasteltavan alueen verkkoon ei tehtäisi topologiamuutoksia, saneerauksia tai investointeja. Tarkastelu antoi hyvän kuvan nykyverkon suorituskyvystä ennustetuilla huipputehoilla tavoiteverkkovuotena.

6.4.1 Paunun sähköaseman keskijänniteverkko

Paunun sähköaseman tehoennusteen mukainen vuosittainen tehonkasvuprosentti oli $r = 0,8 \text{ %/a}$, jolla tarkastelu suoritettiin.

Taulukko 43. Paunun sähköaseman johtolähtöjen arvot ennusteen kuormituksilla vuonna 2022.

Lähtö	Kuormitusaste [%]	P_{\max} [kW]	I_{\max} [A]	$U_{\text{hmax\%}}$ [%]
J11 Yliskylä	3,0	337,1	9,0	0,2
J15 Parkano	11,0	1024,9	30,0	0,9
J16 Rauma-Repola	27,0	2406,9	71,0	2,2

Taulukosta 43 nähdään, että Paunun sähköaseman tavoiteverkkoaluetta syöttävien johtolähtöjen tunnusluvuissa ei ole moitittavaa, kuormitusasteet ovat pieniä ja jännitteenalenemat pysyvät strategian mukaisissa arvoissa. Paunun sähköaseman tarkasteltavia johtolähtöjä voidaan käyttää nykyisellään, ilman kuormituksen kasvusta johtuvia verkon vahvistamistoimenpiteitä, helposti vuoteen 2022.

6.4.2 Parkanon sähköaseman keskijänniteverkko

Parkanon sähköaseman tehoennusteen mukainen vuosittainen tehonkasvuprosentti oli $r = 0,7 \text{ %/a}$, jolla tarkastelu suoritettiin. Tarkastelussa Kihniön johtolähtö sisältää Nerkoon kytkinaseman arvot.

Taulukko 44. Parkanon sähköaseman johtolähtöjen arvot ennusteen kuormituksilla vuonna 2022.

Lähtö	Kuormitusaste [%]	P_{\max} [kW]	I_{\max} [A]	$U_{\max\%}$ [%]
J02 Urho	21,0	1708,2	50,0	0,5
J04 Vahojärvi	3,0	288,1	8,0	0,1
J05 Keskusta 2	22,0	2195,0	64,0	0,3
J06 Aure	0,0	0,0	0,0	0,0
J07 Rauma-Repola	28,0	1757,6	53,0	0,9
J09 Vuorijärvi	11,0	953,3	27,0	1,3
J10 Kihniö	38,0	3042,2	89,0	7,2
J11 Kuivasjärvi	13,0	1361,9	39,0	3,7
J12 Käenkoski	0,0	0,0	0,0	0,0
J13 Kihniö 2	0,0	0,0	0,0	0,0
J15 Vesitorni	41,0	3254,5	95,0	1,1

Taulukosta 44 nähdään, että Kihniön johtolähdön 7,2 %:n jännitteenalenema ylittää LSOY:n strategian mukaisen 5 % raja-arvon, jännitteenalenema esiintyy Nerכון kytkinaseman johtolähdöllä J04 Jokikylä. Muuten Parkanon aseman johtolähtöjen tunnusluvuissa ei ole moitittavaa, kuormitusasteet ovat pieniä ja jännitteenalenemat pysyvät strategian mukaisissa arvoissa. Sähköaseman tarkasteltavia johtolähtöjä voidaan käyttää nykyisellään, ilman kuormituksen kasvusta johtuvia verkon vahvistamistoimenpiteitä, helposti vuoteen 2022.

6.4.3 Jaakkolan sähköaseman keskijänniteverkko

Jaakkolan sähköaseman tehoennusteen mukainen vuosittainen tehonkasvuprosentti oli $r = -1$ %/a. Koska Integran suunnittelulaskentaa ei pystytä suorittamaan negatiivisella kuormankasvulla, suoritettiin Jaakkolan sähköaseman syöttämän verkon tarkastelu tehonkasvuprosentilla $r = 0$ %/a.

Taulukko 45. Jaakkolan sähköaseman johtolähtöjen arvot ennusteen kuormituksilla vuonna 2022.

Lähtö	Kuormitusaste [%]	P_{\max} [kW]	I_{\max} [A]	$U_{h\max\%}$ [%]
J05 Kause	0,0	0,0	0,0	0,0
J06 Aurekoski	32,0	1989,9	59,0	1,7
J07 Pitkäjärvi	33,0	3081,2	88,0	5,8
J08 Karttiperä	8,0	757,4	22,0	0,7
J10 Vahojärvi	9,0	716,2	20,0	2,4

Taulukosta 45 nähdään, että Pitkäjärven johtolähdön 5,8 %:n jännitteenalenema ylittää LSOY:n strategian mukaisen 5 % raja-arvon. Muuten Jaakkolan sähköaseman lähtöjen tunnusluvuissa ei ole moitittavaa, kuormitusasteet ovat pieniä ja jännitteenalenemat pysyvät strategian mukaisissa arvoissa. Jaakkolan sähköaseman syöttämää verkkoa voidaan käyttää nykyisellään helposti vuoteen 2022.

7 KEHITTÄMISSUUNNITELMAT

Verkoston kehittämissuunnitelmissa on tarkasteltu kuormitukseen ja sen muutokseen perustuvia investointitarpeita ja verkon luotettavuutta parantavia investointeja. Sähkönjakelun luotettavuutta parantavilla investoinneilla saadaan pienennettyä KAH-kustannuksia ja asiakkaille maksettavia vakiokorvauksia. Kehittämissuunnitelmissa esitetyt investointiajankohdat ovat karkeita ja investointien suorittamisen ajankohdat riippuvat yhtiön taloudellisista näkymistä ja resursseista.

Suunnitelmat on tehty Integran suunnittelu- ja laskentatyökalujen avulla. Kehittämissuunnitelmista on koottu investointiohjelma tavoiteverkkoajalle liitteeseen 8.

Suunnitelmissa käytettiin seuraavia parametrejä:

Suunnitteluajanjakson pituus $T = 10$ a

Laskentakorkokanta $p = 5$ %

Tehohäviön hinta = 100 €/kW,a

Energiahäviön hinta = 0,05 €/kWh

Häviöiden huipunkäyttöaika = 2 000 h

Vuotuisena tehonkasvuprosenttina r [%/a] on käytetty jokaiselle suunnitelmalle ominaista lukua, joka on saatu arvioidusta kuormituksen kasvusta alueelle.

Kehityssuunnitelmissa esitetyt investointikustannukset edustavat EMV:n vuonna 2012 määrittämiä hintoja ja komponenttien pitoaikoina on käytetty EMV:n määrittämiä komponenteille ominaisia pitoaikoja.

7.1 Kuivasjärven johtolähtö

Viidan vyöhykekatkaisija

Parkanon sähköaseman Kuivasjärven johtolähdölle otetaan käyttöön vuonna 2012 3. suojausvyöhyke. Vyöhykekatkaisija asennetaan Viitaan, 21,6 km päähän Parkanon sähköasemasta ja 11,8 km päähän Lamminkosken vyöhykekatkaisijasta.

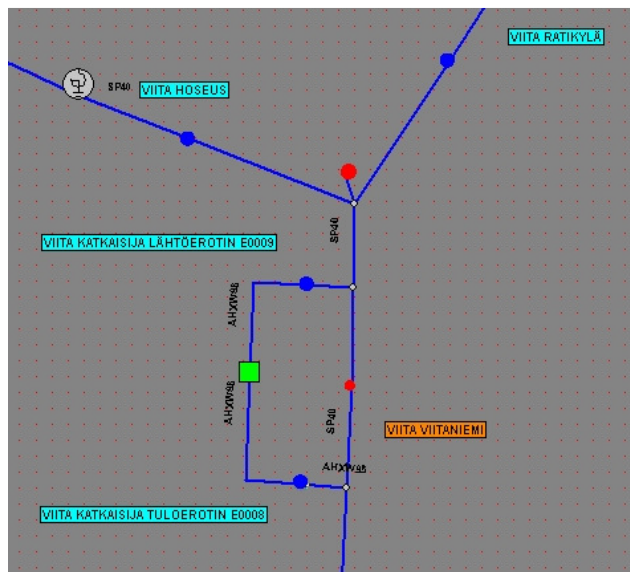
Kuivasjärven johtolähtö on 106 km pitkä ja sen huipputeho on 1,3 MW. Viidan ja Lamminkosken vyöhykekatkaisijoiden väliin jää asiakkaita 250 ja tehoa 447 kW.

Viidan katkaisijalla voidaan estää Parkanon sähköaseman Kuivasjärven johtoa syöttävän katkaisijan ja Lamminkosken vyöhykekatkaisijan jälleenkytkennät ja toimintakeskeytykset, kun vika esiintyy Viidan katkaisijan takaisella verkkoosuudella. Näin saadaan sähköverkossa esiintyvän häiriön vaikutus rajattua mahdollisimman pienelle alueelle. Kuivasjärven johtolähtö ja vyöhykekatkaisijat on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Kuivasjärven lähtö ja vyöhykekatkaisijat.

Vyöhykekatkaisijan molemmille puolille asennetaan erottimet, jotta katkaisija pystytään tarpeen tullen ohittamaan, esimerkiksi vika- tai koestustilanteissa. Suunnitelma Viidan vyöhykekatkaisijan konseptista on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Viidan vyöhykekatkaisija.

Vyöhykekatkaisijan suojarieleksi tulee ABB:n numeerinen SPAA 341 C - johdonsuojarilepaketti, jonka maasulkukyksikkö on SPCS 2D26 suunnattu maasulkurelemoduuli (ns. laajakulmarele).

Otettaessa käyttöön 3. suojausvyöhyke, joudutaan muuttamaan koko Kuivasjärven johdon suojauskuvio. Lamminkosken vyöhykekatkaisijan laukaisuaikoja joudutaan lyhentämään ja jälleenkytkentöjen polttoajat pitää asetella arvoon 0,04 s. Viidan vyöhykekatkaisijan ylivirtareleen aikalaukaisuporras asetellaan aikaselektiivisesti siten, että Viidan laukaisuaika on lyhyempi kuin Lamminkosken katkaisijan laukaisuaika. Pikalaukaisuporras täytyy asetella virtaselektiivisesti siten, että Lamminkosken katkaisijan pikalaukaisuasetteluvirta on suurempi kuin Viidan pikalaukaisuasettelu. Lamminkosken katkaisijan pikalaukaisuporras asetellaan siten, että asetteluvirta ylettää vain Viidan katkaisijalle asti. Tyypillisesti pikalaukaisu asetellaan johtolähdön suurimman 3-vaiheisen oikosulkuvirran (I_{k3max}) ja pienimmän 2-vaiheisen oikosulkuvirran (I_{k2min}) arvojen väliin vyöhykekatkaisijan kohdalla. Näin ollen Viidan vyöhykkeen takana sattuvassa oikosulussa Viidan katkaisija toimii ja absoluuttisesti selektiivinen Lamminkosken katkaisija ei näe eri suojausvyöhykkeen ulkopuolella tapahtuvaa oikosulkua.

Maasulkusuojauksessa käytetään laajakulmaperiaatetta siksi, että rele pystyy toimimaan laajennetulla kulmalla eli rele pystyy laukaisemaan suojaamansa johto-

osan pois verkosta selektiivisesti riippumatta siitä, onko verkko sammutettu tai maasta erotettu. Tämä on tärkeää erityisesti häiriötilanteissa, sillä sammutuskela kytketään aina ensimmäisenä pois. Maasulkusuojauksen selektiivisyys hoidetaan sekä aika- että virtaselektiivisesti. Viidan vyöhykekatkaisija irrottaa vikaantuneen johto-osan verkosta takanaan sattuvassa maasulussa, eli Viidan katkaisija ehtii toimimaan nopeammin ja herkemmin kuin Lamminkosken katkaisija.

Vyöhykekatkaisijan kokonaiskustannuksina voidaan pitää 30 k€.

Luoman kk-erotin ja Koiviston pylväsmuuntaja

Kuivasjärven johtolähdölle, Luomaan (Vatajan haara), asennetaan uusi kauko-käytettävä erotin. Uuden kk-erottimen kanssa samaan pylväaseen asennetaan Koiviston uusi jakelumuuntaja. Uusi 50 kVA:n jakelumuuntaja korvaa vanhan muuntajan.

Uudella kk-erottimella saadaan johtolähdöstä erotettua 15 muuntopiirin Vatajan haara. Kauko-ohjattava erotin helpottaa johdon vikapartiointia ja vianpaikannusta sekä nopeuttaa sähkön palauttamista asiakkaille vikatilanteissa. Suunnitelma on esitetty kuvassa 14.



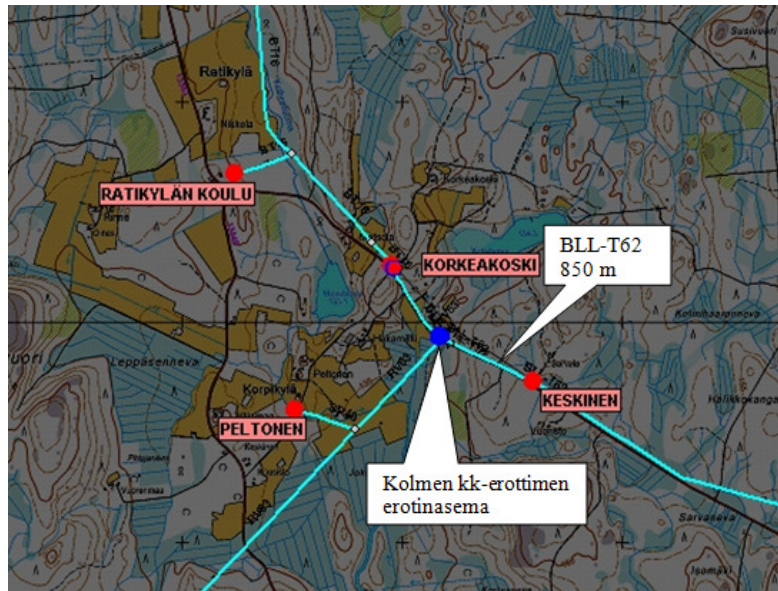
Kuva 14. Luoman kk-erotin ja Koiviston pylväsmuuntaja.

Investoinnit suoritetaan vuonna 2013. Uuden kaukokäytettävän erottimen kustannukset ovat 13,5 k€, uuden pylväsmuuntajan kokonaiskustannukset ovat n. 8 k€. Investoinnin kokonaiskustannuksiksi muodostuu n. 22 k€.

