



Peik Saukonoja

# Tuotantotuntiarviot taajuusmuuttaja- kaappien tilaussuunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

23.3.2026

# Tiivistelmä

Tekijä:	Peik Saukonoja
Otsikko:	Tuotantotuntiarviot taajuusmuuttajakaappien tilaussuunnittelussa
Sivumäärä:	26 sivua
Aika:	23.3.2026
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Automaatiotekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Kimmo Haanpää Suunnittelu päällikkö Ahti Rossi

---

Opinnäytetyössä tutkitaan taajuusmuuttajakaappien tuotantotuntiarvioinnin kehittämismahdollisuuksia ABB Drives-liiketoimintayksikön tilaussuunnittelussa. Työ tehtiin Order-Based Engineering -tiimille, joka vastaa taajuusmuuttajakaappien tilaussuunnittelusta. Order-Based Engineeringin sisällä toimiva pre-engineering-tiimin tehtävänä on selvittää asiakkaiden muutosten toteutettavuus tilausvaiheessa sekä arvioida niistä koituvat lisäkustannukset suunnittelu- ja tuotantotuntityön kohdalla. Työn tavoitteena oli löytää keinoja, joilla tuotantotuntiarviointia voitaisiin yhtenäistää ja helpottaa. Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain yksimoottorikäyttöisiin taajuusmuuttajakaappeihin.

Työssä perehdyttiin nykyisiin pre-engineeringin toimintatapoihin, työkaluihin, sekä tuotannon käyttämiin arviointimenetelmiin taajuusmuuttajakaappien tuotantoajoista. Nykytilaa selvitettiin analysoimalla pre-engineeringin sähköpostiviestiviestintää tekoälyn avulla ja analysoimalla tuotannon keräämää taajuusmuuttajakaappien tuotantotuntiseurantadataa. Lisäksi haastateltiin Pre-engineering-henkilöitä haasteiden kartoittamiseksi sekä tuotannon asentajia ja työnjohtoa tilaussuunniteltujen taajuusmuuttajakaappien haasteista valmistuksen näkökulmasta.

Työn lopputuloksena luotiin pre-engineeringille yleinen tuotantotuntiarviointiohje. Lisäksi luotiin kehitysidea referenssitapausten läpikäymiseen yhdessä tuotannon työnjohton kanssa. Vahvat referenssitapaukset toimivat hyvänä pohjana tulevaisuudessa uusien muutosten tuotantotuntiarvioinnissa.

Avainsanat: taajuusmuuttaja, tilaussuunnittelu

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Peik Saukonoja  
Title: Production hour estimates in order-based design of frequency converter cabinets  
Number of Pages: 26 pages  
Date: 23 March 2026

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Electrical and automation engineering  
Professional Major: Automation engineering  
Supervisors: Kimmo Haanpää, Senior Lecturer  
Ahti Rossi, Design Manager

---

This bachelor's thesis examines the development possibilities of production hour estimation in order-based design of frequency converter cabinets for ABB Drives business unit. The work was commissioned by the Order-Based Engineering team, which is responsible for the order-based design of frequency converter cabinets. The task of the pre-engineering team operating within Order-Based Engineering is to determine the feasibility of customer modifications during the order phase and estimate the resulting additional costs in terms of engineering and production hours. The aim of the thesis was to identify methods to unify and facilitate the estimation of production hours. The focus was on the single drive frequency converter cabinets.

The study explored current pre-engineering working methods and tools, as well as the estimation practices used in production for the frequency converter cabinet production time. The current state was investigated by analyzing pre-engineering email correspondence using AI and by analyzing production hour tracking data collected from frequency converter cabinet manufacturing. In addition, Pre-engineering personnel were interviewed to map challenges, and production assemblers and supervisors were interviewed regarding the manufacturing challenges of order-based designs.

As a result of the work, a general production hour estimation instruction was created for pre-engineering. Furthermore, a development proposal was created for reviewing reference cases in collaboration with production supervisors. Strong reference cases serve as a solid foundation for estimating the production hours of future modifications.

Keywords: frequency converter, Order-Based Engineering

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Taajuusmuuttajakaappien tilaussuunnittelu	2
2.1	ABB:n vaihtovirtataajuusmuuttajavalikoima	2
2.2	Order-Based Engineering (OBE)	7
2.2.1	OBE-kaapit tuotannossa	8
2.3	Pre-engineering	10
3	Tuotantotuntiarviointi tällä hetkellä	12
3.1	Pre-engineering-tuotantotuntiarviointi	12
3.2	Vakiokaappien ja OBE-kaappien tuotantotuntiarviointi	14
3.3	Toteutuneiden tuntien seuraaminen	15
4	Työn rajaus	16
5	Työssä käytetyt tutkimusmenetelmät	17
6	Pre-engineeringin tuotantotuntiarvioinnin kehitysmahdollisuudet	18
6.1	Tuotannon tuntiseurantadatan hyödyntäminen	18
6.2	Tuotannon konsultointi tuotantotuntiarvioinnissa	19
6.3	Pre-engineering-sähköpostikansion analysointi	20
7	Toimet ja kehitysehdotukset	23
8	Yhteenveto	25
	Lähteet	26

## **Lyhenteet**

OBE: Order-Based Engineering. ABB Drives yksikössä toimiva tilaussuunnittelutiimi.

# 1 Johdanto

Tilaussuunnittelulla tarkoitetaan asiakkaan tilauksen perusteella tehtyä suunnittelua. Taajuusmuuttajakaappien kontekstissa se tarkoittaa taajuusmuuttajakaappien suunnittelua eli räätälöintiä asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Räätälöinti voi olla esimerkiksi lisäsähkökomponentin lisäämistä taajuusmuuttajakaappiin. Tilaussuunnittelusta syntyvät kustannukset muodostuvat suunnittelu- ja tuotantotyöstä sekä komponenttien hinnasta. Koska tilaussuunnittelusta aiheutuvat kustannukset voivat olla merkittävä osa tilauksen kokonaisarvosta, on sen tarkka hinnoittelu tärkeää tarjousvaiheen kilpailukyvyyn sekä projektin kannattavuuden kannalta.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, miten taajuusmuuttajakaappien tilaussuunnittelun tuotantotuntien arvioimista voitaisiin kehittää. Tavoitteena on löytää arviointiprosessista alueita, joita parantamalla tuotantotuntiarviointia voitaisiin helpottaa sekä yhtenäistää toimintatapoja. Työssä keskitytään vain yksimoottori-käyttöisiin taajuusmuuttajakaappeihin.

Opinnäytetyö tehtiin ABB:n Drives-liiketoimintalinjan Order-Based Engineering -tiimille. ABB Oy on sähköistymisen ja automaation alalla toimiva suuri teknologiayritys, jonka liikevaihto oli 32,9 miljardia USD ja työntekijöitä yli 110 000 maailmanlaajuisesti vuonna 2024. [1,2.]

Opinnäytetyö alkaa esittelemällä luvussa 2 ABB:n taajuusmuuttajakaappien tilaussuunnittelun ja Order-Based Engineering -tiimin toiminnan. Luvussa 3 perehdytään nykyiseen tuotantotuntiarviointiin ja miten se eroaa tilaussuunnittelun ja tuotannon välillä sekä miten tuotantotunteja seurataan. Luvussa 4 esitetään tarkemmin työn tavoitteet ja luvussa 5 työssä käytetyt tutkimusmenetelmät. Luvussa 6 käydään läpi, miten tuotantotuntiarvioinnin kehittämismahdollisuuksia tutkittiin, analysoitiin ja kerrotaan lopputuloksista. Lopuksi luvussa 7 esitetään opinnäytetyön pohjalta tehdyt toimet ja ehdotetut kehitysideat.

## 2 Taajuusmuuttajakaappien tilaussuunnittelu

Kappaleessa alustetaan ABB:n taajuusmuuttaja tarjontaa, ja miten Order-Based Engineering -tiimi toteuttaa tilaussuunnittelua. Luvun tarkoituksena on selvittää mihin opinnäytetyössä keskitytään.

