

# **Talotehtaan sähkölaitteiden huolto- ja kunnossapito-ohjelman laadinta**

Iiro Papinniemi

Opinnäytetyö

Toukokuu 2017

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Sähkövoimatekniikka

Tekijä(t) Papinniemi, liro	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2017
	Sivumäärä 40	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Talotehtaan sähkölaitteiden huolto- ja kunnossapito-ohjelman laadinta</b>		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Pasi Puttonen, Harri Tuukkanen		
Toimeksiantaja(t) Jetta-Talo Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tavoitteena oli laatia Jetta-Talon ja Jet-Puun tehtaalle huolto- ja kunnossapitosuunnitelma, jota pystytään hyödyntämään kunnossapidon apuvälineenä. Tehtaalla ei ollut aikaisemmin käytössä laadittua huolto-ohjelmaa, joten kunnossapidon tapahtumisesta ei ollut seuranta. Toimeksiantajan toiveena oli, että huolto-ohjelmasta laaditaan Excel-taulukko, joka lisätään yrityksen sisäiseen verkkoon.</p> <p>Tiedonkeruu tehtaan laitteista toteutettiin pääasiassa tehdasvierailuilla, jotta saatiin selkeä kuva huolto-ohjelmaan sisältyvistä laitteista paikanpäältä. Tietoa kerättiin kiertämällä tehtaan rakennuksia huoltohenkilökunnan edustajan kanssa ja haastattelemalla henkilökuntaa. Työssä tutustuttiin jokaiseen laitetyyppiin ja määriteltiin niille suoritettavat huoltotoimenpiteet. Huoltokohteita ovat: muuntajat, keskijännitekojeistot, kompensointilaitteet, pääkeskukset, ryhmäkeskukset, maadoitukset, moottorit, nosturit, kompressorit, UPS-laitteet, paloturvallisuuslaitteet ja valaistus.</p> <p>Tehtaan sähkölaitteistot ja -laitteet listattiin kunnossapitokohteiksi ja kaikille laitteille määriteltiin yleiset kunnossapitotoimenpiteet, joiden lisäksi tarpeen vaatiessa lisättiin laitekoh- taisia tarkennuksia. Niistä laadittiin Excel-taulukko, joka sisältää laitteiden vaatimusten mukaisesti laaditun seurantakortin, tehtäväluettelon ja huoltokohdeluettelon. Lisäksi yrityksen sisäiseen verkkoon luotiin rakennuskohtainen arkisto laitekuvia ja -dokumentteja varten.</p> <p>Tuloksena oli tehtaan vaatimusten mukaisesti laadittu huolto-ohjelma ja dokumenttiarkisto. Arkistoon lisättiin valokuvia laitteista, sekä sähköiset laitedokumentit ja kopioitiin paperiset kuvat, jotka olivat vielä ajan tasalla.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) sähkölaitteiden kunnossapito, huolto- ja kunnossapito-ohjelma, talotehdas, sahalaitos		
Muut tiedot		

Author(s) Papinniemi, Iiro	Type of publication Bachelor's thesis	Date Toukokuu 2017 Language of publication: Finnish
	Number of pages 40	Permission for web publication: X
Title of publication <b>Composing maintenance and service program for electronic devices at factory for production of prefabricated houses</b>		
Degree programme Automation engineering		
Supervisor(s) Puttonen, Pasi & Tuukkanen, Harri		
Assigned by Jetta-Talo Oy		
Abstract  <p>The main goal of this thesis was to compose electronic device maintenance and service program to Jetta-Talo and Jet-Puu to help them with maintenance. The plant had no maintenance program yet; therefore, there was no monitoring on maintenance and service. The company requested that the service program was to be composed using Excel and then added to their internal network.</p> <p>Data of the plant's devices was mainly acquired during factory visits to achieve a clear view of the devices included in the service program. Data was gathered by touring the factory's buildings with a serviceman and interviewing the personnel there. Every type of device was examined, and the necessary service procedure for each of them was determined. The maintenance targets are: transformers, switch gears, reactive power compensation devices, distribution boards, grounding, motors, cranes, compressors, UPS-devices, fire safety devices and the factory's lighting.</p> <p>The factory's electrical devices were listed as maintenance targets, and the types of general maintenance procedures for each device were determined along with more detailed adjustments. An Excel table was created with the gathered data. The table includes the service schedule, maintenance procedure table and a list of maintenance targets. In addition, a building related archive was created for documents and transferred to the company's internal network.</p> <p>As a result, the factory received a detailed maintenance and service program and a document archive. The photographs and digital versions of the documents still up to date were added to the archive.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) electronic device maintenance, service program, house manufacturing plant, sawmill		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>3</b>
1.1	Opinnäytetyön tavoitteet.....	3
1.2	Jetta-Talo Oy.....	4
1.3	Tietoperusta ja tutkimusmenetelmät .....	4
<b>2</b>	<b>Sähkölaitteistot .....</b>	<b>6</b>
2.1	Luokitukset .....	6
2.2	Tarkastukset .....	7
<b>3</b>	<b>Laitteiden huolto-ohjeet ja huoltomenetelmät .....</b>	<b>8</b>
3.1	Muuntajat.....	8
3.1.1	Huolto .....	9
3.1.2	Keskijännitekojeistot .....	10
3.2	Loistehon kompensointi.....	11
3.3	Pääkeskukset .....	12
3.3.1	Pääkeskustila .....	12
3.3.2	Komponentit.....	13
3.4	Ryhmäkeskukset.....	13
3.5	Maadoitukset .....	14
3.6	Kaapelihuolto .....	15
3.7	Moottorit.....	16
3.7.1	Huolto .....	17
3.7.2	Taajuusmuuttajat.....	18
3.8	Nosturit.....	18
3.9	Kompressorit .....	19
3.10	Varavoima ja UPS .....	20
3.11	Paloturvallisuus .....	21
3.11.1	Paloilmoittimet .....	21

	2
3.11.2 Poistumisopasteet ja -valaistus .....	22
3.12 Valaistus .....	23
<b>4 Huolto- ja kunnossapito-ohjelman laatiminen.....</b>	<b>24</b>
4.1 Lähtökohdat ja tiedonhankinta .....	24
4.2 Huolto- ja kunnossapito-ohjelman rakenne.....	25
4.3 Kohteille määritetyt huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet .....	26
4.4 Sisäisen verkon dokumentit .....	32
<b>5 Pohdinta.....</b>	<b>32</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>35</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>38</b>
Liite 1. 1135/2016 Sähköturvallisuuslaki 44 §.....	38
Liite 2. Kuvakaappaus tehtäväluettelosta pääjakelujärjestelmän kohdalta ..	39
Liite 3. Kuvakaappaus huoltojen seurantakortista muuntajien kohdalta .....	40

## **Kuviot**

Kuvio 1. Jetta-Talon tehdas ja Jet-Puun sahalaitos Perhossa (Jetta-Talo Oy: Meistä N.d).....	4
Kuvio 2. ABB:n jakelumuntaja (Small distribution transformers N.d). .....	9
Kuvio 3. Esimerkkikuva sopivasti täytetystä hyllyasennuksesta (ST 51.13, 2014).....	16
Kuvio 4. Elotecin näytteenottoilmaisimien elementtivarastossa .....	22
Kuvio 5. Pakkaushallin ryhmäkeskus.....	28
Kuvio 6. ABB ACS550 -taajuusmuuttaja (ACS550 - vakiotajuusmuuttaja. N.d).....	29
Kuvio 7. Siltanosturi Jetta-Talon tiloissa .....	30
Kuvio 8. Yksi Jetta-Talon paineilmakompressoreista .....	31

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Sähkölaitteiston turvallinen ja häiriötön toiminta on tärkeää. Kunnossapidolla, kunnan valvonnalla ja määräaikaistarkastuksilla laitteiston kunnosta varmistutaan ja laitteita on turvallista käyttää. Rakennuksen ja laitteiston haltijalla on lakisääteinen velvoite huolehtia kunnossapidosta. Hyvin laadittu ja toimiva kunnossapito-ohjelma on erittäin hyödyllinen teollisuusympäristöissä, koska se auttaa ennakoimaan mahdollisia vikautumisia ja turhilta tuotannon keskeytyksiltä välttämään. (Kiinteistöjen sähkökunnossapito ja määräaikaistarkastukset 2017.)

Opinnäytetyön tehtävänä oli sähkölaitteiden huolto- ja kunnossapitosuunnitelman laatiminen talotehtaalle ja sahalaitokselle. Huoltosuunnitelmasta voisi myös käyttää termiä ”hoitosuunnitelma”, koska kiinteistö- ja rakennusalalla käytetään kyseistä termiä sisältämään sekä huollot että tarkastukset. Sähköturvallisuuslaissa kuitenkin käytetään termiä ”huolto”. (ST 96.02, 2002.) Tehtaalla ei ollut ennestään käytössä sähkölaitteiden huolto- ja kunnossapitosuunnitelmaa, joten sellainen oli laadittava, koska monille laitteille on asetettu vaatimus, että huoltosuunnitelma löytyy ja sitä noudatetaan.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda toimiva huolto-ohjelma talotehtaan ja sahan huoltohenkilöstön käytettäväksi. Huolto-ohjelma vähentää tehtaalle aiheutuvia huoltokustannuksia ja yllättävät vikaantumiset minimoidaan. Koska laitteiden kunto on paremmin tiedossa, pystytään vikoihin varautumaan ajoissa ja korjaamaan ne ennen vian syntymistä. Myös suoritetuista huolloista ollaan entistä paremmin perillä, kun suoritukset on merkitty kootusti yhteen paikkaan. Erittäin tärkeää on myös, että laitteet ovat siinä kunnossa, että työntekijän on niitä turvallista käyttää. Lopuksi huolloista tuli laatia taulukko yrityksen sisäiseen verkkoon, jossa se on kaikkien työntekijöiden nähtävissä. Taulukon yhteyteen koottiin myös tehtaan jokaisen ryhmä- ja pääkeskuksen dokumentit sekä rakennusten piirustukset. Lisäksi sisäiseen verkkoon tuotiin koko tehtaan kattava asemakuva ja pääjohtokaavio.

## 1.2 Jetta-Talo Oy

Työn toimeksiantajana toimi Jetta-Talo Oy ja sen konserniin kuuluva puunjalostuslaitos Jet-Puu. Keski-Pohjanmaalla Perhossa sijaitseva tehdas on valmistanut talopaketteja jo 30 vuoden ajan. Toiminta alkoi Jet-Puun sahalaitoksena vuonna 1976. Jetta-Talon toiminta alkoi vuonna 1981, kun talotehdas rakennettiin sahan viereen. Taloelementtien valmistamiseen käytettävät puiset raaka-aineet tuotetaan itse Jet-Puun sahalaitoksella. Jet-Puun toimintaan sahan lisäksi kuuluu myös puun jatkojalostus. Talopaketit rakennetaan puusta asiakkaiden toiveiden mukaisesti, ja nykyään Jetta-Talo on yksi Suomen suurimmista puutalorakentajista. Jetta-Talo hoitaa itse kaikki vaiheet, jotka talopakettiin kuuluu: myynnin, suunnittelun, valmistuksen ja asennuksen. (Jetta-Talo Oy: Meistä N.d.) Kuviossa 1 oleva ilmakuva havainnollistaa hyvin, kuinka isosta tehdasalueesta on kysymys. Kuviossa näkyy koko tehdasalue kaikkine rakennuksineen.



Kuvio 1. Jetta-Talon tehdas ja Jet-Puun sahalaitos Perhossa (Jetta-Talo Oy: Meistä N.d).