Keskisen erotinasema ja johtosaneeraus

Ratikylässä muuntajien Korkeakoski–Keskinen välinen ilmajohto-osuus saneerataan tienvarteen teräsvahvisteisella, päällystetyllä avojohdolla BLL-T62 vuonna 2013. Pituutta uudelle johto-osalle tulee 850 m ja sen investointikustannukset ovat n. 25 k€. Tienvarteen rakentaminen parantaa sähkön toimitusvarmuutta ja helpottaa vikapartiointia.

Johtosaneerauksen lisäksi Keskisen erotin muutetaan 3 kaukokäyttöerottimen erotinasemaksi, jolloin johtolähtöä voidaan syöttää molempiin suuntiin, vaikka haaralla olisi vika. Lisäksi kauko-ohjattava erotinasema helpottaa johdon vianpaikannusta ja nopeuttaa sähkön palauttamista asiakkaille vikatilanteissa. Suunnitelmat on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Keskisen erotinasema ja johtosaneeraus.

3 kk-erottimen erotinaseman investointikustannukset ovat 35,8 k€. Joten johtosaneerauksen kanssa, suunnitelman kokonaiskustannukset ovat n. 61 k€.

7.2 Parkanon ja Jaakkolan sähköasemien sammutus

Parkanon sähköasemalle asennetaan maasulun sammutuslaitteisto vuonna 2013 ja Jaakkolan asemalle vuonna 2014. Sammutuksen takia Parkanon, Jaakkolan ja Nerכון asemien suojareleet joudutaan vaihtamaan numeerisiin releisiin.

Sammutuksen ansiosta sähköasemien maasulkuvirrat pienenevät 90–95 % verrattuna maasta erotettuun verkkoon. Tämä parantaa henkilöturvallisuutta, sillä pienentynyt vikavirta minimoi potentiaalın nousun vikapaikassa eli askel- ja kosketusjännitteetkin pienenevät. Vikapaikassa sattuvat vauriot, häiriöt muihin maakaapeleihin nähden ja maadoitusten vaatimukset pienenevät. Sähkön laatu paranee, sillä maasulkujen aiheuttamien PJK:den määrä pienenee jopa 80–90 % ja täten katkaisijoiden huoltokustannukset pienenevät. Myös valokaaren sammumisominaisuudet paranevat palaavan jännitteen hitaan nousun ansiosta ja maasulkuvian aiheuttamien transientti-ilmiöiden jännitemuuntajille aiheuttama rasitus pienenee olennaisesti. /15./

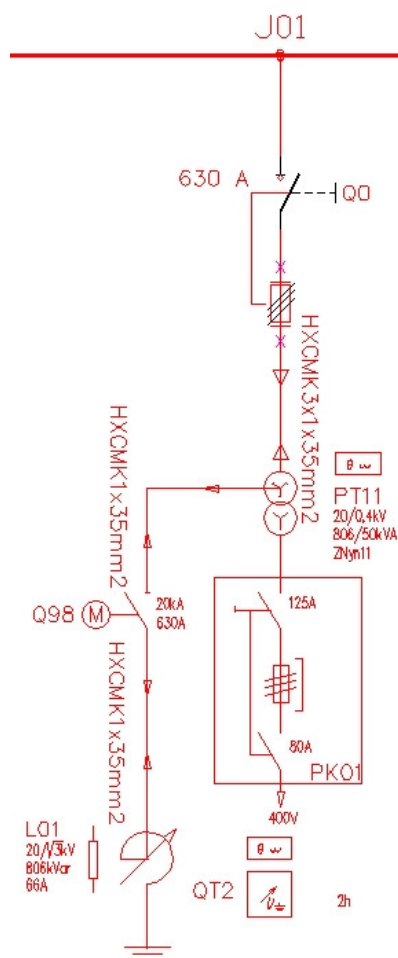
Maasulkuvirran kompensointi kuitenkin lisää verkon käytössä huomioonotettavia seikkoja, sillä esimerkiksi sammutuksen ollessa pois käytöstä, releasetteluita joudutaan yleensä muuttamaan. Sammutuskelan virityksen epätarkkuuden on pysyttävä kohtuullisissa rajoissa, mikä saattaa asettaa rajoituksia verkon käytölle. Lisäksi sammutuksen käyttö aiheuttaa lisävaatimuksia verkon maakapasitanssisymmetrialle. /15./

7.2.1 Parkanon sähköaseman sammutus

Parkanon sähköasemalle asennetaan maasulun kompensointilaitteisto vuonna 2013 ja johtolähtöjen releet korvataan ABB:n numeerisilla REF-releillä vuonna 2012. Sammutuksesta johtuen myös Nerכון kytkinaseman releet vaihdetaan ABB:n SPAA 341 -tyyppisiin numeerisiin suojareleisiin, jonka maasulkuyksikkönä on suunnattu maasulkurelemoduuli SPCS 2D26, joka on ns. laajakulmarele. Tämä siksi, että Nerכון johtolähtöjen releet pystyvät toimimaan selektiivisesti riippumatta siitä, onko verkko sammutettu tai maasta erotettu, peruskulman arvol-

la $\varphi_b = 0^\circ$. Tämä on tärkeää erityisesti häiriötilanteissa, sillä sammutuskela kytketään aina ensimmäisenä pois.

Parkanon sähköasemalla ei ole yhtään vapaata johtolähtökennoa sammutukselle, joten nykyinen 20/0,4 kV omakäyttömuuntaja, joka on kennossa J01, voidaan korvata yhdistetyllä ZNyn-kytkentäisellä tähtipiste-omakäyttömuuntajalla. Sammutuskela kytketään muuntajan ensiön tähtipisteeseen ja toision omakäyttökäämistä saadaan aseman 400/230 V omakäytösähkö. Kennoon tulee 3 x 63 A suurjännitesulakkeet ja kuormanerotin. Tähtipiste-omakäyttömuuntaja ja sammutuskela tulevat ulos asennettavaan tehdasvalmisteiseen rakennukseen. Sammutuskelan ohjaus- ja automaatiolaitteet sijoitetaan asemarakennuksen ohjauskeskukseen. Kuvassa 16 on esitetty aseman suunniteltu tähtipiste-omakäyttömuuntaja ja sammutuslaitteisto AutoCAD-kuvana.



Kuva 16. Parkanon aseman tähtipiste-omakäyttömuuntaja ja sammutuskela.

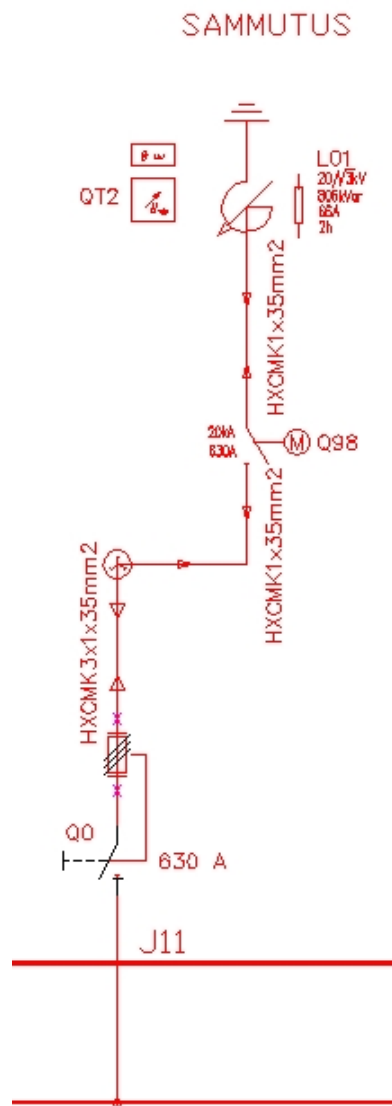
Parkanon aseman verkkoon suunnitellut kehittämissuunnitelmien maakaapeloinnit luonnollisesti kasvattavat sähköaseman maasulkuvirtaa, mikä täytyy huomioida hankittaessa sammutuslaitteistoa. Vuonna 2022 aseman johtolähtöjen arvioidut maasulkuvirrat suorassa maasulussa ($R_F = 0 \Omega$) ovat n. 122 A ja 500Ω vikavastuksen vaikutuksesta pienentynyt maasulkuvirta n. 23 A. Sopiva maadoituskelan säätöalue on 0...130 A.

Parkanon sammutuksen kokonaisinvestointikustannus on n. 200 k€ ja uusien releiden investointikustannuksena voidaan pitää 70 k€. Nerkoon kytkinaseman reinvestoinnin kustannukset ovat n. 20 k€.

7.2.2 Jaakkolan sähköaseman sammutus

Jaakkolan sähköasemalle asennetaan maasulun sammutuslaitteisto vuonna 2014. Sammutuksen yhteydessä keskijännitelähtöjen suojareleet korvataan ABB:n REF-tyyppisillä numeerisilla releillä.

Kompensointilaitteisto kytketään aseman kennoon J11, nykyisten MELKO-kondensaattoreiden tilalle, jotka poistetaan käytöstä vuonna 2014. Kennoon tulee kuormanerotin ja suurjännitesulakkeet. ZN-kytkentäinen tähtipistemuuntaja ja sammutuskela tulevat ulos asennettavaan tehdasvalmisteiseen rakennukseen. Sammutuslaitteiston asentamisen jälkeenkin, aseman omakäyttösähkö otetaan kojeistossa olevasta 20/0,4 kV omakäyttömuuntajasta, joka on kennossa J01. Sammutuskelan ohjaus- ja automaatiolaitteet sijoitetaan asemarakennuksen ohjauskeskukseen. Kuvassa 17 on esitetty aseman suunniteltu sammutuslaitteisto AutoCAD-kuvana.



Kuva 17. Jaakkolan sähköaseman sammutuslaitteisto.

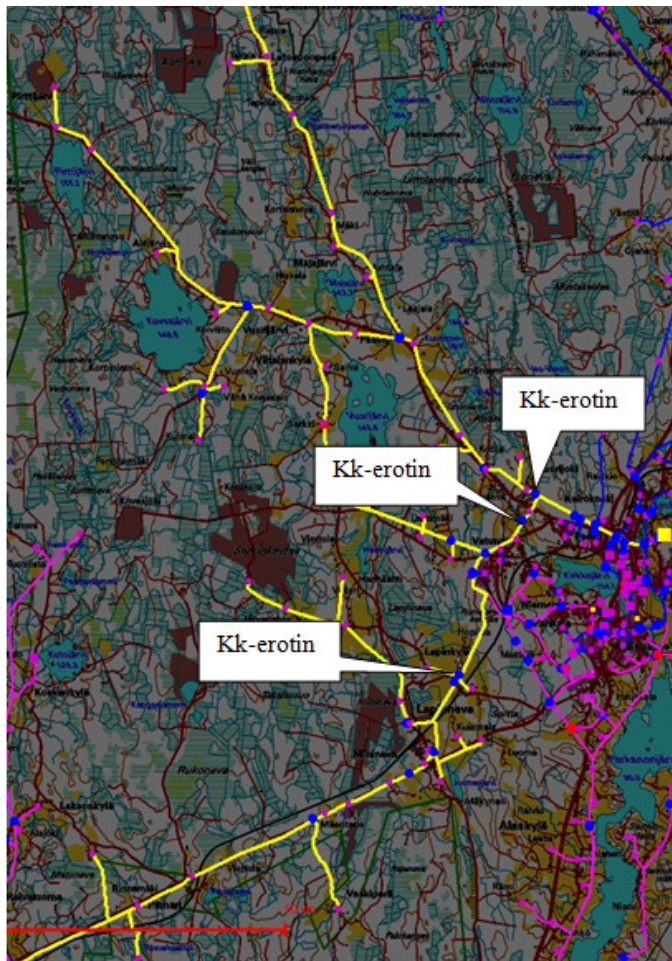
Jaakkolan sähköaseman verkkoon kaavailtujen kehittämissuunnitelmien maakaapeloinnit kasvattavat sähköaseman maasulkuvirtaa, mikä täytyy ottaa huomioon hankittaessa sammutuslaitteistoa. Vuonna 2022 sähköaseman johtolähtöjen arvioidut maasulkuvirrat suorassa maasulussa ($R_F = 0 \Omega$) ovat n. 38 A ja 500 Ω vikavastuksen vaikutuksesta pienentynyt maasulkuvirta n. 17 A. Sopiva maadoituskeulan säätöalue on 0...66 A.

Jaakkolan aseman sammutuksen kokonaisinvestointikustannus on n. 150 k€ ja uusien releiden investointikustannuksena voidaan pitää 40 k€.

7.3 Vuorijärven johtolähtö

Kauko-ohjattavat erottimet

Parkanon sähköaseman johtolähtö J09 Vuorijärvi on osoittautunut varsin vikaherkäksi. Vuonna 2010 johtolähdöllä oli 20 PJK:ta, 3 AJK:ta ja pysyviä vikoja 6 kpl. Vuonna 2011 johtolähdöllä oli 28 PJK:ta, 10 AJK:ta ja pysyviä vikoja 9 kpl. Johtolähtö on 73,3 km pitkä ja suurin osa vioista esiintyy verkon hännillä, jolloin koko johtolähdön asiakkaat kokevat toimituskeskeytyksen. Johtolähdölle ei voida asentaa vyöhykekatkaisijaa järkevästi, sillä johtolähdön runko-osuudella ei ole lainkaan kuormitusta vaan kuluttajat ovat jakaantuneet verkon latvaosille. Ainoa ratkaisu johtolähdön kehittämiseksi on kauko-ohjattavien erottimien asentaminen lähdölle. Kauko-ohjattavat erottimet helpottavat johtolähdön vianpaikannusta ja nopeuttavat sähkön palauttamista asiakkaille häiriötilanteissa. Kuvassa 18 on esitetty 3 kaukokäyttöerottimen sijoituskohteet.



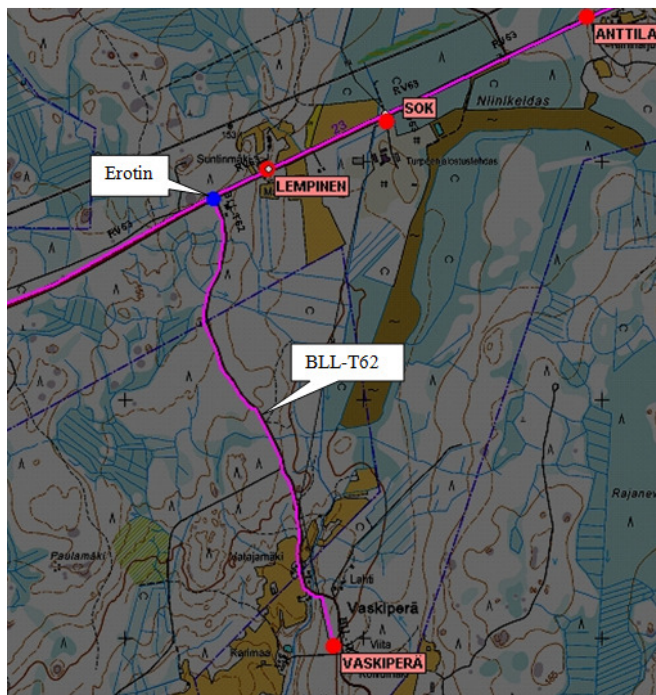
Kuva 18. Vuorijärven lähdön erotininvestoinnit.