### 2.1 ABB:n vaihtovirtataajuusmuuttajavalikoima

ABB:n valmistamat vaihtovirtataajuusmuuttajat on jaettu kahteen kategoriaan: pienjännite sekä keskijännite. Pienjännitetaajuusmuuttajat kattavat teholuokat 0,18 kW:sta aina 5600 kW:hen asti. Keskijännitetaajuusmuuttajat kattavat teholuokat aina 200 kW:sta 150 MW:hen asti. Kategorisointi pienjännitetaajuusmuuttajavalikoiman sisällä on edelleen jaettu yleis-, koneisto-, teollisuus-, HVACR-, vesi- ja jätevesi-, servo- ja legacy taajuusmuuttajiin. ABB:n pienjännitetaajuusmuuttajat ovat malliltaan joko moduulimallisia tai kaappimallisia ja keskijännitemuuttajat ainoastaan kaappimallisia. [3.]

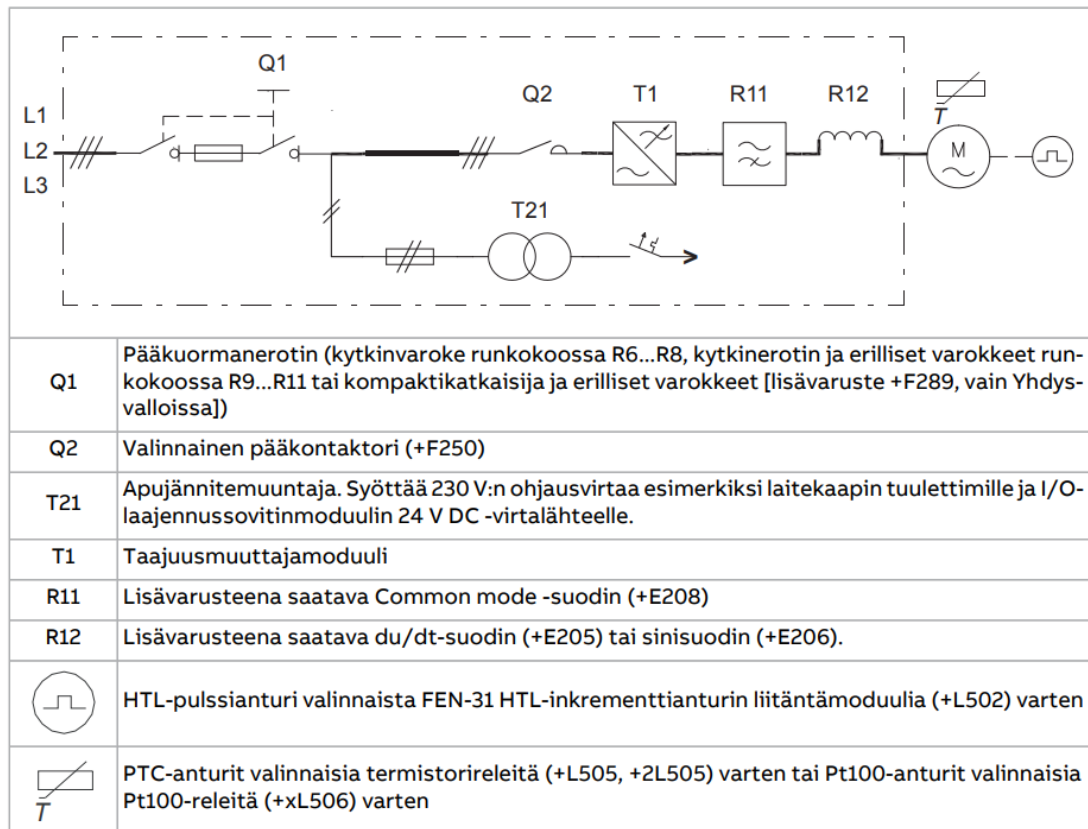
Moduulimalliset taajuusmuuttajat ovat kompakteja kokonaisuuksia, joissa moni toiminto on integroitu osaksi moduulia, esimerkiksi ohjauspaneeli. Ne tarjoavat käyttäjälle vapaat kädet lisätä taajuusmuuttajamoduuli osaksi omaa järjestelmää tai asentaa omaan kaappiin, jopa useamman moduulin vierekkäin. Kuvassa 1 näkyy moduulimallinen ACS180 taajuusmuuttaja ja sen ohjauspaneeli. [4.]



Kuva 1. ACS180 pienjännite taajuusmuuttajamoduuli. [4.]

Kaappimallisella taajuusmuuttajalla tarkoitetaan kaappia, johon on asennettu taajuusmuuttajamoduuli tai -moduulit, mutta sisältää myös muita oleellisia komponentteja, kuten pääkytkimen ja suojalaitteita. Kuvassa 2 on esitetty ACS880-07 taajuusmuuttajakaapin piirikaavio, jossa on havainnollistettu kaappimallisen taajuusmuuttajan mahdollisia osia ja komponentteja. [3.]

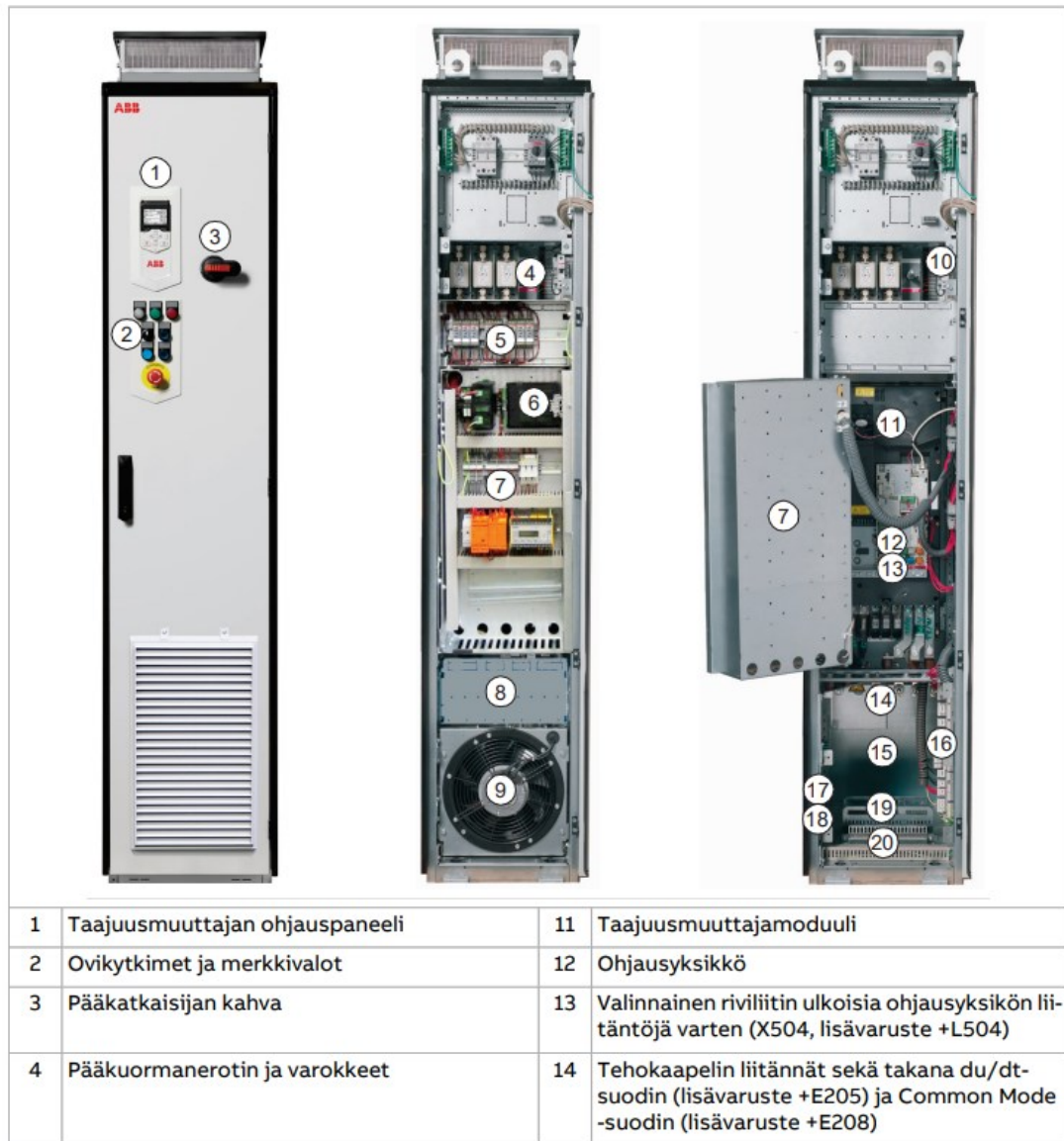
## ■ Taajuusmuuttajan piirikaavio



Kuva 2. ACS880-07 taajuusmuuttajan piirikaavio. [5.]