## 1.3 Tietoperusta ja tutkimusmenetelmät

Kunnossapidolla ja määräaikaistarkastuksilla pyritään varmistumaan laitteistojen häiriöttömästä toiminnasta ja turvallisuudesta. Huonokuntoiset laitteistot voivat aiheuttaa useita erilaisia odottamattomia tilanteita. Teollisuudessa laitteiston huono kunto

voi aiheuttaa yllättäviä tuotannonkeskeytyksiä, tulipalovaaraa tai vaarallisia sähköiskuja laitteita käyttäville henkilöille. Sähkölaitteistojen kunnossapito ja kunnan valvonta ovat lakisääteisiä velvoitteita. Rakennuksen haltijan on huolehdittava, että laitteita kunnossapidetään ja niiden määräaikaistarkastukset toteutetaan. (Kiinteistöjen sähkökunnossapito ja määräaikaistarkastukset 2017.) Huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet suoritetaan noudattaen standardin SFS 6002 vaatimuksia työskentelystä turvallisesti sähkölaitteiden kanssa.

Rakennukset ja kiinteistöt ovat todella arvokkaita ja merkittäviä koko Suomen kansantaloudelle. Oikeanlaisella huollolla ja kunnossapidolla saadaan rakennusten arvo säilymään ja pyritään ennalta välttämään, ettei kunnossapidossa tule vastaan yllättäen suuria kustannusmenoja. Jokaiselle rakennukselle, jota käytetään pysyvästi työskentelyyn tai asumiseen, tulee laatia käyttö- ja huolto-ohje. (ST-ohjeisto 10 2006, 3.) Rakennuksien kunnossapitosuunnitelmalle löytyy malleja, mutta sähkölaitteistojen kunnossapidolle ei niinkään. Sähkötieto ry on laatinut mallin sähköisen talotekniikan ylläpidosta, joka on ST-ohjeisto 10. Tätä ohjetta sekä kortteja ST 95.60.03 ja ST 95.60.04 on hyödynnetty tässä opinnäytetyössä huolto- ja kunnossapito-ohjelman laatimisen apuvälineenä.

Tietoperustana käytettiin ST-kortiston tarjoamia ohjeita sähköalan toimintatavoista ja laitteiden vaatimuksista, joiden lisäksi SFS-standardit ja sähköturvallisuuslaki olivat tärkeitä ja luotettavia tietolähteitä. ST-kortiston tarjoamat ohjeet on laadittu SFS-standardien vaatimusten mukaisesti. Työssä käytettiin myös muuta aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja sähköistä aineistoa. Sähköisten lähteiden laatua pyrittiin tarkkailemaan käyttämällä vain luotettavien julkaisijoiden aineistoa. Useat laitevalmistajien omat laitekohtaiset ohjeet olivat peräisin internetistä. Tutkimusmenetelmänä tässä opinnäytetyössä oli kvantitatiivinen kehittämistutkimus. Koska kyseessä ei ole uusi tutkimusaihe, löytyy siitä tietoa jo valmiina. Oli luonnollisempaa tehdä työstä kvantitatiivinen tutkimus, koska tässä kehittämistutkimuksessa ei tarvinnut tehdä uusia hypoteeseja aiheeseen liittyen.



## 2 Sähkölaitteistot

Sähkölaitteet, keskuskeskukset, johdot ja muut rakennusten kiinteät sähköasennukset muodostavat kokonaisuuden, jota voi kutsua sähkölaitteistoksi. Sähköturvallisuuslaki määrittelee sähkölaitteistojen käyttöön ja huoltoon kuuluvat säännökset ja määräykset. Puhuttaessa sähkölaitteesta tarkoitetaan yksittäistä sähköllä toimivaa laitetta. Sähkölaitteille on määritelty omat vaatimukset, joiden avulla voidaan osoittaa, että laite on turvallinen eikä sen toiminta häiriinny sähköisesti tai sähkömagneettisesti eikä se aiheuta samoja häiriöitä muille laitteille. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016; Kiinteistöjen sähkökunnossapito ja määräaikaistarkastukset 2017.)

### 2.1 Luokitukset

Sähkölaitteistot jaetaan kolmeen luokkaan ominaisuuksiensa mukaan. Liitteestä 1 löytyy Sähköturvallisuuslakiin kuuluva päätös sähkölaitteistojen luokituksista. Siinä kerrotaan laitteistojen luokittelun kriteerit. Näiden luokkien perusteella määräytyy kunkin sähkölaitteiston varmennustarkastuksen ja määräaikaistarkastuksen vaatimukset sekä rekisterinpitäjä, jolle ilmoitukset annetaan. (Sähkölaitteistot ja tarkastukset 2017.)

Luokkiin 2 ja 3 kuuluville sähkölaitteistoille on niiden haltijan huolehdittava, että laitteistolle laaditaan ennalta kunnossapito-ohjelma, joka kattaa sähköturvallisuuden ylläpidon, kunnossapidon ja haltijalle kuuluvat tarkastukset, joita vaaditaan sähkölaitteistojen valvonnassa. Luokkaan 1 kuuluvalla laitteistolla huolto- ja kunnossapito ohjelmaa ei vaadita (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 48 §). Ohjelman kunnossapito-osioon sisältyy erilaisia toimenpiteitä tapauskohtaisesti riippuen kyseessä olevasta laitteistosta. Seuraavassa ovat Turvallisuus- ja kemikaaliviraston esittämät kunnossapitoon sisällytettävät huolto-, kunnossapito- ja korjaustyöt:

- riittävä sähköturvallisuuden edellyttämä kunnan ja vikojen valvonta
- perussuojaus ja mekaaninen suojaus
- vikasuojaus (suojalaitteiden asetteluvarvot)
- toimenpiteet palo- ja räjähdysvaaran ehkäisemiseksi
- ilmajohtojen turvaetäisyydet, vapaa johtoaukea ja kiipeämisen esto
- sähköpylväiden kunto ja lahoisuustarkastus

- sähkötilojen lukitukset, niihin pääsy ja varoituskilvet
- maadoitukset ja potentiaalintasaukset

(Sähkölaitteistot ja tarkastukset 2017).

## 2.2 Tarkastukset

Jokaiselle sähkölaitteistolle tehdään käyttöönottotarkastus, joka tehdään ennen kuin laitteiston saa kytkeä jännitteiseksi sen käyttöä varten. Tarkastuksessa varmistutaan, että laitteisto on turvallinen, eikä se aiheuta häiriötä tai häiriinny sähköisesti tai sähkömagneettisesti. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 41-43 §.) Luokan 1, 2 tai 3 laitteistolle tai merkittävälle muutostyölle tehdään lisäksi varmennustarkastus. Tarkastus tehdään ennen kuin laitteisto otetaan käyttöön. Varmennustarkastuksella varmistutaan, että käyttöönottotarkastus on suoritettu asianmukaisesti. Tarkastuksen tekee valtuutettu tarkastaja tai valtuutettu laitos. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 45-46 §.)

Luokan 1 ja 2 sähkölaitteistoille on tehtävä määräaikaistarkastus kymmenen vuoden välein. Tämä ei koske asuinrakennuksia, ellei rakennuksen osana ole tiloja, joiden pääasiallinen käyttö on muuta kuin asumista varten ja suojalaitteen ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria. Jos nämä ehdot täyttyvät, on asuinrakennuksille tehtävä määräaikaistarkastus myös 10 vuoden välein. Luokan 3 sähkölaitteistoille puolestaan tulee tehdä määräaikaistarkastus viiden vuoden välein. Sähkölaitteiston haltijan vastuulle jää huolehtia, että laitteistojen määräaikaistarkastukset suoritetaan. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 49 §.)

Määräaikaistarkastuksen tekee valtuutettu tarkastaja tai valtuutettu laitos. Tarkastuksen suorittaja laatii pöytäkirjan tarkastuksesta ja kiinnittää laitteistoon tarkastustarran toteutuneen tarkastuksen merkiksi. Tarkastuksessa käydään läpi, että sähkölaitteisto on turvallista käyttää, sen kunnossapito-ohjelmaa on noudatettu ja piirustukset ovat kunnossa sekä sen käyttöön ja hoitoon käytettävät välineet ovat saatavilla. Lisäksi laitteiston laajennuksista tai muutoksista on oltava tarkastuspöytäkirjat. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 50-51 §.) Mikäli sähkölaitteisto ei ole tarkastusten

vaatimusten mukainen määrää sähköturvallisuusviranomaisen laitteiston haltijan korjaamaan puutteet määräajassa tai kieltää laitteiston käytön. Tarvittaessa laitteisto on kokonaan erotettava sähköverkosta. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 94 §.)

### **3 Laitteiden huolto-ohjeet ja huoltomenetelmät**

Seuraavassa osiossa käsitellään Jetta-talon ja Jet-Puun tilojen kunnossapitokohteiksi valittuja sähkölaitteita yleisellä tasolla sekä niiden huolto- ja kunnossapitomenetelmiä.

#### **3.1 Muuntajat**

Muuntaja on sähkölaite, jonka avulla pystytään muuttamaan sähköverkon jännitetasoa kunkin verkon osan vaatimalle tasolle. Kuviossa 2 näkyy ABB:n keskijänniteverkkoon sopiva jakelumuuntaja. Muuntaja toimii vain vaihtovirralla, koska sen toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Vaihtosähköjärjestelmän suosio sähkönjakelussa perustuu siihen, että jännitetasoja on helppo muuttaa muuntajien avulla ja häviöt ovat pieniä. (Muuntaja yleisesti N.d.)



Kuvio 2. ABB:n jakelumuuntaja (Small distribution transformers N.d).

### 3.1.1 Huolto

Muuntajat ovat tärkeitä komponentteja koko sähköverkolle. Tärkeä vaikuttaja muuntajan toimintaan, käyttöikään ja turvallisuuteen on muuntajaöljyn kunto. Muuntaja saadaan pidettyä pitkään toimintakuntoisena, kun muuntajaöljyn tilaa valvotaan jatkuvasti. Muuntajan oikeanlainen kunnossapito luo merkittäviä kustannussäästöjä. Muuntajan luotettavuus on tärkeää, koska sen perässä on yleensä suuria laitteistoja, joiden pysähtyminen yllättäen voi tulla todella kalliiksi. Suuremmat muuntajan huoltotoimenpiteet joudutaan suorittamaan valmistajan tai muuntajahuollon toimesta, jolloin muuntaja joudutaan kuljettamaan huoltoon ja mahdollisesti hankkimaan varamuuntaja huollon ajaksi. (Heikkinen 2013.)

Muuntajaöljyn on tarkoitus johtaa muuntajan tuottamaa lämpöä ulos muuntajasta jäähdytysripojen kautta ja toimia eristeenä estämässä läpilyönnit. Öljyyn muodostuvat epäpuhtaudet alentavat läpilyöntijännitettä merkittävästi. Kun muuntaja on käytössä, öljyyn muodostuu vettä, kaasuja ja muita epäpuhtauksia, jotka vaikuttavat muuntajaöljyn sähkönjohtavuuteen. Perinteinen öljyn tarkkailutapa on ottaa näytteitä öljystä ja analysoida niitä sitten laboratoriotesteillä. Nykyään muuntajaöljyn kuntoa voidaan kuitenkin tarkkailla täysin reaaliaikaisesti kiinteillä valvontalaitteilla. Näin saadaan välitön tieto muutoksista ja kunnossapitotoimenpiteet voidaan aloittaa tilanteen mukaan. Kiinteitä öljyn valvontalaitteita käytetään yleensä suurissa muuntajissa kokoluokaltaan 4,5-500 MVA. Muuntajaöljystä puhdistetaan vesi ja kaasut alipainejärjestelmällä sekä kiinteät hiukkaset mekaanisella suodatuksella. (Heikkinen 2013.) Muuntajaöljyn näytteenottotaajuus riippuu muuntajan nykyisestä kunnosta, koosta ja tärkeydestä. Pääsääntöisesti tärkeistä alle 110kV:n muuntajista otetaan näytteet vuosittain. Näytteenottojen väliä on syytä lyhentää, jos voidaan epäillä, että muuntajassa on jokin vika. (Heinonen 2002.)