Kaukokäytettävät erottimet asennetaan johtolähdön päärungolle Vuorijojoen alueelle ja siitä haarautuvalle rungolle Lähdetniemen ja Lapinnevan alueille.

Erotininvestoinnit on tarkoitus suorittaa vuonna 2013 ja investointikustannukset tulee kokonaisuudessaan olemaan n. 41 k€.

Vaskiperän haaran saneeraus

Johtolähdön latvaosa Mäentaustasta Vaskiperälle saneerataan vuonna 2013 siten että, uusi ilmajohto rakennetaan kulkemaan tienvartta pitkin. Uusi johto-osa rakennetaan teräsvahvisteisella päällystetyllä alumiiniavojohdolla BLL-T62. Suunnitelma on esitetty kuvassa 19.



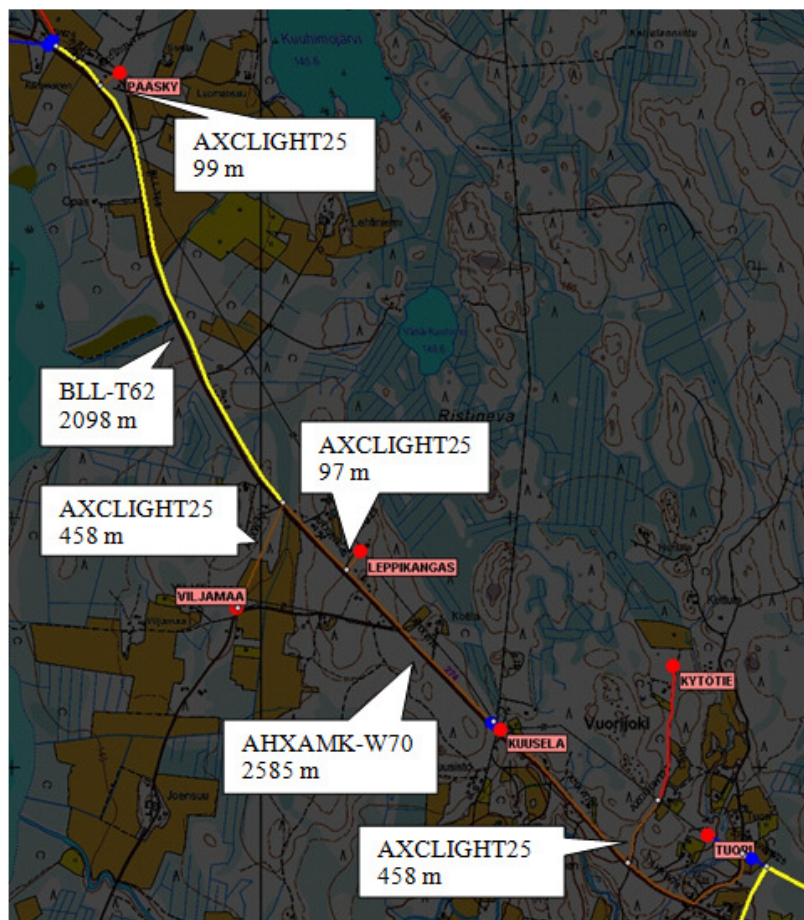
Kuva 19. Vaskiperän haaran saneeraus.

Johto-osalle tulee pituutta n. 2 km ja investointikustannukset ovat n. 58 k€. Tienvarteen rakentaminen päällystetyllä avojohdolla parantaa toimitusvarmuutta ja helpottaa johdon vikapartiointia.

Runkojohdon saneeraus

Johtolähdön runko-osuus saneerataan vuosina 2013–14. Johto-osa Vuorijoen alueelle tulevalta uudelta kk-erottimelta Viljamaan muuntajan haaralle asti kaapeloidaan tienvarteen kaapelilla AHXAMK-W70. Kaapelille tulee pituutta 2 585 m ja sen investointikustannukset ovat n. 118,8 k€. Johto-osa Viljamaan muuntajan haaralta Latosuon erottimelle asti saneerataan tienvarteen teräsvahvisteisella päällystetyllä avojohdolla BLL-T62:lla. Johto-osalle tulee pituutta 2 098 m ja sen investointikustannus on 60,8 k€. Haarajohdot rungolta kaapeloidaan AXCLIGHT25-kaapelilla. Kaapeloitavalle osuudelle Kytötien muuntajalle tulee pituutta 458 m ja sen hinta on n. 21 k€. Haaralle Leppikankaan muuntajalle tulee pituutta 97 m ja sen investointikustannukset ovat 4,5 k€. Viljamaan muuntajan haaralle tulee matkaa 458 m ja sen kustannukset ovat 21 k€. Johtosaneerauksien yhteenlasketut investointikustannukset ovat n. 226 k€.

Saneeraukset on esitetty kuvassa 20. BLL-T -johto-osat näkyvät kuvassa keltaisella ja maakaapeliosuudet ruskealla värillä.



Kuva 20. Runko-osuuden saneeraukset.

Vuorijärven lähdön uudet maakaapeliosuudet kasvattavat Parkanon aseman maasulkuvirtaa. Saneerausten jälkeen johtolähdön maasulkuvirta suorassa maasulussa on 16,1 A.

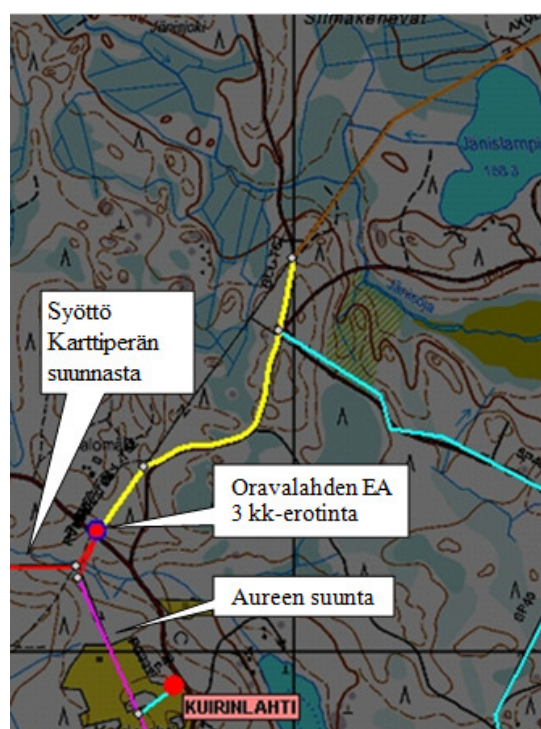
Johtosaneerausten lisäksi Tuorin, Kuuselan, Leppikankaan ja Viljamaan pylväsmuuntajat korvataan ulkoa hoidettavilla puistomuuntamoilla. Kaikki muuntamot ovat teholtaan 50 kVA, jonka investointikustannus on n. 27 k€. Täten 4 uuden puistomuuntamon yhteenlasketut investointikustannukset ovat n. 108 k€.

Maakaapelointi ja tienvarteen rakentaminen BLL-T62-johdolla parantaa johtolähdön toimitusvarmuutta ja luotettavuutta.

7.4 Karttipерän johtolähtö

Oravalahden kaukokäytettävä erotinasema

Jaakkolan sähköaseman Karttipерän johtolähdön, Oravalahden haarassa oleva, Oravalahden kaukokäyttöerotin muutetaan 3 erottimen kaukokäytettäväksi erotinasemaksi siten, että syöttävään Karttipерän suuntaan ja Aureen suuntaan asennetaan erottimet. Erotinasemainvestointi on esitetty kuvassa 21.



Kuva 21. Oravalahden erotinasema.

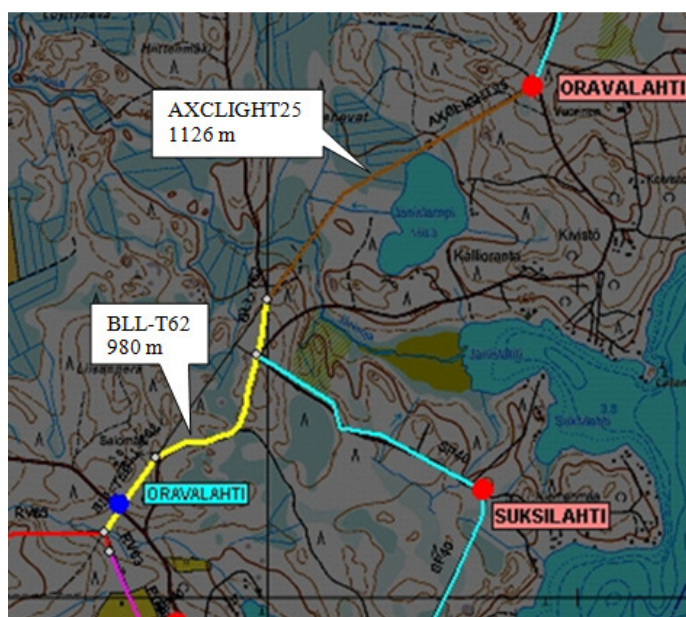
Erotinasemainvestointi suoritetaan 2013–14. Kaksi uutta kaukokäyttöerotinta Oravalahden erotinasemalle maksaa yhteensä noin 25 k€. Kauko-ohjattavat erottimet parantavat johtolähdön luotettavuutta, sillä ne helpottavat vianpaikannusta ja nopeuttavat sähkön palauttamista asiakkaille häiriötilanteissa.

Oravalahden haaran johtosaneeraus

Erotinasemasaneerauksen yhteydessä, vuosina 2013–14, osa Oravalahden haarasta saneerataan tienvarteen teräsvahvisteisella päällystetyllä alumiiniavojohdolla BLL-T62 ja Bantam-avojohto -osuus Oravalahden muuntajalle asti, korvataan

maakaapelilla AXCLIGHT25. BLL-T62-osuudelle tulee pituutta 980 m ja sen investointikustannus on n. 28,4 k€, maakaapeliosuudelle tulee pituutta 1 126 m ja sen arvioitu investointikustannus on n. 52 k€. Saneerattavien johto-osien yhteispituus on 2,1 km ja kokonaiskustannukset 80,4 k€.

Suunnitelma on esitetty kuvassa 22. Kuvassa BLL-T62-osuus on merkitty keltaisella ja maakaapeliosuus ruskealla värillä.



Kuva 22. Oravalahden haaran johtosaneeraus.

Johtosaneerauksella saadaan parannettua toimitusvarmuutta ja nopeutettua johdon vikapartiointia. Uuden 1 126 m maakaapelin tuottama maasulkuvirta n. 2,8 A.

7.5 Vahojärven johtolähtö

Linnaharjun haaran johtosaneeraukset

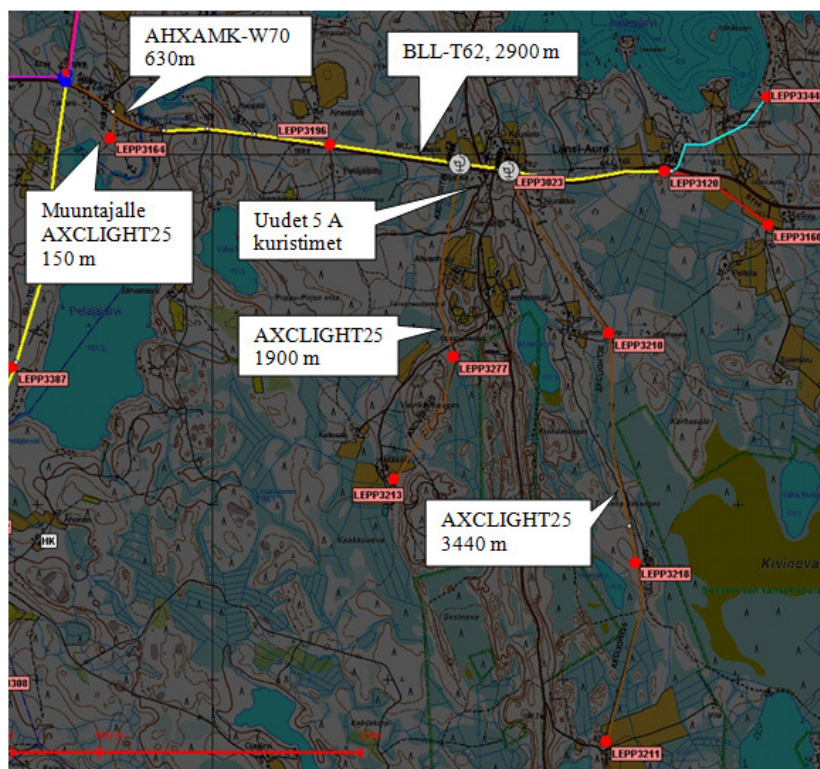
Jaakkolan sähköaseman Vahojärven johtolähdön Linnaharjun haaran alkupää, Au-rekosken erotinasemalta, kaapeloidaan tienvarteen maakaapelilla AHXAMK-W70. Kaapelille tulee pituutta 630 m ja sen kustannuksiksi 29 k€. Pisto Talalahden muuntajalle tehdään kaapelilla AXCLIGHT25. Pistolle tulee pituutta 150 m ja kustannuksiksi 6,9 k€. Kaapelointien yhteenlaskettu maasulkuvirta on 1,6 A. Haaran loppuosa, Juvelan muuntajalle, saneerataan kulkemaan tienvarteen BLL-

T62:lla. BLL-T62-osuudelle tulee matkaa 2 900 m ja sen investointikustannukset ovat n. 84 k€.

Sparrow-avojohto-osuus Viljakasta Kalliosalon muuntajalle maakaapeloidaan kaapelilla AXCLIGHT25. Kaapelille tulee pituutta 1 900 m ja sen kustannukset ovat n. 87 k€. Maakaapelin tuottama maasulkuvirta on 4,8 A ja sen alkuun asennetaan sammutuskuristin, jonka nimellisvirta on $I_N = 5$ A.

Myös avojohto-osuus Aureesta Seitsemiseen maakaapeloidaan kaapelilla AXCLIGHT25. Kaapelille tulee pituutta 3 440 m ja sen kustannukset ovat n. 158 k€. Maakaapelin tuottama maasulkuvirta on 8,6 A ja haaran alkuun asennetaan sammutuskuristin, jonka nimellisvirta on $I_N = 5$ A.

Investoinnit suoritetaan vuosina 2013–14 ja ne on esitetty kuvassa 23. Kuvassa ruskealla värillä on maakaapeliosuudet ja keltaisella värillä BLL-T62-osuudet.



