

Mauri Kaukamo

Omakotitalon sähköjärjestelmien tuotemallinnus ja urakointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

21.8.2017

Tekijä Otsikko	Mauri Kaukamo Omakotitalon sähköjärjestelmien tuotemallinnus ja urakointi.
Sivumäärä Aika	17 sivua + 4 liitettä 21.8.2017
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Sähkö voimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Osmo Massinen
<p>Opinnäytetyön aiheena on omakotitalon sähköjärjestelmien tuotemallinnus sekä urakointi. Työn tarkoituksena on perehtyä BIM tuotemallinnukseen ja sen käyttöön omakotitalon rakennusurakassa. Työssä tarkasteltiin suunnitteluohjelmien tuotetietomallien ominaisuuksia ja niiden käyttöä suunnittelun ohjeistuksessa.</p> <p>Työssä tarkasteltiin omakotitalon tuotemallien viemistä urakointivaiheen kustannuslaskentoihin ja verrattiin tiedostojen vastaavuutta kohteen todellisiin, toteutuneisiin tarvikemääriin.</p> <p>Lisäksi laskelmissa vertailtiin lisä-, ja muutostöistä syntyneitä muuttuneita tarvikemääriä alkuperäisiin laskelmiin.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin rakennusprojektina, jossa tuotemallinnusta käytettiin osana omakotitalon sähkösuunnittelua.</p> <p>Työn tuloksena voidaan havaita tuotemallinnusten olevan tärkeässä osassa tulevaisuuden sähkösuunnittelussa. Tuotemallinnuksissa havaittiin määrälaskennassa olevan myös eroja riippuen käytettävistä ohjelmista. Tuotemallinnuksen avulla voidaan vähentää laskentaan käytettyä aikaa ja saadaan aikaan luotettavia määrälaskentoja. Tuotemallinnuksen avulla voidaan luoda myös näyttäviä 3D kuvia ja kokonaisuuksia.</p>	
Avainsanat	tuotetietomalli, Cads, määrälaskenta

Author Title	Mauri Kaukamo Product modeling and contracting of residential electrical systems.
Number of Pages Date	17 pages + 4 appendices 21 May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Osmo Massinen, Senior Lecturer
<p>The subject of the Bachelor's thesis is product modeling and contracting of electrical home electrical systems. The purpose study was to familiarize with the BIM product modeling and its use in a house renovation project. The study looked at the design features of product design templates and their use in design guidance.</p> <p>The study looked at how to bring home product models into the cost calculation of the contracting stage and compared the equivalence of the files to the actual, actual inventory of the item.</p> <p>In addition, the computations compared the additional costs of alterations and modifications to the original calculations.</p> <p>The study was carried out as a construction project where product modeling was used as part of the electrical design of a private household.</p> <p>As a result of this work, it can be said that product modeling can be seen as an important part of future electrical design. In product modeling, there were also differences in volume calculation depending on the software used. Product modeling can help reduce the time spent in computing and provide reliable volume calculations. Product Modeling can also create spectacular 3D-images and entities.</p>	
Keywords	product model, Cads, quantity surveying

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakennustietomalli BIM	2
2.1	Tietomallintamisen hyödyt	3
3	Kohteen esittely	5
3.1	Suunnittelun lähtökohta.	6
3.2	Suunnitelmamuutokset ja niiden kustannukset	9
3.3	Suunnittelussa käytetty ohjelmisto.	11
4	Tulokset suunnitelmista	11
4.1	Huomiot ohjelmistosta	12
4.2	Huomiot rakennushankkeesta.	15
4.3	Määrälaskelmat suunnitelmista	15
4.4	Toteutuneet sähkö tarvikemäärät hankkeesta	16
5	Pohdinta	16
	Lähteet	18

Liitteet

Liite 1. Määräluettelo

Liite 2. Määräluettelo hinnoilla

Liite 3. Tasopiirustus Rev A

Liite 4. Tasopiirustus Rev B

Lyhenteet

BIM	Building Information Model. Rakennuksen tietomalli
IFC	Industry Foundation Classes IFC-tiedonsiirtoa käytetään erityisesti tuotemalliperusteisessa rakennussuunnittelussa.
Ovh.	Ohjevähittäishinta.
Rev.	Suunnitelma muutos merkintä.
ARK	Arkkitehtipohja.
YTV 2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012.
YIV 2015	Yleiset infratietomallivaatimukset 2015.

Tuotetietomalli Tuotetietomalli määrittelee mitä tietoja tuotemalli kattaa, valmistaja, malli merkintä ja tuotekoodin.

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä käsitellään tuotemallisuunnittelu ohjeistuksia yleisellä tasolla Suomessa. Suomessa on eri tilaajilla erilaisia tasovaatimuksia tuotemallisuunnitelmasta. Opinnäytetyössä perehdytään siihen, mitä yleistä hyötyä on tuotemallisuunnittelusta, minkälaisia etuja tilaaja saa tuotemalli suunnitelmasta, mikä on tilaajan vastuu tuotemallin tarkkuudesta ja sen laadusta.

Suomen rakennusteollisuus on ottamassa isoa harppausta BIM eli tuotemallisuunnittelussa muutaman vuosien kuluessa. Rakennuksien tuotemäärätietoa käytetään rakenteiden ja LVI suunnittelun osalta nyt jo kohtalaisen paljon, mutta parannettavaan ja kehitettävää olisi vielä paljon, jotta saataisiin kaikki ohjelmiston hyöty irti.

Oman kokemuksen mukaan ohjelmistot pystyvät tuottamaan näyttäviä kokonaisuuksia rakennuksista ja rakenneosista. Suunnittelijoiden ohjelmistojen käyttöosaaminen vaihtelee paljon, Suomesta löytyy osaavia suunnittelijoita/suunnittelutoimistoja jotka osaavat käyttää ohjelmistoja ja luomaan ohjelmistolla näyttäviä 3D-suunnitelmia. Ohjelmistovalmistajien pitäisi olla aktiivisempia ja kouluttaa osaavia suunnittelijoita/suunnittelu toimistoja ja olla kertomassa tilaajille minkälaisia etuja on 3D-/ ja BIM-suunnittelusta on ja näyttää tilaajille valmiita kohteita, joissa suunnittelu on toteutettu tietomallisuunnitteluna. Suomen isoin sijoitusyhtiö voisi olla edelläkävijänä asiassa ja olla kertomassa toteutuneista kohteista etuja tuotetietomallista ja mitä hyötyä on ollut rakennukselle elinkaaren aikana.

Työssä toteutettiin omakotitalon sähkösuunnittelu tuotemallisuunnitteluna, jossa käsitellään suunnitelmien muutoksia sekä muutoksista johtuvia kustannuksia. Työssä myös verrataan suunnitelmista saatuja määräluetteloita ja toteutuneita tuotemääriä.

Työssä myös perehdytään yleisellä tasolla tuotemallisuunnittelun laatuun Suomessa. Tarkastellaan myös sähkösuunnitteluohjelmien tarkkuutta ja sitä, missä kohdissa mahdollisesti voisi tulla virheitä määrälaskennassa. Perehdytään siihen, miten pitäisi parantaa suunnitelmien laatutasoa, joka vaihtelee suunnittelijasta tai suunnittelutoimistosta johtuen.

2 Rakennustietomalli BIM

BIM eli Building Information Model on rakennustietomalli rakennusprojektista. Tietomalli on digitaalinen kuva rakennuksesta ja rakennukseen käytetyistä materiaaleista. Suomessa kyseistä tietomallia on päivitetty vuosina 2011-2012 useiden eri tahojen toimesta COBIM hankkeena. Päivityksessä saatiin aikaiseksi suomenkieliset tietomallivaatimukset. Päivitystä olivat mukana rahoittamassa Senaattikiinteistöt ja useita muita kiinteistöjen omistajia, rakennusliikkeitä sekä rakennuttajia sekä Building Smart. Building Smart on taho josta tietomallivaatimukset eli YTV 2012 löytyvät. Se on Suomessa toimiva puolueeton yhteisöfoorumi. BIM-ohjeistukset riippuvat tilaajasta ja tilaajan vaatimustasosta. Building Smart Finland ylläpitää eri alueille talo YTV2012, infra YIV2015, standardit ja kaupunkimallinukset ohjekirjaa. Liikennevirastolla on omat ohjeistukset silta, tie ja rata hankkeille suunnittelutasosta riippuen. Ohjeistukset määrittellään sen mukaan mitä sähköobjekteja malli pitää sisällään [taulukko 1]. Muuntamot ja isot keskustilat ja isot keskukset ja kojeistot ovat yleisimpiä mitä mallinnetaan, tilan tarpeen takia. Sähkökalusteita ei yleensä mallinneta, arkkitehti voi halutessaan tehdä erillisen mallihuoneen, jolloin mallinnetaan kaikki yksittäiset komponentit 3D-pohjalle, jotta saadaan tarkka tietokannan hallintajärjestelmä tiedosto eli IFC. [1; 5, liite 1; 6.]

Taulukko 1. Liikenneviraston suunnitelma vaatimuksia sähkön osalta [8, Liite 1.]

Liite 1 / 1 (7)

Inframallin tarkkuusvaatimukset

Värikoodi	Mallinnustarkkuus
	Lähtökohtaisesti ei mallinneta. Voidaan sopia hankekohtaisesti.
	Mallinnetaan osien ulkopinnat. Ei vaadita tilavuusominaisuuksia; 2D-pinta, aluerajaus tai taiteviiva riittää.
	Mallinnetaan osat 3-ulotteisina kappaleina, pintoina, taiteviivoina. Objektien ominaisuustiedoista kerrotaan vain ko. suunnitteluvaiheessa olemaan asiat.
	Mallinnetaan täydellinen kuvaus rakenteesta.
	Mallinnus ja sen tarkkuustaso sovitaan hankekohtaisesti.

	Selitys
P	Pakollinen, mallinnetaan aina
H	Hankekohtaisesti
E	Ei mallinneta (ei relevantti asia suunnitteluvaiheen kannalta)

Siltojen ja muiden taitorakenteiden osalta noudatetaan

Siltojen tietomalliohjetta (LO 6/2014)

RO = Rakennusosa

Esisuunnitteluvaiheessa sovelletaan yleissuunnitteluvaiheen tarkkuustasoa.