Muuntajissa on myös muita suojaus- ja valvontalaitteita. Öljyn lämpötilan muutoksista johtuvien tilaavuuden vaihteluiden vuoksi muuntajassa on paisuntasäiliö, joka pitää huolen, että muuntajassa on aina oikea määrä öljyä. Erikseen on myös öljyn lämpötilan mittaus ja korkeuden osoitin, jotka hälyttävät määritettyjen raja-arvojen mukaisesti. Kaasurele toimii suojana, jos muuntajassa esiintyy sisäisiä vikoja, kuten ylikuumentumista, valokaaria tai oikosulkuja. Vian ilmetessä rele antaa hälytyksen ja laukaisee pääkatkaisijan. Ilmankuivain sitoo kosteutta muuntajan tarvitsemasta ilmasta. (Hietalahti 2011, 31.)

### 3.1.2 Keskijännitekojeistot

Kojeistojen erottimille on asetettu erilaisia vaatimuksia. Erottimien asennonosoitus tulee näyttää oikeaa tilaa ilman vaaraa erehtymisestä eikä asentoa osoittava laite saa olla pois näkyvistä. Erottimien pitää olla asennettu niin, etteivät ne voi vahingossa toimia ulkoisesta voimasta tai paineesta. (SFS 6001, 2015) Kojeiston maadoituserotin on suunniteltu mekaanisesti niin, ettei sitä voi käyttää, jos pääerotin on toiminta-

asennossa, eikä pääerotinta voi sulkea, jos maadoituserotin on toiminta-asennossa. Kojeistoille suoritetaan määräaikaistarkastus säännöllisesti kymmenen vuoden välein. Tarkastuksessa kokeillaan kojeiston katkaisijan, erottimien ja maadoituserottimen toiminta sekä tarkastetaan liitosten kunto ja laitteen puhtaus. Kerran kolmessa vuodessa kojeistojen puhtaus ja mekaaninen toiminta tarkastetaan. Sekä maadoitusresistanssi mitataan kuuden vuoden välein. (ST 95.60.03, 2010.) Jos kuormaerotinkojeisto on kaasueristetty, käytetään siinä SF<sub>6</sub>-kaasua ilman tilalla. Se on ominaisuuksiltaan parempaa kuin ilma, sillä sen sähköeristys- ja lämmönjohtokyky ovat huomattavasti parempia (Lehtonen 2012).

### 3.2 Loistehon kompensointi

Loisteho on näennäistehon toinen komponentti pätötehon lisäksi. Loistehoa ei kannata kuljettaa sähköverkossa, koska se kasvattaa virtaa eikä tee varsinaista työtä. Koska loisteho lisää virtaa, kasvattaa se verkon häviöitä ja verkon johtimien poikkipinta-alan on oltava suurempi. Loistehoa aiheuttaa induktiiviset kuormat, joita ovat esimerkiksi sähkömoottorit ja loistelamppuvalaisimet. Se ei kuitenkaan ole täysin turhaa tehoa, koska jotkin laitteet, esimerkiksi sähkömoottorit, tarvitsevat loistehoa magneettikentän ylläpitämiseen. Loistehon kompensointi on hyödyllistä paljon induktiivisia moottoreita sisältävissä teollisuusympäristöissä, koska silloin ei tarvitse siirtää jakeluverkosta loistehosta aiheutunutta virtaa. Itse kompensointi tapahtuu reaktiivisilla kuormituksilla eli kapasitiivisilla kondensaattoreilla. (Loisteho 2014.)

Useimmiten loistehon kompensointi teollisuusympäristössä toteutetaan keskitettynä kompensointina. Se tarkoittaa, että kompensointiparistot sijoitetaan pää- tai ryhmäkeskuksiin. Kompensointi toteutetaan yliaaltosuotimilla, estokelaparistoilla tai automatiikkaparistolla. Automatiikkaparistoa käytetään kompensoinnissa, kun verkossa ei esiinny yliaaltoja. (ST-käsikirja 35 2005, 71.)

Kompensointilaitteiston huollossa on syytä muistaa, että kondensaattoreissa on varaus vielä virtapiiristä irrottamisen jälkeenkin. Laitteistoon tulisikin olla kytkettynä automaattinen purkauspiiri, joka purkaa kondensaattoreiden varauksen välittömästi virtapiiristä irrotuksen jälkeen. Jos purkautuminen ei tapahdu muutaman sekunnin

kuluessa, tulee laitteistoon lisätä varoituskilpi. (D1-2012, 324-325.) Kompensointilaitteet eivät vaadi paljoa huoltotoimenpiteitä. Laitteet huolletaan ja pidetään kunnossa noudattamalla valmistajan laatimaa ohjeistusta. Huollossa on syytä tarkastaa sulakkeiden, kontaktoreiden ja johdinliitosten kunto sekä varmistua, että kondensaattoriparisto toimii oikein. Tarkastus on suositeltavaa tehdä vähintään kerran vuodessa. Huollon lisäksi pidetään kompensointilaitteet sekä niille varattu tila jatkuvasti siistinä ja puhtaana pölystä. Myös ympäristön lämpötilaa tulee tarkkailla, koska korkea lämpötila lyhentää laitteiden käyttöikää. Laitteiston taloudellisen toiminnan tehokkuudesta voi varmistua tutkimalla sähkölaitoksen laskutusta. (ST-ohjeisto 8, 2016, 6.)

### 3.3 Pääkeskukset

#### 3.3.1 Pääkeskustila

Pääkeskus on rakennuksen pääsähkökeskus, josta sähköä syötetään alakeskuksille. Pääkeskus tarkastetaan yleisesti neljä kertaa vuodessa ja havaitut viat tai puutteet kirjataan ylös. Pääkeskus on sijainniltaan oltava täysin samassa paikassa kuin se on sitä käsittelevissä dokumenteissa. Mikäli näin ei ole, täytyy piirustukset päivittää ajan tasalle vastaamaan nykyistä keskuksen sijaintia. Piirustukset on helpoin pitää ajan tasalla, kun suoritettavat muutokset merkitään välittömästi piirustuksiin. Sähköurakoitsijaa tulisi siis aina vaatia merkitsemään muutokset keskuksen dokumentteihin. (ST-ohjeisto 10, 2006, 19.)

Kaikki keskuksen luokse kulkemista rajoittavat esteet on siirrettävä pois, sillä keskuksen luokse täytyy olla esteetön pääsy. Keskustila on oltava siisti ja tilan ovi on oltava lukittavissa. Tila olisi myös syytä imuroida säännöllisesti, ettei pölyä tai purua pääse kertymään suurta määrää. Sähkölaitteita peittävä pöly huonontaa jäähdytystä, lisää syttymisvaaraa ja pienentää kuormitettavuutta. Tuuletuksen on myös toimittava keskustilassa esteettömästi. (ST-ohjeisto 10, 2006, 19.)

Pääkeskustilan paloläpivientien paloturvallisuus tarkastetaan ja epäkohdat korjataan. Pääkeskustila on oma osastoiva rakenne, jonka tehtävänä on rajoittaa tulipalon eteneminen eri tiloihin. Kun kaapeleille tehdään läpivientiä, täytyy sen rakenteen vastata osastoivan rakenteen paloluokitusta. (D1-2012, 242.)

### 3.3.2 Komponentit

Kytkinten mekaaninen ja sähköinen kunto tarkastetaan sekä todetaan, että kytkinten merkinnät vastaavat sen käytettävissä olevia asentoja. Sulakkeet tarkastetaan ja varmistetaan, että varasulakkeita on saatavilla keskuksen läheisyydessä. Keskuksella on oltava vähintään keskuskaavioon merkittyjä sulakkeita varalla. Merkkilamppujen toimivuus tarkastetaan ja toimimattomat vaihdetaan, mikäli lamppu on vaihdettavissa helposti ilman, että keskuksen kansia joudutaan avaamaan. Mikäli keskukseseen sisältyy kellokytkin, tarkastetaan sen aika ja toiminta ja tarvittaessa säädetään arvot kuntoon. Maadoitusliitokset tarkastetaan silmämääräisesti ja varmistetaan, että liitokset on tukevasti kiinnitetty. Maadoitusjohtimien mekaanista kuntoa ja mahdollisia korrosioaurioita tulee tarkkailla. Löysät liitokset kiristetään kaikista keskuksen komponenteista. Tässä toimenpiteessä hyvä apuväline on lämpökamera, jolla nähdään helposti lämpenevät johtimet ja liittimet. Pääkeskuksessa olisi hyvä kiristää liitokset ja mitata niiden lämpötiloja vähintään kuuden vuoden välein. (ST-ohjeisto 10, 2006, 19-20; ST 95.60.03, 2010.)

## 3.4 Ryhmäkeskukset

Ryhmäkeskus, josta käytetään myös nimitystä jakokeskus, on pääkeskuksen alakeskus, josta sähköä jaetaan eteenpäin kulutuskojeille. Ryhmäkeskuksilla huoltotoimenpiteet ovat suurin piirtein samoja kuin pääkeskuksillakin. Määräaikaistarkastus suoritetaan joka kymmenes vuosi, jossa keskus tarkastetaan perusteellisesti. Keskukselta tulisi tarkistaa kerran vuodessa keskuksen mekaaninen kunto, piirustusten vastavuus, siisteys, lukitus ja varasulakkeiden saatavuus. Kuuden vuoden välein tarkastetaan liitosten kireys ja lämpötilat samalla tavalla kuin pääkeskuksistakin. (ST 95.60.03, 2010.)



Vikasuojaus on aina osana ryhmäkeskusta. Vikasuojauksessa käytetään usein ylivirtasuojasta tai vikavirtasuojasta. Ylivirtasuojaus viittaa syötön automaattiseen poiskytkentään, joka toteutetaan sulakkeella, johdonsuojakatkaisijalla tai jollain muulla katkaisijalla. Ylivirtasuojauksessa tärkeää on suojamaadoituksen toimivuus, koska muuten vikatilanne ei aiheuta tarpeeksi suurivirtaista oikosulkua, joka kytkee syötön pois. Vikavirtasuojaus perustuu vaihe- ja nollajohtimien summavirtamittaukseen. Normaalityössä summavirrat kumoavat toisensa, mutta vikatilanteessa virtaa kulkee jotain muuta kautta ja ne eivät ole enää yhtä suuria, joten suoja laukeaa katkaisten syötön. Vikavirtasuojien toimivuutta suositellaan testattavaksi puolen vuoden välein, ellei valmistajalla ole poikkeavaa ohjeistusta. (D1-2012, 244.)

### 3.5 Maadoitukset

Maadoitus on tärkeää sähköturvallisuuden kannalta. Sen tehtävänä on laitteiden mahdollisissa vikatapauksissa suojata, ettei ihmisille vaarallisia kosketus- tai askeljännitteitä pääse esiintymään. Vikatapaus voi syntyä sähköasennuksiin tai syöttävään järjestelmään. Vika voi olla myös ukkosen aiheuttama ylijännite. Rakennuksen maadoitukset on yleensä johdettu maahan maadoituselektrodin kautta. Maadoituselektrodi on johtava osa, joka on sähköisessä yhteydessä maahan. Monesti renkaanmuotoinen maadoituselektrodi asennetaan rakennusten perustuksiin. Suositus on, että jokaisella rakennuksella olisi oma maadoituselektrodi, mutta vaatimuksena on vain, että jokaisella liittymällä on omansa. Potentiaalintasaus tehdään jokaiselle rakennukselle, johon liitetään kaikki rakennuksen sähköä johtavat laitteet ja osat. (Maadoituskirja 2007, 25; Tiainen, E. 2008.)