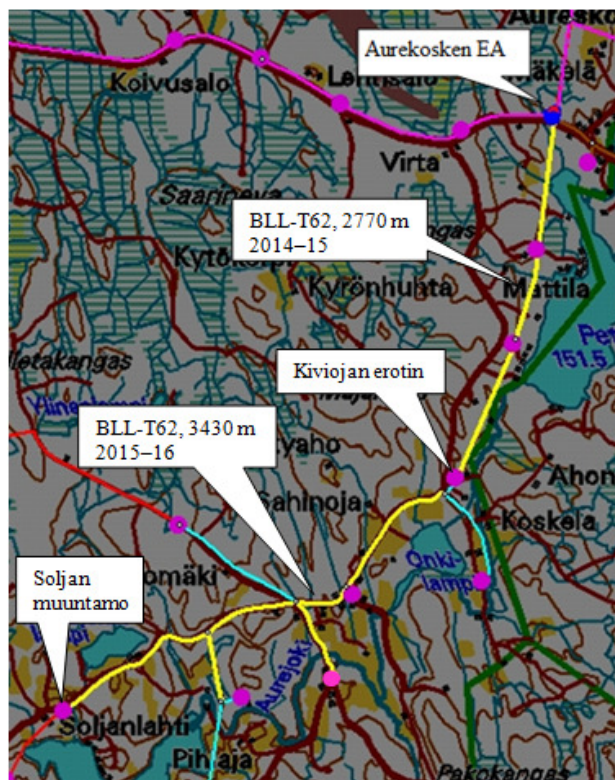
Kuva 23. Linnaharjun haaran suunnitelmat.

Johtosaneerauksilla saadaan parannettua luotettavuutta ja sähkön toimitusvarmuutta sekä nopeutettua johdon vikapartiointia.

Runkojohdon saneeraus

Vahojärven johtolähdön runko, Soljan muuntajalta Aurekosken erotinasemalle, saneerataan tienvarteen päällystetyllä teräsvahvisteisella alumiiniavojohdolla BLL-T62:lla. Saneeraus suoritetaan 2 osassa, vuosina 2014–16.

Johto-osa Kiviojan erottimelta Aurekosken erotinasemalle rakennetaan vuosina 2014–15. Johto-osan pituus on 2 770 m ja sen saneeraaminen maksaa 80 k€. Johto-osa Soljan muuntajalta Kiviojan erottimelle saneerataan vuosina 2015–16, johto-osalle tulee pituutta 3 430 m ja sen investointikustannukset ovat 99 k€. Pistot runkojohdolta muuntajille rakennetaan maakaapelilla AXCLIGHT25. Johtohaaralle Viitamäen muuntajalle tulee pituutta 660 m ja sen kustannukset ovat 30,3 k€, haaralle Jokisen muuntajalle tulee pituutta 522 m ja sen kustannukset ovat 24 k€. Suunnitelmat on esitetty kuvassa 24.

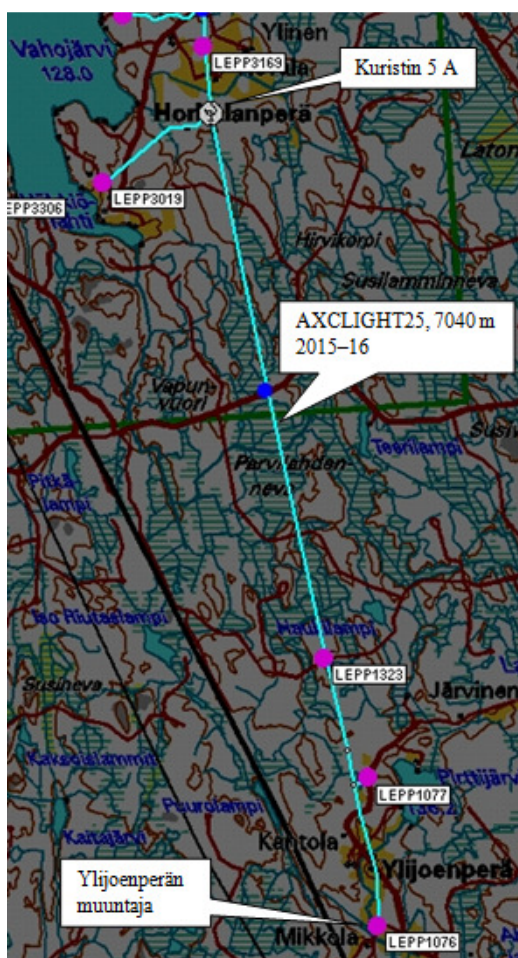


Kuva 24. Runkojohdon saneeraukset.

Runkojohdon saneeraaminen tienvarteen parantaa toimitusvarmuutta ja sillä saadaan nopeutettua ja helpotettua johdon vikapartiointia.

Sisätön haaran kaapelointi

Sisätön haara, Honkalanperästä, Hähkiönniemen haaralta Ylijoenperän muuntajalle asti maakaapeloidaan kaapelilla AXCLIGHT25. Kaapelille tulee pituutta 7 040 m ja sen investointikustannuksiksi tulee n. 324 k€. Kaapelin tuottama maasulkuvirta on 4,8 A ja sen alkuun asennetaan sammutuskuristin, jonka nimellisvirta on $I_N = 5$ A. Sisätön haaran suunnitelmat on esitetty kuvassa 25.



Kuva 25. Sisätön haaran saneeraukset.

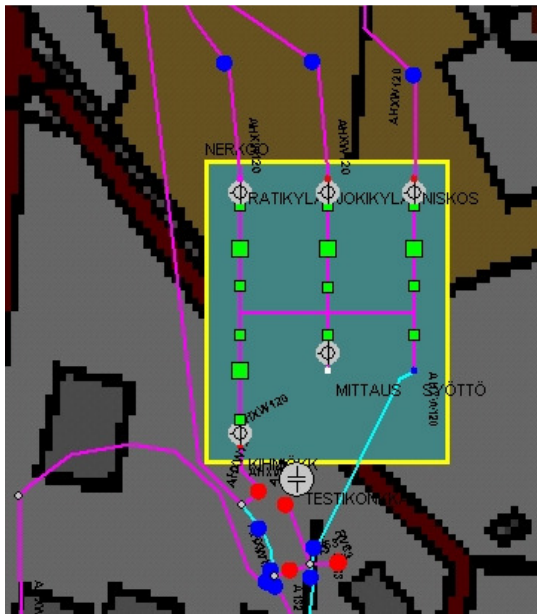
Sisätön haaran kaapeloinnilla saadaan parannettua sähkön toimitusvarmuutta ja sähkönjakelun luotettavuutta, sillä se ei enää ole alttiina myrskyille ja sääilmiöille.

7.6 Nerkoon kytkinaseman kompensointikondensaattorit

Nerkoon kytkinasemalle asennetaan 600 kVar kompensointikondensaattorit vuonna 2014, kun AMR-kaukoluentajärjestelmä on otettu käyttöön ja vanha MELKO-

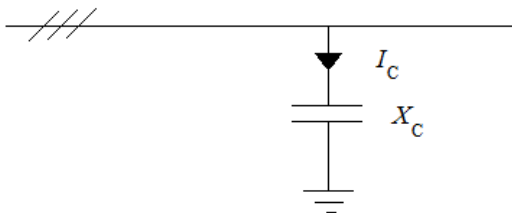
järjestelmä on poistettu käytöstä. MELKO-järjestelmä ei saa olla käytössä kompensointikondensaattoreiden ja MELKOn kondensaattoreiden resonanssivaaran vuoksi. Resonanssitilanteet saataisiin estettyä estokeloilla, mutta niiden hankkiminen ei tällä hetkellä kuulu suunnitelmiin.

Kondensaattorit kytketään kiinteästi kytkinasemaa syöttävän johdon runkoon. Kondensaattorit on esitetty kuvassa 26.



Kuva 26. Nerkoon kytkinaseman kompensointikondensaattorit.

Kuvassa 27 on esitetty kompensointikondensaattoreiden yksinkertainen kytkentä 1-viivaesityksenä.



Kuva 27. Rinnakkaiskompensointikondensaattorit.

Rinnakkaiskompensoinnilla kompensoidaan kuormituksen loisteho. Kun kuormituksen loisvirtaa ei siirretä johdoilla vaan tuotetaan kondensaattoreilla, pienenee johdon jännitteenalenema. Kompensoinnilla on suuri merkitys etenkin korvaustilanteissa, kun teho joudutaan syöttämään pitkällä siirtoreitillä. Vuoden pienimillä kuormilla heinäkuussa, kiinteällä kompensoinnilla voidaan joutua ylikompensoinnille, jolloin vaarana on liian korkean jännitteen syöttäminen asiakkaille.

Taulukossa 46 on esitetty Nerkoon kytkinasemaa syöttävän Kihniö-lähdön sähköiset arvot huipputehon aikana vuonna 2018, kondensaattoreiden ollessa kytkettynä verkkoon, vuosittaisen tehonkasvuprosentin ollessa 0,7 %/a.

Taulukko 46. Kihniö-lähdön arvot vuonna 2018.

Syöttö	S [kVA]	P [kW]	Q [kVar]	P_h [kW]	W_h [MWh/a]	$U_{hmax\%}$ [%]
J10 Kihniö	2918,8	2908,4	246,2	128,3	350,3	6,2

Nerkoon kytkinaseman uusi syöttö Parkanon asemalta valmistuu vuonna 2018, muutetaan topologiaa siten, että Jaakkolan aseman Pitkäjärven lähdön jakoraja tulee ennen Nerkoon kytkinasemaa, Laurilan erotinasemalle. Pitkäjärven loppupää, Kihniön taajamaan päin, syötetään kytkinaseman johtolähdöllä J05 Kihniö.

Taulukossa 47 on esitetty kytkinaseman sähköiset arvot huipputehon aikana vuonna 2022, kondensaattoreiden ollessa kytkettynä verkkoon, kun aseman syötönä on Parkanon sähköaseman johtolähtö Nerkoo, vuosittaisen tehonkasvuprosentin ollessa 0,7 %/a.

Taulukko 47. Nerkoon kytkinaseman arvot vuonna 2022.

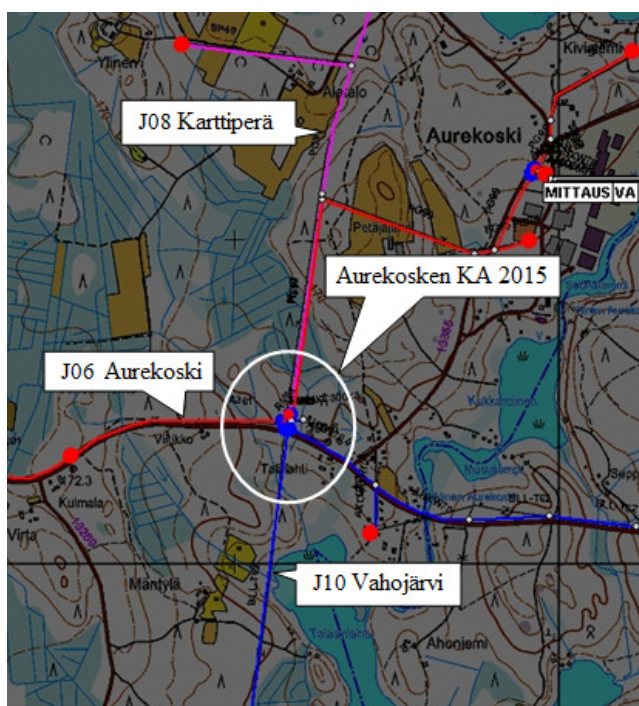
Syöttö	S [kVA]	P [kW]	Q [kVar]	P_h [kW]	W_h [MWh/a]	$U_{hmax\%}$ [%]
J13 Nerkoo	4287,2	4266,0	-425,6	122,6	359,0	3,5

Kondensaattoreilla saatava häviösäästö vuonna 2022, kytkentämuutokset huomioiden, on 6 549 €. Koko kondensaattoreiden 40 a pitoajalta saatava häviösäästö on

14 497 €. Uusien 600 kVar kompensointikondensaattoreiden investointikustannus on n. 15 k€, joten investointikustannusta saadaan melkein kuoletettua pitoaikana.

7.7 Aurekosken kytkinasema ja topologiamuutos

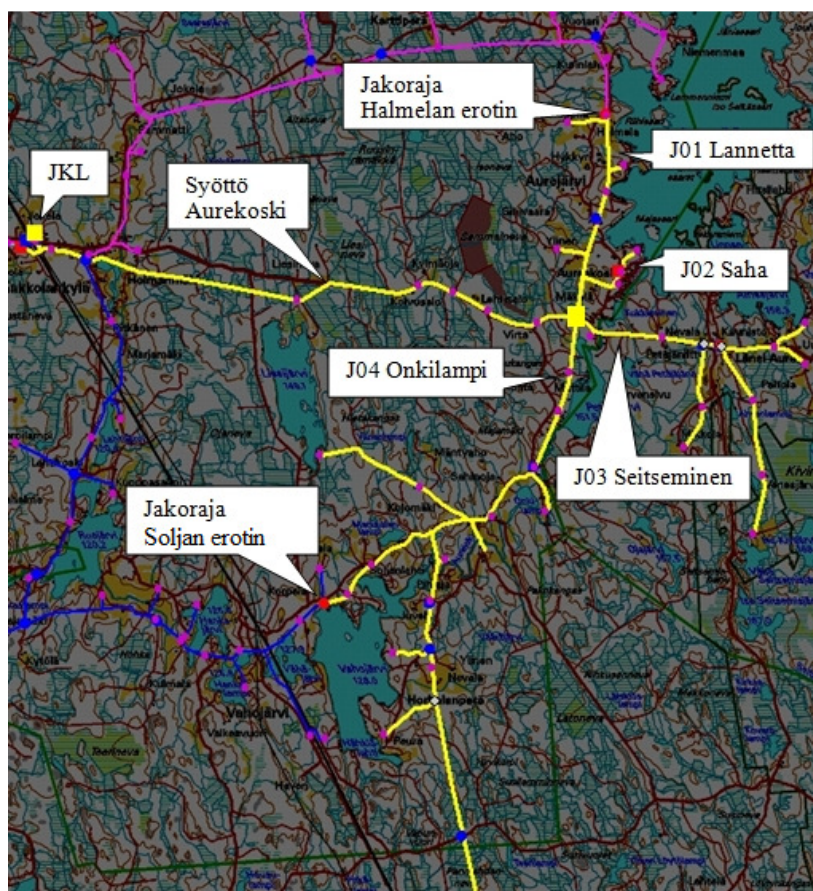
Jaakkolan sähköaseman Aurekosken johtolähdöllä oleva Aurekosken erotinasema korvataan kytkinasemalla vuonna 2015. Nykyinen Aurekosken erotinasema toimii solmupisteenä Jaakkolan aseman Aurekosken, Vahojärven ja Karttiperän johtolähdöille. Tulevan kytkinaseman paikka on esitetty kuvassa 28. Kuvassa Aurekosken lähtö on esitetty punaisella, Vahojärven lähtö sinisellä ja Karttiperän lähtö violetilla värillä.