Kaappimalliset taajuusmuuttajat tarjoavat käyttäjälle nopean käyttöönoton, eikä kaapin suunnittelusta, komponenttien valinnasta eikä kokoonpanosta tarvitse huolehtia itse. Käyttäjä voi myös itse lisätä omia komponentteja taajuusmuuttajakaappiin oman käyttösovelluksensa tarpeiden mukaan.

Kaappimallisia taajuusmuuttajia on yksimoottorikäyttöisiä (single drive) sekä monimoottorikäyttöisiä (multidrive). Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain yksimoottorikäyttöisiin taajuusmuuttajakaappeihin. Kaapin runkokoko riippuu kaappiin asennetun taajuusmuuttajamoduulin koosta ja lukumäärästä. Kuvassa 3 näkyy ACS880-07 taajuusmuuttajakaapin runkokoko R6. [6.]



Kuva 3. ACS880-07 taajuusmuuttajakaappi runkokoolla R6. [5.]

Kaappimallista taajuusmuuttajaa tilattaessa on asiakkaalla mahdollisuus valikoida lukuisista lisävarustekoodista juuri omaan käyttöön sopiva kokonaisuus. Lisävarustekoodit ja niiden tekniset kuvaukset löytyvät laiteoppaista. Mikäli lisävarustekoodit eivät kata kaikkia asiakkaan haluamia ominaisuuksia, on asiakkaalla mahdollisuus räätälöidä kaappi tilaussuunnittelun kautta vapaamuotoisemmin. Kaappimallisen taajuusmuuttajan tyyppikilpeen ja dokumentteihin merkitään sen tyyppikoodi. Tyyppikoodi kertoo taajuusmuuttajan tuotesarjan, taajuusmuuttajan perusmallin, nimellisvirran, jännitealueen sekä valitut lisävarustekoodit. Alla esimerkki tyyppikoodista:

ACS880-07-0505A-3+B054+E200+E208+F250+K492+L501+P902+Q951

Alkuosa ACS880 on taajuusmuuttaja tuotesarja, ACS880-07 taajuusmuuttajan perusmalli, -0505A laitteen nimellisvirta, -3 Laitteen jännitealue ja +B054+E200+E208+F250+K492+L501+P902+Q951 ovat valitut lisävarustekoodit. Kuvassa 4 näkyy tyyppikoodiselityksen lisäksi muutama lisävarustekoodi. [5.]

Koodi	Kuvaus
ACS880	Tuotesarja
07	Vakiotoimitukseen sisältyy laitekaappiin asennettu taajuusmuuttaja (IP22, UL Type 1), pääkuormanerotin (kytkinvaroke, jossa aR-sulakkeet), ACS-AP-W-Assistant-ohjauspaneeli Bluetooth-liitännällä, ei EMC-suodinta, sisäänrakennettu tulo DC-kuristin (runkokoot R6...R9), sisäänrakennettu tulo AC-kuristin (runkokoot R10 ja R11), lakatut piirikortit, ACS880-perusohjausohjelma, Safe torque off -toiminto, kaapelointi sisään ja ulos alakautta, monikielinen laitetarra sekä USB-muistilaite, joka sisältää piirikaaviot ja kaikki oppaat. Lisätietoja lisävarusteista on kohdassa Lisävarustekoodit (sivu 56).
<b>Koko</b>	
xxxx	Katso Sähköiset nimellisarvot (sivu 203).
<b>Jännitealue</b>	
3	380...415 V. Ilmoitetaan tyyppikilvessä tyypillisenä syöttöjännitetasona 3~400 V AC.
5	380...500 V. Ilmoitetaan tyyppikilvessä tyypillisenä syöttöjännitetasona 3~400/480/500 V AC.
7	525...690 V. Ilmoitetaan tyyppikilvessä tyypillisenä syöttöjännitetasona 3~525/600/690 V AC.

#### ■ Lisävarustekoodit

Koodi	Kuvaus
B054	IP42 (UL-tyyppi 1, suodatettu)
B055	IP54 (UL-tyyppi 12)
C121	Laivakäyttö. Katso kohta Laivakäyttö (lisävaruste +C121) (sivu 46).
C128	Ilman sisään-tulo kaapin pohjan kautta. Katso kohta Ilman sisäänottoaukko laitekaapin pohjassa (lisävaruste +C128) (sivu 80).

Kuva 4. Kuvaus ACS880-07 taajuusmuuttajakaapin tyyppikoodista ja neljästä lisävarustekoodista. [5.]

Asiakas voi tilausvaiheessa valita lisävarustekoodin +P902, jolla mahdollistetaan taajuusmuuttajakaapin asiakkaan tarpeita vastaava räätälöinti tilaussuunnittelun kautta. Räätälöinti voi olla esimerkiksi verkkoanalysointin lisääminen kaapin oveen (kuva 5), jota ei ole saatavilla muilla lisävarustekoodeilla.



Kuva 5. Verkkoanalysointilaite M4M asennettuna oikealla taajuusmuuttajakaapin oveen.

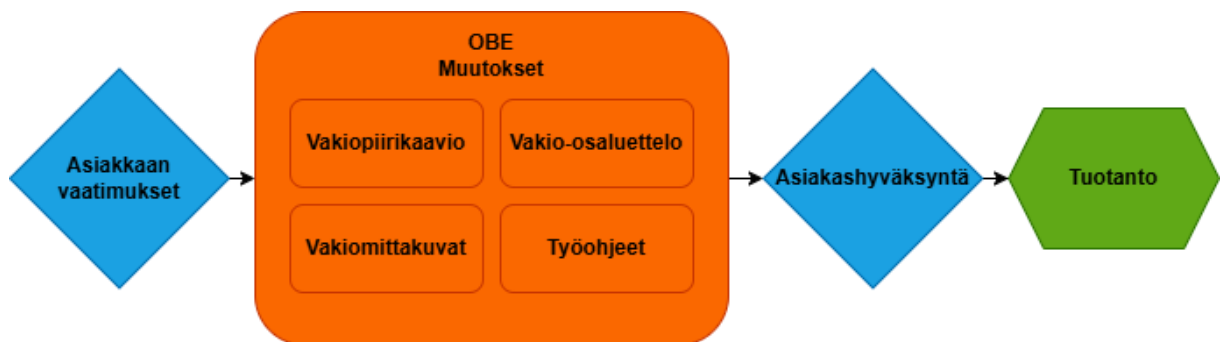
## 2.2 Order-Based Engineering (OBE)

ABB:llä taajuusmuuttajakaappien tilaussuunnittelusta vastaa tilaussuunnittelu-yksikkö, OBE (engl. Order-Based Engineering), jonka vastuulla on suunnitella +P902 lisävarustekoodin alaiset asiakkaan haluamat muutokset vakiokaappikonaisuuksiin. Nämä taajuusmuuttajakaappiin tehtävät muutokset voivat olla pieniä tai suuria ja vaikuttaa vain lisättäviin sähkökomponentteihin tai mekaanisesti kaapin rakenteeseen.

OBE on mukana eri vaiheissa tilaus-toimitusprosessissa, ja muutosten toteuttaminen vaatii tiivistä yhteistyötä monien sidosryhmien välillä kuten myynnin, tuotetehtävien sekä tuotannon kanssa. OBE:n kautta tulleita tilauksia kutsutaan projekteiksi, ja niitä hoitaa pääosin OBE-suunnittelijat, jotka tarpeen vaatiessa pyytävät mekaniikkasuunnittelijoilta mekaanisten osien suunnittelua muutoksen toteuttamista varten.

