



# **PIENJÄNNITEVERKON PITKÄN AIKAVÄLIN SUUNNITELMA**

Kim Ahonen

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2014  
Sähkötekniikan  
koulutusohjelma  
Sähkövoimatekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Sähkövoimatekniikka

AHONEN, KIM:

Pienjänniteverkon pitkän aikavälin suunnitelma

Opinnäytetyö 55 sivua, joista liitteitä 6 sivua  
Joulukuu 2014

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Metso Minerals Oy:n murskaintehtaan pienjänniteverkon pitkän aikavälin suunnitelma, joka koostui sähköverkon elinkaarikartoituksesta ja ennakkohuoltosuunnitelmasta. Idea työlle syntyi Metson tarpeesta kartoittaa tehdasalueen pienjänniteverkot, ja arvioida verkosta syntyvät kustannukset tulevaisuudessa. Työ aloitettiin kuvaamalla kaikki suunnitelmaan kuuluvat sähkökeskukset yksityiskohdaisesti, jonka jälkeen keskukset oli dokumentoituina sähköisessä muodossa. Kuvista selvisi tarvittava tieto keskuksien kunnosta ja kriittisyydestä.

Elinkaarikartoitukseen kuului kuntokartoitus, jossa arvioitiin verkon keskusten ja niitä syöttävien kaapeleiden kuntoa. Keskuksien fyysinen eheys ja komponenttien kunto tarkastettiin silmämääräisesti ja liitosten löystymisistä johtuvat lämpöviat tarkastettiin lämpökameralla. Lisäksi muutaman keskuksen vanhalle armeeratulle syöttökaapeleille tehtiin eristysvastusmittaus. Elinkaarikartoitukseen kuului myös kriittisyyskartoitus, jossa pyrittiin arvioimaan eri keskusten toimivuuden tärkeyttä. Kriittisyyskartoitus perustui keskuksien sähkönsyöttöjen katkeamisesta aiheutuviin seurauksiin. Mitä vakavampi seuraus katkosta aiheutuu, sitä kriittisempi keskus on. Lopuksi elinkaarikartoituksen pohjalta luotiin sähköverkolle viiden vuoden mittainen ennakkohuoltosuunnitelma, johon listattiin kaikki keskuksille tehtävät ennakkohuollot. Ennakkohuollot suunniteltiin niiden tärkeysjärjestyksen mukaan ja työt pyrittiin jaottelemaan tasaisesti viidelle vuodelle.

Kartoituksessa olleet keskukset olivat pitkälti elinkaaren molemmista ääripäistä. Osa keskuksista oli siis erittäin uusia ja osa erittäin vanhoja. Elinkaaren keskivaiheessa olevia keskuksia oli kartoituksessa niukasti. Keskusten kriittisyydet jakautuivat siten, että epäkriittisiä keskuksia oli enemmän kuin kriittisiä. Ennakkohuoltosuunnitelma koostui suureksi osaksi kokonaisten keskusryhmien uusimisesta, ja keskuksien komponentteja vaihdettiin vähän. Ennakkohuolloista aiheutuvia kustannuksia ei ollut mahdollista jaotella aivan tasaisesti koko ennakkohuoltosuunnitelman aikavälille.

Pitkän aikavälin suunnitelman tekeminen oli aluksi haasteellista, mutta lopputuloksena kuitenkin saatiin rakennettua toimiva kokonaisuus. Sähköverkon kunnan tarkastaminen johti toimenpiteisiin, joiden avulla murskaintehtaan sähköverkon luotettavuutta ja turvallisuutta saatiin parannettua.

---

Asiasanat: pitkän aikavälin suunnitelma, elinkaarikartoitus, ennakkohuoltosuunnitelma

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical Engineering  
Option of Electrical Power Engineering

AHONEN, KIM:  
A Long Term Plan for a Low Voltage Grid

Bachelor's thesis 55 pages, appendices 6 pages  
December 2014

---

The purpose of the thesis was to create a long term plan for Metso Mineral Oy's low voltage grid. The long term plan consisted of a life cycle mapping and a maintenance plan of the electric grid. The idea for the thesis came from Metso's need to map its low voltage grid and to evaluate the grid's costs in the future. Creating the plan started by photographing all the electric switchboards that were included in the mapping. The pictures held all the information that was needed to create the long term plan.

A condition inspection was a part of the life cycle mapping and in which the condition of the grid's electric switchboards and supply cables were evaluated. The physical condition of the switchboards' components was inspected visually. Heat damage that can be caused by loose connectors was inspected with a thermal camera. Additionally a few switchboards with old armored supply cables were tested with an insulation test meter. The lifecycle mapping also contained a criticality analysis that was used to evaluate the importance of each switchboard. The criticality analysis was based on the consequences that would apply, if the power supply of each switchboard would be cut off. The greater the consequences are, the greater the criticality level is. Based on the life cycle mapping, a five-year maintenance plan was created for the grid. It contained all the preventive maintenance tasks that had to be done. The maintenance work was put in order of importance and divided over five years.

The switchboards in the plan were mostly in either end of their lifecycle. A few switchboards were half way through. The criticality of the switchboards was divided so that there were more uncritical switchboards than critical. The maintenance plan mostly consisted of renewing whole switchboard groups and component changes were rarely needed. The costs of the preventive maintenance could not be split evenly over the five years of the maintenance plan.

Creating the long term plan was difficult at first, but in the end a working plan was accomplished. After inspecting the grid's condition, many actions were taken in order to increase its reliability and safeness. There were approximately 60 electric switchboards in the crusher factory.

---

Key words: long term plan, lifecycle mapping, maintenance plan

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	Metso Minerals Oy .....	8
3	KUNNOSSAPITO .....	10
3.1	Kunnossapito yleisesti .....	10
3.2	Ehkäisevä kunnossapito .....	11
3.3	Sähköverkon kunnossapito .....	11
4	PITKÄN AIKAVÄLIN SUUNNITELMA .....	14
4.1	Elinkaarikartoitus .....	14
4.1.1	Kuntokartoitus.....	14
4.1.2	Kriittisyyskartoitus .....	16
4.2	Ennakkohuoltosuunnitelma .....	19
5	MURSKAINTEHTAAN KUNTO- JA KRIITTISYYSKARTOITUS.....	21
5.1	PÄÄKESKUS-PK-B .....	22
5.2	KESKUSRYHMÄ B-2 .....	24
5.3	KESKUSRYHMÄ B-3 .....	25
5.4	KESKUSRYHMÄ B-4 .....	26
5.5	KESKUSRYHMÄ B-5 .....	27
5.6	KESKUSRYHMÄ B-8 .....	28
5.7	KESKUSRYHMÄ B-9 .....	29
5.8	KESKUSRYHMÄ B-10 .....	30
5.9	KESKUSRYHMÄ B-11 .....	30
5.10	KESKUSRYHMÄ B-12 .....	31
5.11	KESKUSRYHMÄ B-14 .....	31
5.12	KESKUSRYHMÄ B-15 .....	32
5.13	KESKUSRYHMÄ B-16 .....	33
5.14	KESKUSRYHMÄ B-21 .....	35
5.15	KESKUSRYHMÄ B-22 .....	35
5.16	Elinkaaren yhteenveto.....	36
5.17	Kriittisyyden yhteenveto .....	39
6	ENNAKKOHUOLTOSUUNNITELMA .....	42
6.1	Vuosi 2015 .....	42
6.2	Vuosi 2016 .....	43
6.3	Vuosi 2017 .....	44
6.4	Vuosi 2018 .....	45
6.5	Vuosi 2019 .....	46
6.6	Kustannusarvio .....	47

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	48
LÄHTEET .....	49
LIITTEET .....	50
Liite 1. Nousujohtokaavio .....	50
Liite 2. Ennakkohuoltosuunnitelma .....	52
Liite 2. Ennakkohuoltosuunnitelma .....	53
Liite 2. Ennakkohuoltosuunnitelma .....	54
Liite 2. Ennakkohuoltosuunnitelma .....	55

**LYHENTEET JA TERMIT**

A	ampeeri
IP-luokitus	international protection-luokitus
PK	pääkeskus
PJ	pienjännite
PSK	Prosessiteollisuuden Standardisoimiskeskus
TN-S-järjestelmä	viisijohdinjärjestelmä
TN-C-järjestelmä	nelijohdinjärjestelmä
V	volti

## 1 JOHDANTO

Tehdaslaitoksen sähköverkon luotettava toiminta on edellytyksenä koko tehtaan tuotannolle. Tavoitteena on pitää tuotanto käynnissä 24 tuntia vuorokaudessa viitenä päivänä viikossa ilman keskeytyksiä. Tuotannon keskeytyminen voi johtua sähköverkon vikatilanteista, joita pyritään ennaltaehkäisemään sähköverkon kunnon arvioinnilla ja elinkaarensa päässä olevien verkon komponenttien uusimisella. Opinnäytetyöni lähtökohtana on tutustua sähkölaitteiston käytön johtajan työhön ja luoda pitkän aikavälin suunnitelma Metso Minerals Oy:n murskaintehtaan pienjänniteverkolle.

Pitkän aikavälin suunnitelma toimii sähkölaitteiston käytön johtajalle eräänlaisena työkaluna ja antaa mahdollisuuden ymmärtää sähköverkkoa laajana kokonaisuutena. Pitkän aikavälin suunnitelman pohjalta pystytään arvioimaan verkon kunnossapidon tarvetta ja niistä koituvia kustannuksia. Lisäksi laki velvoittaa käytön johtajaa laatimaan sähkölaitteistolle huolto- ja kunnossapito-ohjelman.

Pitkän aikavälin suunnitelmaan tehdään kaikille murskaintehtaan sähkökeskuksille, lukuun ottamatta työstökoneiden keskuksia. Suunnitelma koostuu pienjänniteverkon elinkaarikartoituksesta sekä ennakkohuoltosuunnitelmasta. Elinkaarikartoitukseen kuuluu sähköverkon kunto- ja kriittisyyskartoitus. Ennakkohuoltosuunnitelmassa taas pyritään arvioimaan mitkä verkon osat olisi syytä kunnostaa tai vaihtaa ja missä järjestyksessä. Lisäksi ennakkohuoltosuunnitelmaan kuuluu kustannusarvio tehtävistä ennakkohuolloista.

## 2 Metso Minerals Oy

Metso Minerals on Metso konserniin kuuluva suuryhtiö. Metso on johtava teollisuuden laite- ja palveluratkaisujen toimittaja asiakkailleen kaivos-, maarakennus- sekä öljy- ja kaasualalla. Lisäksi Metso on tunnettu myös edistyksellisistä automaattioratkaisuistaan massa-, paperi- ja voimantuotantoteollisuuksille. Metso työllistää noin 16 000 ammatti-laista ja toimii yli 50 maassa. (Metso Oy 2014)

Metson avainlukuja 2013 ja 2012

- Saadut tilaukset: 3 709 miljoonaa euroa (4 215 milj. e), josta palveluliiketoiminnan osuus 2 038 miljoonaa euroa (2 153 milj. e)
  - Liikevaihto: 3 858 miljoonaa euroa (4 282 milj. e), josta palveluliiketoiminnan osuus 1 976 miljoonaa euroa (2 072 milj. e)
  - EBITA (tulos ennen rahoituseriä, veroja ja aineettomien hyödykkeiden poistoja) ennen kertaluonteisia eriä: 496 miljoonaa euroa eli 12,8 prosenttia liikevaihdosta (486 milj. e ja 11,4 %). Kertaluonteisia kuluja oli 54 miljoonaa euroa (11 milj. e)
  - Henkilöstömäärä 31.12.2013 noin 16 000 työntekijää.
- (Metso Oy 2014)

Tamperelainen konepajayhtiö Lokomo perustettiin vuonna 1915 ja tehtaassa valmistettiin vetureita, joista suurin osa vietiin sotakorvauksina neuvostoliitolle. 1970 Lokomo siirtyi Rauma-Repolan omistukseen. Tällöin tuotannossa olivat sarjavalmisteiset koneet, kuten esimerkiksi murskaimet, tiehöylät, kaivukoneet, nosturit ja metsäkoneet. Vuonna 1987 Rauma-Repola osti Euroopan johtavan murskainvalmistajan Bergeaudin sekä Nordberg UK:n. Vuonna 1991 Rauma-Repola ja suuri suomalainen metsäteollisuusyhtiö Yhtyneet Paperitehtaat yhdistyivät Rauma Oy:ksi. Vuonna 2001 Rauma Oy ja Valmet yhdistyivät Metsoksi ja vuoden 2014 alusta Metso ja Valmet päätettiin jakaa kahdeksi erilliseksi yhtiöksi. (Metso Oy 2014)

Metso Minerals sijaitsee lähellä Tampereen keskustaa ja sen päätoimiala on Kaivos- ja maarakennus. Tehdas koostuu pääosin siirrettävien murskainten koneistamosta ja kokoonpanosta. Lisäksi tehtaaseen kuuluu tutkimuskeskus ja kivilaboratorio, joka tutki asiakkaiden kivilaatuja. Opinnäytetyö keskittyy murskainten koneistamon sähköverkkoon, joka sijaitsee tontin koillis-kulmassa (kuva 1). (Metso Oy 2014)





KUVA 1. Metson murskaintehdas (Metso Oy 2014)

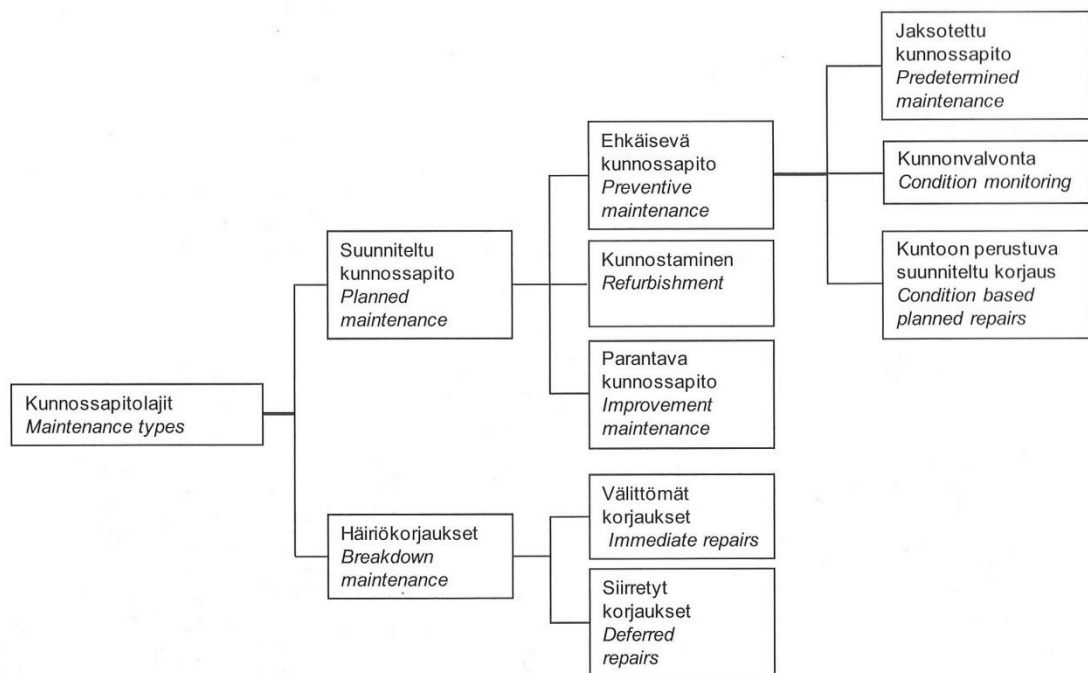
Metso Mineralsin tärkeimpänä tuotteena on liikuteltava tela-alustainen murskainlaitos Lokotrack. Metso aloitti tela-alustaisten liikuteltavien murskaussyksiköiden sarjavalmistuksen ensimmäisenä maailmassa vuonna 1985. Lokotrack on innovaatio, jossa on syötin, voimanlähte, murskain ja kuljettimia kompaktissa muodossa. Yhdistämällä 2-4 lokotrackia saadaan täydellinen murskaus- ja seulontaprosessi. (Metso Oy 2014)

