

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Ylempi ammattikorkeakoulu/Teknologiaosaamisen johtaminen

Jouko Hokkanen

SÄHKÖNJAKELUVERKON LUOTETTAVUUTEEN TÄHTÄÄVIEN TEKNO-
LOGIOIDEN VIEMINEN KÄYTÄNTÖÖN

Opinnäytetyö 2012

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Osaamisen johtaminen

HOKKANEN, JOUKO

Jakeluverkon luotettavuuteen tähtäävien teknologioiden
vieminen käytäntöön

Opinnäytetyö

33 sivua

Työn ohjaaja

yliopettaja Simo Ollila

Toimeksiantaja

KSS Verkko Oy, DI Petri Tuomainen

Maaliskuu 2012

Avainsanat

sähkönjakeluverkko, käyttövarmuus, elinkaarikustannukset

Sähkönjakeluverkon luotettavuuden arvostus on kasvanut merkittävästi viime vuosina. Sähköverkkoa rakennettaessa kolmekymmentäviisikymmentä vuotta sitten toimitusvarmuus ei ollut suunnittelun lähtökohta. Yhteiskunta on yhä riippuvaisempi sähköstä, myös viranomaisen vaatimukset sähkötoimituksen luotettavuudelle ovat kasvaneet. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää KSS Verkon jakeluverkon nykytilaa ja selvittää miten olevia ja uusia teknologioita hyödyntäen voidaan käytännössä lisätä sähkönjakelun luotettavuutta siten, että tavoitteena oleva 0.5h/asiakas/vuosi saavutetaan vuoteen 2020 mennessä. Tekniikat olisi edullisinta ottaa käyttöön nyt, kun linjojen saneeraus on ajankohtainen.

Maankäyttö ja ympäristökysymykset muuttuvat yhä haastavammiksi ja tulevaisuudessa sähkönjakelulta odotetaan nykyistä parempaa luotettavuutta kohtuullisin elinkaarikustannuksin, jakeluverkon kehittäminen on pitkäaikainen prosessi. Jakeluyhtiöt joutuvat miettimään ratkaisuja, joilla sähkötoimitukselle asetetut kriteerit täyttävä laatu voidaan taata. Kaupungeissa maakaapeli on ratkaisu ongelmaan, mutta maakaapeli on kallis ratkaisu ja koko verkostoa ei voi kaivaa kerralla maahan. Tämän vuoksi tarvitaan muita tekniikoita. Pienitehoisilla alueilla ja maaseudulla joudutaan miettimään halvempia ratkaisuja luotettavuuden saavuttamiseksi. Keinoja ovat automaatiolla ohjattavat minisähköasemat, maastokatkaisijat ja erottimet. Myös yksinkertaisesti ilma- johdot metsästä tienlaitaan siirtämällä saavutetaan hyviä tuloksia.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Master of Engineering Degree Programme in Technology Administration

HOKKANEN, JOUKO

The distribution technologies to improve the reliability of practical applications

Master's Thesis

33 pages

Supervisor

Simo Ollila, Principal Lecturer

Commissioned by

KSS Verkko Oy, CEO Petri Tuomainen

March 2012

Keywords electricity distribution network, reliability of distribution network, outage costs

These days reliability of the electricity distribution network has become more and more important in society. Also the authority's requirements for the reliability of electricity supply has increased. Distribution networks are typically thirty-fifty years old, and reliability has not been a main thing in planning of them. The aim of this master's thesis was to find out the present state of the KSS Verkko's distribution network area and apply new technology to increase the electricity distribution network reliability. The reliability can be increased by automation system investments and planning the renovations from the viewpoint of distribution reliability. The profitability of the investments is assessed primarily with respect to life-cycle cost. Development of the distribution network reliability is a long-term process. The criteria for reliability of supply of electricity define target levels for total outage time (hours/year) and for the on a customer level. The main focus was on the total outage time on a customer level and how to reduce that time under 0,5h/customer/year. The goal is to meet the requirements by the end of the year 2020. To meet the requirements in urban and rural areas, different techniques are needed in different areas and different power levels. In urban areas the underground cable is the most likely the way to achieve these requirements. Also new substations improve the reliability of supply of electricity in urban areas. In countryside increase of remote controlling is an effective way to reduce outage time. Also other techniques are needed to achieve the target level 0,5 hours and one cost-effective way is to move the overhead lines from the forests beside the roads.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	TAVOITE	6
3	TEKNISET RATKAISUT VERKON LUOTETTAVUUDEN PARANTAMISEEN	7
	3.1 Kaapelointi	7
	3.2 Kevytsähköasema	8
	3.3 1000 V sähkönjakelu	9
	3.4 PAS	9
	3.5 Tien varteen rakentaminen	10
	3.6 Maastokatkaisija	11
	3.7 Kauko-ohjattava erotinasema	11
	3.8 Varayhteydet	11
	3.9 Verkostoautomaatio	12
	3.10 Maasulkuvirran sammutus	12
	3.11 Uudet, kehitysasteella olevat tekniikat	13
	3.11.1 Tehoelektroniikka	13
	3.12 Älykkäät sähköverkot	13
	3.12.1 Microgrid	13
	3.12.2 Smart Grid	14
	3.13 AMR/AMM	14
4	TOIMENPITEET ASETETTUIHIN TAVOITTEISIIN PÄÄSEMISEKSI	15
	4.1 Kaapelointi	15
	4.1.1 Kaapelin kaivaminen	16
	4.1.2 Kaapelin aeraus	16
	4.1.3 Liikenneväylien ja arkojen luontokohteiden alitus	17
	4.1.4 Kaapelointiaste	18
	4.2 Kevytsähköasema	19
	4.3 1000 V sähkönjakelu	20

4.4 PAS	20
4.5 Tien varteen rakentaminen	21
4.6 Maastokatkaisijat	21
4.7 Kauko-ohjattava erotinasema	23
4.8 Runkojohtojen kaapelointi sekä johtohaarojen erottaminen	23
4.9 Varayhteydet	24
4.10 Verkostoautomaatio	25
4.11 Maasulkuvirran sammutus	25
4.12 Jännitetyöt	25
4.13 Varavoima	25
4.14 AMR/AMM	26
4.15 Uudet, kehitysasteella olevat tekniikat	26
4.15.1 Tasahköjakelu	26
4.15.2 Smart grid	27
4.15.3 Pientuotannon liittäminen verkkoon	27
4.15.4 Sähköautot	28
5 HENKILÖSTÖN KEHITTÄMINEN	29
5.1 Teknologiat ja koulutus	29
5.2 Motivointi	29
5.3 Projekti työskentely	29
5.4 Työn ohessa oppiminen	30
6 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	33

1 JOHDANTO

KSS Verkko Oy:n alueella olevan sähköverkon rakentaminen on ollut vilkkaimmillaan 1950–70-luvuilla. Ilmastonmuutoksen aiheuttamat sään ääri-ilmiöt ovat lisääntyneet, mikä aiheuttaa haasteita sähköjakelulle erityisesti haja-asutusalueiden ilmajohtoverkossa. Verkon saneeraustoiminta on tulevana vuosina vilkasta, sillä verkostokomponenttien pitoajat ovat n. 30–50 vuotta. Tähän asti jakeluverkon saneeraukset on tehty suurimmaksi osaksi perinteisillä tekniikoilla, keskelle metsää entisille paikoille rakentamalla. Viime vuosina on saneeraustavoissa alettu huomioida myös luotettavuuden näkökulma, häviöt, maankäyttö ja kunnossapitokustannukset. Johtojen rakentamista ja investointipäätösten takana tulee olemaan elinkaarikustannusmalli, joka ottaa huomioon kaikki tarvittavat toimenpiteet, jotka johdolle sen eliniän aikana täytyy tehdä. (Tompuri 2010)

Tässä kehitystyössä arvioidaan uusia verkkotekniikoita rakentajan näkökulmasta tavoilla, jotka ovat elinkaariajattelulla kannattavimpia ja joita KSS Verkko Oy voi ottaa lyhyellä aikavälillä käyttöön. Lisäksi kartoitetaan alustavasti uusia teknologioita, jotka ovat vielä kehitysasteella ja joiden kehittymistä seurataan ja ollaan mukana kehitystyössä. Työssä otetaan myös kantaa henkilöstön kehitystarpeeseen.

2 TAVOITE

KSS Verkko Oy on verkkoliiketoiminnan strategiassaan määritellyt vuotuisen keskeytysajan tavoitteeksi alle 30 minuuttia asiakasta kohden vuonna 2020. Tämän kehitystyön tavoitteena on löytää sellaiset tekniset ratkaisumallit, joiden avulla strategiassa asetettu tavoite saavutetaan kustannustehokkaasti yksikköhintaperiaatteella rakentaen. Lumikuormat, ukkonen sekä tuulet ja myrskyt voivat pahimmillaan aiheuttaa nykyrakenteen mukaisessa verkossa laajoja ja pitkäkestoisia sähköjakelun keskeytyksiä. Koska verkon elinkaari on pitkä eikä verkon nykyisellä rakenteella saavuteta kiristyneitä luotettavuusvaatimuksia, tarvitaan suunnitelma jakeluverkon teknologioista ja rakentamistavasta, jotta tulevat investoinnit ovat teknistaloudellisesti kannattavia ja oikeansuuntaisia.