Tyypillisen OBE-projektin suunnittelu alkaa vakiokaapilla, ilman +P902 lisävarustekoodilla olevalla tyyppikoodilla. Vakiokaapin piirikaavioihin sekä mittakuviin tehdään tilauksen mukaisesti tarvittavat muutokset, ja tarvittavat osat päivitetään osaluetteloon. Tehdyt muutokset piirikaavioihin ja mittakuviin tulee hyväksyttää asiakkaalla, ennen kuin kaapin tuotanto voidaan aloittaa.

OBE-suunnittelijan vastuulla on myös työohjeiden tekeminen tuotannolle. Jokaiselle projektille tehdään kirjallinen työohje tehdyistä muutoksista vakiokaappiin nähden ja vaadittavista toimenpiteistä, kuten tehtyjen muutosten oikeanlaisesta koestamisesta. Suuremmissa tai vaativissa muutoksissa voidaan kirjallisen työohjeen lisäksi lisätä muita hyödyllisiä dokumentteja tai esimerkiksi havainnollistava kuva taajuusmuuttajakaapin 3D mallista uuden komponentin asennuspai- kasta uudella asennuslevyllä. OBE-prosessikaavio esitetty yksinkertaistettuna kuvassa 6.



Kuva 6. OBE:n yksinkertaistettu prosessikaavio, joka kuvaa toimintaketjun asiakkaan vaatimuksista tuotannon aloitukseen.

### 2.2.1 OBE-kaapit tuotannossa

Vakiokaappien valmistamista on pyritty virtaviivaistamaan lisävarusteista huolimatta ja ne valmistetaan aina samalla tavalla työohjeita noudattaen. Tätä on helpotettu entisestään esimerkiksi johtosarjoja käyttämällä. Johtosarjat ovat valmiita, useista johtimista koottuja kokonaisuuksia, joissa saman tai viereisten komponenttien johtimet ovat mitoitettu sekä niputettu yhteen, ja ne sisältävät johdot, liittimet, liitännämerkinnät sekä mahdolliset suojasukat. OBE-kaappien

valmistamisessa vakiokaappien työohjeita ei voida aina täysin noudattaa, joka hidastaa niiden kokoonpanemista. [7.]

Yksi eniten lisätyötä tuottava asia on juuri johdotus OBE-kaapeissa verrattuna vakiokaappeihin. Tuotannossa asentajien pitää tutkia piirikaavioihin tehtyjä muutoksia tarkkaan ja näiden perusteella leikata sekä sukittaa johdot kelalta OBE-muutoksia varten. Joissain tapauksissa olemassa olevia johtosettejä voidaan kuitenkin hyödyntää osittain myös OBE-johdotuksissa. Tästä syystä suunnitteluvaiheessa OBE-suunnittelijan tulee harkita, mihin sijoittaa uusia komponentteja tai riviliittimiä ja mitä kautta johdotus on järkevintä toteuttaa asentajien kannalta.

Osa vakiokaapeista on toteutettu erittäin kompaktiksi, ja ne sisältävät irrotettavia asennuspeltejä, jonka takia plug-in-liittimiä käytetään paljon. Tämä vaatii suunnittelulta tarkkaavaisuutta, jotta komponentit osataan sijoittaa järkevään kohtaan irrotettavat asennuspellit ja plug-in-liittimet huomioiden.

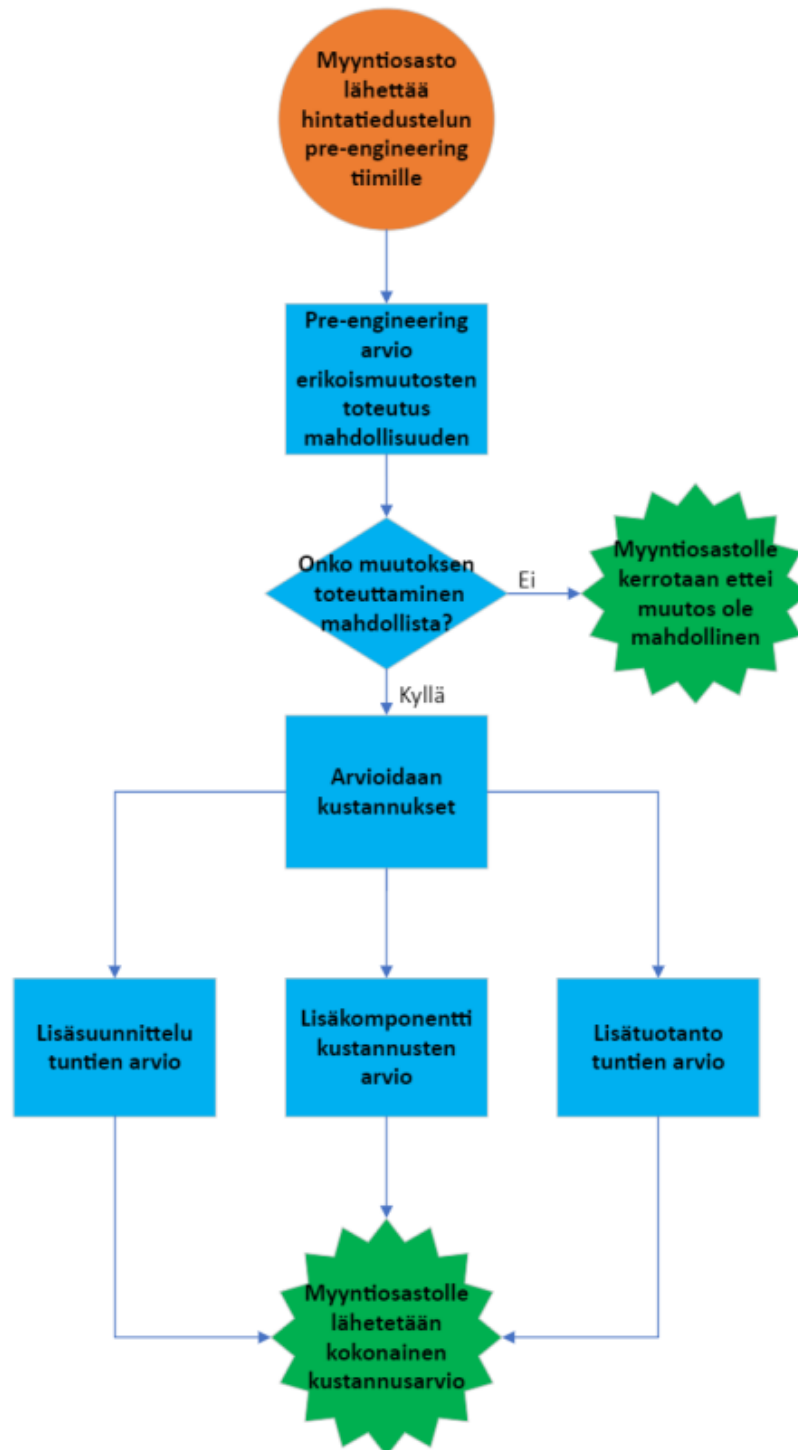
Mekaaniset muutokset, kuten esimerkiksi tulo- tai lähtöterminaalien korkeuden muuttaminen tuottaa myös asentajille lisää työtä. Mekaniikkasuunnittelija tekee suunnitteluvaiheessa erillisen asennuskuvan muutoksesta, ja asentajien pitää sen perusteella pystyä toteuttamaan kaapin kokoonpaneminen.

OBE:n antamien työohjeiden tulisi olla tarpeeksi selkeät asentajille, jotta niiden perusteella kokoonpaneminen olisi mahdollisimman helppoa. OBE:lla on käytössä työohjepohja, joka yhtenäistää ohjeistuksen antamista. Mikäli asentaja huomaa virheen piirikaavioissa, työohjeissa tai muissa dokumenteissa, on olemassa kanava, jonka kautta viesti välitetään OBE-suunnittelijalle ja virhe korjataan. Näiden virheiden minimoiminen on tärkeää ja vaatii erityistä tarkkaavaisuutta OBE:lta suunnitteluvaiheessa, sillä suuret virheet voivat pahimmillaan viivästyttää toimitusaikaa.