### 3 KUNNOSSAPITO

#### 3.1 Kunnossapito yleisesti

Kunnossapidolla tarkoitetaan tuotantolaitteiden ja sähkölaitteiston pitämistä toimintakuntoisina siten, että ne toimivat luotettavasti. Kunnossapidon tärkeimmät tehtävät on mahdollistaa laitteiden turvallinen käyttö, sekä parantaa laitteiston tuottavuutta. Vaikka yritys toimisi normaalitilanteissa täysin ongelmitta, voi häiriötilanteista aiheutuvat ongelmat olla vakavia. Siksi yrityksen panostaminen kunnossapitoon on yritykselle taloudellisesti kannattavaa. Kunnossapidossa pyritään ottamaan huomioon taloudellisuuden lisäksi myös työturvallisuus, ympäristöasiat ja laatu. (PSK 6201 2011, 4)

Kunnossapidon rooli on muuttunut paljon entisaikojen korjausmies käytännöistä, ja nykyään kunnossapitoon vaaditaan eri alojen asiantuntijoita. Tämä johtuu pitkälti koneiden ja laitteiden monimutkaistumisesta ja niiden ymmärtäminen vaatii enemmän osaamista ja suunnittelua. PSK 7501-standardin mukaan kunnossapitolajit jaetaan kahteen ryhmään: suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin (kuvio 2). Työni kannalta olennaisin kunnossapidon osa-alue on suunniteltuun kunnossapitoon kuuluva ehkäisevä kunnossapito.



KUVIO 2. Kunnossapitolajit (PSK 7501 2010, 32)

### 3.2 Ehkäisevä kunnossapito

PSK 6201-standardi määrittelee ehkäisevän – eli ennakoivan kunnossapidon seuraavasti: ”Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyttä toimintakykyä ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen.” (PSK 6201 2011, 7)

Ehkäisevä kunnossapito koostuu kolmesta osa-alueesta, jotka ovat: jaksotettu kunnossapito, kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva suunnittelu. Jaksotetulla kunnossapidolla tarkoitetaan huoltoa, joka tehdään esimerkiksi käyttötuntien, kalenteriajan, tuotantomäärän tai energian käytön mukaisesti. Kunnonvalvonnalla pyritään arvioimaan kohteen toimintakunnon nykytilaa ja sen kehittymistä. Sen avulla voidaan myös luotettavasti arvioida, koska ehkäisevää kunnossapitoa tai korjausta kannattaa suorittaa. Kunnonvalvonnassa voidaan käyttää apuna erilaisia mittareita tai se voidaan suorittaa aistinvaraisesti. Kunnon valvonnan jälkeen suoritetaan kuntoon perustuva suunnittelu, jolla pyritään toteuttamaan huoltotoimenpiteet kunnonvalvonnassa havaituille vikakohteille. (Edu 2014)

Ehkäisevän kunnossapidon tehokkuus vaikuttaa siihen, että kuinka hyvin kunnossapitoa voidaan suunnitella etukäteen. Hyvän kunnossapidon tunnusmerkkejä on se, että noin 80 % työkuormasta on tiedossa jo noin kolme viikkoa ennen kunnossapitotöiden aloittamista. Toimenpiteiden suunnittelu mahdollistaa kunnossapitotyöt, jotka haittaavat mahdollisimman vähän tuotantoa. (Järviö, Piispa, Partanen, Lappalainen & Åström 2006, 67)

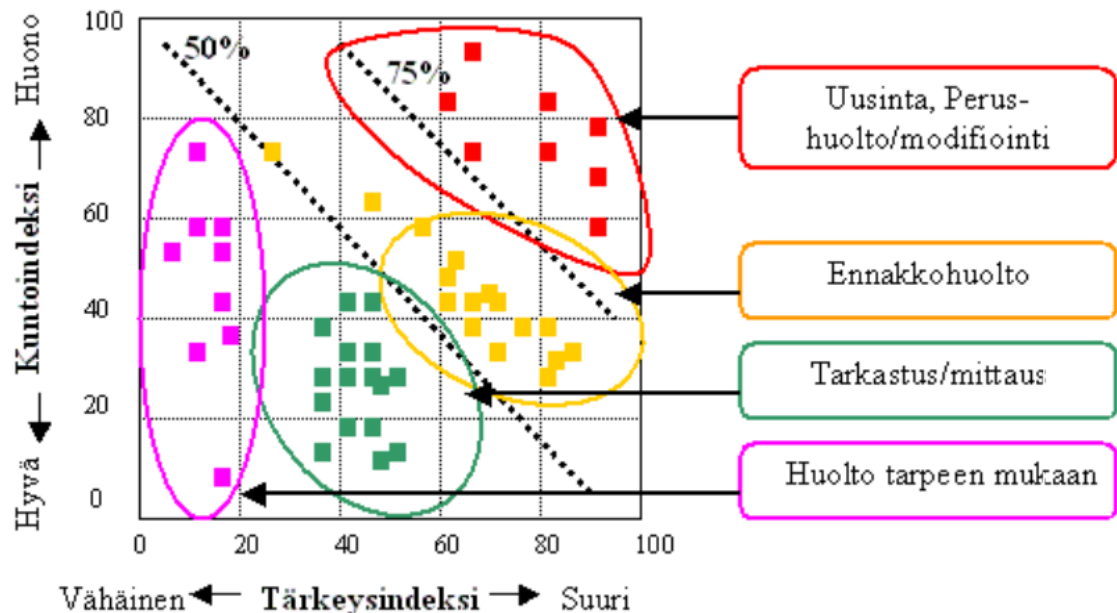
### 3.3 Sähköverkon kunnossapito

Kun kyse on sähköverkon toiminnasta, tavoitellaan ennakkohuolloilla lähes täydellistä toimintavarmuutta. Sähköverkkojen vikataajuus pyritään saamaan mahdollisimman pieneksi, joka onnistuu ennakkohuoltojen ylipainottamisella. Keskeytyksistä aiheutuvat kustannukset ovat sähköverkkojen tapauksissa paljon suurempia, kuin ennakkohuollon ylipainottamisesta koituvat kustannukset. Esimerkiksi verkkoyhtiöiden tapauksissa keskeytykset saavat kestää enintään 12 tuntia tai verkkoyhtiöt joutuvat maksamaan asiakkaille korvauksia (Sähkömarkkinalaki 588/2013, 100 §).

Pj-sähköverkon ehkäisevä kunnossapito voi koostua monesta eri toimenpiteestä, jotka riippuvat sähköverkon kunnosta, iästä ja komponenteista. Toimenpiteet voivat kohdistua sähköverkon kaapeleihin, muuntajiin tai sähkökeskuksiin. Eniten ehkäisevää kunnossapitoa tarvitaan kuitenkin sähkökeskuksissa. Tärkeimpänä sähkökeskuksiin kohdistuvana ennakkohuoltona on pitää sähkökeskukset puhtaana, jolloin niiden komponentit kestävät pidempään. Sähkökeskukselle tehtäviä toimenpiteitä voivat olla

- silmämääräinen tarkastus
- lämpökuvaus
- imurointi
- komponenttien vaihto tai
- koko keskuksen uusiminen.

Sähköverkon kunnossapidossa voidaan käyttää apuna eräänlaista luotettavuuspohjaista kunnossapitoajattelua, jossa pyritään arvioimaan kutakin verkon komponenttia niiden tärkeyden ja todellisen kunnan perusteella. Kuviossa 3 on esitetty luotettavuuspohjainen kunnossapitostrategia. (Lakervi & Partanen 2008, 228–229)



Kuvio 3. Luotettavuuspohjainen kunnossapitostrategia (Lakervi & Partanen 2008, 229)

Kuvion pystyakselilla kuvataan komponentin kuntoa. Suuri luku tarkoittaa huonokuntoista komponenttia ja kasvaneutta kunnossapidon tarvetta. Kuvion vaakiakselilla kuvataan komponentin tärkeyttä käyttövarmuuden näkökulmasta, eli kriittisyyttä. Vaalean-

punainen rengas kuvastaa komponentteja, joiden kriittisyys on matalalla tasolla. Näille komponenteille voidaan tehdä huolto tarpeen vaatiessa. Tällöin puhutaan korjaavasta kunnossapidosta. Vihreän ympyrän sisällä olevia, hieman kriittisempiä komponentteja tehdään tarkastuksia tietyin määräajoin. Tällöin komponenttien kunto ei pääse heikkenemään tietämättä. Osittain heikentyneelle komponentille voidaan suorittaa ennakkohuolto, jolla estetään komponentin rikkoutuminen. (Lakervi & Partanen 2008, 229–230)

Oranssin ympyrän sisällä oleville laitteille tehdään säännöllistä ennakkohuoltoa, koska kriittiset laitteet eivät saa rikkoutua. Punaisen ympyrän komponentit ovat elinkaarensa päässä olevia komponentteja, joita ei kannata enää huoltaa. Jäljelle jäävät ratkaisut ovat komponenttien modifiointi, modernisointi tai käytöstä poisto.

## 4 PITKÄN AIKAVÄLIN SUUNNITELMA

Pitkän aikavälin suunnitelma on sähkötöiden- ja sähkölaitteiston käytön johtajan työkalu, jolla voidaan seurata jonkin laitteiston elinkaarta ja huoltamista. Pitkän aikavälin suunnitelmaa voidaan käyttää apuna investointien suunnittelussa ja sen pohjalta on helppo perustella investoinnin kannattavuutta.

Lisäksi kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä velvoittaa sähkölaitteiston haltijalta huolto- ja kunnossapito-ohjelmaa sähkölaitteistolle. Vastuu ei siis kuulu yritykselle, vaan nimetylle käytönjohtajalle. Veloitteet on asetettu seuraavasti:

Sähkölaitteiston suoja-, turva- ja vastaavien järjestelmien määrävälein tehtävää huoltoa vaativien laitteiston osia varten on laadittava ennalta huolto- ja kunnossapito-ohjelma. Jos tällaisia huollettavia laitteiston osia on enintään 1 000 voltin nimellisjännitteisen liittymän sähkölaitteistossa vain muutama, voidaan erillinen huolto- ja kunnossapito-ohjelma korvata laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeilla. (KTMp 517/1996, 3:11 §.)

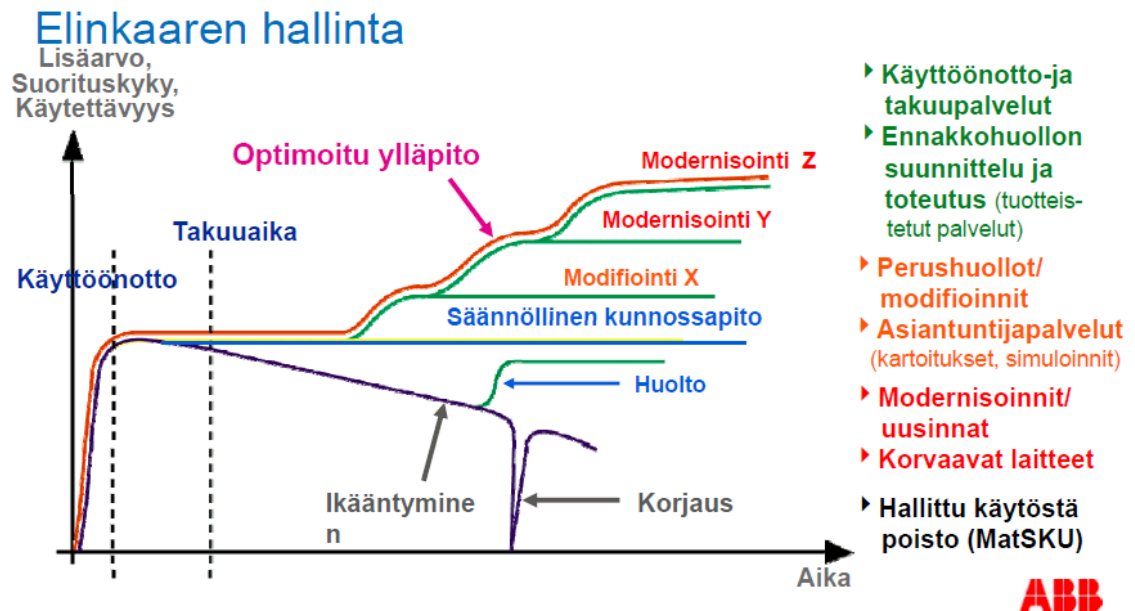
Pitkän aikavälin suunnitelma koostuu laitteiston elinkaarikartoituksesta ja ennakkohuoltosuunnitelmasta. Elinkaarikartoituksessa arvioidaan sähkökeskusten ja niitä syöttävien kaapeleiden kuntoa ja kriittisyyttä. Elinkaarikartoituksen pohjalta luodaan keskuksille ennakkohuoltosuunnitelma, johon kuuluu myös ennakkohuollosta syntyvien kustannusten arviointi.

### 4.1 Elinkaarikartoitus

#### 4.1.1 Kuntokartoitus

Pienjänniteverkon luotettava toiminta on edellytys toimivalle teollisuustehtaalle. Mikäli sähköverkon toiminta keskeytyy, voi seurauksena olla pitkäkin tuotannon katkos. Elinkaarikartoituksella pyritään arvioimaan sähköverkon tämän hetkistä kuntoa ja ennaltaehkäisemään vika tilanteita sekä käyttökatkoksia. Elinkaarikartoitus kannattaa tehdä hyvissä ajoin vanhentuneelle laitteistolle, koska optimoimalla huoltojen ajankohdat, voidaan laitteiston elinkaarta pidentää oleellisesti. Mitä vanhemmaksi laitteisto päästetään, sitä suurempi on sen vikaantumisriski.

