



# Pre-engineeringin hinnoittelutyökalu

Joona Wessman

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2021

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähkövoimatekniikan suuntautumispolku

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähkövoimatekniikan suuntautumispolku

WESSMAN, JOONA:  
Pre-engineeringin hinnoittelutyökalu

Opinnäytetyö 23 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Kesäkuu 2021

---

ABB myy kaappirakenteisiin ACS880-taajuusmuuttajiin lisäoptiona asiakasräätälöintiä eli valmistettavan laitteiston muokkaamista asiakkaan vapaamuotoisten vaatimusten mukaiseksi jo valmistusvaiheessa. Räättälöinnin hinta määräytyy sen aiheuttamasta lisätyöstä sekä osien kustannuksista, joita molempia myynti tarpeen mukaan tiedustelee varsinaisen räätälöintityön suunnittelusta vastaavan tiimin suunnittelijalta. Tätä suunnittelijan vastuulla olevaa hinnoitteluprosessia, eli aiheutuvien työtuntien ja kustannusten arviointia, kutsutaan pre-engineeringiksi.

Pre-engineeringin ongelmana on ollut se, ettei tehtyjä hinnoitteluja ole kirjattu järjestelmälliseksi listaksi tai tietokannaksi. Toistuvien saman kaltaisten hinnoittelujen tekeminen aiheuttaa turhaa työtä. Lisäksi eri suunnittelijoiden välillä on ollut hajontaa tehdyissä arvioissa.

Ongelman ratkaisuksi ryhdyttiin kehittämään työkalua hinnoittelujen keräämiseksi sellaiseen muotoon, josta niitä on mahdollista hakea ja tarkastella tulevaisuudessa, jotta niitä voidaan käyttää uusien hinnoittelujen tukena tai jopa lähes sellaisenaan valmiina paketteina. Työkalun kehitys kokonaisuudessaan on laajempi hanke, jonka alkuvaiheeseen opinnäytetyö sijoittuu. Opinnäytetyön puitteissa keskeisin tavoite oli kartoittaa, mitä työkalusta tulisi löytyä, sen sijaan tarkkaa tavoitetta työkalun toteuttamiselle ei asetettu, vaan tarkoitus oli tehdä se, mitä ehditään, työkalun keskeisimmät toiminnot etusijalla pitäen. Työkalun muodoksi valikoitui käytettävissä olevien resurssien ja tietotaidon nojalla Excel-työkirja, johon ohjelmoidaan toimintoja sekä käyttöliittymä hinnoittelujen luomiseen, muokkaamiseen sekä tarkasteluun ja hakemiseen.

Toimiva, perusvaatimukset täyttävä työkalu kehitettiin opinnäytetyön aikana, vaikka myös joitain alkuvaiheessa pohdittuja toiminnallisuuksia jouduttiin jättämään jatkokehityskohteiksi. Työkalun jatkokehittäminen on alusta alkaen ollut tavoitteena, ja tärkeimmät kohteet siihen ovat jo tiedossa. Kehitystyön on jatkossa tarkoitus tapahtua tiimin sisäisesti kehityksestä vastaavan suunnittelijan normaalin työnkuvan ohessa.

---

Asiasanat: taajuusmuuttaja, asiakasräätälöinti, Excel, tietokanta

## ABSTRACT

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

WESSMAN, JOONA:  
Pre-engineering pricing tool

Bachelor's thesis 23 pages, appendices 0 pages  
June 2021

---

ABB offers application engineering as an option for their cabinet built ACS880 variable frequency drives. With this option, the standard design can be modified according to the customer's specifications. The total cost of this option depends on how many engineering and production hours the changes will require, as well as the costs of additional material. The sales team inquires both from the engineering team. This process is called pre-engineering.

In the past, no pricings have been systematically recorded for future reference, but over time it has been noted that similar pricing requests come up often enough, that doing them from the ground up is causing a significant amount of unnecessary work. In addition, the pricings given by different engineers have been varied.

To solve this, a development project was started to create a tool, with which pricings could be recorded in a format where they can be easily found and used for future reference. This thesis was a part of the development project, taking place in the beginning. The main goal of this thesis project was to determine the structure and map the features of the tool. Clearly defined goals for development progress were not set, instead the aim was to do as much as possible within the time frame of this thesis project. Available resources and know-how dictated that this tool would be an Excel workbook, which will be programmed to include a user interface and a variety of features for recording, searching and viewing pricings.

A functional tool with the necessary basic features was developed within this thesis project, although some originally planned features could not be completed within the time frame.

---

Key words: variable frequency drive, application engineering, Excel, database

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	ASIAKASRÄÄTÄLÖITY TAAJUUSMUUTTAJAKÄYTTÖ.....	6
	2.1 Taajuusmuuttaja.....	6
	2.2 Asiakasräätälöinti .....	10
	2.3 Myynti ja pre-engineering .....	12
3	HINNOITTELUYÖKALU .....	15
	3.1 Rakenne.....	15
	3.2 Toiminnot .....	16
	3.3 Kehitystyö .....	19
4	POHDINTA .....	21
	LÄHTEET.....	23

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ABB:n kaappirakenteisten taajuusmuuttajien asiakasräätälöinnin hinnoitteluprosessia tuottamalla työkalu, joka toimii tietokantana aiemmin tehdyistä hinnoitteluista. Työkalun on tarkoitus vähentää hinnoitteluprosessiin kuluvia työtunteja tuomalla aiemmin tehtyjä hinnoitteluja paremmin saataville, jotta niitä voidaan käyttää uusien vastaavien hinnoittelujen tukena.

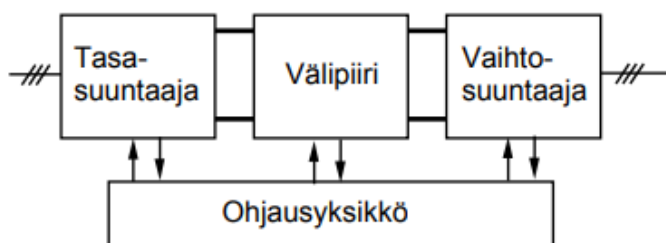
Asiakasräätälöinti, eli lisäpalveluna myytävä vakiolaitteiden tilauskohtainen soveltaminen asiakkaan vaatimusten mukaiseksi, on yksi monista saatavilla olevista lisäoptioista ABB:n kaappirakenteisiin ACS880 -taajuusmuuttajiin. Palvelun hinta riippuu ehdotetun sovelluksen aiheuttamasta ylimääräisestä suunnittelu- ja tuotantotyöstä, sekä osien kustannuksista, joista kaikista muodostetaan hinnoitteluprosessissa arvio. Prosessista käytetään nimitystä pre-engineering.