## 2.3 Pre-engineering

Pre-engineering on OBE:n sisällä toimivaa tiimi, jota myyjät voivat konsultoida taajuusmuuttajakaappien tilausvaiheessa asiakkaalta tulleiden vaatimusten kanssa liittyen tilaussuunnitteluun. Osa OBE-suunnittelijoista toimivat pre-engineering-vuorossa, ja he neuvovat sekä selvittävät teknisten toteutusten mahdollisuuksia asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Viestittely toteutetaan yhteisen pre-engineering-sähköpostikanavan välityksellä. Mikäli muutos vaatii mekaanista muutosta, konsultoidaan myös mekaniikkasuunnittelijoita, sekä tarvittaessa tuotekehitystä.

Pre-engineering-henkilöiden tehtävänä on myös antaa muutoksesta koituvat suunnittelu- ja tuotantotuntiarviot sekä komponenttikustannukset. Koska Pre-engineering-henkilö on myös itse OBE-suunnittelija, on suunnitteluun kuuluva tuntiarvio helpompi antaa kuin tuotantotuntiarvio. Tuotantotuntien oikeanmukainen arviointi on hankalaa, sillä OBE-suunnittelijat eivät itse kokoonpane taajuusmuuttajakaappeja. Kuvassa 7 esitetty prosessikaavio havainnollistaa tyypillistä myyjän tiedustelua asiakasvaatimustapauksessa pre-engineeringin näkökulmasta. [8.]



Kuva 7. Tyypillinen myyjän ja pre-engineeringin välinen yhteydenotto. [8.]

Opinnäytetyön rajauksen puitteissa pre-engineeringillä tästedes viitataan vain single drive -puolen pre-engineeringiin, sillä se eroaa multidrive -puolen toiminnasta huomattavasti.

### 3 Tuotantotuntiarviointi tällä hetkellä

Tässä luvussa syvennytään siihen, miten pre-engineering muodostaa omat tuotantotuntiarviointinsa ja siihen, miten tuotantotuntiarviointi toteutetaan tuotannossa. Luvussa kerrotaan myös, miten taajuusmuuttajakaappien tuotantotuntiseurantaa toteutetaan. Syventymällä aiheeseen lukijalle syntyy parempi ymmärrys, mistä syistä arviointi on hankalaa niin pre-engineeringille kuin tuotannolle.

#### 3.1 Pre-engineering-tuotantotuntiarviointi

Tuntiarviointi pre-engineering-vaiheessa niin suunnittelun kuin tuotannon osalta perustuu suunnittelijan antamiin arvioihin, eikä puhtaasti dataan. Käytössä ei myöskään ole selkeitä ohjeita, miten tuntiarviointi annetaan, mutta tiettyjä apuvälineitä on olemassa tuntiarvioinnin tueksi.

Apuvälineitä tuntiarvointiin ovat pre-engineering-sähköpostista vanhojen tai samantyyppisten tapauksien etsiminen ja niiden hyödyntäminen, OBE Pricing Toolin käyttäminen tai tuotantotuntiarviointityökalun käyttäminen. OBE Pricing Tool on pre-engineeringin käyttöön tehty Excel-työkalu, johon pre-engineering on pyrkinyt kokoamaan myyjiltä tulevia toistuvia muutoskysymyksiä ja niihin annettuja vastauksia artikkeleiksi. Artikkelin kokoaa tietyn muutoksen osien hinnat, suunnittelu- ja tuotantotuntiarviot sekä tarpeelliset tekniset dokumentit. Kuvassa 8 näkyy OBE Pricing Toolin artikkelinäköymä. [7.]

Article Information ×

<p><b>General</b></p> <p>ID: ART-00045</p> <p>Created on: 5.2.2024</p> <p>Created by: Pyyri Korhonen</p> <p>Revision: 1</p> <p>Last updated on: 05.02.2024</p> <p>Last updated by: Pyyri Korhonen</p> <hr/> <p><b>Cabinet Information</b></p> <p>Type: <input type="text"/></p> <p><a href="#">Edit</a></p> <p>Current-voltage: <input type="text"/></p> <p>Cubicle: <input type="text"/></p> <p><a href="#">Edit</a></p> <p>Cubicle width: <input type="text"/></p> <p>Option notes: <input type="text"/></p> <hr/> <p><b>Cost Information</b></p> <p>Electrical engineering hours for one nos: <input type="text"/></p> <p>Production hours for one unit: <input type="text"/></p> <p>Mechanical engineering hours for initial order: <input type="text"/></p> <p><b>PPC price:</b> <input type="text"/></p> <p>PPC update date: <input type="text"/></p>	<p><b>Article Information</b></p> <p>Description: <input type="text"/></p> <p>Tags: <input type="text"/></p> <hr/> <p>Comments: <input type="text"/></p> <hr/> <p>MRP codes: <input type="text"/></p> <p><a href="#">Edit MRP code list</a></p> <p><a href="#">Copy MRP code to clipboard</a></p> <hr/> <p><b>Related to:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Cubicle</p> <p><input type="checkbox"/> Component</p> <p><input type="checkbox"/> Component with some extra parts</p> <p><input type="checkbox"/> Standard option from different cabinet size</p> <hr/> <p><b>See pricings where this article is used</b></p> <p><b>Bring component list pricings</b></p> <p><b>Add this article to Shopping cart</b></p> <hr/> <p><b>Open article folder</b></p> <p><b>Update component list pricings</b></p> <p><b>Read next line</b></p> <hr/> <p><b>Open list of AE Mechanical designs</b></p> <p><b>Edit current components list</b></p> <p><b>Read previous line</b></p> <hr/> <p><b>Save without creating a new revision</b></p> <p><b>Save changes and create new revision</b></p> <p><b>Read line</b></p>	<p><b>Attachments</b></p> <div style="border: 1px solid gray; height: 100px;"></div> <p><a href="#">Open selected</a></p> <p><a href="#">Open attachments folder</a></p> <hr/> <p>Selected line: <input type="text" value="43"/></p>
---	--	--

Kuva 8. OBE Pricing Toolin artikkelinäkömä. [8.]

Tuotantotuntiarviointityökalu on sisäinen työkalu, johon voi syöttää taajuusmuuttajakaapin tyyppikoodin. Työkalu antaa kaapin perusosa- sekä lisävarustekohdattaiset tuotantotuntiarviot. Näitä tuotantotuntiarvioita voi tietyissä tapauksissa käyttää hyväksi myös pre-engineeringissä, jos asiakkaan vaatima ominaisuus on lähellä jotain lisävarustekoodin toteutusta.

Esimerkiksi lisävarustekoodilla +H359 kaappiin lisätään moottorilähtökenttä, jonka kuvaus näkyy kuvassa 9. Se ei ole vakiona saatavilla kaikkiin taajuusmuuttajakaappeihin runko- tai virtaluokkarajoitusten takia. Tuotantotuntiarviointityökalulla saa kuitenkin suuntaa antavan tuotantotuntiarvion optiokoodille +H359, jota voi soveltaa tapaukseen, jossa moottorilähtökenttä lisätään tilaus-suunnittelun kautta. [9.]

#### ■ Moottorilähtökenttä (lisävaruste +H359)

Normaalisti jokainen vaihtosuuntaajamoduuli on kytkettävä moottoriin omalla kaapelilla. Tämä lisävaruste sisältää lähtökentän, jossa on yhteinen liitäntäsarja moottorikaapeleille.

Kentän leveys ja liitäntöjen koko vaihtelevat taajuusmuuttajan nimellistehon mukaan.

Huomaa, että tämä lisävaruste ei ole käytettävissä lisävarusteen +E206 (sinisuotimet) kanssa, koska tällöin moottorikaapelit kytketään sinisuotimen kenttään.

Kuva 9. Lisävarustekoodi +H359 eli moottorilähtökenttä ASC880-37-taajuusmuuttajakaapille. [9.]

### 3.2 Vakiokaappien ja OBE-kaappien tuotantotuntiarviointi

Tuotannonsuunnittelu perustaa vakiokaappien tuotantotuntiarvioinnin perusmallin, virtaluokan ja lisävarustekoodien pohjalta. Koska mahdollisia kombinaatioita on erittäin paljon, on tähän tarkoitukseen tehty työkalu, joka pystyy käsittelemään tuhansia sääntöjä ja erittelee vastauksessaan työvaihekohtaisesti tuotantotuntiarviot. Näitä sääntöjä pyritään päivittämään aika-ajoin, jotta arviointia pysyttäisiin saamaan yhä lähemmäs toteutuneita tunteja.