Kuvassa 2 on esitetty laitteiston elinkaari, jonka suorituskyky vaihtelee siihen tehdyn huollon ja kunnossapidon tasosta riippuen. Laitteistoa voidaan myös modifioida tai modernisoida, jolloin sen suorituskykyä voidaan nostaa alkuperäisen tason yläpuolelle. Modifioinnilla tarkoitetaan vanhan laitteiston kunnostamista, vaihtamalla vanhoja osia uusiin. Modernisoinnilla taas tarkoitetaan koko vanhan laitteiston korvaamista uudella.



KUVA 2. Elinkaaren hallinta ABB:n mukaan (Salonen 2012, 4)

Laitteiston ikääntyminen laskee laitteiden suorituskykyä violetin käyrän mukaisesti, ellei laitteistoa huolleta säännöllisesti. Jos laite rikkoutuu, voidaan se korjata, jolloin sen suorituskyky palaa likimain rikkoutumista edeltäneeseen tilaan. Mikäli laitteistolle tehdään huolto ennen laitteiston rikkoutumista, saadaan laitteiston laskevaa suorituskykyä nostettua ja laitteen rikkoutuminen voidaan välttää. Tätä kuvastaa kuvan violetista käyrästä jatkuva vihreä käyrä. Mikäli laitteistolle tehdään säännöllistä kunnossapitoa, kulkee laitteen elinkaari kuvan sinisen käyrän mukaan tasaisella suorituskyvyllä. Laitteiston modifioinnin avulla, voidaan vanhan laitteiston suorituskykyä nostaa jopa käyttöönottilannetta vastaavan suorituskyvyn yläpuolelle. Modifiointi ei kuitenkaan aina ole mahdollinen, jolloin jäljelle jäävät ratkaisut on laitteiston modernisointi tai hallittu käytöstä poisto. Mikäli modernisointi tehdään, pidentää tämä huomattavasti laitteiston ikää takaamalla varaosien ja laajennuksien saatavuuden.

Sähkökeskusten elinkaarta pyritään arvioimaan niiden iän, kunnon, käytettävyyden ja turvallisuuden perusteella. Työssäni on käytetty karkeaa kolmijakoista menetelmää laitteen elinkaaren arvioimiselle. Elinkaaren vaiheet ovat seuraavat:

- elinkaaren alussa
- elinkaaren keskivaiheella
- elinkaaren lopussa.

Elinkaaren arvioinnin perustana käytetään pääosin keskuksen ikää. Mikäli keskus on 60- tai 80-luvulla valmistettu, se on poikkeuksetta merkitty elinkaarensa lopussa olevaksi keskukseksi. Mikäli keskus on iältään alle 30 vuotta vanha, kannattaa sen elinkaaren vaihetta tarkastella hieman tarkemmin. Tällöin elinkaaren vaihe määräytyy sen kunnon, käytettävyyden ja turvallisuuden perusteella. Keskuksen kunnolla tarkoitetaan sen rungon fyysistä kuntoa ja keskuksen sisällä olevien komponenttien kuntoa. Käytettävyydellä tarkoitetaan esimerkiksi, että kuinka helposti keskuksen luokkuja voidaan avata, tai kuinka helposti pääkytkin on käytettävissä. Pääkytkin voi sijaita keskuksen sisällä, jolloin vikatilanteessa sen löytäminen on hankalaa. Keskuksen heikentyntä turvallisuutta on kosketussuojauksen heikentyminen tai ip-luokituksen aleneminen. Lisäksi vikavirtasuojakytkimien puuttuminen on heikentyntä turvallisuutta.

#### 4.1.2 Kriittisyyskartoitus

Elinkaarikartoituksessa tarkastellaan laitteiston kunnon lisäksi laitteiston eri osien kriittisyystasoa, jotka voivat vaihdella hyvinkin paljon tapauskohtaisesti. Kriittisyys kuvastaa kohteeseen liittyvän riskin merkittävyyttä ja kriittisyys koostuu useasta eri tekijästä. PSK 6800-standardi määrittelee kriittisyyden seuraavasti:

Kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski (henkilöiden loukkaantumiseen, merkittäviin aineellisiin vahinkoihin ja tuotannon menetykseen tai muihin ei hyväksyttäviin seurauksiin liittyvä riski) ei ole hyväksyttävällä tasolla. (PSK 6800 2008, 3.)

PSK 6800-standardissa laitteiden kriittisyyttä arvioidaan viiden eri tekijän perusteella, jotka ovat seuraavat: turvallisuusriskit, ympäristöriskit, tuotannon menetys laatu- ja korjaus- tai seurannuskustannus. Jokaiselle tekijälle annetaan painoarvo, vikaantumisväli ja kerroin. Taulukossa 1 on PSK 6800-standardin mukainen pisteytysohje.



Taulukko1. PSK 6800-standardin pisteytysohje

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$		$M_s = 0$	Ei turvallisuusriskiä
			$M_s = 2$	Vähäinen turvallisuusriski
			$M_s = 4$	Kohtalainen turvallisuusriski
			$M_s = 8$	Merkittävä turvallisuusriski
			$M_s = 16$	Vakava turvallisuusriski
	Ympäristöriskit $W_e = 20$		$M_e = 0$	Ei ympäristöriskiä
			$M_e = 2$	Vähäinen ympäristöriski
			$M_e = 4$	Kohtalainen ympäristöriski
			$M_e = 8$	Merkittävä ympäristöriski
			$M_e = 16$	Vakava ympäristöriski
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetyt $W_p = 0 \dots 100$	1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta	$M_p = 0$	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle
			$M_p = 1$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi $\leq 3$ h)
			$M_p = 2$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi $\leq 10$ h)
			$M_p = 3$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)
			$M_p = 4$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi $> 24$ h)
	Laatukustannus $W_a = 30$		$M_a = 0$	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.
			$M_a = 1$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 1$ h)
			$M_a = 2$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 3$ h)
			$M_a = 3$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)
			$M_a = 4$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $> 8$ h)
Korjaus- tai seurauksenkustannukset	Korjaus- tai seurauksenkustannus $W_r = 20$	$M_r = 0$	Korjauskustannuksilla tai seurauksenkustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.	
		$M_r = 1$	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 2$ h)	
		$M_r = 2$	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 10$ h)	
		$M_r = 3$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)	
		$M_r = 4$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $> 24$ h)	

<sup>1)</sup> Lukuarvot ovat ohjeellisia

Taulukon painoarvosarakkeesta valitaan laitteelle ensiksi tietty vaikutustyyppi. Valitulle vaikutustyyppille valitaan valintakriteerisarakeesta sitä eniten kuvaava kriteeri, jonka avulla kerroinsarakkeesta saadaan painoarvolle tietty kerroin. Kertomalla painoarvon ja kertoimen, saadaan laitteelle tietyn vaikutustyyppin mukainen pistearvo. Laitteelle käydään läpi kaikki vaikutustyypit ja niistä saadut pisteet summataan yhteen. Lopuksi summatut pisteet kerrotaan vielä vikaantumisvälisarakeesta valitulla vikaantumistiheyttä kuvastavalla arvolla, ja näin saadaan laitteelle lopullinen kriittisyys.

PSK 6800-standardin mukainen kriittisyyden arvioiminen on luotu tuotantolaitteiden kriittisyyskartoitukseen. Sähköverkon ja sähkökeskusten kriittisyyskartoitukseen standardi ei ole täysin sopiva, joten olen työssäni poikennut tästä standardista. Kriittisyyden

arviointi on tehty Metson tarpeisiin soveltuvalle menetelmällä, jonka luonnissa on käytetty apuna PSK 6800-standardia.

Kriittinen keskus on tuotannon jatkuvuuden kannalta tärkeä keskus. Tällaisia keskuksia ovat tuotantolaitteita tai useita kiinteistön laitetta syöttävä keskus. Pj-keskusten arvioinnissa kriittisyys on jaettu neljään eri tekijään, jotka ovat

- tuotantolaittevaikutus
- apulaittevaikutus
- turvallisuusvaikutus
- kiinteistövaikutus.

Tuotantolaittevaikutus kuvastaa vian aiheuttamaa laajuutta laiteetasolla. Yksi keskus voi syöttää yhtä tai useampaa tuotantolaitetta. Tuotantolaitteeksi lasketaan ainoastaan suuret CNC-koneet, eikä esimerkiksi tavallista pientä metallisorvia.

Tuotantovaikutuksen rinnalla on hyvä käyttää apulaittevaikutusta. Tuotannossa käytetään apulaitteena esimerkiksi nostureita tai pieniä koneita kuten smirgeleitä tai metallisorveja. Näiden laitteiden toimimattomuus ei vaikuta tehtaan tuotantoon yhtä radikaalisti kuin suurten tuotantolaitteiden toimimattomuus.

Turvallisuusvaikutuksella arvioidaan keskusten vikaantumisesta aiheutuvaa laitevahinkojen tai työtaturmien todennäköisyyttä. Esimerkiksi valaistuksen sammuminen voi aiheuttaa ihmiselle kompastumisvaaraa tai jäähdytysyksikön sammuminen voi aiheuttaa koneen ylikuumentumisen. Lisäksi tavallinen oikosulkumoottori muuttuu sähköjen katkeamisen jälkeen generaattoriksi ja alkaa syöttää tehoa väärään suuntaan, joka rikkoo CNC-koneiden nopeita sulakkeita. CNC-koneista voi rikkoutua myös terä tai teränpidin ja käsiteltävä kappale menee todennäköisesti hylkyyn.

Kiinteistövaikutuksella tarkoitetaan sähkökeskusten syöttämiin kiinteistön sähkölaitteisiin aiheutunutta vaikutusta. Kiinteistön sähkölaiteryhmiä ovat esimerkiksi valaistus- tai pistorasiaryhmät, ilmanvaihtokojeet ja lämmitykseen liittyvät laitteet. Kiinteistövaikutuksesta aiheutuva haitta ei vaikuta suoraan tehtaan tuotantoon, mutta vaikeuttaa kuitenkin tehtaassa työskentelyä.

Jokaista tekijää arvioidaan asteikolla 1 - 5. Taulukossa 2 on esitetty eri tasojen konkreettiset selitykset. Tuotantovaikutusta, apulaitevaikutusta ja kiinteistövaikutusta arvioidaan absoluuttisella asteikolla, mutta turvallisuusvaikutuksen arviointi on hieman monimutkaisempaa. Turvallisuusvaikutusta ei voida konkretisoida mihinkään tiettyyn kapalemäärään, joten sitä arvioidaan sanallisesti. Taulukossa olevien tuotantolaittevaikutuksen, apulaitevaikutuksen ja kiinteistövaikutuksen absoluuttisten arvojen tasot on valittu murskaintehtaalla esiintyvien tapausten perusteella, jolloin kriittisyyskartoituksessa esiintyy jokaisella tasolla olevia keskuksia.

TAULUKKO 2. Kriittisyystasot eriteltyinä

Taso	Tuotantolaittevaikutus	Apulaitevaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso
5	Pysäyttää neljän tai useamman tuotantolaitteen	Pysäyttää seitsemän tai useamman apulaitteen	Vakava riski	Keskukseksi yli 20 kiinteistön laiteryhmää	Erittäin kriittinen
4	Pysäyttää kolme tuotantolaitetta	Pysäyttää viisi tai kuusi apulaitetta	Merkittävä riski	Keskukseksi 16-20 kiinteistön laiteryhmää	Kriittinen
3	Pysäyttää kaksi tuotantolaitetta	Pysäyttää kolme tai neljä apulaitetta	Kohtalainen riski	Keskukseksi 11-15 kiinteistön laiteryhmää	Kohtalaisen kriittinen
2	Pysäyttää yhden tuotantolaitteen	Pysäyttää yhden tai kaksi apulaitetta	Lievä riski	Keskukseksi 6-10 kiinteistön laiteryhmää	Lievästi kriittinen
1	Ei tuotantolaittevaikutusta	Ei apulaitevaikutusta	Ei turvallisuusvaikutusta	Keskukseksi 0-5 kiinteistön laiteryhmää	Epäkriittinen

Keskusten kriittisyyttä pyritään arvioimaan koko keskusryhmän tasolla, vaikka jokaiselle keskukselle määrätään oma kriittisyystasonsa. Kriittisyyskartoituksen tärkein tavoite on ratkaista, mikä keskusryhmä on tärkein, ja missä järjestyksessä vanhat ryhmät kannattaa uusida. Tästä johtuen yksittäisen keskuksen kriittisyyden arvioinnissa ei oteta huomioon keskusryhmien syöttörakennetta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos keskus syöttää saman ryhmän muita keskuksia, niin syötetyn keskuksen perässä olevat laitteet eivät vaikuta syöttävän keskuksen kriittisyyteen, vaikka syöttävän keskuksen sähkönsyötön katkeaminen todellisuudessa vaikuttaakin syötettyyn keskukseen ja sen laitteisiin. Muuten lopputuloksena olisi vääristynyt kriittisyys keskusryhmätasolla, ja yksi tuotantolaitte toisi kriittisyyttä kahteen tai useampaan eri keskukseen.