Kuva 28. Aurekosken kytkinaseman paikka.

Kytkinasemalle tulee 4 katkaisijaa ja sen syöttönä toimii Aurekosken lähtö. Aseman lähdeiksi tulee Lannetta, Saha, Seitsemäinen ja Onkilampi. Jaakkolan sähköaseman kytkentätilannetta muutetaan kytkinaseman takia siten, että kytkinaseman lähtö J01 Lannetta syöttää Aurejärven länsipuolen, aina Halmelan erottimelle asti, jonne tulee jakorajan Karttiperän lähtöön. Johtolähdöllä J04 Onkilampi syötetään kytkinasemalta etelään päin, Ylijoenperälle ja jakoraja Vahojärven lähtöön tulee Soljan erottimelle. Lähdöllä J02 Saha syötetään Aurekosken sahaa ja lähdöllä J03

Seitseminen syötetään kytkinasemalta itään, Länsi-Auretta ja Seitsemistä. Kyt-
kinasema ja verkon topologia on esitetty kuvassa 29.



Kuva 29. Aurekosken johtolähdön topologia.

Taulukossa 48 on esitetty Jaakkolan sähköaseman johtolähtöjen tunnusluvut, joi-
hin kohdistuu muutoksia kytkinaseman rakentamisen jälkeen. Tunnusluvut ku-
vaavat vuoden 2015 huipputehon aikaista tilannetta. Tarkastelu on suoritettu te-
honkasvuprosentin arvolla $r = 0 \text{ %/a}$, sillä kasvuennusteen mukaan Jaakkolan te-
honkasvu on negatiivista.

Taulukko 48. Topologiamuutoksen jälkeiset tunnusluvut vuonna 2022.

Lähtö	Johtopituus [km]	Kuormitusaste [%]	P_{\max} [MW]	$U_{\text{hmax\%}}$ [%]
J06 Aurekoski	51,6	21,0	2,5	1,7
J08 Karttiperä	28,5	7,0	0,7	0,5
J10 Vahojärvi	23,7	3,0	0,2	0,4

Tarkasteltaessa tunnuslukuja taulukosta 48, tulee ottaa huomioon, että Aurekosken lähdön lukuihin kuuluu Aurekosken kytkinaseman syöttämän verkon tunnusluvut. Kytkinaseman Lannetta-johtolähdön pituudeksi tulee 5,1 km, Saha-johtolähdön pituudeksi 2,2 km, Seitsemisen-johtolähdön pituudeksi 10,5 km ja Onkilampi-lähdön pituudeksi 23,6 km. Taulukon mukaan tarkasteltavat johtolähdöt pysyvät strategian mukaisissa arvoissa vuonna 2022.

Aurekosken kytkinaseman keskijännitekojeistoon tulee 5 lähtökennoa eli 4 johtolähtöä ja mittauskenttä. Kytkinasemaa syöttävän Aurekosken lähtöön tulee kauko-ikäyttöerotin ennen kytkinasemaa.

Kytkinaseman johdonsuojareleiksi tulee ABB:n numeeriset SPAA 341 C -relepaketit. Releen maasulkuyksikkönä on SPCS 2D26 suunnattu maasulkurelemoduuli, joka on ns. laajakulmarele. Laajakulmarele pystyy laukaisemaan suojaamansa johdon pois verkosta selektiivisesti riippumatta siitä, onko verkko sammutettu tai maasta erotettu, peruskulman ollessa $\varphi_b = 0^\circ$. Tämä on tärkeää erityisesti häiriötilanteissa, sillä sammutuskela kytketään aina ensimmäisenä pois. Kytkinaseman kokonaiskustannuksina voidaan pitää n. 140 k€. Kytkinaseman suunniteltu pääkaavio on esitetty liitteessä 9.

Kytkinaseman rakentamisella luodaan Aurekosken johtolähdölle uusi suojausvyöhyke, joka vähentää Aurekosken johtolähdön runko-osuuden keskeytysten määrää ja kestoa, vian esiintyessä Aurekosken kytkinaseman takaisella verkosalla.

7.8 Johtolähtö Keskusta 2

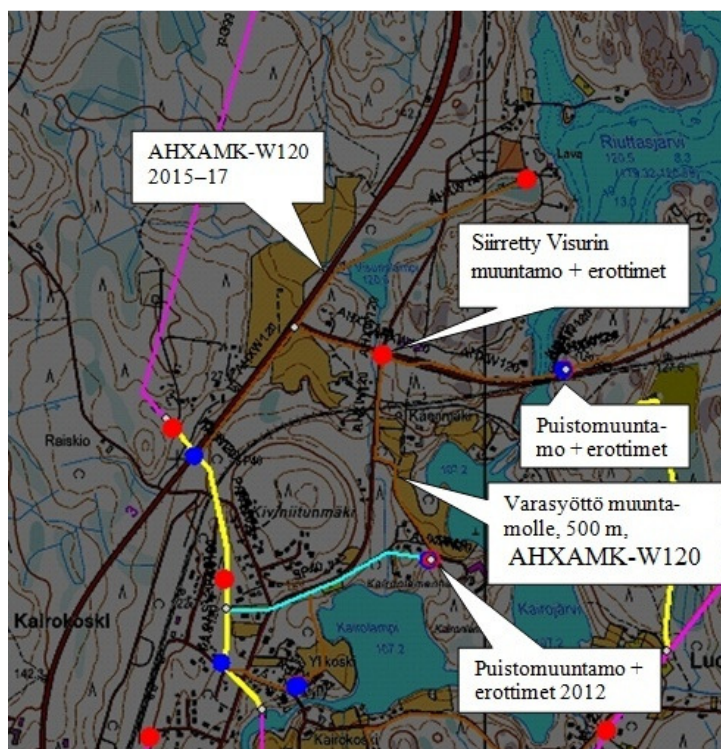
Kairokosken alueen maakaapeloinnit ja saneeraukset

Vuosina 2015–17 Parkanon sähköaseman johtolähdön Keskusta 2 avojohtosuudet Kairokosken alueelta korvataan maakaapelilla. Kaapeloinnit tehdään maakaapelilla AHXAMK-W120, kaapelointien yhteenlaskettu pituus on n. 2,2 km, kaapelointien kustannukset ovat 117,6 k€. Lisäksi Visurin pylväsmuuntajan paikkaa siirretään ja se korvataan puistomuuntamalla, jonka kustannukset ovat 27

k€. Käenkosken muuntaja saneerataan puistomuuntamoksi, jonka investointikustannukset ovat 144,6 k€.

Saneerattavien kohteiden lisäksi rakennetaan varasyöttöyhteys vuonna 2012 valmistuvalle muuntamolle Kaironiemenhaan alueelle. Uuden varasyötön molempiin päihin asennetaan erottimet, uudelle yhteydelle tulee pituutta n. 740 m ja sen investointikustannukset ovat 40 k€.

Kairokosken alueen investoinnit on esitetty kuvassa 30. Kaapeloinnit näkyvät kuvassa ruskealla värillä.



Kuva 30. Kairokosken alueen kaapeloinnit ja saneeraukset.

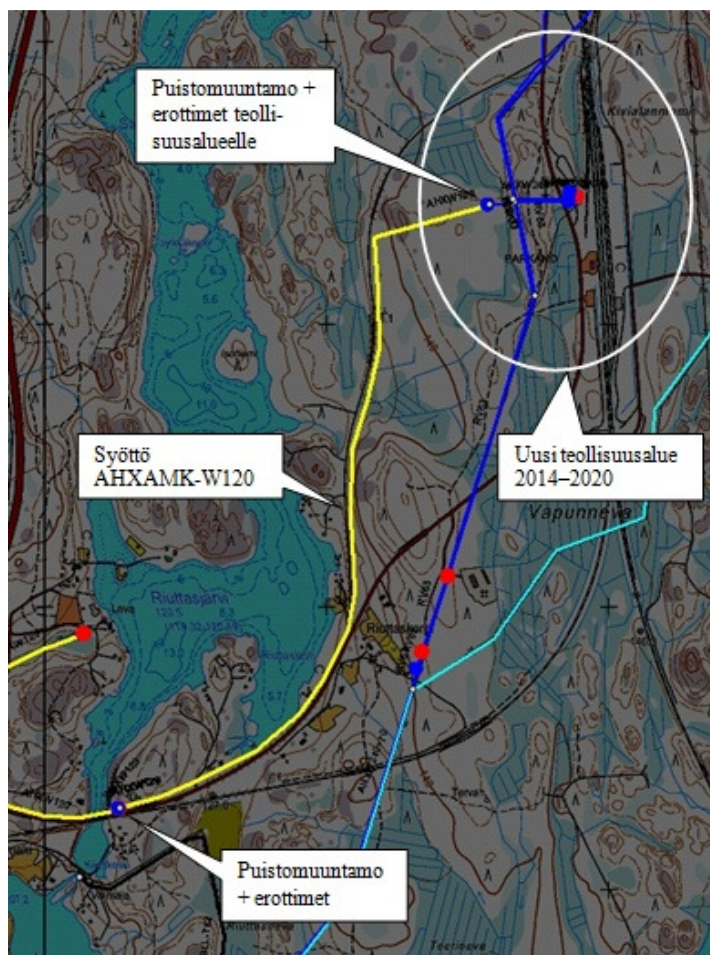
Investoinneilla saadaan parannettua toimitusvarmuutta ja nopeutettua johdon viikapartiointia. Kairokosken maakaapelointien yhteenlaskettu maasulkuvirta on 7,5 A.

Syöttö uudelle teollisuusalueelle

Parkanon rautatieaseman läheisyyteen on kaavailtu uutta teollisuusaluetta vuosina 2014–20. Teollisuuden hankkeita on mahdoton ennustaa, joten teollisuusalueen

rakentumista aseman seudulle ja sen sähkökäyttöä on myös mahdollista tietää vielä. Mikäli näyttää siltä, että tavoiteverkkoajana alueelle alkaa siirtyä teollisuutta, on sinne rakennettava syöttöjohto ja muuntamo.

Teollisuusalueen syöttö rakennetaan Keskusta 2 lähdestä, Kairokosken muuntamolta. Syöttöjohdolle tulee pituutta n. 2,9 km ja se tehdään maakaapelilla AHXAMK-W120, joka kulkee Uudenasemantien vartta pitkin. Syöttöyhteyden molempiin päihin tulee erottimet, että sille saadaan varasyöttöyhteys vuoden 2018 tietämällä valmistuvasta Nerkoo-johtolähdöstä. Syöttöjohdon investointikustannus on 155 k€. Teollisuusalueen syöttöjohdon tuottama maasulkuvirta on 7,3 A. Suunnitelma on esitetty kuvassa 31.



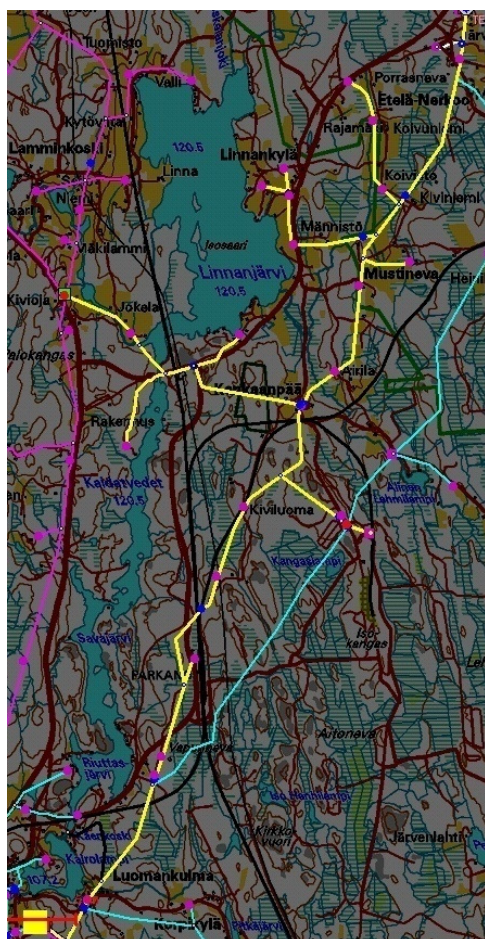
Kuva 31. Teollisuusalueen syöttö.

Muuntamoiden paikkaa ja niiden määrää on vaikea määrittellä, ennen kuin uuden teollisuusalueen kaavoitus ja sijoittuminen alueelle tiedetään tarkasti.

7.9 Johtolähtöjen Kihniö ja Kihniö 2 yhdistäminen

Parkanon sähköaseman johtolähdöt Kihniö ja Kihniö 2 täytyy yhdistää, jotta Parkanon sähköasemalle saadaan vapaa kenno Nereroon kytkinaseman uutta syöttöä varten. Uuden syöttöyhteyden rakentaminen aloitetaan vuonna 2015 ja se valmistuu vuonna 2018.

Johtolähdöt saadaan yhdistettyä melko helposti Parkanon sähköasemalta ensimmäiseltä pylväältä, yhdyserottimelta. Johtolähtö päätetään ennen Nereroon kytkinasemaa viimeiselle muuntajalle; Laurila ja sen nimeksi tulee Kihniö. Kihniön lähdön topologia on esitetty kuvassa 32 keltaisella värillä.



Kuva 32. Kihniön johtolähdön topologia kytkentämuutoksen jälkeen.

Taulukossa 49 on esitetty Kihniö-lähdön sähköiset arvot, kytkentämuutoksen jälkeen, 0,7 %:n vuosittaisella tehonkasvulla, vuonna 2022.

Taulukko 49. Kihniön lähdön sähköiset arvot vuonna 2022.

Lähtö	Kuormitusaste [%]	I_{\max} [A]	$I_{k3\max}$ [kA]	$I_{k2\min}$ [A]	P_{\max} [kW]	$U_{h\max\%}$ [%]
J10 Kihniö	7,0	17,0	4,3	0,7	604,5	0,7

Taulukon 49 mukaan Kihniön johtolähdön sähkötekniiset arvot pysyvät strategian mukaisissa arvoissa vuonna 2022.

7.10 Nereroon kytkinaseman uusi syöttö

Kihniön sähköjakelu on haastavassa tilassa ja sitä pyritään jatkuvasti kehittämään. Kihniön sähkö tulee yhdeltä kytkinasemalta (NRK), joka on Parkanon sähköaseman pitkän Kihniö-lähdön perässä, jonka varrella on kuormitusta ja se on koko matkalta avojohtoa. Nykytilassa kytkinaseman syöttämien kaikkien johtojen jännitteenalenemat ylittävät LSOY:n suurimman normaalikytkentätilanteen sallitun 5 % rajan, sillä ennen kytkinasemaa syöttävän Kihniön lähdön jännitteenalenema on 5,2 %.