Suojaus sähköiskuilta toteutetaan suojajohtimilla, jotka voivat olla suojamaadoitusjohtimia, potentiaalintasausjohtimia tai sähköiskulta suojaamiseen käytettäviä maadoitusjohtimia. Myös TN-C-jakelujärjestelmässä käytettävää PEN-johdinta voi pitää suojajohtimena. TN-C-järjestelmässä suoja- ja nollajohdin on yhdistetty samaan johtimeen, jota kutsutaan PEN-johtimeksi (D1-2012, 63). Maadoitukset kootaan päämaadoituskiskoon, joka on yhteydessä maadoituselektrodiin maadoitusjohtimen kautta.

Maadoitusjohdin tulee olla mekaanisesti ja korroosiota vastaan kestävä, koska se on useimmiten ainakin osittain maan sisässä. Päämaadoituskiskoon kootaan kaikki maadoitus- ja potentiaalintasausjohtimet ja niiden liityntöjen tulee olla yksitellen irrotettavissa. Kaikki laitteet ja rakennuksen johtavat osat, jotka ovat kosketeltavissa ja voivat tulla jännitteisiksi tulee yhdistää potentiaalintasaukseen. Tarkoituksena on tasata johtavien osien jännitteet potentiaalintasaukiskossa, ettei vaarallisia jännite-eroja pääse syntymään. (ST 53.21, 2012, 2-3.)

Maadoitusjärjestelmän yksi tärkeä tehtävä on luoda toimintaedellytykset maasulku- ja vikasuojaukselle. Maadoitusjärjestelmää kunnossapidetään tarkastamalla liitosten kunto ja kireys säännöllisesti sekä tarkkaillaan johtimien mekaanista kuntoa ja korrosioaurioita. Tämä on erityisen tärkeää maadoitusjohtimille, jotka ovat ulkoti-loissa tai maan sisässä. Suojajohtimista tulee tarkastaa, että niiden merkinnät ovat kunnossa: suojajohdin tunnistettavissa ja väriltään kelta-vihreä koko matkalta. PEN-johtimessa tulee lisäksi johtimen päät merkitä sinisellä merkillä. (D1-2012, 275; ST 95.60.03, 2010.)

### 3.6 Kaapelihuolto

Kaapelit on monesti asennettu kulkemaan jotakin tukirakennetta pitkin, kuten kaapelihyllyn tai kaapelitikkaan päällä. Kaapelihyllyssä on ylöspäin kohoavat reunat ja yhtenäinen pohja, joka voi olla rakenteeltaan verkkomainen. Hyllyssä ei kuitenkaan ole mitään peittävää suojaa vaan se yläpuolelta avoin. Kaapelitikas puolestaan on tikasmainen tukirakenne, jossa kaapelien alle tulevat poikittaistuet on kiinnitetty pitkiin reunarakenteisiin. (ST 51.13, 2014.)

Kaapelihyllyjen suunnitteluvaiheessa on jo täytynyt ottaa huomioon monta asiaa: kaapelien sähkömagneettinen yhteensopivuus, sijoittelu hyllyssä ja hyllyn kuormitus. Kuviossa 3 näkyy ST-kortiston esimerkki sopivasti täytetystä hyllyasennuksesta. Kaapelihyllyt ja kaapelit pidetään puhtaana pölystä ja purusta, koska ne heikentävät kaapeleiden jäähtymistä ja lämmitessään ne voivat aiheuttaa palovaaran. Kaikkien ra-

kennusten kaapelihyllyt tulisi puhdistaa vähintään kerran vuodessa ja samalla tarkastaa hyllyjen kiinnitysten kunto. Kaapelihyllyjen päälliset pidetään puhtaana ja kaikki sinne kuulumattomat ylimääräiset tavarat poistetaan. (ST 51.13, 2014.)



Kuvio 3. Esimerkkikuva sopivasti täytetystä hyllyasennuksesta (ST 51.13, 2014).

Samalla kun tarkastetaan kaapelihyllyjä, on hyvä tarkastaa myös kaapelien läpivientien kunto. Tulipalon syttyessä kaapelit levittävät tehokkaasti tulipaloa eteenpäin rakennuksessa. Pienikin sähköpalo voi levitä pitkälle, mikäli palon osastoinnit eivät toimi suunnitellusti. Palokatko on palo-osastoivan rakenteen tiivistys, jolla pyritään estämään palon leviäminen kaapelien läpivientien kautta. Mikäli läpäistävä rakenne on palo-osastoiva, tulee läpivientiin tehdä palokatko, joka vastaa läpäistävän rakenteen paloluokitusta. Joissakin olosuhteissa läpivientien tiivistämisen tarkoituksena on toimia äänieristeenä. (ST 51.18.02, 2014.)

### 3.7 Moottorit

Yleisimmät vaihtosähköllä toimivat sähkömoottorit ovat oikosulkumoottoreita, joita kutsutaan myös epätahti- tai induktiomoottoriksi. Näiden moottoreiden toiminta perustuu pyörivään magneettikenttään. Moottorin paikallaan olevaa osaa kutsutaan staattoriksi, jonka käämityksen läpi johdettu virta luo magneettikentän. Staattori

pyörittää roottoria, johon kiinnitetystä akselista saadaan moottorin mekaaninen voima. (Ahoranta 2015, 257) Yleisesti, kun moottorille on haluttu ohjausta, on sen ratkaisuna ollut taajuusmuuttajalla toteutettu säädetty sähkömoottorikäyttö (Hieta-lahti 2013, 197).

### 3.7.1 Huolto

Moottorihuoltoon liittyy useita eri toimenpiteitä, mutta tärkein ja helpoin kunnossapidon lähtökohta on pitää moottorit puhtaina ja kuivina. Oikosulkumoottoreissa tärkeimmät tarkkailtavat huoltokohteet ovat moottorin tuuletus, käämitykset, laakerit ja niiden voitelu. Moottori on myös säännöllisesti puhdistettava sisältä, ellei se ole rakenteeltaan täysin suljettu. (Aura & Tonteri 1996, 208.) Oikosulkumoottorit tulisi tarkastaa vähintään kerran vuodessa. Laakerien kunnosta päästään selville laakerien ääntä, tärinää tai lämpötilaa tarkkailemalla. Laakereiden voitelu suoritetaan voitelukilven ohjeistuksen mukaan, jos sellainen moottorista löytyy. Moottori voidellaan yleensä pyöriessä lisäämällä voiteluainetta laakereihin ja antamalla moottorin pyöriä sen jälkeen muutaman tunnin. Voiteluväliin vaikuttaa laakereiden tyyppi, moottorin koko ja sen pyörimisnopeus: mitä isompi tai nopeampi moottori, sitä lyhyempi voiteluväli. (Pienjännitemoottorit 2016.)

Moottorin käämitys on syytä tarkastaa, mikäli kone joudutaan avaamaan. Tähän voi olla syynä esimerkiksi laakerihuolto. Käämitystä tarkastellaan likaantumisen ja sen löystymisen osalta. Likaantumista tutkittaessa voidaan havaita sen aiheuttaja ja likaantumisen tehokkuus. Näiden tietojen avulla voidaan yrittää minimoida likaantuminen tekemällä toimenpiteitä sen aiheuttajaan. Likaantumisesta voidaan myös päätellä, kuinka tiheällä aikavälillä moottorin käämitystä tulisi huoltaa. (Aura & Tonteri 1996, 208.)

### 3.7.2 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttaja on laite, jonka avulla voidaan muuttaa sähkömoottorille syötettävän vaihtosähkön taajuutta, jotta moottorin pyörimisnopeutta pystytään hallitsemaan. Prosesseissa virtausten säätö kuristimien, venttiilien ja säätimien avulla ei ole energiatehokkaasti hyvä vaihtoehto, vaan haluttu virtaus tulisi toteuttaa moottorin pyörimisnopeutta muuttamalla. Kun käytetään 30 kilowatin moottoria 5000 tuntia vuodessa, saadaan taajuusmuuttajan hankinta- ja asennuskustannukset maksettua takaisin muutamassa kuukaudessa, jos energiankulutusta verrataan moottorin suoraan käyttöön kuristetussa prosessissa. (Mikä taajuusmuuttaja on? 2008.)

Taajuusmuuttaja ei tarvitse kovinkaan runsaasti huoltoa, mutta muutamia huoltotoimenpiteitä tulisi kuitenkin suorittaa. Jäähdytyslementti tulisi puhdistaa vähintään vuoden välein riippuen ympäristön pölyisyydestä, koska jäähdytys ei muuten toimi tehokkaasti. Pääpuhallin on tärkeä osa taajuusmuuttajan jäähdytystä. Viallisen puhaltimen tunnistaa laakerimelusta tai jäähdytyslementin lämpötilan kohoamisesta. Ohjearvo puhaltimen vaihtovälille ABB:n laitteissa on kuusi vuotta. Jos taajuusmuuttaja on ollut käyttämättömänä yli vuoden, tulisi sen kondensaattorit elvyttää ennen käyttöä ja varastoituna kerran vuodessa. Kondensaattorit saadaan kestävämpään käyttöön pidempään alentamalla ympäristön lämpötilaa. (ACS550 Käyttäjän opas 2010.)

### 3.8 Nosturit

Nosturit on pidettävä turvallisena säännöllisen huollon ja kunnossapidon avulla, niin kauan kuin laite on käytössä ja sen käyttöikä antaa myöten. Kaikki vaarat tai haitat, joita vikaantuminen, vaurioituminen tai kuluminen voi aiheuttaa, tulee poistaa. Nosturin turvalaitteet ja ohjausjärjestelmä tulee olla täysin virheettömässä toimintakunnossa. Mikäli nostolaitteelle löytyy huoltokirja, on sinne merkattava suoritettut huollot ja pidettävä se ajan tasalla. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 2008, 5 §.)

Ennen käyttöönottoa on erityisen tärkeää varmistua, että laitteen asennus on suoritettu oikein ja sen toimintakunto todettu turvallisiksi. Nostolaitteen toimintakuntoa on seurattava jatkuvasti tarkastuksilla, testauksilla ja mittauksilla työnantajan toimesta. Ennen laitteen ensimmäistä käyttöä, toimintakunnon varmistaminen tulee tapahtua laitteen toimintaan ja rakenteeseen perehtyneen pätevän henkilön toimesta. Yleensä tarkastuksen suorittaa ulkopuolinen asiantuntija. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 2008, 5 §.)

Nostureille tehdään käyttöönottotarkastus ennen käyttöä. Tarkastuksella varmistetaan, että nostolaite on asennettu oikein käyttötarkoitustaan varten huomioon ottaen valmistajan antamat ohjeet. Myös nosturiin liittyvien laitteiden oikea toiminta tarkastetaan. Näitä ovat esimerkiksi nosturin kulkutiet, hoitotasot, hallinta- ja turvalaitteet. Tarvittaessa nosturilla suoritetaan lisäksi koekuormitus, jotta varmistutaan sen rakenteiden kestävydestä. Käyttöönottotarkastus täytyy myös tehdä, jos laitteeseen tehdään suuria muutoksia, siirretään uuteen paikkaan tai otetaan käyttöön pitkän tauon jälkeen. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 2008, 33 §.)

Nostureille tehdään määräaikaistarkastus vuoden välein ensimmäisestä käyttöönottotarkastuksesta lähtien. Tarkastukseen kuuluu nostolaitteen toimintakunnon varmistaminen tarkastamalla, ettei laitteen ikääntyminen, kuluminen, korrosio tai vaurioituminen aiheuta vaaratilanteita. Tarkastusväli voi vaihdella nosturin käytön, käyttöolosuhteiden ja sillä suoritettun työn rasittavuuden määrästä riippuen tai, jos laitteessa on jokin erityinen turvallisuusriski. Nosturin koeajo suoritetaan vuoden välein ja koekäyttö suurimmalla sallitulla kuormalla neljän vuoden välein. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 2008, 34 §.)