#### 4.2 Ennakkohuoltosuunnitelma

Ennakkohuolto pyrkii ehkäisemään yllättävät tuotannon katkokset tulevaisuudessa, mutta se vaatii tuotantolaitteelle suunnitellun käyttökatkoksen. Tästä johtuen tehtaiden ennakkohuollot toteutetaan yleensä lomaseisokin aikana. Ennakkohuollon toteuttaminen on vaativa tehtävä, joka vaatii paljon suunnittelua. Huollon ajoittaminen oikealle hetkel-

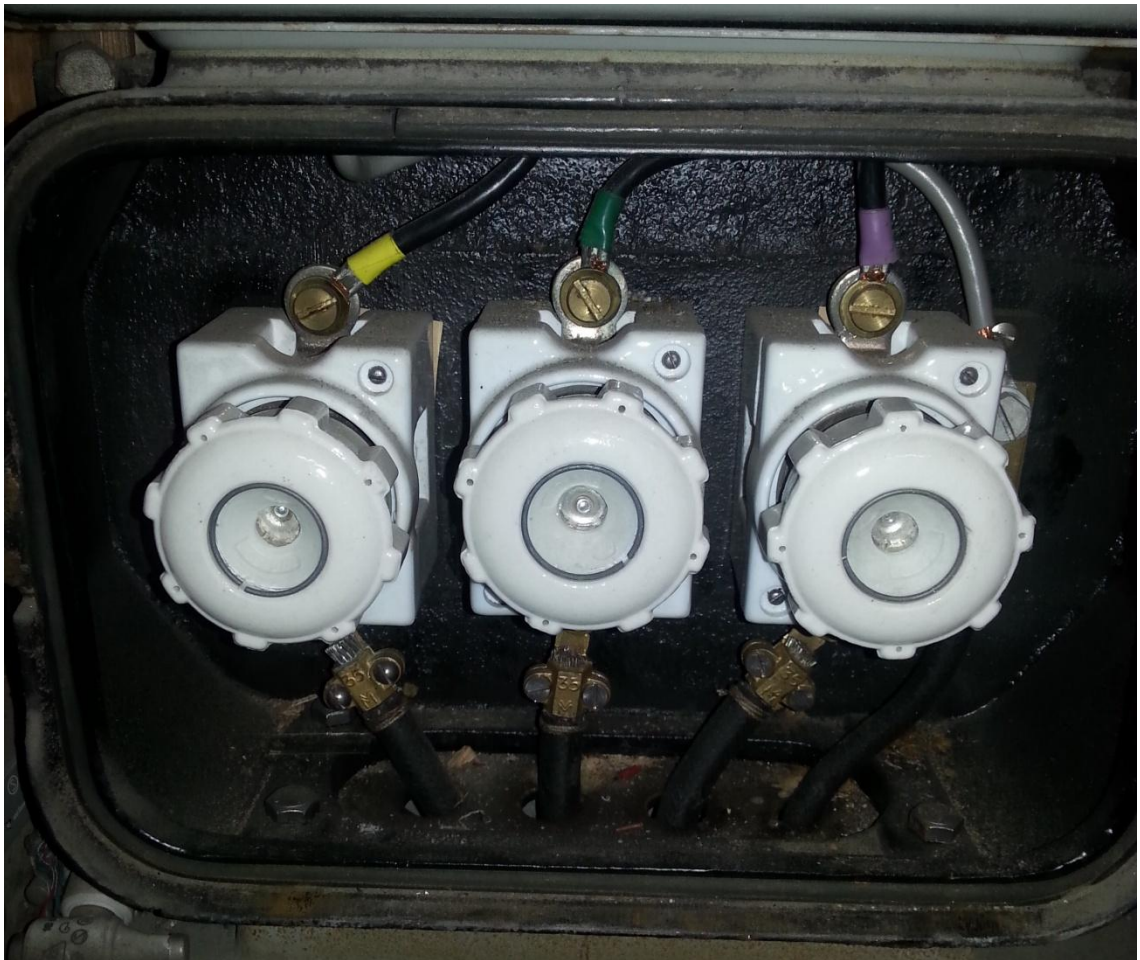
le on tärkeää ja ennakkohuoltosuunnitelman laatijalla täytyy olla hyvä tuntemus huollettavista laitteista.

Ennakkohuoltosuunnitelma pohjautuu kunto- ja kriittisyystarkasteluun, ja se voidaan tehdä viiden tai kymmenen vuoden mittaiselle ajanjaksolle. Sähköverkon ennakkohuoltosuunnitelmassa tarkasteltavia huolto kohteita ovat sähkökeskusten komponentit, niitä syöttävät kaapelit ja niiden liitokset sekä keskusten runko ja kiinnitys. Usein kohteille tehtävät huoltotoimenpiteet ovat niiden uusiminen tai modernisointi. Lisäksi huoltotoimenpiteinä voivat olla erilaiset valvontatoimenpiteet, kuten kohteen silmämääräinen tarkastus tai lämpökuvaaminen.

Ennakkohuoltosuunnitelman mukaisista töistä tehdään myös kustannusarvio, jonka avulla pyritään jakamaan yrityksen vuotuiset kunnossapitokustannukset tasaisesti jokaiselle vuodelle. Metson tehdaspalvelulle ei kuitenkaan etukäteen voida laatia kiinteää budjettia ennakkohuoltosuunnitelman perusteella, koska korjaavasta kunnossapidosta aiheutuvia kustannuksia on mahdoton tietää etukäteen.

## 5 MURSKAINTEHTAAN KUNTO- JA KRIITTISYYSKARTOITUS

Suurin osa työssäni kartoitettavista keskuksista on hyvin vanhoja ja elinkaarensa päässä olevia keskuksia. Ajan saatossa keskusten yleiskunto huononee, vaikka sisällä olevat komponentit pysyisivät hyvässä kunnossa. Usein ensimmäiseksi keskuksista hajooa tiivisteet, jolloin niiden sisälle pääsee pölyä ja ne eivät tällöin täytä IP-luokitustaan. Keskuksien sisällä oleva pöly rikkoo helposti komponentteja ja voi aiheuttaa keskuksen palamisen, mikäli keskuksessa tapahtuu valokaari tai lämpenemistä. Lisäksi vanhojen keskusten käytettävyys on huono. 60-luvun keskusten lukitussalvat ovat usein vahingoittuneet ja niitä ei saa aina auki ilman voiman käyttöä ja työkaluja. Lisäksi vanhoissa keskuksissa voi olla komponentteja, joita ei enää nykypäivänä käytetä. Kuvassa 3 on esimerkki vanhasta valurautakeskuksesta, jossa on 80 A:n tulppasulakkeet.



KUVA 3. Valurautakeskus, jossa on 80 A:n tulppasulakkeet.

Työssäni tarkasteltavat keskuksat ovat 400 V:n ja oletuksena TN-C-järjestelmän mukaisia keskuksia, ellei keskuksen kuvauksessa toisin ilmoiteta. TN-C on vanhentunut nelijohdinjärjestelmä, joka on korvattu TN-S-viisijohdinjärjestelmällä. Keskuksien olisi hyvä olla TN-S järjestelmän mukainen ja niiden lähdöissä tulisi olla tarvittaessa vikavirtasuojajakytkimet.

Murskaintehtaan PJ-sähköverkko koostuu yhteensä 15 keskusryhmästä, jotka pitävät sisällään 59 sähkökeskusta. Liitteessä 1 on esitetty murskaintehtaan nousujohtokaavio. Nousujohtokaaviossa näkyy myös muutama työstökonekeskus, jota syötetään suoraan B:n pääkeskukselta.

## **5.1 PÄÄKESKUS-PK-B**

B-muuntaja syöttää koko murskaintehtaan sähköjä, joka koostuu noin 80 keskuksista. B-muuntajan perässä oleva PK-B on yhdistetty muuntajaan 2500 A:n kiskosillalla ja keskuksen pääkytkimenä toimii ABB:N SACE 3 PJ-katkaisija. Katkaisijaa ei ole varusteltu valokaarisuojalla, mutta valokaaresta aiheutuva tulipalo on kuitenkin estetty muuntajatilan halotron-sammutusjärjestelmällä. Keskus on valmistettu vuonna 1998 ja siinä on käytetty TN-C-S-järjestelmää.

Pääkeskus sijaitsee Metson kytkinasemalla, joka on erillinen muuntamotila. Keskus ei siis ole alttiina pölylle eikä lialle ja keskuksen yleiskunto on hyvä ja keskus on elinkaarensa keskivaiheella. Keskus koostuu pääosin kahvasulakkeellisista lähdöistä. Sulakelähtöjen lisäksi keskuksessa on mittaristo, joista yksi oli rikkoutunut ja mittarin kyljessä oli liiallisesta lämmöstä aiheutunut jälki (kuva 4). Rikkinäisen mittarin vieressä oli myös toimiva mittari, jossa oli lämpöjälki.



KUVA 4. Lämmön aiheuttama mittarin rikkoutuminen

Mittarien lämpötilat oli hyvä tarkistaa lämpökameralla (kuva 5). Lämpökameran kuvan oikeassa reunassa näkyy lämpötilojen väriasteikko. Lisäksi kamera osaa hakea kuvan lämpöisimmän kohdan ja näyttää sen ruudulla.



KUVA 5. Lämpökamerakuva mittareista

Molempien mittareiden lämpötila kuumassa pisteessä oli noin 82 °C. Komponenttien lämpöviat aiheutuvat usein huonoista liitoksista. Tässäkin tapauksessa syy oli liittimisissä, jotka olivat löystyneet vuosien varrella.

Mikäli PK-B:n sähkönsyöttö katkeaa, katkeavat sähköt tällöin koko murskaintehtaasta. Tuotantokapasiteetti alenee 100 %, koska yksikään murskaintehtaan tuotantolaite tai tuotannon apulaite ei toimi. Turvallisuusriski kohoaa vakavalle tasolle, koska on erittäin todennäköistä, että jokin laite vahingoittuu sammuessaan odottamattomasti. Lisäksi hallin valaistustaso alenee turvavalaisuuden tasolle, joka aiheuttaa kohonnutta henkilövahingon riskiä. Koska pääkeskus ei suoranaisesti syötä kiinteistön apulaitteita, keskuksen kriittisyystaso ei ulottuisi aivan korkeimmalle tasolle, mikäli sitä arvioitaisiin muiden keskuksen tavoin. Pääkeskuksen kohdalla arviointi menettelystä on kuitenkin poikettu, ja PK-B luokitellaan erittäin kriittiseksi keskuksiksi.

## 5.2 KESKUSRYHMÄ B-2

Ryhmä B-2 on murskaintehtaan kunnossapidon ympärillä oleva keskusryhmä. Keskus koostuu viidestä keskuksista, jotka syöttävät ainoastaan kiinteistön laitteita. Keskus B-2-3 ja B-2-4 ovat 2000-luvun TN-S-järjestelmän mukaisia keskuksia ja loput ryhmän keskuksista ovat 60-luvulta. Keskuksien kunnossa ei ollut mitään erityistä huomioitavaa, mutta normaalista poiketen keskusta B-2-3 syötetään jostain syystä eri ryhmän keskukselta B-12-1. Taulukossa 3 on esitetty ryhmän B-2 keskusten kriittisyydet ja elinkaarien vaiheet.

TAULUKKO 3. Ryhmän B-2 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaitevaikutus	Apulaitevaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-2-1	G-halli eteläpää	1	1	2	2	2	lopussa
B-2-2		1	1	1	1	1	
B-2-3		1	1	1	2	1	alussa
B-2-4		1	1	3	5	3	alussa
B-2-5		1	1	1	2	1	lopussa

Viidestä keskuksista kaksi keskusta on elinkaarensa alussa ja kolme lopussa. Kolme keskusta on epäkriittisiä keskuksia, yksi on lievästi kriittinen keskus ja yksi on kohtalaisen kriittinen keskus.



### 5.3 KESKUSRYHMÄ B-3

Keskusryhmä B-3 koostuu neljästä keskuksesta, joista kolme on 60-luvun keskuksia. Keskuksset ovat suhteellisen karun näköisiä ulkopuolelta, ja keskuksesta B-3-3 on purettu vuosien mittaan käytöstä poistettuja komponentteja (kuva 6). Kannesta poistettujen komponenttien reiät eivät vaikuta keskuksen kosketussuojaukseen, sillä reiät ovat alle sormen paksuisia. Rei'istä kuitenkin pääsee pölyä ja kosteutta keskuksen sisälle.



KUVA 6. Keskus B-3-3, jonka kannesta on poistettu nokkakytkimet

Keskus B-3-6 on ryhmän ainoa TN-S-järjestelmän mukainen keskus, joka syöttää sen vieressä olevan toimiston ja muutaman tuotantolaitteen ATK-pistorasioita. B-3-6 on 90-luvulla valmistettu keskus, joka on varustettu johdonsuoja-automaateilla.

Taulukkoon 4 on listattu ryhmän B-3 keskusten kriittisyydet ja elinkaarien vaiheet. Keskusryhmä koostuu kolmesta elinkaarensa lopussa olevasta keskuksesta ja yhdestä keskivaiheella olevasta keskuksesta.

TAULUKKO 4. Ryhmän B-3 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaittevaikutus	Apulaittevaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-3-1		1	1	1	1	1	lopussa
B-3-3	D-hallin keskiosa ja	1	1	1	2	1	lopussa
B-3-4	A-hallin pohjoispää	1	1	1	1	1	lopussa
B-3-6		1	1	1	4	2	keskivaiheella

Keskuksen B-3-6 saisi helposti modernisoitua täysin nykyaikaiseksi, lisäämällä syöttöihin vikavirtasuojakytkimet. Ryhmän 60-luvulla valmistetut keskuksat ovat kriittisyydeltään epäkriittisiä keskuksia ja B-3-6 on lievästi kriittinen keskus.

#### 5.4 KESKUSRYHMÄ B-4

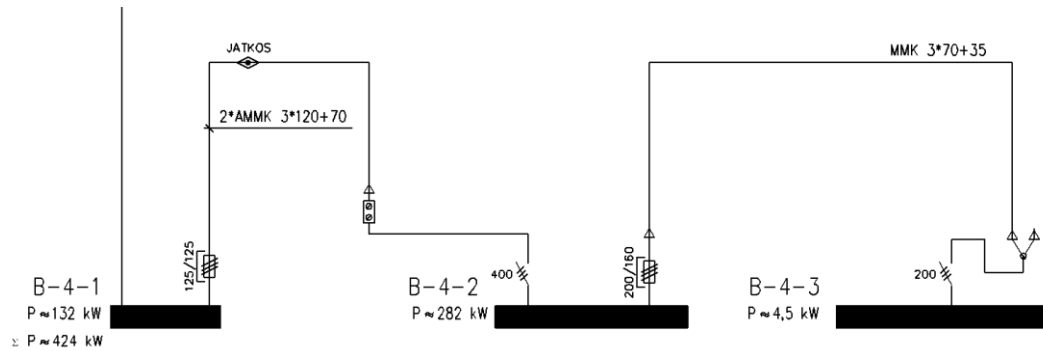
Keskusryhmässä B-4 on kahdeksan keskusta, jotka joiden ikäjakauma vaihtelee hyvin laajasti. Kaksi keskusta on valmistettu 2010-luvulla, kolme 60-luvulla ja kolme 90-luvulla. Puretusta keskusryhmästä jäljelle jäänyt keskus B-1-14 kuuluu myös B-4 ryhmään. Kolmesta 90-luvun keskuksista vain B-4-6:ssa oli johdonsuoja-automaatit.

Taulukossa 5 on esitetty ryhmän B-4 keskusten kriittisyydet ja elinkaarien vaiheet. B-4 ryhmän keskuksista kaksi on elinkaarensa alussa, kolme keskivaiheella ja kolme lopussa. Keskusryhmässä on viisi epäkriittistä keskusta, kaksi lievästi kriittistä keskusta ja yksi kohtalaisen kriittinen keskus.

TAULUKKO 5. Ryhmän B-4 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaittevaikutus	Apulaittevaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-4-1		1	2	3	5	3	alussa
B-4-2		1	1	1	1	1	lopussa
B-4-3		1	2	1	1	1	lopussa
B-4-5	Murskaintehtaan pohjoispää	1	1	3	4	2	alussa
B-4-6		1	1	1	1	1	keskivaiheella
B-4-7		1	2	1	2	2	lopussa
B-4-8		1	1	1	2	1	keskivaiheella
B-1-14		1	1	1	2	1	keskivaiheella

Keskusryhmässä erityistä huomioitavaa oli keskusten B-4-2 ja B-4-3 selektiivisyyden toteutuminen (kuvio 4). Keskus B-4-1 syöttää keskusta B-4-2 125 A:n sulakkeella ja keskus B-4-2 syöttää keskusta B-4-3 160 A:n sulakkeella. Mikäli keskuksessa B-4-3 tapahtuu oikosulku, tai sitä kuormitetaan yli 125 A:n virralla, sähkönsyöttö katkeaa keskuksista B-4-2 ja B-4-3. Keskusta B-4-3 syöttävä sulake tulisi siis vaihtaa 100 A:n sulakkeeseen, mikäli keskuksen kuormitus sallii sen. Keskusta B-4-2 syöttävää sulaketta ei voida vaihtaa suuremmaksi, koska keskuksessa B-4-1 ei ole paikkaa suuremmalle lähdölle. Lisäksi tarvitsisi huomioida keskuksen B-4-2 pienin sallittu oikosulkuvirta ja syöttökaapelin kuormitettavuus.