Joissain tapauksissa kahden tietyn lisävarustekoodin sisällyttäminen yhtä aikaa vie suhteessa enemmän aikaa kuin niiden yhteenlaskettu aika erillään. Esimerkkinä vakiokaappi, jonka tyyppikoodi on *ACS880-07-0503A-03+B054+C201*. Lisävarustekoodi *B054* voisi tuoda ainoana lisävarustekoodina 5 tuntia lisää työtä ja lisävarustekoodi *C201* voisi tuoda 8 tuntia lisää työtä ainoana lisävarustekoodina. Yhdessä *B054+C201* voisivat tuoda 16 tuntia lisää työtä.

OBE-kaapeille on tuotannonsuunnittelulla käytössä lähes samanlainen työkalu, mutta säännöt eroavat hieman verrattuna vakiokaappeihin. Karkeasti sanottuna OBE-kaapeissa on noin 15 % lisä tuotantotuntiarvioinneissa. Koska OBE-kaapeille käytetyt säännöt ja kertoimet eivät ole suoraan verrannollisia vakiokaappien sääntöihin, ei niitä pysty automaattisesti päivittämään samalla kuin vakiokaappien sääntöjä päivitetään. Tämän takia muutokset tuotantotuntiarvioinnissa näkyvät viiveellä OBE-kaapeissa.

### 3.3 Toteutuneiden tuntien seuraaminen

Tuotannossa jokaisen työvaiheen yhteydessä asentaja itse merkitsee käytetyt työtunnit kaappikohtaisesti. Esimerkiksi runkotyöpisteessä asentaja aloittaa kaapin työstämisen ja laittaa runkovaiheen työajan kellotuksen päälle tuotannon työkaluun, kokoaa kaapin rungon kokoon ja valmistuttua leimaa työvaiheen päätökseen. Saman tekee muut asentajat eri työvaiheissa. Tämä manuaalinen tapa seurata työaikaa tuo automaattisesti mukanaan inhimillisten virheiden luoman vääristymän. OBE-kaappien tuotannossa tunteja seurataan samalla tavalla, eli niitä kokoonpantaessa ei eritellä OBE-osuuksiin menevää työaikaa.

Tuntien seuraaminen tällä tavalla altistaa toiminnan virheille. Esimerkiksi työn keskeytykset riippumattomista syistä, tavarantoimitusongelmat tai esimerkiksi asentajien sairastumiset hankaloittavat tuntien todellista arviointia ja virhemarginaali kasvaa. Näitä asioita on kuitenkin otettu huomioon tuotannonsuunnittelussa kapasiteetin näkökulmasta, mutta itse tuotantotuntiarviointi työkalu ei niitä osaa huomioida samassa suhteessa.

Tuotantotuntiarviointityökalun antamia tuntiarvioita sekä toteutuneita tunteja verrataan toisiinsa, ja tämän sekä erinäisten muiden tekijöiden pohjalta työkalun sääntöjä pyritään ohjamaan todellisempaa suuntaa kohti tietyn väliajoin. Erinäisiä muita tekijöitä on esimerkiksi työprosessin muuttuminen. On silti väistämätöntä, että virhemarginaalia esiintyy jokaisen kaapin kokoonpanossa.

## 4 Työn rajaus

Opinnäytetyön tavoitteeksi on rajattu taajuusmuuttajakaappien tuotantotuntiarvioinnin yhtenäistäminen ja helpottaminen pre-engineering-vaiheessa. Työssä selvitetään tuotannon henkilöiden näkökulman tuomista mukaan tuotantotuntiarviointiprosessiin. Lisäksi laaditaan työohje pre-engineeringille tuotantotuntiarvioinnin tueksi sekä selvitetään tuotannon tuntiseurantadatan sekä pre-engineering-sähköpostiviestien hyödyntämistä uusien projektien tuotantotuntiarvioinnissa.

Työohjeeseen kootaan yhteen olemassa olevia työkaluja sekä toimintatapoja Pre-engineeringin käyttöön, jotta tuotantotuntiarvioinnin luominen selkeytyisi ja olisi yhtenäisempää. Toisin sanoen riippumatta Pre-engineering-henkilöstä tuotantotuntiarviointi pohjautuisi samoihin työkaluihin ja toimintatapoihin.

## 5 Työssä käytetyt tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelminä käytettiin haastatteluita, data-analysointia tekoälyä hyödyntäen sekä matemaattista data-analyysiä. Nykytilan kartoitus perustui olemassa olevan aineiston läpikäyntiin sekä avoimiin keskusteluihin Pre-engineering-henkilöiden kanssa.

Osa käydystä haastatteluista toteutettiin Teamsin välityksellä ja ne tallennettiin videomuodossa, osasta tehtiin muistiinpanot. Haastatteluiden avuksi luotiin apukysymyksiä, mutta myös vapaamuotoista keskustelua hyödynnettiin.

Pre-engineering-sähköpostikansion viestien läpikäynnissä ja analysoinnissa käytettiin hyväksi tekoälyä. ABB:n tietoturva- ja tietosuojavaatimukset tekoälyyn liittyen sekä tekoälyn tuotoksen kriittinen tarkastelu otettiin huomioon.

Tuotannon tuntiseurannan data-analysoinnissa käytettiin hyväksi Excel-ohjelmaa. Tarvittavia matemaattisia kaavoja olivat keskiarvo, mediaani, keskihajonta sekä variaatiokerroin. Keskihajonta laskettiin yhtälöllä:

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad (1)$$

jossa  $s_n$  on keskihajonta,  $n$  on otosten lukumäärä,  $\sum$  on summa,  $x_i$  on otosarvo ja  $\bar{x}$  on keskiarvo.

Variaatiokerroin laskettiin yhtälöllä:

$$v = \frac{s_n}{\bar{x}} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

Jossa  $v$  on variaatiokerroin,  $s_n$  on keskihajonta ja  $\bar{x}$  on keskiarvo.

## 6 Pre-engineeringin tuotantotuntiarvioinnin kehitysmahdollisuudet

Tässä luvussa esitellään tutkittuja kohteita ja selvitetään, miten pre-engineeringin tuotantotuntiarviointia voitaisiin mahdollisesti kehittää. Lukijalle selviää mitä ja miten on tutkittu, analysoitu ja mitkä ovat loppupäätelmät mahdollisista hyödyistä.

### 6.1 Tuotannon tuntiseurantadatan hyödyntäminen

Ensimmäisenä selvitettiin, voisiko OBE-kaappien OBE-osuuksien toteutuneita tunteja saada tuotannon keräämästä datasta ja hyödyntää pre-engineeringin tuotantotuntiarviointivaiheessa. Luvussa 3.3 esille tuodut tuntien seuraamisen vaikuttavat tekijät hankaloittavat datan hyödyntämistä myös pre-engineeringivaiheessa. Koska OBE-osuuksiin kuluva tuotantoaika ei erikseen kerätä, on mahdotonta sanoa luotettavasti, onko arviointi osunut kohdalleen. Usein OBE-muutoksesta johtuvat tuotantotunnit ovat pieni osa koko kaapin tuotantotunneista, joten se katoaa helposti jo virhemarginaaliin.

Tämän tueksi on vuodelta 2025 keräämän tuntidatan perusteella toteutunut tuotantotuntimäärä tuotannosta OBE-kaapeille ACS880-17/37. Data näyttää toteutuneiden tuntien ja OBE-tuotantotuntiarviointityökalun antamien arvojen välillä olevan suuria eroja. Toteutuneita tuotantotunteja on keskiarvoltaan 24 % ja mediaaniltaan 21 % enemmän kuin mitä OBE-tuotantotuntiarviointityökalun antama arvo on. Tärkeimpänä huomiona on variaatiokerroimen arvo 107 %, joka on laskettu yhtälöllä (2), ja joka kertoo kaappikohtaisen vaihtelun olevan erittäin suurta.

Variaatiokerroin osoittaa havaintojen keskihajonnan olevan 107 % havaintoarvojen keskiarvosta. Tämä kertoo, että vakiokerroimen, kuten keskiarvon verran tuotantotuntien lisääminen ei parantaisi tilannetta suuren poikkeaman vuoksi.