3 TEKNISET RATKAISUT VERKON LUOTETTAVUUDEN PARANTAMISEEN

Sähkönjakelun luotettavuutta voidaan parantaa erilaisilla teknisillä ratkaisuilla. Niillä voidaan vaikuttaa joko vikojen määrän vähenemiseen tai vikojen vaikutusten pienemiseen.

Vikojen määrään voidaan vaikuttaa muun muassa seuraavilla teknisillä ratkaisuilla:

- Kaapelointi
- 1000 V verkko
- Maasulkuvirran kompensointi
- PAS-johdot
- Tien varteen rakentaminen

Asiakkaiden kokemien vikojen määrään ja kestoon voidaan vaikuttaa seuraavilla ratkaisuilla:

- Kauko-ohjattavat erotinasemat
- Vianilmaisimet
- Vian laskennallinen paikantaminen
- Varayhteydet (omat ja naapuriverkkoyhtiöt)
- Varavoima
- Tienvarteen rakentaminen

Käyttö- ja kunnossapitotoiminnassa oikea-aikaisella ja oikein optimoidulla kunnossapitotoiminnoilla voidaan myös vaikuttaa merkittävästi vikojen määrään ja kunnossapitokustannuksiin sekä asiakkaiden kokemaan keskeytysaikaan.(Tompuri 2010)

3.1 Kaapelointi

KSS Verkon 20 kV keskijänniteverkko (kj-verkko) on toteutettu maakaapeleita käyttäen lähinnä taajamissa. Haja-asutusalueilla maakaapelia on käytetty kj-verkossa erittäin vähän. Kaapelin käyttöä rajoittavat sen suuret rakennuskustannukset, koska maakaapeliverkot joudutaan varustamaan rengasyhteyksillä. Kaapeliverkon muunneltavuus on myös hankalampaa ja kalliimpaa kuin avojohtoverkon. Maakaapeliverkon suunnittelussa on otettava huomioon niiden maasulkuvirtoja kasvattava vaikutus, mikä voi aiheuttaa ongelmia riittävien maadoitusten toteuttamisessa.

Kaapeliverkon luotettavuus on selkeästi avojohtoverkkoa parempi. Kaapeliverkon vikataajuus on noin 20–50 % avojohtoverkkojen vikataajuudesta. Sääilmiöt, kuten

myrskyt ja lumikuormat, eivät aiheuta keskeytyksiä kaapeliverkkoon. Kaapeliverkon ylläpitokustannukset ovat merkittävästi pienemmät kuin avojohtoverkon, kallista johdotkadun raivausta ei tarvita. Maankäyttö- ja ympäristöseikat puoltavat maakaapelin käyttöä. Eniten kehitettävää on kaapelointitekniikassa. Kaapeloinnissa käytetään nykyisin jonkin verran kaapelin aurausta, etenkin pienjännite kaapeleille. Aurausta on alettu hyödyntämään myös kj-verkossa. Kaapeloitaessa verkko, on järkevintä käyttää puisto- ja satelliittimuuntamoita. Nykyisin kaapeliverkkoon on kehitetty laajamittaiseen käyttöön maaseudulle soveltuvia yksinkertaisempia ja edullisempia muuntamoraatkaisuja ja auraukseen soveltuvia kovemman vaipan omaavia maakaapeleita.

Kaapelin valmistajat ovat kehittäneet myös ns. monikäyttökaapeleita, joita voidaan asentaa maan ja vesistöjen lisäksi myös pylväisiin. Tällaisen sovelluksen etuja on pieni tilantarve ja avojohtoa huomattavasti parempi luotettavuus ja samalla säästytään ylimääräisten päätteiden ja jatkosten teolta.



Kuva 1. PAS-johdosta lähtevä multikaapeli pylväsasennuksena ilmassa.

3.2 Kevytsähköasema

Sähkönjakelun luotettavuutta voidaan parantaa nopeasti yksittäisellä investoinnilla jakamalla yhtenäinen syöttöalue pienempiin osiin, jolloin kj-verkon vikojen vaikutus-

alue ja samalla keskeytyksen kokevien asiakkaiden määrä pienenee. Vaikka kevytrakenteinen sähköasema on normaalia sähköasemaa huomattavasti edullisempi, suuri rakentamiskustannus rajoittaa edelleen sen käyttöä. Lisäksi täytyy muistaa että pien-sähköasemaa suunniteltaessa tarvitsee huomioida mahdolliset voimajohdon rakentamiskustannukset tai olemassa olevan johdon liittymisehdot.

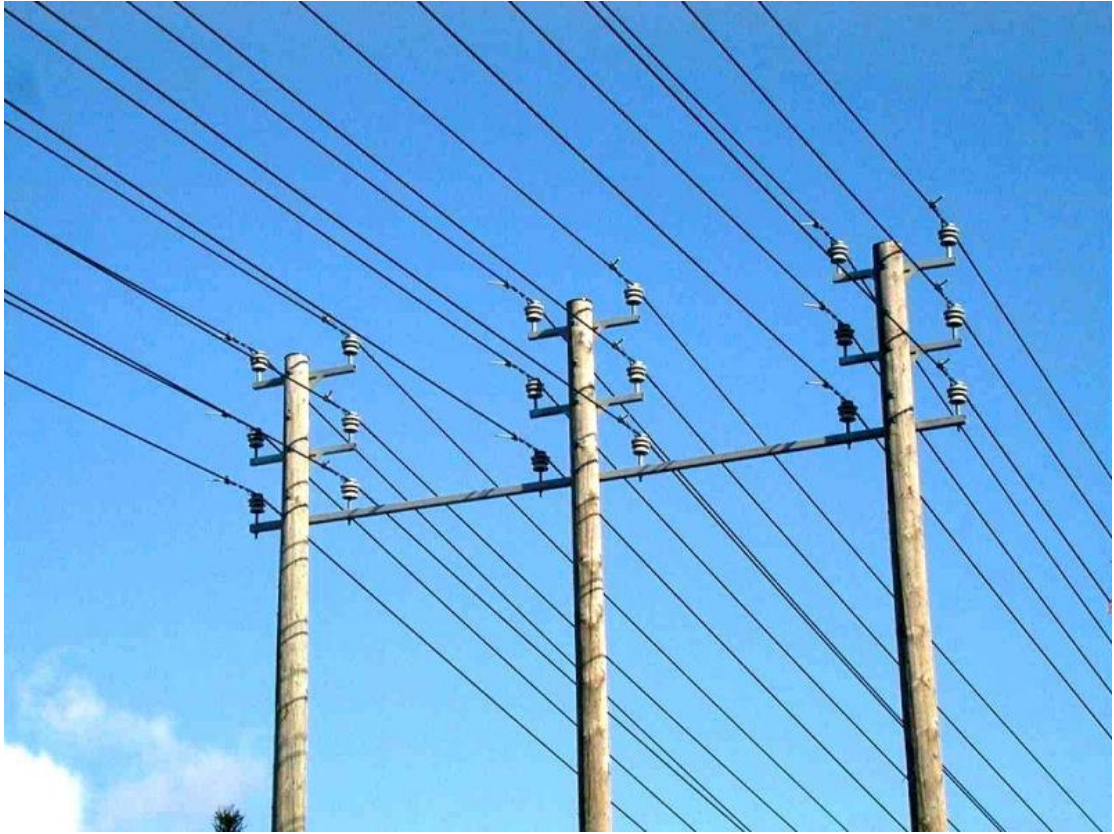
3.3 1000 V sähköjakelu

1000 V pienjännitejakelu on yksi lupaavimmista uusista tekniikoista, joilla voidaan parantaa sähköjakelun luotettavuutta. Suurin osa asiakkaan kokemista sähköjakelun keskeytyksistä aiheutuu kj-verkossa tapahtuvista vioista. Kj-verkossa tapahtuva vika aiheuttaa keskeytyksen kaikille saman johtolähdön asiakkaille. Jokainen jännitetaso muodostaa oman suojausalueensa, joten lisäämällä 1000 V jännitetaso, voidaan pienentää yhtenäisiä syöttöalueita. Samalla myös vikojen vaikutusalue pienenee.

Tällä hetkellä KSS Verkolla on kaksi 1000 V pilottikohdetta koekäytössä ja järjestelmää ollaan laajentamassa vuonna 2012 - 2013 usealla kohteella.

3.4 PAS

Päällystettyä avojohtoa (PAS) on käytetty korvaamaan perinteistä kj-avojohtoa. PAS-johtimien pinnalla on kevyt ja yksinkertainen eristysrakenne, joka estää läpilyöntien syntymisen johtimien osuessa hetkellisesti toisiinsa. Myös johdon päälle kaatuneet puut voivat nojata johdinta vasten useita päiviä sähköjakelun keskeytymättä. Eristysrakenne mahdollistaa avojohtoa kapeamman johtokadun. PAS-johtojen tilansäästö korostuu etenkin kaksois- ja kolmoisjohdoilla. PAS-johtojen käyttövarmuus on perinteistä avojohtorakennetta parempi mutta rakentamiskustannukset ovat noin 30 % avojohtojen vastaavia suuremmat.