Kuvio 4. Ryhmän B-4 väärin toteutettu selektiivisyys

Aikaisemmin keskukset B-4-1 ja B-4-2 olivat ketjutettuna 400 A:n syötöstä päätaululta. Keskus B-4-1 on modernisoitu hiljattain, jolloin keskuksen B-4-2 syöttö on käännetty modernisoidulle keskukselle ja ketjutus purettu. Tästä johtuu väärin toteutettu selektiivisyys.

## 5.5 KESKUSRYHMÄ B-5

Ryhmä B-5 on valmistettu 60-luvulla ja se koostuu kahdeksasta keskuksista. Ryhmään on tehty vuosien varrella muutoksia, mutta suurin osa keskuksista on vielä alkuperäisiä valuhartsikeskuksia (kuva 7). Valuhartsia on käytetty tiivistämään keskuksien kaapeli-reikiä, jolloin keskuksen sisään ei pääse pölyä eikä kosteutta. Huono puoli valuhartsin käytössä on se, että yhteen keskukseseen valettua kaapelia on kuitenkin mahdotonta käyttää uudestaan, mikäli keskus uusitaan.



KUVA 7. Valuhartsikeskukseen valettu syöttökaapeli

Keskusryhmässä ainoastaan lämmönjaon keskus B-5-7 ja valaisinkeskus B-5-8 ovat uusia ja näin ollen TN-S järjestelmän mukaisia keskuksia. B-5 ryhmä sijaitsee keskellä murskaintehtaan etelä-osaa ja syöttää suurta osaa tuotannon apulaitteista. Erityistä huomioitavaa on keskusten B-5-2 ja B-5-3 fyysinen koko verrattuna niistä lähteviin syöttöihin. Keskuksset ovat suuria keskuksia, mutta syöttävät vain muutamia laitteita.

Syöttö keskukselle B-5-5 on ketjutettu PK-B:n lähdöstä, joka syöttää keskusta B-5-1. Keskuksien ketjutus ei ole millään tavalla järkevää, koska vikatilanteessa sulakkeita vaihtavan henkilön on avattava molempien keskusten pääkatkaisija ennen sulakkeen vaihtoa. Mikäli sulaketta vaihtava asentaja ei huomaa ketjutusta, ja asentaa sulakkeen virrallisena, voi sulakkeen vaihdosta aiheutua valokaari. Taulukossa 6 on B-5 ryhmän keskusten kriittisyys ja elinkaarivaiheet lueteltuna.

TAULUKKO 6. Ryhmän B-5 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaitteivaikutus	Apulaitteivaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-5-1	C- ja D-hallin eteläpää, B-5-7 on lämmönjaon keskus ja B-5-8 on valaisinkeskus	1	2	1	1	1	lopussa
B-5-2		1	3	1	1	2	
B-5-3		1	2	1	1	1	
B-5-4		1	3	1	2	2	
B-5-5		1	2	1	2	2	
B-5-6		1	2	1	1	1	
B-5-7		1	1	3	5	3	
B-5-8		1	1	3	5	3	

Keskusryhmästä kaksi keskusta on elinkaarensa alussa ja kuusi elinkaarensa lopussa. Ryhmä koostuu neljästä epäkriittisestä keskuksista, kahdesta lievästi kriittisestä keskuksista ja kahdesta kohtalaisen kriittisestä keskuksista. Vaikka keskus B-5-7 ei syötä yli 20:tä kiinteistön laitetta, on sen kiinteistövaikutus poikkeuksellisesti erittäin kriittinen. Mikäli tästä keskuksista katkeaisi sähköt, murskaintehtaan lämmitys katkeaisi kokonaan.

## 5.6 KESKUSRYHMÄ B-8

Keskusryhmään B-8 kuuluu ainoastaan yksi keskus. Keskus B-8-1 on TN-S järjestelmän mukainen keskus, joka on valmistettu vuonna 2008 ja se on fyysiseltä kooltaan yksi suurimmista murskaintehtaan keskuksista. B-8-1 syöttää yhtä CNC-avarruskonetta, viittä eri nosturia ja useaa eri kiinteistön laitetta. Taulukossa 7 on keskuksen B-8-1 kriittisyys ja elinkaaren vaihe.

## TAULUKKO 7. Keskuksen B-8-1 kriittisyys ja elinkaaren vaihe

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaittevaikutus	Apulaittevaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-8-1	C-hallin keskiosa	2	4	3	2	3	alussa

Keskus ja keskuksen sisällä olevat komponentit olivat uudenveroisia ja keskus on elinkaarensa alussa oleva keskus. Keskusryhmä B-8 on uusittu hiljattain ja keskukselta on yhdistetty yhdeksi keskuksiksi. Keskus on kriittisyystasoltaan kohtalaisen kriittinen keskus.

### 5.7 KESKUSRYHMÄ B-9

Murskaintehtaassa oli aikaisemmin keskusryhmä B-9, joka koostui neljästä eri keskuksella. Koko ryhmä korvattiin uudella TN-S-järjestelmän mukaisella keskuksella B-9-1 vuonna 2011. Uuteen keskukseseen koottiin aikaisempien keskusten lähdöt, joten se syöttää kiinteistön laitteita ja pistorasioita sekä kolmea eri tuotantolaitetta. Kaikki kolme tuotantolaitetta ovat karusellisorveja (kuva 8). Keskuksessa on tavallisia keskuskomponentteja, kuten sulakelähtöjä, kontaktoreja ja moottorinsuojareleitä. Keskuksen kaikki komponentit olivat uudenveroisessa kunnossa.



KUVA 8. Karusellisorvi Sedin 1L532

Keskuksen B-9-1 kriittisyys ja elinkaaren vaihe on esitetty taulukossa 8. Keskus luokitellaan kohtalaisen kriittiseksi keskuksesi ja keskus on elinkaarensa alussa.

TAULUKKO 8. Keskuksen B-9-1 kriittisyys ja elinkaaren vaihe

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaittevaikutus	Apulaittevaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-9-1	Itä-päädyn	4	1	5	2	3	alussa

Mikäli keskukselta B-9-1 katkeaa sähköt, lakkaa kolme eri tuotantolaitetta toimimasta. Tehtaan tuotantokapasiteetti alenee tällöin merkittävästi. Lisäksi on erittäin todennäköistä, että sorvien sammussa kesken kappaleen sorvaamista, voi siitä aiheutua vahinkoa sorville tai sorvattavalle kappaleelle.

## 5.8 KESKUSRYHMÄ B-10

Ryhmän B-10 keskuksat koostuvat kolmesta 60-luvulla valmistetusta ja kahdesta 80-luvulla valmistetusta keskukselta. Keskusryhmä syöttää muutamaa tuotantolaitetta ja useaa tuotannon apulaitetta. Keskuksat B-10-2 ja B-10-3 ovat hyvin pieniä keskuksia, eikä syötä kuin muutamaa laitetta. Keskusryhmässä ei ollut mitään erityisen huomiota herättävää vikaa tai puutetta. Taulukossa 9 on B-10 ryhmän keskusten kriittisyys ja elinkaarivaiheet lueteltuna.

TAULUKKO 9. Ryhmän B-10 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaittevaikutus	Apulaittevaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-10-1	F-hallin etelä-pää	2	2	3	2	2	lopussa
B-10-2		1	2	1	1	1	lopussa
B-10-3		1	2	1	2	2	lopussa
B-10-4		1	1	1	1	1	lopussa
B-10-5		2	2	3	3	3	lopussa

Keskusryhmän kaikki keskuksat ovat elinkaarensa lopussa. Ryhmä koostuu kahdesta epäkriittisestä keskukselta, kahdesta lievästi kriittisestä keskukselta ja yhdestä kohtalaisen kriittisestä keskukselta.

## 5.9 KESKUSRYHMÄ B-11

Keskusryhmä B-11 koostuu kahdesta keskukselta. Keskus B-11-1 on 60-luvun keskus ja B-11-2 on 2000-luvun keskus. Keskusta B-11-1 ei jostain syystä ole poistettu käytöstä, vaikka ainoa sen syöttämä laite on keskus B-11-2 ja se vie suuren tilan seinältä. Keskus B-11-2 korvasi kuusi aikaisempaa B-11-ryhmän keskusta ja syöttää sähköjä murs-

kaintehtaan mobiiliseulatuotannon pistorasiakeskuksiin. Taulukossa 10 on esitetty ryhmän B-11 keskusten kriittisyydet ja elinkaarien vaiheet.

TAULUKKO 10. Ryhmän B-11 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaitteivaikutus	Apulaitteivaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-11-1	ST-linja	1	1	1	1	1	lopussa
B-11-2		1	1	1	3	2	alussa

Keskus B-11-1 on elinkaarensa lopussa ja B-11-2 on elinkaarensa alussa. B-11-1 voitaisiin poistaa käytöstä ja sen syöttökaapelin voisi kääntää keskukselle B-11-2. B-11-1 on epäkriittinen keskus ja B-11-2 on lievästi kriittinen.

## 5.10 KESKUSRYHMÄ B-12

Ryhmä B-12 koostuu neljästä 60-luun keskuksesta. Keskukset syöttävät pääosin murskaintehtaan kunnossapidon toimistoa ja verstaasta. Yksi ryhmän keskuksista syöttää myös ST-linjan työnjohtotoimistoa. Keskusryhmän kaikki keskuksat ovat vanhoja ja käytettävyydeltään huonoja.

Taulukossa 11 on esitetty ryhmän B-12 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet.

TAULUKKO 11. Ryhmän B-12 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaitteivaikutus	Apulaitteivaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-12-1	Kunnossapito-osasto	1	5	1	2	2	lopussa
B-12-3		1	2	1	1	1	lopussa
B-12-4		1	1	1	5	2	lopussa
B-12-5		1	4	1	2	2	lopussa

Keskusryhmän kaikki keskuksat ovat elinkaarensa lopussa. Ryhmässä on yksi epäkriittinen keskus ja kolme lievästi kriittistä keskusta.

## 5.11 KESKUSRYHMÄ B-14

Keskusryhmä B-14 koostuu viidestä 60-luvun keskuksista. Keskusryhmä syöttää lähes pelkästään kiinteistönsäähkölaitteita. Ryhmä on yksi murskaintehtaan huonokuntoisimmista ja vanhimmista keskusryhmistä. Keskusryhmän huonokuntoisin keskus on B-14-1. Noin puolet B-14-1:stä on tehty valuraudasta ja keskuksen käytettävyyden on erittäin huono (kuva 9). Puretusta keskusryhmästä otettu keskus B-1-10 on myös liitetty tähän ryhmään.



KUVA 9. Keskus B-14-1

Taulukosta 12 näkee, että kaikki ryhmän B-14 keskuksat ovat elinkaarensa lopussa. Ryhmä koostuu kolmesta epäkriittisestä keskuksesta ja kahdesta lievästi kriittisestä keskuksesta.

TAULUKKO 12. Ryhmän B-14 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaittevaikutus	Apulaittevaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-14-1	D-hallin keskiosia ja pohjoispää	1	1	1	1	1	lopussa
B-14-2		1	1	1	1	1	lopussa
B-14-4		1	2	1	5	2	lopussa
B-14-11		1	1	1	3	2	lopussa
B-1-10		1	1	1	2	1	lopussa

Kaikki keskusryhmän keskuksat olisi syytä uusia tulevaisuudessa. Kyseinen keskusryhmä ei kuitenkaan ole kriittisyyden perusteella tärkeä keskusryhmä, joten sitä ei kannata uusia ensimmäisten keskusryhmien joukossa.

## 5.12 KESKUSRYHMÄ B-15

Ryhmä B-15 koostuu viidestä keskuksesta, jotka ovat 60-luvun keskuksia. Keskus B-15-1 syöttää yhtä murskaintehtaan tuotantolaitetta ja yhtä apulaitetta. Loput keskuksat syöttävät ainoastaan kiinteistön laitteita. Keskuksessa B-15-2 on kuvassa 10 näkyvä pääkytkin. Pääkytkin on piilossa keskuksen kannen alla ja kannen salvat saa lukittua ruuvimeisselillä. Pääkytkin on hätätilanteen sattuessa liian vaikeassa paikassa, ja lisäksi



sen kääntämiseen tarvitsee kohtuullisen määrän voimaa. Tällaiset pääkytkimet tulisi poistaa käytöstä mahdollisimman pian.



KUVA 10. Keskuksen B-15-2 pääkytkin.

Taulukossa 13 on esitetty ryhmän B-15 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet. Kaikki ryhmän keskuksat ovat elinkaarensa lopussa. Kolme ryhmän keskusta on epä-kriittisiä keskuksia ja kaksi lievästi kriittisiä.

TAULUKKO 13. Ryhmän B-15 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaittevaikutus	Apulaittevaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-15-1	A-hallin eteläpää	2	2	3	1	2	lopussa
B-15-2		1	1	1	4	2	lopussa
B-15-3		1	1	1	2	1	lopussa
B-15-4		1	1	1	1	1	lopussa
B-15-5		1	1	1	1	1	lopussa

Vaikka tämän ryhmän keskuksat eivät ole kriittisyystasoltaan korkeita, keskuksien huonosta käytettävyydestä johtuen keskusryhmä kannattaa uusia mahdollisimman pian. Erityisesti keskus B-15-2 on todella huono keskus. Kyseisessä keskuksessa sattuva viikatilanne voi johtaa henkilö-, tai laitevahinkoihin.

### 5.13 KESKUSRYHMÄ B-16

Ryhmä B-16 on murskaintehtaan pohjoispäädyssä oleva keskusryhmä. Ryhmä syöttää muutamia tuotantolaitteita ja kiinteistön sähköjä. Keskusryhmä on 60-luvulta ja se koos-

tuu seitsemästä keskuksesta. Erityistä huomioitavaa keskusryhmässä on keskusten B-16-7 ja B-16-8 syötöt, jotka ovat ketjutettu samasta lähdöstä.

Keskus B-16-1 on asennettu betonipilarin ympärille. Keskuksen vieressä on käytävä, jossa kulkee paljon trukkiliikennettä. Keskus on fyysiseltä kunnoltaan heikko, joka johtuu todennäköisesti trukkien törmäyksistä (kuva 11).



KUVA 11. Keskus B-16-1

Taulukossa 14 on esitetty ryhmän B-16 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet. Koko keskusryhmä on elinkaarensa päässä. Ryhmä koostuu neljästä epäkriittisestä keskuksista, kahdesta lievästi kriittisestä keskuksista ja yhdestä kohtalaisen kriittisestä keskuksista.