Uuden syöttöjohton rakentaminen Parkanon asemalta aloitetaan vuonna 2015 ja saadaan valmiiksi noin vuonna 2018. Uusi yhteys rakennetaan säävarmaksi, koko matkalta maakaapelilla AHXAMK-W240, ainoastaan hankalat kohdat, esimerkiksi kalliomaastot rakennetaan päällystetyllä avojohdolla PAS150. Johto rakennetaan kulkemaan Uudenasemantien ja Järvisuomentien vartta pitkin. Pituutta uudelle kaapelille tulee n. 15 km ja sen tuottama maasulkuvirta on n. 49 A. Kaapelin investointikustannus on n. 1 M€. Uusi syöttöjohto on esitetty kuvassa 33.



Kuva 33. Nerkoon kytkinaseman uusi syöttö.

Johtolähtö tulee Parkanon sähköaseman kennoon J13 ja nimeksi Nerkoo. Nerkoon kytkinasemalle vuonna 2014 tulevat kompensointikondensaattorit asennetaan kiinni johdon runkoon, ennen kytkinasemaa.

Ainoa kuorma mitä johdolle tulee, Nerkoon kytkinaseman lisäksi, on Parkanon rautatieasema. Rautatieaseman nykyinen 100 kVA:n pylväsmuuntaja korvataan samankokoisella puistomuuntamolla ja sen syöttö rakennetaan renkaaksi, jolloin molempiin suuntiin saadaan erottimet. Uuden ulkoa hoidettavan puistomuuntamon investointikustannus on n. 28 k€. Lisäksi rautatieaseman alueelle tehdään pisto, joka mahdollistaa varasyötön teollisuusaluetta syöttävälle lähdölle Keskusta 2.

Taulukossa 50 on esitetty Nerkoon johtolähdön sähköiset tunnusluvut huippukuormitusilanteessa, kondensaattoreiden ollessa verkossa ja vuosittaisen tehonkasvuprosentin ollessa $r = 0,7 \text{ %/a}$.

Taulukko 50. Nerkoon johtolähdön tunnusluvut vuonna 2022.

Lähtö	r [%/a]	P_{11} [kW]	Kuormitusaste [%]	$U_{hmax\%}$ [%]
Nerkoo	0,7	4266,0	32	3,5

Taulukon 50 mukaan, uudella johtolähdöllä suurin esiintyvä jännitteenalenema on 3,5 % ja se esiintyy kytkinaseman syöttämällä johtolähdöillä J04 Jokikylä. Kytkinasemaa syöttämällä maakaapelilla esiintyvä suurin jännitteenalenema on 2,1 %. Johtolähdön tunnusluvut pysyvät strategian mukaisissa arvoissa vuonna 2022.

Syötön valmistuttua, muutetaan topologiaa siten, että Jaakkolan aseman Pitkäjärven lähdön jakoraja tulee ennen Nerkoon kytkinasemaa, Laurilan erotinasemalle. Tällöin Pitkäjärven lähdön johtopituudeksi jää 28,9 km ja suurin jännitteenalenema huippukuormalla on 2,1 %. Pitkäjärven loppupää, Kihniön taajamaan päin, syötetään kytkinaseman johtolähdöllä J05 Kihniö.

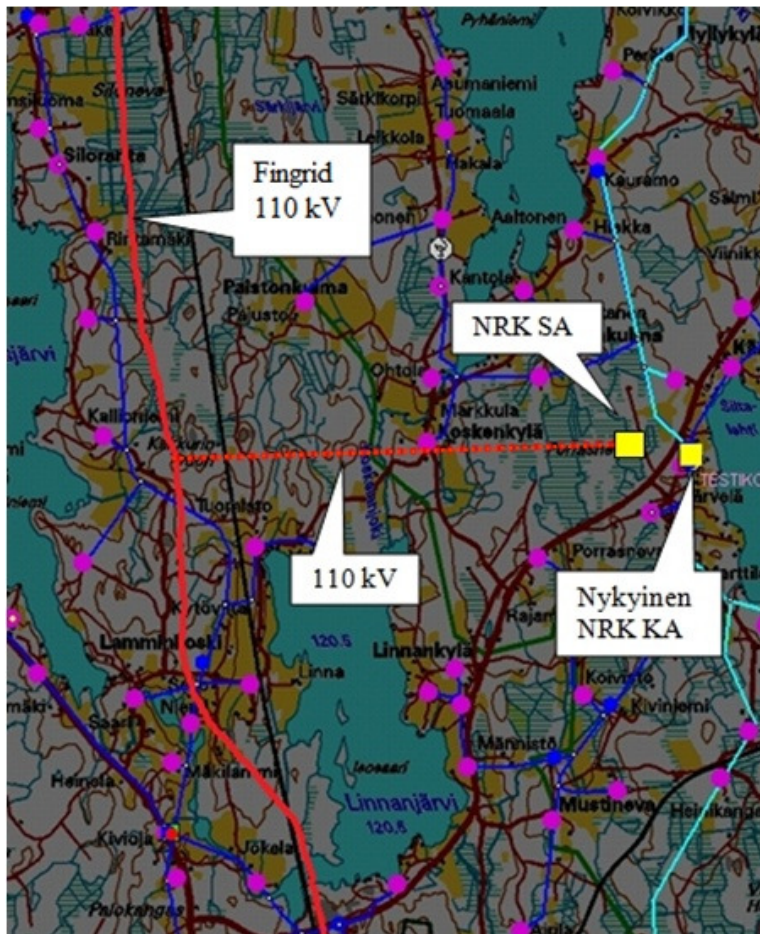
Tarkastellaan mihin huipputehoon asti uudella kaapelisyötöllä päästään, jännitteenalenemarajana pidettäessä $U_{hmax\%} = 5 \text{ %}$. Oletetaan, että syöttö otetaan käyttöön vuonna 2018, vuosittaisen tehonkasvuprosentin ollessa $r = 0,7 \text{ %/a}$, uusi syöttö riittää vuoteen 2056 asti. Eli syöttöä voidaan käyttää sellaisenaan 38 vuotta 600 kVar kompensointikondensaattoreilla, oli sitten syötettävänä vanha kytkinasema tai uusi sähköasema. Tällöin huipputeho on $P_{max} = 5,7 \text{ MW}$ ja suurin esiintyvä jännitteenalenema $U_{hmax\%} = 4,9 \text{ %}$.

Syöttöjohto tulee toimimaan vuosien 2022–27 tietämällä rakennettavan Nerkoon sähköaseman varasyöttönä. Sähköaseman sijainti tulee olemaan lähellä nykyistä kytkinasemaa ja se tulee korvaamaan vanhan kytkinaseman. Nerkoon sähköasemainvestointia tarkastellaan luvussa 8 Pitkän tähtäimen suunnitelmat.

8 PITKÄN TÄHTÄIMEN SUUNNITELMAT

Nerkoon kytkinasema korvataan sähköasemalla vuosien 2022–27 tietämällä. Nerkoon sähköaseman ja siihen liittyvän 110 kV:n johdon rakentaminen on kallis investointi, aseman kokonaisinvestointikustannuksiksi voidaan arvioida 1,6 M€. Nerkoon sähköaseman vaikutus verkkoon on suuri, se muuttaa osan Parkanon sähköaseman 20 kV:n sähkönsiirrosta 110 kV:n jännitetasolle. Tämän ansiosta keskijänniteverkon virrat ja jännitteenalenemat pienevät. Keskijänniteverkon jännitteenalemien pienentyminen vaikuttaa pienjänniteasiakkaiden asiakkaiden sähkön laatuun parantavasti, sillä pienjänniteasiakkaan jännitteenalenema muodostuu sähköaseman toisiojännitteen ja keskijännitejohtojen, jakelumuuntajien ja pienjännitejännitejohtojen jännitteenalenemien erotuksesta. Myös keskijänniteverkon jälleenkytkennät, pysyvien vikojen kesto ja määrät pienenevät olennaisesti, sillä johtopituus/katkaisija pienenee. /3./

Nerkoon sähköasema liitetään olemassa olevaan kytkinaseman syöttämään keskijänniteverkkoon kaapeloinneilla. Asemaa syöttävän 110 kV:n johtohaara rakennetaan Fingridin 110 kV:n kantaverkosta (ns. ratajohto). Liittymispiste tulee Kakkurinvuoren alueelle, pituutta johdolle tulee 5 km ja sen arvioitu investointikustannus on 600 k€. Sähköaseman sijoitus ja rakennettava 110 kV:n johtohaara on esitetty kuvassa 34.



Kuva 34. Nerkoon sähköaseman sijoitus ja 110 kV:n johtohaara.

Nerkoon kytkinaseman nykytilan mukainen huipputeho on 0,7 MW. Vuosittaisella 0,7 %:n tehonkasvulla ja Pitkäjärven kytkentämuutoksella on Nerkoon arvioitu huipputeho vuonna 2022 n. 3,9 MW ja vuonna 2027 n. 4,0 MW. Todennäköisin vaihtoehto päämuuntajan nimellistehoksi on 10 MVA:ta tai 16 MVA:ta. Tällöin jää runsaasti kapasiteettia kuormituksen kasvuun ja muiden asemien korvaamiseen.

Päämuuntajan koko vaikuttaa oleellisesti verkon oikosulkuvirtoihin. Muuntajan nimellisteho on kääntäen verrannollinen päämuuntajan impedanssiin ja suoraan verrannollinen keskijänniteverkon oikosulkuvirtoihin eli mitä suurempi nimellisteho, sitä pienempi impedanssi ja sitä suurempi oikosulkuvirta. /3./

Sähköasemalle tulee nykyisen kytkinaseman syöttämät johtolähdöt Niskos, Jokikylä, Kihniö ja Ratikylä. Näiden lisäksi syöttökenttä, mittauskenttä, sammutus ja

omakäyttö ja yhteen lähtökennoon kytketään vuonna 2014 tulevat kompensointikondensaattorit. Aseman varasyöttönä toimii Parkanon sähköaseman vuonna 2018 valmistuva Nerkoo-lähtö. Varakennoja on myös hyvä varata tulevaisuutta silmällä pitäen. Aseman suunniteltu pääkaavio on esitetty liitteessä 10.

9 YHTEENVETO

Parkanon ja Kihniön jakelualueen keskijänniteverkko on yleisesti ottaen kohtuullisessa kunnossa, niin sähköteknisesti kuin mekaanisestikin. Kuitenkin viime aikoina lisääntyneet myrskyt ja voimakkaat sääilmiöt luovat paineita verkon kehittämiselle ja sähkönjakelun luotettavuuden ja toimitusvarmuuden parantamiselle. Myös Energiamarkkinaviraston regulaatio sekä tekninen ja taloudellinen valvonta asettaa velvoitteita sähköverkon kehittämiseksi. Sähkön laatu ja käyttövarmuus oli 1. kerran mukana EMV:n taloudellisessa valvonnassa valvontajaksolla 2008–11.

Parkanon ja Kihniön kunnat ovat muuttotappiokuntia ja kuormituksen kasvu on maltillista ja osiltaan jopa negatiivista, joten kuormituksen kasvusta johtuvaa verkon vahvistamista ei juurikaan tarvitse tehdä. Tavoiteverkkoajankautana kunnilla ei ole näköpiirissä uusia kaavoituskohteita, vaan lähinnä täydentämiskäytöstä. Sähkölaitteiden määrän kasvaessa kotitalouksissa, voidaan sähkönkulutuksen silti odottaa kasvavan vähän. Pääpaino kehittämissuunnitelmissa oli sähkön toimitusvarmuutta ja luotettavuutta parantavissa investoinneissa.

Viidan vyöhykekatkaisijan asentamisella ja Aurekosken kytkinaseman rakentamisella saadaan parannettua johtolähtöjen asiakkaiden sähkön laatua ja toimitusvarmuutta, kun keskeytysajat ja määrät laskevat. Myös uusilla asennettavilla kauko-ohjattavilla erottimilla ja erotinasemilla saadaan nopeutettua sähkön palauttamista asiakkaille ja helpotettua vianpaikannusta vikatilanteissa.

Lukuisat maakaapeloinnit ja avojohto-osuuksien siirtäminen tienvarteen parantavat johtolähtöjen toimitusvarmuutta sekä helpottavat ja nopeuttavat vianpaikannusta. Suunnitelluilla maakaapeli-investoinneilla saadaan rakennettava verkko myrskyvarmaksi, koska se ei enää ole alttiina sääilmiöille, jolloin johdon luotettavuus paranee huomattavasti. Kaikki tienvarteen suunnitellut investointikohteet, joissa saneerattava kohde rakennetaan avojohtoverkoksi, tehdään teräsvahvisteisella päällystetyllä BLL-T -johdolla. BLL-T -johdot eivät pala helposti poikki vaihejohdinten koskettaessa toisiaan suoraan tai oksan välityksellä. Johtimet ovat vetolujuudeltaan hyviä ja ne kestävät puun kaatumisen päälle, jos vain pylvärakenteet kestävät.

Parkanon ja Jaakkolan sähköasemille asennettavien maasulkuvirran kompensointilaitteistojen ansiosta asemien maasulkuvirrat pienenevät 90–95 %, verrattuna maasta erotettuun verkkoon. Asemien syöttämän sähkön laatu paranee, sillä maasulkujen aiheuttamien PJK:den määrä pienenee 80–90 %.

Pitkän siirtoreitin päässä oleva Kihniö kärsii yhtiön strategian ylittävistä jännitteenalenemista huippukuorman aikaan. Nerkoon kytkinasemalle asennettavalla rinnakkaiskompensoinnilla kompensoidaan kuormituksen loisteho, koska loisvirtaa ei siirretä johdoilla, vaan tuotetaan kondensaattoreilla, pienenevät Nerkoon ala-aseman syöttämien johtolähtöjen jännitteenalenemat. Myös vuonna 2018 käytöön otettava Nerkoon kytkinaseman uusi maakaapelisyöttö vahvistaa huomattavasti Kihniön sähköjakelun varmuutta.

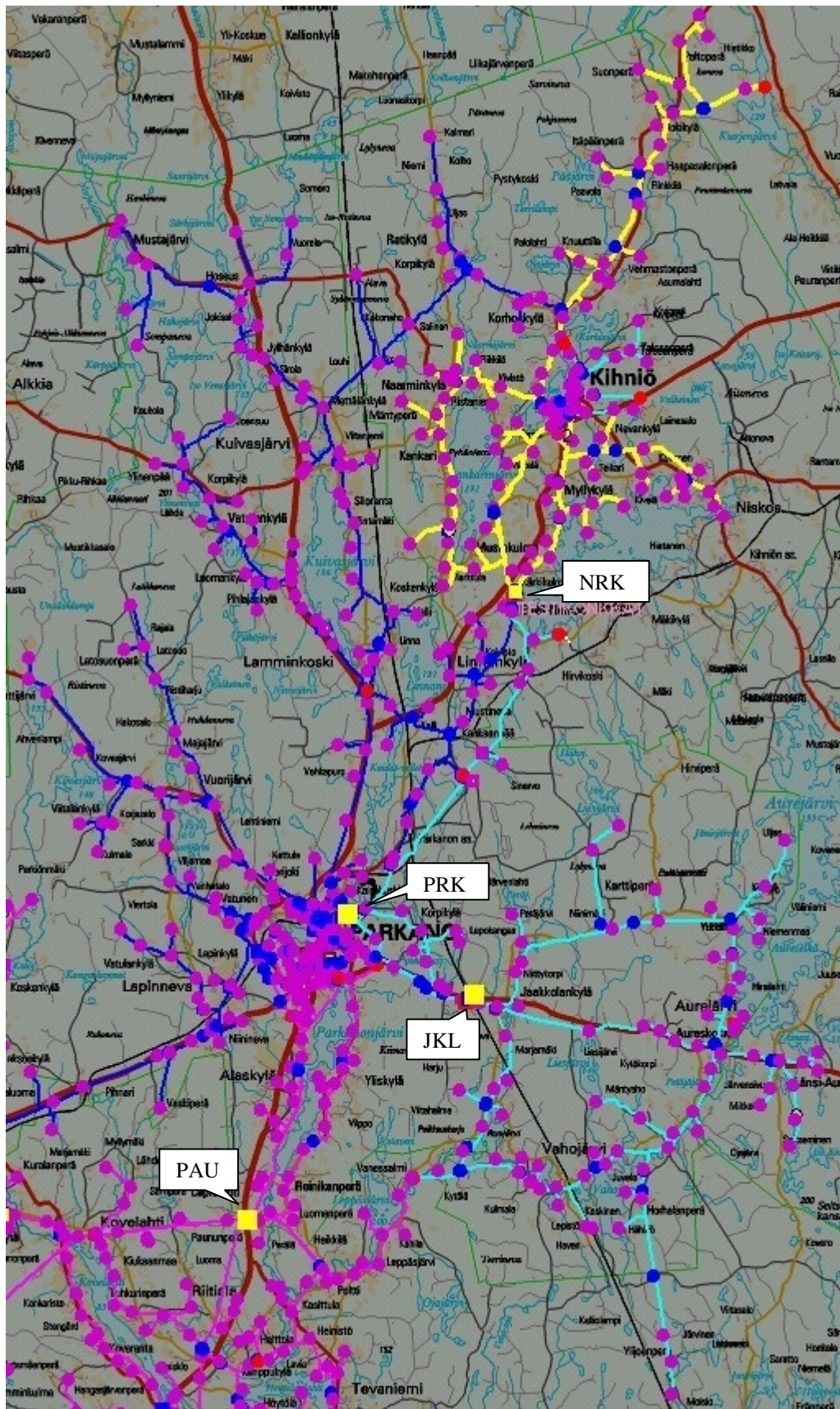
Pitkän tähtäimen kohteena tarkasteltu Nerkoon sähköasemahanke vuosien 2022–27 tietämällä on kallis investointi, mutta sen vaikutus verkkoon ja alueen sähkön laatuun on suuri. Uusi sähköasema muuttaa osan Parkanon sähköaseman 20 kV:n sähkönsiirrosta 110 kV:n jänniteelle. Tämän ansiosta keskijänniteverkon virrat ja jännitteenalenemat pienenevät. Myös keskijänniteverkon jälleenkytkennät, vikakeskeytysten pituus ja määrät pienenevät olennaisesti, sillä johtopituus/katkaisija pienenee.

Kehittämissuunnitelmissa esitetyillä investointikohteilla saadaan LSOY:n pohjoisverkko vahvaan kuntoon ja stabiiliin tilaan. Investoinnit ovat taloudellisesti kuitenkin hyvin merkittäviä ja niiden suorittamista harkitaan tapauskohtaisesti. Esitetyt investointiajankohdat ovat karkeita ja investointien suorittaminen riippuu yhtiön sen hetkisistä taloudellisista näkymistä ja resursseista.

LÄHDELUETTELO

- /12/ ABB SPAA 341 C käyttöohje ja tekninen selostus. 1998. ABB Oy. Viitattu 19.10.2011.
[http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/de4227695829fe99c2256c7e003f1ed7/\\$file/FM_SPAA341C_FI_CBBAA.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/de4227695829fe99c2256c7e003f1ed7/$file/FM_SPAA341C_FI_CBBAA.pdf)
- /11/ Aura, L., Tonteri, A. J. 1993. Sähkölaitostekniikka. Porvoo. WSOY.
- /3/ Lakervi, E., Partanen, J. 2009. Sähkönjakelutekniikka. 2. painos. Helsinki. Otatieto.
- /2/ Leppäkosken Sähkö -konserni. Leppäkosken Sähkö -konsernin sisäiset materiaalit. Leppäkosken Sähkö -konsernin strategia 2012. 2012.
- /1/ Leppäkosken Sähkö -konserni. Leppäkosken Sähkö -konsernin www-sivut. Viitattu 26.3.2011. <http://www.leppakoski.fi>
- /15/ Lummi, J. 2007. Maasulkuvirran kompensointi. ABB Oy Sähköasemat.
- /14/ Martikainen, A. 2010. Leppäkosken Sähkö Oy:n verkoston yleissuunnitelma Ylöjärven alueelle. Projektiraportti. Elmil Oy.
- /6/ Mäkinen, O. 2003. Sähköverkot. Opintomoniste. Vaasan ammattikorkeakoulu.
- /10/ Mäkinen, O. 2005. Relesuojaus. Opintomoniste. Vaasan ammattikorkeakoulu.
- /9/ Mäkinen, O. 2008. Keski-jännitejohtojen taloudelliset käyttöalueet. Luentomoniste. Vaasan ammattikorkeakoulu.
- /5/ Mäkinen, O. 2008. Sähkön laatu ja johtojen kuormitettavuus. Kalvosarja. Vaasan ammattikorkeakoulu.
- /8/ Mäkinen, O. 2008. Sähkönjakeluverkkojen suunnittelu. Kalvosarja. Vaasan ammattikorkeakoulu.
- /4/ Suomalaiset ABB-yhtiöt. 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita. 9. painos. Vaasa.
- /7/ SFS-EN 50160, Sähkön laadun ja jakelun luotettavuuden hallinta. Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 2006. Viitattu 12.9.2011.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2006/W52.pdf>
- /13/ Väestöennuste kunnittain ja maakunnittain vuoteen 2040 - Muuttoliikkeen sisältävä laskelma. Tilastokeskus. 2004. Viitattu 24.1.2012.
http://www.stat.fi/til/vaenn/2004/vaenn_2004_2004-09-20_tau_002.html

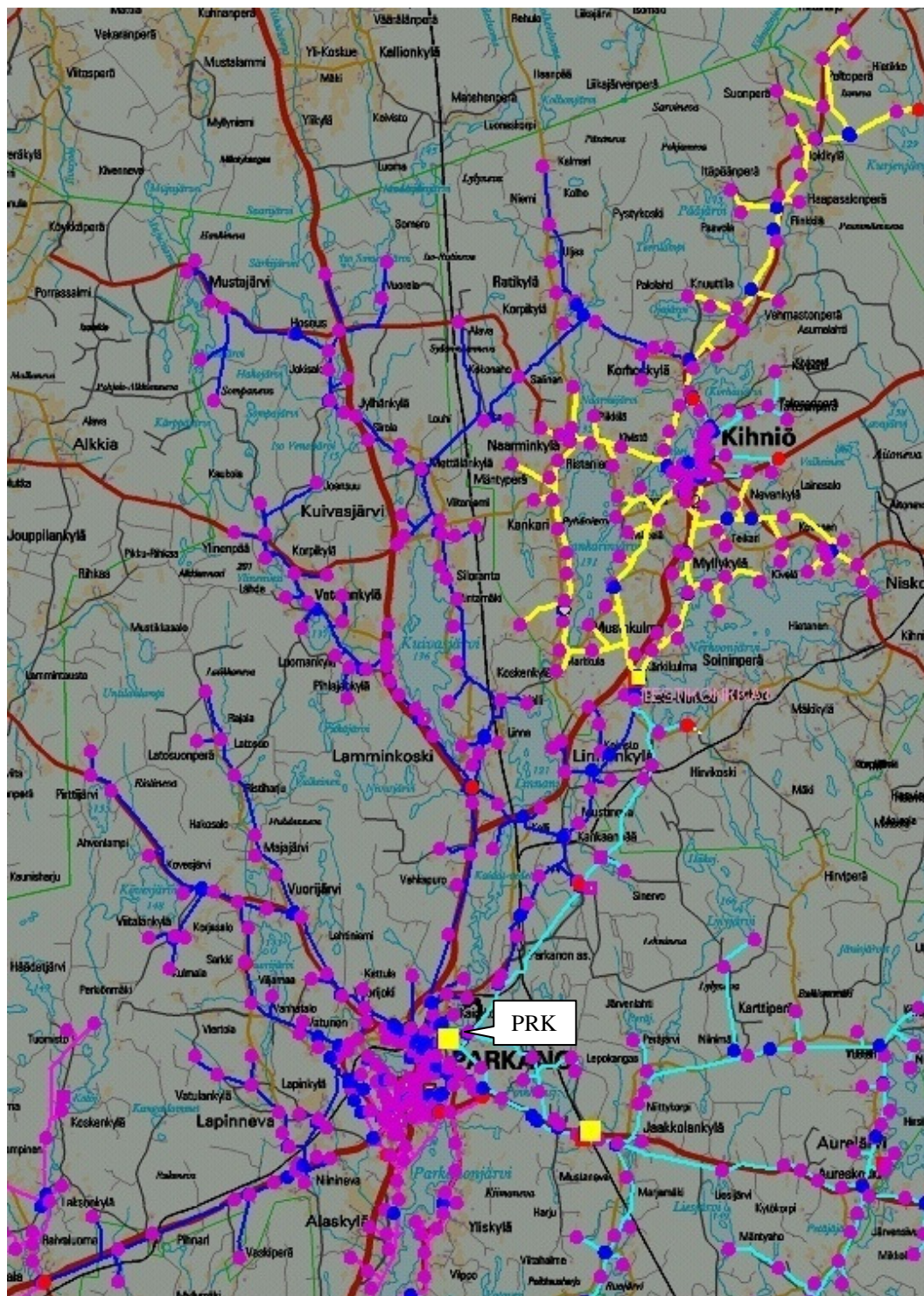
LIITE 1 Tavoiteverkkoalue



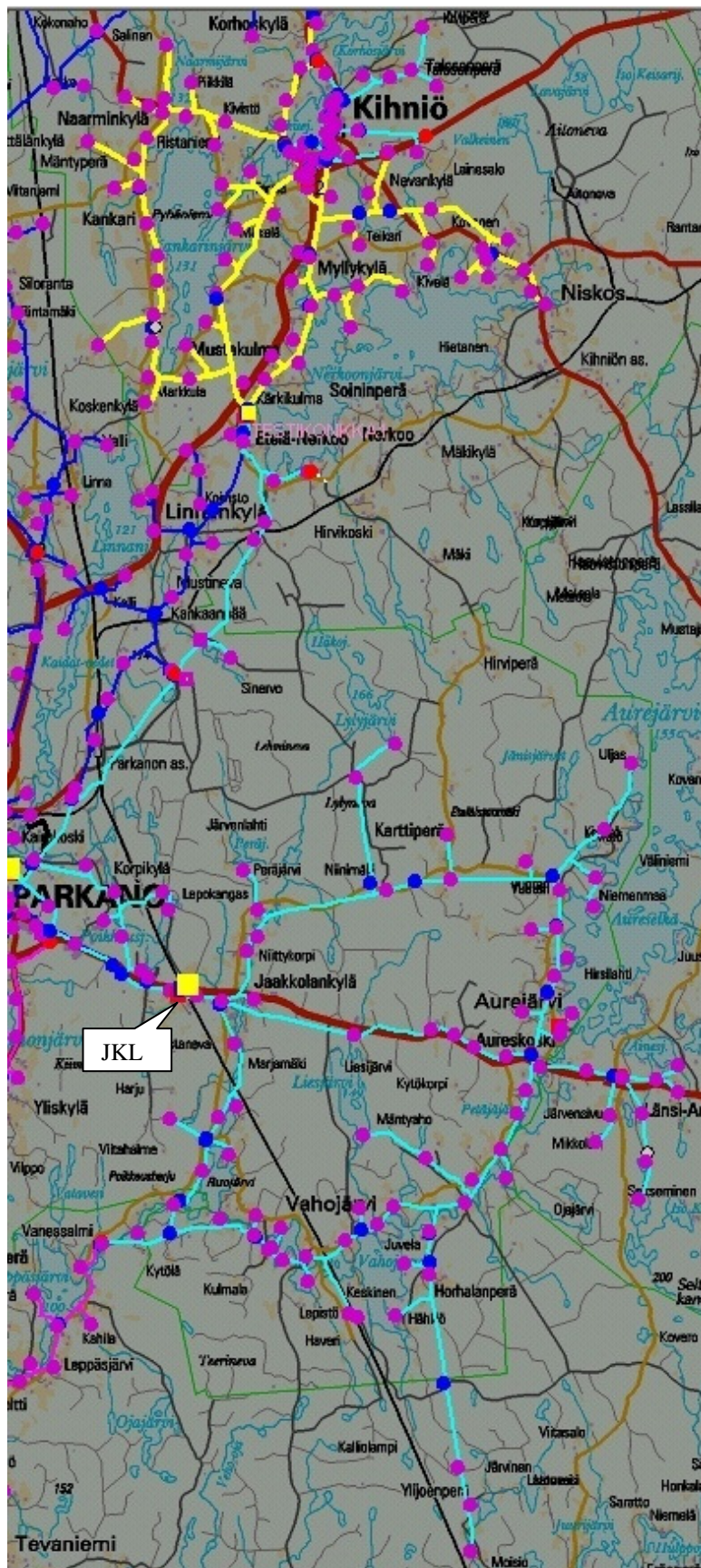
LIITE 2 Paunun sähköaseman keskijänniteverkko