RO	Suunnitelman osa	Yleis	Tie Rata	Rak	Lisähuomiot
	Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät				
3310	Sähkön- ja tiedonsiirtorakenteet	P	P	P	
3320	Kaapeleiden putkien ja johtojen suojarakenteet	E	P	P	
3331	Pylväät	E	P	P	
3332	Ilmajohtojen kannatinrakenteet	E	P	P	
3333	Mastot	H	P	P	
3334	Portaalit	E	P	P	
3339	Muut kannatusrakenteet	H	H	H	
3360	Valaistusrakenteet	P	P	P	
3370	Sähkö-, tele- ja konetekniset laitteet	H	P	P	Tie- ja ratasuunnitteluvaiheessa tilavaraus riittää.
3381	Radan sähkön- ja tiedonsiirtorakenteet	H	P	P	Rakennussuunnitteluvaiheessa sovitaan hankekohtaisesti, mikäli vaaditaan tarkempaa mallinnustarkkuutta.
3384	Raitiotieliikenteen sähkön- ja tiedonsiirtorakenteet	H	P	P	

2.1 Tietomallintamisen hyödyt

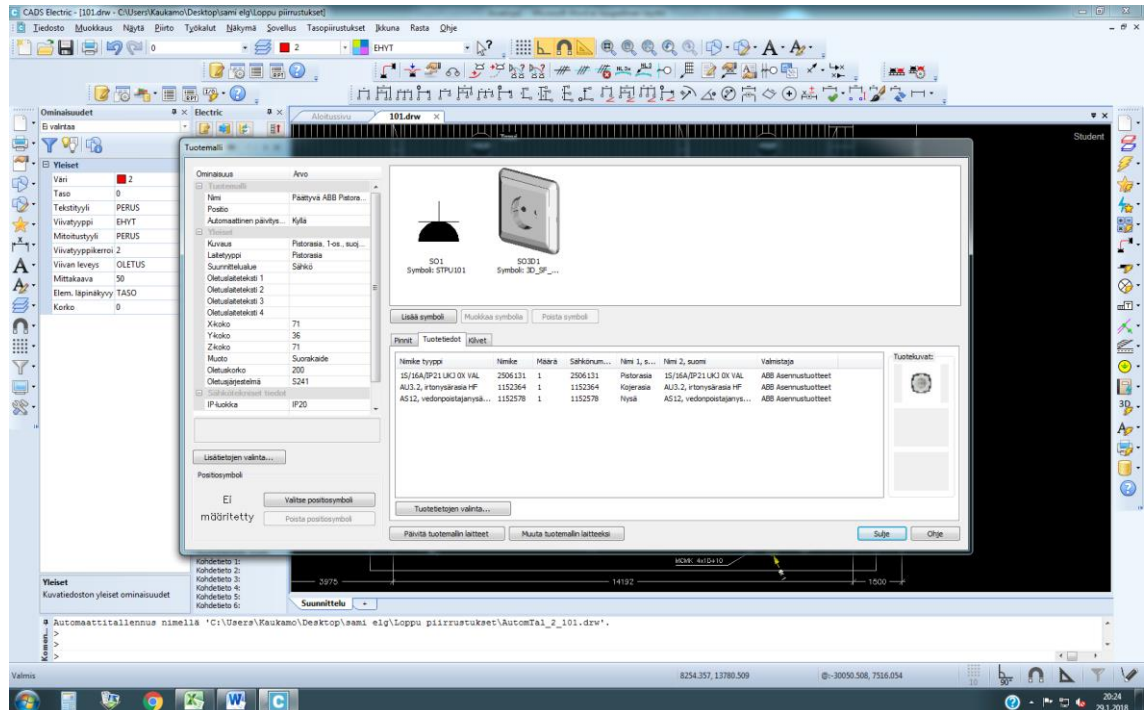
Tuotetietomalli on digitaalinen malli, jossa yksittäisen objektin kaikki tiedot ovat koottuna 2D-symbolin sisälle, esim. valmistaja, tuotemalli, tuotteen koko x-, y-, z-koordinaatit, määrät ja laatu jolla pystytään luomaan 2D/3D symboli digitaaliseen ympäristöön (kuva 2).

Tietomallia voidaan hyödyntää rakennushankkeen monessa eri suunnittelu vaiheessa. Tuotetietomallista saadaan tarkka kuvaus rakennusrakentamisen kustannuksista ja elinkaaritietoa, jolla yllä pidetään kiinteistön kuntoa. Yhdessä tiedostossa on kaikki kiinteistöön käytetyt materiaalit, materiaali valmistajat ja käytetyt materiaalmäärät. Tämä tekee työstä helpompaa ja sujuvampaa. Tiedostoon saadaan koottua kaikki tarvittavat. Tietomallintamisen avulla saadaan aikaiseksi todenmukainen 3D-lopputulostulos sekä selkeämpi kuva projektin kokonaisuudesta. Tämä auttaa saavuttamaan myös laadukkaampaa lopputulosta kokonaisprojektista. Suunnitelmien sisältö ja tuotemalli mahdollistaa yksityiskohtaisemmat detaljien kuvat sekä mahdollistaa myös simuloinnin eri tilanteissa. Suunnitelmista saatua tietoa voidaan hyödyntää monessa eri vaiheessa rakennusprojektin aikana. Sen avulla rakennuksen koko elinkaari on hallittavissa paremmin.

Tietomalli myös mahdollistaa yhteiskäyttöä ja sen, että kaikilla BIM projektin suunnittelijoilla on ajantasainen tieto hankkeesta hankkeen. Näin se luo pohjan yhtenäiselle suunnittelulle ja helpottaa tiedon yhteiskäyttöä. Yhtenevät ohjeistukset myös takaavat paremman laadun rakennusprojektissa, riippumatta suunnittelijasta. Tuotemalli mahdollistaa geometrian vuoksi visualisoinnin, jolla voidaan suorittaa törmäystarkastelu esimerkiksi Tekla BIM sight ohjelmalla. Näin pystytään jo suunnittelu vaiheessa puuttumaan ja ratkaisemaan ongelmakohtia, jotka aikaisemmin olisivat vaatineet työmaalla käynnin. Sen avulla säästetään työmailla tapahtuvaa selvitystyötä ja mahdollisia lisäsuunnittelu töitä rakennushankkeen aikana.

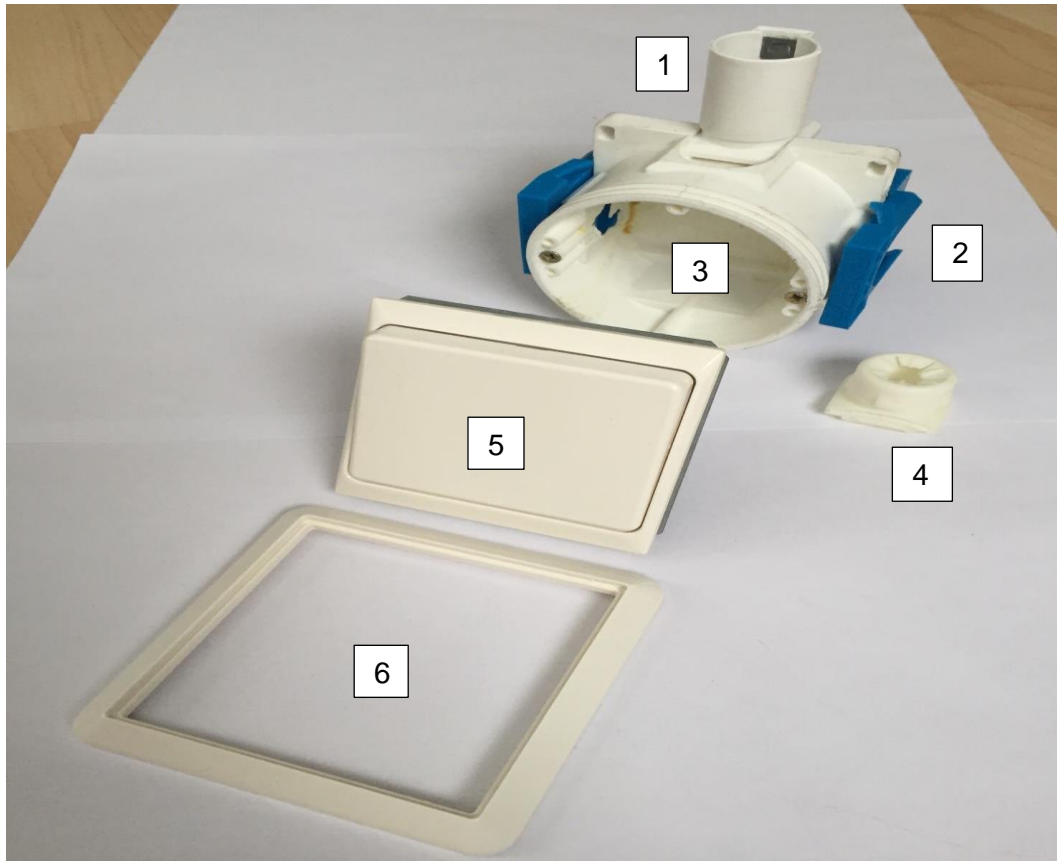
Tuotemallista saadaan aikaiseksi myös reaaliaikaiset tuotemääräluettelot sekä tuoteryhmät. Koko projektin määrälaskenta voidaan suorittaa muutamassa sekunnissa, riippumatta siitä kuinka suuri rakennus on. Ilman BIM-tuotemallisuunnittelua määrälaskenta on työlästä ja hidasta riippuen projektin kokonaiskoosta. Isoissa kohteissa laskenta voi olla hidasta ja kestää useita päiviä, sen lisäksi käsin tehty manuaalinen laskenta altistaa virheille. BIM nopeuttaa suurien kohteiden määrälaskentaa ja tarkentaa laskentaa. [2, s.11–20; 4, s.18–19.]

Kuvassa 1 on nähtävillä Cads Pro -ohjelmistolla luotu 2D sekä 3D tuotemalli, jossa saadaan putkettoman väliseinäsäennukseen tarvittavat tarvikkeet. Kuvassa näkyy kuinka merkitään yksiosainen uppopistorasiakalustesarja, jonka malli on ABB Jussi.