Pre-engineeringissä on havaittu, että hinnoiteltavana on usein sovelluksia, joita vastaavia on jo aiemmin hinnoiteltu. Tehtyjä hinnoitteluja ei ole järjestelmällisesti tallennettu helposti haettavaksi listaksi, joten aiemmin tehdyn hinnoittelun käyttäminen uuden vastaavan tekemisen tukena ei ole helppoa. Tällaisessa tapauksessa kaikki hinnoitteluun liittyvä selvitystyö joudutaan turhaan tekemään uudelleen. Kehitettävän työkalun avulla pyritään minimoimaan tätä turhaa työtä.

## 2 ASIAKASRÄÄTÄLÖITY TAAJUUSMUUTTAJAKÄYTTÖ

### 2.1 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on tehoelektronikan laite, joka käytetään sähkömoottorien ohjaamiseen. Yleisimmässä taajuusmuuttajatyypissä, välipiirillisessä taajuusmuuttajassa, laitteen perusosat ovat tasasuuntaaja, tasajännitevälipiiri, vaihtosuuntaaja eli invertteri, sekä suuntaajien ohjausyksikkö tai ohjausyksiköt. Lohkokaaviona rakenne on kuvion 1 mukainen.



KUVIO 1. Välipiirillisen taajuusmuuttajan lohkoakaavio (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07 Luku 18, 17)

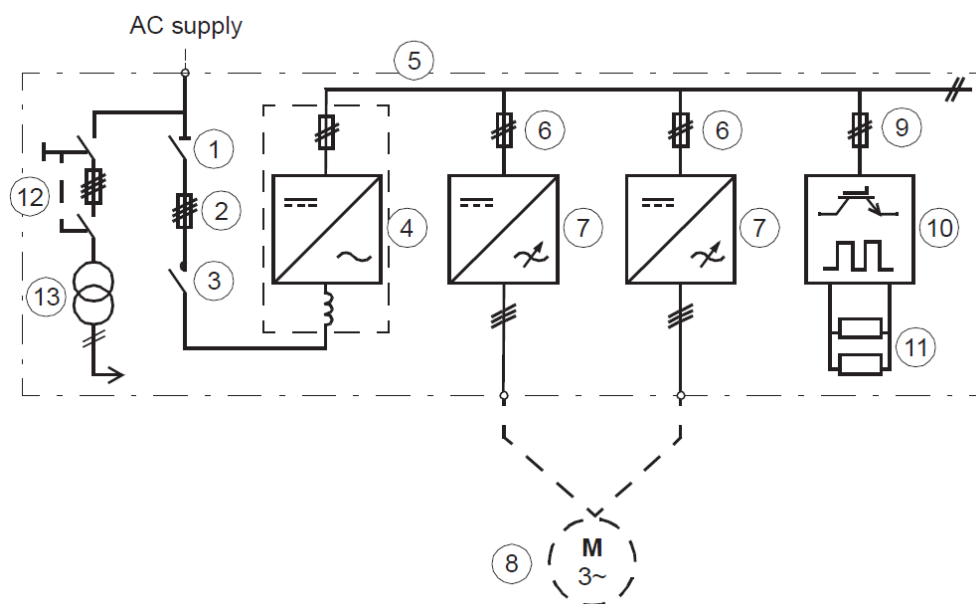
Perusrakenne niissä on aina lohkoakaavion mukainen, mutta ne voidaan vielä jaotella muutamaksi eri tyypiksi välipiirin rakenteen perusteella. Niin kutsuttujen tasavirtavälipiiritajuusmuuttajien jännitteen säätö perustuu virran amplitudin säätämiseen joko ohjatulla tasasuuntaajalla, tai välipiirin kanssa sarjaan kytketyllä katkojalla. Välipiirin jännite ei ole tasainen, vaan halutun mukainen jännite moottorilla saavutetaan säätämällä virran amplitudia sellaiseksi, että se synnyttää moottorilla halutun jännitteen. Toinen tyyppi on tasajännitevälipiiritajuusmuuttaja, joissa välipiiri sisältää LC- alipäästösuotimen. Välipiirin jännite on lähtökohteisesti tasaista, mutta moottorin jännitettä säädetään suoraan vaihtosuuntaajalla lähtöjännitteen pulssikuviota muuttamalla, jota kutsutaan pulssinleveysmoduloinniksi (PWM). Joillain toteutustavoilla, kuten aktiivisella tasasuuntaussillalla voidaan myös välipiirin jännitettä säätää, mutta selvästi yleisin toteutustapa on diodisilta, jota ei voi ohjata. Koska tasajännitevälipiiritajuusmuuttajassa moottorin jännitettä säädetään invertterillä, jännite ei ole riippuvainen moottorin ominaisuuksista, joten nämä soveltuvat myös monimoottorikäyttöihin. Yleisin tyyppi on

PWM-taajuusmuuttaja, koska se on säätönopeudeltaan sekä verkkovaikutuksiltaan parempi kuin vaihtoehtoiset tasajännitevälipiiritaajuusmuuttajat, sekä paljon yleiskäyttöisempi kuin tasavirtävälipiiritaajuusmuuttaja.

(ABB:n TTT-käsikirja 2000-07 Luku 18, 17 –18)

Tasajännitevälipiiritaajuusmuuttaja voi sisältää useita erilaisia invertterejä yhteiseen välipiiriin kytkettynä. Tällöin monimoottorikäytön komponentit voidaan mitoittaa kunkin kuormalaitteen ja kuormitusilanteiden vaatimalla tavalla, jolloin koko käytöstä voidaan tehdä kompaktimpi ja kustannustehokkaampi. Esimerkiksi jos käyttötapa on sellainen, että yksi moottori jarruttaa toisen ollessa kuormitettuna, tätä välipiiriin kulkeutuvaa jarrutusenergiaa käyttää toisen moottorin ajamiseen. (Hietalahti 2013, 199)