TAULUKKO 14. Ryhmän B-16 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaittevaikutus	Apulaittevaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-16-1	A- ja B-hallin pohjoispää, syöttää tuotantolaitteita ja kiinteistön sähköjä	2	2	3	1	2	lopussa
B-16-2		1	1	1	1	1	lopussa
B-16-3		1	1	1	1	1	lopussa
B-16-5		1	2	1	2	2	lopussa
B-16-6		1	1	1	2	1	lopussa
B-16-7		3	2	4	2	3	lopussa
B-16-8		1	1	1	1	1	lopussa

B-16-ryhmä on ehdottomasti murskaintehtaan tärkein keskusryhmä, vaikka ryhmästä löytyy myös turhia keskuksia. Lisäksi ryhmä on huonossa kunnossa ja uusittava ensimmäisten joukossa.

## 5.14 KESKUSRYHMÄ B-21

Keskusryhmä B-21 koostuu yhdestä keskuksesta. Keskus B-21-1 on murskaintehtaan pohjoispäädysä – hallin ulkoseinällä sijaitseva keskus. Keskus on rakennettu monista vanhojen keskusten osista, jotka ovat 60- ja 80-luvulta. Keskus syöttää muutamaa kiinteistön laitetta ja työstökoneen Colgar fral 616:n prosessikeskusta.

Muutaman kiinteistön laitteen ohella Colgarin työstökeskus on ainoa asia mitä keskuksista B-21-1 syötetään. Keskus B-21-1 on elinkaarensa lopussa oleva keskus ja kriittisyystasoltaan lievästi kriittinen keskus (taulukko 15).

TAULUKKO 15. Keskuksen B-21-1 kriittisyys ja elinkaaren vaihe

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaittevaikutus	Apulaittevaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-21-1	B-halli pohjoispää	2	1	3	1	2	lopussa

Keskuksen syöttökaapeli on suojattu 400 A:n sulakkeilla, mutta keskuksessa on itsessään etukojeena 250 A:n sulakkeet. Colgarin lähdössä on taas 315 A:n sulake mikä tarkoittaa, että Colgarin vikatilanteessa keskuksen B-21-1 etukoje katkaisee sähköt ensimmäiseksi keskuksista B-21-1. Selektiivisyys ei siis toteudu tämän ryhmän osalta.

## 5.15 KESKUSRYHMÄ B-22

Keskusryhmä B-22 koostuu kahdesta 80-luvun keskuksista. Keskus B-22-1 syöttää yhtä tuotantolaitetta ja kolmea tuotannon apulaitetta. B-22-2 taas syöttää pelkästään kiinteistön laitteita. Taulukossa 16 on esitetty ryhmän B-22 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet.

TAULUKKO 16. Ryhmän B-22 keskusten kriittisyydet ja elinkaaren vaiheet

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaittevaikutus	Apulaittevaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso	Elinkaarivaihe
B-22-1	D- ja E-hallin keskiosa	2	3	3	1	2	lopussa
B-22-2		1	3	1	2	2	lopussa

Molemmat keskuksat ovat elinkaarensa päässä. Ryhmä koostuu kahdesta lievästi kriittisestä keskuksista. Keskuksissa ei ollut mitään erityistä huomioitavaa.

## 5.16 Elinkaaren yhteenveto

Muutamassa – kartoituksessa mukana olleessa keskuksessa oli vanha armeerattu PLKVJ-syöttökaapeli. Nämä kaapelit saattavat olla yli 50 vuotta vanhoja, joten niiden kunto oli hyvä tarkastaa. Kunnan tarkastaminen tapahtui jokaisen vaiheen ja penjohtimen välisen eristysvastuksen mittauksella. Taulukossa 17 on ilmoitettu PLKVJ-kaapeleiden huonoimman vaiheen eristysvastus. Kaapeleiden eristyksissä ei ollut mitään tavallista poikkeavaa. Hyväksytyt arvot eristysvastukselle 500 V:n mittauksella on  $\geq 1$  M $\Omega$  (SFS-Käsikirja 600-1 2012, 355).

Taulukko 17. Armeerattujen kaapeleiden eristysvastus

PLKVJ-syöttökaapelit	Eristysvastus
B-3-1	> 200 M $\Omega$
B-14-1	> 550 M $\Omega$
B-12-1	> 550 M $\Omega$
B-5-1 ja B-5-5	> 150 M $\Omega$
B-16-3	> 200 M $\Omega$

Taulukkoon 18 on listattu kartoituksessa olleiden keskuksien tiedot. 60-luvulla valmistetuille keskuksille ei ole annettu IP-luokitusta, mutta 80-luvun keskuksille ja siitä ylöspäin valmistetuille se on annettu. Siisteissä sisätiloissa olevat keskuksat ovat IP 2x ja tuotantotiloissa olevat keskuksat ovat IP 44. Tuotantolaitteissa käytetään paljon vesisekoitteista lastuamisnestettä, jota kutsutaan muljuksi. Tästä syystä murskaintehtaan ilma on hyvin muljupitoista ja keskuksilla on hyvä olla korkea IP-luokitus.

TAULUKKO 18. Keskusten tiedot

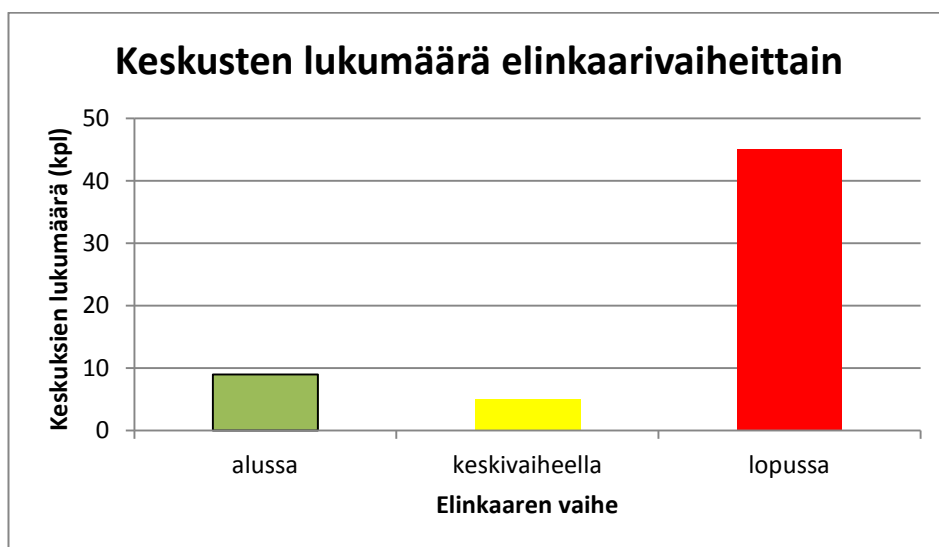
Keskus	Valmistaja	Vuosi	IN	IP	Järjestelmä	Elinkaarivaihe
PK-B	ABB Control	1990	2500	21	TN-C-S	keskivaiheella
B-2-1	Strömberg	1960	160	-	TN-C	lopussa
B-2-2	Strömberg	1960	25	-	TN-C	lopussa
B-2-3	Keskustekniikka	2000	63	44	TN-S	alussa
B-2-4	Keskustekniikka	2000	80	44	TN-S	alussa
B-2-5	Strömberg	1960	25	-	TN-C	lopussa
B-3-1	Strömberg	1960	160	-	TN-C	lopussa
B-3-3	Strömberg	1960	63	-	TN-C	lopussa
B-3-4	Strömberg	1960	25	-	TN-C	lopussa
B-3-6	Ensto	1990	35	20	TN-C	keskivaiheella
B-4-1	Jonator	2010	400	44	TN-S	alussa
B-4-2	Strömberg	1960	125	-	TN-C	lopussa
B-4-3	Strömberg	1960	160	-	TN-C	lopussa
B-4-5	Jonator	2010	125	44	TN-S	alussa
B-4-6	Ensto	1990	35	20	TN-S	keskivaiheella
B-4-7	Strömberg	1960	80	-	TN-C	lopussa
B-4-8	Keskusyksikkö	1990	35	20	TN-S	keskivaiheella
B-1-14	Ensto	1990	35	20	TN-S	keskivaiheella
B-5-1	Strömberg	1960	200	-	TN-C	lopussa
B-5-2	Keskustekniikka	1980	125	44	TN-C	lopussa
B-5-3	Strömberg	1960	200	-	TN-C	lopussa
B-5-4	Strömberg	1980	160	44	TN-C	lopussa
B-5-5	Strömberg	1960	ketjutettu B-5-1	-	TN-C	lopussa
B-5-6	Strömberg	1980	160	44	TN-C	lopussa
B-5-7	eavenue	2000	100	44	TN-S	alussa
B-5-8	keskustekniikka	2000	125	44	TN-S	alussa
B-8-1	Jonator	2000	400	44	TN-S	alussa
B-9-1	Jonator	2010	400	44	TN-S	alussa
B-10-1	Strömberg	1960	315	-	TN-C	lopussa
B-10-2	Keskustekniikka	1980	125	44	TN-C	lopussa
B-10-3	Keskustekniikka	1980	125	44	TN-C	lopussa
B-10-4	Strömberg	1960	200	-	TN-C	lopussa
B-10-5	Strömberg	1960	160	-	TN-C	lopussa
B-11-1	Strömberg	1960	400	-	TN-C	lopussa
B-11-2	Jonator	2000	125	44	TN-S	alussa
B-12-1	Strömberg	1960	300	-	TN-C	lopussa
B-12-3	Strömberg	1960	25	-	TN-C	lopussa
B-12-4	Maansähkö	1960	63	-	TN-C	lopussa
B-12-5	Strömberg	1960	125	-	TN-C	lopussa
B-14-1	Strömberg	1960	160	-	TN-C	lopussa
B-14-2	Strömberg	1960	100	-	TN-C	lopussa
B-14-4	Strömberg	1980	125	44	TN-C	lopussa
B-14-11	Strömberg	1960	100	-	TN-C	lopussa
B-1-10	Strömberg	1960	25	-	TN-C	lopussa
B-15-1	Strömberg	1960	400	-	TN-C	lopussa
B-15-2	Strömberg	1960	315	-	TN-C	lopussa
B-15-3	Strömberg	1960	200	-	TN-C	lopussa
B-15-4	Strömberg	1960	150	-	TN-C	lopussa
B-15-5	Strömberg	1960	200	-	TN-C	lopussa
B-16-1	Strömberg	1960	400	-	TN-C	lopussa
B-16-2	Strömberg	1960	25	-	TN-C	lopussa
B-16-3	Strömberg	1960	160	-	TN-C	lopussa
B-16-5	Strömberg	1960	315	-	TN-C	lopussa
B-16-6	Strömberg	1980	100	44	TN-C	lopussa
B-16-7	Strömberg	1960	160	-	TN-C	lopussa
B-16-8	Strömberg	1980	ketjutettu B-16-7	44	TN-C	lopussa
B-21-1	Strömberg	1960	400/etukoje 250	44	TN-C	lopussa
B-22-1	Strömberg	1980	315	44	TN-C	lopussa
B-22-2	Strömberg	1980	200	44	TN-C	lopussa

Suurin osa keskuksista on Strömbergin eli nykyisen ABB:n valmistamia ja ne ovat valmistettu joko 1960- tai 1980-luvulla (kuvio 4). Lähes kaikki keskusten iät ovat arvioitu ja vain muutamassa uudessa keskuksessa oli ilmoitettu niiden tarkka valmistusvuosi.



KUVIO 4. Keskusten ikäjakauma

Keskusten eksaktilla iällä ei ole työni kannalta suurta merkitystä ja tämän vuoksi kaikkien keskusten ikä on ilmoitettu vuosikymmenen tarkkuudella. Kuviosta voidaan huomata, että vanhat keskuksia on lukumäärällisesti paljon enemmän, kuin uusia keskuksia. Tärkeämpää on kuitenkin tarkastella keskuksia niiden elinkaarivaiheen näkökulmasta. Kuviossa 5 on esitetty murskaintehtaan keskuksien lukumäärä jokaista elinkaaren vaihetta kohti.



KUVIO 5. Keskusten lukumäärä elinkaarivaiheittain

Kyseisestä graafista voidaan huomata, että yli 75 % murskaintehtaan keskuksista on elinkaarensa päässä. Vaikka suurin osa keskuksista oli elinkaarensa lopussa, niiden sisällä olevat komponentit olivat vielä toimivia ja suhteellisen hyvässä kunnossa olevia. Suurimmat ongelmat keskuksissa oli niiden käytettävyys, runkojen kunto ja vikavirtasuojauksen puuttuminen.

Kuten ABB:n elinkaaren hallinnassa (kuva 2) on esitetty, ainoa vaihtoehto elinkaarensa päässä oleville keskuksille on niiden modernisointi. Tämä tarkoittaa käytännössä koko keskuksen vaihtoa. Elinkaarensa keskivaiheella olevista keskuksista voidaan saada nykyaikaisia, jos niitä modifioidaan ja huolletaan. Tärkein lisäys näihin keskuksiin on vikavirtasuojakytkimien asentaminen.

### **5.17 Kriittisyyden yhteenveto**

Taulukkoon 19 on kerätty yhteenveto tarkastelussa olleiden keskusten kriittisyyksistä. Pääkeskusta lukuun ottamatta, kaikkien keskusten kriittisyydet olivat kolmella alimmalla tasolla. Tämä johtuu pitkälti siitä, että murskaintehaassa on erittäin suuri määrä keskuksia ja tehtaan laitteet ovat hajautettu onnistuneesti kaikille keskuksille.