Kuva 1. Cads Pro -ohjelmisto tuotetietomallin määrittely.

Piirustuksessa 2D-symboli sisältää tarkan tuotetiedon, jota hyödynnetään määrälaskennassa. Yksittäiset sähköpisteet esim. pistorasiat ja kytkimet, niitä ei yleensä mallinneta tasopiirustuksiin. Tuotemallisuunnitelma voidaan tehdä 2D ARK. -pohjaan, mikä nopeuttaa määrälaskentaa. Määrälaskenta nopeutuu ja helpottuu, koska ohjelma itsessään laskee tarvittavan määrän valmiiksi. Tämä vähentää myös laskennan virheitä verrattuna käsin tapahtuvaan laskentaan. Esimerkkikuvassa 2 on määritetty kaikki kytkinasennukseen tulevat komponentit.



Kuva 2. Esimerkki tuotemalli kytkimestä valmistaja Schneider Electric Artic 6/1. 1: AN20 putkinsä 1kpl 2: ABB PMR 577.65 Rasiatuki 2 kpl 3. ABB kojerasia AU 3.2 1kpl 4: ABB AS12 vedonpoistonsä putkettomaan asentukseen 1kpl 5. Schneider Electric Artic Kytin 6/1 valkoinen 1kpl 6. Schneider Electric Artic peitelevy 1-osainen valkoinen 1kpl.

3 Kohteen esittely

Työn kohteena oleva rakennushanke on toteutettu Tuusulan Jokelassa. Arkkitehtipiirustukset ovat ARK pohjat ja ne ovat 2D-suunnitelmia. Kohteen rakennuttajana toimiva asiakas ei katsonut 3D-mallintamista tarpeelliseksi. Omakotitalo on pohja pinta-alaltaan 142 m² ja rakennuskuutioita on 521 m³. Asuutilat ovat yhdessä kerroksessa. Talo on rakennettu tuulettuvalla alapohjalla ja materiaaliksi sekä julkisivuksi valittiin perinteinen puurunko mutta moderni ulkomuotoilu.

Sähkökaapelointi suoritetaan putkettomalla asennuksella. Putkettomassa asennuksessa jää yksi työvaihe kokonaan pois, joten kaapelointi on helpompi toteuttaa. Rakennus lämmitetään varaavalla lattialämmityksellä, öljytäytteisillä sähköpattereilla ja varaavalla takalla sekä kustannustehokkaalla ilmalämpöpumpulla.

Rakennuttaja oli valinnut asennuskalustesarjaksi hyvin yleisesti käytetyn ABB jussin, sen kustannustehokkuuden takia. Jussisarja on perussarja ja edullinen kustannuksiltaan. Valaisimiksi asiakas halusi modernimpaa tyyliä. Valaisinten valittu moderni ulkomuotoilu tulisi sopimaan asunnon tulevaan sisustukseen. Talon ulkovalaistus valittiin julkisivun värin mukaisesti ja sopimaan talon yleisilmeeseen. Alueella minne talo rakennettiin, on käytössä kaapeliverkko tai vaihtoehtoisesti asukas voi valita itselleen 4G-liittymän. Kiinteistö kuuluu kaapeliverkkoalueeseen, ja sen asukas myös halusi itselleen valita. Kaapeliverkko toteutettiin valokuitukaapelilla IT-keskukseen. Asunnon tietoliikenneyhteys jaetaan yleiskaapelointia pitkin eri puolelle huoneistoa.

3.1 Suunnittelun lähtökohta.

Rakennuttaja toimitti ARK A3 -pohjakuvat, joihin oli käsin merkitty tarvittavat sähköpistemerkinnot, suunnitelmapohjatiedot asemakaavasta, pohjapiirustus ja julkisivu leikkaukset. Sähkösuunnitelmat aloitettiin annettujen tietojen pohjalta.

Kohteen sähkösuunnitelmat toteutettiin tuotetietomalli pohjaisesti, vaikka suunnitelmat olivat 2D-mallilla, ARK -pohjalla. Rakennuksen sähkösuunnitelmista hyödynnettiin tietomallisuunnittelusta tulevaa määräluetteloa. Tarvikemassaluettelolla pystyttiin laskemaan kustannukset tarvikkeiden osalta tarkasti.

Sähköurakka suoritettiin tuntiveloitusperiaatteella, joka tulee pienrakennuskohteissa yleensä tilaajalle edullisemmaksi kuin laskettu kiinteähintainen urakka. Tässä rakennus hankkeessa rakentaja on rakennusalan ammattilainen, joka pystyy sopimaan seuraavat työvaiheet etu käteen, jotta työt etenevät aikataulussa. Urakkalaskennassa otetaan huomioon mahdolliset ylimääräiset kustannukset, jotka sisällytetään urakkahintaan. Se myös antaa tilaajalle mahdollisuuden tehdä muutoksia kohteeseen ilman erillistä lisä- tai muutostyötarjousta.

Kuvan 3 asemakaavassa käy ilmi tontin kaltevuus, joka tuo haasteita ulkovalaistukselle. Tulevat autopaikat oli piirretty, ja niihin laitettiin autolämmityspisteet. Vihersuunnitelma oli kesken ja toteutus vasta rakennushankkeen loppupuolella.

3.2 Suunnitelmamuutokset ja niiden kustannukset

Rakennusprojektin edetessä tilaaja muutti tilojen käyttötarkoitusta. Rakennuttaja muutti huonetiloissa tasaisen alakaton vinoksi katoksi, huoneisiin tehtiin parvi joka toi huoneisiin lisää käyttötilaa. Revisio merkintä Rev.A (liite 3) kuva oli rakennuttajan raakavedos, johon oli piirretty toiveita ja ajatuksia tilojen suhteen. Rakennushankkeen edetessä rakennuttajalle tuli tarve tehdä muutoskuva. Rev.A-kuvasta tehtiin tarvittavat muutokset kuvaan Rev.B (liite 4) jossa, sähköpisteiden määrät ja paikat määriteltiin uudestaan täsmäämään tilaajan tarvetta. Tilaajaa määritteli sähkökalustemallit ja valaisinmallit, mallit tarkentuivat työn edetessä ja osa valaisimista poistui suunnitelmista kokonaan. Muutospiiirustuksesta johtuen valaisimien muutokset toivat rakennuttajalle lisäkustannuksia kohtalaisen paljon. (liite 4). Tilaajan tekemistä muutoksista johtuen tarvikkekustannukset kohosivat kokonaisurakassa sähkö n:10 % taulukko 2. Sähköurakan kokonais- tarvikkekustannukset, oli Rev.A (liite 3) kuvassa 10 282,41 euroa tilaajan muutoksista johtuen, tuleva tarvikkekustannus nousu on 1 186,68 euroa suurempi. Rev.B (liite 4) kuvassa kokonais- kustannus oli 11 472,68 euroa (taulukko 2.) Yksittäinen osa alue joka nosti hintaa sähköurakassa, oli sähkökalusteet ja valaisin määrien lisääminen ja mallin vaihdos. Sähkökalusteet nousu 25 % ja asennusjohdot pieneni -11 % valaisimien osalta hinnan nousu 18 %, sillä tilaaja muutoksesta johtuen valaisimien määrät ja malli muuttuivat loppujen lopuksi kohtalaisen paljon. Suurimmat osa alueet, jotka hintaa määrittelevät kuten, lämmitys ja sähköjakelu, pysyivät samoina kuin alkuperäisessä suunnitelmassa johtuen siitä, että muutoksia keskuksiin ja lämmitysjärjestelmiin ei yleensä tule. Lämmitysjärjestelmä on määriteltä rakennuslupaan ja energiatodistukseen laskelmiin (taulukko 4.). Rakennushankkeen sähkötarvikkeet ovat laskettu SLO tuotetukun ohjevähittäishinnan mukaisesti. Jokainen urakoitsija laskee tarvikkeille oman kateprosentin, jolla myydään tarvikkeet asiakkaalle. [2, s.18.] (liite 2)

Taulukko 2. Sähköurakan tarvikkeiden kokonaiskustannukset.

Nimi	Summa	Muutos %
Laskenta hinta Rev.A	10 282,41 €	
Toteutunut kokonais- hinta	11 431,13 €	
Hinnan muutos asiakkaasta lähtöisin	1 148,73 €	10 %

Sähköurakan toteutunut hinta oli lopulta 11 431,13 euroa, muutosta alkuperäiseen piirustukseen oli 10 % (taulukko 2). Kustannuksen nousu aiheutui pääosin rakennuttajan haluamista muutoksista taulukko 4. Suurin yksittäinen ryhmä joka nosti rakennuttajan kustannuksia, oli valaisimien malli/määrä muutokset. Valaisimien osuus kokonais kustannuksista on 32 % (taulukko 3).

Omakotitalon sähköurakka jakautuu tasaisesti mutta valaisimet ja sähkökalusteet ovat urakan kustannuksista kallein osa. Taulukosta 3 näkyy, miten sähköurakan kustannukset jakautuvat koko hankkeen aikana. Rakennushankkeen edetessä ja valmistumisasteen lisääntyessä kustannukset lisääntyvät johtuen siitä, että kokonaiskustannuksista kalusteet ja valaisimet ovat yksi suurimmista. Sähkö asennuksissa asennuskaapeleiden osuus on 12 %, joka on kohtalainen kustannus, vaikka kaapeleita on määrällisesti paljon. Sähkönjakelu ja lämmityskustannukset ovat yhteensä 31 % kokonaiskustannuksista, valaisimien kustannukset ovat samalla tasolla kokonaiskustannuksista, keskuksset ja lämmitystarvikkeet menevät hankkeen alkuvaiheessa työmaalle. Valaisimet ja sähkökalusteet menevät työmaalle vasta urakan loppupuolella, jolloin yleensä on rakentajan koko hankkeen budjetti kulutettu loppuun.

Taulukko 3. Kokonaiskustannukset jakautuminen ryhmittäin.