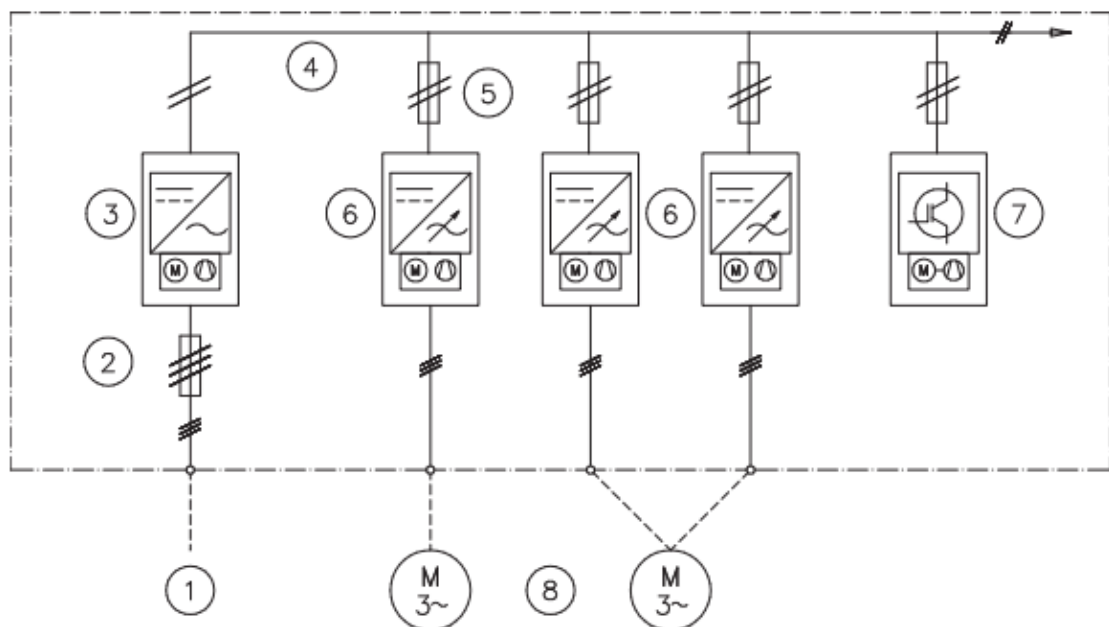
Suomessa toimiva ABB Oy:n Drives -yksikkö valmistaa erityisesti teollisuuden käyttöön tarkoitettuja pienjännitetaajuusmuuttajia, joita on tarjolla useissa eri muodoissa. ABB:n uusimman sukupolven ACS880 -taajuusmuuttajia myydään seinälle kiinnitettävänä, kaappirakenteisina, sekä myös irrallisina moduuleina. Tavallisessa single drive -laitteessa on yksi (tai useampi rinnan kytketty) invertteri ohjaamaan yhtä moottorilähtöä. Kuvion 2 esimerkissä on kaappirakenteisen single driven pääpiiri, jossa käytetään kahta rinnakkaista invertteriä (7) suuremman tehon saavuttamiseksi.



KUVIO 2. Esimerkki single drive ACS880:n pääpiiristä (ABB, ACS880-07 drives (560 to 2800 kW), Hardware manual, 30)

Ennen varsinaisia taajuusmuuttajakomponentteja kuvion laite sisältää pääkytkimen (1) ja -sulakkeet (2). Ohjauspiiriä syötetään ennen näitä, erillisen ohjausjännitemuuntajan (13) kautta. Tasajännite muodostetaan dioditasasuuntaajan (4) avulla. DC-välipiirissä on myös jarrukatkoja (10) jarruvastuksineen (11).

Useamman moottorin ohjaamiseen tarkoitetuissa multidriveissa käytetään laitteen tasajännitevälipiiriä yhteisesti useammille erikseen ohjatuille inverttereille. Tästä on esimerkki kuviossa 3. Yhteinen dioditasasuuntaaja (3) muodostaa tasajännitteen DC-välipiiriin (4), joka syöttää kahta erikseen ohjattua erilaista invertterilähtöä (6). Kuvio on yksinkertainen esimerkki, todellisuudessa multidrive käytöt ovat paljon laajempia.



KUVIO 3. Esimerkki multidrive pääpiiristä (ABB, ACS880-107 inverter units, Hardware manual, 16)

Kaikki suurempitehoiset ACS880 -taajuusmuuttajat rakennetaan kaapitettuna, ja ne tarjoavat pienempiä seinälle kiinnitettäviä malleja kattavammat mahdollisuudet räätälöidä se käyttökohteeseen sopivaksi. Lisäoptioita on tarjolla enemmän, ja kaapit valmistetaan tilauskohtaisesti. Kaapitettuja ACS880:iä on saatavilla verkkosuuntaajalla varustettuna, sekä vähemmän yliaaltoja tuottavana, verkko-vaikutuksiltaan kevyempänä ultra-low harmonic -mallina. Lisäksi tarjolla on myös ilmajäähdytettyjen perusmallien lisäksi nestejäähdytettyjä malleja. (ABB, ACS880 single drives catalog)

Kaappi tai kaapit oletusarvoisesti sisältävät pääkytkimen ja sulakkeet, toisin kuin pienemmät mallit. Siten kaappi ei ole pelkkä taajuusmuuttaja, vaan samalla myös moottorikeskus, jota on mahdollista konfiguroida hyvin laajasti käyttökohteen mukaan, myös omilla asennuksilla valmiiden lisäoptioiden lisäksi. ABB:n tarjoamat lisäoptiot ovat esimerkiksi suotimia, jarrukatkoja, erilaisia turvajärjestelmiä, väyläliityntöjä, I/O laajennuksia, rajapintoja ulkoisille järjestelmille, tiiveysluokituksia, sekä luokituslaitosten ja standardisointiorganisaatioiden leimoja. Esimerkiksi kuviossa 2 näkyvä jarrukatkoja (10) ja sen vastukset (11) ovat molemmat lisäoptioita.

Pienitehoisimmat kaapitetut single drive ACS880:t käyttävät kompaktia yhden kaapin rakennetta, mutta suurempitehoiset mallit ovat rakenteeltaan hajautetumpia. Suuritehoiset single drivet sekä multidrivet koostuvat pääosin eri laitteistolle varatuista kaapeista, joista usein puhutaan kenttinä. Näistä kentistä erottuu ohjaustekniikan sisältävä ohjauskenttä, verkkoliitynnän ja pääkytkimen sisältävä tulo- ja ohjauskenttä, sekä suuntaajamoduuleita sisältävät syöttökenttä ja invertterikenttä. Syöttö- ja invertterikenttiä voi olla kokonaistehosta riippuen useampia. Alla kuvassa 1 on esimerkki eräästä verkkosuuntaajilla varustetusta n. 2500 kW tehoisesta single drive ACS880:stä, jossa näkyy edellä mainitut kentät samassa järjestyksessä, mutta syöttö- ja invertterikenttiä on molempia 2 kappaletta. Suuntaajakentät sisältävät rinnankytkettyjä moduuleita kokonaistehon saavuttamiseksi. Kuvan laitteessa syöttökentistä löytyy myös suodinmoduuli, koska kyseinen laite kykenee syöttämään energiaa myös verkkoon päin.



