



# **VERKON RAKENTAMIS- JA KUNNOSSAPITOHANKKEIDEN TOTEUTTAMINEN ILMAN ASIAKKAILLE AIHEUTUVIA KESKEYTYKSIÄ**

Aki Ali-Lekkala

Opinnäytetyö

Huhtikuu 2011

Sähkövoimatekniikan koulutusohjelma

Sähkövoimatekniikka

Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Sähkövoimatekniikan suuntautumisvaihtoehto

Aki Ali-Lekkala

Verkon rakentamis- ja kunnossapitohankkeiden toteuttaminen ilman asiakkaille aiheutuvia keskeytyksiä

48 sivua, liitteet 1 sivu

Huhtikuu 2011

Työn ohjaaja: Koulutuspäällikkö, Diplomi-insinööri Jarkko Lehtonen

Työn tilaaja: Vattenfall Verkko Oy, ohjaajana käytön suunnittelupäällikkö Ville Maksimainen

---

Tämä opinnäytetyö on tehty Vattenfall Verkko Oy:lle. Työn tarkoituksena oli selvittää suunniteltujen keskeytysten aiheuttajia sekä löytää keinoja keskeytysten vähentämiseen. Työn pohjana käytettiin Vattenfall Verkolta saamaani suunniteltujen keskeytysten keskeytystilastoa sekä tekemiäni kehityskeskusteluja Vattenfallin työntekijöiden ja urakoitsijoiden kanssa.

Insinöörityössä tutustuttiin olemassa oleviin keinoihin keskeytysten vähentämiseen ja niiden lyhentämiseen. Keskeytysluettelon perusteella kartoitettiin suurimmat keskeytysten aiheuttajat. Työt jaoteltiin eri ryhmiin ja niihin olevia keinoja tarkkailtiin työtyyppikohtaisesti. Olemassa oleviin keskeytysten vähennyskeinoihin kuten jännitetyömenetelmiin, pureuduttiin melko yksityiskohtaisesti. Johtopäätöksinä tuloksista voidaan sanoa että kalustoon sekä koulutukseen on tehtävä investointeja, lisäksi tiedon kulku suunnittelun sekä tekijöiden välillä on tärkeää.

Kaiken kaikkiaan työ oli minulle erittäin mielenkiintoinen ja opettavainen. Työssä pääsin tutustumaan suuren sähköverkkoyhtiön toimintaan ja sen tavoitteisiin. Pääsin myös tutustumaan urakoitsijoiden toimintaan. Tein opinnäytetyön ohessa kytkentäohjelmia, käytön suunnittelu tiimissä, tämä antoi minulle hyvän kuvan kuinka töitä käytännössä suunnitellaan. Tästä oli minulle paljon apua tutkimustyötä tehdessäni. Tilaajalle tästä on hyötynä se, että toin organisaation ulkopuolelta ajatuksia mitä ei rutiininomaisessa työssä ehkä ole otettu huomioon. Jatkossa suunnitelmia ja kytkentäohjelmia laatiessa tästä opinnäytetyöstä herää varmasti uusia ajatuksia.

---

asiasanat: sähköverkko, keskeytykset, kunnossapito, jännitetyöt

## ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences  
Electrical engineering  
Electrical power engineering

Aki Ali-Lekkala

Building and maintainancing Distribution Network without Customer Interruptions  
48 pages, appendices 1 page

April 2011

Thesis supervisor: Head of Electrical Engineering program, Master of Science  
Jarkko Lehtonen

Comissioning company: Vattenfall Verkko Oy, supervisor Operation Planning  
Manager Ville Maksimainen

---

This thesis is made for Vattenfall Verkko Oy. The purpose was to explore the causes of planned interruptions and examine how to reduce them. The work was based on interruption list, and numerous development discussions with Vattenfall workers and its contractors.

At first is presentation of existing means to reduce downtime and shortening them, following analysis of last year Vattenfall's distribution network planned interruptions and their causes. At the end is check out of existing means and their improvement ideas more specific. There is also a few thoughts about the costs of new working methods. As a conclusion; more investment is needed for live line work training and equipment, also important is transferring information between planners in office and workers on the field.

The work was rewarding for me as a whole. During the work, I got to know the electricity distribution company and its contractors' activities. For client thesis can provoke some new thought as well as in operation plans and in switching schedules.

---

keywords: distribution network, interruption, maintenance, live line work

## SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
LYHENTEET JA TERMIT .....	5
1 JOHDANTO .....	6
2 VATTENFALL ESITTELY .....	7
3 OLEMASSA OLEVAT KEINOT TÖIDEN TEKEMISEEN .....	9
3.1 Jännitetyö .....	9
3.1.1 Jännitetöillä saavutettavat edut .....	9
3.1.2 JT-menetelmät .....	10
3.1.3 JT-Työvälineet .....	11
3.2 Korjauskaapeli .....	12
3.3 Varavoimakone .....	13
3.4 Siirrettävä muuntaja .....	14
3.5 Suunniteltu keskeytys .....	14
4 SUUNNITELLUT KESKEYTYKSET .....	16
4.1 Keskeytyksiä koskevat direktiivit ja määräykset .....	16
4.1.1 Sähkömarkkinalaki .....	17
4.1.2 Standardi SFS-EN 50160 .....	17
4.2 Luotettavuuden tunnusluvut .....	18
4.2.1 KAH arvo .....	18
4.2.2 SAIDI .....	19
4.3 Keskeytystilasto .....	20
4.4 Töiden jaottelu .....	21
4.5 Töistä aiheutuneet haitat .....	24
4.6 Investointityöt sekä kunnossapitotyöt .....	27
4.7 Töiden jako sijainnin perusteella .....	28
4.8 Töiden analysoinnin epäkohtia .....	29
5 HUOLTOKATKOKSIEN VÄHENTÄMINEN .....	30
5.1 Verkko .....	30
5.1.1 Kaapelointi ja uusi verkkotopologia .....	30
5.1.2 Rengasyhteydet .....	31
5.2 Suunnittelu .....	31
5.2.1 Verkonsuunnittelu sekä kytkentäsuunnittelu .....	31
5.2.2 Kustannuksista yleisesti .....	33
5.3 Jännitetyöt .....	35
5.3.1 Työt joihin on olemassa jännitetyömenetelmä .....	35
5.3.2 Jännitetyöt yleisesti .....	36
5.3.3 Pylvään vaihto .....	38
5.3.4 JT katkopaikka .....	39
5.3.5 Korjauskaapeli .....	40
5.3.6 Erottimen ohitus jomppaus .....	41
5.3.7 Kipinäsarvet ja kaksoissuojaus .....	42
5.3.8 .Muuntajan varoitusmerkinnät .....	43
5.4 Varavoimakone .....	44
6 YHTEENVETO .....	46
LÄHTEET .....	47
LIITTEET .....	48

## LYHENTEET JA TERMIT

SAIDI	(System Average Interruption Duration Index), keskeytysten keskimääräinen yhteenlaskettu kesto aika tietyllä aikavälillä
KAH	keskeytyksen aiheuttama haitta
JT	Jännitetyö
KVR	Kokonaisvastuurakentaminen
Visimind	Helikopterilla tehty sähköverkon kuntotarkastus.
SCADA	(Supervisory Control And Data Acquisition) Käytönvalvontajärjestelmä
AMR	(Automatic meter reading) Automaattinen mittarinluenta

# 1 JOHDANTO

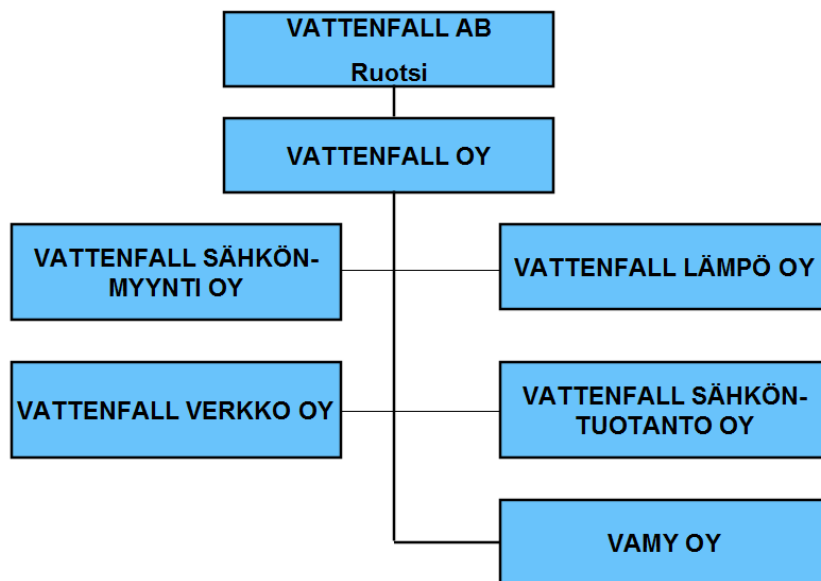
Nykyajan sähköjakelun luotettavuudelle asetetaan aina vain kovempia tavoitteita. Tämän päivän yhteiskunnassa ihmiset ovat todella riippuvaisia katkottomasta sähköstä. Nykyisin sähköjakeluun voikin lähes täysin varmasti luottaa; linjat tarkastetaan systemaattisesti ja säännöllisesti. Verkoissa on rengasyhteyksiä ja verkot ovat tulleet käytettävyydeltään paremmiksi erilaisten kaukokäyttöyhteyksien avulla. Usein voidaankin olettaa, että sähkö toimitetaan kotiin. Mutta mitä tehdään, jos sähkö kuitenkin katkeaa?

Sähköverkkoa on huollettava. Materiaaleja jotka kestäisivät aikaa ja sääolosuhteita ikuisesti ei ole keksitty ja tuskin keksitäänkään. Sähköverkkoa huollettaessa sähköjakelu joudutaan usein katkaisemaan työntekijöiden turvallisuuden vuoksi. Joskus taas sähkö joudutaan katkaisemaan sähköverkon rakennustöiden takia. Näitä keskeytyksiä kutsutaan suunnitelluiksi keskeytyksiksi ja niistä tehdään asiakkaille ilmoitus etukäteen. Vaikka sähkön katkeaminen ilmoitetaan etukäteen, se ei muuta sitä faktaa, että olemme kuitenkin riippuvaisia sähköstä. Samoja laitteita ja koneita tarvitaan silti.

Vattenfall Verkko haluaa olla edelläkävijänä sähköjakelun luotettavuudessa. Tästä syystä keskeytysten vähentämistä tutkitaan koko ajan, sillä maailma on tulevaisuudessa vielä enemmän riippuvainen sähköjakelun luotettavuudesta. Suunnitellut keskeytykset ovat vain pieni osa asiakkaille aiheutuvista katkoista, mutta ovat ehkä eniten kritiikin kohteena. Suunniteltujen keskeytysten vähentäminen vaikuttaa positiivisesti asiakastyytyväisyyteen ja on askel eteenpäin parempaa sähköjakelua.

## 2 VATTENFALL ESITTELY

Ruotsin valtio omistaa kokonaisuudessaan Vattenfall Ab:n. Suomen Vattenfall Oy toimii Vattenfall Ab:n alaisuudessa. Vattenfall toimii myös mm. Tanskassa, Saksassa, Puolassa ja Isossa-Britanniassa. Suomessa Vattenfall Oy on eritelty eri tytäryhtiöihin niiden toimintojen mukaan. Verkon toiminnasta Suomessa vastaa Vattenfall Verkko Oy, jolle tämä opinnäytetyö on laadittu.