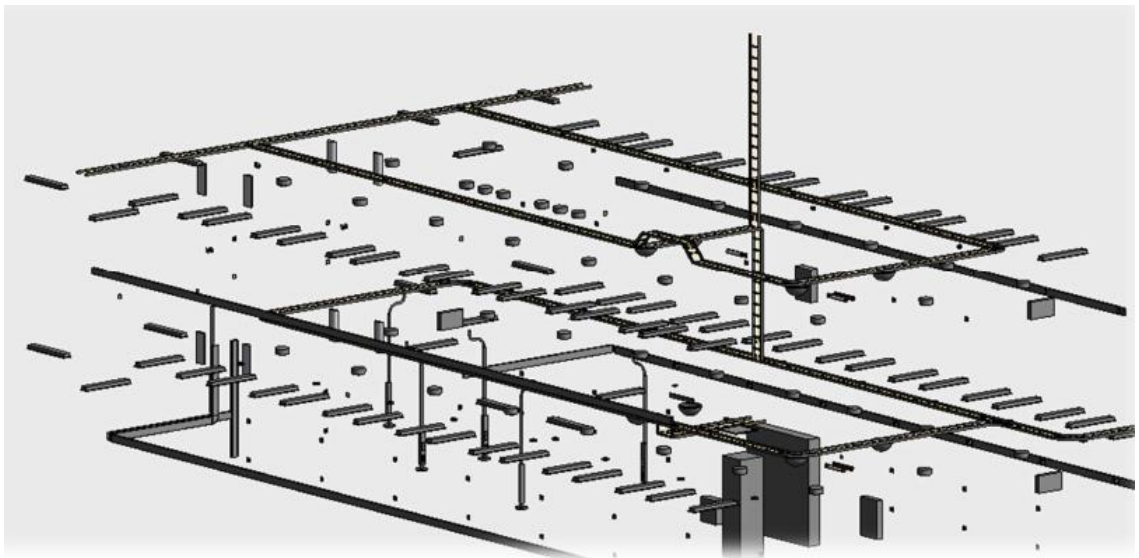
Nimi	Toteutunut	% osuus - kok urakka
Sähkönjakelu	1 372,00 €	12
Putkitus	378,29 €	3
Lämmitys	2 130,00 €	19
Asennusjohto	1 369,02 €	12
Kalusteet	2 468,22 €	22
Valaisimet	3 713,60 €	32

Taulukko 4. Laskelma muutoksesta johtuvista kustannuksista.

Nimi	Rev.A	Toteutunut	Muutos %
Kalusteet	1 876,00 €	2 468,22 €	24 %
Asennusjohto	1 518,18 €	1 369,02 €	-11 %
Lämmitys	2 130,00 €	2 130,00 €	0 %
Putkitus	352,52 €	378,29 €	7 %
Sähkönjakelu	1 372,00 €	1 372,00 €	0 %
Valaisimet	3 033,70 €	3 713,60 €	18 %

3.3 Suunnittelussa käytetty ohjelmisto.

Cads Pro -ohjelmisto on Suomessa valmistettu suunnittelu ohjelmisto, jolla on eri toimialoille suunnattuja palveluita. Palveluita käyttävät isot sekä pienet suunnittelutoimistot ja eri kokoiset urakointiyrietykset. Tässä rakennushankkeessa sähkösuunnittelussa käytettiin, Cads Electric Pro -ohjelmistoa joka soveltuu tuotetietomalli, BIM-suunnitteluun, jolla voidaan helposti luoda tuotetietomalli 2D-symboleihin. Ohjelman avulla saadaan laitteille tilavarauus x-, y-, z-koordinaatistossa 3D-suunnitelmiin. Kaikilla tuotteilla tai laitteilla ei ole luotu 3D-symbolia jossa on tarvittavat kokotiedot. Ohjelmistossa luodaan objektilla tilavarauus x-, y-, z-koordinaatistossa laitteille, jota näkyvät tilavarauksena 3D-suunnitelmissa. [2: s. 7–9.]



Kuva 6. Näkyy 3D-symbolin tilavarauus valaisimille, keskusket ja sähkölaitteille tasopiirustuksessa.

4 Tulokset suunnitelmista

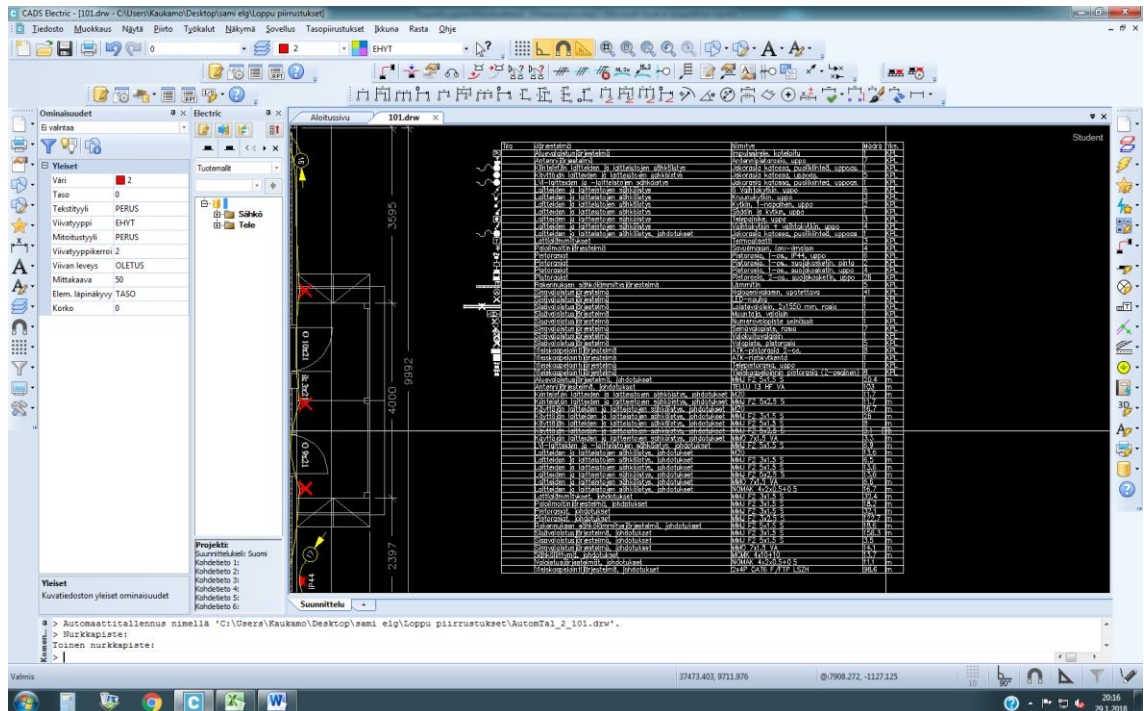
Sähkösuunnitelma tehtiin tuotemallisuunnitelmana ja hyödynnettiin sieltä tulevaa määräluetteloa kaikissa tuoteryhmissä. Ryhmiä olivat kaapelit, putkitustarvikkeet, sähkökalusteet, lämmittimet, valaisimet ja keskusket. Ohjelmisto tuottaa erilaisia määräluetteiloita, jotka tukevat urakkalaskennan eri työvaiheita ja nopeuttavat laskennassa käytettyä aikaa. Ohjelmisto myös vähentää laskennassa tapahtuvia laskenta virheitä, joita tulee helpommin noudatettaessa perinteistä käsin laskentaa. Tarvikkeiden kustannuslaskenta oli helppoa tuotemallisuunnitelmista, suunnitelmat tarjosivat määräluettelot kaikista tuoteryhmistä. Cads-ohjelmiston tuottamassa määräluetteloidissa asennus kaapeleiden

osalta oli määrävirheitä. Muutoskuvan (Rev B) valmistuttua määräluettelo päivittyi automaattisesti. Tuotemallisuunnitelmasta saatiin tarkka tieto muutoksesta, joka toimitettiin tilaajalle ja tilaaja näki muutoksesta johtuvat lisäkustannukset tarvikkeiden osalta. (liite 1).

4.1 Huomiot ohjelmistosta

Cads-ohjelmistolla on yksinkertaista toteuttaa sähkösuunnittelu omakotitalo projekteissa, ohjelmiston helppouden ansiosta. Tuotemallien luominen on helppoa ja symbolien sijoittelu yksinkertaista. Tuotemallit on sijoitettu projektiin, sähköpisteiden hallinta on yksinkertaista ja helppoa. Sähköpisteiden muutokset ovat yksinkertaisia muuttaa koko projektissa kerrallaan projektipuun kautta. Projektihallinnan kautta ohjelmistolla pystyy hallitsemaan isoja kokonaisuuksia. Ohjelmistosta saadaan helposti tarvittavia dokumentteja, joka tarvitaan työmaalla ja yksityis- kohtaisia piirustuksia helposti.

Ohjelmistolla tehtiin kaksi eri määrälaskentaa samasta kuvasta. Toisessa käytettiin ohjelman sisäistä DP-luettelon kautta otettua määrälaskentaa ja toisessa määrälaskenta tehtiin kuvasta. Lopputuloksessa havaittiin määrälaskennassa laskelmien välillä eroavaisuutta. Eroavaisuudesta johtuen suoritettiin käsin tarkistuslaskenta, jotta saataisiin selville, kummassa laskennassa tapahtui virhe. Käsin tarkistus laskenta osoitti, että määrälaskenta kuvasta tuotti tarkemman tuloksen verrattuna DP-luettelon kautta tulevaan määräluetteloon. Määrälaskennassa virhe sijoittui asennuskaapeleihin, jossa kaapeleiden pituudet vaihtelivat runsaasti ohjelmiston sisällä pienessä kohteessakin. Ohjelmassa asennuskorkeudet tuottavat myös kaapeleihin määrävirhettä, johtuen laitteiden tai kojeiden x-, y-, z-sijainnista tasopiirustuksessa. Määrälaskennassa määräluettelot pitävät paikkaansa laitteiden, kalusteiden ja kojeiden kanssa hyvin paikkaansa. Laskennassa olevaa virheen syytä ei saatu selville työn aikana. Virhe tapahtui, ohjelmiston sisällä ja se on Cads Pro-ohjelmiston valmistajalla selvityksessä. [4, s.18–19.]



Kuva 7. Määrälaskenta kuvasta.