KUVA 1. Single drive ACS880-17, runkotyypissä 4xR8i + 4xR8i

Kuvan 1 mukaisen runkotyyppin ohjauspiiri sijaitsee erillisessä ohjauskentässä, josta ABB käyttää nimitystä auxiliary control unit, lyhyesti ACU. Se on yleensä vasemmanpuoleisin kenttä, kuten kuvassa, ja se sisältää suuntaajien ohjainkortit, ja valtaosan käyttäjän liitynnöistä. Liityntöjen määrä ja tyyppi riippuu ensisijaisesti valituista lisäoptioista, mutta vakiona saatavilla on suoraan ohjainkortin liittimillä sen analoginen- ja digitaalinen I/O, sekä Safe torque off (STO) -toiminnon liittimet. STO on keskeisimmät koneturvallisuusstandardit täyttävä toiminto, joka on tarkoitettu pääasiassa turvajärjestelmien, esimerkiksi hätäseis- tai käynnistykseenestojärjestelmien rakentamiseen tarkoitettu toiminto. Aktivoituessaan se poistaa inverttereiltä ohjausjännitteen, ja siten estää moottoria tuottamasta vääntöä. (ABB, ACS880-07 drives (560 to 2800 kW), Hardware manual, 253)

## 2.2 Asiakasräätälöinti

ABB myy yhtenä lisäoptiona myös kaappirakenteisten taajuusmuuttajien asiakasräätälöintiä, joka tarkoittaa myytävän vakiolaitteen/-kokoonpanon kattavampaa muokkaamista niin sähköisiltä kuin mekaanisiltakin ominaisuuksilta asiakkaan

toiveiden ja vaatimusten mukaiseksi. Tämän lisäpalvelun avulla ABB pystyy myymään laitekokonaisuuksia tai lisäoptioita, jotka eivät ole vakiovalikoimassa, ja asiakas pystyy tilaamaan hyvinkin haastaviin ja erikoisiin ympäristöihin paremmin yhteensopivia taajuusmuuttajia, ja niin esimerkiksi minimoimaan omaan asennus- ja käyttöönotto-työhön kuluva aikaa.

Asiakasräätälöityjä ovat myös kaikki multidrive -laitteet, jotka luonteensa takia vaativat sitä. Niiden laajuus ja sisältö vaihtelee paljon, joten niille ei varsinaisesti voi olla vakiovalikoimaa, vaan ne kootaan erillisistä kentistä, jotka sisältävät esimerkiksi invertterimoduuleja, ohjausyksiköitä, jarrukatkoja tai kytkinlaitteistoa, mutta näiden asetelma riippuu täysin tilauksesta. Vakiomalleja ei käytännössä ole, muuten kuin kentät, joiden sovittaminen yhteen vaatii suunnittelutyötä.

Räätälöinnistä vastaava tiimi on Order Based Engineering, lyhyesti OBE. Kauppakohtaisesti räätälöitymistä laitteista vastaavat ensisijaisesti tiimin sähkösuunnittelijat, jotka ovat jaettu vielä erikseen single drive ja multidrive -suunnittelijoihin. Sähkösuunnittelija suunnittelee tarvittavat muutokset vakiolaitteeseen, eli muokkaa piirikaavioita ja muut kuvat, valitsee komponentit, huolehtii dokumentaatiosta, sekä ohjeistaa tuotantoa muutosten toteuttamisesta. Usein kauppakohtaisten erikoisratkaisujen toteuttaminen vaatii muutoksia myös laitteen mekaniikkaan, esimerkiksi asennustarvikkeiden kehittämistä tai vakio-osien muokkaamista tilausteiden ratkaisemiseksi, joten OBE:ssä on myös mekaniikkasuunnittelijoita sähkösuunnittelijoiden tukena.

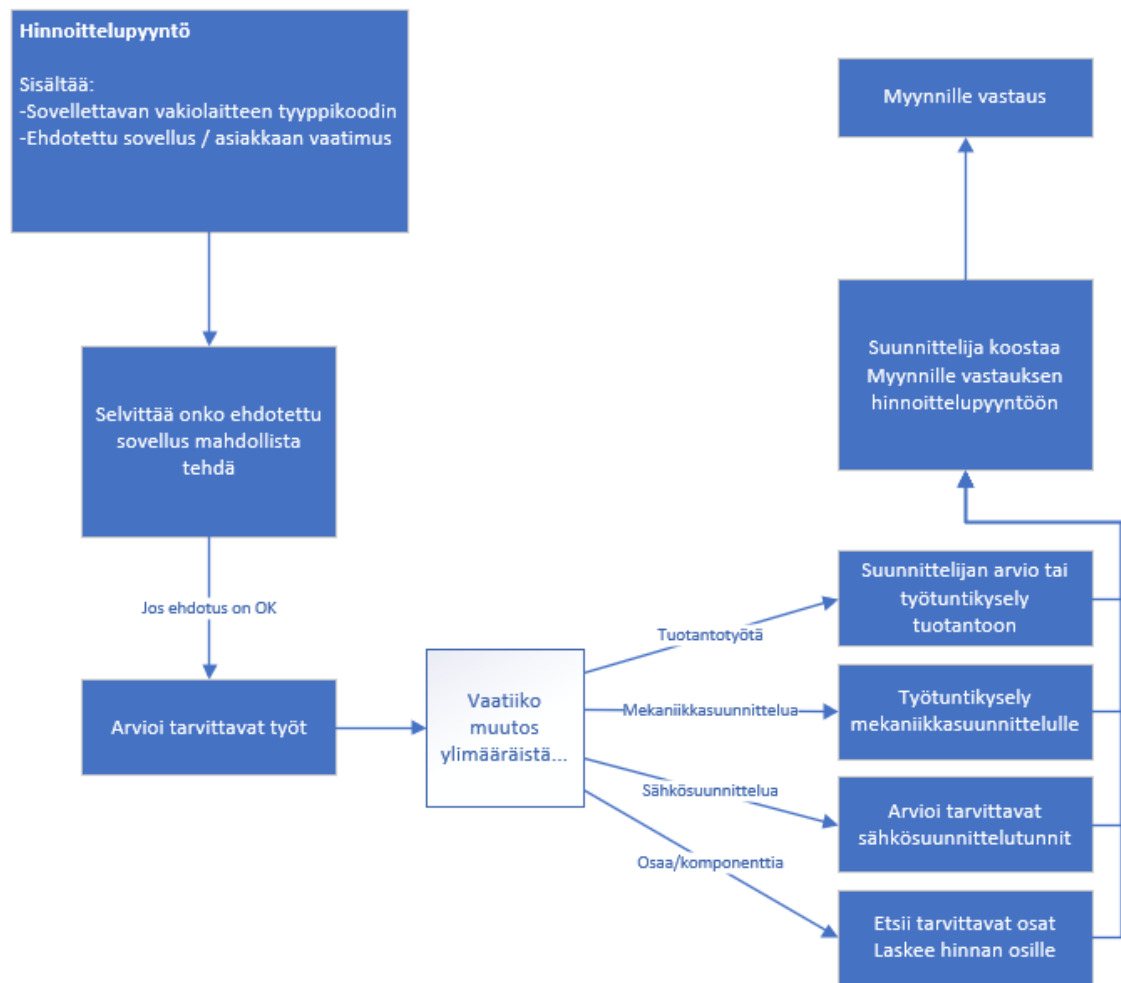
Single drive -laitteiden räätälöinnissä tehdään harvoin muutoksia kaappien perusasetelmaan, joka määräytyy tehon ja lisäoptioiden mukaan. Teho ja lisäoptiot määrittävät koko laitteiston runkotyyppin, eli kaappien mallin ja määrän, sekä kaappeihin tulevien tasa- ja vaihtosuuntausmoduulien määrän. Moduulit, sekä niiden välille jäävä DC-välipiiri, eivät yleensä joudu lisäsuunnittelun kohteeksi. Pääpiiriin kohdistuva erikoissuunnittelu on enimmäkseen kytkinlaitteiston tai suotimien lisäämistä sellaisissa tapauksissa, joissa nämä eivät olleet vakioituna lisäoptiona saatavilla kyseiseen runkokokoon, tai jossa ne eivät sovi yhteen toisten lisäoptioiden kanssa. Esimerkiksi eräässä tapauksessa asiakas tahtoi samaan laitteeseen lisäoptiona sekä jarrukatkojakentän, että kontaktorilla varustetun

