

# LEIKKAUSLINJOJEN SÄHKÖMOOTTOREIDEN KARTOITUS

Vähä Aleksi

Opinnäytetyö  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

2019

Tekniikan ja liikenteen ala  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Aleksi Vähä	Vuosi	2019
<b>Ohjaaja</b>	Ins. (YAMK) Aila Petäjäjärvi		
<b>Toimeksiantaja</b>	Outokumpu Stainless Oy Ins. Tapani Olsen		
<b>Työn nimi</b>	Leikkauslinjojen sähkömoottoreiden kartoitus		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	43		

---

Opinnäytetyöni aihe oli Outokummun kylmävalssaamon leikkauslinjojen sähkömoottoreiden kartoitus. Työn tavoitteena oli käydä kaikki leikkauslinjojen prosessissa käytettävät sähkömoottorit läpi, jonka jälkeen moottoreiden tiedot taulukoitiin ja moottoreille suoritettiin varastokartoitus. Työ tehtiin Outokumpu Stainless Oy:lle keväällä 2019.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin sähkömoottoreiden perusteita, teknisiä tietoja, standardeja, käyttötapoja ja leikkauslinjoilla käytettäviä sähkömoottorityyppejä. Lähteenä opinnäytetyöhön käytettiin sähkömoottoreihin ja kyseiseen alaan kohdistuvaa kirjallisuutta, internetlähteitä ja valmistajien erilaisia manuaaleja.

Sähkömoottoreiden kartoitus toteutettiin kiertämällä kentällä moottorit läpi ja valokuvaamalla moottorit ja niiden arvokilvet. Tiedot ja kuvat taulukoitiin ja moottoreille etsittiin varastosta mahdolliset varamoottorit.

Lopputuloksena työstä saatiin päivitettyt tiedot linjoilla käytettävistä sähkömoottoreista ja niiden mahdollisista varamoottoreista. Mahdollisessa sähkömoottorin vikaantumistilanteessa valmis taulukointi ja varastokartoitus nopeuttavat moottorin korjaamista tai kokonaan moottorin vaihtamista.

Technology, Communication and  
Transport  
Electrical Engineering  
Bachelor of Engineering

---

---

<b>Author</b>	Aleksi Vähä	Year	2019
<b>Supervisor</b>	M.Sc, Aila Petäjäjärvi		
<b>Commissioned by</b>	Outokumpu Stainless Oy B. EngTapani Olsen		
<b>Subject of thesis</b>	Mapping of Electrical Motors for a Cutting Line		
<b>Number of pages</b>	43		

---

The subject of my thesis was the mapping of the electric motors of the cutting lines of Outokumpu Cold Rolling Mill. The objective of the work was to sift through all the electric motors used in the cutting line process, after which the data of the electric motors were tabulated and the motors were subjected to stock survey. The work was done for Outokumpu Stainless Oy in spring 2019.

The basics of electric motors, technical data, standards, modes and electric motors used in cutting lines are reviewed in the theoretical part of the thesis. Literature, internet sources and manufacturers' manuals were used as sources of the thesis.

The mapping of electric motors was carried out by examining the motors in the field and photographing them motors and their rating plates. The data and pictures were tabulated, and the motors were searched for the substitutive spare motors.

The final result of this work was the updated information on the electric motors used on the lines and their substitutive spare motors. In case of a possible electric motor failure, the ready-made spreadsheet and inventory mapping will accelerates the motor repair or replace the motor completely.

Key words

electrical motor, mapping, process, tabulation

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
2 OUTOKUMPU OYJ .....	8
2.1 Tornion Tehtaat .....	8
2.2 Kylmävalssaamo .....	9
2.3 Leikkauslinjat .....	10
3 SÄHKÖMOOTTORIT .....	11
3.1 Tasasähkömoottori .....	11
3.2 Epätahtimoottori .....	13
3.3 Tahtimoottori .....	15
3.4 Rakenne- ja asennuslajit .....	16
3.5 Kilpiarvot .....	16
3.6 Hyötysuhde .....	19
3.7 Laakerointi .....	21
4 KÄYTTÖTYYPIT .....	24
4.1 Taajuusmuuttajakäyttö .....	24
4.2 Suorakäyttö .....	25
4.3 Kelainkäyttö .....	26
5 LEIKKAUSLINJOJEN SÄHKÖMOOTTOREIDEN KARTOITUS .....	27
5.1 Kenttäkartoitus .....	27
5.2 Kuvien ja sähkömoottoreiden tietojen taulukointi/dokumentointi .....	28
5.3 Varastokartoitus .....	31
5.4 Leikkauslinjoilla käytetyt sähkömoottorityypit .....	32
6 TULOSTEN ANALYSOINTI .....	34
7 POHDINTA .....	41
LÄHTEET .....	42

## ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyön aiheen antanutta yritystä Outokumpu Stainless Oy:tä, sekä Outokummun puolesta toiminutta työnohjaajaa Tapani Olsenia, joka ohjasi työtä ammattimaisesti. Lisäksi haluan kiittää Lapin AMK:n puolesta ohjaajana toiminutta opettaja Aila Petäjäjärveä.

Torniossa 22.5.2019

Alexi Vähä

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

IE	International Efficiency
IE 1	International Efficiency 1
EFF	Efficiency
EFF 1	Efficiency 1
EFF 2	Efficiency 2
EFF 3	Efficiency 3
IEC	International Electrotechnical Commission
KA 1	Katkaisulinja 1
KA 2	Katkaisulinja 2
KA 3	Katkaisulinja 3
HA 1	Halkaisulinja 1
HA 2	Halkaisulinja 2
HA 4	Halkaisulinja 4
HA 6	Halkaisulinja 6
RAP-5	Kylmävalssaamo 2

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on Outokummun Tornion tehtaan kylmävalssaamon leikkauslinjojen sähkömoottoreiden kartoitus. Työn tavoitteena on kartoittaa leikkauslinjojen kaikkien muiden linjojen paitsi harjauslinjan sähkömoottorit kentältä, tehdä moottoreille varastokartoitus ja päivittää linjojen linjakohtaiset osaluettelot. Kenttäkartoituksessa on tarkoitus kuvata sähkömoottoreiden positio, kokonaisuus ja kilpiarvo. Työn on tarkoitus helpottaa ja nopeuttaa sähkökunnossapidon moottoreiden korjausta tai mahdollista moottorin vaihtamista. Leikkauslinjoihin kuuluu 8 linjaa, joista 3 on katkaisulinjoja, 4 on halkaisulinjoja ja 1 on harjauslinja. Jokaisella linjalla on moottoreita noin 75-130 moottorin välillä.

## 2 OUTOKUMPU OYJ

Outokumpu on perustettu vuonna 1910 ja on tällä hetkellä ruostumattoman teräksen valmistajana ykkönen maailmassa. Outokumpu toimii yli 30 eri maassa ja työntekijöitä on yli 10 000. Outokummun pääkonttori sijaitsee Helsingissä ja yhtiön osake on listattu Nasdaq Helsingissä. (Outokumpu Oyj 2019a.)

### 2.1 Tornion Tehtaat

Outokummun Tornion tehtaat on maailman ainoa täysin integroitu ruostumattoman teräksen tuotantolaitos ja on Outokummun suurin yksikkö. Tehdas-alueen pinta-ala on 600 hehtaaria. Tehdasalue sisältää ferrokromitehtaan, terässulaton, kuumavalssaamon, kylmävalssaamon sekä sataman. Tuotantolaitos sisältää kaksi terässulattolinjaa, kuumavalssaamon ja kylmävalssaamon. Tornion tehtaalla on myös kylmävalssaamo 2 eli RAP5-linja, jossa kaikki kylmävalssaauksessa tapahtuvat prosessivaiheet ovat integroituna yhteen linjaan. Tornion tehtaalla toimivat Outokummun yritykset ovat Outokumpu Ferrokromitehdas, Outokumpu Stainless Oy, Outokumpu Chrome Oy ja Outokumpu Shipping Oy. Outokumpu Shipping Oy operoi Röyttän satamaa, jonka kautta suurin osa tuotannosta kuljetetaan ympäri maailmaa asiakkaille. Röyttän sataman kautta kuljetetaan myös tehtaalle tarvittavia raaka-aineita, kuten kierrätysterästä jota käytetään ruostumattoman teräksen valmistamiseen. Tornion tehtaat työllistää noin 2500 henkilöä. Kuvassa 1 on Outokummun Tornion tehtaiden tehdasalue. (Outokumpu Oyj 2019b.)



Kuva 1. Tornion tehtaiden tehdasalue. (Outokumpu Oyj 2019a.)

## 2.2 Kylmävalssaamo

Kylmävalssaamolla tuotantolinjoja ovat hehkutus- ja peittäuslinjat, viimeistelyvalssaimet, leikkauslinjat ja automaattiset pakkauslinjat. Hehkutus- ja peittäuslinjoja on 4, sendzimir valssaimia 3, katkaisulinjoja 3, halkaisulinjoja 4, viimeistelyvalssaimia 2, hiontalinjoja 1, venytysoikaisulinjoja 1, sekä automaattinen rullanpakkaus ja automaattinen levynpakkaus. Kuviossa 1 näkyy kylmävalssaamon tuotantokaavio.



Kuvio 1. Kylmävalssaamon tuotantokaavio. (Outokumpu Oyj 2019a.)

Teräsnauha prosessoidaan hehkutus- ja peittäuslinjoilla, jonka jälkeen nauha kylmävalssataan senzimir valssaimilla haluttuun paksuuteen. Teräksen mekaanisten ominaisuuksien palauttamiseksi nauha hehkutetaan ja peitataan uudelleen valssauksen jälkeen, jonka jälkeen nauha kiillotetaan viimeistelyvalssaimilla pinnan parantamiseksi. Lopuksi nauha siirretään halkaisu- ja katkaisulinjoille, joissa teräs leikataan asiakkaan tilaamiin mittoihin ja sen jälkeen tavara menee automaattisille pakkauslinjoille.

### 2.3 Leikkauslinjat

Leikkauslinjoilla valmiit teräsnauhat halkaistaan tai katkaistaan asiakkaan tilauksen mukaan. Leikkauslinjoihin kuuluu 8 eri linjaa, joista 3 linjaa on katkaisulinjoja, 4 linjaa on halkaisulinjoja ja yksi linja on harjauslinja. Linjojen lyhenteet ovat seuraavat: KA1, KA2, KA3, HA1, HA2, HA4, HA6 JA HR1. HR1- eli harjauslinjaa käytetään pelkästään teräsnauhan pinnantarkkailuun. Teräsnauha ajetaan auki-kelaimelta kiinnikelaimelle ja nauhaa ajettaessa tarkistetaan sen pinta.

### 3 SÄHKÖMOOTTORIT

Sähkömoottoreita on useaa eri tyyppiä. Tärkeimmät tyypit ovat epätahti-, tahti- ja tasavirtamoottori. Epätahti- ja tahtimoottorit ovat vaihtovirtamoottoreita ja niiden toiminta perustuu pyörivään magneettikenttään moottorin sisällä. Jokainen sähkömoottorityyppi voidaan toteuttaa eri tavalla, jolloin niiden ominaisuudet ja rakenteet poikkeavat muista moottoreista. Lisäksi on olemassa monenlaisia erikoiskoneita. Kuvassa 2 epätahtimoottori (Korpinen 1998.)