Esimerkiksi määrälaskenta kuvasta tuotti MCMK 4X10+10 kaapelin pituudeksi 13,7 m kun määrälaskenta DP luettelon kautta tuotti kaapelin pituudeksi 11,7 m ja kaapelin todellinen pituus on 15 m. Yksittäiseen kaapeliin ohjelmistosta tuleva virhe on 2 m johon lisätään kaapelin toteutunut pituus, jolloin virheen yhteen laskettu pituus on 3,4 m. Virheprosentti yksittäisen kaapelin osalta luetteloiden välillä on 14,5 % ja virhe määrälaskenta kuvasta toteutuneeseen 8,6 %, virhe DP-luettelosta toteutuneeseen tuotemäärään on 22 %. DP luettelon virheprosentti on kohtalaisen suuri yksittäisessä kaapelissa. Virheestä johtuen Cads-ohjelmiston määrälaskentaan asennuskaapeleiden osalta ei kannata luottaa täydellisesti. Ohjelmistoa käyttäessä pitäisi olla jonkinlainen näkemys todellisesta kaapeleiden pituudesta, jotta välttyisi työläältä käsintarkistuslaskennalta.

Taulukko 5. Asennuskaapelitmuutokset projektista

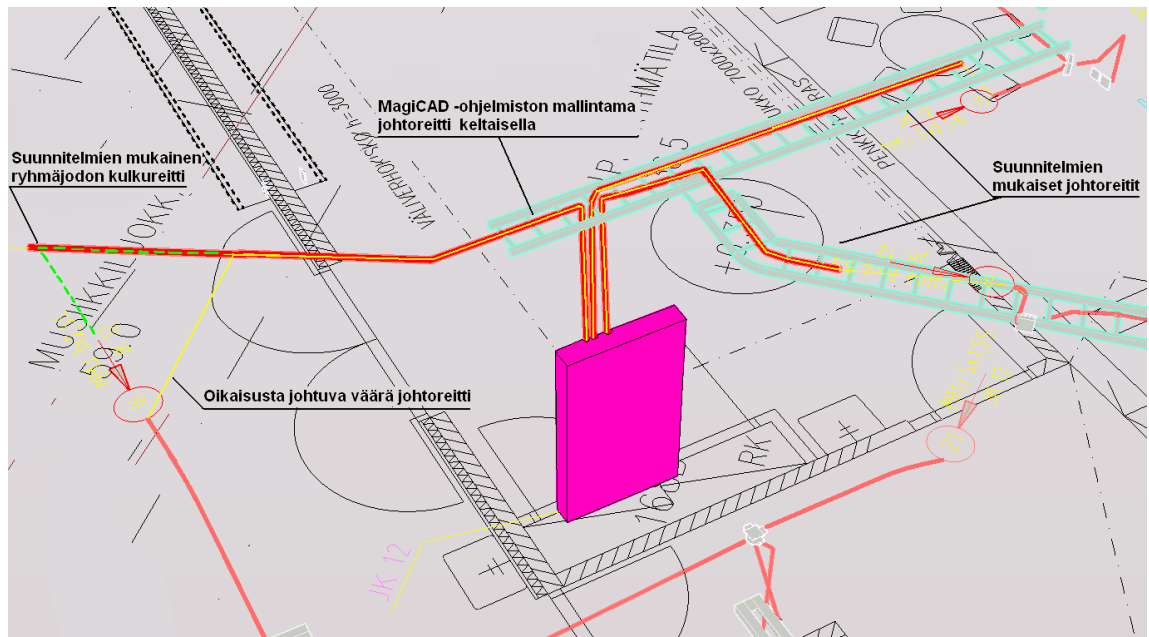
Tekniset tiedot	Rev.A Määrä	Rev.B Määrä	Toteutunut Määrä	Rev.A - Toteutu- nut	Rev.A - Rev.B
MCMK 4X10+10	15	12	15	0	-3
MMJ 3X1,5S	377	252	310	-67	-125
MMJ 3X2,5S	206	106	123	-83	-100
MMJ 5X2,5S	27	28	30	3	1
MMJ 5X1,5S	94	65	70	-24	-28
TELLU 13 HF	89	89	120	31	0

2x4P F/FTP LSZH	84	84	120	36	0
MMO 7 x 1.5	33	24	26	-7	-9
NOMAK 4x2	25	26	39	14	1
VSN 5x2,5S	3	3	3	0	0

Nimike	Tyyppi	Yhteensä
0002572	MC2K 4x10+10	11,7
0406922	MMJ F2 3x1.5 S	251,5
0406923	MMJ F2 3x2.5 S	110,7
0406943	MMJ F2 5x2.5 S	28,4
0406942	MMJ F2 5x1.5 S	65,0
0282182	TELLU 13 HF VA	89,0
0216214	2x4P CAT6 F/FTP LSZH	82,6
0411822	MMO 7x1.5 VA	24,0
L709682	NOMAK 4x2x0.5+0.5	25,7
M20	M20	34,0

Kuva 8. Määrälaskenta Cads Pro DP-luettelosta.

Magi Cad-ohjelmistossa on kehittyneempi 3D-suunnitteluympäristö kuin Cads Pro -ohjelmistossa, jota tässä työssä käytettiin. Magi CAD -ohjelmista saadaan malli, jossa on mallinnettu johtotiet ja kaapelit. Kuvasta käy ilmi 3D-malli jossa kaapeli oikeasee, ja se aiheuttaa pientä virhettä määrälaskentaan yhdestä kaapelista. Cads pro -ohjelmistossa kaapeleita ei pystytä pakottamaan kulkemaan rakenteiden sisällä tai piirretylle kaapelihyllylle. Siinä on ohjelmisto valmistajalle iso haaste päästä kilpailevan ohjelmistovalmistajan kanssa samalle viivalle, jotta kaapelit ymmärtäisivät kulkea rakenteiden sisällä ilman 3D-mallia tai kulkea piirrettyä kaapelihyllyä pitkin keskuksille tai laitteille.



Kuva 9. Määrälaskennan mahdollisia virheitä, kaapeli oikease 3D-mallissa

4.2 Huomiot rakennushankkeesta.

Rakennushankkeen käynnistyessä asiakkaan tietoisuus siitä, mitä ja mihin sähköpisteitä pitäisi laittaa on kohtalaisen huono. Rakentajat ovat yleensä maalikkoja joilla on rakentamisesta tietoa todella vähän. Vaikka sähkösuunnittelija avustaa ja kertoo rakennuttajalle, mihin sähköpisteet tulisi sijoittaa, tulee rakennushankkeen aikana rakennuttajalle tarve tehdä muutoksia suunnitelmiin. Muutoksista tulee välillä kohtuuttoman kalliita ratkaisuja tilaajalle ja siitä alkaa selvitys, miksi sähkötyöt maksavat niin paljon, vaikka suunnitelmat tehtiin etukäteen. Tässäkin kohteessa vaikka rakennuttaja on rakennusalan ammattilainen, suunnitelmamuutokset tuottivat ongelmia rakennus työmaalla. Kohteessa väliseiniä ja alakattoja oli jo laitettu umpeen, kun muutoksia mietittiin ja se tuotti ongelmia tehdä muutokset. Tuotemallisuunnitelmasta saatiin nopeasti muutoksesta johtuvat tarvikemäärät ja pystyttiin laskemaan muutokselle hinta helposti ja nopeasti. Tilaajan muutoksista huolimatta rakennushanke saatiin toteutettua aikataulussa.

4.3 Määrälaskelmat suunnitelmista

Suunnitelmista tuotettiin tuotemääräluettelot kaikista sähköasennustarvikkeista, asennuskaapeleista ja valaisimista. Sähkösuunnitelmista otettu määräluettelo asennuskaa-

peleiden osalta on ainoastaan suuntaa antava ja sen tarkkuuteen on kiinnitettävä huomiota. Kaikista sähkösuunnitelmista [Rev.A (liite 3), Rev.B (liite 4)] laskettiin toteutuneet määrät ja niitä vertailtiin keskenään. Niistä vertailtiin muutosta, sekä toteutuneita määriä. Määrätuoteluettelosta saadaan tarkat tuotemäärät, jolla voidaan hinnoitella tuotteet. Määrälaskennassa tapahtuva virhe jää pieneksi eikä virheen riski ole urakoitsijalla vaan tilaajalla, joka vastaa suunnittelun laadusta sekä sen valvonnasta. [4, s.15–16.] (liite 1)

4.4 Toteutuneet sähkö tarvikemäärät hankkeesta

Cads ohjelmiston avulla tehty määrälaskenta, johon kuului ATK keskuksat, kytkimet, pistorasjat, kojerasjat, valaisimet ja lämmityslaitteet tulivat määräluettelosta 100% oikein. Kaapeleiden osalta määräluettelosta tulevat kaapeli pituudet eivät pitäneet paikkaansa, johtuen kaapeleiden kulkureiteistä, koska ohjelmistolla on mahdoton piirtää kaapelit kulkemaan siellä missä ne todellisuudessa kulkevat. Rakennuttajan muutoksista johtuen asennustarvikkeiden määrät muuttuivat kuvien (liite 3 & 4) välillä jonkin verran.

5 Pohdinta

Tilaajat mielestäni eivät halua ottaa vastuuta tietomallisuunnitelmista tulevista määräluetteloista ja niissä olevista suunnitelmavirheistä tai virheellisistä määräluetteloista. Virheellisistä määräluetteloista koituu tilaajalle yleensä lisäkustannuksia, vaikka suunnitelmat on toteutettu tilaajan ohjeiden mukaisesti. Rakennuskustannukset kohoavat ja ne voivat mennä tilaajan budjetin yli. Ongelmaksi tämä muodostuu siinä kohtaa, jos lisärahoitusta ei ole mahdollista saada. Tässä opinnäyteyössä sähkösuunnitelmat toteutettiin, tuotemallisuunnitelmana, jossa hyödynnettiin suunnitelmista tulevaa tuotetilietoa ja tuotemääräluetteloita. Sähkösuunnitelmat tehtiin rakennuttajan kanssa yhteistyössä ja hyvässä hengessä ja samalla pystyttiin reagoimaan tilaajalta tuleviin muutoksiin mahdollisimman nopeasti rakennushankkeen aikana. Rakentajalle tuli tarve tehdä muutoksia, jotka toteutettiin rakennushankkeen aikana nopeasti, ettei hankkeen aikataulu kärsisi muutoksista. Rakennushankkeessa, jossa on rakentajana maallikko tai rakennus ammattilainen, muutoksia ei pysty välttämään tämäntyyppisissä rakennushankkeissa. Rakennus kustannuksiin pystytään vaikuttamaan paljon, ettei rakennuttajalle tule kohtuuttoman isoja muutuskustannuksia. Suunnittelijan ammattitaito nousee esiin siinä, että hän pystyy pitämään kustannukset kurissa.