KUVIO 1. Vattenfall konserni (Vattenfall materiaali)

Emoyhtiö Vattenfall AB Ruotsissa:

- Euroopan viidenneksi suurin sähköntuottaja ja suurin lämmöntuottaja
- Liikevaihto 2009: 19,3 miljardia euroa
- Visio: Olla Euroopan johtava energiayhtiö
- Toimii Ruotsissa, Suomessa, Tanskassa, Saksassa, Puolassa ja Isossa-Britanniassa, Alankomaissa ja Belgiassa
- Sähkö: tuotanto, siirto, jakelu ja myynti
- Lämpö: tuotanto, jakelu ja myynti
- Kaasu: jakelu ja myynti
- 40 000 työntekijää
- Asiakasmäärä 7,4 miljoonaa asiakasta

(Vattenfall materiaali)

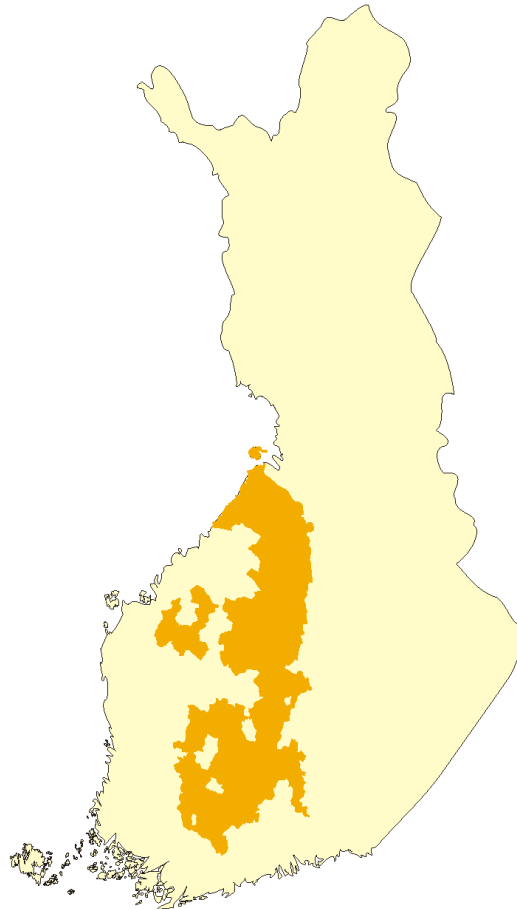
### Vattenfall Verkko Oy Suomessa:

- Liikevaihto 191 M€
- Henkilöstö 160
- Asiakkaat 395 000
- Markkinaosuus 12 %

### Verkko-omistus Suomessa:

- 110 kV verkkoa 1025 km
- 45 kV verkkoa 410 km
- 110/20 kV sähköasemia 119 kpl
- 45/20 kV sähköasemia 16 kpl
- 20 kV verkkoa 21 920 km
- 0,4 kV verkkoa 38 250 km
- 20/0,4 kV muuntamoita 21 320 kpl
- Verkkoa yhteensä 61 000 km

(Vattenfall materiaali)



KUVIO 2. Vattenfall verkkoalue (Vattenfall materiaali)

### 3 OLEMASSA OLEVAT KEINOT TÖIDEN TEKEMISEEN

Keskeytysten vähentämiseksi on käytettävissä muutamia työtapoja, joista osa on kehitelty ainoastaan keskeytysten vähentämistä silmällä pitäen. Jännitetöitä tehdään ja korjauskaapeleita käytetään ainoastaan siitä syystä, että keskeytystä ei aiheutuisi. Varavoimakoneet sekä siirrettävät muuntajat ovat tuttuja myös muissa tapauksissa kuin vain keskeytyksien yhteydessä. Viimeisenä keinona, jos järkevää katkotonta menetelmää kohteelle ei ole, on suunniteltu keskeytys.

#### 3.1 Jännitetyö

Sähköalan työ saa kohdistua jännitteisiin sähkölaitteiston osiin, jos sähkölaitteiston jännitteettömäksi erottamisesta aiheutuu suurta haittaa ja työ tehdään siten, ettei siitä aiheudu sähköiskun tai valokaaren vaaraa. (Pitkänen 2008,2)

Tärkeimmät viranomaisten määräykset ja ohjeet jännite-työstä ovat Kauppa- ja teollisuusministeriön (nykyisin työ- ja elinkeinoministeriö) päätös sähkötyöturvallisuudesta 1994/17.12.1999 ja sähkötyö- turvallisuusstandardi SFS 6002.(Pitkänen 2008,2)

##### 3.1.1 Jännitetöillä saavutettavat edut

Tekemällä asennukset ja huoltotoimenpiteet jännitetyönä erotustyön sijasta, saavutetaan useita etuja. Keskeytykset vähenevät ja sähkön laatu paranee ja tätä kautta myös asiakastytyväisyys lisääntyy. Myös verkkoyhtiöiden tehokkuusmittaus kannustaa sähkön laadun parantamiseen, sallimalla suuremman voiton, kun keskeytyksiä on vähemmän. Jos huoltotoimenpiteet sijoittuvat alueelle, jossa on kriittisiä asiakkaita, on suunnitellut keskeytykset pakko sijoittaa viikonloppuun tai yöhön, jolloin asennukset on tehtävä ylitöinä ja kustannukset nousevat. Kolmivuoroteollisuudessa ei sallita suunniteltuja keskeytyksiä lainkaan. Jännitetöinä voidaan kaikki työt tehdä normaalina työaikana. Harmillista

tosin on että kaikkia huolto- ja asennustöitä ei pystytä tekemään jännitteellisenä. Vapailla sähkömarkkinoilla kustannukset ovat useimmiten ratkaiseva tekijä ja jännitetöiden avulla voidaan joissain tapauksissa saavuttaa kustannussäästöjä. (Harpila 2004,3)

Tehtäessä asennus jännitetyönä säästöjä syntyy, kun asiakkaille ei tarvitse ilmoittaa katkosta etukäteen ja sähkön jakeluun ei synny katkosta. Jännitetöistä ilmoitukset tehdään ainoastaan erittäin kriittisille asiakkaille. Jännitetöissä varsinaiseen asennustyöhön kuluu enemmän aikaa, mutta verrattuna siihen että työt tehdään varsinaisen työajan ulkopuolella työkustannukset menevät usein lähes tasoihin. (Harpila 2004,4)

Jännitetöitä tekemällä myös turvallisuus paranee. Merkittävä osa ammattilaisille tapahtuneista sähkötapaturmista johtuu siitä, että kohde on oletettu jännitteettömäksi, vaikka se ei ole sitä ollut. Jännitetöitä tehdessä ei osia oleteta jännitteettömiksi, joten tämän kaltaisia tapaturmia ei pääse tapahtumaan. Turvallisuutta lisää myös se, että työ on suunniteltu tarkemmin. Työkalut ovat huolella valittuja ja työ etenee tarkasti etukäteen tehdyn suunnitelman mukaan. Oikein tehdyissä jännitetöissä työskentelypaikka on aina vakaa, eikä horjahtamisia pääse tapahtumaan. (Harpila 2004,5)

### 3.1.2 JT-menetelmät

Suomessa ainoa käytössä oleva työmenetelmä 20 kV avojohtojen jännitetöihin on sauvamenetelmä, jossa työntekijä pysyy määrättyllä etäisyydellä jännitteisistä osista ja tekee työnsä käyttäen eristäviä sauvoja. Monissa maissa työtä tehdään eristäväältä alustalta käyttäen käsinemenetelmää tai työskennellen kohteen potentiaalissa. Länsi-Euroopassa työtä tehdään 400 kV jännitteeseen saakka. (Pitkänen 2008,2) Suomessa yli 1kV:n jännitetöitä on tehty vuodesta 1996.

### 3.1.3 JT-Työvälineet

Jännitetöissä käytettävät työkalut määritellään standardissa SFS-EN 60900, ja niitä suositellaan käytettäväksi kaikissa sähkötöissä, ei vain jännitetöissä. Työkalut ovat eristeaineella päällystettyjä tai eristeaineisia. Ne suojaavat työntekijää sähköiskuilta ja minimoivat kahden potentiaalilin oikosulkuvaaran.

Työvälineet ja varusteet on pidettävä hyvässä kunnossa ja eristävien osien puhdistus ja pinnan käsittely tehdään valmistajan ohjeiden mukaisesti. Ne on pidettävä puhtaina ja kuivina ja käsiteltävä oikein työn, kuljetuksen ja säilytyksen aikana. Niille on säännöllisesti tehtävä tarkastus. Ennen jokaista käyttöä on silmämääräisesti varmistuttava, että niissä ei ole naarmuja tai haavaumia, joilla on merkitystä työvälineen sähköiselle lujuudelle. (Harpila 2004,13;Pitkänen 2008,9)

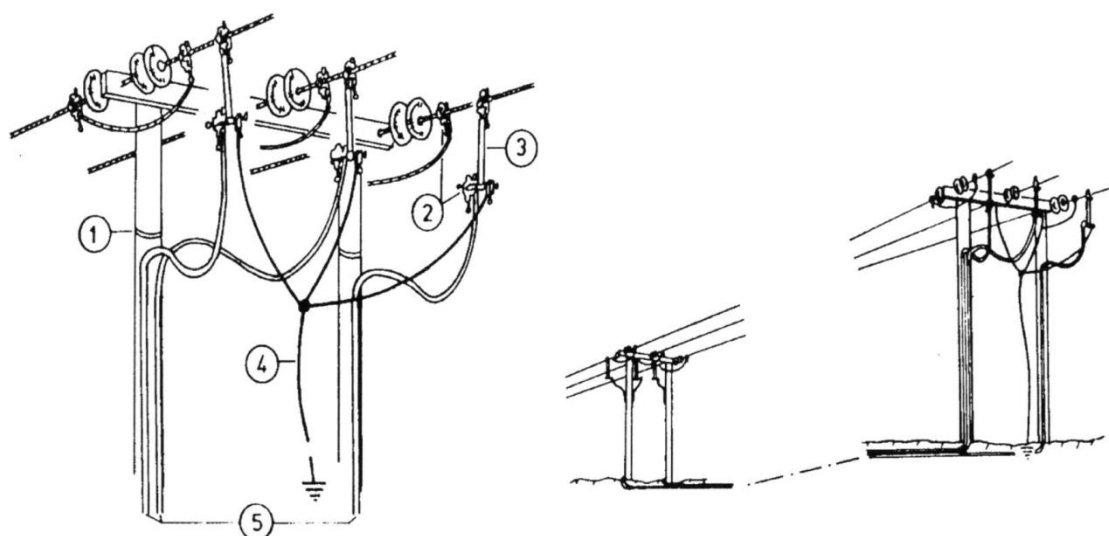
Jännitetöinä tehdään valtaosa PJ-töistä. KJ puolella jännitetöinä yleisesti tehdään JT-katkopaikkojen rakennukset, erottimien huollot sekä pienet kytkentätyöt. Jännitetöinä onnistuvat myös osa eristimien vaihdoista, orren vaihdot sekä KJ- pylvään vaihdot, mutta nämä työt vaativat enemmän erikoistyökaluja.



KUVA 1. JT-katkopaikan rakennus (Pikänen 2009)

### 3.2 Korjauskaapeli

Korjauskaapelilla on kaapeli, joka kytketään ennen työn aloitusta korjattavan/huollettavan kohteen rinnalle. Korjauskaapelin päissä on JT- sauvoilla käytettävät JT- liittimet joiden avulla korjauskaapeli voidaan kytkeä jännitetyönä linjaan. Kytkemisen jälkeen varsinainen työkohte voidaan erottaa sähköverkosta, ja varsinaiset huoltotyöt verkossa voidaan aloittaa. Näin asiakkaille ei aiheudu keskeytystä. Menetelmää käytetään esimerkiksi erottimella tapahtuvan työn yhteydessä.



KUVIO 3. Korjauskaapelit kiinnitettynä pylväälle (Pitkänen 2008, 43)

### 3.3 Varavoimakone

Varavoimakone tuottaa sähköenergiaa polttomoottorin avulla. Suurissa varavoimakoneissa polttoaineena käytetään diesel polttoainetta. Varavoimakoneita käytetään paikoissa, joissa sähköverkkoa ei ole läheisyydessä, esimerkiksi saarissa tai muuten eristyksissä olevissa kohteissa. Nimensä mukaisesti varavoimakoneita käytetään erittäin paljon myös sähkönjakeluhäiriön sattuessa varavoimana. Sähköyhtiön tarpeita silmälläpitäen tärkeitä kohteita ovatkin juuri sähkönjakeluhäiriöiden varavoimakäytöt. Esimerkiksi muuntajien vaihdossa varavoimakone on todella hyödyllinen apuväline asiakkaille aiheutuvien katkotuntien vähentämiseksi.



KUVA 2. Varavoimakone (Greenpower 2011)

### 3.4 Siirrettävä muuntaja

Parhaimmat käyttökohteet siirrettäville muuntajille ovat työt joissa jakelumuuntamon muuntajakone vaihdetaan. Siirrettävä muuntaja jakaa sähköä muuntajakoneen vaihdon ajan.

Siirrettävän muuntajan käyttö käytännön tasolla on jäänyt todella vähäiseksi, koska samat edut saavutetaan varavoimakoneella. Siirrettävässä muuntajan haittana varavoimakoneeseen verrattuna on sähköstä riippuvaisuus sekä kytkentöihin kuluva aika. Varavoimakoneella puolestaan voidaan syöttää sähköä vaikka lähellä ei olisikaan keskijännitelinjaa. Siirrettävän muuntajan ainoana etuna on voimakonetta halvempi hinta.