Kuva 2. Epätahtimoottori (Finnparttia Oy 2019)

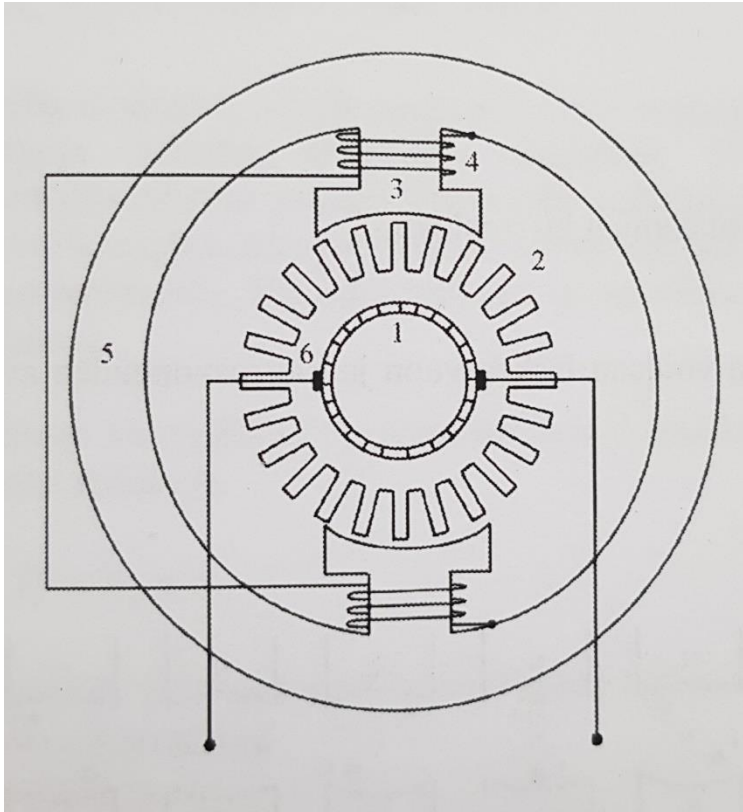
#### 3.1 Tasasähkömoottori

Sähkömoottoreiden toiminta perustuu sähkömagneetteihin, jotka pyörittävät sähkömoottoria. Sähkömoottorin perusosat ovat roottori, joka pyörii akselin mukana,

mikä on laakeroitu ja staattori. Sähkömagneettikentät saadaan aikaan joko moottorin roottorissa tai staattorissa ja moottori muuttaa sähköenergiaa liike-energiaksi. (Motiva 2017)

Tasavirtamoottorit eli DC-moottorit ovat perinteisesti olleet suosittuja säädettyjen käyttöjen ajomoottoreita. Moottorien erilaisien magnetointijärjestelmien vuoksi on voitu säätää ominaiskäyriä halutuiksi ohjaustekniikan ollessa hyvinkin yksinkertaista. (Hietalahti 2011, 35)

Tasavirtakone perustuu pyörivän kommutaattorin hyödyntämiseen. Kommutaattori on toisistaan eristetyillä kiilanmuotoisilla kupariliuskoista tehty sylinterimäinen rakenne. Kommutaattorille syötetään hiiliharjojen välityksellä tasavirtaa niin sanottuun ankkuriin, joka on sijoitettu koneen roottoriakselille. Käämityksen kaksi päätä kytketään kommutaattoriin siten, että jokaiseen liuskaan liitetään yhden vyyhden alkupää ja toisen loppupää. Koneen magnetointi on sijoitettu seisijaan eli staattoriin. Magnetointia varten kehälle on kiinnitetty magneettinavat, joiden ympärillä on magnetoiva käämitys. Syöttämällä käämiin tasavirtaa synnytetään tasavuo, joka leikkaa ankkurikäämitystä. Kuviossa 3 on poikkileikkauskuva ta-sasähkökoneesta. (Hietalahti 2011, 35)



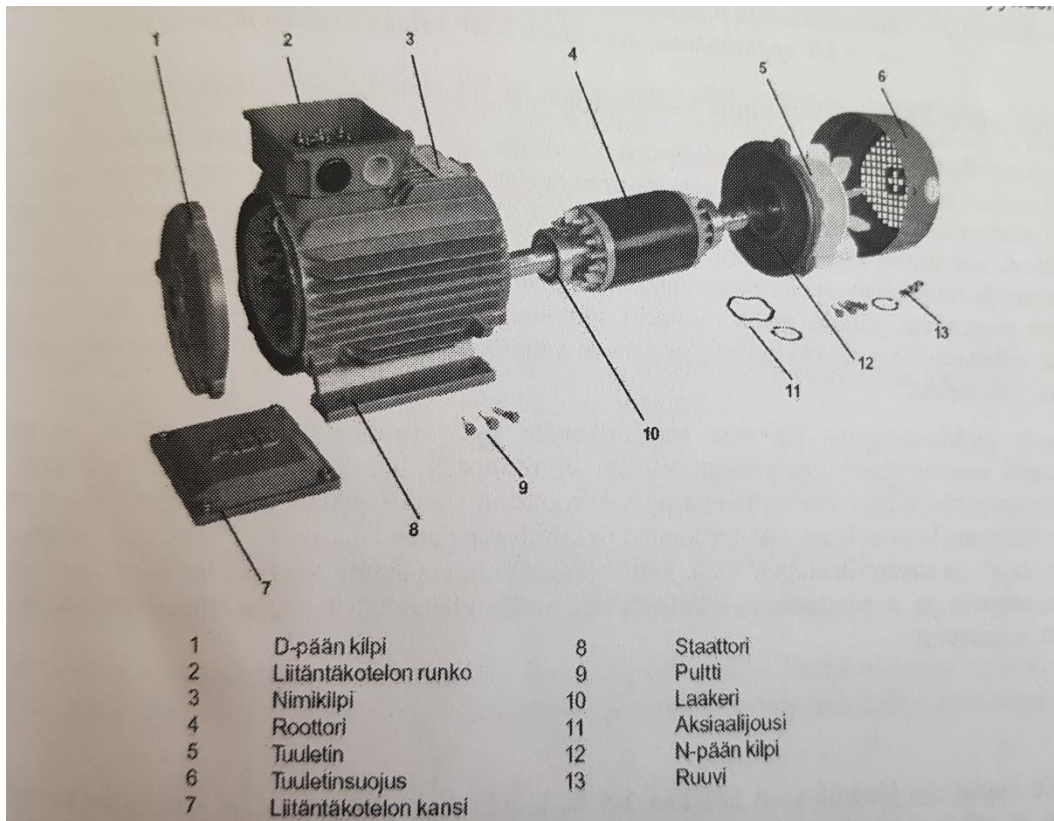
Kuvio 2. Tasasähkömoottorin poikkileikkaus. 1 Kommutaattori, 2 ankkurikäämi, 3 napa, 4 magnetointikäämi, 5 staattorikehä, 6 hiiliharjat. (Hietalahti 2011, 35)

Tasavirtakoneen ohjaukseen tarvitaan tehoelektroniikkaa. Tarvittava tehoelektroniikka on hyvin yksinkertaista. Tasavirtakone tarvitsee säädettävän tasaussillan ja hakkuriteholähteen vääntömomentin säätämiseksi, kun konetta syötetään verkosta. Tasasähkökäyttöjä yleensä käytetään nopeuden säätöä vaativissa käytöissä. Näiden koneiden huonoja puolia ovat niiden mutkikas ja varsin arvokas roottorirakenne. Kommutaattori ja hiiliharjat vaativat jatkuvaa ja säännöllistä huoltamista, koska koneen hiiliharjat kuluvat sitä käytettäessä. (Hietalahti 2011, 35)

### 3.2 Epätahtimoottori

Täysin suljettu epätahtikone on yksinkertaisuutensa ja kestävyytensä johdosta yleisin sähkömoottorityyppi, jota käytetään teollisuudessa. Se on myös kone-

tyyppi, jota on saatavana ”hyllytavarana” useille eri tehoille, ja suurista valmistuseristä sekä yksinkertaisesta rakenteesta johtuen se on edullisin konetyyppi. Epätahtimoottorista käytetään myös nimitystä induktiomoottori ja oikosulkumoottori. Kuvassa 3 on valurautarunkoisen epätahtikoneen räjäytyskuva. (Hietalahti, 2011, 59)



Kuva 3. Räjäytyskuva epätahtimoottorista. (Hietalahti 2013, 59)

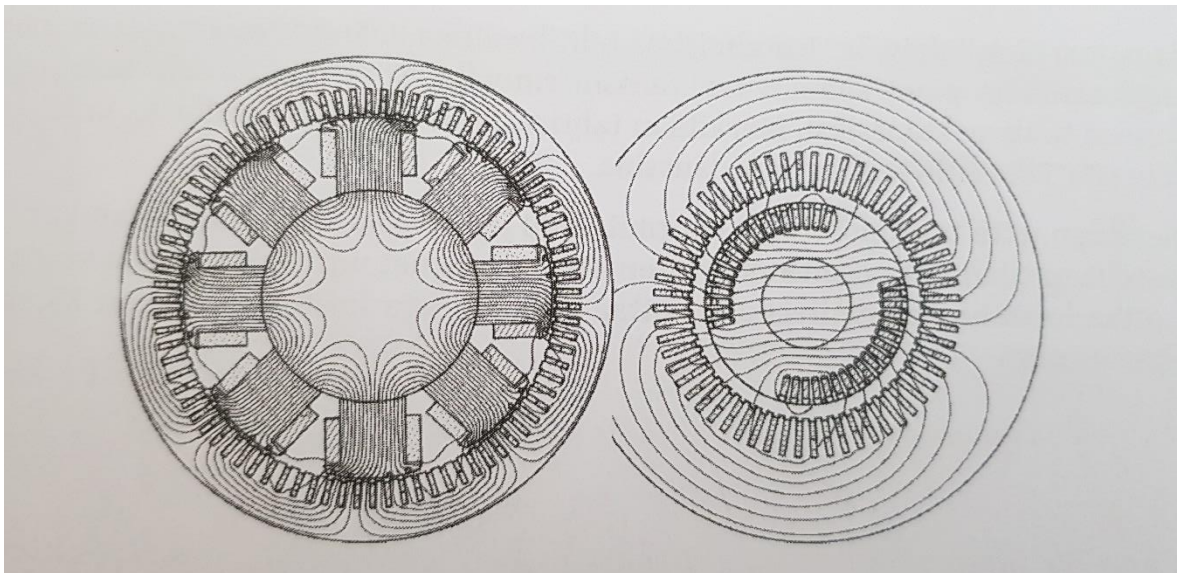
Kolmivaiheisia epätahtikoneita käytetään enimmäkseen moottorina, vaikka se voi toimia myös generaattorina. Tyypillistä epätahtikoneelle on, että sähköteho vietään koneen pyörivään osaan eli roottoriin sähkömagneettisen induktion avulla. Toiminnallisesti epätahtikone on läheistä sukua muuntajalle. Kuten muuntajasta niin myös epätahtikoneesta puuttuu suora galvaaninen yhteys pyörivän roottorin ja sähköverkon kesken. (Hietalahti 2011, 59)