Kuva 2. Kuusi PAS-johtolähtöä kapealalla johtokadulla

PAS-johtojen vikojen korjaus on eristyksen vuoksi avojohtoa hitaampaa ja kalliimpaa. Lisäksi eristyksen vaurioita on hankala havaita. Näin ollen ylläpito- ja viankorjauskustannukset ovat suuremmat kuin avojohdolla. (Rantio 2012)

3.5 Tien varteen rakentaminen

Uudet ilmajohdot pyritään mahdollisuuksien mukaan rakentamaan teidenvarsille käyttövarmuuden parantamiseksi. Myös johtojen kunnossapito sekä vikojen havainnointi ja korjaus on helpompaa teidenvarsilla sijaitsevilla johdoilla. Kokemusten perusteella voidaan sanoa, että johtojen siirto teidenvarsiin vähentää vikojen määrän lähes puoleen kyseisellä linjaosuudella. Vielä parempaan tulokseen päästään käyttämällä PAS-johtoa teidenvarsilla. Nykyisin on entistä vaikeampaa saada maankäyttösopimuksia uusille metsiin sijoitettaville keskijännitejohdoille. Usein uusien verkon osien rakentaminen viivästyy hankalien lupa-asioiden vuoksi. Johdon sijoittaminen tien varteen on nykyisin hyväksyttävämpää kuin esimerkiksi metsän hakkaaminen uuden linjan tieltä. Tienvarteen rakennettaessa on toinen puoli johtokadusta jo valmiina, joten maankäyttökustannukset ovat pienemmät kuin kokonaan metsään rakennettaessa. (Kokkonen 2011)

3.6 Maastokatkaisija

Vikojen vaikutusalueita voidaan pienentää kj-johdoille pylväisiin asennettavien suoja-reileillä varustettujen kauko-ohjattujen pylväskatkaisijoiden tai koppiin sijoitettujen katkaisija-asemien avulla. Katkaisijoiden käytöllä asiakkaan kokemat keskeytysten määrä ja keskeytysajat pienenevät. Paras hyöty katkaisijoilla saadaan kun pitkässä johtolähdössä vikoja esiintyy usein johtolähdön loppupäässä katkaisijan takana ja suurin kulutus on pylväskatkaisijan sähköaseman puolella. Tällöin katkaisijan etupuolella olevat asiakkaat eivät koe keskeytystä. Kustannuksissa voidaan säästää, jos katkaisija sijoitetaan jo olemassa olevan kauko-ohjatun erotinaseman yhteyteen, jolloin esimerkiksi ohjaukseen käytettävä ala-asema on olemassa. Katkaisija-asema toimii samalla periaatteella kuin edellä mainittu pylväskatkaisijakin mutta se soveltuu asennettavaksi paremmin verkon tärkeisiin solmukohtiin, joissa on järkevää käyttää suojausta mo-
neen suuntaan. (Kuusisto 2010)

3.7 Kauko-ohjattava erotinasema

Kauko-ohjatuilla erotinasemilla voidaan lyhentää asiakkaan kokemia keskeytysaikoja. Keskeytysten määrään erotinasemilla ei ole vähentävää vaikutusta. Kauko-ohjattavilla erottimilla kytkentäajat ovat muutamia minuutteja kun taas käsin ohjattavilla erottimilla kytkemiseen kuluu yleensä kymmeniä minuutteja. Kauko-ohjatuilla erottimilla saadaan yleensä vian vaikutusalue rajattua murto-osaan alkutilanteesta.

3.8 Varayhteydet

Muuttamalla säteittäinen verkko rakenteeltaan rengasmaiseksi voidaan parantaa merkittävästi verkon käyttövarmuutta. Kaupunkien maakaapeliverkot on rakennettu tähänkin asti rengasmaisiksi suurempien luotettavuusvaatimusten sekä kaapeliverkon hitaamman viankorjauksen vuoksi. Myös ilmajohtoverkossa on varayhteyksiä rakennettu lähtöjen välille tärkeimmissä kohdissa. Varayhteyksiä voisi olla verkon suorituskyvyn kannalta enemmänkin. Varayhteyksien rakentaminen ei kuitenkaan ole kaikissa tilanteissa taloudellista pitkien etäisyyksien vuoksi. Yhteyksien rakentaminen kannattaakin keskittää sellaisiin kohteisiin, jotka ovat strategisesti tärkeitä ja etäisyydet ovat suhteellisen lyhyitä. (Eskelinen 2008)

3.9 Verkostoautomaatio

Verkon käyttövarmuutta voidaan parantaa käytöntukijärjestelmän ominaisuuksia hyödyntämällä. Käytöntukijärjestelmän vianpaikannustoimintojen avulla voidaan merkittävästi nopeuttaa vikojen etsintää ja korjausta. Toimiva vianpaikannus edellyttää, että sähköasemien releet ovat nykyaikaisia, jotka pystyvät mittaamaan ja taltioimaan vikavirtojen suuruudet sekä lähettämään tarvittavan informaation käytöntukijärjestelmälle. Automaattisella vianerotuksella vian vaikutusalue saadaan rajoitettua kauko-ohjattavien erotinasemien väliin.

Automaatio käynnistyy automaattisesti releen havaittua vian ja rajaa vika-alueen koe-kytkentöjä tekemällä samaan tapaan, kuten käyttöhenkilökin tekisi. Tämä nopeuttaa vian vaikutusalueen rajausta selvästi etenkin työajan ulkopuolella olevissa vioissa. Käytöntukijärjestelmän laskentaominaisuuksilla voidaan määrittää häiriötilanteissa varayhteyksien käyttömahdollisuudet siten, että sähkön laadulle ja suojaukselle asetetut vaatimukset täyttyvät. Laskentaominaisuuksilla voidaan optimoida verkon suorituskyky. (Eskelinen 2008)

3.10 Maasulkuvirran sammutus

Sähkön laatuvaatimusten yhä kiristyessä, sekä maasulkuvirran kasvaessa kaapeloinnin myötä, maasulkuvirran kompensointi on noussut ajankohtaiseksi asiaksi monessa sähköyhtiössä. Keskijänniteverkossa avojohtoverkkojen yleisin vikaryhmä ovat maasulut, joista noin 90% on ohimeneviä vikoja, joihin liittyy valokaari. Ohimenevät viat selvitetään yleensä jälleenkytkentöjen avulla. Kompensoidussa verkossa valokaari sammuu itsestään ja näin ollen sähkön laatu paranee merkittävästi. Jälleenkytkentöjen vähentyminen pienentää myös katkaisijoiden rasitusta. Kompensoinnin myötä vikapaikkaan menevä maasulkuvirta pienenee murto-osaan maasta erotettuun verkkoon nähden. Vikavirran pieneneminen parantaa henkilöturvallisuutta, sekä mahdollistaa säästöjä maadoituskustannuksissa. Myös muille laitteille aiheutuvat häiriöt vähenevät. Maasulkuvirran kompensoinnissa sähköasemalle asennetaan reaktori kj-verkon tähtipisteen ja maan väliin. Kelan induktanssi mitoitetaan siten, että sen kautta kulkeva induktiivinen vikavirta vastaa johtokapasitanssien kautta kulkevaa kapasitiivista maasulkuvirtaa. Näin ollen maadoitusjännitettä aiheuttava kokonaismaasulkuvirta pienenee kapasitiivisen ja induktiivisen virran kumotessa toisensa. Vaihtoehtoisena tapana on

käyttää hajautettua kompensointia, jossa maadoitusmuuntajia asennetaan hajautetusti kj-johtolähdöille. (Autio 2011)



Kuva 3. Kompensontilaitteen asennusta sähköasemalla

3.11 Uudet, kehitysasteella olevat tekniikat

3.11.1 Tehoelektroniikka

Tehoelektroniikan hyödyntäminen saattaa olla seuraava merkittävä kehitysaskel sähköjakeluverkkojen kehityksessä. Pienjännitteen käytönrajat ovat vaihtojännitteellä 1000 V ja tasajännitteellä +/- 1500 V. Viime vuosina pienjännitteellä on käytetty ainoastaan vaihtosähköä, mutta komponenttien laadun ja ominaisuuksien parantuminen sekä hintojen aleneminen mahdollistavat myös tasasähkönsiirron. (Tompuri 2010)

3.12 Älykkäät sähköverkot

3.12.1 Microgrid

Microgridillä tarkoitetaan itsenäiseen saarekekäyttöön pystyvää paikallista tuotantoa ja kulutusta sisältävää pienjänniteverkon osaa, jossa on ainakin yksi energiavarasto. Käsite on lähtöisin Yhdysvalloista, jossa on kehitetty erilaisia ratkaisuja sähkönjake-

lun luotettavuuden parantamiseksi. Viime aikoina myös Euroopassa on alettu tutkia menetelmän käyttökelpoisuutta. Microgridin uskotaan parantavan energiatehokkuutta, pienentävän energian kokonaiskulutusta, vähentävän energiantuotannon ympäristövaikutuksia sekä parantavan sähkönjakelun luotettavuutta ja parantavan verkon kustannusrakennetta. Microgrid-verkkojen potentiaalia rajoittaa nykyisin se, että pientuotantoa on vielä hyvin vähän. Microgridissä yksittäinen pienjänniteverkko kytkeytyy tai kytketään vian aikana irti verkosta, jolloin se toimii itsenäisenä saarekkeena. Vian poistuttua se voidaan taas liittää tahdistetusti takaisin muuhun jakeluverkkoon. Microgrid-verkko voidaan toteuttaa joko vaihto- tai tasajännitteisenä. (Tompuri 2010)