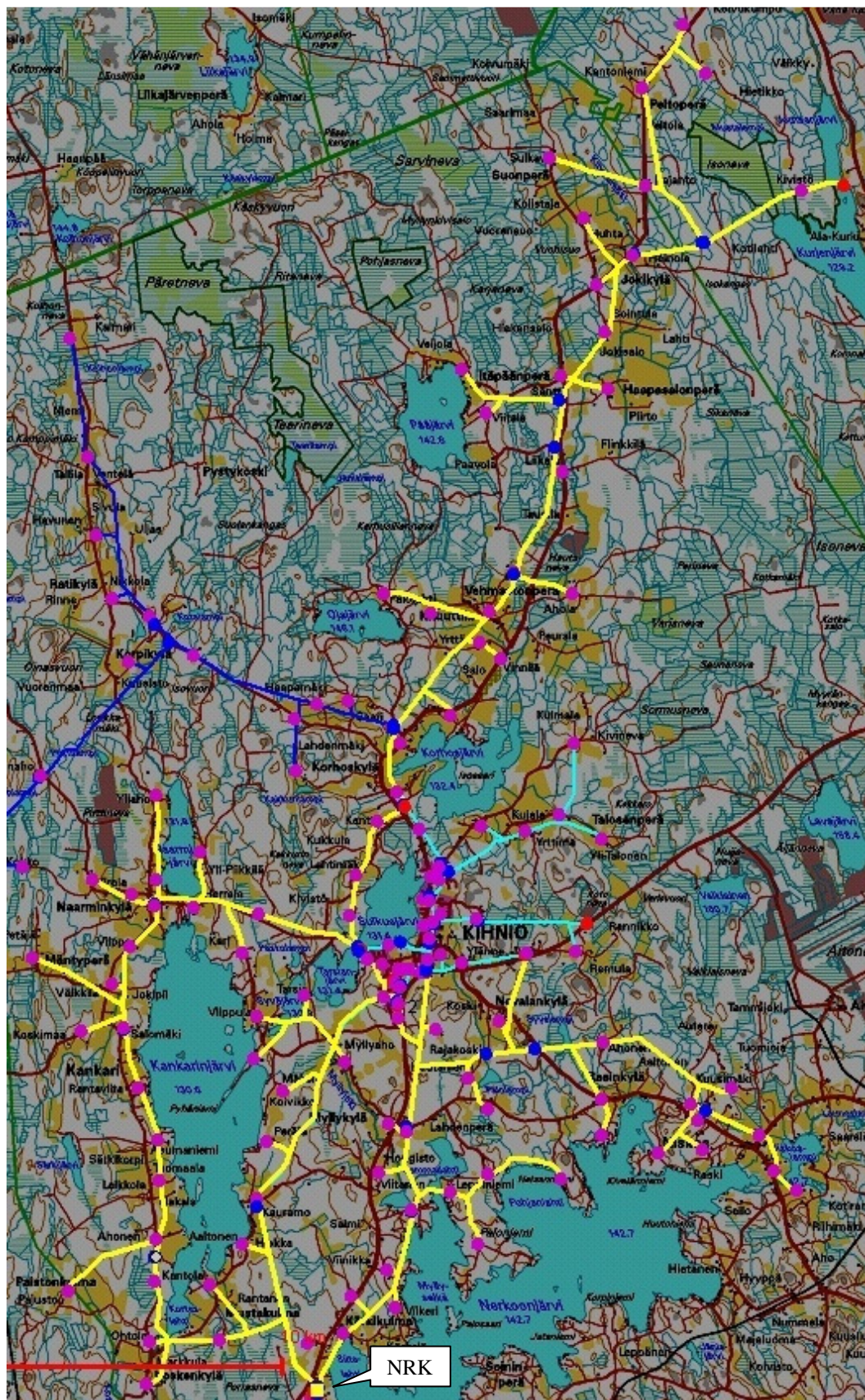
LIITE 3 Parkanon sähköaseman keskijänniteverkko



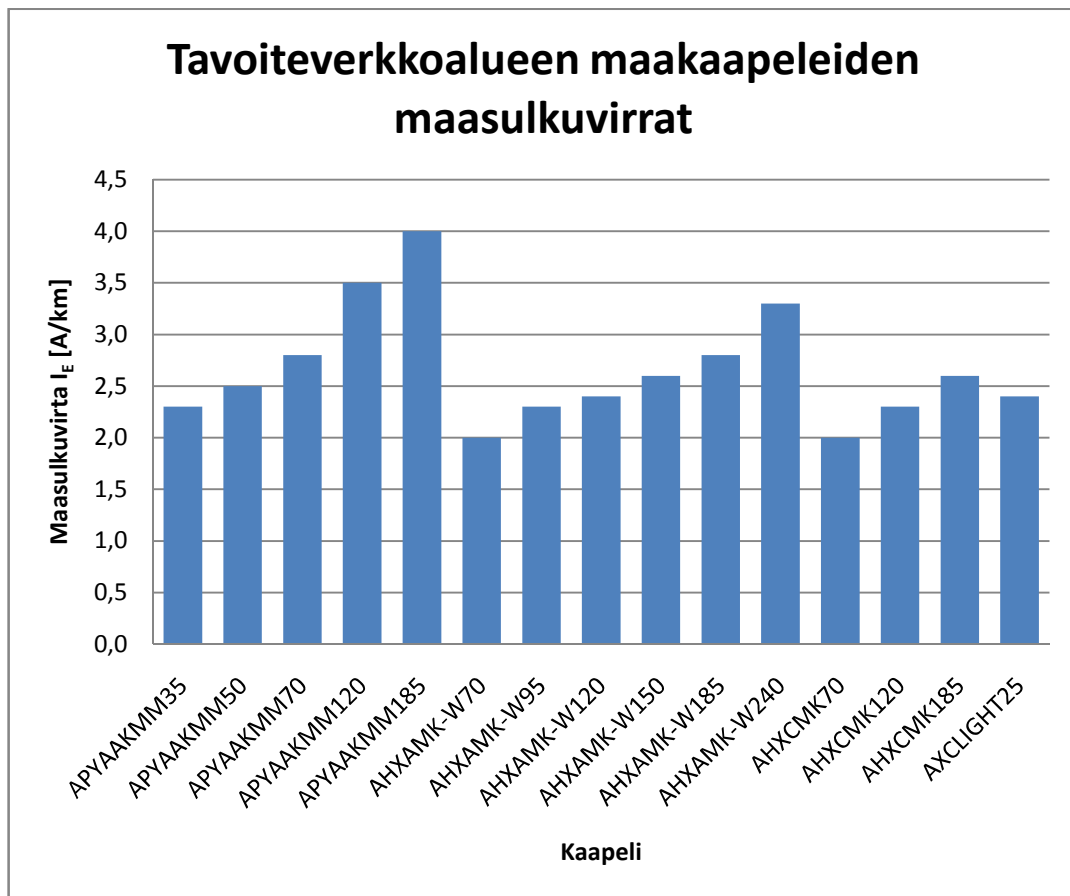
LIITE 4 Jaakkolan sähköaseman keskijänniteverkko



LIITE 5 Nerkoon kytkinaseman keskijänniteverkko



LIITE 6 Tavoiteverkkoalueen maakaapelilajit ja maasulkuvirrat



LIITE 7 Häviökustannukset johtolähdöittäin

Lähtö	Sähköasema	P_{\max} [kW]	P_h [kW]	W_h [MWh/a]	Häviökus- tannukset [€/a]	Huipun- käyttöaika [h/a]	Häviöihuipun- käyttöaika [h/a]
J11 Yliskylä	Paunu	312,2	0,3	1,1	72	5228	3470
J15 Parkano	Paunu	949,4	4,9	14,9	989	4941	3048
J16 Rauma-Repola	Paunu	2218,7	29,9	30,0	3592	2837	1005
J02 Urho	Parkano	1622,8	5,6	19,1	1211	5222	3401
J04 Vahojärvi	Parkano	268,3	0,2	0,4	30	4435	2488
J05 Keskusta 2	Parkano	1985,3	3,0	8,6	580	4762	2889
J06 Aure	Parkano	0,0	0,0	0,0	0	4762	2889
J07 Rauma-Repola	Parkano	1638,1	8,4	20,8	1501	4411	2478
J09 Vuorijärvi	Parkano	891,6	6,7	20,1	1339	4789	2998
J10 Kihniö	Parkano	2835,1	128,8	350,1	24258	4547	2731
J11 Kuivasjärvi	Parkano	1275,0	25,1	61,6	4473	4168	2450
J12 Käenkoski	Parkano	0,0	0,0	0,0	0	4168	2450
J13 Kihniö 2	Parkano	0,0	0,0	0,0	0	5170	3315
J15 Vesitorni	Parkano	3030,9	21,9	72,6	4657	5170	3315
J05 Kause	Jaakkola	0,0	0,0	0,0	0	3263	1615
J06 Aurekoski	Jaakkola	1985,2	18,7	30,2	2701	3263	1615
J07 Pitkäjärvi	Jaakkola	3077,4	126,0	344,8	23871	4664	2737
J08 Karttiperä	Jaakkola	757,2	2,1	3,7	313	3310	1779
J10 Vahojärvi	Jaakkola	718,6	10,9	28,0	1987	4337	2578

Vuosi	Investointi	Syy	Kustannukset
2012	Vyöhykekattaisija Viitaa Kuivasjärven johtolähdölle	Saadon sähköverkossa esiintyvän häiriön vaikutus rajattua mahdollisimman pienelle alueelle.	30 000 €
2012	Netkoon K.A:n releiden vaihto numeerisiin SPAA-341 -releisiin	Parkanon S.A:n maasulun sammutuslaitteiston asentaminen 2013	20 000 €
2012	Parkanon S.A:n releiden vaihto numeerisiin REF-releisiin	Parkanon S.A:n maasulun sammutuslaitteiston asentaminen 2013	70 000 €
2013	Parkanon S.A:n sammutus	Maasulkuvirtojen, askel- ja kosketusjännitteiden pienentyminen ja PJK:den määrän vähentyminen 80-90 %	200 000 €
2013	Luoman kk-erotin ja Koiviston pylvääsmuuntaja Kuivasjärven johtolähdölle	Saadon helpotettua johdon vikapartiointia ja vian paikannusta sekä nopeutettua sähkön palauttamista asiakkaille vikatilanteissa.	22 000 €
2013	Keskisen E.A ja johtosaneeraus Kuivasjärven johtolähdölle	E.A:n ansiosta voidaan Kuivasjärven johtoa syöttää molempiin suuntiin läpi, vaikka haaralla olisi vika. Johdon rakentaminen tienvarteen parantaa sähkön toimintuvarmuutta ja helpottaa vikapartiointia.	61 000 €
2013	Vuorijärven johtolähdölle 3 kk-erottimen asentaminen	Helpottaa johdon viangepakkannusta ja nopeuttaa sähkön palauttamista asiakkaille häiriötilanteissa	41 000 €
2013	Vuorijärven johtolähdön Vaskiperän haaran johtosaneeraus	Tienvarteen rakentaminen BLL-T-johdolla parantaa toimintuvarmuutta ja helpottaa johdon vikapartiointia	58 000 €
2013-14	Vuorijärven johtolähdön runkojohdon saneeraus maakaapelilla ja BLL-T62:lla ja 3 pylvääsmuuntajan saneeraus puistomuuntajiksi	Maakaapelointi ja tienvarteen rakentaminen BLL-T-johdolla parantaa johtolähdön toimintuvarmuutta ja luotettavuutta	334 000 €
2013-14	Oravalahden E.A Karttiperän johtolähdölle	Kk-erottimet parantavat johtolähdön luotettavuutta, sillä ne helpottavat viangepakkannusta ja nopeuttavat sähkön palauttamista asiakkaille vikatilanteissa	25 000 €

Vuosi	Investointi	Syy	Kustannukset
2013-14	Karttiperän johtolähdön Oravalahden haaran johtosaneeraus BILL-T62:lla ja AXCLIGHT25-maakaapelilla	Saadaan parannettua johtolähdön toimintusvarmuutta ja nopeutettua johdon vikapartiointia	80 400 €
2013-14	Vahojärven johtolähdön Linnaharjun haaran johtosaneeraukset maakaapelilla ja BILL-T62-johdolla	Johtosaneerauksilla saadaan parannettua sähköjakelun luotettavuutta ja toimintusvarmuutta sekä nopeutettua johdon vikapartiointia	364 900 €
2014	Jaakkolan S.A:n releiden vaihto numeerisiin REF-releisiin	Jaakkolan S.A:n maasulun sammutuslaitteiston asentaminen 2014	40 000 €
2014	Jaakkolan S.A:n sammutus	Maasulkuvirtojen, askel- ja kosketusjännitteiden pienentyminen ja PJK:den määrän vähentyminen 80-90 %	150 000 €
2014	Netkoon K.A:n 600 kV:arin kompensointikondensattorit	Saadaan Netkoon K.A:n syöttämän verkon jänniteenalemät alle 4 %	15 000 €
2014-16	Vahojärven johtolähdön runko-osan saneeraaminen tienvarteen	Tienvarteen saneeraaminen BILL-T62:lla ja muuntajien pistojen maaka-	233 300 €
2015	Aurekosken K.A:n rakentaminen Aurekosken johtolähdölle	Saadaan toinen suojausvyöhyke Aurekosken johtolähdölle, joka vähentää Aurekosken lähdön runkojohdon keskeytysten määrää ja	140 000 €
2015-16	Vahojärven johtolähdön Sisäton haaran kaapelointi AXCLIGHT25	Parantaa sähkön toimintusvarmuutta ja sähköjakelun luotettavuutta	324 000 €
2015-17	Keskusta 2 -johtolähdön Kairokosken alueen maakaapeloinnit ja 2 pylväsmuuntajan saneeraaminen puistomuuntajiksi	Investoinneilla saadaan parannettua toimintusvarmuutta ja nopeutettua johdon vikapartiointia	329 200 €
2014-20	Syöttöjohdon ja muuntajan rakentaminen uudelle teollisuusalueelle rautatieaseman läheisyyteen Keskusta 2 -lähdöltä	Sähkön toimittaminen teollisuudelle. Rakennetaan mikäli teollisuutta alkaa siirtymään alueelle	155 000 €
2018	Johtolähtöjen Kihniö ja Kihniö 2 yhdistäminen	Saadaan vapaa lähtökemmo Parkanon S.A:lle Netko-johdtoa varten	
2015-18	Netko-johdolla rakentaminen ja rautatieaseman uusi puistomuuntamo	Uusi syöttöjohto Netkoon K.A:lle Parkanon S.A:ta maakaapelilla AHXAMK-W240. Netkoon K.A:n syöttämän verkon sähkölaadun parantuminen	1 028 000 €
2022-27	Netkoon 110/20 kV sähköaseman rakentaminen	Kihniön alueen sähköhuollon ja sähkön laadun parantuminen	1 600 000 €

LIITE 9 Aurekosken kytkinaseman pääkaavio