TAULUKKO 19. Kriittisyyksien yhteenveto

Keskus	Vaikutusalue	Tuotantolaittevaikutus	Apulaittevaikutus	Turvallisuusvaikutus	Kiinteistövaikutus	Kriittisyystaso
PK-B	Koko murskaintehdas	5	5	5	5	5
B-2-1	G-halli eteläpää	1	1	2	2	2
B-2-2		1	1	1	1	1
B-2-3		1	1	1	2	1
B-2-4		1	1	3	5	3
B-2-5		1	1	1	2	1
B-3-1	D-hallin keskiosaa ja A-hallin pohjoispää	1	1	1	1	1
B-3-3		1	1	1	2	1
B-3-4		1	1	1	1	1
B-3-6		1	1	1	4	2
B-4-1	Murskaintehdaan pohjoispääty	1	2	3	5	3
B-4-2		1	1	1	1	1
B-4-3		1	2	1	1	1
B-4-5		1	1	3	4	2
B-4-6		1	1	1	1	1
B-4-7		1	2	1	2	2
B-4-8		1	1	1	2	1
B-1-14		1	1	1	2	1
B-5-1	C- ja D-hallin eteläpää, B-5-7 on lämmönjaon keskus ja B-5-8 on valaisinkeskus	1	2	1	1	1
B-5-2		1	3	1	1	2
B-5-3		1	2	1	1	1
B-5-4		1	3	1	2	2
B-5-5		1	2	1	2	2
B-5-6		1	2	1	1	1
B-5-7		1	1	1	2	1
B-5-8		1	1	3	5	3
B-8-1	C-hallin keskiosaa	2	4	3	2	3
B-9-1	Itä-päädyn keskiosaa	4	1	5	2	3
B-10-1	F-hallin eteläpää	2	2	3	2	2
B-10-2		1	2	1	1	1
B-10-3		1	2	1	2	2
B-10-4		1	1	1	1	1
B-10-5		2	2	3	3	3
B-11-1	ST-linja	1	1	1	1	1
B-11-2		1	1	1	3	2
B-12-1	Kunnossapito-osasto	1	5	1	2	2
B-12-3		1	2	1	1	1
B-12-4		1	1	1	5	2
B-12-5		1	4	1	2	2
B-14-1		D-hallin keskiosaa ja pohjoispää	1	1	1	1
B-14-2	1		1	1	1	1
B-14-4	1		2	1	5	2
B-14-11	1		1	1	3	2
B-1-10	1		1	1	2	1
B-15-1	A-hallin eteläpää	2	2	3	1	2
B-15-2		1	1	1	4	2
B-15-3		1	1	1	2	1
B-15-4		1	1	1	1	1
B-15-5		1	1	1	1	1
B-16-1	A- ja B-hallin pohjoispää, syöttää tuotantolaitteita ja kiinteistön sähköjä	2	2	3	1	2
B-16-2		1	1	1	1	1
B-16-3		1	1	1	1	1
B-16-5		1	2	1	2	2
B-16-6		1	1	1	2	1
B-16-7		3	2	4	2	3
B-16-8		1	1	1	1	1
B-21-1	B-halli pohjoispää	2	1	3	1	2
B-22-1	D- ja E-hallin keskiosaa	2	3	3	1	2
B-22-2		1	3	1	2	2

Eri kriittisyystasojen keskukset jakautuivat melko tasaisesti jokaiselle keskusryhmälle, mutta kriittisimmiksi keskusryhmiksi kuitenkin nousivat ryhmät B-4, B-5, B-10 ja B-16. Kriittisimmissä ryhmissä on lukumäärällisesti eniten kohtalaisen kriittisiä ja lievästi kriittisiä keskuksia. Kuviossa 5 on pylväsdiagrammi keskusten määrästä kutakin kriittisyystasoa kohti.





KUVIO 5. Keskuksien lukumäärä kriittisyystasoin

B-pääkeskus oli kartoituksen ainoa erittäin kriittinen keskus. Kriittisiä keskuksia ei kartoituksessa ollut yhtään kappaletta ja kohtalaisen kriittisiä keskuksia kartoituksessa oli kahdeksan kappaletta. Lievästi kriittisiä keskuksia oli 22 kappaletta ja epäkriittisiä keskuksia 28. Yhteensä keskuksia oli 59 kappaletta.

## 6 ENNAKKOHUOLTOSUUNNITELMA

Ennakkohuoltosuunnitelma pohjautuu viiden vuoden mittaiselle ajanjaksolle, vuosille 2015–2019. Keskusten vaihdot ja keskuksiin suunnitellut työt jaksotellaan koko viidelle vuodelle, koska resurssi syistä niitä ei voida tehdä yhtenä vuotena. Jokainen keskusryhmä pyritään supistamaan yhdeksi keskuksiksi, jolloin sähköjen syötöt saadaan keskitettyä yhteen pisteeseen, ja uudistuksesta tapahtuvat kustannukset ovat pienemmät. Töiden prioriteetit määräytyvät keskusten kriittisyyksien ja kuntojen perusteella. Keskusryhmiä on vertailtu toisiinsa kappaleessa 3.3 esitetyn luotettavuuspohjaisen kunnossapitostrategian mukaisesti ja tämän pohjalta asetettu tärkeys järjestykseen. Liitteessä 2 on esitetty viiden vuoden mittainen ennakkohuoltosuunnitelma kartoituksessa olleille keskuksille.

### 6.1 Vuosi 2015

Vuoden 2015 aikana on huollettava kaikki keskuksset, jotka vaativat välitöntä kunnossapitoa. Taulukkoon 20 on listattu vuoden 2015 ennakkohuoltojen kustannukset. B-pääkeskuksen rikkinäinen mittari vaihdetaan uuteen. Myös toimiva lämmennyt mittari kannattaa vaihtaa, koska siitä ei synny suuria kustannuksia ja mittari todennäköisesti hajoaa lähitulevaisuudessa.

Taulukko 20. Ennakkohuoltojen kustannukset vuodelle 2015

2015			
B-16 ja B-11		B-10	
Jakokeskus B-16-1 asennettuna	7 000 €	Jakokeskus B-10-1 asennettuna	5 500 €
Syöttökaapeli ja asennus 2xAMCMK 4x185/57 180 m	14 200 €	Syöttökaapeli ja asennus 2xAMCMK 4x120/41 50 m	3 450 €
Vanhojen asennuksien järjestely	6 000 €	Vanhojen asennuksien järjestely	6 000 €
B-11-1 purku ja uusi syöttökaapeli B-11-2 2xAMCMK 4x120/41 70 m	5 000 €		
<b>Yhteensä</b>	<b>32 200 €</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>14 950 €</b>

Keskuksen B-21-1 etusulake vaihdetaan 400 A:n sulakkeeksi ja keskusta B-4-3 syöttävä 160 A:n sulake vaihdetaan 100 A:n sulakkeeksi. Näillä vaihdoilla saadaan molemmille keskusryhmille toimiva selektiivisyys. Lisäksi ensimmäisen vuoden aikana puretaan pois keskus B-11-1 ja sen syöttö käännetään keskuksen B-11-2, tai syöttö keskukselle B-11-2 uusitaan kokonaan. Suurimpana työnä ensimmäiselle vuodelle on kuitenkin keskusryhmien B-16 ja B-10 uusiminen.

Keskusryhmä B-16 voidaan yhdistää yhdeksi keskuksesi, joka kannattaa sijoittaa vanhan keskuksen B-16-1 lähelle. Paikkaa kannattaa kuitenkin vaihtaa hieman, koska muuten keskus olisi taas alttiina trukki liikenteelle. Toisena vaihtoehtona on sijoittaa uusi keskus keskuksen B-16-7 paikalle, jossa se olisi hyvässä suojassa. Tämä kuitenkin kasvattaisi etäisyyttä keskuksen B-16-5, jonka lähdöt liitetään uuteen keskukseseen tämän poistuessa käytöstä. Uudelle B-16-1 keskukselle vedetään uusi viisikertainen syöttökaapeli, joka tuo investoinnin suurimman kustannuksen.

Keskusryhmä B-10 uusitaan myös yhdeksi keskuksesi. Uusi keskus voidaan sijoittaa keskuksen B-10-1 tai B-10-4 paikalle ja uudelle keskukselle vedetään uusi syöttökaapeli. Keskusryhmä sijaitsee lähellä B:n pääkeskusta, joten syöttökaapelin uusimisesta ei koidu suuria kustannuksia.

Keskusryhmissä B-16 ja B-10 olevat keskuksesi ovat kaikki elinkaarensa lopussa olevia keskuksesi. B-16 on koko murskaintehtaan kriittisin keskusryhmä ja tämän takia uusittava ensimmäisenä. B-10 on myös kriittinen keskusryhmä ja sopii B-16-ryhmän kanssa samana vuotena uusittavaksi keskusryhmäksi, koska siitä aiheutuvat kustannukset ovat pienet. B-16 ryhmän aiheuttamat kustannukset taas ovat korkeat. Kustannusten ero johtuu pitkälti keskusryhmien etäisyydestä pääkeskukseen ja sitä kautta syöttökaapeleiden uusimisesta muodostuviin kustannuksiin.

## **6.2 Vuosi 2016**

Vuonna 2016 lämpökuvataan pääkeskus, sillä vanhojen virtamittarien johtimien liitokset ovat voineet löystyä. Myös edellisenä vuonna vaihdettujen tehomittarien liitokset on hyvä tarkastaa. Suurimmat investoinnit toisena vuotena on ryhmien B-5 ja B-15 uusiminen (taulukko 21).

Taulukko 21. Ennakkohuoltojen kustannukset vuodelle 2016

2016			
B-5		B-15	
Jakokeskus B-5-1 asennettuna	5 500 €	Jakokeskus B-15-1 asennettuna	7 000 €
Syöttökaapeli ja asennus 2xAMCMK 4x185/57 80 m	6 300 €	Syöttökaapeli ja asennus 2xAMCMK 4x185/57 100 m	7 900 €
Vanhojen asennuksien järjestely	6 000 €	Vanhojen asennuksien järjestely	6 000 €
<b>Yhteensä</b>	<b>17 800 €</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>20 900 €</b>

Ryhmän B-5 keskuksia B-5-7 ja B-5-8 ei tarvitse uusia. Keskusryhmän uusittavat keskuksset, eli keskuksset B-5-1, B-5-2, B-5-3, B-5-4, B-5-5 ja B-5-6 yhdistetään yhdeksi keskuksiksi, joka sijoitetaan vanhan B-5-5 keskuksen paikalle. Tällöin keskuksien B-5-7 ja B-5-8 syöttökaapeleita ei tarvitse uusia ja keskus on muutenkin keskeisellä paikalla. Uudelle keskukselle on ehdottomasti vedettävä uusi syöttö, koska osa vanhaa syöttöä on tehty PLKVJ-kaapelilla.

B-15 ryhmä uusitaan edellisten ryhmien tavoin yhdeksi keskuksiksi. Uusi keskus kannattaa sijoittaa B-15-4-keskuksen lähetyville, koska siinä se on kaikkein keskeisimmällä paikalla. Uuden keskukselle vedetään uusi viisikertainen kaapeli.

### 6.3 Vuosi 2017

Vuonna 2017 uusitaan keskusryhmät B-2 sekä B-12. Lisäksi keskusryhmä B-21 puretaan. Taulukkoon 22 on listattu ennakkohuolloista syntyvät kustannukset vuodelle 2017. B-2 ja B-12 sijaitsevat molemmat murskaintehtaan kunnossapidon lähellä, ja ne kannattaa yhdistää yhdeksi keskusryhmäksi ja kahdeksi keskuksiksi B-12-1 ja B-12-2. Keskuksia B-2-3 ja B-2-4 ei tarvitse uusia, vaan niiden syötöt voidaan kääntää uuteen keskukseseen B-12-1. Uusi B-12-1 kannattaa sijoittaa vanhan B-12-1:n paikalle ja keskukselle on vedettävä uusi viisijohtiminen syöttökaapeli. Uusi B-12-2 keskus tulee sijoittaa kunnossapitoon vanhan B-12-3 keskuksen tilalle ja siihen on käännettävä myös keskuksen B-2-2 lähdöt.

Taulukko 22. Ennakkohuoltojen kustannukset vuodelle 2017

2017			
B-12 ja B-2		B-21	
Jakokeskus B-12-1 asennettuna	7 000 €	B-21-1 Purku ja vanhojen asennuksien järjestely	1 800 €
Syöttökaapeli ja asennus 2xAMCMK 4x185/57 25 m	2 000 €	Colgar-työstökoneen syöttökaapeli ja asennus 2xAMCMK 4x70/21 180 m	4 600 €
Vanhojen asennuksien järjestely	12 000 €		
Jakokeskus B-12-2 asennettuna	500 €		
<b>Yhteensä</b>	<b>21 500 €</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>6 400 €</b>

Kun keskus B-21-1 puretaan, sen syöttämät viisi kiinteistön laitetta voidaan kääntää keskukselle B-16-1 tai B-4-2. Työstökoneetta Colgar ei voida yhtä helposti kääntää toiselle lähellä sijaitsevista keskuksista. Sen kuluttama teho on niin suuri, että sille on vedettävä oma syöttö PK B:ltä.

#### 6.4 Vuosi 2018

Vuonna 2018 uusitaan keskusryhmä B-14 ja kolme keskusta ryhmästä B-4. Taulukkoon 23 on listattu ennakkohuolloista syntyvät kustannukset vuodelle 2018.

Taulukko 23. Ennakkohuoltojen kustannukset vuodelle 2018

2018			
B-4-2, B-4-3 ja B-4-7		B-14	
Jakokeskus B-4-2 asennettuna	5 500 €	Jakokeskus B-14-1 asennettuna	5 500 €
Syöttökaapeli ja sennus AMCMK 4x95/29 30 m	1 600 €	Syöttökaapeli ja asennus AMCMK 4x120/41 110 m	3 800 €
Vanhojen asennuksien järjestely	4 000 €	Vanhojen asennuksien järjestely	6 000 €
<b>Yhteensä</b>	<b>11 100 €</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>15 300 €</b>

Keskukset B-4-2, B-4-3 ja B-4-7 kannattaa yhdistää yhdeksi keskuksiksi, joka tulee keskuksen B-4-2 paikalle. Uudelle keskukselle on vedettävä uusi viisikertainen syöttö, ja loppujen B-4-ryhmän keskusten syötöt on käännettävä uuteen keskukseseen. Lisäksi keskus B-14-11 voidaan purkaa ja sen lähdöt voidaan kääntää uudelle B-4-2-keskukselle.

Lukuun ottamatta keskusta B-14-11, loput ryhmän B-14 keskuksia yhdistetään ja uusi keskus kannattaa sijoittaa keskuksen B-14-1 paikalle. Keskusta B-14-1 syötetään vielä vanhalla PLKVJ-kaapelilla, joten on ehdottoman tärkeää, että se uusitaan.

## 6.5 Vuosi 2019

Ennakkohuoltosuunnitelman viimeiselle vuodelle jää poistettavaksi keskusryhmä B-3 ja uusittavaksi keskusryhmä B-22. Taulukkoon 24 on listattu ennakkohuolloista syntyvät kustannukset vuodelle 2019. Keskusta B-3-6 ei tarvitse poistaa, ja sen syöttö voidaan ottaa keskukselta B-8-1. Keskuksien B-3-1 ja B-3-4 lähdöt voidaan kääntää keskukselle B-8-1 ja B-3-3:n lähdöt keskukseseen B-16-1. Keskuksia B-22-1 ja B-22-2 voidaan yhdistää yhdeksi keskuksiksi ja sijoittaa mahdollisimman keskeiselle paikalle. Uudelle keskukselle on vedettävä uusi viisikertainen syöttökaapeli.

Taulukko 24. Ennakkohuoltojen kustannukset vuodelle 2019

2019			
B-22		B-3	
Jakokeskus B-22-2 asennettuna	3 000 €	Keskusten purku ja vanhojen asennuksien järjestely	4 000 €
Syöttökaapeli ja sennus AMCMK 4x120/41 70 m	2 400 €		
Vanhojen asennuksien järjestely	3 000 €		
<b>Yhteensä</b>	<b>8 400 €</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>4 000 €</b>

Viimeisenä vuonna olisi myös hyvä tarkastaa kaikkien niiden keskusten kunto, joita ei uusittu tämän ennakkohuoltosuunnitelman aikana. Uuden kuntokartoituksen pohjalta voidaan luoda murskaintehtaalle uusi pitkän aikavälin suunnitelma.