moottorilähtökentän. Näiden vakio-optioiden yhdistäminen ei sellaisenaan onnistu, sillä molemmat kentät ovat oma kaappinsa, joiden ainoa vakioitu asennustapa kyseisessä runkotyypissä on välittömästi viimeisen invertterikentän oikealla puolella, sillä kummallekin kentälle tulee viedä invertterikentästä virtakiskot. Teknisesti laitteet eivät ole keskenään ristiriidassa, mutta vakioidun menettelytavan puuttuessa jäi OBE:n vastuulle kehittää erikoisratkaisu invertterilähdön kiskotusten viemiseen jarrukatkojakentän läpi.

Suurin osa single drive -asiakasräätälöinnistä kohdistuu ohjauspiiriin. Yleisimpiä muutoksia on esimerkiksi asiakkaan määrittelemien signaalitulojen ja -lähtöjen vieminen uudelle riviliittimelle, asiakkaan määrittelemään paikkaan. Eräs toinen yleinen vaatimus on uuden 110-230V ohjaus- tai apujännitepiirin lisääminen pääkytkimen etupuolelle, esimerkiksi asiakkaan omien laitteiden käytettäväksi, tai sisäisen syötön järjestämiseksi kaapin laitteille, jotka vaativat oletuksena erillisen syötön. Tällaisia laitteita ovat esim. lisäoptiona tarjottavat kaappien lämmittimet tai sisävalot. OBE:n sähkösuunnittelija mitoittaa ja valitsee tarvittavat komponentit, ja suunnittelee kytkennät, mutta kaapin runkotyypistä ja esimerkiksi tilaa vievien lisäoptioiden määrästä riippuen, lisämuuntajan asentaminen ei aina onnistu tavallisilla menettelyillä. Tässä tapauksessa OBE:n mekaniikkasuunnittelu voi kehittää muuntajalle normaalista poikkeavan asennuspaikan, ja suunnitella sille asennustarvikkeet.

### **2.3 Myynti ja pre-engineering**

Myyntiprosessi ja kaupanteko alkaa asiakkaan ja tämän paikallisen ABB:n myyntiyksikön (LSU, Local Sales Unit) väliltä. Mikäli asiakas tahtoo vakiolaitteen räätälöintiä, LSU konsultoi Suomessa sijaitsevaa myynnin osastoa, joka auttaa hiomaan asiakkaan ehdottamat muutokset alustavasti järkeviksi. Mikäli ehdotus vaatii tarkempaa teknistä selvitystä, myynti välittää sen tutkittavaksi lopullisesta suunnittelutyöstä vastaavalle OBE:lle. Tällöin vuorossa oleva OBE:n sähkösuunnittelija (pre-engineer) käy läpi ehdotuksen, ottaa selvää miten tai miltä osin se on mahdollista toteuttaa, ja selvittää sekä arvioi toteuttamiseen tarvittavat työtunnit ja kustannukset (mm. osat). Myynti saa työtunti- ja kustannusarvion pohjalta hinnan räätälöintityölle, ja asiakkaalle voidaan lähettää tarjous.



KUVIO 4. Hinnitteluprosessi suunnittelijan näkökulmasta

Edellä esitettyä vaihetta, jossa myynti pyytää haastaviin tai monimutkaisiin ehdotuksiin OBE:lta kommentteja sekä arviota kustannuksista, kutsutaan pre-engineeringiksi. OBE:n päätehtävä on toteuttaa räätälöitävien laitteiden suunnittelua, eli pre-engineering on sivutoimi, jota osa suunnittelijoista vuorollaan hoitaa suunnittelutyön ohella. Pre-engineerejä on yhteensä kaksi kerrallaan, single driveille sekä multidriveille molemmille yksi.

Pre-engineeringin ollessa viikoittain vuoroteltavana lisätehtävänä, on ongelmaksi noussut puutteellinen tiedon säilytys, sekä tiedon kulku eri pre-engineerien välillä. Tehtyjä työtunti- ja kustannusarvioita, eli lyhyemmin hinnoitteluja, ei ole järjestelmällisesti kirjattu tai arkistoitu, joten niiden löytäminen kuukausien tai vuosien päästä on haasteellista, ja pitkälti pre-engineerien muistin varassa. Hyödyntä-

mällä vanhoja hinnoitteluja voidaan välttyä tekemästä jo aiemmin tehtyä selvitystyötä turhaan uudestaan. Sen lisäksi, että saman tai lähes saman asian uudelleen hinnoittelu aiheuttaa turhaa työtä, myös eri pre-engineerit ovat antaneet hyvin erilaisia hinnoitteluja samoille asioille, joista osa voi olla hyvinkin yliampuvia, jolloin asiakas ei hyväksy tarjousta, tai käänteisesti liian matala arvio voi johtaa tappiolliseen kauppaan. Hinnoittelujen talteen ottaminen mahdollistaa tunti- ja kustannusarvion säätämisen toteutuneiden työtuntien ja kustannusten mukaan.

### 3 HINNOITTELUTYÖKALU

Kehitettävän työkalun laajuus ja ominaisuudet määritellään tarpeiden ja käytettävissä olevien resurssien pohjalta. Tavoitteena on tietokanta, johon suunnittelijat voivat kirjata tekemänsä hinnoittelut sellaisilla taustatiedoilla ja yksityiskohdilla, että hinnoittelua on mahdollista jäljittää ja hyödyntää jälkeenpäin. Käytettävissä olevien resurssien ja tietotaidon puitteissa työkalu päätetään luoda Excel työkirjasta, johon rakennetaan ja ohjelmoidaan käyttöliittymä hinnoittelujen luomiseen, sekä aiemmin tehtyjen hinnoittelujen hakemiseen, tutkimiseen ja jäljittämiseen. Työkalun tulee soveltua niihin tilanteisiin, joissa kaksi käyttäjää tarvitsee työkalua samaan aikaan, koska pre-engineering -vuorossa on kerrallaan kaksi suunnittelijaa. Varsinainen ohjelmointi tehdään Exceliin integroidulla kehitysympäristöllä, käyttäen kielenä Visual Basic for Applicationsia (VBA).