### 3.5 Suunniteltu keskeytys

Suunnitellut keskeytykset voivat johtua johtokatuojen raivaustöistä, verkon rakennustöistä, huolto- ja kunnossapitotöistä tai jakelurajoituksista. (Keskeytystilasto ohje 2006, 20) Näistä yleisimpiä ovat verkon rakennustyöt sekä huolto- ja kunnossapitotyöt. Erittäin harvinaisia ovat jakelurajoitukset, jotka johtuvat tehonvajauksen tai siirtokapasiteetin vajauksen aiheuttamista poikkeusjärjestelyistä, joissa asiakkaille jaetaan sähköä vuorotunnein.

KJ-puolen suunnitelluista töistä valtaosa tehdään suunnitellun keskeytyksen kautta. Jännitetöitä ei voida tehdä kaikissa kohteissa, koska etäisyydet eivät ole aina riittäviä ja kytkentöjä ei voi tehdä kuormitettuna.

Saneeraustyöt sisältävät myös suunniteltuja keskeytyksiä. Saneeraustyöt ovat useimmiten töitä, joissa vanhaa ilmajohtoverkkoa korjataan maakaapeliratkaisulla. Yleensä näitä töitä tehdään suurissa kokonaisuuksissa melko suurilla alueilla. Samalla vaihdetaan ilmajohdot maakaapeleiksi sekä pylväsmuuntamot puisto/maaseutumuntamoiksi. Saneeraustyöt sisältävät usein sekä jännitetöitä että keskeytyksiä. Suurimmaksi osaksi rakennustyöt tehdään ennen jännitteen kytkentöjä vanhan verkon rinnalle.

Suomessa on noin 230 000 km pienjännitejohtoja, joista kolmannes rakennettu kaapelilla sekä noin 136 500 km keskijännitejohtoja, joista keskimäärin 10 % rakennettu kaapelilla. (Vattenfall materiaali) Ilmajohdot ovat vaihtumassa maakaapeleiksi sitä mukaa kun vanha ilmajohtoverkkoa saneerataan. Nykyisin kaapeloinnin pudonneiden hintojen ansiosta ilmajohto rakentamiselle ei juuri ole perusteita. Kaapeloinnin edut käyttövarmuudessa, maisemaystävällisyydessä, pienissä ylläpitokustannuksissa sekä henkilöturvallisuudessa ovat kiistattomat. Vattenfall rakentaa kaikki linjat maakaapeleilla, jos maasto sen vain suinkin sallii. Vattenfall ei myöskään rakenna enää uusia pylväsmuuntamoita vaan kaikki rakennetaan puisto/maaseutumuuuntamoiksi.

## 4 SUUNNITELLUT KESKEYTYKSET

Tässä kappaleessa on aluksi esitelty ne määräykset, jotka asettavat rajat keskeytysten määrälle ja kestolle. Tämän jälkeen esitellään erilaisia tunnuslukuja keskeytyksistä. Lopuksi analysoin tuloksia Vattenfall Verkolta saamastani keskeytystilastosta.

### 4.1 Keskeytyksiä koskevat direktiivit ja määräykset

Sähkönjakeluverkoilla ja niihin liittyvillä toiminnoilla on merkittävä vaikutus sähkön loppukäyttöhintaan, sähkön laatuun sekä yleiseen sähköturvallisuuteen.

Sähkönjakeluverkkoliiketoiminnan osuus sähkön kokonaishinnasta on 15-50%. Tämä riippuu sähkönkäyttäjän sähkönkäyttömäärästä, sillä mitä pienempi sähkönkäyttö, sitä suurempi on siirtomaksun suhteellinen osuus kokonaishinnasta. Kotitalousasiakkailla siirtomaksun osuus on noin 30%. Keskisuuret teollisuusasiakkaat liittyvät yleensä suoraan KJ verkkoon joten pienjännitepuolen siirtomaksuja ei peritä. Näin siirtomaksuun osuus on noin 15-20%. (Lakervi & Partanen 2007, 17-18)

Siirtomaksulla ylläpidetään verkkoa. Vaihdetaan vanhat pylväät, muuntajat ja kaapelit. Samalla siirtomaksulla verkkoon tehdään myös monenlaisia modernisointeja; rengasyhteyksiä, kauko-ohjauksia sekä kaapelointeja, jotka parantavat verkon luotettavuutta. Valtaosa suunnitelluista keskeytyksistä, jotka näkyvät asiakkaille, aiheutuu jakeluverkoissa. Jakeluverkoissa keskijänniteverkoilla on keskeinen rooli keskeytyshaittojen aiheuttajana, koska verkot ovat usein topologiaan tähtimäisiä sekä ne ovat valtaosaksi sääolosuhteille herkkiä avojohtoja. Sähkönkäyttäjille näkyvistä keskeytyksistä yli 90% johtuukin jakeluverkoista.

Sähkönjakeluverkkojen tehokkaalla käytöllä ja kehittämisellä voidaan erittäin olennaisesti vaikuttaa sähkön kokonaishintaan ja sähkön laatuun.

(Lakervi & Partanen 2007, 17-18)

#### 4.1.1 Sähkömarkkinalaki

Sähkömarkkinalaki otti alun alkaen kantaa sähkön laatukysymyksiin hyvin yleisellä tasolla. Lain 9 §:ssä todetaan, että verkonhaltijan tulee osaltaan turvata riittävän hyvälaatuisen sähkön saanti asiakkaille, mikä lain perustelujen mukaan tarkoittaa muun muassa sitä, että verkonhaltijan tulisi pitää verkon käyttövarmuus yleisesti hyväksyttävällä tasolla. Lain perusteluissa todetaan lisäksi, että sähkön laatu ja sähkökatkosten tiheys ja pituus riippuvat pääasiassa sähköverkon rakenteesta ja kunnosta. Verkonhaltijan tulee huolehtia, että sähköverkosto on tältä osin riittävässä kunnossa myös haja-asutusalueilla. Tarkempia määräyksiä sähkön laadusta ja sallituista sähkökatkokkien pituuksista annettiin 26 §:n nojalla annettavissa sähkönmyyntiehdossa sekä sähkön laatustandardeissa, joihin myyntiehdossa viitattaisiin (Sähkömarkkinalaki; Partanen & Verho, 2010) .

#### 4.1.2 Standardi SFS-EN 50160

Standardissa SFS-EN 50160 keskeytys määritellään tilanteeksi, jossa jännite on liittämiskohdassa alle 1 % sopimuksen mukaisesta jännitteestä. Keskeytykset voidaan luokitella:

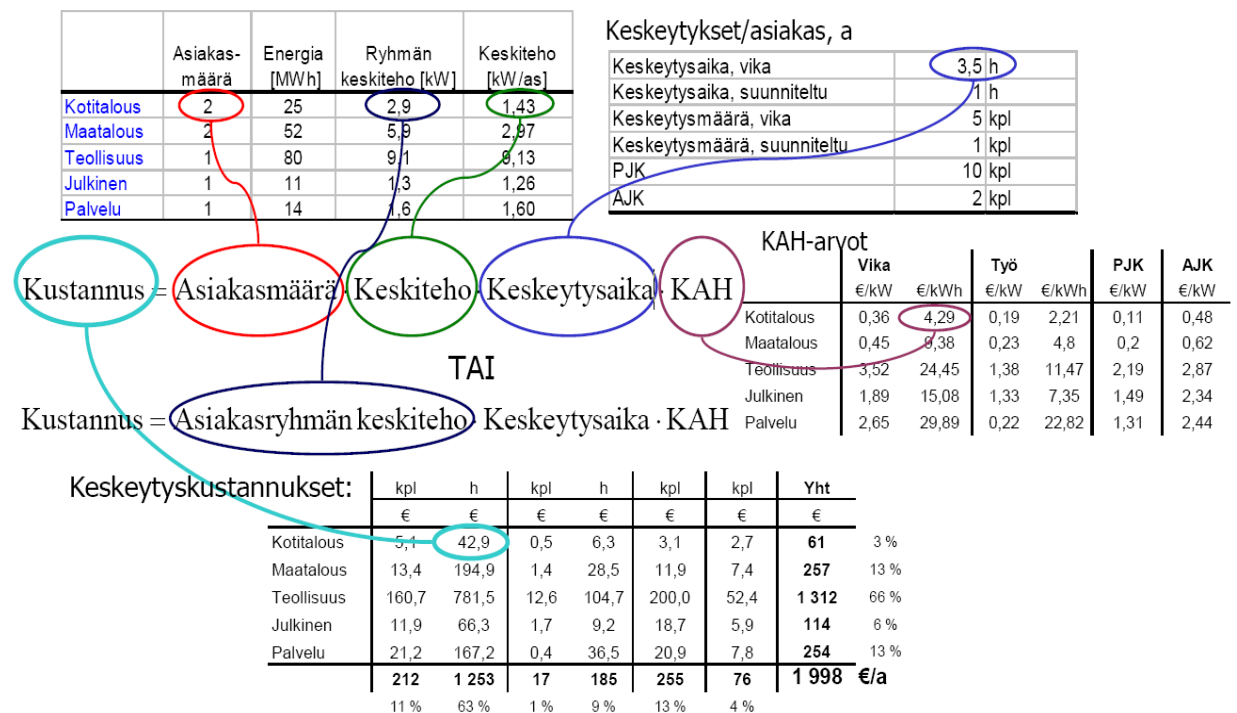
- suunnitellut keskeytykset, joista sähkönkäyttäjille ilmoitetaan etukäteen, ja jotka johtuvat jakeluverkossa tehtävistä töistä, tai
- häiriökeskeytykset, jotka aiheutuvat pysyvistä tai ohimenevistä vi-oista, ja jotka enimmäkseen liittyvät ulkopuolisiin tapahtumiin, laitevikoihin tai häiriöihin. Häiriökeskeytykset luokitellaan:
  - pitkä keskeytys (yli kolme minuuttia)
  - lyhyt keskeytys (enintään kolme minuuttia).

(SFS-EN 50160,12)

## 4.2 Luotettavuuden tunnusluvut

### 4.2.1 KAH arvo

Keskeytyskustannukset muodostuvat pysyvistä vika- ja työkeskeytyksistä sekä pika- ja aikajälleenkytkentöjen kustannuksista. Keskeytyksistä aiheutuu niin sähköyhtiölle kuin asiakkaillekin haittaa ja kustannuksia. Sähköyhtiölle keskeytyksestä tulee huomattavia kuluja viankorjauskustannusten muodossa. Asiakkaat kokevat kuluttajaryhmästä riippuen haitat hieman eritavalla. Keskeytyksistä asiakkaille aiheutuu pääsääntöisesti tuotannon menetystä sekä laitteiden ja koneiden sammumisia. Asiakkaille aiheutuvia keskeytyksiä arvioidaan asiakasryhmäkohtaisesti KAH-arvojen avulla. Laskentaperiaate on esitetty kuviossa 4. (Partanen & Verho, 2010)



KUVIO 4.KAH arvon muodostuminen (Partanen & Verho, 2010)

#### 4.2.2 SAIDI

Verkon sähkötoimitusvarmuutta koko jakelualueella kuvataan kansainvälisesti usein seuraavilla IEEE 1366-2001 (IEEE) standardin mukaisilla tunnusluvuilla SAIDI, CAIDI ja SAIFI. Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen mukaan 82 % verkoyhtiöistä käyttää SAIDI tunnuslukua (Partanen & Verho, 2010,13) Suunniteluista keskeytyksistä aiheutunut SAIDI Vattenfallin asiakkaille oli vuonna 2010 18 minuuttia.