3.12.2 Smart Grid

Smart Grid pystyy älykkäästi integroimaan kaikki siihen kytkeytyneet käyttäjät: sähkön tuottajat, verkkoyhtiöt, asiakkaat ja ne, jotka sekä tuottavat että käyttävät sähköä. Palveluntuottajat kehittävät aktiivisesti verkkotietojärjestelmiänsä, joiden avulla voidaan hallita älykkäitä sähköverkoja ja hyödyntää niistä saatuja tietoja sähköverkkojen hallinnassa. Kehitysprojektit kohdistuvat sähkön hallinnan, käytön, talouden ja laadun parantamiseen. (Tompuri 2010)

3.13 AMR/AMM

Kaukoluettavat mittarit mahdollistavat pienjänniteverkon valvonnan ja tuovat myös lisämahdollisuuksia kj-verkon vikojen tunnistamiseen. Nykyisin pj-verkon viat ilmenevät lähinnä asiakkaiden ilmoitusten perusteella. Kaukoluettavat mittarit mahdollistavat pj-verkon vikojen nopean havaitsemisen, jolloin asiakkaiden kokema keskeytysaika jää lyhyemmäksi. Kaukoluettavat mittarit pystyvät sopivilla algoritmeilla tunnistamaan myös esimerkiksi kj-johdinten katkeamisen, jota sähköasemalla oleva kj-verkon suojaus ei välttämättä havaitse. AMM:n avulla myös pj-verkon vikojen raportointi ja tilastointi helpottuvat. AMM mahdollistaa myös helpomman jännitteenlaadun valvonnan pj-verkoissa. Sähkömarkkinalain mukaan 80% kuluttajista on oltava AMM:n piirissä vuoden 2014 alkuun mennessä.

AMM:n täysimittainen hyödyntäminen tuo haasteita tietojärjestelmille sekä käytettävälle tietoliikenneyhteyksille, sillä siirrettävän datan määrä kasvaa huomattavasti. Verkkoyhtiöiden on tehtävä ratkaisu käsitelläänkö data itse omilla laitteilla, leasing-laitteilla vai ostetaanko koko palvelu palveluntuottajalta.

4 TOIMENPITEET ASETETTUIHIN TAVOITTEISIIN PÄÄSEMISEKSI

Tässä kappaleessa tarkastellaan niitä toimenpiteitä millä strategiaan määritetty 0,30 min/a keskeytysaika tavoite saavutetaan 2020 mennessä. Jokaisen rakennustavan valintaa ohjaavat elinkaarikustannus laskelmat. Elinkaarikustannukset koostuvat rakennuskustannuksesta korkoineen, elinkaaren aikana suoritettavasta huollosta, keskeytyksistä aiheutuvasta haitasta (KAH-kustannus), vakiokorvauksista ja verkostohäviöstä.

Toiminnan kehitystä varten tulee luoda mittarit. Mitattavia asioita ovat kaapelointias-teen lisääminen, Kaukokäytettävien erottimien ja katkaisijoiden lisääminen ja pitkän-tähtäimensuunnitelman toteutuminen. Taloudellisuutta voidaan mitata seuraamalla yksikköhintojen kehitystä suhteessa rakentamiskustannuksiin.

Regulaattori määrää verkkoyhtiöitä korvaamaan sähkönjakelukeskeytyksistä aiheutu- neen haitan kuluttajille ns. vakiokorvauksilla. Tämä pakottaa verkonhaltijat tehosta- maan toimintaansa ja panostamaan sähkön laatuun ja -jakelun varmuuteen. Elinkaari- kustannukset saattavat muuttua ratkaisevasti jos KAH-kustannukset moninkertaiste- taan virkamiespäätöksellä.

Taulukko 1. Vakiokorvausten määrittely

Keskeytysaika	Hyvitys verkkopalvelumaksusta
Vähintään 12h	10 %
Vähintään 24h	25 %
Vähintään 72h	50 %
Vähintään 120h	100 %

Enimmillään vakiokorvauksia maksetaan kuitenkin 700 € sähkökäyttäjää kohden.

4.1 Kaapelointi

Kaapelointi astetta tullaan lisäämään voimakkaasti. 20 kV kaapelointia laajennetaan taajamista haja-asutusalueelle. Taajamissa on vielä runsaasti ilmajohtoja. Varsinkin taajamakatujen saneerauksen yhteydessä tarkastellaan aina mahdollisuutta kulkea 20 kV kaapelilla katukaivannossa. Maaseudulla voidaan hyödyntää vesiosuuskuntien pumppaamo ja siirtoviemärihankkeita. Pj-kaapelointia laajennetaan niin, että muunto- piirit kaapeloidaan aina kun se on maastollisesti mahdollista. Haetaan aktiivisesti koh- teita joissa päästään hyödyntämään yhteiskaivuita muun rakennettavan infran kanssa.

Haetaan aktiivisesti uusia kumppaneita kehittämään kaapelivarusteita, muuntamoratkaisuja ja kaapelointitekniikkaa. Pyritään käyttämään kaapelinaurausta aina kun se on maastollisesti mahdollista. Haetaan aktiivisesti uusia maanrakentajia yhteistyöhön ja pitkäaikaisilla sopimuksilla varmistetaan ja sitoutetaan heidät toiminnan kehittämiseen työn ohessa.

4.1.1 Kaapelin kaivaminen

Kaapelointi on suurelta osaltaan maansiirtotyötä. Noin puolet kustannuksista tulee työn osuudesta kaivettaessa kaapeli perinteisesti maahan. Kaupunkitaajamissa, missä on runsaasti jo entuudestaan kunnallistekniikkaa maassa, kaivaminen on lähes ainoa vaihtoehto. Samoin kaivaminen on edullista silloin, kun ojaan tulee useita kaapeleita. Maasto voi olla sellaista, ettei kaapelia uskalla asentaa kuin kaivamalla maahan.



Kuva 4. Kaapelioja kaivamalla 40cm kauhalla vapaaaseen maahan.

4.1.2 Kaapelin auraus

Kaapeli voidaan asentaa auraamalla, jos maasto on soveliaista menetelmälle. Aurausta on edullista käyttää pelloilla ja teiden varsilla, kun verkon topologia on yksinkertai-

nen. Maansiirtokoneiden koon kasvaessa, saadaan yhä paksumpia kaapeleita aurattua kerralla maahan, tarvittaessa suoritetaan esiauraus. Esiaurauksessa vedetään viilto tyhjällä auralla maahan ennen varsinaista kaapelointia. Kaapeleita kehitetään myös kestämään aurauksen voimat ja aurauksen uraan jääneet kivet, käyttämällä kaapeleissa paksumpaa monikerroksista vaippaa. Maaseudulla pärjätään ohuemmillä kaapeleilla, jolloin lisäämällä kaapelin mekaanista lujuutta saadaan käyttövarmuutta asennukseen. Kehitystyö on nimetty Verkkovisio 2030-hankkeeksi ja sen rahoittaa Tekes. (Energia uutiset 2012, 27)

Nykyisin voidaan asentaa auraamalla jopa kolme kaapelia suojaputkineen samalla kertaa. Työhön tarvitaan vain kaksi kaivukonetta ja ohjaavilla akseleilla varustettu kaapelivaunu. Kaivukone auraa kaapeliojaa ja vetää samalla perässään erikoisvalmisteista kaapelivaunua, joka kuljettaa kaapelia ja suojaputkea.



Kuva 5. Kaapelin aurausta maantienlaitaan

4.1.3 Liikenneväylien ja arkojen luontokohteiden alitus

Tien alituksessa sen pintaan jää kaivamalla tehtyyn kaapelointiin ikävä arpi. Niinpä tiemestarit vaativatkin usein tien poikitusten tekemistä ns. tunkaamalla. Tunkkaukses-

sa putki hakataan paineilmavasaran avulla tien alitse. Tunkkausta kehittyneempi työmenetelmä on suuntaporaus.

Suuntaporaus on ollut jo vuosia mahdollista, mutta laitekehitys on ollut alalla huimaa. Suuntaporaus on nimensä mukaisesti maan alla tapahtuvaa ja ohjattavaa porausta. Sitä käytetään kohteissa, joissa kaivaminen on mahdotonta tai kaivamisen aiheuttamat liikennejärjestelyt tai jälkityöt aiheuttavat suuria kustannuksia. Porattuun reikään vedetään suojaputki, johon kaapeli asennetaan. Poraus voi olla jopa 500 metriä pitkä ja käydä 25 metriä syvällä. (Rakennustaito 2012)



Kuva 6. Suuntaporausta aran luontokohteen ali.