Cads-ohjelmistovalmistajan pitäisi parantaa ohjelmiston laatua, jotta määrälaskenta-
taulukoihin voisi alkaa luottamaan enemmän. Ohjelmistot sisältävät paljon erilaisia omi-
naisuuksia joita suunnittelijat eivät osaa käyttää tai ne eivät ole niiden mielestä tarpeelli-
sia/hyödyllisiä ominaisuuksia. Ohjelmistosta saa nykyään myös paljon hyödyllisiä taulu-
koita ja laskelmia jotka helpottavat urakoitsijan tai suunnittelijan arkea. Cads-ohjelmis-
tossa on 3D-ympäristö vielä aika kankea verrattuna kilpailevaan Magi Cad-ohjelmistoon.
Magi Cad-ohjelmiston 3D-suunnittelumoottori on kehittynyt valtavasti vuosien aikana, ja
sillä pystytään tekemään näyttäviä kokonaisuuksia.

Suomessa pitäisi olla jonkinlainen ohjeistus maalikoille jotka aloittavat rakennushan-
ketta. Rakennusluvan ehtona olisi, että koulutus tai vastaava kurssi olisi suoritettu hy-
väksytysti. Näin Suomeen saataisiin pientalorakentamiselle jonkinlainen laatustandardi.
Rakentaja olisi tietoinen, mitä vaatia suunnitelmilta tai suunnittelijoilta. Tämä helpottaisi
myös vastaavaa mestaria työmaalla, Mestarille jäisi mestarille kuuluvat työt. Vastaavasti
rakennuslupien vastaavalta suunnittelijalta, joka vastaa kokonaisuudesta, tulisi vaatia
ammattillista pätevyyttä. Asetuksissa ja vaatimuksissa puhutaan vain suunnittelijan vas-
tuista suhteessa suunnitelmaan, mutta pätevyyden osalta kohta on puutteellinen. Sen
mukaan esimerkiksi opiskeluvaiheessa oleva voisi toimia vastaavana suunnittelijana.

Lähteet

1. Building Smart Finland. Verkkoaineisto. <<https://buildingsmart.fi>>. Luettu 25.2.2018
2. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Verkkoaineisto. Yleiset tietomallivaatimukset. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf>. Päivitetty 11/2016. Luettu 28.1.2011
3. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Verkkoaineisto. Yleiset tietomallivaatimukset. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_4_tate.pdf>. Päivitetty 11/2016. Luettu 9.1.2018
4. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Verkkoaineisto. Yleiset tietomallivaatimukset. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_7_maaralaskenta.pdf>. Päivitetty 11/2016. Luettu 9.1.2018
5. Liikennevirasto. Verkkoaineisto. Liikennevirasto. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf>. Päivitetty 12/2017. Luettu 20.2.2018
6. Yleiset tietomallivaatimukset. Verkkoaineisto. Yleiset tietomallivaatimukset <<https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>>. Luettu 20.2.2018

1 Määräluettelo

					Muutos %					
Nimike	Nimi	Tekniset tiedot	Valmistaja	Tyyppi	Rev.A	Rev.B	Toteutunut	Rev.A -	Rev.B -	Rev.A -
					Määrä	Määrä	Määrä	Toteutunut	Toteutunut	Rev.B
7551939	kaluste	päättävä 1dB TV/R	Televes	päättävä 1dB TV/R	5	7	7	29	0	29
7005520	kaluste	Painike,Jussi,4-os,1A/24V,IP20,valkoinen	ABB	4-os,1A/24V,IP20	2	3	3	33	0	33
2166111	kaluste	Peitelevy, Jussi, 85mm, 1-aukkoinen	ABB	1OS/IP21/85mm VAL	5	9	12	58	25	44
2166112	kaluste	Peitelevy, Jussi, 85mm, 2-aukkoinen	ABB	2OS/IP21/85mm VAL	5	5	5	0	0	0
2166113	kaluste	Peitelevy, Jussi, 85mm, 3-aukkoinen	ABB	3OS/IP21/85mm VAL	2	1	1	-100	0	-100
2166121	kaluste	Peitelevy, Jussi, 100mm, 1-aukkoinen	ABB	1OS/IP21/100mm VAL	14	10	10	-40	0	-40
2166122	kaluste	Peitelevy, Jussi, 100mm, 2-aukkoinen	ABB	2OS/IP21/100mm VAL	1	1	1	0	0	0
2166124	kaluste	Peitelevy, Jussi, 100mm, 4-aukkoinen	ABB	4OS/IP21/100mm VAL	2	7	7	71	0	71
2506422	kaluste	Pistorasia, Jussi, 2-os, maad, koko pl	ABB	2S/16A/IP21 UPJ HL VAL	16	0	0	0	0	-100
2506121	kaluste	Pistorasia, Jussi, 2-os, maad, jousiliittimin,	ABB	2S/16A/IP21 UPJ HL VAL	5	26	26	81	0	81
2506131	kaluste	Pistorasia, Jussi, 1-os, maad, jousiliittimin	ABB	1S/16A/IP21 UKJ OX VAL	2	4	4	50	0	50
2406131	kaluste	Pistorasia, Jussi, pinta 1-osainen, maad, jous	ABB	1S/16A/IP21 PPJ OX VAL	1	2	2	50	0	50
2516132	kaluste	Pistorasia, Kosti, 2-osainen, maad, jousiliit	ABB	2S/16A/IP44 UPJ HL VAL	7	6	6	-17	0	-17
1152521	kaluste	AK1.1, jakorasia peitekansi HF	ABB	AK1.1, jakorasia	3	5	5	40	0	40
1152565	kaluste	AK12.2, liitäntäkansi, IP44 HF	ABB	AK12.2, liitäntäkansi,	2	3	3	33	0	33
7135023	kaluste	Optinen savuilmaisin palovaroitinkäyttöör	Hager	TG511A 230VAC ketj RF	1	4	4	75	0	75
2166119	kaluste	Sovitin, Jussi, 1-osainen koje 100mm peite	ABB	1os/2os 100mm	11	15	15	27	0	27
7204065	kaluste	Telerasia, Jussi, 2xRJ-45, Cat6, suojaamator	ABB	2xRJ-45, Cat6 UTP	5	8	8	38	0	38
1152512	kaluste	AKK13, 1-luokka, pinta HF	ABB	AKK13, 1-luokka, pinta	5	5	5	0	0	0
2619344	kaluste	LED-säädin kiertonuppi	ABB	2-100VA RL UPK VAL	3	1	1	-200	0	-200
3514130	kaluste	Hämäräkytkin ulos, seinälle asennettava.	Steinel	NIGHTMATIC 2000 IP54	1	1	1	0	0	0
7060570	kaluste	Keskiölevy, Jussi, antenni, TV-R	ABB	Antenni, TV-R	5	7	7	29	0	29
2106018	kaluste	Kytkin 6+6, Jussi, ei lisäliittimiä	ABB	6+6/16AX/250V/IP21 UKJ	2	4	4	50	0	50
2106016	kaluste	Kytkin 6/1, Jussi, 2 lisäliittintä	ABB	6/16AX/250V/IP21 UKJ	9	8	8	-13	0	-13
2106015	kaluste	Kytkin 5, Jussi 2 lisäliittimillä	ABB Oy	5/16AX/250V/IP21 UKJ OX	1	3	3	67	0	67
0602572	Asennusjohto	Maakaapeli MCMK 4X10+10	Kajote	MCMK 4x10+10	15	12	15	-1	20	-26
0406922	Asennusjohto	MMJ 3X1,5S Eca 300/500V	Reka	MMJ F2 3x1.5 S	377	252	310	-22	19	-50
0406923	Asennusjohto	MMJ 3X2,5S Eca 300/500V	Reka	MMJ F2 3x2.5 S	206	106	123	-67	14	-94
0406943	Asennusjohto	MMJ 5X2,5S Eca 300/500V	Reka	MMJ F2 5x2.5 S	27	28	30	9	5	4
0406942	Asennusjohto	MMJ 5X1,5S Eca 300/500V	Reka	MMJ F2 5x1.5 S	94	65	70	-34	7	-44
0282182	Asennusjohto	TELLU 13 HF	Reka	TELLU 13 HF VA	89	89	120	26	26	0
0216214	Asennusjohto	2x4P F/FTP LSZH	AMP	2x4P CAT6 F/FTP LSZH	84	84	120	30	30	0
0411822	Asennusjohto	MMO 7 x 1.5 rengas	Kajote	MMO 7x1.5 VA	33	24	26	-26	8	-36
0241239	Asennusjohto	NOMAK-HF Dca 4x2x0,5+0,5	Draka	NOMAK 4x2x0,5+0,5	25	26	39	37	34	4
0472176	Asennusjohto	Kumikaapeli 5x2,5S	EUPEN	VSN 5X2,5S	3	3	3	0	0	0