SAIDI voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$SAIDI = \frac{\sum_i \sum_j t_{ij}}{N_s}$$

Missä

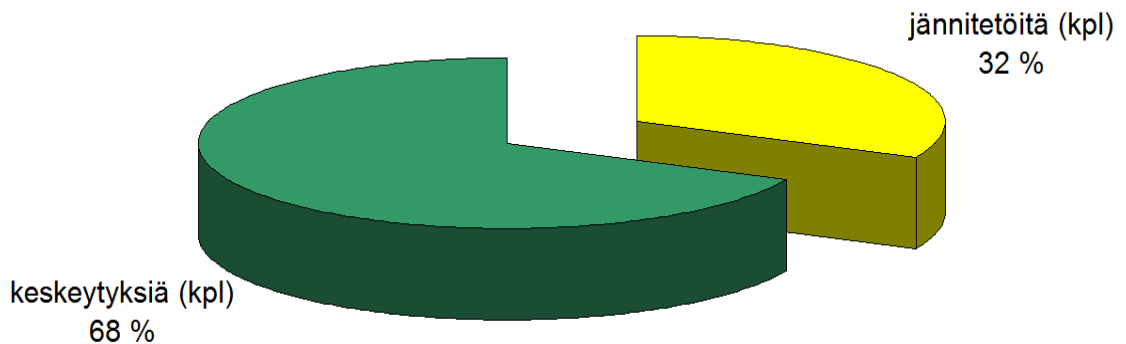
$t_{ij}$  = asiakkaalle j keskeytyksestä i aiheutuva sähkötön aika

$N_s$  = kaikkien asiakkaiden lukumäärä

### 4.3 Keskeytystilasto

Vattenfall tilastoi kaikki suunnitellut keskeytykset. Tilastotiedot otetaan valtaosaksi AMR mittareilta sekä SCADA järjestelmästä. Sain verkkoyhtiöltä kyseisen tilaston, jossa näkyi kaikki suunnitellut keskeytykset vuodelta 2010. Töitä oli yhteensä 2533 kappaletta. Kävin työt yksitellen läpi ja jaon ne 22:een eri ryhmään selitekenttien sekä työnumeroinnin perusteella. Näitä ryhmiä pohjana käyttäen jaoin työt vielä kahteen eri ryhmään: investointityöt sekä kunnossapitotyöt. Jaoin työt myös niiden tapahtumapaikan perusteella neljään ryhmään: muuntajatyöt, erotintyöt, linjalla tapahtuvat työt sekä sähköasemalla tapahtuvat työt.

Kokonaisuudessaan suunnitelluista töistä keskeytyksellä on tehty 68% ja jännitetyönä 32%. Nämä prosenttiluvut eivät kuitenkaan kerro kaikkea, koska yksittäiset työt saattavat sisältää molempia. Kokemuksien perusteella voidaan kuitenkin sanoa että jännitetöinä tehdään aina vaan suurempi osa töistä, koska ne vähentävät asiakkaille aiheutuvia katkoja.



KAAVIO 1. keskeytysten ja jännitetöiden suhde

#### 4.4 Töiden jaottelu

Yksi suurimmista töiden aiheuttajista oli muuntajan vaihdot. Muuntajan vaihdot tässä jaottelussa sisältävät työt, joissa tehtiin pelkkä muuntajakoneen vaihto sekä pylväsmuuntamon korvaaminen puisto/maaseutumuuntamalla.

Muuntajan huolto/korjaus nimellä merkityt työt sisältävät öljyjen vaihdot, maadoituksen korjaukset sekä muuntajan erotinhuollot.

Pienjännitepuolen keskeytyksiä aiheuttavia töitä olivat jakokaappi-, keskus- tai varoketöitä. Näistä keskeytyksistä valtaosa aiheutui varokekytkimien lisäyksistä muuntamoilla. Varokekytkintä ei voida yleensä lisätä jännitetyönä, koska etäisyydet eivät ole riittävät. Uuden varokekytkimen lisäys edellyttää usein työskentelyä muuntajan kannella.

Johtojen ja kaapeleiden kytkemiset olivat töitä, jotka liittyivät usein muihin töihin, kuten muuntajien vaihtoihin tai kaapelisaneerauksiin. Näille katsoin kuitenkin parhaaksi tehdä oman ryhmän, koska niiden yhdistäminen muihin töihin oli vaikeaa.

Erottimen modernisointeja oli määrällisesti eniten. Näin merkityt työt pitävät sisällään joko koko erotinlaitteiston vaihdot tai moottoriohjauksen asennukset käsikäyttöisille erottimille.

SA huollolla/koestuksella merkityistä töistä suuri osa oli releistykseen liittyviä töitä, kuten erilaisia testauksia.

JT-katkopaikan rakennus oli myös työ, joka liittyi usein muihin töihin. Katsoin tässäkin tapauksessa parhaaksi tehdä kyseiselle työlle oman ryhmän, sillä sen yhdistäminen muihin ryhmiin oli vaikeaa.

Ulkopuolisella rakennustyöllä nimetyt työt ovat töitä, jotka johtuvat pyydetystä katkosta, esimerkiksi silloin kun linjan alla on kaivuutyömaa tai korkea kuljetus.

Virheen korjaukset olivat puolestaan töitä, jotka oli nimetty selkeästi siten, että ne voitiin tulkita vanhan virheen korjaukseksi. Virheen korjaus ryhmään ei tullut juuri lainkaan töitä.

Tarkemmat määrät kaikista näistä töistä sekä ryhmiin jaottelusta löytyy liitteestä 1.

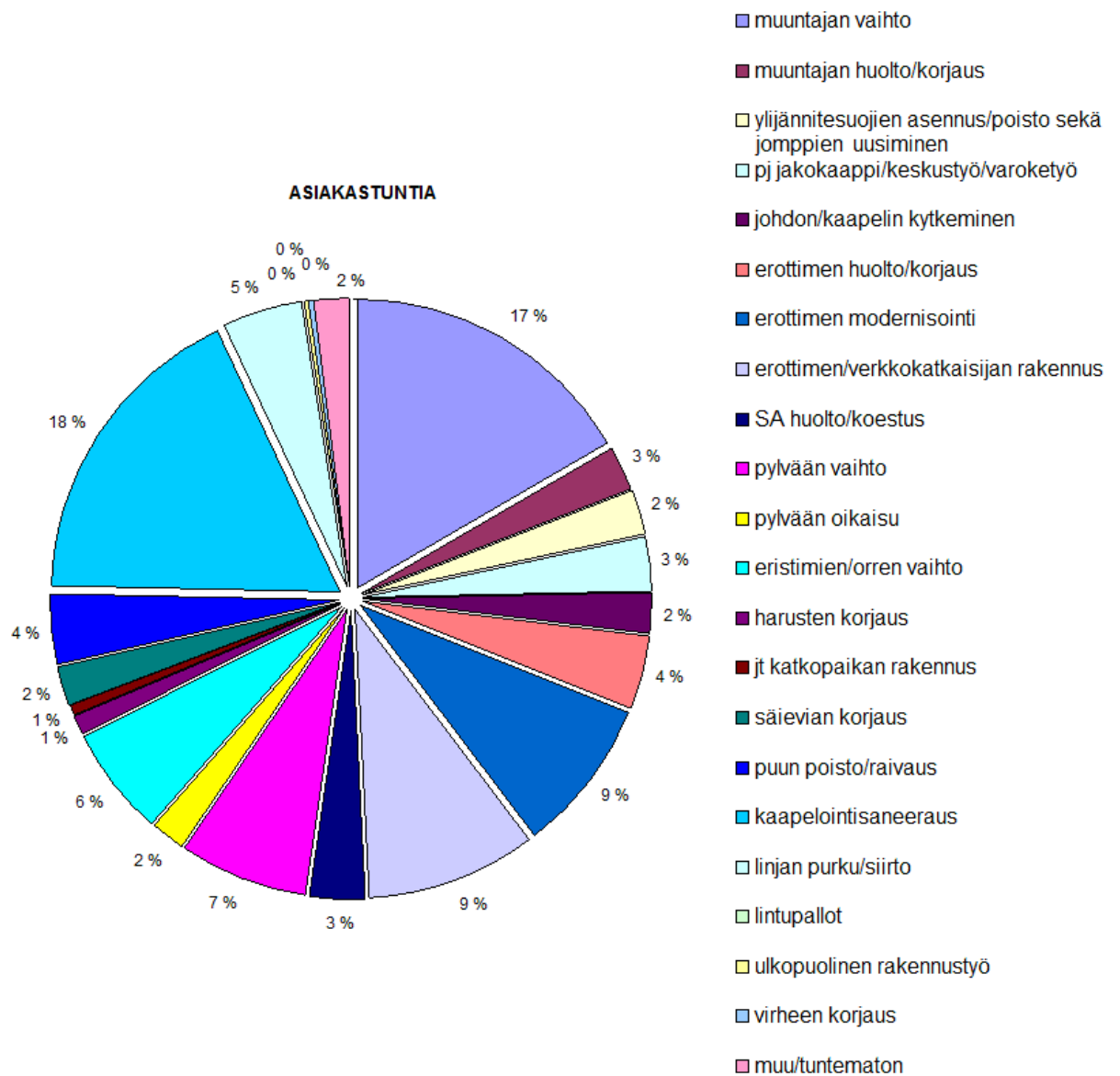
Tulevaisuudessa erottimen modernisointeja on jonkin verran vähemmän, koska vuonna 2010 oli suuri erottimien modernisointi kokonaisuus, ja näin erottimia ei modernisoida tällaisia määriä jatkossa. Saneerausten määrä tulee tulevaisuudessa kasvamaan, koska maakaapelointeihin ollaan siirtymässä kovaa vauhtia, niiden luetettavuuden sekä pienien ylläpitokustannuksien vuoksi. Lisäksi saneerausvauhtia kiihdyttää se tosiasia, että suurin osa nykyisestä ilmajohtoverkosta ei ole enää kauaa käyttökunnossa.

TAULUKKO 1. töiden kappalemäärät

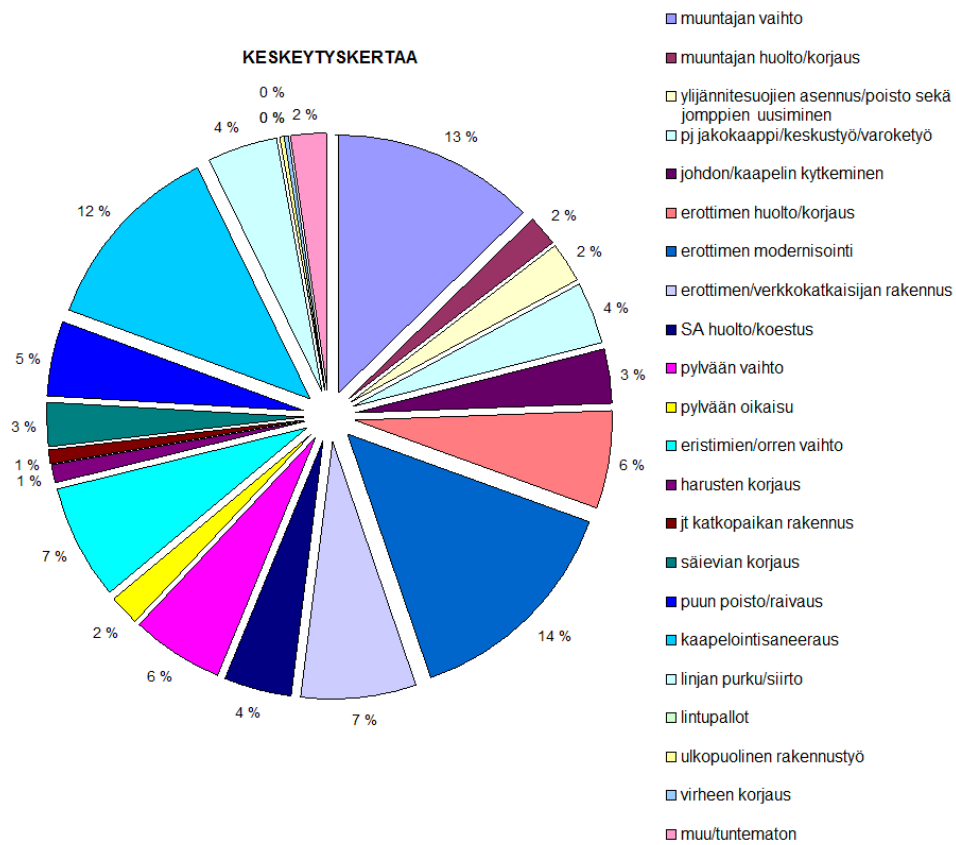
muuntajan vaihto	403
muuntajan huolto/korjaus	46
ylijännitesuojien asennus/poisto sekä jomppien uusiminen	71
pj jakokaappi/keskustyö/varoketyö	162
johdon/kaapelin kytkeminen	72
erottimen huolto/korjaus	140
erottimen modernisointi	441
erottimen/verkkokatkaisijan rakennus	270
SA huolto/koestus	54
pylvään vaihto	127
pylvään oikaisu	57
eristimien/orren vaihto	103
harusten korjaus	18
jt katkopaikan rakennus	45
säievian korjaus	53
puun poisto/raivaus	68
kaapelointisaneeraus	223
linjan purku/siirto	67
lintupallot	18
ulkopuolinen rakennustyö	27
virheen korjaus	12
muu/tuntematon	56
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>2533</b>