Epätahtimoottorin toimintaperiaate on sellainen, että kun staattoriin kytketään jännite, syntyy koneen sisään pyörivä magneettikenttä, jonka kenttäviivat leikkaavat roottori käämin sauvoja. Sautoihin indusoituu tällöin smv  $E_r$ , joka saa aikaan

roottorivirran  $I_r$ . Roottorin saa pyörivään liikkeeseen virran  $I_r$  ja pyörivän kentän välinen voimavaikutus. Toisin sanoen moottorin tarvitsema sähköteho syötetään siis staattorikäimityksiin, joista teho siirtyy roottoriin pääasiassa mekaaniseksi tehoksi. (Korpinen 1998)

### 3.3 Tahtimoottori











Tahtimoottorin roottori pyörii tahdissa verkon määräämän kiertokentän nopeuden kanssa. Tahtikoneet jaetaan kahteen roottorirakennetyyppiin. Nämä koneet ovat umpinapakone ja avovarsinapakone. Myös tahtikone muodostuu kolmivaiheisella käämillä tehdystä staattorista ja koneen sisällä pyörivästä roottorista samalla tavalla kuin epätahtikone. Tahtikoneen staattori on samanlainen kuin epätahtikoneessa, mutta roottori on oikosuljetun häkkikäimityksen sijasta magnetoitu ulkoisella tasasähkölähteellä. Kuviossa 5 on poikkileikkauskuva avonapaisesta ja umpinapaisesta tahtikoneesta. (Hietalahti 2013, 57)



Kuvio 3. Avo- ja umpinapaisen tahtikoneen poikkileikkauskuva. Kuvassa näkyvät viivat osoittavat staattori- ja roottoriraudassa magneettikentän kulkureitin. (Hietalahti 2013, 57)

### 3.4 Rakenne- ja asennuslajit

Sähkömoottoreiden asennusasento määritetään IEC 34-7 normin mukaan IM merkinnällä. Merkissä käytetään kahta eri koodia: koodi I ja koodi II. IM 1 00 1 on koodin II merkintä, jossa ensimmäisen numero kuvaa rakennetyyppiä, seuraavat kaksi numeroa asennustapaa ja viimeinen numero akselin päätä. Koodi I kertoo ainoastaan moottorit laakerikilpineen ja yhden akselitapin. Koodissa I käytetään pelkästään yhtä kirjainta ja maksimissaan 2 numeroa. Kuvassa 4 on koodien mukaiset asennustavat. (Hietalahti 2013, 18)

Vaakasuoraan asennettavat koneet			Pystysuoraan asennettavat koneet		
Code I	Code II		Code I	Code II	
IM B3	IM 1001	 Normaalisovitelmä. Jalat on suunnattu alaspäin	IM V1	IM 3011	 Laippa ja vapaa akselinpää on suunnattu alaspäin
IM B5	IM 3001	 Kone kiinnitetään laipan avulla sellaiseen asentoon, että mahdolliset vesireiät ovat alaspäin	IM V3	IM 3031	 Laippa ja vapaa akselinpää on suunnattu ylöspäin
IM B6	IM1051	 Kone kiinnitetään kuvan osoittamalla tavalla seinään, jonka tulee olla pystysuora	IM V5	IM 1011	 Kone kiinnitetään kuvan osoittamalla tavalla seinään, jonka tulee olla pystysuora
IM B7	IM 1061	 Kone kiinnitetään kuvan osoittamalla tavalla seinään, jonka tulee olla pystysuora	IM V6	IM 1031	 Kone kiinnitetään kuvan osoittamalla tavalla seinään, jonka tulee olla pystysuora
IM B8	IM 1071	 Kone kiinnitetään kattoon			
IM B14	IM 3601	 Kuten B5, mutta koneessa on DIN 42948 mukainen pieni laippa "Form C"			

Kuva 4. Koodien mukaiset asennustavat. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07)

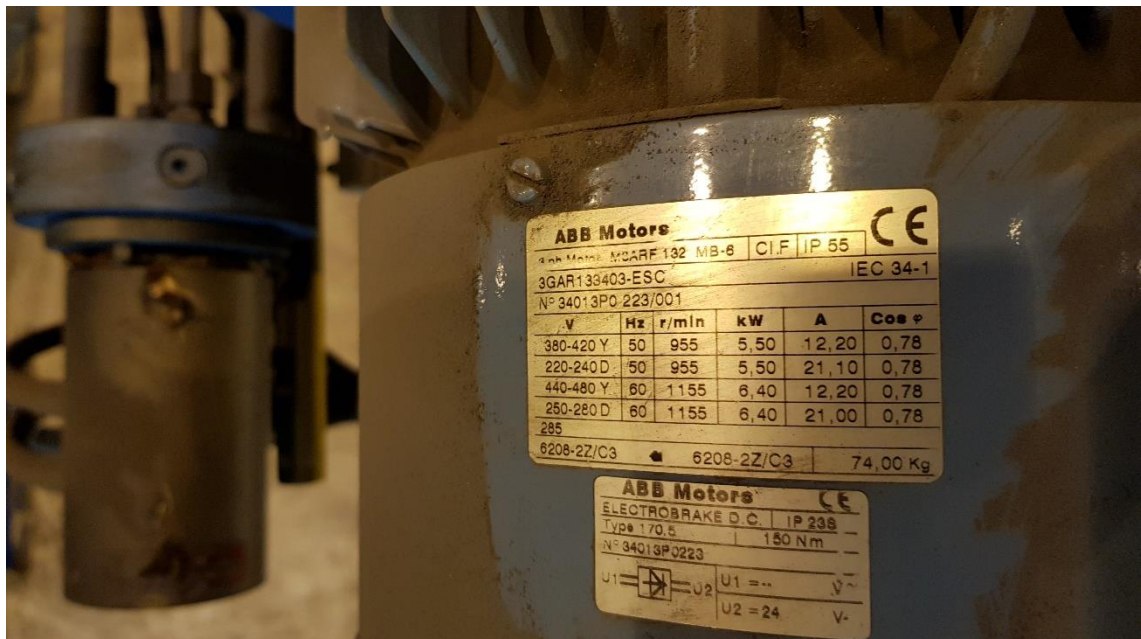
### 3.5 Kilpiarvot

Kilpiarvotiedoilla tarkoitetaan tietoja joiden mukaan sähkömoottori asennetaan paikoilleen, ja kytketään sähköverkkoon. Kilpiarvoista löytyy myös tieto, minkä perusteella konetta voidaan kuormittaa. Kilpiarvot pitää olla helposti luettavissa. (Hietalahti, 2013, 23)

Kilpiarvoille on annettu normeissa sallitut toleranssit. Normoidut nimellisjännitteet ovat tasavirtamoottoreille: 24, 40, 110, 220, 440, 600 ja 750 V. Vaihtosähkömoottoreille samat normit ovat: 24, 42, 125, 230, 400, 515, 690 V, 3, 5, 6, 10, ja 15 kV. (Hietalahti 2013, 24)

Tietylle jännitteelle 50 Hz taajuudella käämityt sähkömoottorit toimivat myös 60 Hz taajuudella eikä niihin tarvitse tehdä minkäänlaisia muutoksia. Eri moottorityypeissä voi olla eri arvot ja se kannattaa tarkistaa valmistajalta ennen kytkemistä. (Hietalahti 2013, 24)

Seuraavissa kuvissa on esimerkkejä linjalla käytettävien sähkömoottoreiden kilpiarvoista. Kuvassa 5 näkyy ABB:n oikosulkumoottorin kilpiarvot. Tässä sähkömoottorissa on sisällä myös jarru, jonka tiedot näkyvät alemmassa tyyppikilvessä. Kyseisellä moottorilla pyöritetään linjan paperikelaimen revolveria. Kuvassa 6 Eberhard Bauerin sähkömoottorin kilpiarvotiedot. Tämä moottori on linjan alkuperäisiä linjakäyttöä. Tätä moottoria käytetään paperikelaimen tuurnien siirtoon. Kuvassa 7 on Siemensin tasavirtamoottorin kilpiarvo tiedot. Tätä moottoria käytetään linjan aukikelaimessa.



Kuva 5. ABB:n moottorin kilpiarvotiedot

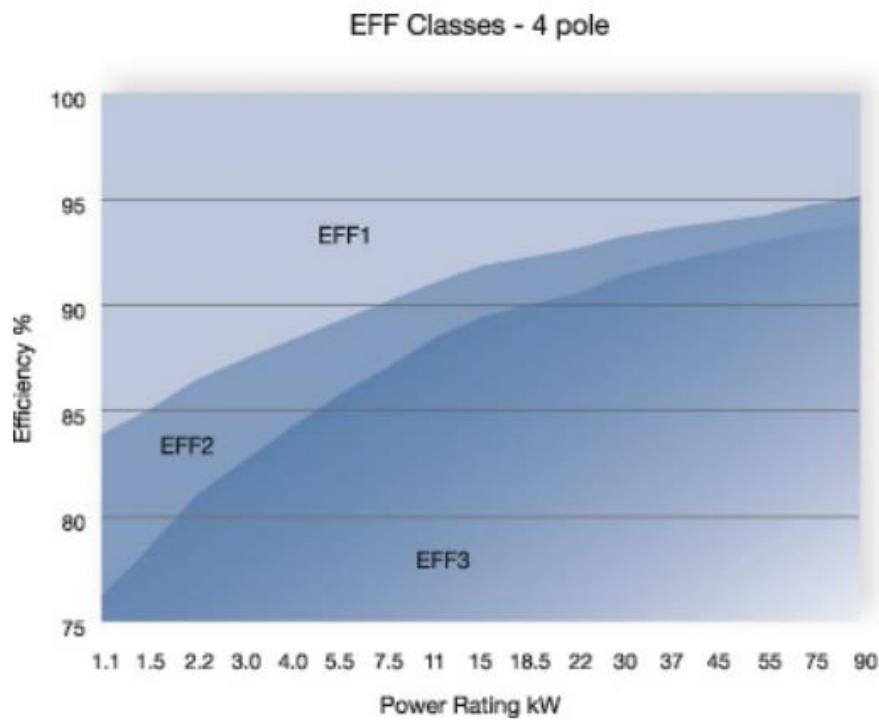




Kuva 7. Siemens tasavirtamoottorin kilpiarvot.