2 Määräluettelo

Nimike	Nimi	Tekniset tiedot	Valmistaja	Tyyppi	Rev.A Määrä	Rev.B Määrä	Toteutunut Määrä	Muutos %		
								Rev.A - Toteutunut	Rev.B - Toteutunut	Rev.A - Rev.B
8168136	Lämmitys	Devi T18 /615W	Devireg	DEViflex 18T 34m	1	1	1	0	0	0
8168130	Lämmitys	Devi T18 /130W	Devireg	DEViflex 18T 7.3m	1	1	1	0	0	0
8168146	Lämmitys	Devi T18 /2790W	Devireg	DEViflex 18T 155m	1	1	1	0	0	0
8168138	Lämmitys	Devi T18 /820W	Devireg	DEViflex 18T 44m	1	1	1	0	0	0
8109121	Lämmitys	Devi T18 /535W	Devireg	DEViflex 18T 29m	1	1	1	0	0	0
8127243	Lämmitys	800 W, 400x1100 mm	Ensto	TASO8	3	3	3	0	0	0
8127244	Lämmitys	1000 W, 400x1370 mm	Ensto	TASO10	1	1	1	0	0	0
8122261	Lämmitys	350 W, 400x500 mm	Ensto	PETA3	1	1	1	0	0	0
2600100	Lämmitys	Lattilämmitystermostaatti	DEVireg	kosketusnäyttö, valkoinen	4	4	4	0	0	0
1101021	Putkitus	Elli JM 20/16,90 2,5m	Pipelife	M20	61	34	25	-143	-36	-79
1152578	Putkitus	AS12, vedonpoistajansä HF	ABB	AS12,	120	159	159	25	0	25
1152757	Putkitus	AN20, Ø20mm HF	ABB	AN20, Ø20mm HF	2	6	6	67	0	67
1152119	Putkitus	AU19, Irtonysäjakorasia HF	ABB	AU19, Irtonysäjakorasia	15	13	13	-15	0	-15
1152364	Putkitus	AU3.2, irtonysärasia HF	ABB	AU3.2, irtonysärasia HF	72	88	88	18	0	18
1152788	Putkitus	PMR490, C/C 85 mm HF	ABB	PMR490, C/C 85 mm HF	5	7	7	29	0	29
1152774	Putkitus	PMR474, C/C 71 mm HF	ABB	PMR474, C/C 71 mm HF	19	18	18	-6	0	-6
3310100	Sähköjako	Ryhmäkeskus	ABB	RY5E33JS, 50A, IP20C	1	1	1	0	0	0
3417047	Sähköjako	Mittauskeskus	ABB	YM5T09UR-LO8 2T 50A IP	1	1	1	0	0	0
3310109	Sähköjako	IT Keskusosa	ABB	DATA800	1	1	1	0	0	0
IG20228K	Valaisin	Kuivan tilan runkovalaisin T5- tai T8-	Ensto	IG20228K	0	1	1	100	0	100
4021017	Valaisin	EST 200 elektroninen muuntaja 35 - 200W	Rinaldo	EST 200	6	1	1	-500	0	-500
4102658	Valaisin	Alba Ulkovaistus Seinä	Nordtronic	Alba Seinä?val. 8W LED	13	7	7	-86	0	-86
4128804	Valaisin	LED Valaisin	Led Store	Led-Sq033 Brush 9W	7	10	10	30	0	30
4238433	Valaisin	LED alasvalo 60°, AC LED tekniikkaan	Illuxtron	75HV 9W 400lm,3000K	5	31	31	84	0	84
4217370	Valaisin	AVR254 IP54 LED 8W/840	Ensto	AVR254 IP54 LED 8W/840	2	0	0	-200	0	-200
4100300	Valaisin	Lednauha 3528 150 lämm valk.3200- 3500K	Moodlux	Moodlux lednauha	6	1	1	-500	0	-500
4117055	Valaisin	LED-valaisin neliömuoto musta	Ensto	LED valaisin 1W neliö mu	1	1	1	0	0	0
4117689	Valaisin	AVD5 IP64 LED 1x3W	Ensto	Saunan valokuitu valaisin	1	1	1	0	0	0

3 Määräluettelo hinnoilla.

Nimike	Nimi	Tekniset tiedot	Valmistaja	Tyyppi	Rev.A Määrä	Rev.B Määrä	Toteutunut Määrä	Muutos rev.a-rev.b Kpl	Ohv Hinta €/Kpl	Rev.a hintaa	toteutunut hintaa
7551939	kaluste	päättävä 1dB TV/R	Televes	päättävä 1dB TV/R	5	7	7	2	5,85 €	29,25 €	40,95 €
7005520	kaluste	Painike,Jussi,4-os,1A/24V,IP20,valkoinen	ABB	4-os,1A/24V,IP20	2	3	3	1	89,50 €	179,00 €	268,50 €
2166111	kaluste	Peitelevy, Jussi, 85mm, 1-aukkoainen	ABB	1OS/IP21/85mm VAL	5	9	12	4	2,64 €	13,20 €	31,68 €
2166112	kaluste	Peitelevy, Jussi, 85mm, 2-aukkoainen	ABB	2OS/IP21/85mm VAL	5	5	5	0	4,24 €	21,20 €	21,20 €
2166113	kaluste	Peitelevy, Jussi, 85mm, 3-aukkoainen	ABB	3OS/IP21/85mm VAL	2	1	1	-1	6,75 €	13,50 €	6,75 €
2166121	kaluste	Peitelevy, Jussi, 100mm, 1-aukkoainen	ABB	1OS/IP21/100mm VAL	14	10	10	-4	2,90 €	40,60 €	29,00 €
2166122	kaluste	Peitelevy, Jussi, 100mm, 2-aukkoainen	ABB	2OS/IP21/100mm VAL	1	1	1	0	4,24 €	4,24 €	4,24 €
2166124	kaluste	Peitelevy, Jussi, 100mm, 4-aukkoainen	ABB	4OS/IP21/100mm VAL	2	7	7	5	9,25 €	18,50 €	64,75 €
2506422	kaluste	Pistorasia, Jussi, 2-os, maad, koko pl	ABB	2S/16A/IP21 UPJ HL VAL	16	0	0	-16	16,10 €	257,60 €	- €
2506121	kaluste	Pistorasia, Jussi, 2-os, maad, jousiliitti	ABB	2S/16A/IP21 UPJ HL VAL	5	26	26	21	20,80 €	104,00 €	540,80 €
2506131	kaluste	Pistorasia, Jussi, 1-os, maad, jousiliitti	ABB	1S/16A/IP21 UKJ 0X VAL	2	4	4	2	10,00 €	20,00 €	40,00 €
2406131	kaluste	Pistorasia, Jussi, pinta 1-osainen, maad	ABB	1S/16A/IP21 PPJ 0X VAL	1	2	2	1	8,00 €	8,00 €	16,00 €
2516132	kaluste	Pistorasia, Kosti, 2-osainen, maad, jousiliitti	ABB	2S/16A/IP44 UPJ HL VAL	7	6	6	-1	21,20 €	148,40 €	127,20 €
1152521	kaluste	AK1.1, jakorasia peitekansi HF	ABB	AK1.1, jakorasia	3	5	5	2	1,91 €	5,73 €	9,55 €
1152565	kaluste	AK12.2, liitántäkansi, IP44 HF	ABB	AK12.2, liitántäkansi,	2	3	3	1	7,80 €	15,60 €	23,40 €
7135023	kaluste	Optinen savuilmaisoin palovarointikäyt	Hager	TG511A 230VAC ketj RF	1	4	4	3	145,00 €	145,00 €	580,00 €
2166119	kaluste	Sovitin, Jussi, 1-osainen koje 100mm p	ABB	1os/2os 100mm	11	15	15	4	2,03 €	22,33 €	30,45 €
7204065	kaluste	Telerasia, Jussi, 2xRJ-45, Cat6, suojaan	ABB	2xRJ-45, Cat6 UTP	5	8	8	3	28,10 €	140,50 €	224,80 €
1152512	kaluste	AKK13, 1-luokka, pinta HF	ABB	AKK13, 1-luokka, pinta	5	5	5	0	8,75 €	43,75 €	43,75 €
2619344	kaluste	LED-säädin kiertonuppi	ABB	2-100VA RL UPK VAL.	3	1	1	-2	153,00 €	459,00 €	153,00 €
3514130	kaluste	Hämäräkytkin ulos, seinälle asennetta	Steinel	NIGHTMATIC 2000 IP54	1	1	1	0	43,90 €	43,90 €	43,90 €
7060570	kaluste	Keskioleavy, Jussi, antenni, TV-R	ABB	Antenni, TV-R	5	7	7	2	3,05 €	15,25 €	21,35 €
2106018	kaluste	Kytkin 6+6, Jussi, ei lisäliittimiä	ABB	6+6/16AX/250V/IP21 UKJ	2	4	4	2	23,60 €	47,20 €	94,40 €
2106016	kaluste	Kytkin 6/1, Jussi, 2 lisäliittintä	ABB	6/16AX/250V/IP21 UKJ	9	8	8	-1	7,75 €	69,75 €	62,00 €
2106015	kaluste	Kytkin 5, Jussi 2 lisäliittimillä	ABB Oy	5/16AX/250V/IP21 UKJ 0X	1	3	3	2	10,50 €	10,50 €	31,50 €
0602572	Asennusjohto	Maakaapeli MCMK 4X10+10	Kajote	MCMK 4x10+10	15	12	15	-3	8,70 €	131,37 €	130,50 €
0406922	Asennusjohto	MMJ 3X1,5S Eca 300/500V	Reka	MMJ F2 3x1.5 S	377	252	310	-125	1,06 €	399,62 €	328,60 €
0406923	Asennusjohto	MMJ 3X2,5S Eca 300/500V	Reka	MMJ F2 3x2.5 S	206	106	123	-100	1,69 €	348,14 €	207,87 €
0406943	Asennusjohto	MMJ 5X2,5S Eca 300/500V	Reka	MMJ F2 5x2.5 S	27	28	30	1	2,81 €	76,71 €	84,30 €
0406942	Asennusjohto	MMJ 5X1,5S Eca 300/500V	Reka	MMJ F2 5x1.5 S	94	65	70	-28	1,76 €	164,56 €	123,20 €
0282182	Asennusjohto	TELLU 13 HF	Reka	TELLU 13 HF VA	89	89	120	0	1,29 €	114,81 €	154,80 €
0216214	Asennusjohto	2x4P F/FTP LSZH	AMP	2x4P CAT6 F/FTP LSZH	84	84	120	0	1,57 €	131,88 €	188,40 €
0411822	Asennusjohto	MMO 7 x 1.5 rengas	Kajote	MMO 7x1.5 VA	33	24	26	-9	3,12 €	102,02 €	81,12 €
0241239	Asennusjohto	NOMAK-HF Dca 4x2x0,5+0,5	Draka	NOMAK 4x2x0.5+0.5	25	26	39	1	1,48 €	36,56 €	57,72 €
0472176	Asennusjohto	Kumikaapeli 5x2,5S	EUPEN	VSN 5X2,5S	3	3	3	0	4,17 €	12,51 €	12,51 €
									Summa=	3 394,18 €	3 878,19 €