### 3.9 Kompressorit

Paineilmakompressorilla tuotetaan paineilmaa esimerkiksi kokoonpanolinjan tarpeisiin. Kompressoria huolletaan käyttötuntien mukaisesti. Huoltovälin tuntimäärät määrittää valmistaja itse. Huoltotoimenpiteitä ovat öljyn ja öljynsuodattimen vaihto,

öljyletkujen uusiminen ja ilmansuodattimen vaihto. Öljy tulisi vaihtaa vuosittain, jos kompressori on normaalissa jokapäiväisessä käytössä. Öljynvaihdon yhteydessä yleensä vaihdetaan myös öljynsuodatin. Lisäksi on syytä tarkkailla, ettei öljyn sekaan ole ilmaantunut mitään siihen kuulumattomia epäpuhtauksia. Öljyn ja kompressorin lämpötilaa tulee tarkkailla säännöllisesti ja varmistua, että jäähdytys toimii oikein. Kompressori ja sen ympäristö pidetään puhtaana pölystä säännöllisellä puhdistuksella. (Jetta-Talon huoltokirja 2008; Rotar Cube -ruuvikompressorit 2003.)

### 3.10 Varavoima ja UPS

Varavoimajärjestelmä on järjestelmä, joka tehtävänä on tuottaa varmennettu sähkönjakelu halutuille laitteille esimerkiksi sähkökatkon aikana. Järjestelmä voi olla akkukäyttöinen tai sähköä tuotetaan jonkin polttoaineen avulla. Järjestelmä tulee suunnitella niin, että se on täysin omavarainen. Kaikki järjestelmän ohjaus ja valvonta tulee olla riippumaton muista rakennusten järjestelmistä. Näin taataan, että varavoima toimii silloin kun sitä tarvitaan. (ST-käsikirja 31, 2013, 15.)

UPS (Uninterruptable Power Systems) on järjestelmä, jonka tehtävänä on taata varmennettu ja häiriötön sähkönsyöttö tärkeille laitteille silloin, kun sähkönsyöttö verkosta katkeaa. UPS-laite on akkukäyttöinen järjestelmä, joka käyttää sähköverkon energiaa normaalitilassa ja samalla lataa akut täyteen. Laite tasasuuntaa verkon vaihtosähkön akuille sopivaksi ja akkukäytössä muuttaa akkujen tuottaman tasasähkön vaihtosähköksi kuormalle. UPS-laitetta voidaan hyödyntää huoltokatkon aikana tai tilanteessa, jossa sähköverkon sähkönlaatu heikkenee, pystytään UPS-laitteistolla syöttämään parempilaatuista sähköä jonkin aikaa. (ST 52.35.01, 2010, 1.)

UPS-laitteelle paras ennalta ehkäisevä kunnossapitotoimenpide on pitää laitteisto puhtaana ja pölyttömänä. Paras olisi, jos sitä käytettäisiin vähäpölyisessä tilassa. Laitteisto ei kuitenkaan saa olla pienessä ja täysin suljetussa tilassa, koska ilma ei pääse kiertämään laitteessa ja jäähdytys ei näin toteudu. Jos laitetta joudutaan käyttämään pölyn keskellä, on se puhdistettava imurin avulla säännöllisesti. UPS-laitteen akkujen elinikä pysyy pitkänä, kun ympäristön lämpötila on 25°C. Akkujen oletettu käyttöikä

on 3-5 vuotta. Se vaihtelee riippuen akkujen käyttömäärästä ja ympäristöolosuhteista. Jos akkuja käytetään yli oletetun käyttöiän, ei niiden suorituskyvyn voi olettaa olevan enää täydellinen. Jotta UPS-laitteet olisivat aina täysin toimintakuntoisia, on niiden akut vaihdettava vähintään viiden vuoden välein. (Eaton 5125 Tower UPS 1000-2200 VA User's Guide, 2010.)

### 3.11 Paloturvallisuus

Paloturvallisuudesta huolehtiminen on koko työyhteisön yhteinen tehtävä. Jokaisen työntekijän tulisi tunnistaa paloturvallisuutta vaarantavat tekijät ja tehdä toimenpiteitä riskien minimoimiseksi. Poistumistiet ja kulkureitit on pidettävä avoinna sekä sammutuskalusto helposti käytettävissä ja toimintakuntoisena. Rakennuksen haltija myös vastaa pelastussuunnitelman laatimisesta. (Työpaikan paloturvallisuus N.d.)

#### 3.11.1 Paloilmoittimet

Teollisuudessa käytetään paljon keskitettyjä paloilmoitinkeskuksia, jotka havaitsevat tulipalot automaattisesti. Jetta-Talolla ja Jet-Puulla palontunnistus on toteutettu Elotecin laitteistolla. Laitteisto koostuu paloilmoitinkeskuksista, näytteenottoilmaisimista ja niiden suodattimista. Näytteenottoilmaisimien toiminta perustuu savun tunnistamiseen. Kuviossa 4 on Elotecin näytteenottoilmaisinratkaisu, jota on käytetty jokaisessa tehtaan paloilmoitinjärjestelmässä. Kyseiset näytteenottoilmaisimet osaa- vat erottaa palosta syntyneen savun runsaankin pölyn joukosta, joten ne ovat erittäin käyttökelpoisia puuteollisuudessa. Laitteiden sisäinen valvonta osaa itse ilmoittaa laite- vioista. (Aspect GRIZZLE Näytteenottoilmaisimien 2012.) Laitteet puhdistetaan joka kuukausi huoltohenkilökunnan toimesta valmistajan oman kunnossapito ohjeen mukaisesti ja valtuutettu tarkastaja suorittaa tarkastukset kolmen vuoden välein. Saha- laitoksella ja talotehtaan puolella on myös viidessä rakennuksessa käytössä kipinänil- maisulaitteisto. Se tunnistaa syttymislähteet tehokkaasti ja käynnistää vesisammu- tuksen tunnistuksen tapahduttua. Huoltoliike ilmoittaa tehtaalle, kun laitteisto huol- toaika lähestyy. (Kipinänilmaisimien ja sammutusjärjestelmä toimii räjähdystäkin nope- ammin 2017.)





Kuvio 4. Elotecin näytteenottoilmaisimien elementtivarastossa

### 3.11.2 Poistumisopasteet ja -valaistus

Poistumisvalaistus on akkukäyttöinen järjestelmä, joka käynnistyy välittömästi, kun valaistus jostain syystä lakkaa toimimasta. Tällainen tilanne voi olla esimerkiksi sähkökatko tai laitteistovika. Poistumisvalaistuksen tehtävänä on edistää turvallisuutta vikatilanteen aikana, niin että se takaa turvallisen ulospääsyn ihmisille. Se tulee suunnitella huomioon ottaen, että se valaisee poistumisreitit, palontorjuntavälineet, palohälytyspainikkeet ja muuten vaaralliset alueet. Uloskäytäväkilpien tulee ohjata rakennuksesta poistuva henkilö ulos ilman erehtymisen vaaraa. Kilpien on oltava suoraan nähtävillä koko poistumisreitien varrella. (SFS-EN 50172, 2014.)

Pelastuslain mukaan poistumisopasteiden ja -valaistuksen tulee olla aina toimintakuntoinen, siksi niitä on syytä huoltaa säännöllisesti. Rakennuksen haltija on vas-

tuussa, että poistumisopasteet ja -valaisimet ovat kunnossa. Kunnossapidosta on laadittava kirjanpito ja ohjelma, joka sisältää kaikki valaisimiin liittyvät kunnossapidon toimenpiteet. Jokaisen laitteen mukana pitäisi olla valmistajan laatima selostus laitteen käytöstä ja kunnossapidosta. (ST-ohjeisto 8, 2016.)

Päivittäin tarkistetaan silmämääräisesti ja järjestelmän antamista merkeistä, että järjestelmä on toimintakuntoinen. Joka kuukausi järjestelmän toimivuus tulisi testata akkukäytöllä ja varmistua, että akut ja jokainen valaisin toimivat. Epäkuntoiset lamput vaihdetaan välittömästi. Testaaminen ei kuitenkaan saa aiheuttaa vaaratilanteita, joten testaukset tulisi suorittaa niin, että akut saavat rauhassa latautua täyteen kokeen jälkeen. Testin aikana varmistutaan, että valaisimet sekä kilvet ovat näkyvillä, toimintakuntoisia ja puhtaita. Vuosittain tehdään täyden mitoituksen testi valmistajan ohjeiden mukaisesti. (ST-ohjeisto 8, 2016.)

### 3.12 Valaistus

Valaistus on teollisuudessa tärkeä osa työskentelyä ja turvallisuutta. Valaistuksessa on jo suunnitteluvaiheessa täytynyt ottaa huomioon kohteena olevan tilan vaatimukset ja ominaisuudet. Valaisimet voivat aiheuttaa palovaaran, jos ne pääsevät lämmitämään ympäristöään liikaa, siksi ne pidetään puhtaina pölystä, eikä niiden välittömään läheisyyteen saa laittaa mitään syttyvää. Tämä tosin on ongelma vain erityisesti lämpöä tuottavilla valaisimilla. Esimerkiksi halogeenivalaisimet tuottavat paljon lämpöä ympäristöönsä. Valaisimeen kuuluvat suojakuvut pidetään paikoillaan aina, kun valaisin on käytössä. (Kodin sähkölaitteiston kunnossapito 2006.) Kokoonpanoteollisuuden normaalisti likaantuvissa olosuhteissa valaisimien puhdistusväliksi suositellaan kahta vuotta (ST 58.04, 2017, 9).

Valaisin voi myös aiheuttaa palovaaran, jos se vikautuu. Teollisuudessa hyvin yleiset loisteputket voivat vikautuessaan lämmittää koko valaisimen vaarallisen kuumaksi. Loisteputkia vaihtaessa kannattaa yleensä uusia myös valaisimen sytytin. Suositeltavaa on käyttää loisteputkivalaisimissa turvasytytintä, joka osaa katkaista virran, kun lamppu vioittuu. (Kodin sähkölaitteiston kunnossapito 2006.)

## 4 Huolto- ja kunnossapito-ohjelman laatiminen

### 4.1 Lähtökohdat ja tiedonhankinta

Jetta-Talon tehtaalla ja Jet-Puun sahalaitoksella ei ollut ennestään laadittu sähkölaitteille huolto- ja kunnossapitosuunnitelmaa. Kunnossapitoa ja huoltotoimenpiteitä tehtiin, kun jokin laite vikaantui. Tämä ei ole hyvä kunnossapitomalli varsinkaan teollisuudessa, koska laitevika voi aiheuttaa pitkiäkin tuotannon pysähtymisiä, lisätä tulipaloriskiä ja heikentää turvallisuutta.

Tehtaalla on ollut tapana suorittaa määräaikaistarkastukset yhdellä kerralla koko tehtaan laitteistoille ja laitteille. Viimeksi tarkastukset tehtiin vuonna 2015, jolloin tarkastaja antoi myös huomautuksen huolto- ja kunnossapito-ohjelman puuttumisesta. Opinnäytetyönä laadittu huolto-ohjelma on tarkoitus lisätä yrityksen sisäiseen verkkoon kaikkien käytettäväksi ja koota sen yhteyteen sähkölaitteiden ja rakennuksien dokumentit.