4.1.4 Kaapelointiaste

Asetettu keskeytysaikatavoite saavutetaan lähes varmasti kaapeloidulla verkolla pidemmällä aikavälillä. Kuitenkin on huomioitava, että vuoteen 2020 mennessä ei ole mahdollisuuksia kaapeloida kuin pieni osa koko jakeluverkosta. Haluttua keskeytysaikatasoa ei voida saavuttaa vuoteen 2020 mennessä pelkästään verkon kaapeloinnilla suuren investointi tarpeen vuoksi. (Tompuri 2010)

Nyrkkisääntönä on, että kaapeloidaan energiapainotteisesti 80%:a siirrettävästä energiasta jolloin vain 20%:n peitto koko keskijännitteen johtopituudesta tarvitsisi kaapeloida. Käytännössä tällä toimenpiteellä kaapelointiaste nousisi n.40%:iin, koska taaja-

mat kaapeloidaan muutoinkin. Ilmastonmuutos saattaa aiheuttaa sen että viranomaiset tulevat vaatimaan paljon suurempaa kaapelointiastetta.

4.2 Kevytsähköasema

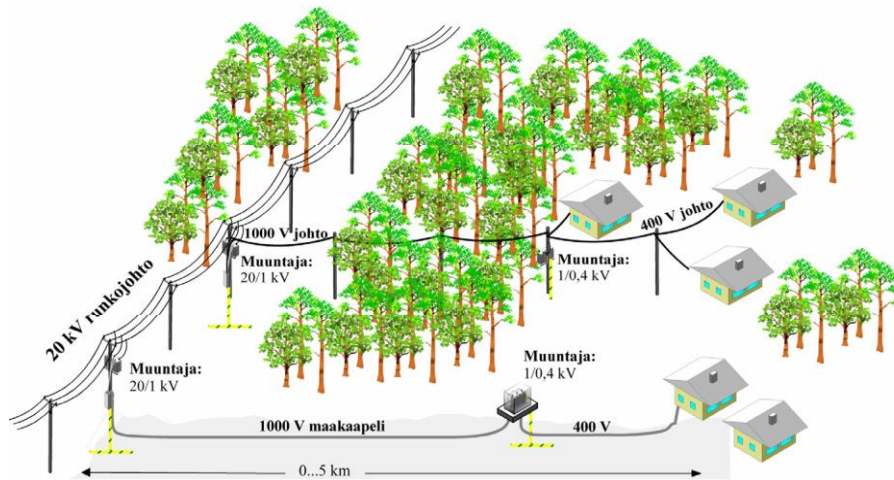
Alueelle tulevat isot, yli 3 MVA liittäjät arvioidaan aina myös tutkimalla kevytsähköasema vaihtoehto. Kevytsähköaseman hintojen laskettua voimakkaasti eivät kustannukset enää estä niin voimakkaasti hankkeen toteuttamista. Sähköaseman lisäys siirtää osan sähkönsiirrosta ylemmälle jänniteportaalalle, mikä aiheuttaa käyttövarmuuden paranemisen lisäksi myös keskijännitelähtöjen virtojen ja samalla häviöiden pienenemistä. Toisaalta on huomioitava, että päämuuntajassa syntyvät kuormitus- ja tyhjäkäyntihäviöt kumoavat osan kj-verkossa saavutettavista häviöiden pienenemisestä. Uuden kevyen sähköaseman rakentamiskustannukset ovat noin 700 k€. Kevyt sähköasema soveltuu kohteisiin, joissa siirrettävät tehot ovat alle 6MVA. (Nuutinen 2010)



Kuva 7. Kevytsähköasema

4.3 1000 V sähkönjakelu

1000 V tekniikalla korvataan osa pienitehoisista ja vikaherkistä 20 kV haarajohdoista. Ilmajohdoverkossa korvataan siirtoteholtaan alle 60 kW ja pituudeltaan 1-5 km olevat johdot. Maakaapeliverkossa 1000 V jännitetasolla rakennetaan alle 100 kW tehoiset, 1-5 km pitkät johtohaarat. Käyttämällä suurempaa jännitettä voidaan 400V siirtomatkoja pidentää kasvattamatta johdinpoikkipintoja. Näin ollen laajennetaan 400V verkkojen jakelualueita ja vältetään kalliit muuntopiirien jaot, jos muuntopiiriin liittyy uusia asiakkaita, tai sähkölaatu on heikko. Kohteissa, joissa sähkölaatu on heikko, hyödynnetään olevia rakenteita mahdollisuuksien mukaan nostamalla jännite 1000 V, ja suoritetaan tarpeelliset muutostyöt. Ympäristökäijät puoltavat 1000 V tekniikan käyttöä, koska leveitä johtokatuja ei tarvita. 1000 V verkot sopivat erityisen hyvin vapaa-ajanasuntoalueiden sähköistämiseen herkissä ranta- ja saaristomaisemissa. Pienjännitejohdosten rakentamiseen on myös helpompi saada luvat maanomistajilta. 1000V järjestelmää rakennetaan yleisperiaatteen mukaan ilmajohtona sekä maakaapelina.



Kuva 8. Johtorakenne 1000V (Eskelinen 2008)

4.4 PAS

Päällystetyllä avojohdolla rakennetaan suurin osa ilmajohtolla toteutettavista kohteista. PAS-johdot pyritään rakentamaan teiden varsille ja niille varataan 6 - 8 metrin johtokatu. Seurataan aktiivisesti päällystettyihin avojohdoin liittyvän tekniikan kehitystä ja valitaan ajanmukaiset toimivat PAS-ratkaisut. Kiinnitetään erityistä huomiota valokaarisuojaukseen ja värähtelyvaimennukseen johdinkatkeamisten estämiseksi.

4.5 Tien varteen rakentaminen

Kaikki ilmajohdot pyritään rakentamaan teiden varsille luotettavuuden, maankäytön ja kunnossapidon helpottamiseksi. Tienvarsilta metsiin lähtevät haarajohdot toteutetaan kuormituksen ja johtopituuden salliessa 1000V järjestelmällä. Kuntien ja yksityistaiden osalta asiat tuntuvat toimivan kohtuullisesti. Aktiivisella yhteydenpidolla ELY-keskuksen suuntaan varmistamme lupakäytännön toimivuuden myös valta- ja maanteiden varsille. On tärkeää, että toimitaan aktiivisesti ja ELY-keskukselle lähetetään perusteltuja hakemuksia johtojen ja maakaapeleiden sijoittamisesta. Ilmajohdoilla käytettävien pylväiden kyllästämiseen käytettävien aineiden rajoittaminen EU:n taholta luo lisää epävarmuustekijöitä ilmajohtorakentamiselle. Ilmajohdo on aina suurempi riski ympäristölle päivittäisessä toiminnassa, kun maakaapeli. Kaapelin vaarat ovat huolimattomassa maansiirto ja -parannustyössä, kun kaivaja ei ota kaapelinnäyttöä, ja kaivaa, paaluttaa tai räjäyttää, olettaen maan olevan vapaa kaapeleista. Ilmajohdolla tyypillisiä vaaratilanteita ovat puun kaatuminen sähköjohdolle ja työkonene ajautuminen liian lähelle johtoa sekä liikenneonnettomuudessa kaatuneet pylväät.

4.6 Maastokatkaisijat

Verkostolaskelmilla optimoidaan verkkokatkaisijoiden paikat. Investointiesitykset kirjataan pitkän tähtäimen suunnitelmaan. Pylväskatkaisijoita pyritään sijoittamaan verkostolaskelmien mukaisesti tai olevien kauko-ohjattujen erottimien paikoille. Tällä hetkellä pylväskatkaisijan ja siihen tarvittavan suojareleistyksen investointikustannukset ovat n. 25 000 €. Katkaisija-asetat sijoitetaan kaapeliliityntänsä vuoksi pohjavesialueille, jossa joudutaan muutenkin käyttämään maaseutumuuntamoita. Katkaisija-asetat soveltuvat myös hyvin verkon tärkeisiin solmukohtiin, joissa on järkevää käyttää suojausta moneen suuntaan. Viime vuosina kehitetty nykyaikainen katkaisija-asetta on rakenteeltaan kompakti, noin puistomuuntamon kokoinen.



Kuva 9. Pylväskatkaisija Iitin Kömmistössä.

Verkkokatkaisijoiden ja kauko-ohjattavien erottimien lisäys parantaa sähkönjakelun luotettavuutta melko pienillä investoinneilla. Näin ollen vuosittainen keskeytysajan tavoitetaso voidaan saavuttaa lyhyessä ajassa. On kuitenkin huomioitava, että suojauksen lisääminen ei vähennä vikojen lukumäärää. Verkon kunnossapitotoiminnalla on siis suuri merkitys luotettavuuden ylläpitämisessä. Lisäksi mahdolliset sääilmiöt voivat aiheuttaa laajoja pitkäkestoisia sähkönjakelun keskeytyksiä.