#### 4.5 Töistä aiheutuneet haitat

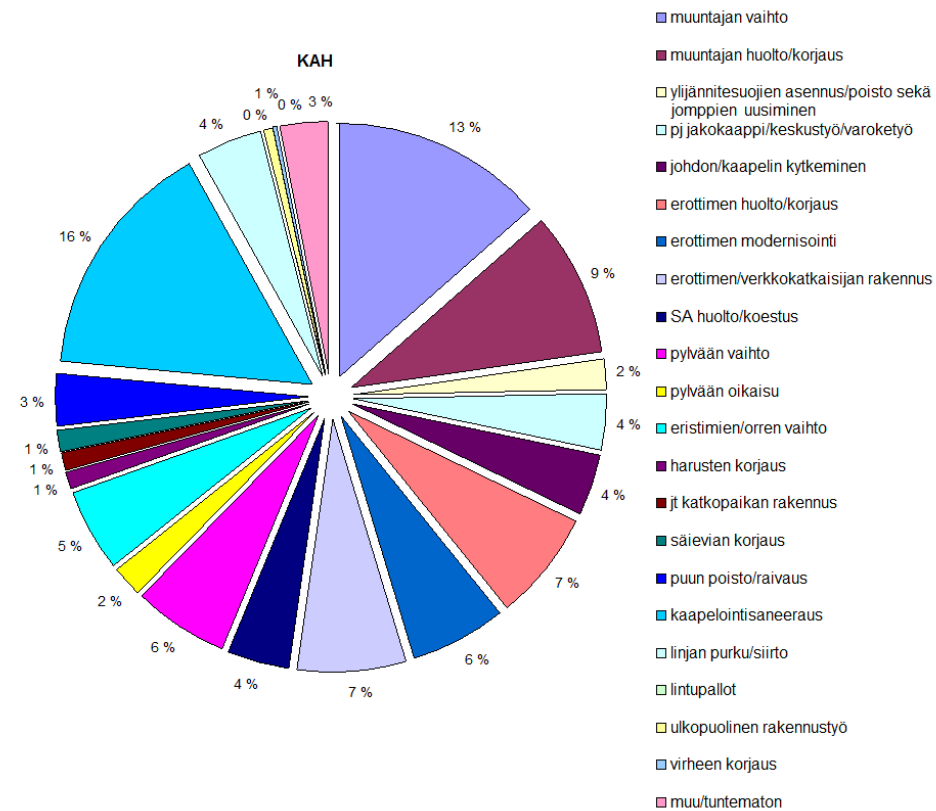
Saamassani tilastossa näkyi asiakkaalle aiheutuneet keskeytystunnit, KAH-arvot sekä keskeytyskerrat. Erilaisten töiden aiheuttamat haitat laskettiin yhteen ja niistä tehtiin kaaviot. Kaavioista voidaan nähdä, että töiden haitat ovat lähes yhtä suuria, tutkitaanpa niitä sitten asiakastuntien, KAH-arvon tai keskeytyskertojen perusteella. Suurimmat keskeytyshaittojen aiheuttajat ovat kaapelisaneeraukset sekä muuntajan vaihdot. Erottimien modernisoinnit eivät aiheuttaneet kovin paljoa keskeytyksiä, koska modernisoinnit on tehty joko korjauskaapelia apuna käyttäen tai erottimelle on lisätty ainoastaan moottoriohjaus. Kaikista kolmesta kuvaajasta löytyy tarkemmin taulukkona liitteestä 1.



KAAVIO 2. töistä aiheutuneet asiakaskatkotunnit prosentteina

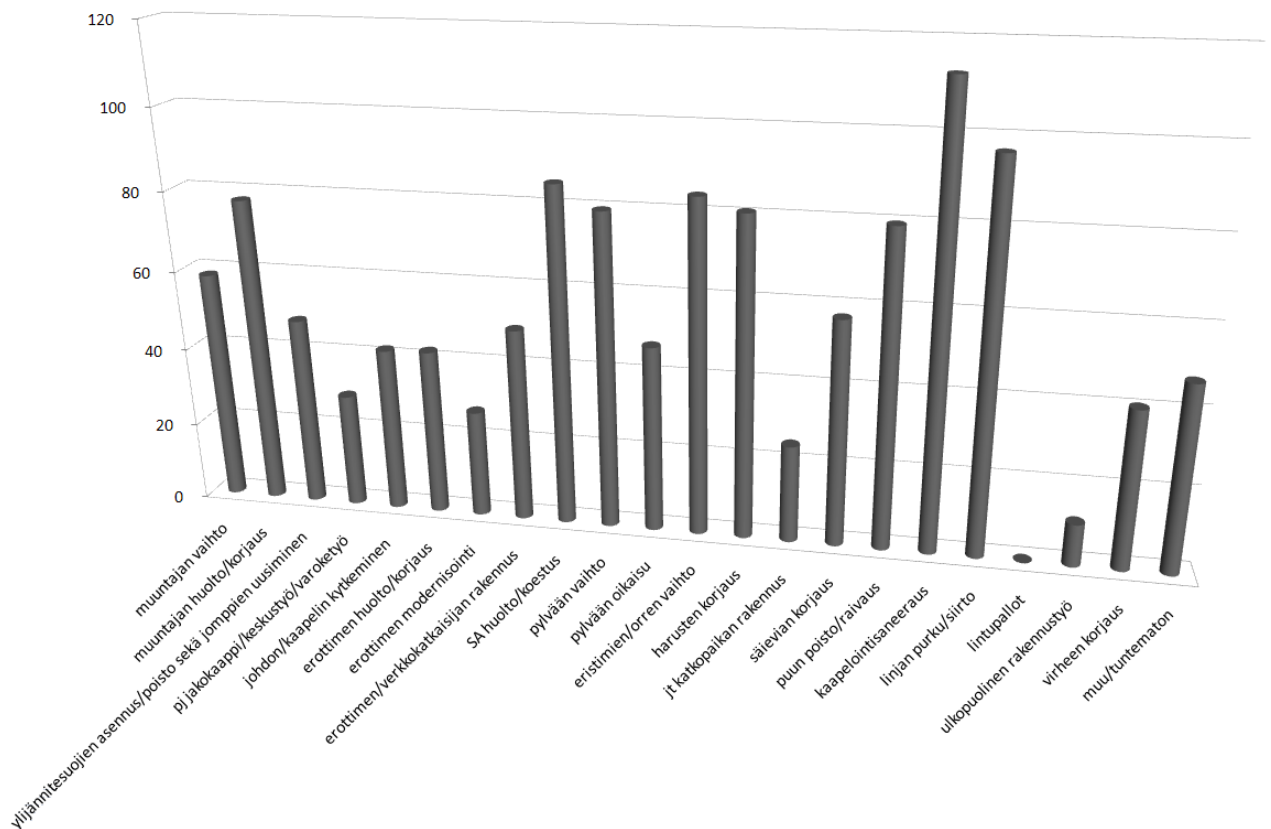


KAAVIO 3. töistä aiheutuneet asiakaskeskeytykset prosentteina



KAAVIO 4. töistä aiheutunut KAH prosentteina

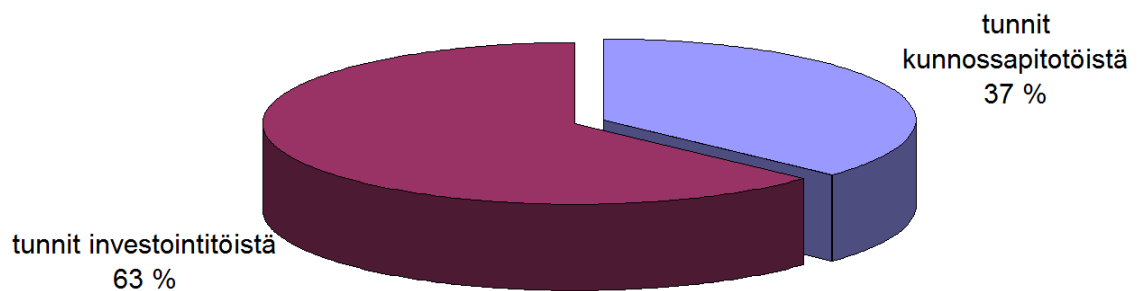
Jos tarkastellaan yksittäisten töiden aiheuttamia asiakastunteja, suurin asiakastuntien aiheuttaja on kaapelisaneeraukset. Toiselle sijalle yltää linjan purku/siirtotyöt, jotka usein liittyvät juuri kaapelointisaneerauksiin. Kaavio on saatu laskemalla yksittäisten töiden keskimääräisesti aiheuttamat asiakastunnit.



KAAVIO 5. Yksittäisten töiden aiheuttamat keskimääräiset asiakastunnit

#### 4.6 Investointityöt sekä kunnossapitotyöt

Työt voidaan melko helposti jakaa sähköyhtiöstä riippumatta kahteen ryhmään: kunnossapito- sekä investointitöihin. Kunnossapitotöihin kuuluu kaikki huoltotyöt ja korjaukset. Investointityöt puolestaan sisältää suurempien kokonaisuuksien uusimiset kuten koko muuntamon vaihdon sekä kaapeloinnit.



KAAVIO 6. investointitöiden sekä kunnossapitotöiden aiheuttamat asiakastunnit

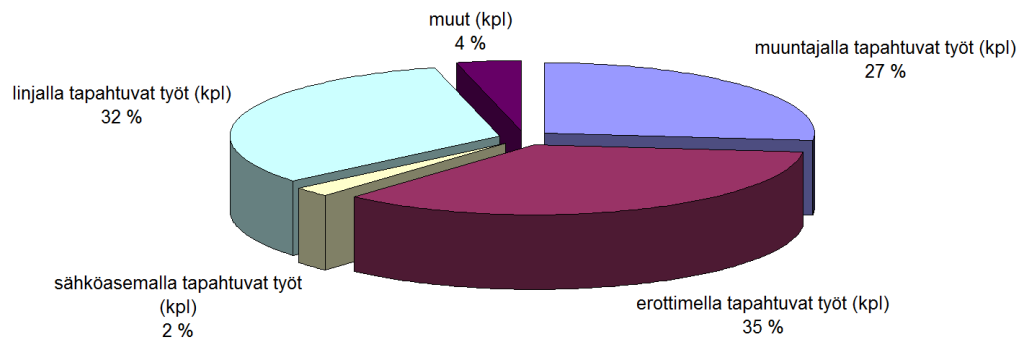
Tulos tuli yllätyksenä, koska monilla, mukaan lukien allekirjoittaneella, oli oletuksena että kunnossapitotyöt aiheuttavat suurimman osan keskeytyksistä. Vaikka investointitöistä tulee suunniteltuja keskeytyksiä melko paljon, ne saadaan takaisin vikakeskeytysten vähenemisessä nopeasti. Maakaapeli verkko on monin verroin luotettavampaa kuin ilmajohto.

#### 4.7 Töiden jako sijainnin perusteella.

Lopuksi jaoin työt vielä sijainnin perusteella. Taulukosta ja kaaviosta on helposti luettavissa kuinka suuri osa töistä kohdistuu muuntajille, erottimille sekä linjalle.

TAULUKKO 2. Töiden jakauma työkohteisiin

	muuntajalla tapahtuvat työt (%)	erottimella tapahtuvat työt (%)	sähköasemalla tapahtuvat työt (%)	linjalla tapahtuvat työt (%)	muut (%)
muuntajan vaihto	16 %	0 %	0 %	0 %	0 %
muuntajan huolto/korjaus	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %
ylijännitesuojien asennus/poisto sekä jomppien uusiminen	3 %	0 %	0 %	0 %	0 %
pj jakokaappi/keskustyö/varoketyö	5 %	0 %	0 %	2 %	0 %
johdon/kaapelin kytkeminen	1 %	1 %	0 %	0 %	0 %
erottimen huolto/korjaus	0 %	6 %	0 %	0 %	0 %
erottimen modernisointi	0 %	17 %	0 %	0 %	0 %
erottimen/verkkokatkaisijan rakennus	0 %	11 %	0 %	0 %	0 %
SA huolto/koestus	0 %	0 %	2 %	0 %	0 %
pylvään vaihto	0 %	0 %	0 %	5 %	0 %
pylvään oikaisu	0 %	0 %	0 %	2 %	0 %
eristimien/orren vaihto	0 %	0 %	0 %	4 %	0 %
harusten korjaus	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %
jt katkopaikan rakennus	0 %	0 %	0 %	2 %	0 %
säievian korjaus	0 %	0 %	0 %	2 %	0 %
puun poisto/raivaus	0 %	0 %	0 %	3 %	0 %
kaapelointisaneeraus	0 %	0 %	0 %	9 %	0 %
linjan purku/siirto	0 %	0 %	0 %	3 %	0 %
lintupallot	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %
ulkopuolinen rakennustyö	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %
virheen korjaus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
muu/tuntematon	0 %	0 %	0 %	0 %	2 %
<b>yhteensä</b>	<b>27 %</b>	<b>35 %</b>	<b>2 %</b>	<b>32 %</b>	<b>4 %</b>



KAAVIO 7. Töiden kappalemäärät työkohteissa prosentteina

#### 4.8 Töiden analysoinnin epäkohtia

Töiden jaottelu oli kokonaisuudessaan hankalaa. Töiden kuvaus saattoi olla epätarkka ja eri työt liittyvät usein toisiinsa. Esittämäni kaaviot ja taulukot ovat kaikki melko karkeita ja suuntaa antavia.