Kunnossapito-ohjelman laatiminen aloitettiin selvittämällä, millaiselle ohjelmalle toimeksiantajalla oli tarve. Toimeksiantajalle oli laadittu Excel-pohja huolto- ja kunnossapitosuunnitelmalle vuonna 2005, mutta sitä ei ollut käytetty eikä koskaan täydennetty vastaamaan tehtaalta löytyviä laitteita. Se oli kuitenkin hyvä pohja lähteä liikkeelle opinnäytetyön kanssa. Toimeksiantajan toive oli, että huoltosuunnitelma laadittaisiin Excelillä ja siihen koottaisiin kaikki suoritettavat huoltotoimenpiteet ja kaikki huollettavat laitteistot ja laitteet. Päädyin tekemään Excel-taulukon, jossa kokonaisuus on jaettu omille välilehdilleen.

Laitteisiin tutustuttiin useilla tehdasvierailulla, joiden aikana kierrettiin tehtaan rakennuksia huoltohenkilökunnan edustajan kanssa ja selvitettiin, mitkä laitteet otetaan mukaan huolto-ohjelmaan. Laitteista merkattiin muistiin tyyppi, sijainti, suoritettavat huollot ja huollontarve jatkossa. Kierroksilla selvitettiin myös, onko laitteita, jotka

vaativat erityistä huomiota kunnossapidon suhteen. Kierroksen aikana huoltohenkilöltä kysyttiin, miten kunkin laitteen kunnossapitoa on toteutettu aikaisemmin. Tehtaan käytön johtajaan oltiin myös yhteydessä erityisesti keskijännitekojeistoihin ja muuntajiin liittyvissä asioissa.

## 4.2 Huolto- ja kunnossapito-ohjelman rakenne

Huolto-ohjelma koostuu seurantakortista, tehtäväluettelosta, huoltokohdeluettelosta, keskuslistasta ja sähkönimikkeistöstä. Huoltokohdeluetteloon kerättiin kaikki tehdasalueen laitteet, jotka otettiin huolto- ja kunnossapito-ohjelmaan mukaan ja ne lajiteltiin laitetyyppin mukaisesti. Kohdeluettelossa on myös listattu rakennukset, vaikkei niitä suoraan huoltokohteiksi tässä työssä luokitellakaan. Keskuslistaan kerättiin kaikki pää- ja ryhmäkeskukset, jotka järjesteltiin pääkaavion mukaisesti syöttävän keskuksen ja sijainnin perusteella. Lisäksi jokaisen keskuksen sijaintia vastaavan rakennuksen nimi ja numero lisättiin taulukkoon. Keskusluettelosta keskusten tiedot siirrettiin kohdeluettelo, jossa ne järjesteltiin keskustunnuksen mukaisesti nousevaan järjestykseen. Keskustunnukset on tehtäällä laadittu niin, että tunnuksen alkiosa viittaa rakennusnumeroon ja loppuosa antaa tietoa keskuksista.

Sähkölaitteiston tehtäväluettelo laadittiin omalle välilehdelle, johon koottiin laitteille tehtävät toimenpiteet, niiden suorittaja ja suorituksen aikaväli. Tehtäväluettelo laadittiin käyttäen apuna ST-kortiston tarjoamia oppaita ST-ohjeisto 10 ja ST 96.02. Liitteestä 2 löytyy kuvakaappaus tehtäväluettelosta, joka havainnollistaa, miten koko luettelo on laadittu. Huolto-ohjelmassa käytetty sähkönimikkeistö on koottu omalle välilehdelle. Nimikkeistöä käytettiin tehtäväluettelon tehtävien tunnuksissa ja se perustuu ST 70.12 kortin S2010-sähkönimikkeistöön. Muutamille laitteille ei ollut valmiiksi määritelty huoltotoimenpiteitä ST-kortiston puolesta, joten ne laadittiin itse ja lisättiin tehtäväluettelon jatkoksi. Näihin laitteisiin lukeutuivat nosturit, paloilmoittimet, kipinänilmaisu, UPS-laitteistot, paineilmakompressorit ja sähkömoottorit.

Tehtäväluehellen ja kohdeluehellen avulla laadittiin huollon seurantakortti, joka toimii samalla huolto-ohjelman aikatauluna. Taulukon laadinnassa apuvälineenä käytettiin ST-kortiston ohjetta ST 95.60.04. Liitteessä 3 on kuvakaappaus huollon seurantakortista muuntajien kohdalta. Se antaa kuvauksen, miten seurantakortti on rakennettu. Seurantakorttiin listattiin jokainen kohdeluehellen laite ja sen tehtäväluehellen mukaiset kunnossapitotoimenpiteet ja niiden suoritusajaväli. Luettelossa on jokaiselle vuodelle merkattu suoritettavat toimenpiteet, jotka toimenpiteen vastuuhenkilö kuittaa merkkamalla päivämäärän ja nimikirjaimet suorituksen tapahduttua.

Huolto- ja kunnossapito-ohjelman lisäksi tehtiin pääkeskuksille ja ryhmäkeskuksille tulostettava huoltokortti, joka auttaa huoltohenkilöstöä kunnossapidon suorittamisessa. Korttiin listattiin suoritettavat toimenpiteet, jotka kuuluvat laitteen huoltotoimenpiteisiin. Kun toimenpide on suoritettu, kuittaa huollon suorittaja tai vastuuhenkilö suorituksen päivämäärällä ja allekirjoituksella. Tarkoituksena olisi, että tulostetut huoltokortit kopioitaisiin sähköisiksi ja lisättäisiin talteen dokumenttiarkistoon.

### 4.3 Kohteille määritetyt huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet

Muuntajia tehdasalueella on kolme kappaletta, jotka kaikki ovat keskijännitemuuntajia. Yksi on puistomuuntamossa ja kaksi muuta muuntajaa ovat sahalaitoksella. Lisäksi tehtaalta löytyy kaksi 20 kV:n keskijännitekojeistoa. Toinen toimii sahalaitosta ja kuivaamoja syöttävien kahden muuntajan kojeistona ja toinen muita rakennuksia syöttävän puistomuuntamon kojeistona. Molemmat kojeistot ovat ilmaeristeisiä, mutta puistomuuntamossa sijaitseva sähköliittymän katkaisija on eristetty SF<sub>6</sub>-kaasulla. Koko teollisuuskiinteistön sähköenergian mittaus on toteutettu mittamuuntajien avulla puistomuuntamon keskijännitekojeistossa heti liittymän SF<sub>6</sub>-katkaisijan jälkeen. Muuntajille suoritetaan määräajakaistarkastus kymmenen vuoden välein valtuutetun tarkastajan toimesta. Maadoitusresistanssi mitataan kuuden vuoden välein. Vuosittain muuntaja tarkastetaan sähköturvallisuuden kannalta sekä ilmanvaihdon toiminnasta varmistutaan. Lisäksi SF<sub>6</sub>-katkaisijan kaasun tilaa valvotaan vuosittain huoltomiehen toimesta. Muuntaja puhdistetaan kahden vuoden välein poistamalla

pöly ja ylimääräiset roskat muuntajan läheisyydestä. Samalla tarkastetaan johdinliitosten kunto. Koska jokainen muuntaja on laitokselle tärkeä niin, muuntajaöljyn kunto analysoidaan joka vuosi. Kojeistojen mekaaninen toiminta, liitosten kireys ja tilojen siisteys tarkastetaan kolmen vuoden välein. Huoltotoimenpiteiden määrittelyssä apuna toimi tehtaan käytön johtaja.

Loistehon kompensointilaitteet tarkastetaan muiden laitteiden määräaikaistarkastuksen yhteydessä kymmenen vuoden välein. Huoltotoimenpiteet kompensointilaitteille suorittaa ulkopuolinen asiantunteva toimija. Kolmen vuoden välein puhdistetaan paristo ja tarkastetaan ettei se vuoda. Samalla tutkitaan kaapeliliitosten kunto ja tarvittaessa kiristetään niitä. Hälytyslaitteet koestetaan ja kapasitanssiarvot mitataan virtamittauksella. Vuosittain huoltomies tarkastaa sulakkeiden kunnon ja kompensointilaitteen tehokkaan toiminnan.

Pää- ja ryhmäkeskuksille suoritetaan määräaikaistarkastus myös kymmenen vuoden välein. Yleisesti keskuksat tarkastetaan kerran vuodessa huoltohenkilökunnan toimesta. Keskuksista tulee varmistaa sähköturvallisuuden toteutuminen, lukitus, piirustusten paikkansapitävyys, tilan siisteys ja varasulakkeiden saatavuus. Toimeksiantajan toiveena oli, että syöttökaapeleiden lämpötilat mitataan lämpökameran avulla kerran vuodessa. Lämpömittaus on tärkeää suorittaa silloin, kun keskuksella on mahdollisimman suuri kuormitus, että voidaan havaita kaapeleiden todellisen lämpötilan maksimiarvo. Kuviossa 5 näkyy pakkaushallissa sijaitseva ryhmäkeskus.



Kuvio 5. Pakkaushallin ryhmäkeskus

Tehtaan ja sahalaituksen kaapeliyhlyistä tarkastetaan puhtaus, kiinnitykset ja mekaaninen kunto vuosittain huoltomiehen toimesta. Lisäksi kaapelien läpivientien kuntoa tarkkaillaan samalla ja tarvittaessa korjataan puutteet. Maadoituksista tarkastetaan liitosten kunto ja kireys kolmen vuoden välein. Lisäksi tarkkaillaan maadoitusjohtimien korroosioaurioita ja mekaanista kuntoa.

Jetta-Talon tehtaalla on moottoreita monissa erilaisissa olosuhteissa ja jotkin niistä vaativat jatkuvampaa kunnossapitoa. Säännöllisesti on pidettävä silmällä ainakin purunpoiston ja puutavaran kuljettimien moottoreita, jotka joutuvat toimimaan jatkuvasti erityisen pölyisissä ja puruisissa olosuhteissa. Moottorien jäähtytyksen toiminnasta on varmistuttava, ettei moottorin osat pääse kuumentamaan liikaa. Suurena riskinä on, että moottori sytyttäisi helposti syttyvän purun ja pölyn palamaan. Myös sahalaituksen ja jatkojalostushallin moottoreita on tarkkailtava, koska ne altistuvat samoin purulle ja puupölylle. Moottorit voidaan suojata sen päälle kerääntyvältä purulta ja pölyltä lisäämällä pölykatos moottorin päälle. Katos ei kuitenkaan saa rajoit-

taa moottorin jäähdytyksen toteutumista. Vuosittain moottorit puhdistetaan ja varmistetaan, että niiden jäähdytys toimii. Samalla tarkkaillaan laakereiden lämpötiloja ja melua. Laakereiden voitelut suoritetaan moottorin voitelukilven mukaisesti.