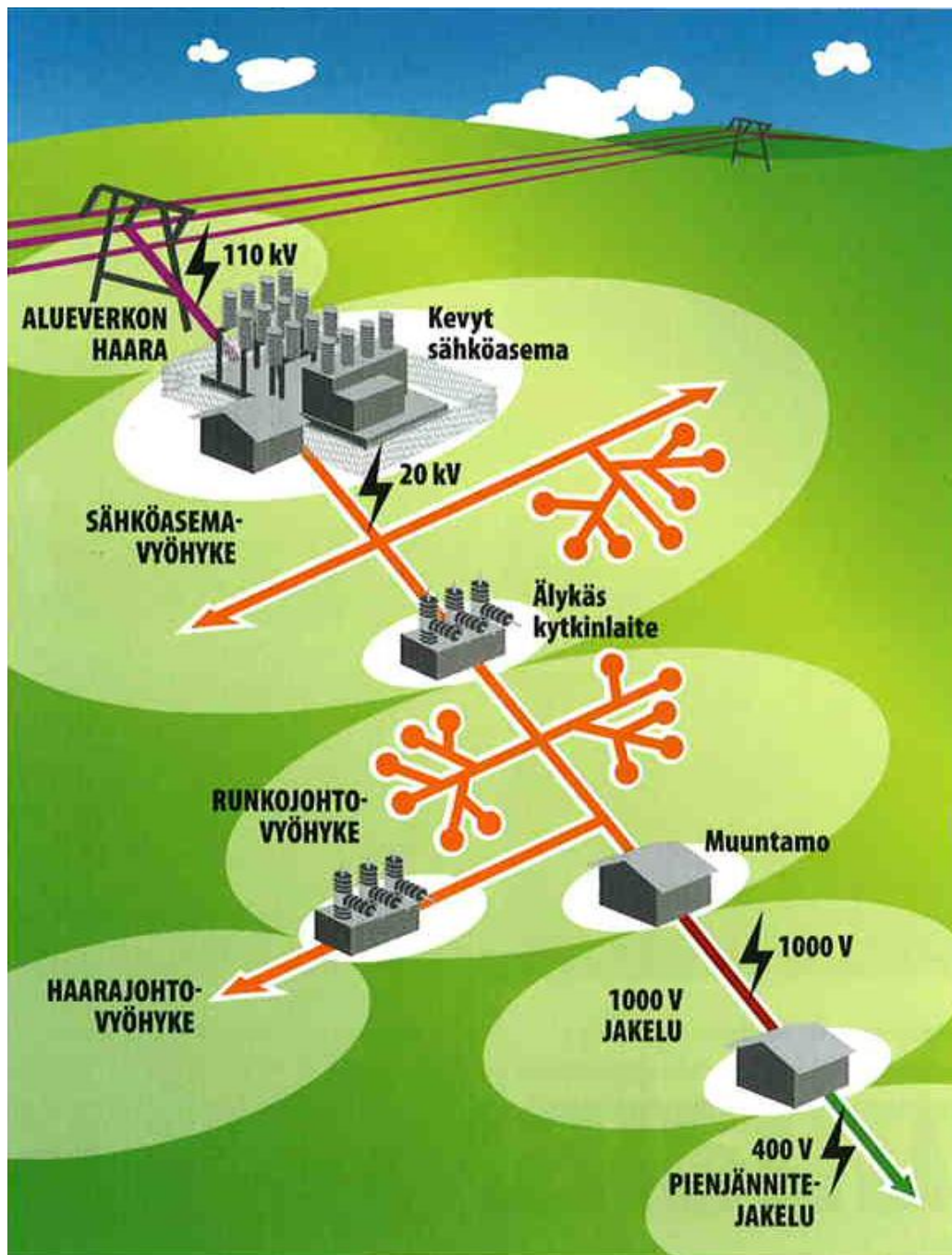
4.7 Kauko-ohjattava erotinasema

Kauko-ohjatuilla erotinasemilla voidaan lyhentää asiakkaan kokemia keskeytysaikoja. Pylväskatkaisijoiden hintakehitys ja viranomaisen valvoma keskeytyksen aiheuttaman haitan kustannus (KAH-kustannus) näyttää suunnan sille, kannattaako uusia kauko-ohjattavia erottimia käyttää muualla kuin verkon jakorajoilla. Kauko-ohjatun erotinaseman rakenteeseen kuuluu erotinyksikkö, ohjausvarsi, moottoroitu jousi, ohjaus-elektroniikka, radio-osa ja antenni. Tavallisesti erotinasemalla on 2-4 kauko-ohjattua erotinta. Kahden erottimen kauko-ohjattu erotinasema maksaa n. 16 000 € ja 3-4 erottimen n. 40 000 €.

4.8 Runkojohtojen kaapelointi sekä johtohaarojen erottaminen

Runkojohtojen kaapelointi sekä katkaisijoiden ja kauko-ohjattavien erottimien lisääminen on kahden ylempänä esitellyn menetelmän yhdistelmä, jossa runkojohdot on kaapeloitu ja haarajohdot on erotettu kauko-ohjattavilla erottimilla ja katkaisijoilla. Runkojohtojen kaapelointi sekä katkaisijoiden ja erottimien lisäys lisää merkittävästi verkon jälleenhankinta-arvoa ja investointitasoa. Tällaisella verkkomallilla, jossa verkko kaapeloidaan ja jaetaan vyöhykkeisiin, saavutetaan hyvä taso verkon luotettavuudessa. Keskeytysajan tavoitetaso voidaan saavuttaa melko lyhyelläkin aikavälillä sijoittamalla verkkokatkaisijoita rajaamaan vikaherkimmät johtohaarat. Kaapeloimalla suuritehoiset runkojohdot, voidaan parantaa sähkönjakelun luotettavuutta merkittävästi. Runkojohtojen kaapelointi vähentää lisäksi raivauskustannuksia. (Tompuri 2011)

Vyöhykeajattelulla häiriöiden vaikutus alue rajautuu merkittävästi. Älykkäät releet huolehtivat siitä, että verkko on toiminnallisesti harmonisoitu.



Kuva 10. Vyöhykesuojauksen periaate. (Kuusisto 2010)

4.9 Varayhteydet

Varayhteyksillä voidaan parantaa merkittävästi verkon käyttövarmuutta. Kaupunkien 20 kV maakaapeliverkot rakennetaan aina rengasverkoiksi, vain poikkeus tapauksissa syötettävä muuntamo voi jäädä yhden syötön perään.

Myös ilmajohtoverkossa varayhteyksiä rakennetaan lähtöjen välille tärkeimmissä kohdissa. Yhteyksien rakentaminen kannattaakin keskittää sellaisiin kohteisiin, jotka ovat

strategisesti tärkeitä ja etäisyydet ovat suhteellisen lyhyitä. Varayhteyksiä ylläpidetään ja tarvittaessa lisätään naapuriverkkoyhtiöiden kanssa. Uudet varayhteydet kannattaa varustaa kauko-ohjatuilla erottimilla, jolloin sähkönjakelu voidaan palauttaa vikatilanteissa nopeasti suurelle osalle asiakkaista.

4.10 Verkostoautomaatio

Verkon käyttövarmuus taataan käytöntukijärjestelmän ominaisuuksia hyödyntämällä hankkimalla sähköasemille järjestelmää tukevat suojareleet. Käytöntukijärjestelmää päivitetään jatkuvasti ja se uusitaan tarvittaessa. Suojaus ja verkostoautomaatio on aivan uusien haasteiden edessä pientuotannon lisääntyessä ja siirryttäessä smart grid tyyppisiin verkkoihin.

4.11 Maasulkuvirran sammutus

KSS:n jakeluverkossa on käytössä maasulun sammutuslaitteistot Valkealan, Kuusamanlammen ja Pilkanmaan sähköasemilla. Tavoitteena on ottaa sammutus käyttöön koko verkossa. Muut kuusi sähköasemaa varustetaan sammutuslaittein v.2019 loppuun mennessä. Aikataulutusta päivitetään pitkän tähtäimen suunnitelmassa. Seurataan aktiivisesti maasulkulaitteistoihin liittyvien tekniikoiden kehittymistä ja arvioidaan tarjolla olevia ratkaisuja.

4.12 Jännitetyöt

Jännitetyöt pienjännitteellä ovat arkipäivää mutta keskijännitteellä KSS ei ole toistaiseksi jännitetöitä tehnyt, vaan se on kiellettyä. Yksi työryhmä tulee välittömästi kouluttaa 20 kV jännitetöihin ja tulee kirjata työohjeet milloin menetelmää voidaan soveltaa.

4.13 Varavoima

Sairaalat, isot virastot ja puolustusvoimat ovat varustautuneet isohkoin varavoimalaittein. Pidetään yllä merkittäviä varavoimalaitteita omistavien tahojen kanssa ja sovietaan niiden käytöstä kriisitilanteiden varalle. Kehotetaan isoja liittyjiä rakentamaan siirrettävän varavoiman liittymispiste helposti lähestyttävään paikkaan, jotta tarvittaessa pysytään kytkemään dieselgeneraattori liittyjä sähkönsyöttöön turvallisesti.



Kuva 11. Varavoimalaitteita

4.14 AMR/AMM

Kaukoluettavat mittarit ovat KSS Verkolla arkipäivää. Vuoden 2012 Elokuussa verkossa on n. 22 000 mittaria ja vuoden 2013 lopussa verkossa on n.40000 mittaria, 80% käyttöpaikoista. Mittareiden ominaisuuksien tuomia mahdollisuuksia kehitetään hankittavan mittaustietojärjestelmän avulla. Lisäksi kehitetään verkkotietojärjestelmää käyttämään hyväksi mittareilta saatava dataa. Verkon kuormituskäyrien laskenta tarkentuu huomattavasti, kun se suoritetaan lähes reaaliaikaisella mittaustiedolla. Mittaustietojärjestelmän tietoja voidaan jakaa asiakkaalle internetin kautta. Asiakas voi seurata kulutustaan ja muokata käyttötottumuksiaan energiaa säästävään suuntaan, käyttämällä hyödyksi verkkoyhtiön luomia uusia palveluita.