Dataa voisi mahdollisesti hyödyntää erityisesti suurimpien tuntierojen omaavien kaappien löytämisessä, ja tarkastella niitä yksityiskohtaisemmin ja pyrkiä

löytämään epäkohtia, joista syistä tuntierot johtuvat. Tätä mahdollisuutta ei tässä opinnäytetyössä tutkittu enempää.

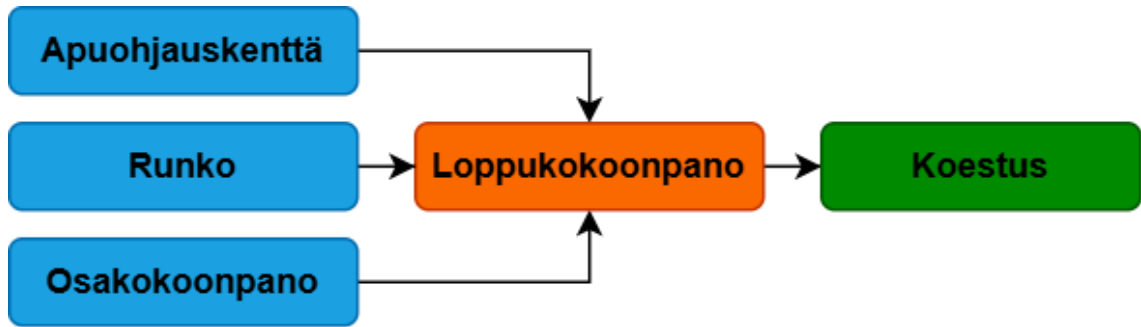
## 6.2 Tuotannon konsultointi tuotantotuntiarvioinnissa

Toisena selvitettiin voisiko Pre-engineeringin ja tuotannon välille luoda väylän, jota kautta tuotannosuunnittelulta tai työnjohdolta voisi kysyä suoraan, paljonko he arvioisivat kyseessä olevan muutoksen toteuttamiseen menisi tuotantotunteja. Tuotannon työnjohdolle pidetyssä haastattelussa kävi kuitenkin selväksi, että tämä vaatisi paljon resursseja ja aikaa, sekä voisi tuoda vääränlaista henkistä kuormitusta tuotannon suuntaan.

Pre-engineering-vaiheessa oleva muutos ei ole myöskään suunniteltu loppuun asti, joten se olisi tuotannolle erittäin hankala arvioida ilman konkreettista näyttöä mitä muutos vaatii. Suunnittelun pitäisi olla valmis ja esitetty selkeästi piirikaavioissa, mittakuvissa ja asennuskuvissa, mutta tuntiarviointia ei voi antaa myyjälle suunnittelun ollessa valmis, sillä tieto tarvitaan jo tarjousvaiheessa kokonaismyyntihinnan luomiseksi.

Tuotannossa haastateltiin asentajia OBE-kaappien työläimmistä osista. Suurimpina haasteina ilmeni mahdolliset ongelmatilanteet ja niiden selvittely, esimerkiksi virhe piirikaavioissa, eikä erityisesti mikään OBE:sta johtuvista haasteista. Tämä tarkoittaa, mikäli piirikaaviot, mittakuvat, sekä muut työohjeet ovat kunnossa, ei suurin osa OBE-muutoksista itsessään ole haastavia toteuttaa asentajilla.

Tuotannon henkilöille on hankala eritellä juuri OBE-osuuksien työmäärää, sillä se on useimmiten pieni osa koko kaapin työstä. Kuvassa 10 on esitetty yksinkertaistettu tuotantolinjamalli ja miten OBE-muutokset voivat vaikuttaa tuotannossa moneen eri työvaiheeseen, ei vain yhteen. Nykyisillä toimintatavoilla tai tuntiseurannalla kukaan ei voi täysin varmaksi sanoa OBE-muutoksista koituvia tuotantotunteja.



Kuva 10. Yksinkertaistettu malli tuotantolinjasta.

Tuotannon työnjohdon kanssa pidettiin toinen haastattelu, jossa käytiin läpi muutamia valikoituja muutoksia OBE Pricing Toolista. Muutoksista esitettiin oleelliset piirikaaviot ja mittakuvat sekä asennuskuvat, ja kysyttiin heidän arvionsa niistä koituvista lisätunneista. Tuotannon henkilöillä on paljon kokemusta OBE-muutoksista, ja laajempi ymmärrys paljon minkäkin muutoksen toteutus voisi kestää tuotannon näkökulmasta.

Valikoitujen muutosten läpikäynnissä kävi ilmi, että pienempien ja yksinkertaisempien muutoksien tuntiarviointi pre-engineeringiltä oli lähellä tuotannon työnjohdon arvion kanssa. Pienempi muutos tarkoittaa esimerkiksi muutaman lisäsulakkeen lisäämistä tai indikaatiolampun lisäämistä oveen.

Erikoisemmissa ja suuremmissa, etenkin mekaniikkamuutoksia sisältävissä muutoksissa pre-engineeringin ja työnjohdon tuntiarvioiden välillä oli vaihtelua niin alas- kuin ylöspäin. Esimerkiksi kaappijärjestyksen peilaus -muutoksen pre-engineeringin arvio oli 6 tuntia vähemmän mitä työjohto arvioi. Muutosten läpikäynnissä nousseiden asioiden pohjalta voidaan tehdä lisätoimia pre-engineeringin tuotantotuntiarvioinnin kehittämiseksi, jotka esitetään luvussa 7.

### 6.3 Pre-engineering-sähköpostikansion analysointi

Kolmantena selvitettiin mahdollisuutta löytää yhtäläisyyksiä myyjien esittämien asiakkaiden vaatimuksia koskevien kysymysten ja Pre-Engineeringin niiden perusteella arvioimien tuotantotuntien välillä, ja yhtäläisyyksien perusteella luoda

selkeät tukipilarit, joihin tuotantotuntiarviota voidaan perustaa. Pre-engineering-sähköpostissa lukuisiin myyjien esittämiin kysymyksiin perehtyessä tuli nopeasti ilmi niiden sisällön ja viestin rakenteen vaihtelevan erittäin suuresti. Koska sähköpostiviestejä oli tuhansia, ei niiden läpikäyminen ja taulukointi manuaalisesti yksi kerrallaan ollut resurssitehokas vaihtoehto.

Sähköpostin saapuneet-kansion saa kuitenkin helposti ulos CSV, eli comma-separated values -muodossa. Excel-ohjelmalla CSV-tiedoston avaaminen ja taulukointi onnistuu helposti selkeään muotoon. Excel-makroilla viestien sisällöistä poistettiin epäoleellisia tietoja. ABB:lla on käytössä yrityksen oma tekoälysystemi, jossa ABB:n pilvipalvelussa on saatavilla monia eri kielimalleja. Kehittyneet kielimallit osaavat lukea, analysoida sekä luoda uusia Excel-tiedostoja. Pre-engineeringin saapuneet-kansion viestejä pyrittiin analysoimaan tekoälyn avulla.

Kielimalleista kokeiltiin seuraavia: Claude 4.5 Opus, Gemini 3 pro sekä GPT-5. Suurin ongelma tekoälyn kanssa oli eritellä alkuperäisestä tiedostosta myyjän kysymys ja Pre-engineeringin antama vastaus selkeästi uuteen tiedostoon omaksi riviksi. Tekoäly osasi etsiä annetut tuotantotuntiarvio-arvot, mutta vastauksen muun oleellisen tiedon esittäminen samassa yhteydessä ei onnistunut. Myös kategorisointi samankaltaisten tapausten kanssa tuotti tekoälylle vaikeuksia. Erilaisten promptien käyttö tai alkuperäisen datan uudelleen muokkaus ei tuottanut selkeämpiä tuloksia.

Kokeilun perusteella on mahdotonta varmaksi sanoa, miksi edes parhaimmat kielimallit eivät pystyneet tuottamaan haluttua tulosta. Sähköpostiviestien sisältöön pohjautuen parhaat arviot suurimmista kompastuskivistä tekoälylle ovat suomen ja englannin kielen käyttö ristiin, epävirallinen kieli teknisistä asioista keskusteltaessa sekä asiayhteyden ymmärryksen puute, sillä osa OBE-termeistä eivät kerro ulkopuolisille mitään, ei edes tekoälylle.