## 6.6 Kustannusarvio

Taulukkoon 20 on koottu arvioidut ennakkohuoltosuunnitelman töistä aiheutuvat kustannukset vuosille 2015–2019. Kustannuksien arvioinnissa on käytetty B-5-keskusryhmälle tehtyä tarjousta. Tarjouksesta selviää osien sekä ulkoistetun työvoiman hinta.

TAULUKKO 20. Ennakkohuoltojen kustannusarvio

2015		2016		2017		2018		2019	
B-16 ja B-11		B-5		B-12 ja B-2		B-4-2, B-4-3 ja B-4-7		B-22	
Jakokeskus B-16-1 asennettuna	7 000 €	Jakokeskus B-5-1 asennettuna	5 500 €	Jakokeskus B-12-1 asennettuna	7 000 €	Jakokeskus B-4-2 asennettuna	5 500 €	Jakokeskus B-22-2 asennettuna	3 000 €
Syöttökaapeli ja asennus 2xAMCMK 4x185/57 180 m	14 200 €	Syöttökaapeli ja asennus 2xAMCMK 4x185/57 80 m	6 300 €	Syöttökaapeli ja asennus 2xAMCMK 4x185/57 25 m	2 000 €	Syöttökaapeli ja sennus AMCMK 4x95/29 30 m	1 600 €	Syöttökaapeli ja sennus AMCMK 4x120/41 70 m	2 400 €
Vanhoiden asennuksien järjestely	6 000 €	Vanhoiden asennuksien järjestely	6 000 €	Vanhoiden asennuksien järjestely	12 000 €	Vanhoiden asennuksien järjestely	4 000 €	Vanhoiden asennuksien järjestely	3 000 €
B-11-1 purku ja uusi syöttökaapeli B-11-2 2xAMCMK 4x120/41 70 m	5 000 €			Jakokeskus B-12-2 asennettuna	500 €				
<b>Yhteensä</b>	<b>32 200 €</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>17 800 €</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>21 500 €</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>11 100 €</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>8 400 €</b>
B-10		B-15		B-21		B-14		B-3	
Jakokeskus B-10-1 asennettuna	5 500 €	Jakokeskus B-15-1 asennettuna	7 000 €	B-21-1 Purku ja vanhojen asennuksien järjestely	1 800 €	Jakokeskus B-14-1 asennettuna	5 500 €	Keskusten purku ja vanhojen asennuksien järjestely	4 000 €
Syöttökaapeli ja asennus 2xAMCMK 4x120/41 50 m	3 450 €	Syöttökaapeli ja asennus 2xAMCMK 4x185/57 100 m	7 900 €	Colgar-työstökoneen syöttökaapeli ja asennus 2xAMCMK 4x70/21 180 m	4 600 €	Syöttökaapeli ja asennus AMCMK 4x120/41 110 m	3 800 €		
Vanhoiden asennuksien järjestely	6 000 €	Vanhoiden asennuksien järjestely	6 000 €			Vanhoiden asennuksien järjestely	6 000 €		
<b>Yhteensä</b>	<b>14 950 €</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>20 900 €</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>6 400 €</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>15 300 €</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>4 000 €</b>
<b>Vuosi yhteensä</b>	<b>47 150 €</b>	<b>Vuosi yhteensä</b>	<b>38 700 €</b>	<b>Vuosi yhteensä</b>	<b>27 900 €</b>	<b>Vuosi yhteensä</b>	<b>26 400 €</b>	<b>Vuosi yhteensä</b>	<b>12 400 €</b>

Kustannukset pyrittiin jakamaan tasaisesti viidelle vuodelle, mutta tärkeimpänä kriteerinä pidettiin kuitenkin keskusten kuntoa ja kriittisyyttä. Tästä syystä kustannukset eivät ole jakautuneet aivan tasaisesti ja suuret ja suuria kustannuksia aiheuttavat keskusryhmät ovat uusittu ennen muita.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Idea pitkän aikavälin suunnitelmasta opinnäytetyöksi tuli Metso Mineralsin sähkölaitteiston käytön johtajalta. Suunnitelman luonti oli aluksi haasteellista ja se vaati paljon aiheeseen tutustumista. Opinnäytetyön sisällölle saatiin kuitenkin luotua selkeä tavoite käyttämällä apuna standardeja sekä aikaisempia pitkän aikavälin suunnitelmia.

Aluksi opinnäytetyö oli tarkoitus tehdä Metson valimon sähkökeskuksille, joita oli noin 100 kappaletta. Metson myydessä valimoa oli luonnollista, että työ tehtäisiin jonkun toisen tehdasrakennuksen keskuksista. Murskaintehtaassa oli 59 sähkökeskusta, eli vähemmän kuin valimossa. Työssä ei silti voitu selostaa jokaisen keskuksen kuntoa yksityiskohtaisesti, vaan keskuksat käsiteltiin ryhmätasolla.

Keskuksien kunto saatiin määritettyä ja kaikille annettiin oma elinkaaren vaihe. Elinkaaren vaiheen määrittäminen oli kuitenkin haastavaa, koska keskusten komponenttien kunto ei monessa tapauksessa vastannut elinkaaren vaihetta. Keskuksat saattoi olla komponentteiltaan vielä hyvässä kunnossa, mutta vanhan jakelujärjestelmän ja käytettävyyden kannalta keskuksat saattoi olla kuitenkin elinkaarensa päässä. Lisäksi useat keskuksat olivat kolhittuja ja vääntyneitä.

Kriittisyyskartoituksessa käytetyt kriittisyystekijät onnistuivat kuvastamaan keskuksien todellista kriittisyyttä, vaikka kriittisiä keskuksia ei kartoituksessa ollutkaan. Tämä johtui yksinkertaisesti siitä, että pääkeskusta lukuun ottamatta, yksikään keskuksa ei täyttänyt kriittisen tai erittäin kriittisen keskuksen kriteereitä. Mikäli keskuksia yhdistellään, keskuksa B-16-1 tulee täyttämään kriittisen tai erittäin kriittisen keskuksen kriteerit.

Ennakkohuoltosuunnitelma oli helppo laatia elinkaarikartoituksen perusteella, koska suurin osa kartoituksessa olevista keskuksista oli elinkaarivaiheittensa ääripäässä. Ennakkohuoltosuunnitelmassa uusittavat keskuksat saatiin tärkeysjärjestykseen onnistuneen elinkaarikartoituksen pohjalta. Ennakkohuolloista syntyneet kustannukset eivät jakautuneet täysin tasaisesti viiden vuoden ajanjaksolle. Suurimmat kustannukset kertyivät ensimmäisille vuosille, koska kriittisyys oli suurin tärkeysjärjestykseen vaikuttava tekijä.



## LÄHTEET

Ennakkohuolto ja ehkäisevä kunnossapito. Edu. Luettu 7.5.2014.

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/koneautomaatio/ennakkohuolto.html>

Lakervi, E & Partanen, J. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T., Lappalainen, M. & Åström, T. 2007. Kunnossapito. 3. p. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab

KTMp, Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä nro 517/1996. 14.6.1996.

Kunnossapidon käsitteet ja määritelmät. Edu. Luettu 7.5.2014.

[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_2-1\\_kunnossapidon\\_kasitteet\\_ja\\_maaritelmät.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-1_kunnossapidon_kasitteet_ja_maaritelmät.html)

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 2. p. Helsinki: PSK Standardisointi.

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointi.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden tunnusluvut. 2. p. Helsinki: PSK Standardisointi.

Salonen, M. 2012. Sähkönjakelukartoitus – yhteenveto. PowerPoint esitys. ABB Oy.

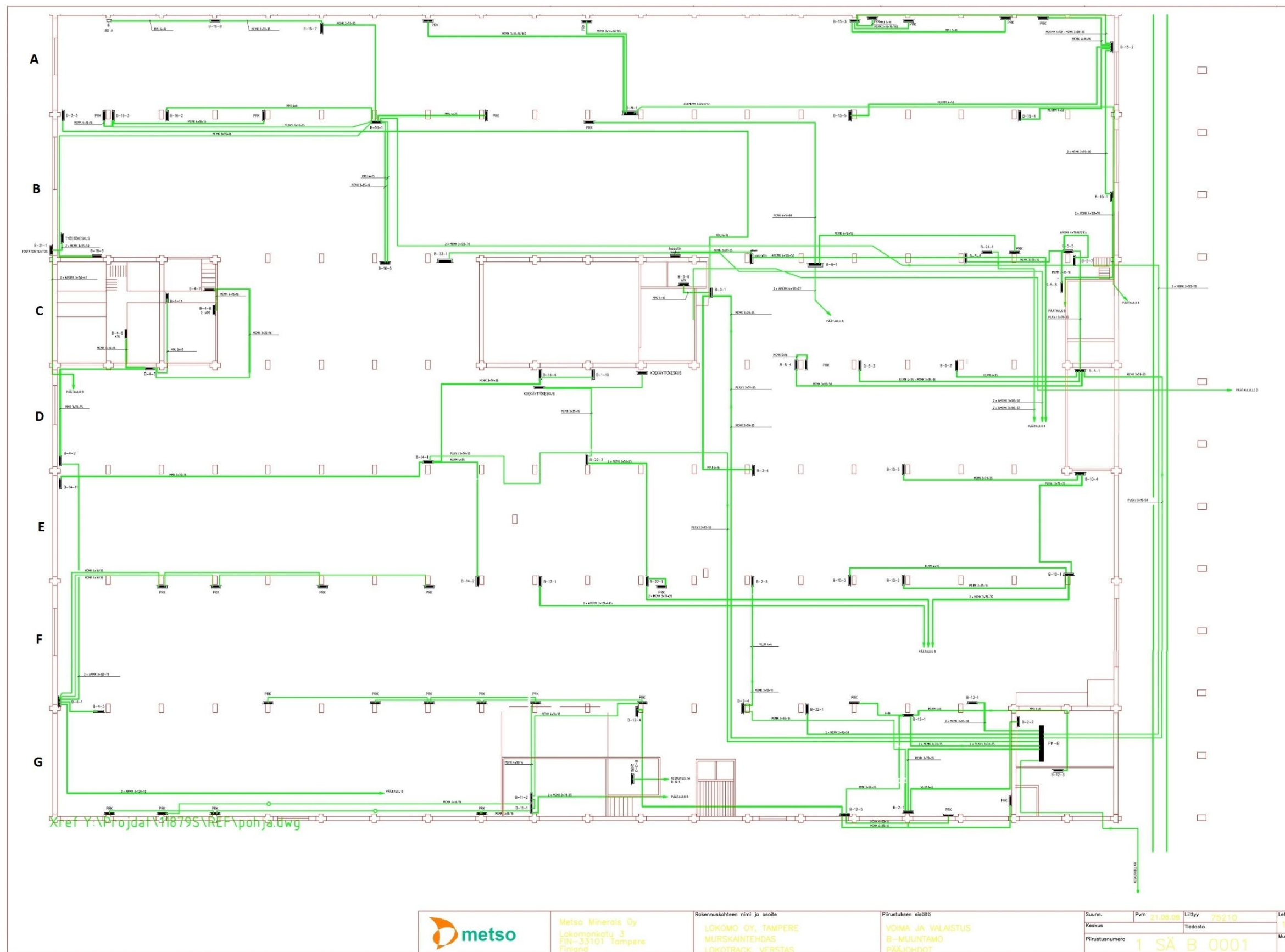
SFS-Käsikirja 600-1. 2012. Sähköasennukset. Helsinki: SFS ry.

Sähkömarkkinalaki. 2013. L 9.8.2013/488.

Yritysesittely. 2014. Tervetuloa Metsolle. PowerPoint esitys. Metso Minerals Oy.

## LIITTEET

Liite 1. Nousujohtokaavio











## Liite 2. Ennakkohuoltosuunnitelma

5 (5)

Sähkökeskusten ennakkohuoltosuunnitelma																				
Metso Minerals Oy																				
Yhteyshenkilöt:	Mauno Annala		Kim Ahonen																	
Puhelinnumero:			0503171268	2019																
Sähköposti:			kim.ahonen@metso.com	Silmämääräinen tarkastus	Lämpökuvauus	Imurointi	Pääkatkityökalujen vaihto	Muiden komponenttien vaihto	Syrötökaapelin vaihto	Keskukseen uusiminen / poisto	Huomioitavaa									
Osoite:	Lokomonkatu 3 33900 TAMPERE																			
Päivämäärä:	3.6.2014																			
Laatija:	Kim Ahonen																			
Keskus	Elinkaaren vaihe	Kriittisyys	Erityistä huomioitavaa																	
PK-B	keskivaiheella	5	Taulumittarit	x																
B-2-1	lopussa	2																		
B-2-2	lopussa	1																		
B-2-3	alussa	1		x																
B-2-4	alussa	3		x																
B-2-5	lopussa	1																		
B-3-1	lopussa	1										x	Poisto							
B-3-3	lopussa	1										x								
B-3-4	lopussa	1										x								
B-3-6	keskivaiheella	2		x																
B-4-1	alussa	3		x																
B-4-2	lopussa	1																		
B-4-3	lopussa	1																		
B-4-5	alussa	2		x																
B-4-6	keskivaiheella	1		x																
B-4-7	lopussa	2																		
B-4-8	keskivaiheella	1		x																
B-1-14	keskivaiheella	1		x																
B-5-1	lopussa	1																		
B-5-2	lopussa	2																		
B-5-3	lopussa	1																		
B-5-4	lopussa	2																		
B-5-5	lopussa	2																		
B-5-6	lopussa	1																		
B-5-7	alussa	1		x																
B-5-8	alussa	3		x																
B-8-1	alussa	3		x																
B-9-1	alussa	3		x																
B-10-1	lopussa	2																		
B-10-2	lopussa	1																		
B-10-3	lopussa	2																		
B-10-4	lopussa	1																		
B-10-5	lopussa	3																		
B-11-1	lopussa	1																		
B-11-2	alussa	2		x																
B-12-1	lopussa	2																		
B-12-3	lopussa	1																		
B-12-4	lopussa	2																		
B-12-5	lopussa	2																		
B-14-1	lopussa	1																		
B-14-2	lopussa	1																		
B-14-4	lopussa	2																		
B-14-11	lopussa	2																		
B-1-10	lopussa	1																		
B-15-1	lopussa	2																		
B-15-2	lopussa	2																		
B-15-3	lopussa	1																		
B-15-4	lopussa	1																		
B-15-5	lopussa	1																		
B-16-1	lopussa	2																		
B-16-2	lopussa	1																		
B-16-3	lopussa	1																		
B-16-5	lopussa	2																		
B-16-6	lopussa	1																		
B-16-7	lopussa	3																		
B-16-8	lopussa	1																		
B-21-1	lopussa	2																		
B-22-1	lopussa	2							x		x		Yhdiste							
B-22-2	lopussa	2									x		tään							