#### 3.1 Rakenne

Heti alkuun kartoitettiin pre-engineeringistä vastaavien suunnittelijoiden kanssa työkalun perusrakenne. Selviää, että hinnoitteluja ei kannata tehdä täysin itsenäisinä kokonaisuuksina, vaan hinnoittelun tulisi olla modulaarinen kokonaisuus pienempiä valmiiksi hinnoiteltuja ratkaisuja, ja koko laajempi hinnoittelu on pelkästään siinä käytettävien ratkaisujen summa. Pääsääntöisesti siis ratkaisut tulevat olemaan valmiita paketteja, joita sellaisenaan voi käyttää useammassa hinnoittelussa. Ratkaisut kirjataan ylös sellaisilla taustatiedoilla ja kuvauksilla, josta selviää minkälaisiin vakiolaitteisiin, kenttiin tai runkotyyppeihin ratkaisua on sellaisenaan mahdollista soveltaa. Ensisijaisesti ratkaisu sisältää tunnusteen (ID:n), kuvaukset ratkaisun sisällöstä, tiedot laitetyypistä tai -tyypeistä joihin se sopii, listan tarvittavista komponenteista ja niiden kustannukset, sekä ratkaisun toteuttamiseen kuluvat suunnittelun ja tuotannon työtunnit. Osien ja komponenttien valitsemiseen sekä niiden kustannusten hakemiseen oli jo olemassa entuudestaan Excel-pohjainen työkalu, joten tätä sovelletaan myös hinnoittelutyökalussa.

Hinnoittelu, joka kootaan ratkaisusta, kirjataan omaan tietokantaansa. Vastavasti myös hinnoitteluille merkitään tunnistetiedot ja kuvaukset, mutta tunnit ja kustannukset muodostuvat täysin siinä käytetyistä ratkaisusta. Tarkoitus on, että lopulta uusia hinnoitteluja olisi mahdollista tehdä pelkästään yhdistelemällä valmiita aiemmin hinnoiteltuja ratkaisuja, ja uusia ratkaisuja tehtäisiin vain silloin kuin soveltuvaa sellaista ei löydy valmiina.

Työkalun rakenteeseen vaikutti merkittävästi kahden samanaikaisen käyttäjän mahdollistamisen tarve. Työkalu tallennettiin verkkolevylle, joka asetti rajoitteeksi sen, että vain yksi käyttäjä kerrallaan voi avata kyseisen Excel-työkirjan muokkaustilassa. Tämä tuotti ongelman, koska työkalun käyttö edellyttää tehtyjen ratkaisujen ja hinnoittelujen tallentamista. Tähän ratkaisuksi päätettiin käyttää kokonaan erillistä työkirjaa hinnoittelujen luomiseen ja editoimiseen, jolloin alkuperäistä työkirjaa ei tarvitse ottaa muokkaustilaan hinnoitteluja tehdessä, ainoastaan valmista hinnoittelua tallentaessa, kun se tuodaan alkuperäisen työkirjan listaan.

### **3.2 Toiminnot**

Työn alkuvaiheissa kartoitettiin perusrakenteen lisäksi myös tähtäimessä olevia toimintoja, esimerkiksi työkalusta löytyviä pikalinkkejä, hakutoimintoja, tulostustoimintoja, rajapintoja muihin työkaluihin ja järjestelmiin, käytännössä asioita jotka olisi hyvä automatisoida, tai asioita joita voisi ylimääräisellä käyttöliittymällä tehdä intuitiivisemmiksi. Osana työtä oli selvittää mitä kaikkia toimintoja on mahdollista toteuttaa, eikä kaikkia ollut suoraan tarkoitus ehtiä tekemään opinnäytetyön puitteissa.

Työkalun tärkeimpiä toimintoja ovat ratkaisujen ja hinnoittelujen käyttöliittymät, niiden tallennus ja revisiointi, sekä niiden jäljittäminen. Tärkein tehtävä hinnoittelutyökalulle on alusta alkaen ollut tehdyn hinnoittelutyön tiedon talteen ottaminen, joten siihen liittyvät toiminnot työkalussa ovat ensisijaisessa asemassa. Tietoja kirjoitetaan Excel-tiedostoon rakennettuun käyttöliittymään, josta ne tallentuvat taulukon oikeisiin soluihin. Jokainen erillinen ratkaisu ja hinnoittelu tallennetaan taulukkoon omana rivinään. Osa käyttöliittymää on esitetty alla kuviossa 5, mutta

esimerkistä on poistettu tunnit ja hinnat. Lisäksi osa toiminnoista on vielä kehitettävänä, joten ulkomuoto on keskeneräisen näköinen.

Article Information

<b>General</b> ID: ART-3 Created on: 5.6.2021 Created by: Joonas Wessman Revision: 1 Last updated on: 5.6.2021 Last updated by: Joonas Wessman	<b>Article Information</b> Description: 400mm wide sine filter unit instead of standard 600mm for R9 Tags: sine filter, NSIN, 400mm Comments: Related to: <input checked="" type="checkbox"/> Cubide <input type="checkbox"/> Component <input type="checkbox"/> Component with some extra parts MRP codes: <a href="#">Edit MRP code list</a> Reference projects: <a href="#">Edit project list</a> <a href="#">Copy MRP code to clipboard</a> <a href="#">Search MRP code in SAP</a> <a href="#">Open project folder</a>
<b>Cabinet Information</b> Type: ACS880-07 R9 <a href="#">Edit</a> Current-voltage: 414A-5 Cubicle: SFU <a href="#">Edit</a> Cubicle width: 400 mm Option notes: +E206	<b>Cost Information</b> Electrical engineering hours for one pos: <input type="text"/> Production hours for one pos: <input type="text"/> Mechanical engineering hours for initial order: <input type="text"/> <a href="#">Inquire production and/or mechanical engineering hours</a> <a href="#">Fetch new values for production &amp; mechanical hours</a> <a href="#">Open production &amp; mechanical hours file</a> <a href="#">Create / edit components list</a> <a href="#">Open latest component list PDF</a> PPC price: <input type="text"/> From comp. list revision: 1 Date: 6/5/2021
<a href="#">Open article folder</a> <a href="#">See pricings where this article is used</a> <a href="#">Add this article to currently open pricing</a> <a href="#">Open list of AE Mechanical designs</a> Assembly drawings ACS880LC Assembly drawings ACS880 Air <a href="#">Insert as new line</a> <a href="#">Save changes and create new revision</a> <a href="#">Read line</a> <a href="#">Save without creating a new revision</a> <a href="#">Read previous</a>	