Tein työkohtaisen analyysin, jossa näkyi jännitetöiden osuudet eri työtyypeissä. Katsoin kuitenkin saadun tuloksen esittämiskelvottomaksi liian epätarkkuuden vuoksi. Monessa työssä on jännitetyö-osa sekä suunniteltu keskeytys-osa. Tämä antaa väärän kuvan esimerkiksi muuntajien vaihdoista, joita ei voi tehdä jännitetyönä. Analysoinnin tuloksena muuntajan vaihdoista olisi tehty jännitetöinä 17 prosenttia, mutta todellisuudessa se on vain osa muuntajan vaihtoa. Tulokset jännitetyöosuuksista eri työtyypeissä löytyy kuitenkin liitteestä.

Töiden tiedot olivat kirjattuna kahteen eri järjestelmään: töiden tarkat keskeytysajat löytyivät Tekla DMS käytöntukijärjestelmästä ja töiden tarkempi kuvaus löytyi AVUX töidenhallintajärjestelmästä. Näiden kahden yhdistäminen oli aluksi ongelma, mutta pohdintojen ja monien ihmisten apujen jälkeen työt saatiin kuitenkin yhdistettyä kahdesta eri järjestelmästä yhteen taulukkoon.

Tuloksia vääristävät myös hieman suuret tilaukset. Vuonna 2010 oli suuri kauko-ohjattavien erotinasemien modernisointiprojekti, joten erottimien modernisoinneista aiheutuneet haitat eivät ole tulevaisuudessa niin suuressa roolissa. Vuonna 2012 on tulossa laaja sähköasemien releistyksen uusiminen, joka tietenkin lisää sähköasemista johtuvia suunniteltuja keskeytyksiä.

## 5 HUOLTOKATKOKSIEN VÄHENTÄMINEN

Tässä kappaleessa olen pohtinut keinoja keskeytysten vähentämiseksi erilaisissa työkohteissa ja työtyypeissä. Esille on otettu lähinnä epäkohtia joiden parantamista tulevaisuudessa kannattaa harkita.

### 5.1 Verkko

#### 5.1.1 Kaapelointi ja uusi verkkotopologia

Niin kuin aiemmin mainitsin, kaapeloinnissa on useita etuja, mutta se tuo mukanaan myös ongelmia. Maan alla kulkevissa kaapeleissa olevien vikojen paikallistaminen on hankalampaa kuin ilmajohtovikojen. Niiden korjaaminenkin vie hieman enemmän aikaa, koska ennen työtä kaapelit pitää kaivaa maan sisältä esiin.

Varavoimakäyttöä ajatellen kaapeloiduissa verkoissa on vähän pisteitä joihin voimakoneen voisi kytkeä. Ilmalinjassa on paljon liitoksia ja jopa avoimia johtoja joihin varavoimakoneen saa lisättyä suhteellisen helposti. Maakaapeliverkossa liittämiskohtia on parhaiten muuntamoilla.

Maakaapelia jännitteellisenä kytkettäessä kaapelin pituus saa olla maksimissaan yhden kilometrin, kun vastaava ilmajohtoon mitta on 25 kilometriä. Tämä johtuu maakaapelin huomattavasti suuremmasta kapasitanssista.

Edellisen kappaleen tilannetta vaikeuttaa vielä se, että nykyisissä muuntamoissa ei juuri ole erottimia. Tästä seuraa se, että muuntajaa linjaan kytkettäessä sen tyhjäkäyntivirrat saattavat aiheuttaa valokaaren. Vaarallinen kytkentävirta (varausvirta) on 1,5 ampeeria, jota ei saa ylittää. (Pitkänen 2008,24)

## 5.1.2 Rengasyhteydet

Rengasyhteydet parantavat verkon luotettavuutta monessakin eri tilanteessa. Suunnitelluissa keskeytyksissä jännitteettömät alueet jäävät huomattavasti pienemmiksi, jos on mahdollista käyttää rengasyhteyttä. Jos verkko on säteittäinen ja verkossa on jokin huollettava kohde, jonka huoltamiseen tarvitaan katko, jäävät kaikki huollettavan kohteen takana olevat asiakkaat ilman sähköä. Rengasmaisessa verkossa voidaan kohteen molemmille puolille toimittaa sähköä.

## 5.2 Suunnittelu

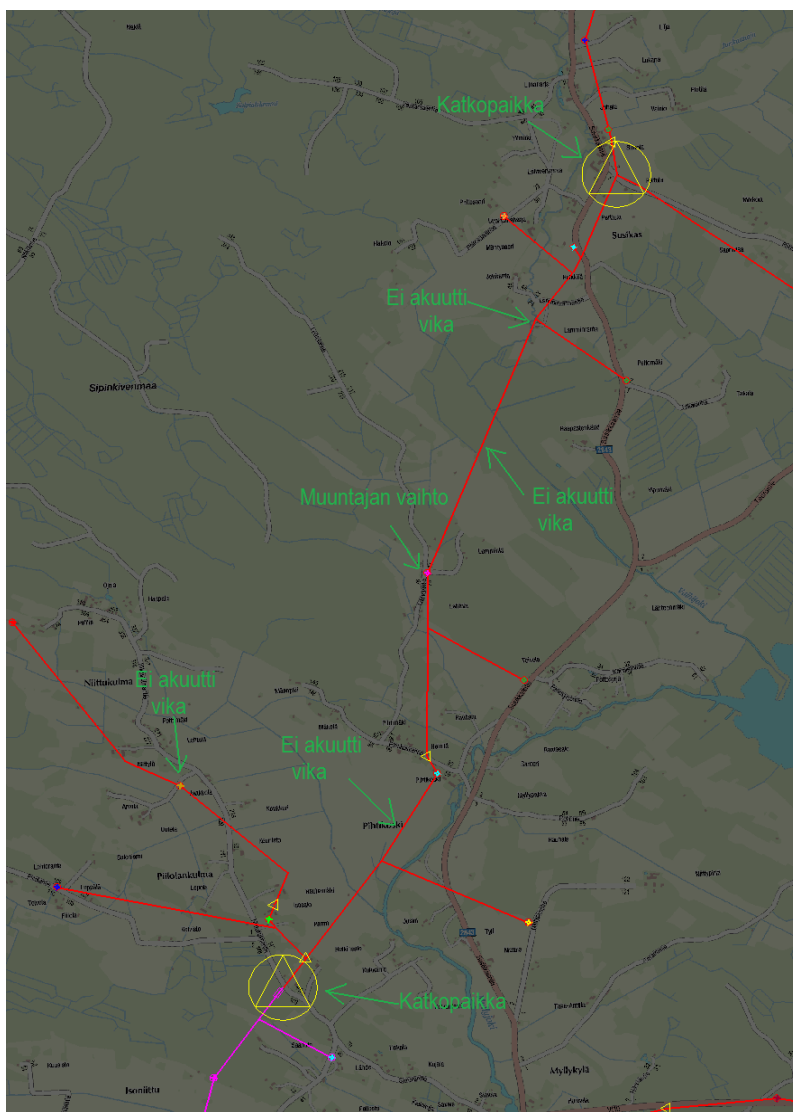
### 5.2.1 Verkonsuunnittelu sekä kytkentäsuunnittelu

Tekemissäni haastatteluissa painotettiin suunnittelun tärkeyttä. Tärkeää on suunnittelu työkohteella. Ennen katkoa työvaiheet on suunniteltava työryhmän kesken. Ennen katkoa on syytä katsoa myös kaikki työkalut sekä tarvittavat osat valmiiksi. Kaikki työvaiheet, jotka voidaan tehdä ennen katkoa, tehdään ennen kuin linjasta katkaistaan sähkö. Näin työ saadaan tehtyä sulavasti ja nopeasti. Hyvällä suunnittelulla voidaan katkoa lyhentää huomattavasti.

Suunnittelussa on tärkeää että suunnittelijat tietävät mitä menetelmiä työn teki-jällä on käytettävissä. Kun tiedetään mitä resursseja on käytössä, on helpompi suunnitella jännitetöitä. Loppujen lopuksi se on suunnittelijasta kiinni tehdäänkö työ jännitetyönä vai katkolla.

Vattenfallilla on tulossa käyttöön niin sanottu KVR (kokonaisvastuuraken-taminen) malli, jolla tarkoitetaan sitä että urakoitsija hoitaa suunnittelun ja ra-kentamisen. Tämä parantaa toimintaa siinä mielessä, että urakoija tietää käytet-tävissä olevan kaluston ja tuntee verkon oman vastualueensa paremmin.

Suunnittelussa on tärkeää, että huomataan kohteet jotka voidaan tehdä samalla katkolla. Esimerkiksi oheinen kuva: keskellä kuvaa oleva muuntajakone on tullut tiensä päähän ja on vaihdettava melko pian. Muuntajakoneen vaihto voidaan tehdä vain silloin, kun koko linjaosuus on jännitteetön. Samaan aikaan kannattaa korjata linjan muut viat, jotka eivät ole vielä kiireellisiä. Usean työryhmän avulla kaikki työt voidaan tehdä samassa ajassa kuin muuntajan vaihto, näin katkon pituus ei kasva, mutta kaikki työt saadaan tehtyä ja myöhemmin ei tarvita uusia katkoja muiden töiden tekemiseen. Vaikka miestyötunteja tulee paljon, kokonaisuuden kannalta työ tulee halvemmaksi ja asiakastunteja säästy.

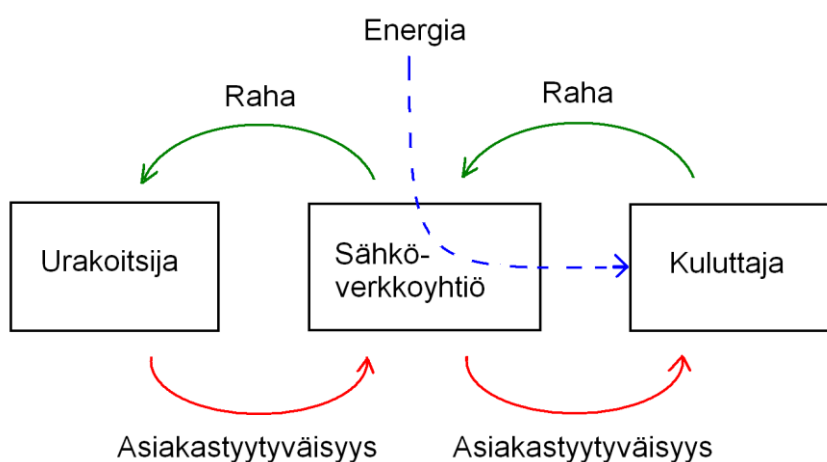


KUVA 2. kuvitteellinen vikatilanne

## 5.2.2 Kustannuksista yleisesti

Suuri kysymys, sähköverkon parissa työskentelevien ihmisten huulilla on; kuinka paljon asiakastyytyväisyys maksaa. KAH arvo ja muut lasketut haittaa kuvaavat tunnusluvut ovat hyviä, mutta ne eivät kerro koko totuutta. Todellista haittaa on mahdotonta laskea. Haitan tarkempaan yksityiskohtiin vaikuttaa sillä hetkellä käytössä olevat laitteet: esimerkiksi tietokoneen uudelleenkäynnistyminen aiheuttaa huomattavasti enemmän haittaa kuin valojen räpsähdys.

Verkkoyhtiö saa tuottonsa kuluttajilta ja vastaavasti verkkoyhtiö tekee asiakkaansa tyytyväisiksi toimivalla sähkönjakelulla. Urakoijat tekevät verkkoyhtiön tarvitsemat huolto ja rakennustyöt ja saavat verkkoyhtiön tyytyväiseksi verkon rakennus ja kunnossapidon toimiessa moitteetta.



KUVIO 5. Asiakastyytyväisyys

Mitkä ovat ne rajat jotta jännitetyötä kannattaa tehdä? Mistä voimme tietää kuinka paljon todellista haittaa sähkökatkosta asiakkaille on? Nämä ovat todella vaikeita kysymyksiä. Ja niitä on pohdittu kaikilla verkkoyhtiöillä varmasti monien otteeseen.

Joissakin töissä on ongelmana kiinteähintaisuus. Jos esimerkiksi erottimen vaihto on hinnoiteltu kiinteästi, ja jännitetyö maksaa huomattavasti enemmän urakoitsijoille, on todennäköistä, että vaihto tehdään katkolla, koska urakoitsijat eivät aina koe jännitetöistä vastaavanlaista hyötyä kuin verkkoyhtiö.

Kiinteähintaisuus on myös ongelma tilanteissa joissa katkon pituutta voitaisiin lyhentää lisätyöllä. Joissain kohteissa työt ovat monessa paikassa, ja erottimien käytöllä voitaisiin osaa katkoista lyhentää. Tällaisessa tilanteessa katkoaluetta ei kuitenkaan rajata, koska erottimien käyttö vie aikaa ja urakoitsija ei saa tehdystä lisätyöstä lisätuloa. Myös tässä urakoitsija ei koe vastaavanlaista hyötyä kuin verkkoyhtiö.

### 5.3 Jännitetyöt

#### 5.3.1 Työt joihin on olemassa jännitetyömenetelmä

Selvittäessäni mihin töihin on olemassa jännitetyömenetelmä, sain Vattenfallilta taulukon, joka oli alun perin tehty visimind helikopterikuvissa todettujen vikojen korjaamiseen. Päivitin taulukkoa haastatteluista saamieni tietojen perusteella ja sain sen alla olevaan muotoon.

TAULUKKO 3. Työt joihin on jännitetyömenetelmä

työtyyppi/vika	x= käytettävissä (x)= Tarvittaessa / mahdollinen poikkeuksin				
	Katkoton työ	JT-tö	Varavoima	Katkotyö	
ERISTIMEN VAIHTO tukieristin		(x)			Menetelmä tarkistettava
ERISTIMEN VAIHTO vetoeristin				x	Menetelmä tarkistettava
ERISTIN IRTI		(x)			Menetelmä tarkistettava
ERISTIN VIROSSA		(x)			Orren vaihto?
EROTTIMEN OHJAIMEN KORJAUS	x	(x)			Kuvaa katsottava
EROTTIMEN MAADOITUKSEN KORJAUS	x				
EROTTIMEN PUHDISTUS		x			
EROTTIMEN PUUTTEELLINEN SUOJAUS	(x)				Kuvaa katsottava
EROTTIMEN SUOJAPUTKEN ASENNUS	(x)				Kuvaa katsottava
VIALLISET KATKAISUPIISKAT				x	Jos säätö ei riitä
HARUKSEN ALAPÄÄN ASENNUS/KIRISTYS	x				
HARUS PAINUNUT PYLVÄÄN SISÄÄN		(x)		(x)	Voi johtaa pylvään uusintaan
HARUKSEN YLÄPÄÄ KORJAUS		(x)		x	Menetelmää kehitettävä
VIALLISET MUUNTAJAN ERISTIMET		(x)	x		Muuntajan vaihto ?
MUUNTAJA VUOTAA		(x)	x		Paikkaus hankalaa -> Muuntajan vaihto ?
MUUNTAMON ELÄINSUOJIEEN ASENNUS		(x)	x		
MUUNTAMON JOHDOTUKSEN KORJAUS		(x)	x		katko jos johdotukset muuntajan kannella
MUUNTAMON MAADOITUKSEN KORJAUS	x		(x)	(x)	Erottimen alapuolella yli 1m olevat viat voi tehdä jt
MUUNTAMON PUHDISTUS		(x)			
MUUNTAMON SUOJARAUDAN ASENNUS	x				
MUUNTAMON TUPLASUOJAUKSEN POISTO		x			silikonisukka
VIALLINEN ORSI		(x)			taso orsi, suoralla linjalla, etäisyydet!
PJ-VAROKEYTKIN ETÄISYYYS MAASTA < 3 M			x		
PJ-VAROKEYTKIN ETÄISYYYS SUURJÄNN. < 1 M			x		Minimi muuntamolla 0,35m, johtoon 1,72m
PJ VAROKEYTKIN RIKKI		(x)	x		Muuntaja erotin ?
HARUSERISTIMEN VAIHTO TAI LISÄYS		x			Menetelmä tarkistettava
PYLVÄÄN OIKAISU JA UPOTUS	x				JK:t pois
PYLVÄÄN VAIHTO		(x)			suoralla linjalla
PYLVÄÄN JOHDOTUKSEN KORJAUS				(x)	riippuu kohteesta
PYLVÄÄN KAAPELIPÄÄTTEEN UUSIMINEN		(x)			kytkentä järjestelyt ?
PYLVÄÄN KALLIOVINOTUEN ASENNUS	x				
PYLVÄÄN MAADOITUKSEN KORJAUS	x			(x)	
LINJAN SÄIEVIAN KORJAUS		(x)		(x)	kohtaan voidaan tehdä jt-katkoipaikka?
PYLVÄÄN YLIJÄNNITESUOJAN ASENNUS		(x)			
MERKINNÄT/VAROITUSMERKINNÄT	x				>1.5m kj osista
PYLVÄS LATVA HALKI		(x)		(x)	latvan lyhennys jos pylväs riittävän pitkä
PYLVÄS MURTUNUT	(x)				juurituki tai vastaava

### 5.3.2 Jännitetyöt yleisesti

Jännitetöiden suurimpia ongelmia ovat asenteet. Jännitetöitä on tehty KJ puolelta nyt noin 15 vuotta ja asenteet eivät juuri ole muuttuneet. Töihin on olemassa tarkat ohjeet ja kunnolliset työkalut, mutta silti töitä vieroksutaan. Sähköverkon rakennus- ja kunnossapitotöitä tekevät tuntuvat pelkäävän korkeaa jännitetasoa, vaikka työkalut ja työmenetelmät on suunniteltu kyseiselle jännitetasolle. 20kV jännitetöihin on peruskoulutettu nyt yli 700 henkeä sekä 20kV erotinhuoltoihin ja sisäkojeistojen puhdistukseen on koulutettu yli 200 henkeä. (Pitkänen 2009). Näiden koulutuksien tärkeimpiä asioita on juuri turvallisuus.

Jännitetöiden toisena suurena ongelmana on työkalujen korkeat hinnat. Työkalujen hinnat ovat kylläkin tippuneet noin kolmasosaan siitä mitä ne olivat kun jännitetyöt tulivat Suomeen, mutta silti kahden hengen JT työryhmän jännitetyökalut maksavat noin 10 000 euroa. Kalliita ovat varsinkin erikoistyökalut, kuten pylvään vaihtoon tarvittava väliaikainen komposiittipylväs.



KUVA 3. Vertekin JT työryhmän kalustoa

Jännitetöitä tehtäessä tarvitaan käytännössä aina nostokori. Työt onnistuvat periaatteessa pylvääseen kiipeämällä, mutta kaksi työntekijää samassa pylväässä hankaloittavat toistensa työskentelyä ja asettaa pylvään kestävyyskin koviille. Myös keskeytyksien kautta tehdyissäkin töissä työt tehdään valtaosaksi nostokorista ja näihin töihin urakoitsijoilla on useita nostokoreja, joten niiden käyttö ei ole sinänsä ongelma. (Haastattelut)



KUVA 4. Vertekin maastokuorma-auto ja nostokori

Jännitetyöt ovat pienillä työmäärillä hitaita, koska rutiinia työhön ei ole vielä tullut. Mutta jos tietyn tyyppisiä töitä tehdään esimerkiksi viikoittain ne muuttuvat jopa nopeammaksi kuin keskeytyksellä tehdyt työt, koska maadoitusta ja jännitteiden mittailuja ei tarvitse tehdä.

### 5.3.3 Pylvään vaihto

Pylvään vaihdosta jännitetyönä on puhuttu paljon, mutta Vattenfallin jakelualueella vaihtoja ei ole tehty kuin kourallinen. Joillain alueilla tämänkaltaiset työt ovat jo rutiiniluontoisia. Pylvään vaihto onnistuu helpoiten JT työnä taso-orrella varustettuun suoralla linjaosuudella olevalle pylväälle. Tämän tyyppiset, ovat yleensä uudempia. Vaihtokunnossa olevat vanhat pylväät on perinteisesti toteutettu koukkutyypisellä orsi/eristin ratkaisulla.



KUVA 5. pylvään vaihto väliaikaista pylvästä apuna käyttäen (Pitkänen 2010)

Hankalimmat kohdat pylvään vaihtotyössä ovat johtojen sitomiset sekä, jos kyseessä on koukkulinja ongelmia tuottavat etäisyydet. Johtojen sitominen toteutetaan esijännitetyllä sidoksella jotka muistuttavat hieman joustia. Esijännitetyt sidokset kierretään johdon ympärille ja se pitää sen paikoillaan. Esijännitetyt sidokset on suunniteltu helppokäyttöisiksi, mutta ei suoranaisesti jännitetöihin. Ongelmia tuottavat myös metalliset orret valokaarivaaran vuoksi. Lisäksi pylvään vaihtojen tekemistä haittaa se, että urakoitsijat pelkäävät jännitetyönä tehtäviä

pylväänvaihtoja olevan niin vähän, ettei vaihtoon tarvittava kalustoa kannata hankkia. (Haastattelut)

#### 5.3.4 JT katkopaikka

Vattenfall Verkolla on pidetty sääntönä että JT katkopaikka rakennetaan, jos se työn yhteydessä säästää yli 100 asiakastuntia. Tämä ajattelutapa on perustettu siihen että näillä asiakastunneilla katkopaikka maksaa itsensä takaisin. JT katkopaikkoja on rakennettu melko paljon ja näin on säästetty paljon katkoilta. JT katkopaikka voidaan rakentaa jännitetyönä ja sillä voidaan erottaa verkosta kuormittamaton osa. JT katkopaikan rakentamiseen tarvitaan pääsääntöisesti nostokori, koska itse komponentti on melko pitkä (lähes kaksi metriä) ja pylväältä työskenneltäessä sauvojen pituudet eivät tahdo riittää. Vaikka JT katkopaikka rakennetaan nostokorista, pitää muistaa sijoittaa se sellaiseen kohtaan, että sitä voidaan pylväältä käyttää. JT katkopaikan käyttö on helppoa ja sen voi tehdä pylväältä. JT liittimetkin ovat kokemuksen perusteella toimineet hyvin.



KUVA 6. vielä asentamaton JT katkopaikka

### 5.3.5 Korjauskaapeli

Korjauskaapelit ovat muutamissa kohteissa, kuten erottimen huolloissa hyödyllinen apuväline. Ne voidaan kytkeä erottimen rinnalle siten että erotin saadaan jännitteettömäksi ja asiakkaille ei aiheudu keskeytyksiä. Korjauskaapeleiden ongelmana on niiden käyttöön tarvittava työmäärä. Esimerkiksi tässä erottimen huoltotyössä joudutaan rakentamaan kaksi JT katkopaikka ja tekemään useita kytkentöjä. Lisäksi korjauskaapelin käyttöä vähentää sen kallis hinta. Kohteita joissa korjauskaapelia voidaan käyttää, on suhteellisen vähän. Korjauskaapelit ovat melko painavia, joten niiden siirtely muuttuu pitkillä matkoilla vaikeaksi tai jopa mahdottomaksi. Parhaiten korjauskaapeli toimii kahden pylväsvälin korvaukseen, joka on hieman yli sata metriä. Ottaen huomioon pylväiden korkeuden ja mutkat, tähän työhön tarvittava kaapelin pituus on noin 150 metriä. Tämänkin pituinen kaapeli painaa jo noin 200 kiloa.



### 5.3.7 Kipinäsarvet ja kaksoissuojaus

Kipinävälisuojausten eli niin sanottujen kipinäsarvien poisto tulee ajankohtaiseksi kun niiden tilalle asennetaan tehokkaampi virtaa rajoittava suoja. Kipinäsarvien poisto tapahtuu joko poistamalla ne kokonaan tai suojaamalla ne silikoni sukalla siten että ne eivät toimi. Silikoni sukassa on etuna että se voidaan tehdä jännitetyönä, mutta vastaavasti haittana on että se jää lähes näkymättömäksi. Kipinäsarvien käytöstä poisto silikonisukalla dokumentoidaan kyllä, mutta dokumentoinnin tarkastusta ei muisteta aina tehdä tarkastuksien yhteydessä.