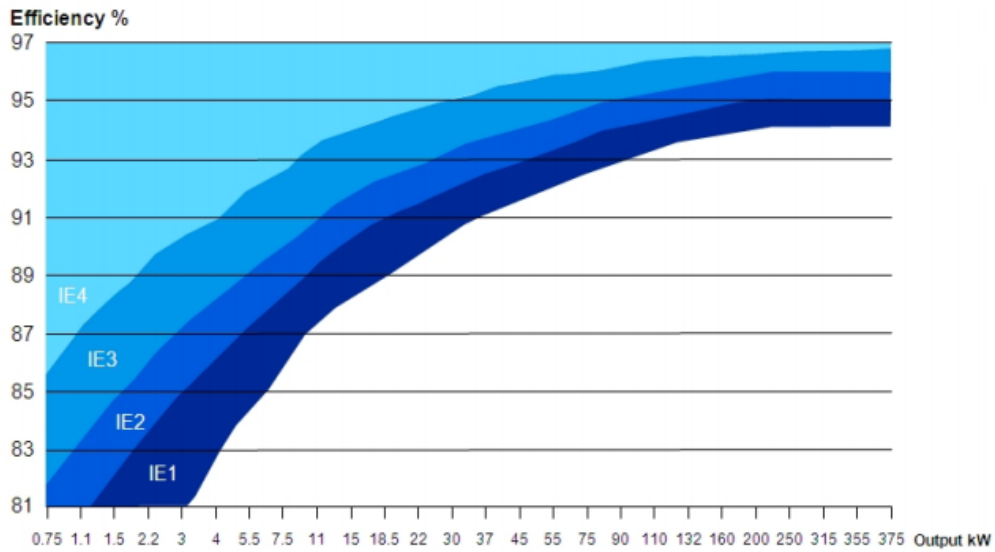
### 3.6 Hyötysuhde

Sähkömoottoreiden hyötysuhteella kuvataan moottorin kykyä muuttaa sähköinen energia mekaaniseksi energiaksi. Vuonna 1998 EU:n alueella luotiin hyötysuhteiden luokittelujärjestelmä. Järjestelmässä oikosulkumoottorit on jaoteltu kolmeen eri luokkaan EFF3, EFF2 ja EFF1. Kuviossa 10 on poistuneen EFF-luokan arvot 4-napaiselle moottorille. (Hietalahti 2013, 28)



Kuvio 4. Poistunut EFF-luokka 4-napaiselle moottorille. (Kinnunen 2014)

Syyskuussa 2008 IEC 60034-30 standardi hyväksyttiin. Tämä standardi määrittää uudet hyötysuhdeluokat vanhojen tilalle. Uudet luokat ovat: IE1 (Standard), IE2 (High), IE3 (Premium) ja IE4 (Super Premium). Tämä luokka kattaa 2-, 4- ja 6-napaiset sähkömoottorit, joiden tehoalue on 0,75 – 375 kW ja jännitteet ovat alle 1000 V 50 Hz ja 60 Hz alueella. Kuviossa 11 on uuden IE-luokan arvot. (Kinnunen 2014)



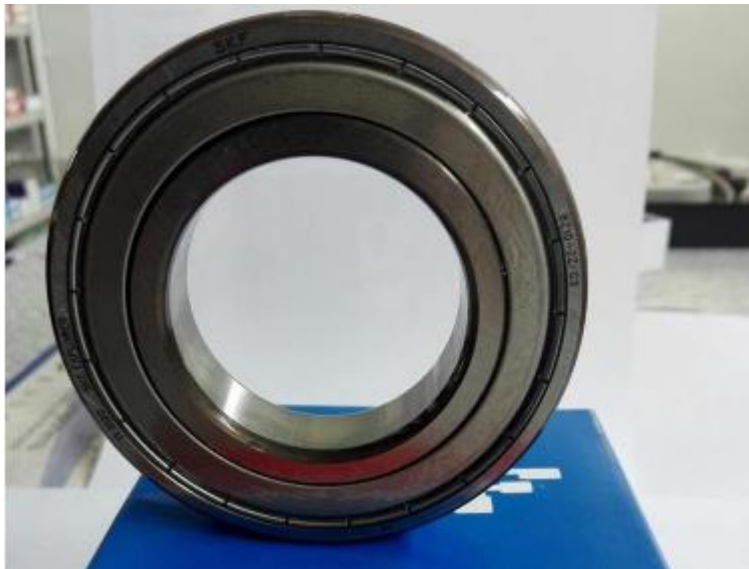
Kuvio 5. IE-luokan arvot. ( International Efficiency) (Kinnunen 2014)

### 3.7 Laakerointi

Sähkömoottorin laakerit kantavat moottorin akselikuormaa ja vähentävät kitkahäviöitä. Laakerit kannattelevat sähkömoottorin sisällä pyörivää roottoria ja ne tulee valita laakereihin kohdistuvan voiman perusteella. Yleensä laakerit jaetaan kahteen eri laakeriryhmään, jotka ovat liuku- ja vierintälaakerit. Vierintälaakereissa on vierintäelin esim. kuula tai rulla, jonka takia vierintälaakeria käytetään enemmän sovelluksissa, joissa on nopea pyörimisnopeus. Liukulaakereissa ei ole vierintäelinä, jolloin ne ovat parempia käytettäväksi sellaisissa moottorikäytöissä missä on raskas kuormitus. Kuvassa 8 on vierintälaakeri ja kuvassa 9. on liuku-laakeri. (Sammallahti 2015)



Kuva 8. Vierintälaakeri. (FAG 2019)



Kuva 9. Liukulaakeri. (Laakerimyynti 2019)

ABB:n sähkömoottoreissa on kuljetuksen aikana kuljetuslukitus, joka estää moottorin laakereita vahingoittumasta kuljetuksen aikana. (ABB 2003)

Taulukossa 1. on esitetty ABB:n sähkömoottoreiden laakerointi kokoluokan mukaan.

Taulukko 1. ABB:n sähkömoottoreiden laakerointi. (ABB 2003)

Vakiorakenteiset moottorit			
Moottorin koko		Jalka- ja laippamoottori	
		D-pää	N-pää
56		6201-2Z/C3	6201-2Z/C3
63		6202-2Z/C3	6201-2Z/C3
71		6203-2Z/C3	6202-2Z/C3
80		6204-2Z/C3	6203-2Z/C3
90		6205-2Z/C3	6204-2Z/C3
100		6306-2Z/C3	6205-2Z/C3
112 <sup>2)</sup>	lyhyt	6206-2Z/C3	6205-2Z/C3
112 <sup>2)</sup>	pitkä	6206-2Z/C3	6206-2Z/C3
132 <sup>2)</sup>	lyhyt	6208-2Z/C3	6206-2Z/C3
132 <sup>2)</sup>	pitkä	6208-2Z/C3	6208-2Z/C3
160		6309-2Z/C3	6209-2Z/C3
180		6310-2Z/C3	6209-2Z/C3
200 <sup>1)</sup>		6312-2Z/C3	6209-2Z/C3
200		6312/C3	6210/C3
225 <sup>1)</sup>		6313/C3	6210/C3
225		6313/C3	6212/C3
250 <sup>1)</sup>		6315/C3	6212/C3
250		6315/C3	6213/C3
280	2-napainen	6315/C3	6213/C3
280	4-8-napainen	6316/C3	6213/C3

## 4 KÄYTTÖTYYPIT

### 4.1 Taajuusmuuttajakäyttö

Taajuusmuuttajakäytöllä voidaan käynnistä sähkömoottori pienellä käynnistysvirralla pehmeästi ja moottorin nopeutta voidaan säädellä helposti ja sitä voidaan säätää käyttötarkoituksen mukaan. Oikosulkumoottoreiden taajuusmuuttajakäytöllä päästään huomattaviin energia- ja ympäristösäästöihin. (ABB 2003)

Käytettäessä taajuusmuuttajakäyttöä moottorin todellinen pyörimisnopeus voi olla eri kuin moottorin kilpiarvoissa annettu nimellisnopeus. Suurilla nopeuksilla on varmistettava, ettei ylitetä valmistajan antamaa nimellisnopeutta ja mahdollisen moottorin perässä olevan laitteen suurinta sallittua nopeutta. (ABB 2003)

Taajuusmuuttajan syöttämä virta ja jännite eivät ole tarkasti sinimuotoisia, mikä aiheuttaa moottorissa värinän, melun ja häviöiden kasvamista. Tämmöinen muutos nostaa sähkömoottorin ja sen laakereiden lämpötiloja. Kuvassa 10 Vaconin taajuusmuuttajia. (ABB 2003)



Kuva 10. Vaconin taajuusmuuttajia. (Sähkönumerot. 2019)

#### 4.2 Suorakäyttö

Suorakäytössä sähkömoottori voidaan kytkeä tähteen tai kolmioon. 3-vaihe-moottorit kytketään verkkoon moottorin kilpiarvon mukaan. Kuviossa 15 näkee esimerkin, miten moottori täytyy kytkeä oikealle jännitteelle. Sähkömoottoreiden kilpiarvoissa on myös kytkentäohjeet 60 Hz taajuudelle, mutta Suomessa käytetään pelkästään 50 Hz taajuudelle tarkoitettuja kytkentöjä. (Moves Oy 2019)

3-vaiheverkon jännite (50Hz)	moottorin jänniteleimaus	moottorin virtaleimaus (oikea alleviivattu)	kytkentätapa
400V	220-240V $\Delta$ / 380-415V Y tai 230V $\Delta$ / 400V Y	$x-x / \underline{x-x}$ A $x / \underline{x}$ A	Y-kytkentä
400V	380-415V $\Delta$ / 660-690V Y tai 400V $\Delta$ / 690V Y	$\underline{x-x} / x-x$ A $\underline{x} / x$ A	$\Delta$ -kytkentä
230V	220-240V $\Delta$ / 380-415V Y tai 230V $\Delta$ / 400V Y	$\underline{x-x} / x-x$ A $\underline{x} / x$ A	$\Delta$ -kytkentä
690V	380-415V $\Delta$ / 660-690V Y tai 400V $\Delta$ / 690V Y	$x-x / \underline{x-x}$ A $x / \underline{x}$ A	Y-kytkentä
415V	415V $\Delta$ 415V Y	$\underline{x}$ A $\underline{x}$ A	$\Delta$ -kytkentä Y-kytkentä
500V	500V $\Delta$ 500V Y	$\underline{x}$ A $\underline{x}$ A	$\Delta$ -kytkentä Y-kytkentä

Kuvio 6. Esimerkki moottorin kytkemisestä oikealle jännitteelle. (Moves Oy 2019)

Suoramoottorilähtöjä käytetään paljon erilaisten hydraulikkojen pumppujen pyörittämiseen, koska niissä ei tarvitse säätää nopeutta taikka vaihtaa moottorin pyörimissuuntaa. Lähtöön ei tarvitse muuta kuin sulakkeet, pääkontaktorin ja lämpöreleen.