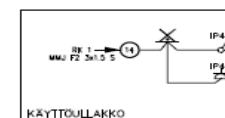
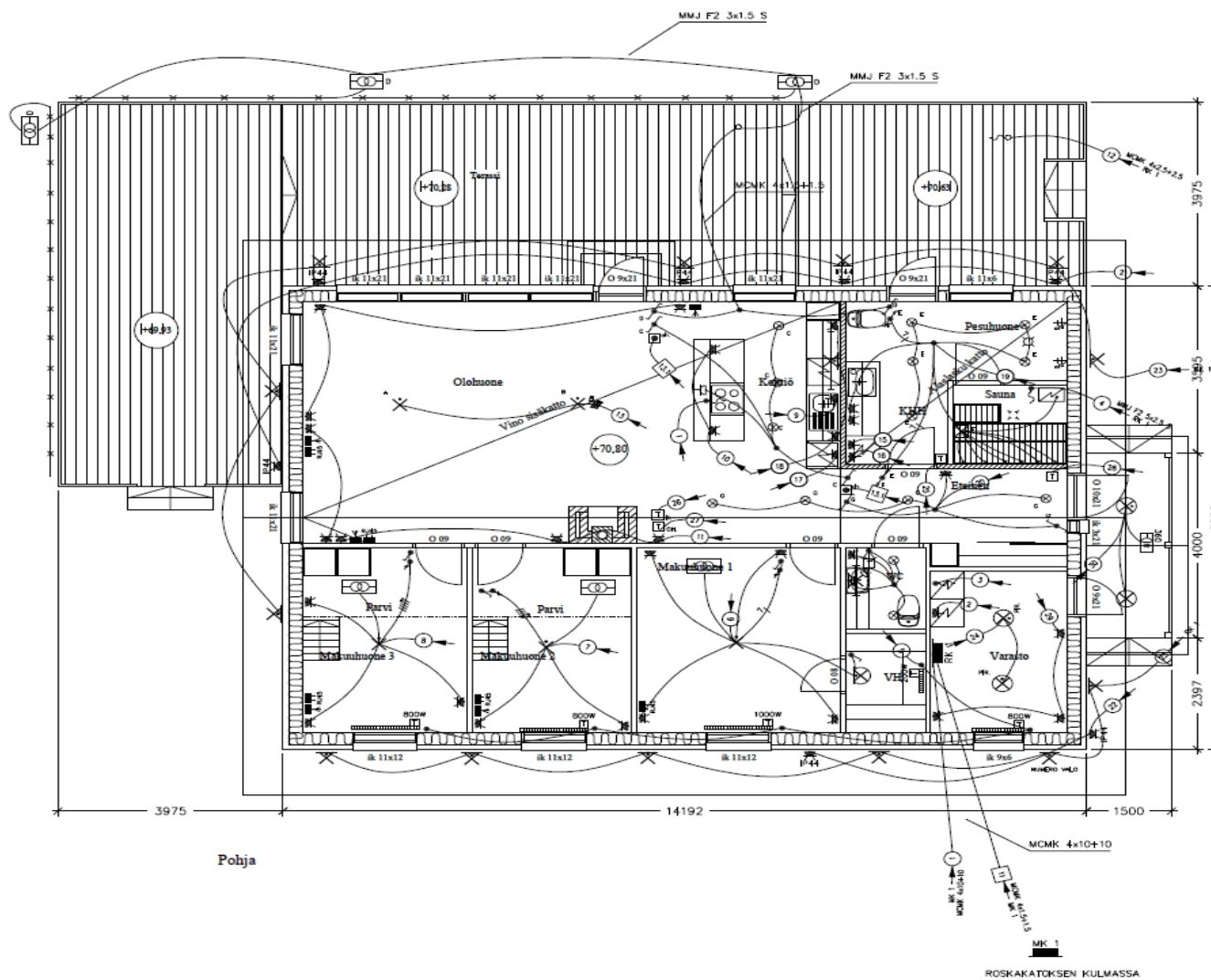
4 Määräluettelo hinnoilla.

Nimike	Nimi	Tekniset tiedot	Valmistaja	Tyyppi	Rev.A Määrä	Rev.B Määrä	Toteutunut Määrä	rev.a-rev.b Kpl	Ohv Hinta €/Kpl	Rev.a hinta	toteutunut hinta
8168136	Lämmitys	Devi T18 /615W	Devireg	DEViflex 18T 34m	1	1	1	0	98,00 €	98,00 €	98,00 €
8168130	Lämmitys	Devi T18 /130W	Devireg	DEViflex 18T 7.3m	1	1	1	0	68,00 €	68,00 €	68,00 €
8168146	Lämmitys	Devi T18 /2790W	Devireg	DEViflex 18T 155m	1	1	1	0	397,00 €	397,00 €	397,00 €
8168138	Lämmitys	Devi T18 /820W	Devireg	DEViflex 18T 44m	1	1	1	0	109,00 €	109,00 €	109,00 €
8109121	Lämmitys	Devi T18 /535W	Devireg	DEViflex 18T 29m	1	1	1	0	97,00 €	97,00 €	97,00 €
8127243	Lämmitys	800 W, 400x1100 mm	Ensto	TASO8	3	3	3	0	154,00 €	462,00 €	462,00 €
8127244	Lämmitys	1000 W, 400x1370 mm	Ensto	TASO10	1	1	1	0	175,00 €	175,00 €	175,00 €
8122261	Lämmitys	350 W, 400x500 mm	Ensto	PETA3	1	1	1	0	144,00 €	144,00 €	144,00 €
2600100	Lämmitys	Lattilämmitystermostaatti	DEVireg	kosketusnäyttö, valkoinen	4	4	4	0	145,00 €	580,00 €	580,00 €
1101021	Putkitus	Elli JM 20/16.90 2,5m	Pipelife	M20	61	34	25	-27	0,84 €	51,07 €	21,00 €
1152578	Putkitus	AS12, vedonpoistajansä HF	ABB	AS12,	120	159	159	39	0,64 €	76,80 €	101,76 €
1152757	Putkitus	AN20, Ø20mm HF	ABB	AN20, Ø20mm HF	2	6	6	4	0,55 €	1,10 €	3,30 €
1152119	Putkitus	AU19, Irtonysäjakorasia HF	ABB	AU19, Irtonysäjakorasia	15	13	13	-2	3,61 €	54,15 €	46,93 €
1152364	Putkitus	AU3.2, irtonysärasia HF	ABB	AU3.2, irtonysärasia HF	72	88	88	16	2,18 €	156,96 €	191,84 €
1152788	Putkitus	PMR490, C/C 85 mm HF	ABB	PMR490, C/C 85 mm HF	5	7	7	2	0,74 €	3,70 €	5,18 €
1152774	Putkitus	PMR474, C/C 71 mm HF	ABB	PMR474, C/C 71 mm HF	19	18	18	-1	0,46 €	8,74 €	8,28 €
3310100	Sähkönjakelu	Ryhmäkeskus	ABB	RY5E33JS, 50A, IP20C	1	1	1	0	580,00 €	580,00 €	580,00 €
3417047	Sähkönjakelu	Mittauskeskus	ABB	YM5T09UR-LO8 2T 50A IP	1	1	1	0	569,00 €	569,00 €	569,00 €
3310109	Sähkönjakelu	IT Keskusosa	ABB	DATA800	1	1	1	0	223,00 €	223,00 €	223,00 €
IG20228	Valaisin	Kuivan tilan runkovalaisin T5- tai T8-	Ensto	IG20228K	0	1	1	1	70,50 €	- €	70,50 €
4021017	Valaisin	EST 200 elektroninen muuntaja 35 -	Rinaldo	EST 200	6	1	1	-5	72,50 €	435,00 €	72,50 €
4102658	Valaisin	Alba Ulkovaalaistus Seinä	Nordtronic	Alba Seinä?val. 8W LED	13	7	7	-6	55,60 €	722,80 €	389,20 €
4128804	Valaisin	LED Valaisin	Led Store	Led-Sq033 Brush 9W	7	10	10	3	69,00 €	483,00 €	690,00 €
4238433	Valaisin	LED alavallo 60°, AC LED tekniikkaan	Illuxtron	75HV 9W 400lm,3000K	5	31	31	26	55,50 €	277,50 €	1 720,50 €
4217370	Valaisin	AVR254 IP54 LED 8W/840	Ensto	AVR254 IP54 LED 8W/840	2	0	0	-2	65,00 €	130,00 €	- €
4100300	Valaisin	Lednauha 3528 150 lämm valk.3200-	Moodlux	Moodlux lednauha	6	1	1	-5	42,90 €	257,40 €	42,90 €
4117055	Valaisin	LED-valaisin neliömuoto musta	Ensto	LED valaisin 1W neliö mu	1	1	1	0	197,00 €	197,00 €	197,00 €
4117689	Valaisin	AVD5 IP64 LED 1x3W	Ensto	Saunan valokuitu valaisin	1	1	1	0	531,00 €	531,00 €	531,00 €
									Summa=	6 888,22 €	7 593,89 €

5 Määräluettelo hinnoilla.

Nimi		Summa	Muutos %
Hinta Rev.A		10 282,41 €	
Toteutunut hinta		11 472,08 €	
Hinnan muutos asiakkasta läitöisin		1 189,68 €	10 %
Nimi	Rev.A	Toteutunut	Muutos %
Kalusteet	1 876,00 €	2 509,17 €	25 %
Asennusjohto	1 518,18 €	1 369,02 €	-11 %
Lämmitys	2 130,00 €	2 130,00 €	0 %
Putkitus	352,52 €	378,29 €	7 %
Sähkönjakelu	1 372,00 €	1 372,00 €	0 %
Valaisimet	3 033,70 €	3 713,60 €	18 %

6 Tasopiirustus Rev.A



OLOHUONEEN VALAISIMIEN SIJOTUS TARKISTETTA TILAAJAN KANSSA.

Pohja

7 Tasopiirustus Rev.B