Tekoälyn hyödyntämistä voisi kuitenkin kokeilla hieman eri lähestymistavalla. Tietyille kielimallille voisi opettaa hankalia OBE-termejä sekä asiayhteyksiä, ja

sitä kautta saada konkreettista hyötyä tekoälyn käytöstä pre-engineeringin tuotantotuntiarvioinnin tueksi. Kielimallin kouluttamista ei kokeiltu tässä opinnäytetyössä, suurimpana syynä tietoturvaan liittyvät rajoitukset.

## 7 Toimet ja kehitysehdotukset

Pre-engineeringillä ei ole käytössä työohjetta tuotantotuntiarvioinnin tueksi.

Vaikka vaihtuvuus henkilöissä Pre-engineeringissä on erittäin pientä, ja kommunikaatio henkilöiden välillä on aktiivista, voi yhteisellä ohjeistuksella pitää hyvät toimintatavat ja työkalut kaikkien saatavilla. Se auttaa myös uuden Pre-engineering-henkilön perehdytyksessä.

Opitun pohjalta tehtiin Pre-engineeringille tuotantotuntiarviointiohje, johon koottiin yhteen hyviä toimintatapoja kuten pre-engineering-vastauspohja sekä ohjeistettiin OBE Pricing Toolin sekä tuotantotuntiarviointityökalun käyttö ytimekkäästi ja esimerkein. Työohjeen avulla uusikin henkilö tietää, miten arviointiprosessi kannattaa aloittaa ja mistä hyödylliset työkalut löytyvät.

Pre-engineering-vastauspohjan käyttö Outlookin puolella tehtiin helpoksi sisäänrakennetun ominaisuuden avulla. Outlookin Quick Parts- ominaisuudella pystyy luomaan viestipohjan, jonka saa syötettyä kirjoittamalla viestipohjaan linkitetyn nimen viestikenttään ja painamalla tabulaattoria. Viestipohjan käyttäminen yhtenäistää ja selkeyttää Pre-engineeringin antamaa vastausta myyjille riippumatta henkilöstä.

Kuten luvussa 6.2 kerrottiin, tuotannon työnjohdon haastattelussa valittujen OBE-muutoksien läpikäymisessä huomattiin, että OBE Pricing Toolissa olevien muutosten ja työnjohdon tuotantotuntiarviossa oli suuriakin eroja. Läpikäydyt muutokset päivitetään OBE Pricing Tooliin hyödyntäen työnjohdolta saatuja arvioita.

Kehitysehdotuksena OBE Pricing Toolista olisi hyvä valita valikoidusti ja kattavasti lisää muutoksia Pre-engineering-henkilöiden kanssa yhdessä, ja pitää uusi läpikäynti tuotannon työnjohdon sekä Pre-engineering-henkilöiden kanssa, jossa valitut muutokset käydään läpi. Monet muutokset ovat samankaltaisia, joten kaikkien muutosten läpikäyminen ei tuottaisi lisäarvoa. Näiden valikoitujen muutosten perusteella Pre-engineering pystyisi itse päivittämään myös loput OBE Pricing Toolin muutosten tuotantotuntiarvot.

OBE Pricing Toolin muutosten päivitys tuotantotuntiarvioiden osalta mahdollistaisi jatkossa uusien muutoksien arvioimisen helpommin pohjautuen näihin jo tarkistettuihin arvioihin. Mikäli toimintatapa koetaan toimivaksi niin Pre-engineeringin kuin tuotannon suunnalta, olisi käytäntöä hyvä jatkaa säännöllisin väliajoin tai tarvittaessa uusien, ja silmäillen vanhojen muutosten läpikäymistä OBE Pricing Toolista tuotannon johdon kanssa.

## 8 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena oli löytää kehityskohteita tuotantotuntiarvioinnista taajuusmuuttajakaappien tilaussuunnittelussa. Tarkoituksena oli helpottaa ja yhtenäistää toimintatapoja, johon tuotantotuntiarviointi perustetaan, sekä vahvistaa referenssejä, joita voi laajemmin hyödyntää samankaltaisten muutosten kanssa tilaussuunnittelussa. Työ tehtiin ABB:n Drives-liiketoimintalinjan Order-Based Engineering -tiimille, joka vastaa taajuusmuuttajakaappien tilaussuunnittelusta ABB:lla.

Työssä perehdyttiin nykyiseen tilaussuunnittelun tuotantotuntiarviointiprosessiin sekä tuotannon omaan tuotantotuntiarviointiin taajuusmuuttajakaappien valmistuksessa. Aiheisiin syvennyttiin tutkimalla olemassa olevia dokumentteja, työkaluja ja vanhoja sähköpostiviestejä sekä haastatteleamalla ja keskustelemalla tilaussuunnittelu suunnittelijoiden sekä tuotannon henkilöiden kanssa. Myös kerättyä taajuusmuuttajakaappien tuotantotuntiseurantadatan hyödyntämistä tuotantotuntiarviointiprosessissa selvitettiin.

Opinnäytetyön lopputuloksena luotiin Order-Based Engineering -tiimille yleinen tuotantotuntiarviointi työohje, joka kokoaa yhteen toimintatapoja sekä hyödyllisiä työkaluja. Työohjeen avulla voidaan yhtenäistää arviointiprosessia tiimin sisällä. Lisäksi luotiin kehitysehdotus referenssitapausten läpikäymiseen yhdessä tuotannon työnjohdon kanssa. Kehitysehdotuksen tukena toimii opinnäytetyön aikana saadut tulokset tuotannon työnjohdon kanssa käydyistä referenssitapauksista.

## Lähteet

- 1 ABB-lyhyesti. Verkkoaineisto. Abb.  
<<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>>. Luettu 22.1.2026.
- 2 ABB-lyhyesti. Verkkoaineisto. Abb.  
<<https://www.abb.com/global/en/company/about>>. Luettu 22.1.2026.
- 3 Drives. Verkkoaineisto. Abb.  
<<https://www.abb.com/global/en/areas/motion/drives>>. Luettu 10.12.2025.
- 4 ACS180. Verkkoaineisto. Abb.  
<<https://www.abb.com/global/en/areas/motion/drives/low-voltage-ac-drives/machinery-drives/acs180>>. Luettu 10.12.2025.
- 5 Tekninen opas. Verkkoaineisto. Abb.  
<[https://library.e.abb.com/public/ed9c027220b041bdb46f0425b2c8e94a/FI\\_ACS880-07\\_HW\\_J.pdf?x-sign=DFb9xb44c5rFpY-zApOlxLdtdgmBcllmRavQk7ZWb2yVM9IT9DKCynbj78PL44X5M](https://library.e.abb.com/public/ed9c027220b041bdb46f0425b2c8e94a/FI_ACS880-07_HW_J.pdf?x-sign=DFb9xb44c5rFpY-zApOlxLdtdgmBcllmRavQk7ZWb2yVM9IT9DKCynbj78PL44X5M)>. Luettu 10.12.2025.
- 6 ACS880-07. Verkkoaineisto. Abb.  
<<https://www.abb.com/global/en/areas/motion/drives/low-voltage-ac-drives/industrial-drives/acs880-single-drives/acs880-07>>. Luettu 10.12.2025.
- 7 What is a wire harness. Verkkoaineisto. Conceptgroupllc. <<https://conceptgroupllc.com/glossary/what-is-a-wire-harness/>>. Luettu 21.1.2026
- 8 Korhonen, Pyry. 2024. Taajuusmuuttajan tilaussuunnittelun hinnoittelutyökalun jatkokehittäminen. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta. Luettu 8.12.2025.
- 9 Tekninen opas. Verkkoaineisto. Abb.  
<[https://library.e.abb.com/public/2c4a935f770e4849a562798630e16aca/FI\\_ACS880-37\\_HW\\_F\\_A4.pdf?x-sign=0XgP8dcQprVd3l63GzVVoar-dldhrwQp5zn9ntCqfrC0e3L86lrDN2BGVIWlWV5V](https://library.e.abb.com/public/2c4a935f770e4849a562798630e16aca/FI_ACS880-37_HW_F_A4.pdf?x-sign=0XgP8dcQprVd3l63GzVVoar-dldhrwQp5zn9ntCqfrC0e3L86lrDN2BGVIWlWV5V)>. Luettu 29.1.2026.