#### 4.3 Kelainkäyttö

Linjojen kelainkäyttöjen toiminta perustuu siihen että, niitä säädetään nopeus- ja momenttiantureilla. Anturit antavat mittaussignaaleja taajuusmuuttajille millä ohjataan moottoreita. Linjan kelauksen täytyy pysyä tasaisella nopeudella ja sopivalla kireydellä koko prosessin ajan, jotta ajettavasta tavarasta tulee hyvä laatuista. (Suomi & Leppämäki 2007)

## 5 LEIKKAUSLINJOJEN SÄHKÖMOOTTOREIDEN KARTOITUS

### 5.1 Kenttäkartoitus

Leikkauslinjojen sähkömoottoreiden kenttäkartoituksessa käydään kaikki linjojen sähkömoottorit läpi. Sähkömoottoreista otetaan kuva kokonaisuudesta, moottorin kilpiarvoista, sähköpositiosta ja mahdollisesta lisälaitteesta. Linjalla on osa sähkömoottoreista sellaisissa paikoissa, minne on melkein mahdoton päästä tai ainakin moottoriin käsiksi pääsy vaatisi edessä olevien suojiin, kuljettimien tai muun laitteen osittaista purkamista. Leikkauslinjoihin kuuluu 8 eri linjaa ja moottoreita on jokaisella linjalla 50 ja 100 moottorin välillä. Otettavista valokuvista saa hyvän käsityksen millä tavalla moottori on kiinnitetty, millaisessa paikassa moottori on ja minkä tyyppinen sähkömoottori on. Kenttäkartoitus on mahdollista vain, kun linjalla on seisakki tai linja seisoo muuten vain mahdollisen alimiehityksen takia. Joten kenttäkartoitus on paljon kiinni siitä, miten linja on ajolla. Kuviossa 11 on yhden leikkauslinjan päällekelaimen moottori. Moottori on teholtaan 630 kW ja painaa noin 4600 kg.



Kuva 11. Linjan päällekelaimen moottori.

## 5.2 Kuvien ja sähkömoottoreiden tietojen taulukointi/dokumentointi

Sähkömoottoreista tehtiin linjakohtaiset Excel-taulukot, joissa on moottoreiden mahdollinen nimike osaluettelossa, sijainti, sähköpositio, tyyppi, teho, hyötysuhde, asennustapa, IEC koko, paino, lisälaitteet/huomautukset, mahdollisen varamoottorin varastokoodi, sijainti ja kuinka monta kappaletta niitä on. Excel-tiedostoon jokaisen moottorin taulukon kohdalle lopuksi linkitettiin myös kuvat. Kuvissa näkyy moottorin tyypikilpi sekä yleiskuva moottorista missä se sijaitsee ja millainen on moottorin kokonaisuus. Lopuksi moottorit lisättiin linjakohtaisiin osaluetteloihin, jos niitä ei ollut vielä merkitty sinne. Taulukoissa 2, 3, 4 ja 5 on kuvat moottoreille tehdystä taulukosta. Taulukossa on eri sarakkeissa moottoreiden eri tietoja. Taulukon pohja on laadittu siten, että siitä voidaan tarvittaessa suodattaa haluttuja tyyppisiä katseluun esim. valita pelkästään moottorit, joiden kierrosnopeus on 1500 rpm. Kuviossa 21 on linjakohtainen laiteluettelo ja kuviossa 22. laitteen osaluettelo mihin ei ole vielä merkattu kartoituksessa kuvattuja moottoreita.

Taulukko 2. Kuvio moottoreiden Excel taulukosta.

KUTI-POSITIO	NIMIKE OSALUETTELOSSA	SÄHKÖPOSITIO	Laitteiston sijainti
4-HA4-120	Moottori k13-21/dw1a12-283-ub	103A22-M1	Rullansiirtovaunu
4-HA4-120	Moottori k13-21/dw1a12-283-ub	103A23-M1	Rullansiirtovaunu
4-HA4-130	Moottori sgi-31/dk64-163l	104A21-M1-W1	Alkupään paperikelain
4-HA4-130	Moottori sgi-31/dk64-163l	104A22-M1-W1	Alkupään paperikelain
4-HA4-150	Moottori 1pq8403-8pb90-z....	605B1-M1-W1	Aukikelain
4-HA4-150	???	105A1-M1-W1	Aukikelain
4-HA4-180 ???	Moottori 1la5186-6aa60-z.....	606B1-M1-W1	Veto- ja oikaisukone
4-HA4-180	Moottori 1la6 253-4aa60-z....	606B2-M1	Veto- ja oikaisukone
4-HA4-180	MOOTTORI 16.9NM 2600RPM B5	106B24-M1-W1	Veto- ja oikaisukone
4-HA4-180	MOOTTORI 16.9NM 2600RPM B5	106B25-M1-W1	Veto- ja oikaisukone

Taulukossa 2 näkyy miten kutipositio, nimike osaluettelossa, sähköpositio ja laitteiston sijainti tiedot on toteutettu.

Taulukko 3. Kuvio moottoreiden Excel taulukosta.

Tyyppi	Valmistaja	Pyörimisnopeus	Teho (kW)
SG1-31/DK 64-163 L EKS005A4-SP	EBERHARD BAUER	1330	0,3
SG1-31/DK 64-163 L EKS005A4-SP	EBERHARD BAUER	1330	0,3
1PQ8 403-8PB90-Z 400	SIEMENS	742	355
???			
1LA6 253-4AA60-Z 250M	SIEMENS	1475	55
1 FT6062-6AC71-7AH0-Z	SIEMENS	2470 Max	
1 FT6062-6AC71-7AH0-Z	SIEMENS	2470 Max	

Taulukossa 3 näkyy miten moottoreiden tyyppi, valmistaja, pyörimisnopeus ja teho tiedot on merkattu Excel taulukkkoon.

Taulukko 4. Kuvio moottoreiden Excel taulukosta.

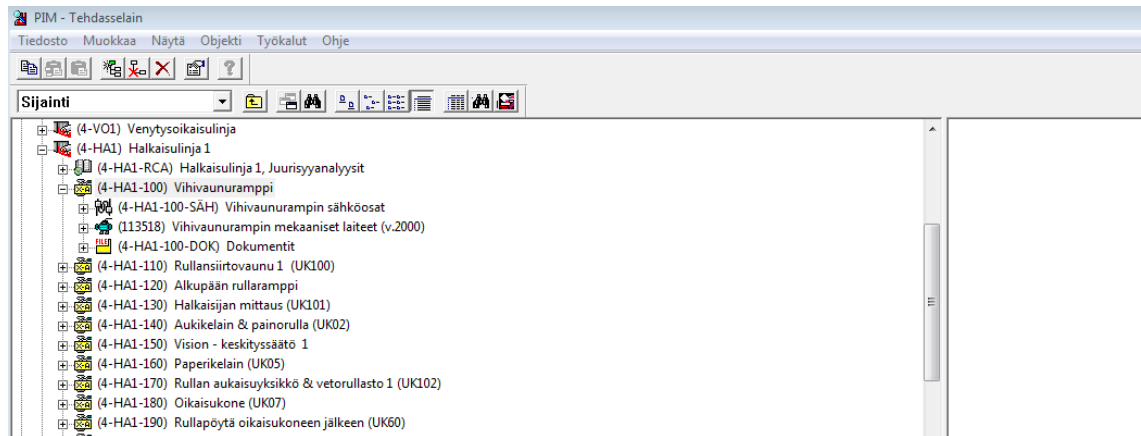
Cos	IEC koko	Paino (Kg)	Asennustapa	IP	Ins. Cl.	Laakerit (D/N)
0,75			H3	65	B	
0,75			H3	65	B	
0,82		2900	B3	55	F	(NU224E 6224 C3) / (NU224E???)
0,87	250M	440	B3	55	F	
			B5	64	F	
			B5	64	F	
0,72			H1	65	B	
0,72		10,39	B3	54	B	
			B5	64	F	
			B5	64	F	

Taulukossa 4 taulukkotiedoissa näkyy, minkälainen moottoreiden fyysinen koko on ja minkälaisia olosuhteita moottori kestää.

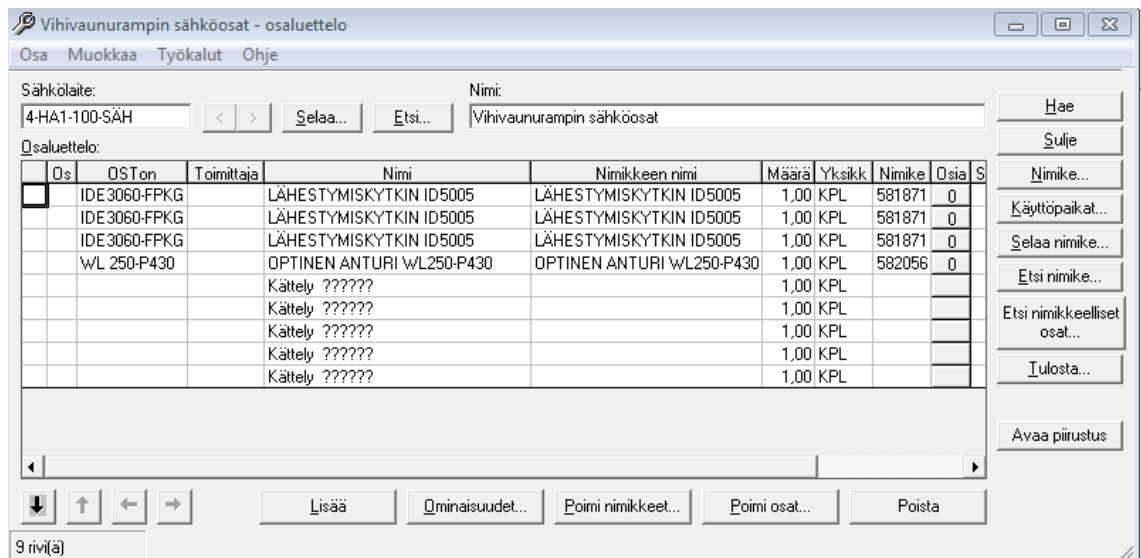
Taulukko 5. Kuvio moottoreiden Excel taulukosta.

Lisälaitteet / Huomautukset	Varamoottorinimike	Varastopaikka / saldo (kpl)	Hälytyspiste
	645438	KYV1 H/A3 (2 kpl)	1
	645438	KYV1 H/A3 (2 kpl)	1
Jäähd. Puh. moottori/moottori tuuletin kopan sisällä /Jäähd. Puh. moottori			
Jäähd. Puh. moottori	672124	JTV1 (0 kpl), REP1 4-F-03-02 (0 kpl)	0
	646032	KYV1 L/2 (1 kpl)	0
	646032	KYV1 L/2 (1 kpl)	0
	646032	KYV1 L/2 (1 kpl)	0
	617952	KYV1 HP4/7-3-3 (1 kpl)	1
	644897	KYV1 H/A5 (1 kpl)	0
	646052	KYV1 L/2 (1 kpl)	0

Moottoreiden taulukkotietojen loppuosiossa on kerrottu mahdolliset lisälaitteet, varamoottorinimike, varastopaikka ja varastopaikan hälytyspiste.



Kuvio 7. Linjan laiteluettelo.

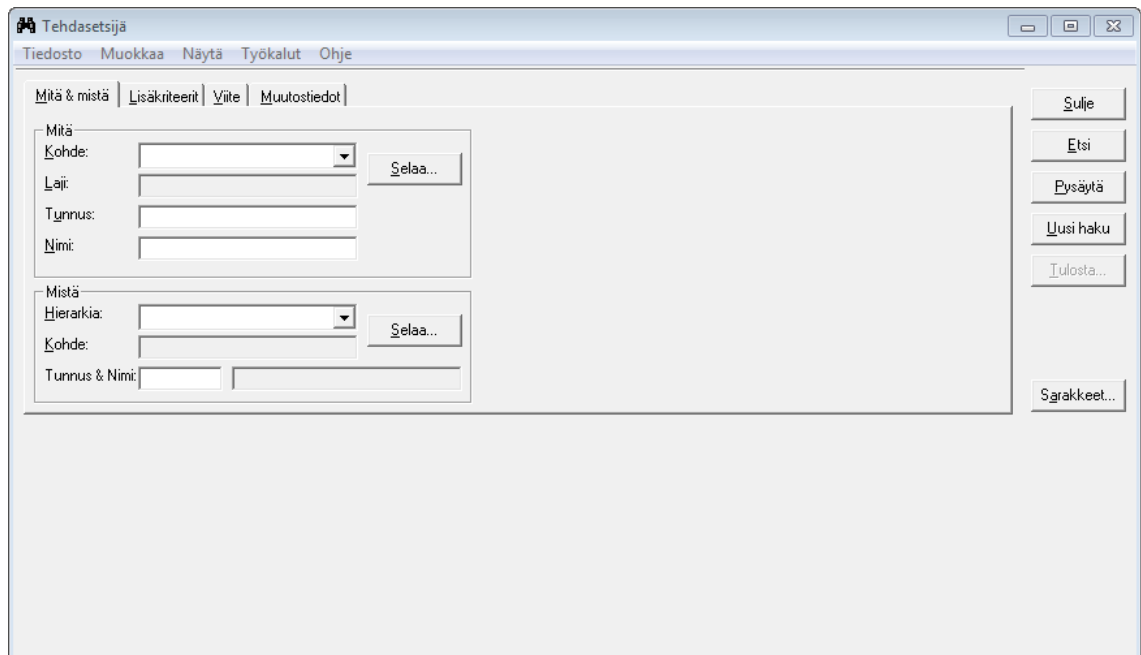


Kuvio 8. Osaluettelo.

### 5.3 Varastokartoitus

Moottoreille tehtiin kenttäkartoitukseen ja taulukoinnin jälkeen varastokartoitus, missä etsittiin Outokummun omasta varastojärjestelmästä varamoottorit käytettäville moottoreille. Outokummun omasta varastosta löytyy melkein kaikki varaosat, joita eri laitoksilla ja linjoilla käytetään, esimerkiksi sähkölaitteet ja mekaaniset laitteet. Osalle moottoreista, jotka oli merkitty linjakohtaisiin osaluetteloihin, löytyi varamoottorit ja varastokoodi. Osalle moottoreista täytyi etsiä varamoottorit,

kun niitä ei löytynyt varastosta varastokoodilla. Kaikille moottoreille ei löytynyt varamoottoria Outokummun omasta varastosta. Kuviossa 23 Outokummun varaosahakujärjestelmän ikkuna. Varaosahakuun voi kirjoittaa suoraan tunnuksen, jos tietää moottorin tavarakoodin, taikka syöttää nimen kohdalla jonkun hakusanan, millä uskoo löytävänsä kyseisen varaosan.



Kuvio 9. Varaosahaku.

#### 5.4 Leikkauslinjoilla käytetyt sähkömoottorit

Leikkauslinjoilla käytetään isoja ja pieniä tasavirtamoottoreita ja paljon myös isoja sekä pieniä oikosulkumoottoreita. Linjojen vetorullissa ja reunaromuleikkureissa käytetään pääsääntöisesti servomoottoreita. Linjojen erilaiset hydraulikkapumput, tuuletukset ja muut oheislaitteet toimivat erikokoisilla oikosulkumoottoreilla. Linjoilla on myös käytössä paljon vaihdelaatikoilla varustettuja moottoreita millä pyöritetään erilaisia kuljettimia, rullaratoja ja romu- ja rullansiirtovaunuja. Kuvassa 12. on yhden linjan kuljetinmoottori. Moottoriin kuuluu valmiiksi vaihdelaatikko ja yleensä jos kyseisen moottori taikka vaihdelaatikko vikaantuvat niin vaihdetaan tilalle kokonaan uusi paketti, joka sisältää moottorin sekä vaihdelaatikon.

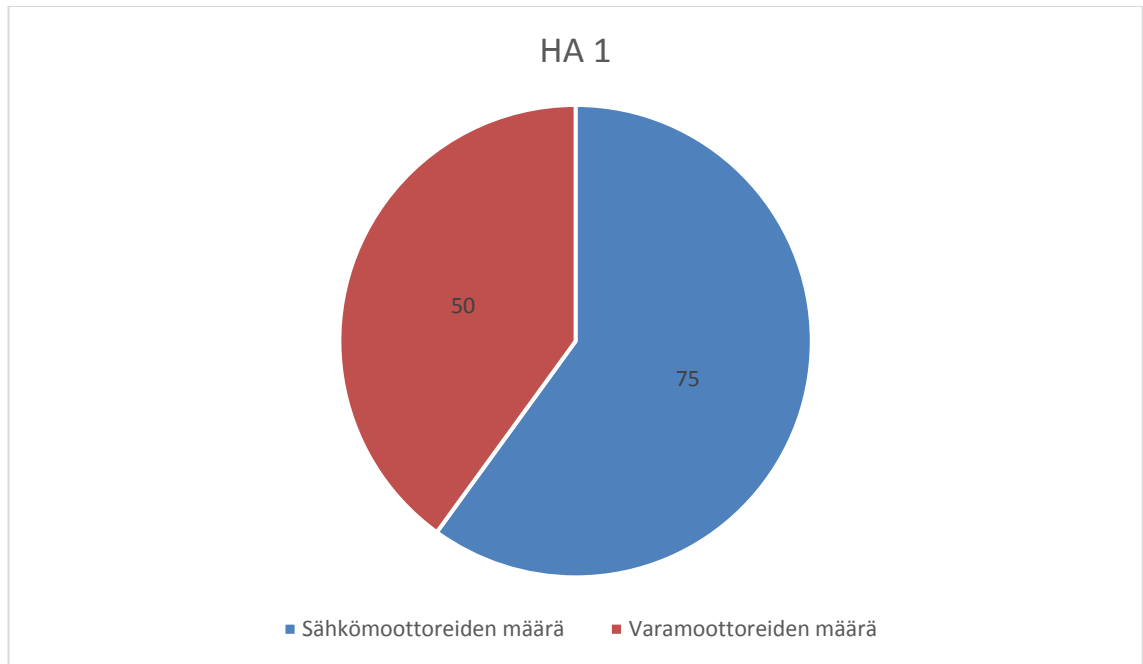


Kuva 12. Kuljetinmoottori.

## 6 TULOSTEN ANALYSOINTI

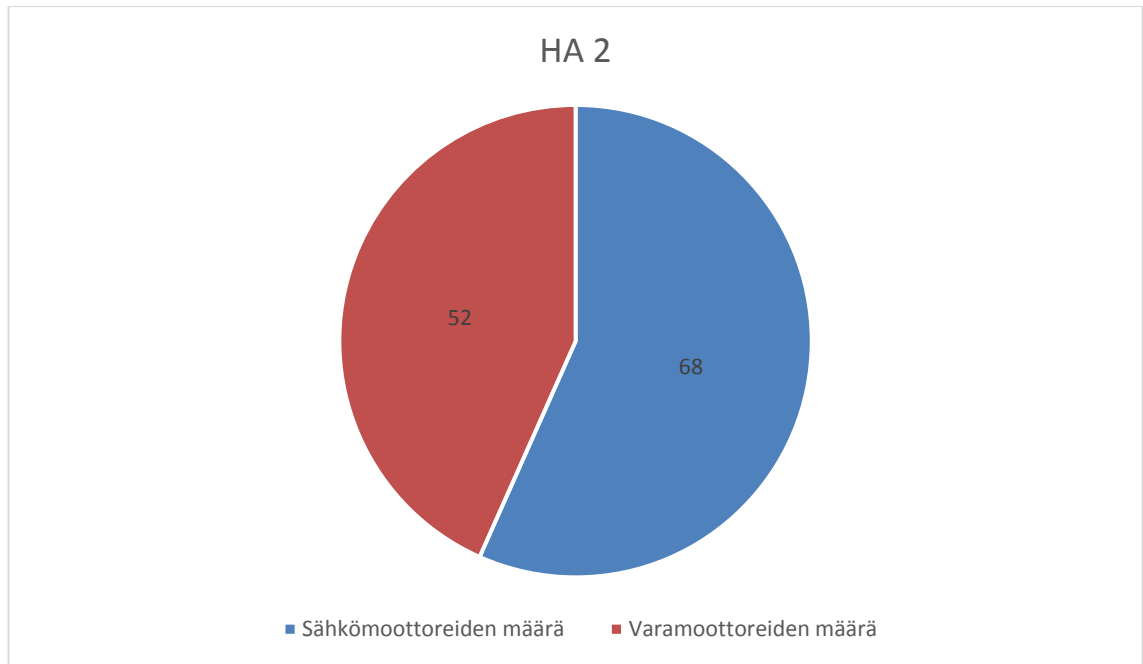
Tuloksena työstä saatiin leikkauslinjojen päivitetty osaluettelot, listat linjoilla käytettävistä moottoreista ja listat mahdollisista varamoottoreista. Kaikkia linjojen sähkömoottoreita ei pystytty kuvaamaan, koska se olisi vaatinut linjan laitteiden osittaista purkamista taikka linjan moottorit olivat sen verran korkealla, että olisi jouduttu rakentamaan telineet mikä olisi haitannut linjojen ajoa. Linjojen moottorimäärät vaihtelivat 75 ja 130 moottorin välillä. Linjoilla oli paljon alkuperäisiä sähkömoottoreita, jotka ovat olleet käytössä linjan toiminnan alusta saakka. Suurimmalle osalle linjan alkuperäisistä moottoreista ei löytynyt varamoottoria suoraan varastojärjestelmästä. Kaikille linjojen suurille kelainmoottoreille ei myöskään löydy varamoottoria Outokummun varastosta. Moottoreiden vikaantuessa linjat pysähtyisivät useiksi tunneiksi, jopa päiviksi. Uuden moottorin hankkiminen tehtaalle ja asentaminen paikalle kestäisi varmasti 2-3 päivää. Paikallaan olevan moottorin korjaukseen lähettäminen kestäisi enemmän kuin 2-3 päivää, että moottori olisi takaisin paikallaan ja käyttökunnossa. Varamoottorin hankkiminen tehtaalle säästäisi loppujenlopuksi kustannuksia, mikäli jokin isoista sähkömoottoreista vikaantuisi. Linjoilla olevien alkuperäisten sähkömoottoreiden päivittäminen tämän päivän sähkömoottoreihin vähentäisi linjojen energian kulutusta huomattavasti. Kuvioissa 25, 26, 27, 28, 39, 30, 31 näkyy linjakohtaiset sähkömoottori ja varamoottorimäärät.

Linjoille olisi hyvä hankkia varamoottorit suurille kelainmoottoreille sekä erilaisille vetorullien moottoreille. Outokummun omista varastoista ei löydy suoraan varamoottoria suurimmalle osalle ja jos jokin moottoreista särkyy, niin moottorin toimituksessa voi kestää jopa pari kuukautta. Linjoilla on paljon alkuperäisiä pieniä vaihteistomoottoreita, joissa vaihteisto sisältyy moottorin tyyppiin. Kyseisille moottoreille ei löydy enää saman tyyppisiä varamoottoreita varastosta eikä myöskään ulkopuolelta, joten niille olisi hyvä alkaa etsimään mahdollisia korvaavia moottorityyppejä.



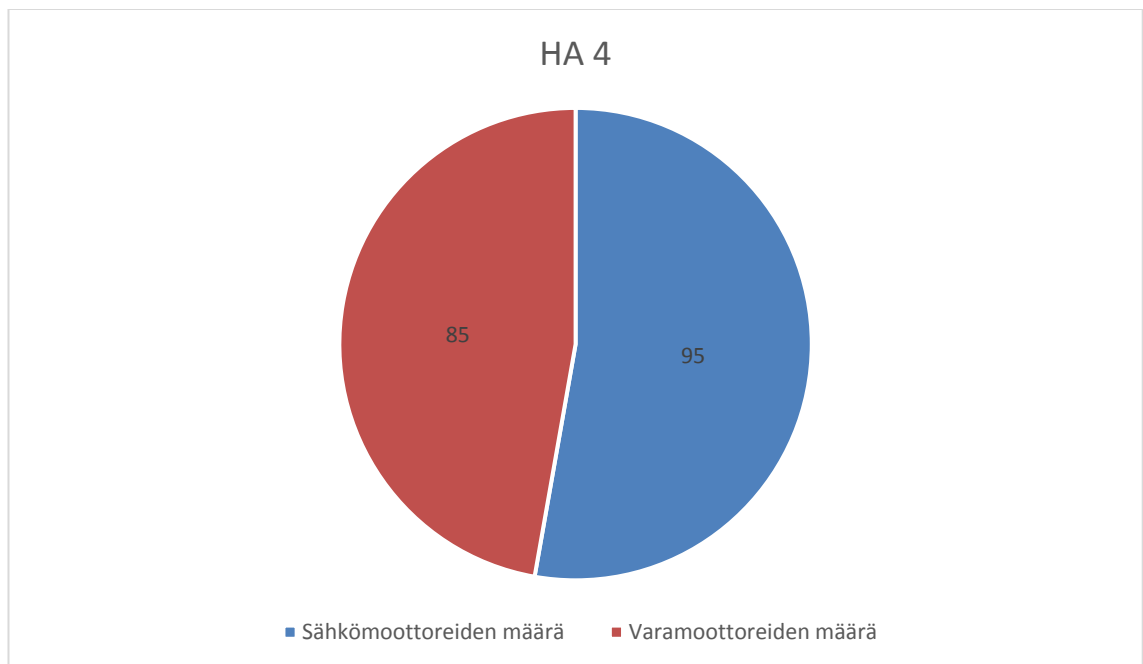
Kuvio 10. Halkaisulinja 1 sähkömoottoreiden ja varamoottoreiden määrä.

Kuviossa 25 näkee, että halkaisulinjalla 1 varamoottoreiden määrä on melko hyvä. Linjalla on käytössä erilaisia vaihteistomoottoreita, mille ei ole hommattua korvaavia moottoreita varastoon.



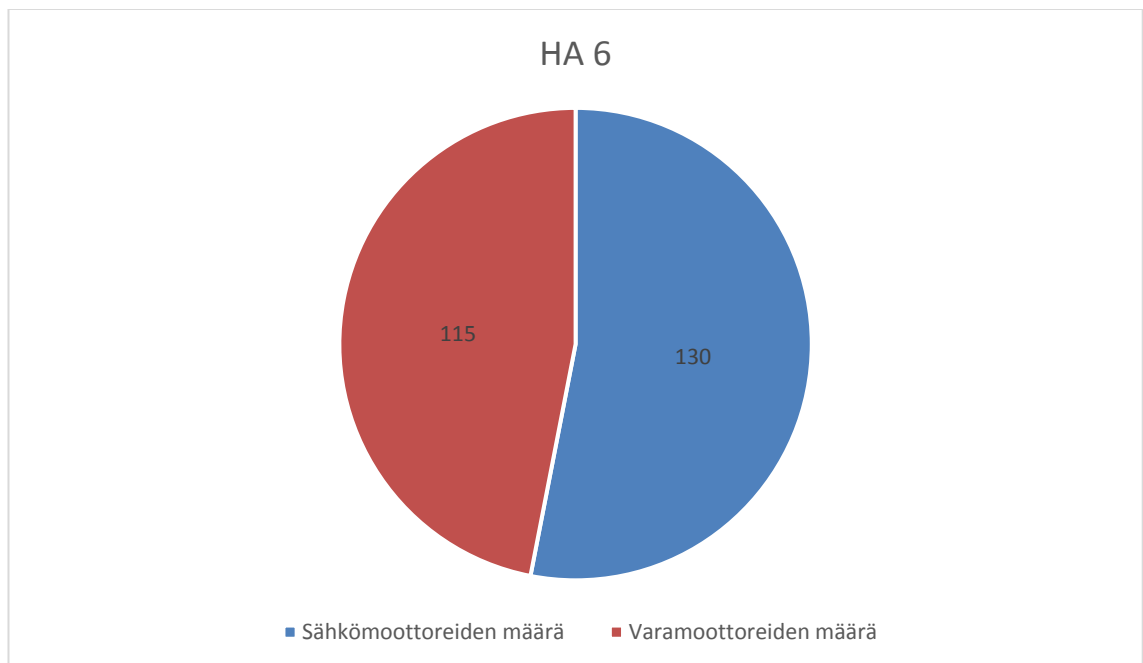
Kuvio 11. Halkaisulinja 2 sähkömoottoreiden ja varamoottoreiden määrät.

Halkaisulinja 2 on päivitetty muutama vuosi sitten, ja linjan moottoreille on tilattu suurimmalle osalle varamoottorit varastoon. käytettävissä olevia moottorityyppejä käytetään paljon myös muilla tehtaan linjoilla ja osastoilla.



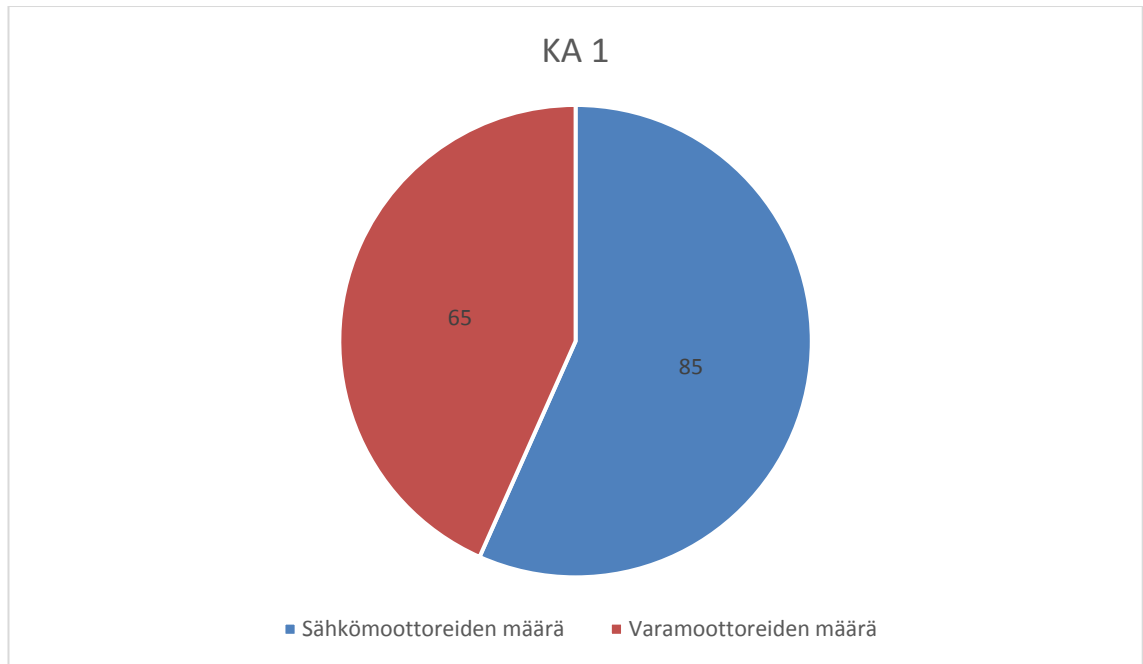
Kuvio 12. Halkaisulinja 4 sähkömoottoreiden ja varamoottoreiden määrät.

Halkaisulinja 4 moottoreille löytyy suurimmalle osalle varamoottorit, mikä on varsin hyvä, jos jokin moottori hajoaa. Suurin osa linjan moottoreista mille ei löydy varamoottoria niin sijaitsee linjan turvaporttijärjestelmissä. Moottoreilla ajetaan erilaisia turvaovien kiinni ja auki. Näille moottoreille ei löydy varastosta varamoottoreita.



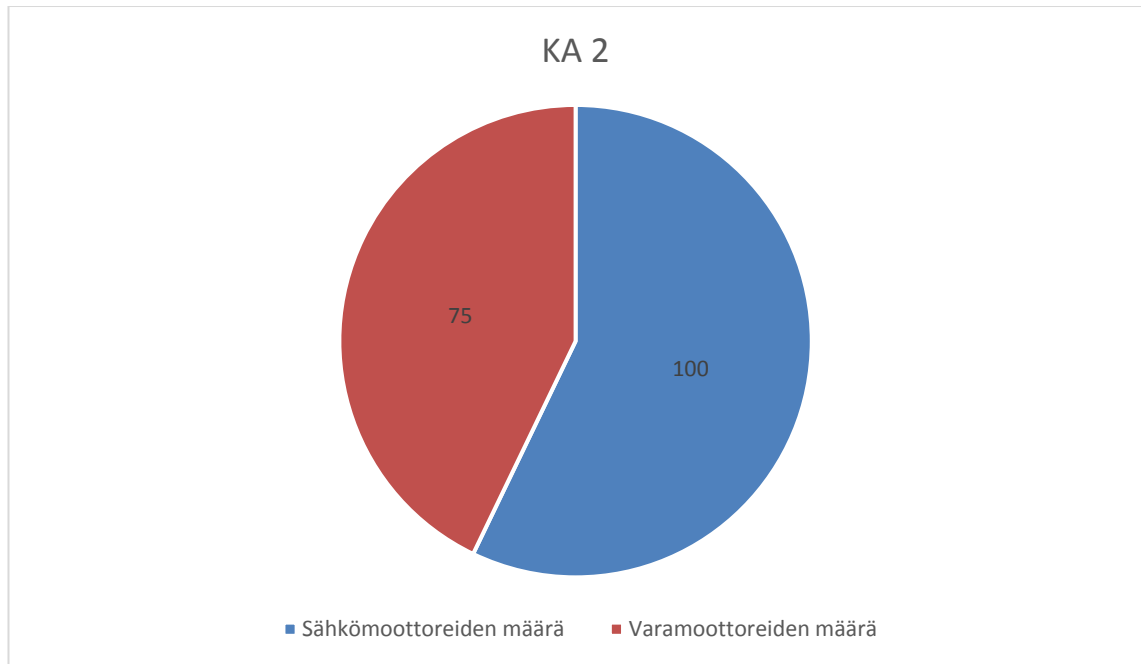
Kuvio 13. Halkaisulinja 6 sähkömoottoreiden ja varamoottoreiden määrä.

Halkaisulinja 6 on melko uusi linja verrattuna muihin linjoihin. Linjalla on paljon käytetty samanlaisia moottoreita ja sen vuoksi suurimmalle osalle linjan moottoreista löytyy varamoottori. Mutta varamoottoreita ei varastossakaan kovin montaa kappaletta ole.



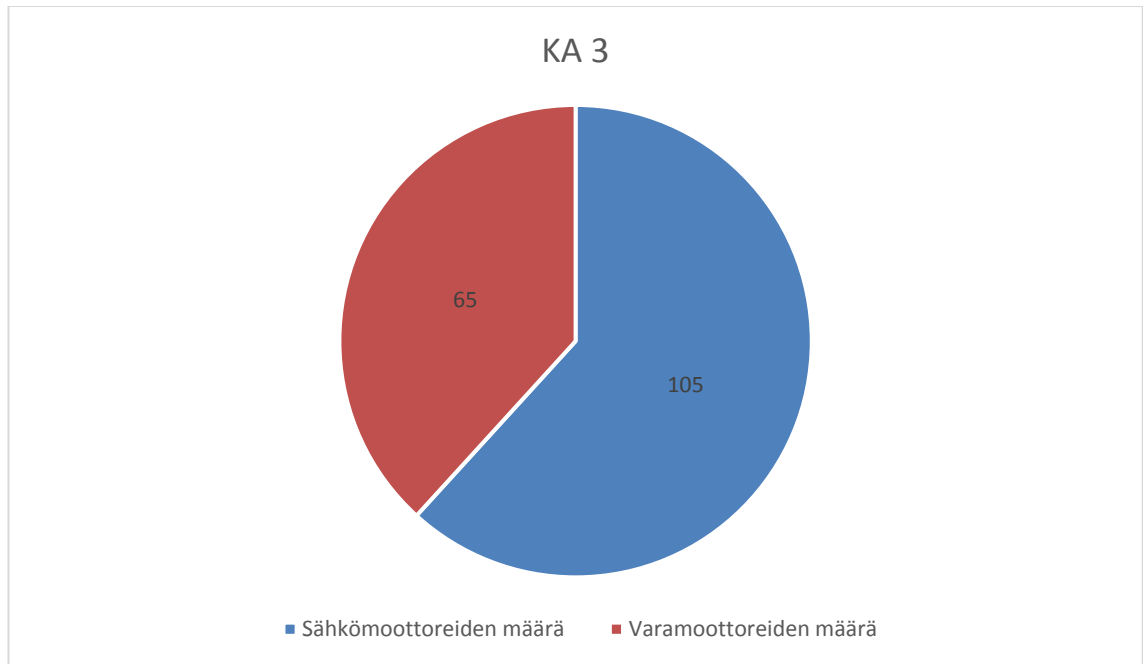
Kuvio 14. Katkaisulinja 1 sähkömoottoreiden ja varamoottoreiden määrä

Katkaisulinjoilla on käytössä paljon alkuperäisiä vaihteistomoottoreita, mille ei enää löydy varamoottoreita varastosta taikka tehtaan ulkopuolelta. Näille moottoreille olisi hyvä alkaa etsimään korvaavia varamoottoreita tämän päivän toimittajilta.



Kuvio 15. Katkaisulinja 2 sähkömoottoreiden ja varamoottoreiden määrä

Katkaisulinjoilla on käytössä paljon alkuperäisiä vaihteistomoottoreita, mille ei enää löydy varamoottoreita varastosta taikka tehtaan ulkopuolelta. Näille moottoreille olisi hyvä alkaa etsimään korvaavia varamoottoreita tämän päivän toimittajilta. Linjalla käytettävissä apulaitteissa on paljon käytössä pieniä moottoreita, joita on tilattu eri toimittajilta, mistä vain on saanut moottorin mahdollisimman nopeasti. Moottoreiden merkit vaihtelevat paljon. Moottoreille ei ole varamoottoreita Outokummun omassa varastojärjestelmässä.



Kuvio 16. Katkaisulinja 3 sähkömoottoreiden ja varamoottoreiden määrä

Katkaisulinjoilla on käytössä paljon alkuperäisiä vaihteistomoottoreita, mille ei enää löydy varamoottoreita varastosta taikka tehtaan ulkopuolelta. Näille moottoreille olisi hyvä alkaa etsimään korvaavia varamoottoreita tämän päivän toimittajilta. Linjalla käytettävissä apulaitteissa on paljon käytössä pieniä moottoreita, joita on tilattu eri toimittajilta, mistä vain on saanut moottorin mahdollisimman nopeasti. Moottoreiden merkit vaihtelevat paljon. Moottoreille ei ole varamoottoreita Outokummun omassa varastojärjestelmässä. Linjalla niputtajassa on käytössä samanlaisia moottoreita noin 15 kappaletta, mikä parantaa varamoottoreiden määrää.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli käydä läpi ja kuvata leikkauslinjoilla käytettävät sähkömoottorit ja tehdä sähkömoottoreille varastokartoitus sekä lisätä linjakoh-taisiin osaluetteloihin puuttuvat sähkömoottorit. Työn tiukka aikataulu, linjoilla ole-vien moottoreiden isohko määrä ja linjoille pääsy tutkimaan sähkömoottoreita tuotti paljon tekemistä lyhyen ajan sisään. Linjoille pääsy tapahtuu vain, jos lin-jalla on pitempi aikainen huoltoseisokki tai jonkin vian korjaaminen. Työssä kui-tenkin onnistuin mielestäni suhteellisen hyvin tiukasta aikataulusta huolimatta.

Sähkömoottoreiden taulukointi ja varamoottoreiden etsiminen vei suurimman osan ajasta työssä. Kuitenkaan kaikille moottoreille ei löytynyt sopivaa varamoot-toria varastojärjestelmästä ja osa linjojen sähkömoottoreista jäi taulukoimasta, koska moottoria ei päässyt kuvaamaan ilman suurempaa purkutyötä taikka telinei-den rakentamista. Taulukkoon voi lisätä jälkikäteen mahdollisen sähkömoottorin tiedot, mitä tässä työssä ei päässyt kuvaamaan. Työstä saa hyvin kuvan, miten osaluettelot ja moottoreiden taulukoinnit auttavat ja nopeuttavat korjaamista mah-dollisessa vikaantumistapauksessa.

Työn aikana tutustuin paljon erilaisiin prosesseissa käytettäviin sähkömoottorei-hin ja niiden lisälaitteisiin. Työtä tehdessä sai hyvin kuvan siitä minkälaisia moot-toreita ja moottoreiden mahdollisia lisälaitteita käytetään erilaisissa prosessin tehtävissä. Sähkömoottoreiden valmistajien tyyppikilvet ja niiden merkintätavat poikkeavat toisistaan jonkin verran, mutta ovat yleensä helposti luettavissa.

Työ oli mielestäni mielenkiintoinen ja se opetti hyvin, miten tehdastyössä erilais-ten laitteiden osaluettelot helpottavat kunnossapitoyötä. Sähkömoottoreiden eri-laisista käyttöratkaisuihin sai monipuolisen kuvan, mitä on hyvä hyödyntää jat-kossakin työelämässä, mikäli on työ sisältää sähkömoottoreita.

## LÄHTEET

ABB 2003. Taajuusmuuttajakäytöt. Viitattu 21.05.2019. [https://www.auser.fi/wp-content/uploads/Taajuusmuuttajakayton\\_vaatimukset.pdf](https://www.auser.fi/wp-content/uploads/Taajuusmuuttajakayton_vaatimukset.pdf)

ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. Luku 17: Moottorit ja generaattorit. Viitattu 03.04.2019 [http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/17\\_Moottorit%20ja%20generaattorit.pdf](http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/17_Moottorit%20ja%20generaattorit.pdf)

FAG 2019. SKF-laakeri. Viitattu 05.04.2019 <http://fi.spainbearings.com/skf-bearing/skf-6316c3-bearing.html>

Finnparttia Oy 2019. Sähkömoottori. Viitattu 28.03.2019 <https://www.finnparttia.fi/SM-30>

Hietalahti, L. 2011. Muuntajat ja sähkökoneet. Tampere: Tammertekniikka.

Hietalahti, L. 2013. Teollisuuden sähkökäytöt. Tampere: Tammertekniikka.

Kinnunen, J. 2014. Moottoreiden hyötysuhteet. Viitattu 03.04.2019 [https://www.lut.fi/documents/10633/333534/Moottoreiden+Hy%C3%B6tysuhteet\\_yleinen\\_Jarno\\_Kinnunen.pdf/1f7fb3af-2475-4b2d-98bf-af4d1580d4dc/](https://www.lut.fi/documents/10633/333534/Moottoreiden+Hy%C3%B6tysuhteet_yleinen_Jarno_Kinnunen.pdf/1f7fb3af-2475-4b2d-98bf-af4d1580d4dc/)

Korpinen, L. 1998. Sähkökoneet osa 1. Sähkövoimatekniikkaopus. Viitattu 23.03.2019 [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/10sahkokooneet\\_1osa.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokooneet_1osa.pdf)

Laakerimyynti 2019. 6003-2Z C3 Laakeri (17x35x10). Viitattu 05.04.2019 <https://www.laakerimyynti.fi/6003-2Z-C3-SKF-Laakeri-17x35x10>

Motiva 2017. Sähkömoottorityypit. Viitattu 28.03.2019 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/nain\\_liikut\\_viisaasti/valitse\\_auto\\_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit)

Moves Oy 2019 Oikosulkumoottoreiden käyttö- ja huolto-ohjeet. Viitattu 21.05.2019 [http://www.moves.fi/web\\_documents/moves\\_moottoreiden\\_k\\_ytt\\_-\\_ja\\_huolto-ohje.pdf](http://www.moves.fi/web_documents/moves_moottoreiden_k_ytt_-_ja_huolto-ohje.pdf)

Outokumpu Oyj 2019a. Outokummun sisäinen internet sivusto. Viitattu 23.03.2019

Outokumpu Oyj 2019b. Tietoa Outokummusta. Viitattu 23.03.2019. <https://www.outokumpu.com/fi-fi>

Sammallahti, K. 2015. Rap5-linjan sähkömoottoreiden kartoitus. Lapin ammattikorkeakoulu. Tekniikka ja Liikenne, Kemi. Opinnäytetyö.

Suomi, P & Leppämäki, M. 2007. Kelainkäytön automatisointi. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma, Tampere. Opinnäytetyö.

Sähkönumerot 2019. Taajuusmuuttaja Vacon NXS. Viitattu 29.5.2019  
[http://www.sahkonumerot.fi/3889611?ws\\_info=false](http://www.sahkonumerot.fi/3889611?ws_info=false)