Kipinäsarvia on yritetty poistaa myös johtoleikkureilla, mutta sarvet ovat melko paksua rautaa ja leikkurit eivät kestä katkaisua. Lisäksi leikkureita käytettäessä on olemassa valokaaren vaara.



KUVA 8. kipinäsarvien käytöstä poisto silikonisukalla (Pitkänen 2008)

### 5.3.8 .Muuntajan varoitusmerkinnät

Muuntajalla tulee olla varoitusnauhat muuntajan yläpuolella ja alapuolella varoit-  
tamassa vaarallisista jännitteistä. Nauhat laitetaan pylvälle muuntajan raken-  
nusvaiheessa, mutta nauhat saattavat hapertua auringonpaisteessa alle kym-  
menessä vuodessa. Varsinkin ylemmän nauhan asennus aiheuttaa ongelmia,  
koska sitä ei päästä asentamaan tavallisilla työkaluilla jos jännitteitä ei katkais-  
ta. Ylempi nauha asennetaan joko muun katkoa edellyttävän työn yhteydessä  
tai käyttämällä JT sauvaan asennettavaa vasaraa.



KUVA 9. JT vasara  
(Pitkänen 2009)



KUVA 10. erottimen rasvaukseen  
käytetty aerosolipullon pidin

Katkoa vaativia töitä muuntajilla ei ole kovinkaan usein, ja pitkän vasaran käyttö on erittäin hankalaa. Haastatteluissa ongelmaan ratkaisuksi ehdotettiin ae-  
rosolilla maalattavaa varoitusmerkki. Tähän Työhön on valmiiksi olemassa tar-  
vittavat työkalut, aerosoli pullo mitä toden näköisemmin sopii erottimen rasva-  
ukseen tarkoitettuun pullon pitimeen, ja tämän lisäksi työhön ei tarvita kuin JT  
sauva. On vielä tarkastamatta täyttääkö maalattu merkki määräykset. Maalattu  
merkintä todennäköisesti pysyisi pylväässä yhtä kauan kuin keltainen nauhakin,  
ja olisi huomattavasti helpompi asentaa.

#### 5.4 Varavoimakone

Kuten jännitetyökaluillakin, varavoimakoneiden ongelmana on korkea hinta. Yhtä keskikokoista muuntopiiriä syöttävä Voimakone maksaa useita kymmeniä tuhansia euroja. Voimakoneiden kytkeminen ja maadoittaminen vie aikaa, niiden huollot tarvitsevat resursseja ja niiden toimivuuteen ei luoteta talvella.

Harmillisesti lähes kaikki verkkoyhtiöillä olemassa olevat varavoimakoneet ovat sellaisia joita ei voi tahdistaa verkkoon. Osa voidaan tahdistaa joko kiinnitettäessä tai irrotettaessa. Hyvin harvoja koneita voidaan käyttää siten että ne eivät aiheuttaisi asiakkaille lainkaan katkoja. Lisäksi ongelmana on niiden siirtäminen. Tavallisella henkilö/pakettiautolla saa vetää vain suhteellisen pientä varavoimakonetta, koska niiden paino kasvaa tehon kasvaessa. Jos muuntopiirin on suuri, se tarvitsee suuren voimakoneen, ja siirtelyyn tarvitaan joko traktori tai kuorma-autoa. (Haastattelut)

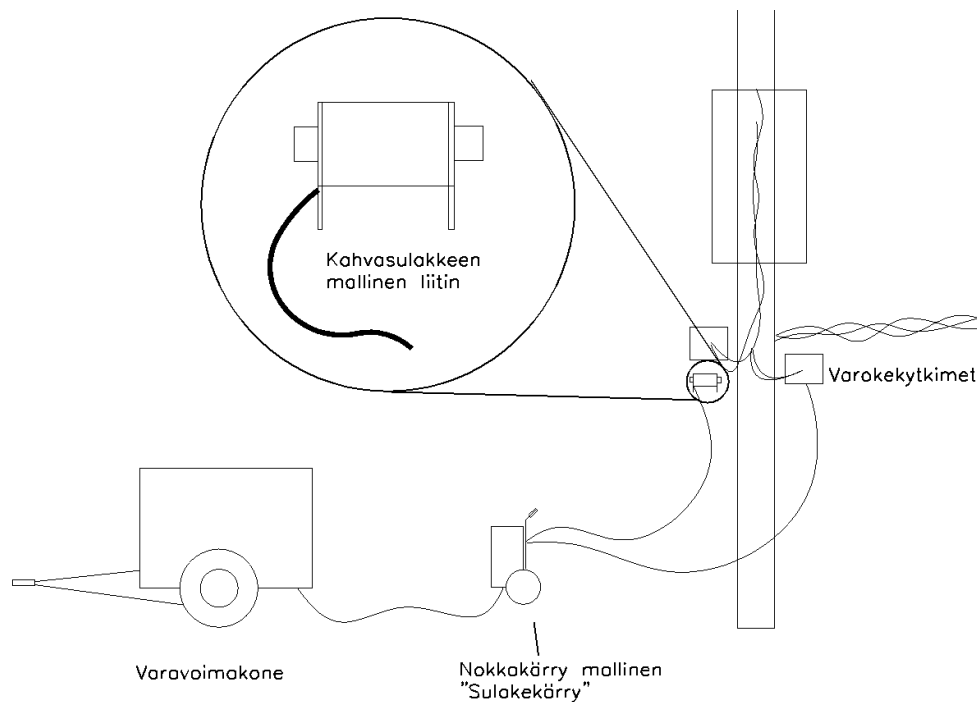
Varavoimakoneen paikan päälle saaminen voi olla ongelma myös jos muuntaja on huonossa maastossa. Jollain sähköyhtiöillä/kunnilla on ollut ohjeena että muuntajaa ei saa sijoittaa tien viereen, koska se on niin suuri maisemahaitta. Tällaisista käytännöistä on nykypäivänä pääsääntöisesti luovuttu koska huolto toimenpiteet hankaloituvat jos muuntaja on metsässä. (Haastattelut)

Varavoimakonetta käytettäessä on muistettava suojauksien toimivuus. Varavoimakoneesta ei saada mitenkään samansuuruisia oikosulkuvirtoja kuin sähköverkosta, tästä seuraa se että sulakkeet eivät toimi niille asetelluissa suojaus ajoissa. Joten muuntajan omien/samankokoisten sulakkeiden käyttäminen on melko kyseenalaista.

Haastatteluissa ilmi tulleisiin ongelmiin ratkaisuna voisi olla voimakoneen ja muuntajan väliin erillistä siirrettävää jakokaappia. Tässä mallissa voimakoneelta lähtisi yksi pidempi johto jakokaapille/kärrylle jossa olisi voimakoneen oikosulkuvirroille sopivimmat sulakkeet. Jakokaappi olisi sijoitettu muuntajan välittö-

mään läheisyyteen. Jakokaapilta lähtisi jokaiselle PJ- lähdölle oma johtonsa, joissa olisi jokaiselle lähdölle oma suojaus. (Haastattelut)

Lisäksi tähän malliin voisi lisätä kahvasulakkeen mallisen liittimen, jonka voisi kytkeä suoraan varokekoteloon, näin kytkettäessä työkaluja ei juurikaan tarvittaisi. Ongelmana varokekytkimeen sopivassa liittimessä on, että sellaista ei valmiina saa mistään, vaan se täytyisi valmistaa. Lisäksi varokekytkimet ovat yleisesti aika ahtaita, eikä niitä ole suunniteltu siten, että sinne mahtuisi ylimääräisiä johtoja. Tällainen liitännämalli, jossa voimakone liitetään varokekytkimelle, tarvitsisi valitettavasti myös pieni katko



KUVIO 6. Varavoimakone, jakokaappia sekä liitin

Haastatteluissa tuli myös esille asia varavoimakoneista, joilla voisi syöttää suoraan 20kV verkkoon, esimerkiksi KJ kaapelivikojen sattuessa. Tällaisen koneen pitäisi olla kokoluokaltaan 500kVA, jotta sillä voitaisiin tarvittaessa syöttää useampaa muuntopiiriä. Tällaisen koneen tarvetta tulee miettiä tarkkaan, koska tämän kokoluokan kone on todella korkeassa hintaluokassa. (Haastattelut)

## 6 YHTEENVETO

Työssä opin ainakin sen että täysin katkottomaan sähköön ei tulla koskaan pääsemään. Vikatilanteita ja suunniteltuja keskeytyksiä tulee olemaan jatkossakin. Suunniteltuja keskeytyksiä voidaan toki vähentää edelleen hyvällä suunnittelulla sekä uusilla jännitetyömenetelmillä. Tällä hetkelle ongelmakohtia on jonkin verran, suurin osa on kiinni asenteista. Jännitetöitä pelätään yleisesti korkean jännitteen takia, vaikka työkalut ja työohjeet on korkealle jännitteelle tarkoitettu. Investointeja kalustoon ei uskalleta tehdä, koska pelätään niiden kannattavuutta. Kustannusten arviointi on tietenkin tärkeä osa keskeytysten vähentämistä, pitkällä aikavälillä jännitetyökalut kyllä maksavat itsensä takaisin. Tärkeää on tiedustella minkä tyyppisiä töitä on tulossa, ja minkälaisia investointitarpeita tulevissa töissä on. Jos suunniteltuja keskeytyksiä halutaan vieläkin vähentää, on varmaa että on tehtävä investointeja. Olemassa olevalla kalustolla tehdään pääsääntöisesti kalustolle sopivat työt, lisää investointeja on tehtävä jännitetyökalustoon, varavoimakoneisiin niin kuin työntekijöiden kouluttamiseenkin.

Tulevaisuudessa tullaan varmasti käyttämään yhä enenemissä määrin jännitetyömenetelmiä. Pelko siitä että jännitetöitä ei tehtäisi, ja että jännitetöiden tekeminen on ohi menevä vaihe, on turha. Uusia työkaluja ja menetelmiä jännitetöihin kehitellään koko ajan. Jännitetöiden lisääntymisen vuoksi on hyvä pysyä ajan tasalla työmenetelmistä, työkaluista sekä rakenteista. Tärkeää on myös eri työryhmien yhteydenpito, jotta tiedetään mitä menetelmiä on käytetty, mitä kalustoa on käytettävissä ja mitkä niistä on toimiviksi todettu. On tärkeää että urakoitsija tilaa työn jännitetyönä, jos siihen on olemassa kalusto. Jos urakoitsija huomaa että töitä, joihin on menetelmä mutta ei työkaluja, tehdään paljon, kannattaa töihin tarvittavan kaluston hankinta tehdä nopeasti. Jännitetöitä kamoksutaan yleisesti korkean jännitteen vuoksi. Tästä syystä niihin ei ikinä tule rutiini luontoista toimintatapaa, ja näin työt vaikuttavat hitailta, hankailta ja jopa vaarallisilta. Rutiinin kuitenkin muodostuttua, jännitetyöt ovat kokonaisuudessaan nopeampia ja jopa turvallisempia.

## LÄHTEET

### **Kirjallinen sekä verkkomateriaali:**

(Greenpower 2011)

Greenpower varavoimakoneen kuva saatavissa:

<http://www.hsaoy.com/aggregaatit/greenpower/index.htm>

(Harpila 2004)

Tiina Harpila 2004, Jännitetyöt jakeluverkossa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Seminaarityö

(Keskeytystilasto-ohje 2006)

Keskeytystilasto-ohje 2006. Energiateollisuus ry

(Lakervi & Partanen 2007)

Erkki Lakervi ja Jarmo Partanen 2007, Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto

(Partanen ja Verho)

Jarmo Partanen, Pekka Verho 2010, Sähkönjakelun toimitusvarmuuden kriteeristö ja tavoitetasot. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto.

(Pitkänen 2008)

Antti Pitkänen 2008 Jännitetyökirja 1 kytkentätyöt

Antti Pitkänen 2008 Jännitetyökirja 2 huoltotyöt

(Pitkänen 2010)

Muu Antti Pitkäselältä saatu materiaali

(sähkömarkkinalaki)

Sähkömarkkinalaki 17.3.1995/386

(SFS-EN 50160)

Standardi SFS-EN 50160, Yleisen jakeluverkon jakelujännitteen ominaisuudet

(Vattenfall materiaali)

Vattenfall Oy:n verkkomateriaali

**Koulutustilaisuus:**

SFS 6002 mukainen SÄTKY koulutus 7.3.2011

**Haastattelut:**

Empower 13.3.2011 Pekka Laukkarinen

Vertek 23.3.2011 Projektipäällikkö Jouni Marjamäki ja Projektivastaava Pekka Norri

**LIITTEET**

LIITE 1: Koonti keskeytystaulukosta