## KUVIO 5. Osa ratkaisun käyttöliittymästä

Ratkaisua (työkalussa käytetään termiä article) luodessaan käyttäjä kirjaa tekstikenttiin ratkaisun olennaisimmat tiedot. Uniikki ID, päivämäärät sekä revisionumerot määrittyvät automaattisesti. Käyttöliittymä johdattelee täyttämään taustatietoihin standardit käsitteet ja termit valmiista listasta valittavilla vaihtoehdoilla, tai alasvetovalikoilla. Kuviossa 5 näitä on esimerkiksi runkotyyppi (type), ratkaisua koskeva kenttä (cubicle) tai kentän koko (cubicle width). Tallennustoiminnolla kunkin tekstikentän arvot viedään ratkaisujen Excel-taulukkoon sen omalle riville, tekstikenttiä vastaaviin sarakkeisiin. Ratkaisuille tiedon varsinainen talletuspaikka on tämä taulukko. Tallennetun ratkaisun avaaminen avaa aiemmin esitetyn käyttöliittymän, ja tuo tekstikenttiin arvot taulukosta. Taulukosta ratkaisujen

hakeminen on mahdollista minkä tahansa tiedon perusteella, käyttäen Excelin valmiita suodatustoimintoja sarakekohtaisesti.

Description	Tags	Type	Current-voltage	Cubicle	Cubicle width
400mm wide sine filter unit instead of standard	sine filter, NSIN, 400mm	ACS880-07 R9	414A-5	SFU	400 mm
-I/O connections for [customer device]	[customer device], PT100, switch, button	ACS880-07 R9		ACU	800 mm

## KUVIO 6. Esimerkki tiedoista taulukossa

Työkalussa hinnoitteluille on saman kaltainen taulukko kuin ratkaisuillekin, mutta toisin kuin ratkaisut, niitä ei kirjata tai muokata suoraan työkalussa. Sen sijaan ne täytetään kullekin hinnoittelulle omassa, ID:n mukaan erotellussa työkirjassa. Hinnoittelujen taulukko päätyökalussa on lähinnä hakemista varten, yksityiskohtaisemmat tiedot ovat tallennettuna hinnoittelun omalle työkirjalle.

PRICING DETAILS:							
Pricing ID:	PRI-6	Description:	-I/O for [customer device] including main contactor control and PT100 relay -Door switches and button -400mm sine filter cabinet for both positions				
Created on:	5.6.2021	Tags:	[customer device], sine filter				
Created by:	Joona Wessman	Comments:	Pos 20 is R10 -> standard +E206 sine filter is 400mm				
Revision:	A						
Last updated on:	5.6.2021						
Last updated by:	Joona Wessman						
Sales support contact:	M. Myyjä						
Customer:	Oy Asiakas Ab						
Country:	Finland						
Email subject in pre-eng inbox:	Hinnoittelupyyntö						
SUMMARY:							
POSITION NAME:	TYPE CODE:	Total eng. hours:	Total prod. hours:	Total mech. eng. hours:	Parts PPC price:		
10	ACS880-07-0414A-5+E206+E208+F250+K454+L501+L503+L515+P902+P904+Q973+Q978	0	0	0	0		
20	ACS880-07-0460A-5+E206+E208+F250+K454+L501+P902+P904+Q973+Q978	0	0	0	0		
ARTICLES BY POSITION:							
POS:	TYPE CODE:	Engineering hours:	Production hours:	Mech. Eng. Hours:	Parts PPC price:		
10	ACS880-07-0414A-5+E206+E208+F250+K454+L501+L503+L515+P902+P904+Q973+Q978						
Article ID:	Rev:	Description:	Tags:	Engineering hours:	Production hours:	Mech. Eng. Hours:	Parts PPC price:
ART-4	1	-I/O connections for [customer device] including main contactor control and	[customer device], PT100, switch				
ART-3	1	400mm wide sine filter unit instead of standard 600mm for R9	sine filter, NSIN, 400mm				
All articles total:				0	0	0	0
POS:	TYPE CODE:	Engineering hours:	Production hours:	Mech. Eng. Hours:	Parts PPC price:		
20	ACS880-07-0460A-5+E206+E208+F250+K454+L501+P902+P904+Q973+Q978						
Article ID:	Rev:	Description:	Tags:	Engineering hours:	Production hours:	Mech. Eng. Hours:	Parts PPC price:
ART-4	1	-I/O connections for [customer device] including main contactor control and	[customer device], PT100, switch				
All articles total:				0	0	0	0

## KUVIO 7. Hinnoittelujen yksityiskohtaisempi näkymä

Yksi hinnoittelupyyntö saattaa sisältää useampaa erilaista vakiolaitetta ja sen sovelluksista koostuvaa laitekokonaisuutta. Nämä erotellaan kaupan sisäisiksi positioiksi, koska ne suunnitellaan erikseen, ja niihin tarvitaan yleensä eri ratkaisuja. Kuvion 7 esimerkissä positio 20 ei tarvitse ratkaisua ART-3, koska laite vakiona sisältää 400mm sinifiltterikentän, toisin kuin positio 10.

Ratkaisujen lisääminen hinnoitteluun tapahtuu hakemalla ratkaisuja päätyökaluista, josta ohjelmalla tuodaan ratkaisu tietoiseen hinnoittelun työkirjaan, käyttäjän määrittelemälle positiolle. Lopulta valmis hinnoittelu tallennetaan, ja viedään sen keskeisimmät tiedot päätyökalan hinnoittelujen listaan. Tallennus ja vienti ottaa automaattisesti päätyökalan muokkaustilaan, lisää hinnoittelun listaan, tallentaa työkirjan, ja vaihtaa sen takaisin lukutilaan. Työkirja on muokkaustilassa korkeintaan muutamia sekunteja, joten se ei juurikaan estä toista samanaikaista käyttäjää tekemästä omaa hinnoitteluaan.

Lopuksi valmiin hinnoittelun työkirjasta tulostetaan PDF -kooste, jonka suunnittelija välittää myynnille vastaukseksi hinnoittelupyyntöön. Tämän jälkeen kyseinen hinnoittelun revisio menee lukkoon, eikä sitä pysty enää muokkaamaan. Uuden revision luominen kopioi Excelissä vanhan revision välilehden ja ottaa seuraavan revisiotunnuksen käyttöön, mutta alkuperäinen vanha revisio jää edelleen Exceliin tarkasteltavaksi.

### **3.3 Kehitystyö**

Heti kehitystyön alussa selvitettiin työkalun tärkeimmät tavoitteet ja konkreettiset toiminnot, mutta muuten kehittämistyön suuntaa tai laajuutta rajattiin hyvin löyhästi. Etukäteen kartoittaminen oli hyvin haastavaa, sillä kehitystyöstä vastaavalla ei ollut lainkaan kokemusta pre-engineeringistä, eikä käytetystä ohjelmointikielestä, tai mistään yhtä laajasta ohjelmointiprojektista.