4.15 Uudet, kehitysasteella olevat tekniikat

4.15.1 Tasahköjaku

LUT ja R4-verkkoyhtiöt tutkivat tasasähkön soveltumista sähkönjakeluun. Tasasähkönsiirrolla voidaan käyttää pienjännitedirektiivin mukaisesti suurempaa jännitettä. Näin ollen tasajännitteellä voidaan siirtää suurempia tehoja vaihtojännitteeseen verrattuna. Tasasähkönsiirtoa voidaankin pitää vaihtoehtoisena ratkaisuna jo käytössä ollelle 1000 V vaihtojännitejaketulle. Tasasähkönsiirrolla voitaisiin korvata suuri osa kj-verkon haarajohdoista. Jos tasasähköyhteyden alkupää varustetaan johdonsuojakat-

kaisijalla, se muodostaa oman suojausalueensa, mikä parantaa sähkönjakelujärjestelmän käyttövarmuutta. Tasasähkön siirrolla voitaisiin myös parantaa loppukäyttäjien kokemia jännitteenlaatuongelmia, sillä vaihtosuuntaajalla voidaan tuottaa asiakkaan tarvitseman vaihtojännitteen huomattavasti nimellisjännitettä pienemmästä tasajännitteestä. Tasasähkö mahdollistaa myös hajautetun sähköntuotannon helpohkon liitettävyyden pienjänniteverkkoon. (Eskelinen 2008)

Keskikokoisena yhtiönä KSS Verkko ei ole ensimmäisenä lanseeraamassa tasasähkökäyttöjä.

4.15.2 Smart grid

Smart gridin kehitystä seurataan tarkasti. Yhtiöön on palkattu kehitysinsinööri, joka seuraa tiiviisti tekniikan kehittymistä käymällä alan konferensseissa ja verkottautumalla kehitysasioita lähellä oleviin yhteisöihin. Olemme yhteydessä alan korkeakouluihin saadaksemme tietoa uusista tekniikoista. Ajan ollessa kypsä, teetetään tarvittaessa diplomityö aiheesta.

4.15.3 Pientuotannon liittäminen verkkoon

Uusia haasteita verkkoyhtiöille tuovat yksityistalouksien ja yritysten pientuotannon liittäminen sähköverkkoon. Sähkömarkkinalain mukaisesti pientuotannon verkkoon liittämisestä helpotetaan siten, että nimellisteholtaan alle 2 MVA tuotantolaitteiston liittämistä veloitetaan ainoastaan liittämisestä aiheutuvien välittömien kustannusten perusteella. Yli 2 MVA tuotantolaitteiston liittymismaksu määräytyy kulutuksen liittymismaksuhinnaston mukaisesti. Pientuotannon muotoja ovat: Tuulivoima, vesivoima, polttolaitokset puutähteillä ja kaasutus sekä biolaitokset. Lähtökohtana tuotantolaitoksen verkkoon liittämiseksi on varmistaa käyttöturvallisuus kaikissa tilanteissa. Tuotantolaitoksen liittämiseksi on ilmoitettava hyvissä ajoin riippumatta siitä, aiotaanko tuotantolaitteisto liittää uuteen liittymään vai olemassa olevaan kulutuksen liittymään, pelkona on että verkossa on laitteita jotka eivät täytä käyttöturvallisuuden vaatimia ominaisuuksia ja syntyy vaaratilanteita ja hallitsemattomia saarekekäyttöjä. Verkkoyhtiöt suosittelvatkin pienien laitosten käyttämistä sähköverkosta erillään, tällaisia ovat esimerkiksi suoraan lämpövastukseen kytketty tai akkuihin latausvirtaa tuottava laitteisto. Suuremmissa laitteissa verkonhaltija määrittelee vaadittavat toiminnallisuudet ja sähkötekniset suojaukset verkkoon liittämisen mahdollistamiseksi. Suojaukset

on suunniteltava yhdessä laitteistovalmistajan kanssa siten, että vaatimukset täyttyvät. Ennen laitteiston käyttöönottoa vaaditut toiminnallisuudet on tarkastettava, minkä jälkeen solmitaan tuotannon liittymis- ja verkkopalvelusopimus. Sopimukseen sovelletaan Energiateollisuus ry:n suosittelemia tuotannon liittymis- ja verkkopalveluehtoja.

4.15.4 Sähköautot

Sähköautojen tarvitsemat latauspaikat voivat vaatia vaikeitakin ratkaisuja ja suuria investointeja toteutuakseen. Ruotsi ja Viro ovat aloittaneet vilkkaimmille moottoriteilleen pikalatureiden asennuksen, mutta suomessa ollaan vielä ilman suurempia suunnitelmia. Pikalaturilla ladataan sähköauto n. 20 minuutissa ja asemia on oltava 70 km välein moottoriteillä. Pikalaturin hinta on n. 25k€ lisäksi tulevat verkonrakennuskulut. Tänävuonna arvioidaan suomessa rekisteröitävän 80 sähköautoa (tekniikka ja talous 24.8, 10)

Suurimmat kauppakeskukset ovat asentaneet latauspaikkoja paikoitusalueilleen. Myös Helsingin Energia on aloittanut pääkaupunkiseudulla latauspisteiden rakentamisen. Energiateollisuus ry:n sähköauton elämää voi seurata internetissä Facebook sivujen kautta osoitteessa [facebook.com/sahkoautoevirtanen](https://www.facebook.com/sahkoautoevirtanen). (Energiauutiset 2012)



Ku

Kuva 12. Energiateollisuuden sähköauto

5 HENKILÖSTÖN KEHITTÄMINEN

5.1 Teknologiat ja koulutus

Uusien toimintatapojen mukaisten teknologioiden suunnitteluun ja asentamiseen on käytävä asian mukaiset koulutukset. Aikaisemmin alan peruskoulutusta annettiin usealla paikkakunnalla, kunnes koulutus lopahti lähes kokonaan. Nyt alan koulutustarjonta on lisääntynyt mukavasti siten, että vahvavirtakoulutuksen saaneille sähkömiehille on tarjolla yksityisenpuolen järjestämiä linja-asentajille suunnattuja asentajatutkintoja ja päiväkoulutusta. Uudelle vasta alalle tulevalle löytyy perustutkinto, josta löytyy oma osio sähköverkon rakentamiseen. Muutaman vuoden verkostoalalla toimineelle löytyy uudistettu verkkoasentajan ammattitutkinto. Lisäksi on tarjolla erikoisammattitutkinto kärkimies ja työnjohtotehtäviin.

5.2 Motivointi

Henkilöstön kehitystavoitteena on pääseminen pois korkeasta kontrollista ja passiivisuudesta. Kehitys lauseena on passiivisesta aktiiviseksi. Henkilöstöä tulee kouluttaa uusien tekniikoiden omaksumiseen ja vastuunkantamiseen holhouksen sijaan. Kärki-
miestoimintaa ja työturvallisuus kulttuuria tulee vaalia ja kehittää. Päätöksiin tulee saada nopeutta, ja asioita on vietävä ripeämmin eteenpäin. Raskas organisaatorakenne ja kulttuuri hidastavat päätöksentekoa, mutta parempaan tulokseen päästään koulutuksella, motivoinnilla ja keskittymällä napakasti yhteisiin asioihin. Henkilöstöä ei voida enää johtaa puuttamalla liikaa pieniin yksityiskohtiin, on katsottava asioita laajemmalla perspektiivillä. Projektointi on otettava ohjaamaan päivittäistä toimintaa. Liika kontrolli estää asiantuntija tiimin kehittymisen, ylilyönteihin on puututtava heti. Asentajaporukalle on kuitenkin annettava enemmän yksityiskohtaista ohjausta kuin työnjohtolle.

5.3 Projekti työskentely

Projektit ovat tulleet työelämään jäädäkseen. Projektityöskentely edellyttää tehokasta projektin hallintaa. Projektinhallintaan on tarjolla runsaasti koulutusta ja projektinhallinta ohjelmistoja. Ylemmän ammattikorkeakoulun osaamisenjohtamisen opinnot antavat erinomaisen pohjan projektinhallintatyölle. Onnistuneen projektin lähtökohta on hyvä suunnitelma. On välttämätöntä tietää minne ollaan menossa ennen liikkeelle läh-

töä. On virhe olettaa että tehtävä hahmottuu projektin edetessä. Projekti lähtee helposti rönkyilemään eikä kustannusarvio ja aikataulussa pysytä. Vaikeuksiin joudutaan myös, jos johtaminen projektissa on heikkoa. Kokonaisvastuu projektista jää tilaajalle. Kul-lakin osallistujalla tulee olla selkä vastuualue, tulee varmistaa yhteistyöllä kaikkien tehtävien suorittaminen. Projektipäälliköltä vaaditaan päätöksentekokykyä ja hyvää kommunikointitaitoa.

Onnistumisen edellytykset projektissa:

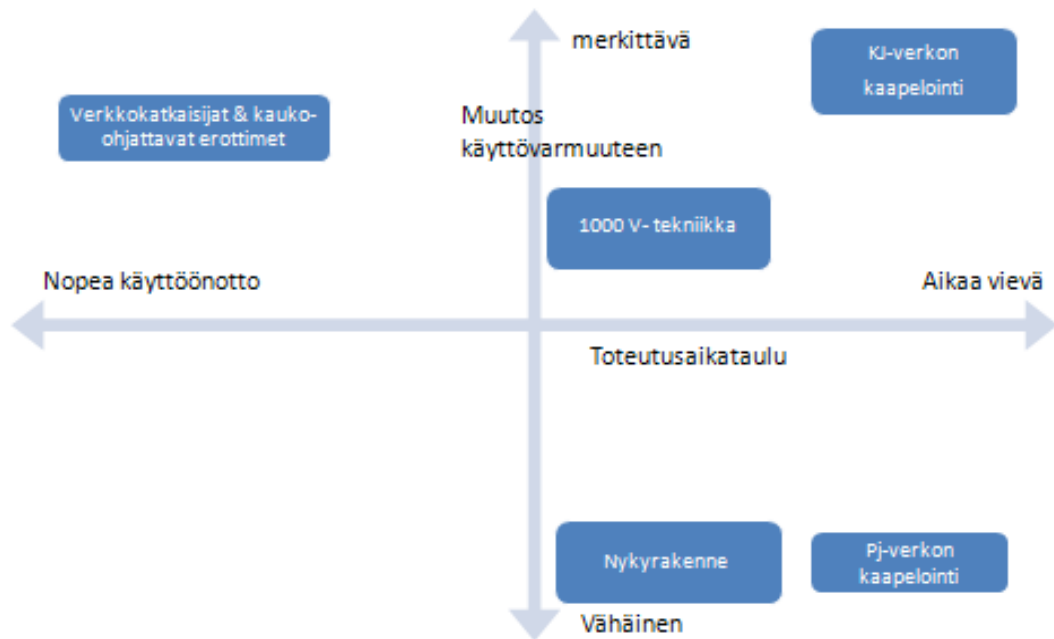
1. Hyvä suunnitelma
2. Osiin pilkkominen
3. Tarkoituksenmukainen organisaatio
4. Riittävät resurssit
5. Kustannusbudjetti
6. Aikataulu

5.4 Työn ohessa oppiminen

Suunnittelua, maastosuunnittelua ja rakentamista kannattaa ehdottomasti ostaa myös konsernin ulkopuolelta. Ulkoa ostamalla voidaan myös sopivasti keventää ruuhka-huippuja ja samalla saadaan työn kautta oppimista. Asioita on joskus katsottava uusin silmin ja parhaiten tämä toteutuu käyttämällä vierasta työvoimaa, joka on riittävän ammattitaitoista ja osaa kyseenalaistaa ajan saatossa pinttyneet toimintatavat ja näkö-kannat. Tietenkin näissä asioissa vastuu ja päätäntävalta jäävät tilaajalle, mutta ajatus-ten laajentumista tapahtuu varmasti. Oppia on sekin, että oppii huomaamaan monen arvostuksen puutetta kärsivän asian omassa työssään olevan hyvin.

6 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli analysoida toimenpiteitä, joilla KSS Verkko Oy:n jakeluverkon keskeytysaika saadaan pysyvästi pidettyä alle strategiassa asetetun 30 min keskeytysajan tavoitetason vuodelle 2020.



Taulukko 2. Rakennustavan vaikutus sähkönjakelun luotettavuuteen. (Tompuri 2010, 31)

Työssä arvioitiin erilaisten teknisten ratkaisujen mahdollisuuksia sähkönjakelun luotettavuuden parantamiseen. Pääasiassa keskityttiin jo tiedossa ja käytössä oleviin tekniikoihin. Lisäksi tehtiin lyhyt yhteenveto sellaisista kehitysasteella olevista tekniikoista, joilla voi olla vaikutusta verkon luotettavuuteen tulevaisuudessa.

Kaapeloidulla verkolla saavutetaan hyvä verkon käyttövarmuus ja keskeytysajan tavoitetaso on saavutettavissa pitkällä aikavälillä. Kaapelointi on kuitenkin ilmajohtoverkkoa selvästi kalliimpi ratkaisu eikä verkon kokonaisvaltainen kaapelointi ole näin ollen taloudellisesti kannattavaa. Kaapeloinnin kustannukset nousevat selvemmin, jos investointitahtia nopeutetaan ja siten korvataan verkon osia, joilla on vielä pitoaikaa jäljellä. Kaapeloinnin kannattavuus voi jatkossa parantua, jos tarvittavien komponenttien sekä kaapelointitekniikan kehittyminen laskee kaapeloinnin investointikustannuk-

sia. Myös ilmajohtojen pylväiden kyllästysaineiden heikentymisen tuoma käyttöiän lasku parantaa vertailussa kaapeloinnin kannattavuutta.

Verkkokatkaisijoiden ja kauko-ohjattavien erottimien lisäys verkkoon nostaa verkon käyttövarmuutta pienentyneiden suojausalueiden ja lyhentyneiden keskeytysaikojen vuoksi. Suojauksen lisäyksellä ei ole vaikutusta vikojen määrään, jota voidaan pienentää esimerkiksi tehokkaalla verkon ylläpidolla. Suojauksen lisäys on taloudellinen ratkaisu luotettavuuden parantamiseen. Suhteellisen pienillä investoinneilla voidaan saavuttaa hyviä tuloksia keskeytysaikojen lyhentämisessä. Suojauksen lisäyksen heikkona puolena voidaan pitää sitä, ettei se pienennä suurhäiriöriskiä juuri lainkaan nykytilanteeseen verrattuna.

Jos kj-lähtöjen runkojohdot kaapeloidaan ja haarajohdot suojataan verkkokatkaisijoilla ja kaukokäyttöisten erottimien määrää lisätään, saavutetaan erittäin hyvä käyttövarmuus. Keskeytysaikojen tavoitetaso on saavutettavissa lyhyelläkin aikavälillä, lisäämällä aluksi suojauksen määrää. Luotettavuutta voidaan kasvattaa entisestään kaapelioimalla runkojohtoja normaalilla saneerausaitaululla. Näin saavutetaan hyvä käyttövarmuus kaikissa oloissa. Tämän menetelmän haittana on verkon arvon kasvu, mikä aiheuttaa investointitason selvän nousun nykyisestä.

Käyttämällä 1000 V tekniikkaa, parannetaan järjestelmän luotettavuutta jonkin verran pienentyneiden yhtenäisten suojausalueiden vuoksi. 1000 V tekniikalla voidaan korvata pienitehoisia kj-haaroja sekä pinta-alaltaan suuria pj-verkkoja, joissa on sähkönläätuongelmia. Lisäksi 1000 V tekniikkaa voidaan käyttää esimerkiksi kesämökkialueiden sähköistämässä. 1000 V tekniikan käyttöpotentiaali on kuitenkin rajattu eikä se sovi ainoana ratkaisuna verkon käyttövarmuuden parantamisena. 1000 V tekniikan käyttämisen kannattavuutta on tutkittava tapauskohtaisesti elinkaarikustannukset laskemalla.

Pj-verkon kaapeloinnilla ei saavuteta koko järjestelmän käyttövarmuudessa suuria parannuksia. Yksittäisten asiakkaiden kannalta kaapelointi kuitenkin voi parantaa luotettavuutta merkittävästi. Pj-verkon kokonaisvaltainen kaapelointi on nykyisellä kustannusrakenteella selvästi kalliimpi ratkaisu kuin nykyrakenteen mukainen verkko, jossa on sekä kaapeloitua että ilmajohdoilla toteutettua pj-verkkoa. Kaapeloinnin kannattavuus paranee, jos kaapelit voidaan aurata maahan tai työ tehdään yhteiskaivuina.

LÄHTEET

Autio, K. 2011 Maasulkujärjestelmien esittelytilaisuus KSS Verkolla Myllykosken sähköaseman sammutusjärjestelmän hankevaiheessa keväällä 2011.

Eskelinen, J. 2008 LUT. Diplomityö Sähkönjakeluverkon käyttövarmuuden kehittäminen.

Energia uutiset 5/2012, 25. Energia-alan ammatti lehti

Kokkonen, J. 2011 Enston tuotesittely rakennuttajapäivänä 25.11.2011 Vantaa

Kuusisto, J. 2010 ABB:n tuotesittely verkostomessuilla Helsingissä 2010.

Nuutinen, K. 2010. Sähköasemahankkeen konsultointi KSS Verkolle 2010.

Rakennustaito 06/2012 rakennusalan ammattilehti

Rantio, M. 2012. Kumppanuuspäivän luentomateriaali 18.3.2012 Saariselkä.

Tompuri, J. 2010. KSS Verkko Oy, Verkkovisio 2020

Tekniikka ja talous 24.8 s.10 Pikalaturit Ruotsin teille