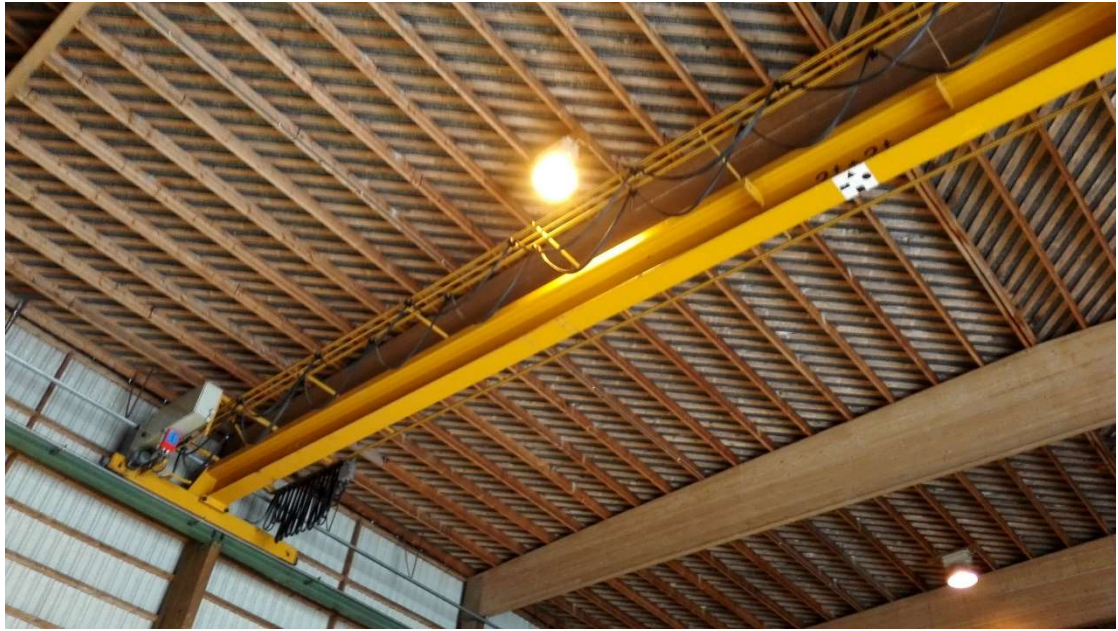
Talotehtaalla on käytössä runsaasti ABB:n ja Vaconin taajuusmuuttajia. Jo pelkästään Jet-Puun kuivaamoissa on käytössä lähes 20 taajuusmuuttajaa. Kuviossa 6 näkyy Jetta-Talon useista moottorikäytöistäkin löytyvä ABB:n taajuusmuuttaja. Kuivaamojen taajuusmuuttajille on rakennettu omat eristetyt tilansa, joissa sijaitsee myös moottorikeskukset. Taajuusmuuttajien ja niiden ympäristön lämpötilaa seurataan sekä tilassa imuroidaan ja pyyhitään pölyt säännöllisesti. Kahden vuoden välein moottorikeskusten taajuusmuuttajat puhdistetaan perusteellisesti, mitataan lämpötilat ja tutkitaan niiden sisäisten puhaltimien kunto.



Kuvio 6. ABB ACS550 -taajuusmuuttaja (ACS550 - vakiotaajuusmuuttaja. N.d).



Jetta-Talon tiloissa on käytössä neljä suurempaa siltanosturia taloelementtien siirtoa varten ja elementtien kokoonpanolinjalla on käytössä useita nostopöytiä. Kuviossa 7 on elementtivaraston toinen siltanosturi. Nosturihuollot ja tarkastukset suoritetaan asiantuntevan tarkastajan toimesta kerran vuodessa. Palvelu toimii niin, että nosturitarkastajat ilmoittavat itse, kun nosturin tarkastuspäivä lähestyy ja sopivat tarkastusajankohdan.



Kuvio 7. Siltanosturi Jetta-Talon tiloissa

Jetta-Talon tehtaalla on kolmessa rakennuksessa käytössä teollisuuskäyttöön tarkoitettut kiinteät ruuvikompressorit, joilla tuotetaan paineilmaa työpisteiden tarpeisiin. Lisäksi jokaisella kompressorilla on erillinen ilmankuivain. Tehtaalla on erikseen nimitetty henkilö, joka hoitaa kompressorien huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet säännöllisesti. Kuviossa 8 näkyy talotehtaan kokoonpanolinjalta löytyvä paineilmakompressor.



Kuvio 8. Yksi Jetta-Talon paineilmakompressoreista

Jet-Puun sahalaitoksen vieressä sijaitsee lämpökeskus, johon sisältyy dieselkäyttöinen varavoima. Varavoimajärjestelmä noudattaa omaa kunnossapito-ohjelmaansa, joka on osa lämpökeskukselle laadittua hoitosuunnitelmaa, joten en sisältänyt varavoimajärjestelmää laatimaani kunnossapito-ohjelmaan. UPS-laitteita tehtaalla on käytössä sahalaitoksen logiikassa ja Jetta-Talon palvelimien ylläpidossa. Laitteet ovat Eatonin valmistamia ja määrittelin niille huoltotoimenpiteet Eatonin käyttöoppaan ja ST-kortiston UPS-ohjeen pohjalta. Kerran vuodessa laitteet puhdistetaan ja toimintakyky tarkastetaan. Lisäksi viiden vuoden välein vaihdetaan laitteiden akut.

Jetta-talon paloilmoinjärjestelmät puhdistetaan joka kuukausi huoltomiehen toimesta. Laitteiston määräaikaistarkastuksen suorittaa kolmen vuoden välein valtuutettu tarkastaja. Vuosittain puhdistetaan kipinäilmaisulaitteistot, jotka tarkastaa asiantunteva huoltoliike. Sahalaitoksella sijaitsevat poistumisopasteet ja -valaistus koestetaan jokaisella vuosineljänneksellä, jottei laitteiden toimintakunnosta ole epäselvyyttä. Laitteita tarkkaillaan jatkuvasti ja palaneet polttimot vaihdetaan välittömästi. Poistumisvalaistuksen akkukäyttö koestetaan vuosittain täyden mitoituksen testillä.

Jetta-Talon tehtaalla ja sahalla valaistus on toteutettu sisätiloissa pääasiassa loisteputkivalaisimilla. Muutamassa rakennuksessa on LED-valaisimia koekäytössä. Ulkoalueet on valaistu sekalaisilla valaisimilla, mutta suurimmalta osin halogeeni-, elohopea- tai monimetallivalaisimilla. Tehtaalle on suunnitteilla siirtyminen energiatehokkaampiin LED-valaisimiin, joten toimeksiantajan toive oli, että valaistuksen osalta huolto- ja kunnossapitosuunnitelmaan ei tarvitse paneutua perusteellisesti. Tämän vuoksi en laatinut toimenpiteitä kunnossapito-ohjelmaan valaistuksen osalta.

#### 4.4 Sisäisen verkon dokumentit

Sisäiseen verkkoon oli tarkoitus lisätä kaikki mahdolliset dokumentit rakennuksista ja laitteista mitä vain oli saatavilla. Dokumentit arkistoiitiin rakennusnumeron mukaisesti kansioihin. Monet sähköasennukset tehtaalla olivat niin vanhoja, ettei sähköisiä kuvia ollut saatavilla. Niinpä sähkökuvia päätettiin käydä katsomassa rakennuksista huoltomiehen kanssa. Kuvia löytyi paperiversioina, mutta suurin osa kuvista oli jo vanhentuneita, koska laitteiston muutoksia ei ollut merkattu kuviin. Vielä käyttökelpoisiksi todetut kuvat ja laiteohjeet kopioitiin sähköiseksi ja lisättiin toimeksiantajan sisäiseen verkkoon. Rakennus- ja laitedokumenttien lisäksi arkistoon lisättiin tehtaan asemakaavio, pääjohtokaavio ja kuormitustaulukko. Asemakaaviosta selviää kaikkien rakennusten sijainnit ja numeroinnit sekä kaikkien pää- ja ryhmäkeskusten väliset kaapelointireitit. Pääjohtokaaviossa näkyy koko tehdasalueen sähkönjakelujärjestelmän reitit.

## 5 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia toimiva huolto-ohjelma Jetta-Talon ja Jet-Puun käytettäväksi. Huolto-ohjelman rakenteen tuli olla kaikki sähkölaitteet kattava ja sellainen, että se on muokattavissa ja siihen pystytään täydentämään laitteistojen toimenpiteiden aikataulut jälkepäin. Tehtaalla ei ollut laadittu huolto-ohjelmaa aikaisemmin eikä ollut selkeää kuvaa laitteista, jotka kunnossapitosuunnitelmaa tarvitsisivat.

Kunnossapito-ohjelma tuo kustannussäästöjä yritykselle. Se tuo hyötyä huoltotoimenpiteissä, koska laitteiden kunto on paremmin tiedossa ja huollot merkattu muistiin, osataan tehdä oikeita huoltotoimenpiteitä, eikä tarvitse lähteä selvittämään huoltosuoritteita, kun laite on jo pysähtynyt. Teollisuusympäristössä laitteen pysähtyminen voi tulla hyvinkin kalliiksi, jos vaikka koko tuotanto pysähtyy sen vikautumisen vuoksi. Laitteen korjaaminen tehostuu ja tuotantokatko lyhenee, kun pystytään toteamaan laitteen vika nopeasti. Lisäksi kun laitteet ovat kunnossa, ovat ne turvallisia käyttää, kunhan vain työntekijä on opastettu laitteen oikeaan käyttöön.

Huolto- ja kunnossapito-ohjelman toteutus Excel-taulukkona on toimiva ratkaisu vielä tämän tehtaan mittakaavassa, mutta isommissa laitoksissa olisi syytä hankkia erillinen ohjelmisto kunnossapidon apuvälineeksi. Ohjelmiston etuna olisi helpompi muokattavuus ja kunnossapito-ohjelman selkeämpi aikataulutus. Huolto-ohjelmisto on kuitenkin yleensä korkean hintansa vuoksi suuri investointi, jonka tarve ja hyöty tulee miettiä tarkkaan ennen hankintaa. Laaditun huolto-ohjelman toimivuus olisi mahdollisesti tehokkaampaa, jos siihen olisi lisätty sähköpostimuistutus, joka ilmoittaa huoltohenkilökunnalle lähestyvistä toimenpiteistä. Mahdollinen tarve erillisille huolto-ohjelmistolle selviää vasta, kun huolto-ohjelma on ollut käytössä jonkin aikaa. Muistutuksen laatiminen olisi myös tarkoittanut sitä, että jokaisen laitteen huoltotoimenpiteisiin olisi täytynyt paneutua syvällisemmin ja pystyä aikatauluttamaan ne perusteellisesti. Jos haluttaisiin tehostaa ennakointia huolloissa, niin se ainakin auttaisi, kun laitteissa tarvittavat varaosat olisivat tiedossa ja niille olisi varattu tila, jonne niitä pystyttäisiin hankkimaan ja varastoimaan etukäteen. Jotta tämä olisi mahdollista, tulisi tietää mitä varaosia kukin laite vaatii ja kuinka usein sekä saatavien varaosien yhteensopivuus käytettävien laitteiden kanssa.

Keskuskuvien ja muiden laitedokumenttien puute on asia, joka olisi syytä korjata, koska niiden vaaditaan olevan aina siinä kunnossa, että ne vastaavat laitteistoa. Kuvat täytyisi päivittää sähköisiksi ja lisätä arkistoon, jotta huoltotoimienpiteetkin olisi helpompi suorittaa. Kuvien päivittäminen on vain todella suuri työ, koska laitteiston nykytila tulisi kartoittaa kokonaan ja suurin osa kuvista jouduttaisiin piirtämään

alusta alkaen uudestaan. Tehtaalla tulisi muutenkin panostaa sähkölaitteiden jatkuvaan tarkasteluun, jotta varmistetaan laitteiden toimintakunnosta.

## Lähteet

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta.

12.6.2008/403. Viitattu 27.4.2017.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403>

ACS550 Käyttäjän opas. 2014. Taajuusmuuttajan käyttöohje. ABB. Viitattu 28.4.2017.

[https://library.e.abb.com/public/ae9399406ddae5aac1257d56002b10a3/FI\\_ACS550-01\\_UM\\_H\\_A4\\_screen.pdf](https://library.e.abb.com/public/ae9399406ddae5aac1257d56002b10a3/FI_ACS550-01_UM_H_A4_screen.pdf)

ACS550 - vakiotaajuusmuuttaja. N.d. ABB. Viitattu 21.5.2017.

<http://new.abb.com/drives/fi/pienjannitetaajuusmuuttajat/vakiotaajuusmuuttajat/acs550>

Ahoranta, J. 2015. Sähkötekniikka. Helsinki: Sanoma-Pro Oy.

Aspect GRIZZLE Näytteenottoilmaisimien. 2012. Elotec Finland Oy. Viitattu 28.4.2017

[http://www.elotec.fi/upload/2013/05/27/124prd\\_400\\_126aspect\\_grizzle\\_esite\\_fir1a.pdf](http://www.elotec.fi/upload/2013/05/27/124prd_400_126aspect_grizzle_esite_fir1a.pdf)

Aura, L. & Tonteri, A. 1996. Sähkökoneet ja tehoelektroniikan perusteet. Porvoo: WSOY.

D1-2012. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2013. Espoo: Sähköinfo Oy.

Eaton 5125 Tower UPS 1000-2200 VA User's Guide. 2010. UPS-laitteen käyttöopas. Eaton. Viitattu 27.4.2017.

[http://lit.powerware.com/ll\\_download.asp?file=Eaton%205125%20Tower%20UPS.pdf](http://lit.powerware.com/ll_download.asp?file=Eaton%205125%20Tower%20UPS.pdf)

Heikkinen, K. 2013. Muuntajaöljyn kunnossapito ja automaattinen kunnonvalvonta. Artikkelit. Promaint. Viitattu 28.4.2017. <http://promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Muuntajaoljyn-kunnossapito-ja-automattinen-kunnonvalvonta>

Heinonen, K. 2002. Tehomuuntajien kunnonvalvonta. Luentomateriaali. Fortum Service Oy.

Hietalahti, L. 2011. Muuntajat ja sähkökoneet. Amk-kustannus Oy. Tampere: Tammertekniikka.

Hietalahti, L. 2013. Sähkövoimatekniikan perusteet. Amk-kustannus Oy. Tampere: Tammertekniikka.

Jetta-Talo Oy: Meistä N.d. Jetta-Talo Oy:n kotisivut. Viitattu 16.1.2017.

<http://www.jetta-talo.fi/meista/>

Jetta-Talon huoltokirja 2008. Gardner Denver ESE 15 -paineilmakompressorin huoltokirja. Jetta-Talo Oy.

Kiinteistöjen sähkökunnossapito ja määräaikaistarkastukset. 2017. Opas. Turvallisuus ja kemikaalivirasto Tukes. Viitattu 26.4.2017.

[http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko\\_ja\\_hissit/esitteet\\_ja\\_oppaat/Kunnossapito-opas.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_oppaat/Kunnossapito-opas.pdf)

Kipinänilmaisu- ja sammutusjärjestelmä toimii räjähdystäkin nopeammin 2017.

Atexon 2017. Viitattu 28.4.2017. <https://atexon.com/ratkaisut/kipinanilmaisu/>

Kodin sähkölaitteiston kunnossapito 2006. Turvallisuus ja kemikaalivirasto Tukes.

Viitattu 27.4.2017.

[http://www.tukes.fi/tiedostot/sahko\\_ja\\_hissit/esitteet\\_ja\\_oppaat/kodin\\_sahkolaitteistot\\_kunnossap.pdf](http://www.tukes.fi/tiedostot/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_oppaat/kodin_sahkolaitteistot_kunnossap.pdf)

Lehtonen, O. 2012. SF6-kaasu sähkökojeistossa. Seminaariesitys. Siemens. Viitattu 24.5.2017.

[http://www.siemens.fi/pool/cc/events/keskijannitesuunnittelijat2012/03\\_sf6-kaasu\\_sahkokojeistoissa.pdf](http://www.siemens.fi/pool/cc/events/keskijannitesuunnittelijat2012/03_sf6-kaasu_sahkokojeistoissa.pdf)

Loisteho. 2014. Sähköturvallisuuden edistämiskeskus. Julkaistu 17.11.2014. Viitattu

21.4.2017. [https://www.stek.fi/kysy\\_sahkosta/sahkoverkot/fi\\_FI/loisteho/](https://www.stek.fi/kysy_sahkosta/sahkoverkot/fi_FI/loisteho/)

Maadoituskirja. 2007. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

Mikä taajuusmuuttaja on? 2008. Artikkel. ABB. Julkaistu 23.6.2008. Viitattu 28.4.2017.

<http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/d5b664f5dd909412c1257291003ef7cc.aspx>

Muuntaja yleisesti. N.d. Trafomic Oy. Viitattu 5.4.2017.

<http://www.trafomic.fi/muuntaja>

Pienjännitemoottorit. 2016. Asennus-, käyttö-, kunnossapito- ja turvallisuusohje.

ABB. Viitattu 28.4.2017.

[https://library.e.abb.com/public/058798821a234a3eb5292853e6a8b54b/Standard\\_Manual\\_LV\\_Motors\\_FI\\_revG%20web.pdf](https://library.e.abb.com/public/058798821a234a3eb5292853e6a8b54b/Standard_Manual_LV_Motors_FI_revG%20web.pdf)

Rotar Cube -ruuvikompressorit. 2003. Käyttö- ja huolto-ohje. Viitattu 13.5.2017.

[http://www.avs-](http://www.avs-yhtiot.fi/sites/default/files/pdf/9.1_cube_kaytto_ja_huolto_2009.pdf)

[yhtiot.fi/sites/default/files/pdf/9.1\\_cube\\_kaytto\\_ja\\_huolto\\_2009.pdf](http://www.avs-yhtiot.fi/sites/default/files/pdf/9.1_cube_kaytto_ja_huolto_2009.pdf)

SFS 6001. 2015. Suurjännitesähköasennukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry.

SFS-EN 50172. 2004. Poistumisvalaistusjärjestelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS Ry.

Small distribution transformers. N.d. ABB. Viitattu 21.5.2017.

<http://new.abb.com/products/transformers/distribution/small>

ST 51.13. 2014. Kaapelihyllyt, tikkaat ja valaisinripustuskiskot. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 51.18.02. 2014. Sähköläpivientien paloeristäminen. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 52.35.01. 2010. UPS-laitteet ja -järjestelmät. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 53.21. 2012. Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 58.04. 2017. Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 95.60.03. 2010. Sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmien sekä tietoteknisten järjestelmien huolto ja kunnossapito. ST-kortisto. Tehtäväluettelo. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 96.02. 2002. Hoito- ja kunnossapito-ohjelman laadinta. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-käsikirja 31. 2013. Varavoimalaitokset. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-käsikirja 35. 2005. Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien tilavaraukset. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-ohjeisto 10. 2006. Sähköisen talotekniikan ylläpito-ohjeet. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-ohjeisto 8. 2016. Poistumisvalaistus ja poistumisreittivalaistus. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

Sähkölaitteistot ja tarkastukset. 2017. Tukes-ohje 16/2017. Turvallisuus- ja kemimaalivirasto Tukes. Viitattu 25.4.2017.  
[http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko\\_ja\\_hissit/ohjeet/Tukes-ohje16\\_2017\\_Sahkolaitteistot\\_ja\\_tarkastukset.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/ohjeet/Tukes-ohje16_2017_Sahkolaitteistot_ja_tarkastukset.pdf)

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. Helsinki 16.12.2016. Viitattu 25.4.2017.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135#Pidp996944>

Tiainen, E. 2008. Rakennusten sähkölaitteistojen maadoitukset. Artikkelit. Sähköala.fi. Viitattu 12.5.2017.  
[http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/asennukset/fi\\_FI/maadoitukset/](http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/asennukset/fi_FI/maadoitukset/)

Työpaikan paloturvallisuus. N.d. SPEK ry. Viitattu 28.4.2017.  
<http://www.spek.fi/Suomeksi/Turvatietao/Tyopaikalla>



## Liitteet

Liite 1. 1135/2016 Sähköturvallisuuslaki 44 §

### Sähkölaitteistoluokitus

Sähkölaitteistot jaetaan niiden varmennus- ja määräaikaistarkastusten vaatimusten sekä kunnossapito-ohjelmaa koskevien vaatimusten osalta luokkiin seuraavasti:

1) luokan 1 sähkölaitteisto:

a) sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa;

b) muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3;

2) luokan 2 sähkölaitteisto:

c) sähkölaitteisto, johon kuuluu yli 1 000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1 000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1 000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja;

d) sähkölaitteisto, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovolttiampeeria.

3) luokan 3 sähkölaitteisto:

c) verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muu vastaava sähköverkko.

Sähkölaitteistoluokitusta ei sovelleta viestintäverkkojen, hissien, ilma-alusten eikä maa- ja vesikulkuneuvojen sähkölaitteistoihin.

## Liite 2. Kuvakaappaus tehtäväluettelosta pääjakelujärjestelmän kohdalta

Tunnusnumero	Koje, tyyppi / toimenpide (nro, tehtävä)	Aikaväli	Suorittaja	HV	VA	TK	Lisäohje
S222	PÄÄJAKELUJÄRJESTELMÄ						
S2222	Sähköpääkeskus						
	1. Määräaikaistarkastus	10a	V/KJ				
	2. Liitosten lämpötilojen mittaus	6a	KJ/U				
	- liittäntöjen kiristys	6a	KJ/U				
	3. Yleinen tarkastus	a	KJ				
	- piirustusten ja kaavioiden tarkastus						
	- keskusten lukituksen ja merkintöjen tarkastus						
	- turvavälineiden ja -ohjeiden tarkastus						
	- tarkastus sähköturvallisuuden kannalta						
	- käytettyjen sulakokojen tarkastus						
	- pääkaapelin lämpömittaukset						
	4. Keskushuone	a/2	KH				
	- siisteyden tarkastus						
	- varasulakkeiden tarkastus ja lisäys						
	5. Muut						
	- kellokytkimien asetus	a/2	KH				
	- huonelämpötilan tarkkailu	a/2	KH				
	- merkkilamppujen tarkastus	a/2	KH				

## Liite 3. Kuvakaappaus huoltojen seurantakortista muuntajien kohdalta

NRO- TUNNUS	Laitteet, kojeet	HUOLTOAJAT												
		2017			2018			2019			2020			
		Toimenpide nro	pvm / nimik.		Toimenpide nro	pvm / nimik.		Toimenpide nro	pvm / nimik.		Toimenpide nro	pvm / nimik.		
S2213	Muuntajat	JET-PUU 1 (PUISTOMUUNTAMO)	Toimenpide numero, tehtävä		Huoltoväli									
			1. Määräaikaistarkastus			10a								
			2. Maadoitusresistanssin mittaus			6a								
			3. Tarkastus sähköturvallisuuden kannalta			a	3	3	3	3				
			4. IV-suodattimien puhdistus tai vaihto. SF6-kaasun tarkastus.			a	4	4	4	4				
			5. Muuntajaöljyn näytteenotto ja analyysi			5a	6	6	6	6				
			6. Muuntajien puhdistus			2a	7	7	7	7				
7. Öljynkuivaimen tarkastus		a/4												
	JET-PUU 2 M1 (SAHA)	1. Määräaikaistarkastus		10a										
		2. Maadoitusresistanssin mittaus		6a										
		3. Tarkastus sähköturvallisuuden kannalta		a	3	3	3	3						
		4. IV-suodattimien puhdistus tai vaihto. SF6-kaasun tarkastus.		a	4	4	4	4						
		5. Muuntajaöljyn näytteenotto ja analyysi		5a	6	6	6	6						
		6. Muuntajien puhdistus		2a	7	7	7	7						
		7. Öljynkuivaimen tarkastus		a/4										
	JET-PUU 2 M2 (SAHA)	1. Määräaikaistarkastus		10a										
		2. Maadoitusresistanssin mittaus		6a										
		3. Tarkastus sähköturvallisuuden kannalta		a	3	3	3	3						
		4. IV-suodattimien puhdistus tai vaihto. SF6-kaasun tarkastus.		a	4	4	4	4						
		5. Muuntajaöljyn näytteenotto ja analyysi		5a	6	6	6	6						
		6. Muuntajien puhdistus		2a	7	7	7	7						
		7. Öljynkuivaimen tarkastus		a/4										