Työkalun kehityksen tukena käytettiin tiimin käytössä olevia muita Excel työkaluja, joista oli mahdollista ottaa mallia, sekä osittain suoraan lainata koodia. Nämä työkalut kehittänyt tiimin suunnittelija myös auttoi tarpeen mukaan.

Työn selvästi suurimpana haasteena erottui verkkolevylle tallentamisesta ja kahden käyttäjän mahdollistamisesta aiheutuneet rajoitteet, eli niistä johtuva päätös käyttää erillistä työkirjaa hinnoittelujen täyttämiseen. Se oli ratkaisu, johon päädyttiin vasta monien muiden lähestymistapojen harkitsemisen jälkeen. Käyttäjän näkökulmasta tämä järjestely on selvästi monimutkaisempi käyttää kuin muut vaihtoehdot, mutta se oli ainoa toimiva järjestely, joka pystyttiin tämän projektin puitteissa toteuttamaan. Siihen myös päädyttiin vasta kesken työkalun kehityksen, joten aikataulu sen toimintakuntoon saattamiseksi oli rajallinen. Kyseessä oli yksi työkalun keskeisiä toimintoja, joten sen valmiiksi saaminen oli siitä huolimatta olennaista. Kehitystyön kannalta se oli myös ehdottomasti haastavin osuus toteuttaa, tietojen vieminen työkirjasta toiseen sekä työkirjan luku-/muokkaustilan manipulointi ohjelmallisesti vaati Excelin ominaisuuksien takia luovia ratkaisuja, sekä paljon ohjelmakoodia.

Opinnäytetyön puitteissa toteutettavat ominaisuudet saatiin rajattua lopulliseen muotoonsa vasta kehitystyön viimeisillä viikoilla. Perustoiminnallisuudet olivat kunnossa, mutta selvisi, että aikataulun takia muutama alun perin suunnitelmassa ollut kokonaisuus oli jätettävä pois.

## 4 POHDINTA

Projektin lähtökohtainen tavoite oli kehittää työkalu tai tietokanta, johon kirjataan hinnoitteluja järjestelmällisesti, jotta niitä voidaan hyödyntää myös tulevaisuudessa. Tämä tavoite saavutettiin. Varsinaista työtuntien säästöä työkalu ei tule tuottamaan välittömästi käyttöönoton jälkeen, koska sen hyödyllisyys riippuu sinne kirjattujen ratkaisujen ja hinnoittelujen määrästä. Todellinen saavutettava hyöty näkyy pidemmän ajan kuluessa.

Lopputuloksena syntyi testeissä toimivaksi todettu kokonaisuus, mutta käytännön kokemuksia ei saatu opinnäytetyön puitteissa, koska työkalua pilotoidaan vasta tulevaisuudessa. Työkalun tulevista käyttäjistä suurin osa on vain nähnyt sen esittelyssä, ja kaikki käytännön testaus on ollut vain minun sekä yhden suunnittelijan vastuulla. Ulkopuolisten suorittaman testaamisen puuttuessa lienee hyvin todennäköistä, että pilotointivaiheessa työkalusta löytyy jonkin verran nopeaa kehitystä tai korjausta vaativia ongelmakohtia, joita kehittäjän näkökulmasta ei osaa odottaa. On myös vaikea arvioida, miten helposti kehitystyön ulkopuolella ollut taho oppii käyttämään työkalua, mutta jälkiviisaana tunnistan itsekin osia, jotka eivät ole erityisen intuitiivisia. Useimmissa niistä taustalla on kehittäjän kokemuksen puute. Minulla ei ollut lainkaan kokemusta vastaavasta ohjelmoinnista, eikä myöskään pre-engineeringistä, eli jouduin tutustumaan molempiin kunnolla vasta projektin aikana.

Huomattavimmat epäkohdat liittyvät juuri projektin alkupuolella tehtyihin ominaisuuksiin, mistä kaikkia en ehtinyt parantaa projektin loppupuolella uuden tiedon ja paremman osaamisen valossa. Päätös tehdä hinnoittelujen luomiseen kokonaan erillinen Excel syntyi vasta kesken projektin, sen jälkeen kun olin jo ehtinyt toteuttaa ratkaisujen luomiseen liittyvät osiot kokonaan. Kun lopulta sain hinnoittelujen luomisen ja lisäämisen toimimaan halutulla tavalla, alkoi se vaikuttamaan paremmalta tavalta toteuttaa myös ratkaisujen käsittely. Ratkaisuille voisi tehdä samankaltaisen erillisen työkirjan, jossa käyttäjä täyttää tiedot, ja samaan voisi myös sisällyttää ratkaisun komponenttilistan. Tallentaessa tiedot vietäisiin päätyökalun ratkaisujen taulukkoon. Tämä parantaisi edelleen työkalun käytettä-

vyyttä kahden samanaikaisen käyttäjän tilanteessa, työkalun ei tarvitsisi olla jatkuvassa muokkaustilassa kummallakaan edes ratkaisuja luodessa, toisin kuin tämänhetkisellä toteutuksella. Toisaalta vasta käyttöönoton jälkeen selviää, miten paljon todellisuudessa käyttäjien osalta tulee päällekkäisyyttä, joten tämän jatkokehitysidean tarpeellisuus ja prioriteetti selviää vasta pilotoinnin jälkeen.

Muitakin jatkokehitysideoita on jo keksitty, mutta vielä ei ole laadittu tarkempaa suunnitelmaa tai aikataulua jatkokehityksen toteuttamisesta, mutta työkalun luonteen ansiosta sitä on hyvin mahdollista kehittää muun työn ohessa, ja sivutoimena se tulee hyvin todennäköisesti jatkumaan.

## LÄHTEET

ABB. ACS880 single drives catalog. Luettu 30.5.2021.

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000098111&LanguageCode=en&DocumentPartId=1&Action=Launch>

ABB. Hardware manual. ACS880-07 drives (560 to 2800 kW). Luettu 30.5.2021.

[https://library.e.abb.com/public/8093ee54ae0744329f7e2c9fb7e467bd/EN\\_ACS880\\_07\\_\(560\\_2800\\_kW\)\\_HW\\_Man\\_E\\_A4.pdf](https://library.e.abb.com/public/8093ee54ae0744329f7e2c9fb7e467bd/EN_ACS880_07_(560_2800_kW)_HW_Man_E_A4.pdf)

ABB. Hardware manual. ACS880-107 inverter units. Luettu 6.6.2021

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000102519&LanguageCode=en&DocumentPartId=1&Action=Launch>

ABB:n TTT-käsikirja 2000-07 Luku 18: Sähkömoottorikäytöt.

Hietalahti, L. 2013. Sähkövoimatekniikan perusteet. 1. Painos. Tampere: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka