



Kim Korolainen

Pientalon sähkösuunnitelma urak- kalaskennan opetuskäyttöön

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

8.9.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Kim Korolainen
Otsikko:	Pientalon sähkösuunnitelma urakkalaskennan opetuskäyttöön
Sivumäärä:	31 sivua + 1 liite
Aika:	8.9.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Automaatiotekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Jarno Nurmio

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli luoda Metropolian Ammattikorkeakoululle sähkösuunnitelma ja kaapelitietokanta sähköurakkalaskennan opetuskäyttöön. Tietokannan ja sähkösuunnitelman avulla tulisi pystyä laskemaan urakkalaskenta mahdollisimman tarkasti sekä käsin että sähköisesti, jotta tuloksia voitaisiin verrata keskenään.

Työssä käytettiin Cadmatic Electrical -suunnitteluohjelmaa, ja pohjustuksena käytettiin jo valmista tuotetietokantaa, josta vain puuttui kaapeliosuus. Sähkösuunnitelma piti toteuttaa tavanomaista suunnitelmaa tarkemmin, jotta se toimisi ohjelman automaattisessa massalaskennassa halutusti. Kaapelointia piirrettäessä tuli huomioida erityisesti asennustavat ja -materiaalit niiden vaikuttaessa oleellisesti sähköurakkalaskentaan.

Seinätyypin, ja siten asennustavan muuttuessa tuli eteen asennustavan vaihtamiseen liittyvä ongelma; kaapelin asennustapaa ei voida muuttaa ilman sähkölaitetta, kuten jakorasiasia. Ohjelman tietokantaan lisättiin tämän vuoksi OTA-liitospappale, joka toimi eri asennustapojen välisenä rasiana muuttamatta kriittisiä tietoja ja asetuksia. Ohjelman tietokantaan lisättiin OTA-liitospappale, joka toimi eri asennustapojen välisenä rasiana muuttamatta kriittisiä tietoja ja asetuksia.

Insinööriyön aihetta ja työkaluja voitaisiin käyttää jatkossa esimerkiksi ohjelmistokehityksessä uusien sovellusten pohjana tai kehittämään parempaa ja helppokäyttöisempää sähköurakkalaskennan kulttuuria.

Avainsanat: Cadmatic, urakkalaskenta, sähkösuunnitelma, kaapelitietokanta

Abstract

Author: Kim Korolainen
Title: Electrical design of a Residential house for educational use of the contracting calculations
Number of Pages: 31 pages + 1 appendix
Date: 8 September 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Automation Engineering
Supervisors: Jarno Nurmio, Senior Lecturer

The purpose of this thesis work was to create electrical plans and a cable database for educational use of Metropolia University of Applied Sciences concerning the electrical contracting calculation process. With the database and the electrical plans, students should be able to go through the contracting calculation process as accurately as possible by hand and computer, so that the results could be compared.

The thesis work used Cadmatic Electrical planning software. The work also used a product database that was prepared before, but from which the cable segment was missing. The electrical plans had to be designed more precisely than usual electrical plans because when doing the contracting calculations automatically, the program needed to be able to do it exactly as wanted. When designing, it is important to acknowledge especially the cable installation methods, and used material, because these play a very integral part in the contracting calculations.

With the material of the walls varying and the installation methods also changing, some problems appeared. The cable installation method could not be changed without having an electrical appliance, like a junction box, added in between the cables with differing installation methods. Due to this problem an OTA connection part was added to the database. Its purpose was to work as a divider between different installation methods and other critical info, without affecting the info in the database.

The subject and tools of this thesis study could be used outside of educational purposes in the future. For example, as a base for a new software or to improve existing ones, to make a more user-friendly culture for contracting calculations.

Keywords: Cadmatic, Contracting calculation, Electrical design, cable database.

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Työkalut ja tavoitteet	1
2.1	Kymdatasta osa CADMATIC-yhtiötä	2
2.2	Cadmatic Electrical	3
2.2.1	Electrical Layout	3
2.2.2	Electrical DB	5
3	Urakka ja sähköurakointi	7
3.1	Urakkamuodot	9
3.2	Sähköurakoinnin tarjousprosessi	10
4	Tuotetietokanta ja kaapeloinnin suunnittelu	15
4.1	Tietokannan lähtökohta	16
4.2	Kaapelitietokannan suunnittelu	18
5	Tietokannan toteutuksen ongelmat ja ratkaisut	22
6	Yhteenveto ja pohdintaa	28
	Lähteet	30
	Liite 1: Asennustapataulukko	

Lyhenteet

CAD: *Computer Aided Design*, tietokoneavusteinen suunnittelu.

DB: *Data base*, tietokanta.

KVR: *Kokonaisvastuurakentaminen*. Urakointimuoto, jossa urakoitsija huolehtii koko rakennushankkeen toteuttamisesta mukaan luettuna kokonaiskoordinointi ja suunnittelu.

O+JM: Asennustapa, jossa urakoitsijan tulee huomioida laskennassa sekä kaapeli että muoviputki, johon se asennetaan.

OTA: Asennustapa, jossa kaapeli vedetään jonkun toisen asentamaan putkeen.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää työn tilaajalle, Metropolia Ammattikorkeakoululle, sähköurakkalaskennan opetuskäyttöön sopiva työkalu, jota voidaan käyttää laskentaharjoitusten alustana mahdollisimman tarkkaan määrälaskentaan.

Työssä luodaan projekti- ja kaapelituotetietokanta sekä sähköasennuspiirustus käyttäen Cadmatic-suunnitteluohjelmaa. Projektitietokantaan määritetään käytettävät sähkölaitteet, kaapelituotetietokantaan määritetään kaapelit ja sähköasennuspiirustukseen piirretään sähkölaitteet ja kaapeloinnit mahdollisimman tarkasti. Asennuspiirustusta tehdessä painotetaan kaapelien asennustapoja, niiden vaikuttaessa kaapelipituuksiin sekä putkituksiin, ja siten määrälaskentaan merkittävästi. Ohjelma laskee automaattisesti käytettyjen tuotteiden eli sähkölaitteiden, kaapelien ja putkitusten määrät asennuspiirustuksen mukaan.

Asennuspiirustusta, kaapeli- ja projektitietokantaa on tarkoitus käyttää pohjana ja alustana tarkkaan automaattiseen ja manuaaliseen määrälaskentaan. Kummankin laskentatavan tuloksia verrataan keskenään opetusmielessä, ja tarkoituksena on havainnollistaa, kuinka paljon perusteellinen suunnitteluohjelman käyttö vaikuttaa sähköurakkalaskennan tarkkuuteen. Työkalulla tehdyn laskennan lopputulema tulisi siten olemaan mahdollisimman realistinen todelliseen urakan määrälaskentaan verrattuna.

2 Työkalut ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda opetuskäyttöön soveltuva tietokanta Cadmatic Electrical -suunnitteluohjelman versiolla 22.22.1 keskittyen kaapeleihin, niiden asennustapoihin ja siihen, miten näitä tietoja voisi käyttää urakkalaskennan helpottamiseksi.

Tietokannan pohjustuksena käytetään aiemmin tehtyä tietokantaa, jonka Katiuska Karhula toteutti insinöörityönä [1] Metropolia Ammattikorkeakoululle

vuonna 2022. Tässä insinööriyössä luotin tuotetietokantapohja pientalojen sähkösuunnitteluun käytettävistä sähköasennustuotteista Metropolian opiskelijoiden käyttöön. Työ rajoitettiin sisältämään yleisimmät sähköasennustuotteet, joita pientalojen sähkösuunnittelussa käytetään. Työ toteutettiin Suomen säädöksiä noudattavaksi huomioiden SFS-standardeja sekä ST-kortteja. [1.]

2.1 Kymdatasta osa CADMATIC-yhtiötä

Vuonna 1979 perustettiin Kotkassa tietokoneavuteisen suunnittelun eli CAD-ohjelmistosuunnittelun edelläkävijäksi kutsuttu, Kyndata Oy. Yhtiö kehitti Cads-ohjelmistotuoteperheen, jonka päätoimialat olivat sähkö- ja automaatio-suunnittelu, LVIA-suunnittelu sekä arkkitehti- ja rakennesuunnittelu. Kymdatan ollessa Suomessa ja Baltian maissa sähkö- ja automaatioalan CAD-ohjelmistosuunnittelun markkinajohtaja kiinnitti se muiden yhtiöiden huomion, mikä johti vuonna 2019 solmittuun kauppaan CADMATIC-ohjelmistoyhtiön kanssa. [2; 3; 4.]

Yrityskaupan myötä Kymdatan Cads-ohjelmistosta tuli osa Cadmatic-tuoteperhettä, ja yhtiöiden yhdistyksen myötä toimintaa jatkettiin CADMATIC-nimellä. Tuoteperheeseen sisältyy suunnitteluohjelmat sähkö-, automaatio-, LVIA-, arkkitehti- ja rakennesuunnittelulle. Sähkösuunnitteluohjelma Cadmatic Electrical, joka on tehty suomalaiset käytännöt huomioiden ja omaa laajat toiminnot tietomallisuunnitteluun, on tänä päivänä Suomessa käytetyin sähkösuunnitteluohjelmisto. [2; 4.]

2.2 Cadmatic Electrical

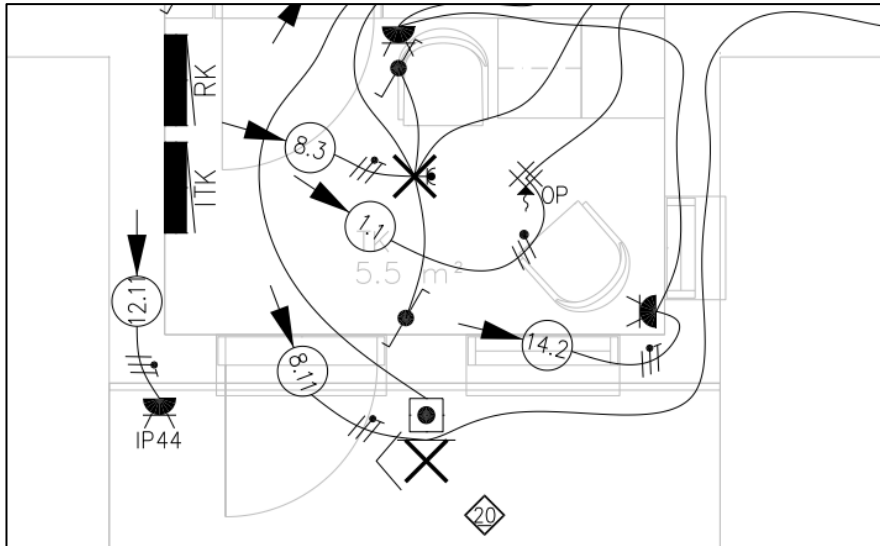
Cadmatic Electrical koostuu viidestä eri sovelluksesta:

- schematics
- cabinet layout
- distribution board
- electrical DB ja
- layout [5].

Tässä opinnäytetyössä keskeisimmissä rooleissa ovat kaksi viimeisimpänä mainittua.

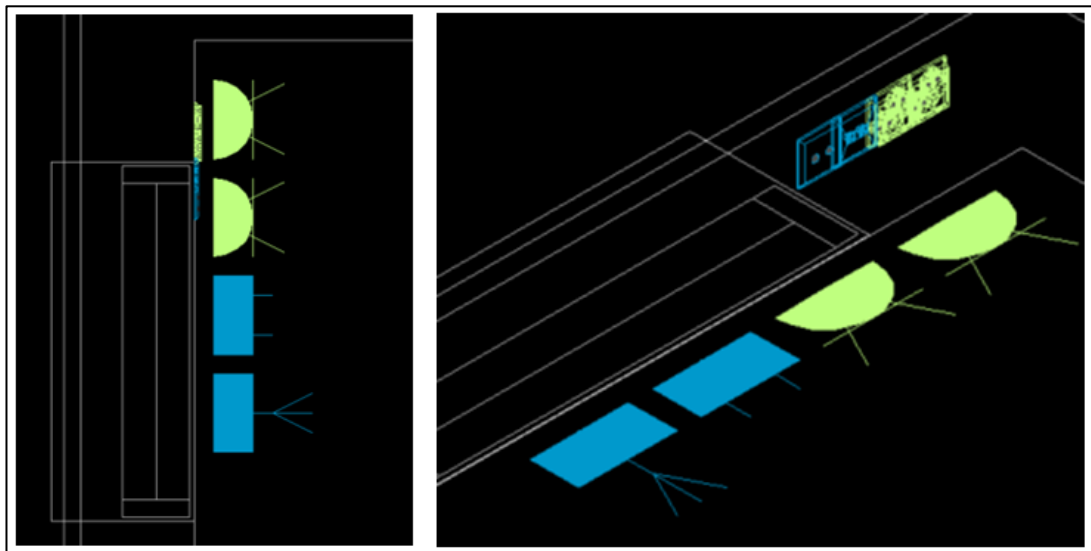
2.2.1 Electrical Layout

Layout-sovelluksen käyttötarkoitus on rakennusten asennuspiirustuksien suunnittelu. Tasopiirustus on se piirustus, jossa on esitetty keskusten sijainnit, valaisimien positiot, pistorasioiden sijainnit ja asennuskorkeudet, kaapeloinnit sekä niiden asennustavat ja niin edelleen (kuva 1). Tasopiirustuksessa suunnittelu tapahtuu pääsääntöisesti 2D-näkymässä. Layout-sovelluksessa on kuitenkin myös 3D-näkymävaihtoehto. Generoimalla 3D-mallit kuvassa oleville asennuksille voidaan vaihtaa 3D-näkymään, josta suunnittelijan on helpompi hahmottaa esimerkiksi pistorasioiden todellinen asennusväli.



Kuva 1. Esimerkki tasopiirustuksen sisällöstä. Kuvassa on pientalon tuulikaappi sähköasennuksineen.

Kuvasta 2 näkyy, miten pistorasioiden 2D-mallit ovat huomattavasti enemmän tilaa vieviä kuin todelliset asennukset, joita 3D-malli visualisoi. Siinä missä 3D-mallit näkyvät tiiviisti vierekkäin, ovat 2D-mallit selkeästi isommat ja vievät enemmän tilaa kuvassa.



Kuva 2. Tele- ja pistorasioiden esiintymät, vasemmalla 2D näkymässä ja oikealla 3D näkymässä.

Tällä sovelluksella pystytään myös urakkalaskentaa varten toteuttaa tarvittavia määrälaskentoja, kuten valaisimien määrä positioittain tai kaapelitarpeet määrättyllä tarkkuudella. Tietokantaliittynän avulla voidaan yhdistää tiedot eri sovellusten välillä, esimerkiksi tasopiirustukset ja keskuskaaviot. Täten toiseen piirustukseen tehdyt muokkaukset tulevat tallennuksen myötä tietokannan kautta kaikkiin liittynässä oleviin tiedostoihin.

2.2.2 Electrical DB

Cadmatic-ohjelmiston Electrical DB (Data Base) on työkaluna tietokantatyökentelyn ydin. Electrical DB -työkalun avulla hallitaan niin projektin tietoja kuin yleisiä laite- ja kaapelitietokantoja. DB-työkalu koostuu projektipuusta, projektin tiedoista ja tietokantatoiminnoista, jotka yhdistävät kaiken tiedon tietokannassa olevien tiedostojen välillä. [6.]

Electrical-projektipuusta näyttää avoinna olevan kuvan sijainnit, keskuskeskukset ja niiden ryhmät, laitteet, kaapelit johtimineen sekä sisäiset johdotukset. Aktiivisena olevan kuvan laitteiden tunnuksia näkyvät lihavoituna projektipuussa. [5.]

Esimerkiksi kaapelin ryhmää määritettäessä voidaan sen tietoihin määritellä tarvittavat tiedot sekä tasopiirustukseen että keskuskaavioon liittyen, kuten kuvassa 3 on esitetty. Tätä käyttäen voidaan säästää aikaa ja lisätä suunnittelutehokkuutta.

Ryhmän / lähdön ominaisuudet

Ryhmännumero: 8.2 Keskus: +RK
 Ryhmän kuvaus: Poistettava

Lähdöt

Ryhmännumero	Lähtötyyppi	Lähtöteksti 1	Lähtöteksti 2	Lähtöteksti 3	Lähtöteksti 4	Johdotus	Ylivirtasuojan tyyppi	Ylivirtasuojan
> 8.2	Lähtö	Valaistus KPH ja sauna 1.				MMJ-HF 3x1,5 S	Johdonsuoja B	10

Määrä: 1

Lähtötyyppi: Lähtö
 Kuvaus:
 Lähtöteksti 1: Valaistus KPH ja sauna 1. kerros
 Lähtöteksti 2:
 Lähtöteksti 3:
 Lähtöteksti 4:

Kiskosto: +RK-<SVÖTÖ>
 Suojalaite
 Tunnus: +RK-#1_FU22
 Virta (A/A): Johdonsuoja B 10 A / A
 Vaiheistus:

Johdotus (+RK / -#_BB13)
 Tyyppi: MMJ-HF 3x1,5 S
 Tunnus: #1_W24
 Järjestelmä: S251_C_Sisävalaistusjärjestelmä_johdotukset

Laskenta
 Jännitealenema: 0,02 % Poiskytkentäaika: 0,4 s
 Teho: 0 kW Oikosulkuvirta: 56 A
 Lue kuvasta Autom. laskenta
 Poistettava Autom. poisto sallittu

Lisätiedot Kiviet Symbolit Esiintymät

Symbolin nimi	Symbolityyppi	Symboli	Sijoitettu
STPRYH101V	Ryhmämerkki	→ X	<input checked="" type="checkbox"/>
SKKP174	Symbolipaketti	→	<input type="checkbox"/>

Määrä: 2
 Valitse Poista

OK Peruuta

Kuva 3. Esimerkki keskuksen lähdöstä. Kuvassa eroteltu punaisella miten samassa ikkunassa on valittu ryhmälle sekä tasopiirustuksessa esiintyvä symboli että keskuskaaviosta löytyvä johdonsuojakatkaisija/vikavirtasuoja.

3 Urakka ja sähköurakointi

Rakennuksien ja talojen rakennustyöt toteutetaan useimmiten urakkatyönä. Seuraavassa urakointiesimerkissä käytetään pientalon rakentamista rakennuttajan näkökulmasta. Pientalon rakennuttaminen sisältää yleensä vaiheet:

- suunnittelu
- urakoitsijoiden kilpailuttaminen ja valinta
- tontin maarakennustyöt
- talon rakentaminen
- lopputarkastus ja viimeistelytyöt [7].

Niin kuin vanha suomalainen sanonta kuuluu, niin hyvin suunniteltu on puoliksi tehty. Suunnitelmilla on tapana muuttua, mutta ideaalitulanteessa suunnittelu-prosessin jälkeen on tiedossa budjetti, tontin sijainti ja koko, talon koko sekä huonemäärät ja kerrokset, talon materiaali sekä oma panos ja tekeminen rakennustyössä. Budjetin suuruus vaikuttaa yleensä eniten projektin kokoluokkaan, määrittäen muun muassa tontin sijainnin ja koon tai taloon käytettävät rakennusmateriaalit. Suunnitteluprosessin tarkoituksena onkin määrittää hankkeelle mahdollisuuksien lisäksi myös rajoitteet. [7.]

Talon rakentamisessa on monta eri vaihetta, joita voi myös jakaa moneen eri urakkaan. Tässä on valinnan varaa, sillä esimerkiksi putki-, katto- tai sähkötyöt voi tilata monelta eri urakoitsijalta. Toki tilanteesta ja olosuhteista riippuen voi kaikki työt tilata samalta urakoitsijalta, joka voi sitten halutessaan teettää esimerkiksi aliurakointisopimuksella työt kolmannella osapuolella. Vastuualueet ja veloitteet määräytyvät tehdyissä sopimuksissa ja riippuvat urakkamuodosta. [7.]

Ennen talon pystyttämistä pitää kuitenkin tehdä tarvittavat maarakennustyöt. Tontin maaperän on oltava sopivaa tukemaan rakennus. Tämä voi tarvittaessa vaatia louhintaa, jos maaperä on liian kivistä, tai paalutusta, jos maaperä on liian pehmeää. Talon painaessa kymmeniä tai jopa satoja tonneja, on tontin pystyttävä kannattamaan rakennusta tasaisesti ja pitkään. [7; 8.]

Maarakennustöiden valmistuttua voidaan aloittaa talonrakennustyöt. Itse rakennuksen rakentaminen alkaa aina rakennuselementtien pystytyksellä. Tämän vaiheen kestoon vaikuttaa talon koko ja ulkomuoto sekä se, tuleeko tontille muuta rakennetta, kuten autokatos tai terassi. Pientalotapauksessa tähän kuluu noin kaksi viikkoa. Elementtien perustamisen jälkeen on hyvä aloittaa lattian valaminen. Lattiavalun on hyvä antaa asettua noin viikon verran, ja seuraavaksi voidaan aloittaa väliseinätyöt. Esimerkiksi sähkötyöt ovat käytännössä mahdollista saada valmiiksi ennen väliseinien pystytystä. [7.]

LVI-työt ovat rakentamisen pitkäkestoisimpia vaiheita. Ensimmäiset vaiheet suoritetaan juuri ennen lattiaeristysten asentamista, ja viimeiseksi vaiheeksi lasketaan vesikalusteiden asennus, mikä tehdään vain viikkoja ennen talon valmistumista. LVI-töiden lisäksi sähkötyöt ovat aikaisin rakennusvaiheessa alkavia ja vasta loppupuolella valmistuvia. [7.]

Näiden lukuisien vaiheiden jälkeen suoritetaan viimeistelytyöt kuten tarvittavat kaakeloinnit, lattioiden tekeminen ja kiinteiden kalusteiden asennus. Kun nämä vaiheet on suoritettu ja talo on valmis, tulee vielä suorittaa loppukatselmus. Loppukatselmuksessa rakennusmestari tarkastaa, että talon rakennustekniset ratkaisut on toteutettu asianmukaisesti ja ennen kaikkiaan turvallisesti. Loppukatselmuksessa tarkistetaan kaikki aina kodin paloturvallisuudesta vesivahinkoalttiuteen. Riippuen mihin kuntaan tai kaupunkiin rakentaa, on tiettyjä kohtia, joiden tulee olla kunnossa loppukatselmuksessa. Kuntakohtaisen tarkastuslistan löytää usein kuntien omilta verkkosivuilta, jotta sen voi tarkastaa ja mahdolliset puutteet korjata ennen kuin rakennusmestari saapuu tekemään loppukatselmointia. [7.]

3.1 Urakkamuodot

Urakointiin kuuluu pääpiirteittäin muutama erilainen urakkamuoto. Urakkamuodon valintaan vaikuttaa muun muassa urakan kokonaisuus ja ylipäättään rakennuskohteen olosuhteet. [9, s.19.]

Kokonaisurakka on tavanomaisin urakointimuoto. Kokonaisurakkaa käytettäessä rakennuttajalla on vain yhden urakoitsijan kanssa sopimus koko työstä. Pääurakoitsija voi kuitenkin teettää erikoistöitä, kuten taloteknisiä urakoita, aliurakointina erikoisliikkeellä. Siinä missä pääurakoitsija on vastuussa omista töistään, on se myös vastuussa aliurakoitsijoiden työstä. Pääurakoitsijana voi toimia esimerkiksi talotekninen urakoitsija riippuen hankkeesta. [9, s. 19.]

Jaetussa urakassa tehdään eri osa-alueisiin jaetut erilliset urakkasopimukset. Tällöin urakoitsijoiden välillä ei ole minkäänlaista sopimussuhdetta. Tämä tarkoittaa, että eri urakoitsijat ovat sopimussuhteessa vain rakennuttajaan. Suurimmat velvollisuudet ovat tämänkaltaisessa urakassa rakennuttajalla, jonka vastuuna on yhteensovittaa eri urakoitsijoiden työt. [9, s. 19.]

Kokonaisvastuurakentaminen, myöhemmin KVR, tarkoittaa nimensä mukaisesti sitä, että urakoitsija huolehtii rakennuskohteen toteutuksesta, sisältäen suunnittelut ja hankkeen kokonaiskoordinoinnin. Tällöin urakoitsija toimittaa rakennuttajalle muuttovalmiin ratkaisun. KVR-urakoitsija ja rakennuttaja ovatkin ainoat sopijapuolet tässä urakkamuodossa. KVR-urakoitsija voi kuitenkin toteuttaa osan urakasta käyttäen suunnittelu- ja aliurakkasopimuksia. [9, s. 19.]

Projektinjohtorakennuttaminen, projektinjohtopalvelu sekä projektinjohtourakka ovat projektinjohtototeutuksen, myöhemmin PJ-toteutus, kolme käytössä olevaa perusmuotoa. Tälle tehtävänkuvaukselle ei kuitenkaan vielä ole vakiintuneita sopimusmalleja tai urakkamuotoja. Rakennushankkeen toteuttaminen PJ-toteutuksella toimii niin, että projektinjohtourakoitsija toteuttaa sekä rakennuttajan tehtävät että pääurakoitsijan työt. Täten saadaan aikaiseksi kokonaispalvelu, joka usein säästää kustannuksia sekä lisäksi suunnittelutyön ja varsinaisten toteutustöiden kulkiessa limittäin kokonaisuuden läpivientiaika lyhenee. [9, s. 19.]

Sivu-urakasta on aina sovittava kirjallisesti, ja se vaatii aina vakiosopimuksen, RT 80271 [10.], käytön. Vakiosopimus mahdollistaa alistamismenettelyn, jota käytetään sivu-urakkamuodossa. Tämänlaisessa tapauksessa rakennuttaja tekee urakkasopimukset eri urakoitsijoiden kanssa ja jälkeinpäin alistaa sivu-urakat yhden pääurakoitsijan alle. [9, s. 20.]

Alistamissopimusta käytettäessä osa rakennuttajan velvoitteista, mutta ei välttämättä kaikki, siirtyy pääurakoitsijalle. Tämä muuttaa huomattavasti yhteisen urakan vastuukuvia, sopimussuhteita sekä sopijapuolten asemia. Alistamissopimuksen myötä urakoitsijat ovat sopimussuhteessa keskenään ja alistamissopimuksessa kerrotut ehdot määrittävät eri urakoitsijoiden veloitteet ja vastuualueet. [9, s. 20.]

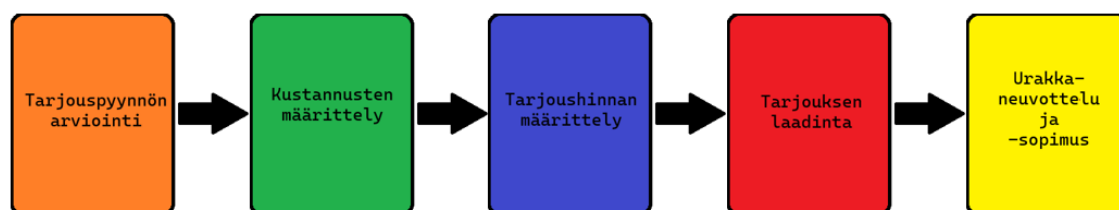
3.2 Sähköurakoinnin tarjousprosessi

Siinä missä minkä tahansa alan yritystoiminnan edellytyksenä on, että markkinoiden kysyntä ja yrityksen tarjonta on sopivassa suhteessa, pätee sama myös sähköurakointiin. Sähköasennus- ja urakointitoiminnan edellytykset alkavat oikeastaan jo siitä, että yrityksellä on toimintaansa nähden sopiva määrä tarpeeksi pätevää henkilökuntaa. Kun osaaminen ja henkilömäärä ovat kunnossa, tarvitaan vielä sopivat tilat ja työvälineet. Sähköalalla on omat määräykset ja luvanvaraiset toiminnat, joten yrityksellä tulee olla voimassa olevat tarvittavat luvat ja pätevyudet toimimiseen. [9, s. 8–9.]

Seuraavaksi päästään budjetointiin ja kustannusseurantaan, joka toimii koko toiminnan perustana, sekä taloushallintoon ja laskutukseen. Tämä on osio, jonka yleensä osaa paremmin, mitä enemmän on tehnyt sekä kokemuksen myötä oppinut. Tässä osiossa on hyvinkin tärkeää olla ammattitaitoa, ja aloittelevan yhtiön onkin hyvä harkita taloudellisen puolen ulkoistamista. Sillä esimerkiksi arvolisäveron kanssa tulee olla tarkkana. Siitä voi aiheutua ylämääräisiä lisäkustannuksia, jos sen lisää laskuun johon se ei kuulu tai jättää pois laskusta johon se kuuluisi. [9, s. 8–9.]

Kun yritystoiminnan pohjustus on kohdillaan, voidaan siirtyä tarjouksien laatimisen prosessiin. Sähköurakointialalla on terveellinen kilpailutilanne, eikä lähiaikoihin ole ennustettavissa muutosta. Koska kilpailua on, tulee urakoitsijayhtiöiden muistaa, että kaikkia tarjouksia ei välttämättä hyväksytä. Urakkatarjouksissa ei kuitenkaan kannata laskea omia hintoja liikaa, saati sitten lähteä kilpailemaan lainvastaisia keinoja käyttäen. [9, s. 16.]

Tarjouslaskentaa voidaan ajatella prosessina, jossa on säännöllisessä järjestyksessä suoritettavat vaiheet (kuva 6). Koska jokainen yksittäinen vaihe vaikuttaa kokonaisuuteen, kannattaa ne hoitaa erityisen huolellisesti. Yksittäisen pienen virheen takia lopputulema voi olla, että tarjousta ei hyväksytä tai urakka joudutaan toteuttamaan niin, ettei se enää ole yhtiölle kannattavaa. [9, s. 17–18.]



Kuva 4. Tarjouslaskennan prosessin vaiheet [9, s. 17].

Tarjouslaskenta alkaa tarjouspyynnön arvioimisella, jonka tarkoituksena on selvittää, onko työn saantiin tarvittavat perusedellytykset ja sen toteuttaminen mahdollista. Arviossa arvioidaan omien resurssien, henkilökunnan ja sen osaamisen riittäminen ja varmistetaan myös tilaajan uskottavuus. Joissain tapauksissa tilaaja saattaa esimerkiksi kilpailuttaa työn vain saadakseen vakiourakoitsijansa hintaa itselleen sopivammaksi. Jos kaikki näyttää tämän jälkeen vielä lupaavalta, voidaan siirtyä urakkamuodon valintaan, johon työnkuva ja urakan koko vaikuttavat. [9, s. 17–18.]

Kustannusten määrittely on usein tarjouslaskennan suuritöisin vaihe sisältäen tarvittavien tarvike- ja työmäärän selvittämisen. Tarvikkeiden massalaskenta on hyvä paloitella pienempiin osiin ja välttää ylimääräisiä kertolaskuja niiden lisäessä virheiden riskiä. Massalaskentaa varten on myös monia

tarjouslaskentaohjelmia, joita voi hyödyntää, ja oikeanlaisella käytöllä ne vähentävät inhimillisiä virheitä. Laskentaohjelmiin on hyvä tehdä valmiita tuotepaketteja sen mukaan, kun on mahdollista. Valmiit tuotepaketit nopeuttavat laskentaa, ja niitä voi ylläpitää muun muassa tuoterekisterissä tai yhtiön tietokannoissa. [9, s. 23.]

Sähköurakan hinnoittelu perustuu Suomessa lähinnä yksikköhintoihin, jotka pohjautuvat isoimpien tukkureiden sähkötarvikehinnastoihin. Lisäksi tarvikkeisiin ja sähkötyöhintoihin vaikuttaa Sähköistys- ja sähköasennusalan työehtosopimuksen [9] mukainen urakkahinnoittelu. Työehtosopimuksessa kerrotaan kaikki säännöt ja säädökset alan toiminnasta ja hinnoittelusta, aina alan yleisistä sopimuksista, urakkapalkkoihin ja urakan yksikköhintoihin [9, s. 24–25.].

Työehtosopimuksen [9] mukaan on lisäksi varattava asentajalle mahdollisuus toteuttaa työ urakkatyönä, urakkahinnoittelun perustuessa tehtyyn työhön eikä työtulokseen. Urakkahinnoittelun juuret yltävät vuonna 1912 Helsingissä painettuun kirjaan, jossa kerrotaan sähköliikkeiden hyväksymistä työjärjestyksestä asentajille. Tuolloin hinnoittelussa oli vain yhteensä 30 kappaletta nimikkeitä verraten tänä päivänä voimassa olevaan versioon, jossa yhdistelmiä on monta sataa. [9, s. 24–25.]

Vuonna 2015 voimaan tulleessa Sähköistys- ja sähköasennusalan työehtosopimuksessa liitteenä 3 oleva urakkahinnoittelua käsittelevä osuus kertoo muun muassa kielletyistä alustamateriaaleista, eri materiaaleihin kohdistuvien asennusten määrittelystä ja sen vaikutuksesta hintaan sekä siitä, miten kiinnitettävän kojeen paino vaikuttaa sen asennukseen.

Massalaskennassa on siis paljon huomioitavaa, kuten:

- sähkölaitteiden määrä
- materiaalit, joihin sähkölaitteet asennetaan
- laitteiden asennustavat (esimerkiksi uppo- tai pinta-asennus)
- urakassa tarvittavat kaapelit jaettuna kaapelin halkaisijamitan mukaan
- kaapelien asennukseen vaikuttavat asiat, esimerkiksi mahdollinen putki-asennus tai asennuskorko [11].

Hyvänä esimerkkinä voidaan pitää sähkökeskuksen asennusta. Sen asentaminen puumateriaaliin on halvempaa kuin kiveen tai metalliin, sekä asennuksen vaatiessa irrallisia korvakkeita tai erillisiä kiskoja, tulee siihen lisähinta, joka lasketaan materiaalin neliömetrin mukaan. [11, s. 110, 118, 120.]

Lisäksi on tehty Sähköurakan pakettirekisteri [13], joka on tarjouslaskenta- ja massoitteluohjelmissa käytettävä tietokanta. Tähän on koottu tarvikkeita ja sähköalan työehtosopimuksen mukaista työtä. Pakettirekisteri on luotu työn helpottamiseksi ja tarjouslaskennan nopeuttamiseksi. Pakettirekisterille ei kuitenkaan ole omaa ohjelmaa, vaan se tarvitsee aina laskentaohjelman, johon paketti asennetaan. Paketit ovat vain peruspaketteja ja toimivat pohjustuksena soveltuen miltei minkälaiseen kohteeseen tahansa sisältäen sähkönumeroita mutta ei tarvikehintoja. [9, s. 25.]

Tarjoushinnan määrittelyn lähtökohtana toimii kustannusten määrittely. Kun se on tehty, voidaan suunnitella urakkatarjouksen kokonaishinta. Kokonaishinta muodostuu urakan varsinaisesta kustannuksesta, erilliskustannuksista, katteesta ja kustannusten nousuvarauksesta. Katetarve määräytyy budjetista, ja yksittäisen urakkatarjouksen hintaa määritettäessä on hyvä muistaa, että budjetti osoittaa vuosittain vaaditun minimikatteen. Se tarkoittaa, että urakkatarjouksen hinnassa on otettava huomioon myös riskit ja kustannusnousuvaraukset.

Lisäksi voidaan tarjouspyynnöissä vaatia kokonaishinnan jakamista osahintoihin erillisen tarjouskaavakkeen mukaisesti. [9, s. 42–43.]

Urakan nimiketason kustannukset ovat yksinkertaisesti kohdistettavissa pyydettyihin osapositioneihin, mutta erilliskustannuksissa on enemmän haasteita sosiaaliskustannuksien ollessa ainoat, jotka itsestäänselvyytenä jaetaan osahintoihin työpalkoissa. Suositeltavaa onkin, että kate ja kaikki työmaan erilliskustannukset jaetaan työpalkkojen suhteessa osahintojen edellyttäessä sekä työtä että materiaalia. [9, s. 42–43.]

Seuraavana olisi kyseessä itse tarjouksen laadinta. Tarjous annetaan useimmiten tarjouspyynnön perusteella. Mikäli tarjouspyynnöstä poiketaan, tulee se olla selkeästi ilmoitettuna tarjouksessa. Koska tämä ei vielä ole sopimus, saattaa tilaaja poikkeuksen takia hylätä tarjouksen. Tarjouksissa käytetään yleisesti rakennusosalalla vakioehtoja, Rakennusurakan yleiset sopimusehdot, YSE 1998 [12], jotka sisältävät tarpeeksi tarkat määräykset sopimuksen ehtoihin. Näillä pyritään siihen, että sekä sopimuksen käytännön toteuttamisessa että ristiriitalanteessa kumpikin osapuoli saisi tasapuolisen kohtelun. YSE 1998 -ehtoihin perustuvia lomakkeita onkin suositeltavaa, mutta ei pakotettua, käyttää tarjouksen laadinnassa. [9, s. 47–48.]

Sähköurakan hankintalaajuuden muuttuminen on melko lailla taattua. Urakkaan saattaa tulla muutostöitä, jotka YSE:n [12] mukaan urakoitsijan on pakko hoitaa, mutta niille on urakkasopimuksissa erikseen määritelty veloitusperusteet. On myös varmistettava, että muutostyön tilaajalla on siihen oikeus. Sen jälkeen tulee aloittaa muutostyöt, oli sitten veloituksesta päästy sopuun tai ei. Sopimuksen ulkopuolella voidaan kuitenkin tehdä lisätöitä erillisellä sopimuksella. Lisätyöt eroavat muutostöistä siten, että lisätöistä tulee olla erillinen suunnitelma ja tarjous, johtaen sopimukseen, jonka jälkeen työt aloitetaan ja vältytään turhilta riidoilta. Tilaaja voi toteuttaa lisätyön toisellakin urakoitsijalla, mikä myös tarkoittaa, että siitä ei ole pakko tarjota. [9, s. 48.]

Mikäli menettelystä ei päästä sopuun, on YSE 1998 -ehtojen [12] mukaan sovellettava omakustannushinnan periaatetta muutostöissä. Omakustannushintaan hyväksytään asentajille maksettavien palkkojen, sosiaalikulujen ja palkkalisien lisäksi tarvikekustannusten työmaa- ja työnjohtokustannukset sekä 12 %:n yleiskustannuslisä, ellei muusta ole päästy sopuun [9, s. 50.].

Urakkatarjous astuu voimaan ja sitoo tarjouksen tekijän siihen siitä hetkestä, kun saaja on saanut sen sisällöstä tiedon. Tarjouksissa on syytä olla voimassaoloaika, mutta mikäli sellaista ei tarjouspyynnössä tai tarjouksessa ole ilmoitettu, noudatetaan oikeustoimilain kolmannen pykälän säännöstä [14]. Sen mukaan suullisen tarjouksen vastaus on annettava heti ja kirjalliseen tarjoukseen kohtuullisen ajan kuluessa. Tähän vaikuttaa kohteen suuruus, mutta kyseessä on päivistä tai oikein isoissa kohteissa viikoista. Tarjouksen sitovuus lakkaa kilpailevan tarjouksen hyväksymisellä, tarjouksen hylkäämisellä tai tarjouksen hyväksymisellä määräajan mukaisesti. [9, s. 52.]

Tämän kaiken jälkeen päästään urakkaneuvotteluun. Neuvottelussa oleminen tarkoittaa yleensä kilpailutuksen voittamista, mutta ei takaa lopullisen sopimuksen syntymistä. Mikäli päästään yhteisymmärrykseen sopimuksen sisällöstä, on vuorossa sen allekirjoittaminen. Sopimuksen saa allekirjoittaa vain siihen oikeutettu henkilö. Tässä vaiheessa on suositeltavaa vielä varmistaa, että sopimusneuvotteluissa ilmaantuneet mahdolliset muutokset ovat mukana sopimuksessa juuri siinä muodossa, kun niistä on sovittu. Vasta tämän pitkän prosessin jälkeen päästään itse työmaalle asennus- ja urakointitöihin. [9, s. 53–54.]

4 Tuotetietokanta ja kaapeloinnin suunnittelu

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää työkalu Metropolia Ammattikorkeakoulun sähköurakkalaskennan opetuskäyttöön. Työssä tehdyn asennuspiirustuksen ja kaapelitietokannan tarkoituksena on toimia alustana, josta laskentaharjoituskäytössä voisi mahdollisimman tarkasti tehdä määrälaskentaa sekä käsin että sähköisesti.

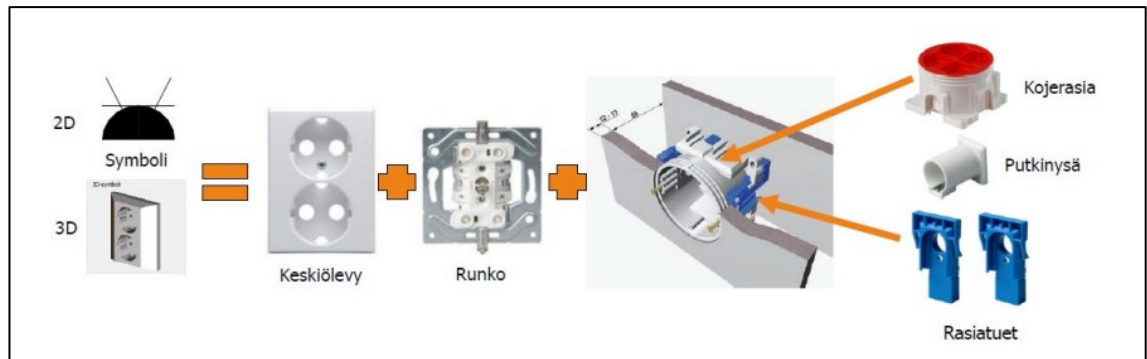
4.1 Tietokannan lähtökohta

Pohjatuksena käytettiin valmista tuotetietokantaa. Tämä tietokanta rajoitettiin sisältämään yleisimpiä pientalojen sähkölaitteita ja suunnittelun helpottamiseksi valmistettiin projektipuu. Projektipuun ensimmäisessä vaiheessa laitteet jaettiin sähköosioon ja teleosioon. Sähköosion sisältämät laitetypit ja järjestelmät ovat jakorasia, kenttälaitte, kytkimet, pistorasia, sähkölaite, termostaatti ja valaisin.

[1.]

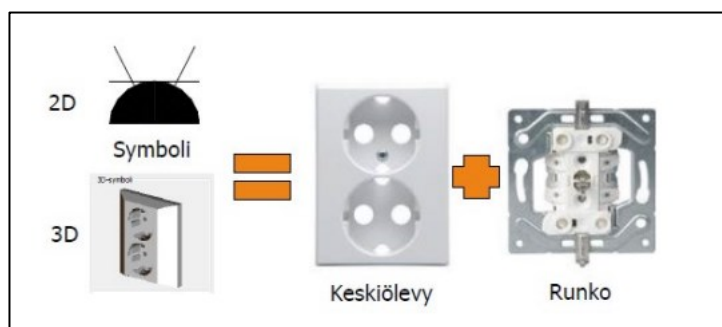
Teleosioista puolestaan löytyy antenni, merkinanto, paloilmoitus ja yleiskaapelointi. Cadmatic järjestää nämä automaattisesti aakkosjärjestykseen. Seuraavaksi jokaisen laitetypit ja järjestelmät on eroteltu asennustavan mukaan, pinta- ja uppoasennustuotteisiin. Vielä viimeisenä vaiheena uppoasennustuotteen on jaettu levy- ja valmisseinäosioihin seinän materiaalin vaikuttaessa sähkölaitteen tarvittaviin komponentteihin. [1.]

Yleisesti väliseininä käytetään levyseiniä, joiden runko valmistetaan puu-, kiertopuu- tai metallirankaisena. Itse levynä käytetään kipsi-, puukuitu-, lastu- tai vanerilevyä. Rakenne on melko kevyttä, minkä myötä sähkölaitteiden asennus on melko räätälöitävissä. Levyseinäasennuksissa urakoitsijan tulee muistaa, että sähkölaitteet tarvitsevat enemmän komponentteja yksittäistä laitetta kohden. Kuten kuvassa 5 on esitetty, kaksiosaista pistorasiaa tilatessa urakoitsijan tulee muistaa tilata myös pistorasian asennuksen vaatimat osat, kuten keskiölevy, runko, kojerasia, putkinysä ja rasiatuet. [1.]



Kuva 5. 2D- ja 3D-symbolit kaksiosaisesta pistorasiasta sekä räjäytyskuvana sisältävät komponentit asennettaessa levyseinään [15.].

Pistorasian kokonaisuus ei välttämättä muutu ollenkaan asennuksen ollessa valmisseinässä, mutta urakoitsijan näkökulmasta ero on kuitenkin huomattava. Elementtiseinä, eli niin sanottu valmisseinä, on yleisimmin valmistettu betonista tai puusta [1.]. Rakenteen ollessa hyvin raskas on helpompi upottaa tarvittavat putket ja osat elementtiin jo elementtitehtaalla. Tämä toimenpide vaatii sähkösuunnitelman, sillä siitä selviää putkitusten ja sähkölaitteiden sijainnit ja asennuskorkeudet, jonka myötä urakoitsijan ei tarvitse laskea mukaan kaikkia komponentteja osan ollessa jo upotettuna seinään. Esimerkissä kaksiosaisesta pistorasiasta urakoitsijan tarvitsee laskea pistorasian tarvitsevan vain keskiölevyn ja rungon, koska muut ovat jo upotettu elementtiin (kuva 6).

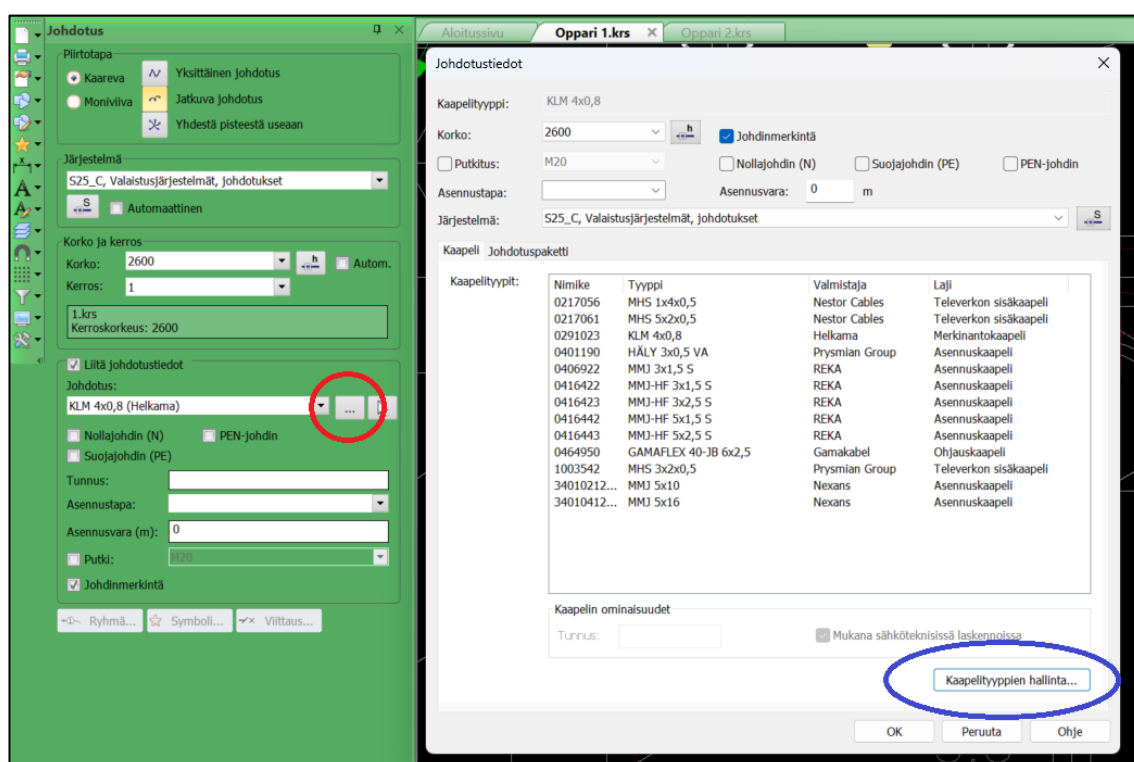


Kuva 6. 2D- ja 3D-symbolit kaksiosaisesta pistorasiasta sekä räjäytyskuvana sisältävät komponentit asentaessa valmisseinään [15.].

Siinä missä seinien materiaalilla on paljon vaikutusta sähkölaitteisiin, sillä on myös oma painoarvonsa kaapelointia suunniteltaessa.

4.2 Kaapelitietokannan suunnittelu

On monta erilaista piirtoteknistä tapaa suunnitella kaapelointia. Tässä opinnäytetyössä se aloitettiin lisäämällä kohteeseen tulevien kaapelien tyypit tietokantaan. Kuvassa 7 näkyy johdotusikkuna, jossa on määriteltävissä muun muassa piirrettävän kaapelin ulkonäkö ja asennustapa. Ensimmäistä kertaa ohjelmaa käytettäessä kaapelin sähkötekniisiä tietoja ei ole vielä määritetty. Kaapelityypit saa tuotua piirustukseen ja tietokantaan alla olevassa kuvassa (kuva 7) punaisella ympyröidyllä painikkeella.



Kuva 7. Vasemmalla johdotusasetuksien ikkuna ja oikealla "Johdotustiedot" -ikkuna.

Painikkeesta aukeaa "Johdotustiedot" -ikkuna, johon tuodaan kaapelien tiedot. Sinisellä ympyrällä merkitystä "Kaapelityyppien hallinta..." -painikkeesta päästään kuvan 8 näkymään. Näkymän ylemmässä osassa on listattuna kaikki valittavissa olevat kaapelit vakiotietokannasta. Alemmasta listauksesta löytyy

projektissa olevat kaapelivaihtoehdot. Ohjelma myös muistaa, mitä kaapeleita aiemmissa projekteissa on käytetty.

Kaapelityyppien hallinta

Vapaa suodin

Vakiotietokannat Jaetut tietokannat Toinen projekti

Veda tähän sen sarakkeen otsikko, jonka sisällön mukaan haluat ryhmittää.

Nimike	Sähkönumero	GTIN	Kaapelin tyyppi	Kaapelin tyyppi 2	Valmistaja	Laji, suomi	Laji, englanti	Laji, ruotsi	Halkaisija	Paino	Parikaapeli
0010205			ÖLFLEX CLASSIC 100 5x1,0	5x1,0	LappKabel	Voima ja ohjaj	Power and cont		8,4	105	<input type="checkbox"/>
0010210			ÖLFLEX CLASSIC 100 3G4	3G4	LappKabel	Voima ja ohjaj	Power and cont		11,8	255	<input type="checkbox"/>
0010301			ÖLFLEX CLASSIC 100 3G10	3G10	LappKabel	Voima ja ohjaj	Power and cont		15,9	516	<input type="checkbox"/>
0010302			ÖLFLEX CLASSIC 100 3G16	3G16	LappKabel	Voima ja ohjaj	Power and cont		18,3	911	<input type="checkbox"/>
0010303			ÖLFLEX CLASSIC 100 3G25	3G25	LappKabel	Voima ja ohjaj	Power and cont		23	1388	<input type="checkbox"/>
0010304			ÖLFLEX CLASSIC 100 3G35	3G35	LappKabel	Voima ja ohjaj	Power and cont		25,6	1766	<input type="checkbox"/>
0010305			ÖLFLEX CLASSIC 100 3G50	3G50	LappKabel	Voima ja ohjaj	Power and cont		31	2556	<input type="checkbox"/>
0010306			ÖLFLEX CLASSIC 100 3G70	3G70	LappKabel	Voima ja ohjaj	Power and cont		35,3	3182	<input type="checkbox"/>
0010307			ÖLFLEX CLASSIC 100 3G95	3G95	LappKabel	Voima ja ohjaj	Power and cont		41,3	4675	<input type="checkbox"/>

Maara: 10879

Avaa... Kopioi jaettuihin... Lisää projektiin Päivitä valitut

Paketit

Projektin kaapelityypit Projektin oletuskaapelityypit

Veda tähän sen sarakkeen otsikko, jonka sisällön mukaan haluat ryhmittää.

Nimike	Sähkönumero	GTIN	Kaapelin tyyppi	Kaapelin tyyppi 2	Valmistaja	Laji, suomi	Laji, englanti	Laji, ruotsi	Halkaisija	Paino	Parikaapeli	Jol
0416442	0416442		MMJ-HF 5x1,5 S	5x1,5	REKA	Asennuskaapeli	Installation cabl	Installationski	12	203	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0464950	0464950		GAMAFLEX 40-JB (6x2,5	Gamakabel	Ohjauskaapeli	Control cable	Styrkabel	11,1	246	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0416423	0416423		MMJ-HF 3x2,5 S	3G2,5	REKA	Asennuskaapeli	Installation cabl	Installationski	11	202	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0416443	0416443		MMJ-HF 5x2,5 S	5x2,5	REKA	Asennuskaapeli	Installation cabl	Installationski	14	290	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0416422	0416422		MMJ-HF 3x1,5 S	3G1,5	REKA	Asennuskaapeli	Installation cabl	Installationski	10	151	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0401190	0401190		HÄLY 3x0,5 VA	3x0,5	Prysmian Gro	Asennuskaapeli	Installation cabl	Installationski	5,8	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0217056	0217056		MHS 1x4x0,5	1x4x0,5	Nestor Cable	Televerkon sis	Telecommunica		5	30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0217061	0217061		MHS 5x2x0,5	5x2x0,5	Nestor Cable	Televerkon sis	Telecommunica		6,5	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Maara: 14

Uusi... Muokkaa... Päivitä valitut Poista projektista Tuo projektiin... Vie oletuksiin Sulje

Kuva 8. Näkymä "Kaapelityyppien hallinta" -ikkunasta.

Kun projektiin on tuotu tarvittavat kaapelit, joita voi myöhemminkin lisätä tarvittaessa, avataan "Keskusten ja ryhmien hallinta". Tässä ikkunassa voi nimensä mukaisesti hallita ja muokata keskuksien ja ryhmien asetuksia. Ryhmät saadaan esille, kun valitaan haluttu keskus aktiiviseksi. Näkyviin tulevat kaikki keskuksessa olevat ryhmät, mutta mikäli niitä ei vielä ole, lisätään ne kuvan 9 mukaisesti vihreästä pluspainikkeesta.

Keskus	Ryhmä	Tasok...	Kaavi...	Lähtötietä 1	Johdotus	Kaapelipitu...	Max kaapelipit. (...)	Teho ...	Ylivirt...	Oikosulkuvirta (A)	Jännit...
RK	1.1	Kyllä	Ei	Palovarointimet 1. kerros	HÄLY 3x0,5 VA	24,7	213,4	0,0	B 2	39	0,00
RK	1.2	Kyllä	Ei	Pistorasia JBKaappi	MMJ-HF 3x1,5 S	5,3	0,0	0,0	C 10	0	0,00
RK	1.3	Kyllä	Ei	Pistorasia pakastin	MMJ-HF 3x1,5 S	5,0	0,0	0,0	C 10	0	0,00
RK	2.1	Ei	Ei	-	-	0,0	0,0	0,0	C 10	0	0,00
RK	2.2	Ei	Ei	-	-	0,0	0,0	0,0	C 10	0	0,00
RK	2.3	Ei	Ei	-	-	0,0	0,0	0,0	C 10	0	0,00
RK	3	Kyllä	Ei	Liesi	MMJ-HF 5x2,5 S	4,9	0,0	0,0	C 16	0	0,00
RK	4.1	Ei	Ei	-	-	0,0	0,0	0,0	C 16	0	0,00
RK	4.2	Ei	Ei	-	-	0,0	0,0	0,0	C 16	0	0,00
RK	4.3	Ei	Ei	-	-	0,0	0,0	0,0	C 16	0	0,00
RK	5	Kyllä	Ei	Saunan kuus	GAMAFLEX 40 JB 6x2,5	12,5	0,0	0,0	C 16	0	0,00
RK	6.1	Ei	Ei	Valaistus MH17,5, 13 ja VH 2. kerros	MMJ-HF 3x1,5 S	0,0	31,4	0,0	B 10	0	0,00
RK	6.2	Ei	Ei	Valaistus ja pistorasiat WC 2. kerros	MMJ-HF 3x2,5 S	0,0	52,3	0,0	B 10	0	0,00
RK	6.3	Kyllä	Ei	Pistorasia ilmanvaihtokone KHH	MMJ-HF 3x2,5 S	9,7	0,0	0,0	C 10	0	0,00
RK	7.1	Kyllä	Ei	Pistorasia kuivauskaappi KHH	MMJ-HF 3x2,5 S	9,2	0,0	0,0	C 10	0	0,00
RK	7.2	Ei	Ei	-	-	0,0	0,0	0,0	C 10	0	0,00
RK	7.3	Ei	Ei	-	-	0,0	0,0	0,0	C 10	0	0,00
RK	8.1	Ei	Ei	Ulkovalaistus	-	0,0	0,0	0,0	B 10	0	0,00
RK	8.2	Kyllä	Ei	Valaistus KPH1 ja sauna 1. kerros	MMJ-HF 3x1,5 S	15,0	31,4	0,0	B 10	56	0,02
RK	8.3	Kyllä	Ei	Valaistus TK, WC, TEKN. ja KHH, sekä ovikello 1. ...	MMJ-HF 3x1,5 S	12,8	31,4	0,0	B 10	57	0,02
RK	8.11	Kyllä	Ei	Numerovalaisin pääsisäänkäynti ja KHH ulkovalaisin	MMJ-HF 3x1,5 S	16,6	31,4	0,0	B 10	55	0,02
RK	8.12	Kyllä	Ei	Valaistus terassi 1. kerros	MMJ-HF 3x1,5 S	13,0	31,4	0,0	B 10	57	0,02
RK	8.13	Ei	Ei	Valaistus parveke 2. kerros	MMJ-HF 3x1,5 S	0,0	31,4	0,0	B 10	0	0,00
RK	9.1	Ei	Ei	Valaistus eteinen ja olohuone	MMJ-HF 3x1,5 S	0,0	31,4	0,0	B 10	0	0,00
RK	9.2	Ei	Ei	Valaistus aula ja portaikko 2. kerros	MMJ-HF 3x1,5 S	0,0	31,4	0,0	B 10	0	0,00
RK	9.3	Ei	Ei	Valaistus keittiö 1. kerros	MMJ-HF 3x1,5 S	0,0	31,4	0,0	B 10	0	0,00
RK	10.1	Ei	Ei	Valaistus MH 15, 2. kerros	MMJ-HF 3x1,5 S	0,0	31,4	0,0	B 10	0	0,00
RK	10.2	Ei	Ei	-	-	0,0	31,4	0,0	B 10	0	0,00
RK	10.3	Ei	Ei	-	-	0,0	31,4	0,0	B 10	0	0,00
RK	11.1	Ei	Ei	Pistorasia astianpesukone	MMJ-HF 3x2,5 S	0,0	0,0	0,0	C 16	0	0,00
RK	11.2	Ei	Ei	Pistorasiapykkipesukone KHH	MMJ-HF 3x2,5 S	0,0	0,0	0,0	C 16	0	0,00

Kuva 9. Näkymä "Keskusten ja ryhmien hallinta" -ikkunasta.

Ryhmien tietoihin lisätään tarvittava sisältö, jotta ryhmien ja kaapelointien piirtäminen olisi mahdollisimman helposti tehtävissä. Tässä kohtaa ryhmänumerot ovat harvemmin tiedossa etukäteen, joten ne lisätään usein vasta sitten, kun kaikki kaapelit ovat kuvassa. Tämän työn pohjana käytettiin lähes täysin samantyyppiselle pientalolle tehtyä suunnitelmaa, joten ryhmänumerot saatiin laitettua ennen kaapelin piirtoa.

Aiemmin luvussa 2 esitetty kuva 3 kertoo, miten ryhmän asetuksissa voidaan valmiiksi määrittää ryhmän kaapelitiedot. Kaapelitiedot lisätään tässä vaiheessa pohjustuksena käytetyn suunnitelman mukaisesti itse kaapelin piirtämisen helpottamiseksi. Suojalaittekin voidaan määrittää tässä vaiheessa, vaikka se ei vaikuta urakkalaskennan kaapeliosuuteen. Siksi kuvassa 9 näkyy joidenkin ryhmien kohdalla varoitusmerkkejä, mutta niitä ei tarvitse tässä kohtaa huomioida.

Kaikkien tarvittavien ryhmien ollessa keskuksessa voidaan niitä lisätä piirustukseen. Koska tässä opinnäytetyössä oli vain yksi piirustuksessa esitettävä keskus, ei ryhmien esityksessä tarvittu erillistä keskusmerkintää. Ryhmien nuolten niin kutsutut hännät laitetaan tavanomaisesti kuitenkin osoittamaan siihen

suuntaan, mistä keskuksesta ryhmä lähtee luvussa 2 olevan kuvan 1 nähtävän esimerkin mukaisesti.

Kaapelien piirroksessa tulee ottaa huomioon kaapelien asennustavat. Asennustapoja on monia erilaisia, mikä määräytyy sen mukaan, millaiseen materiaaliin sähkölaite asennetaan. Tämän projektin suunnitelmassa käytettiin asennustapoja O, O+JM ja OTA. O-asennustapa tarkoittaa, että kaapeli asennetaan putkeen, onteloon, kanaaliin tai se on putketon. Esimerkiksi katossa olevien uppovalaisimien välisten kaapelien ollessa melko lyhyitä eivät ne tässä toteutuksessa tarvitse erillisiä putkia. O+JM-asennustapa kertoo, että kaapeli asennetaan erilliseen muoviputkeen, asennustapaa käytettiin tässä projektissa esimerkiksi lattiassa kulkeville kaapeleille (liite 1).

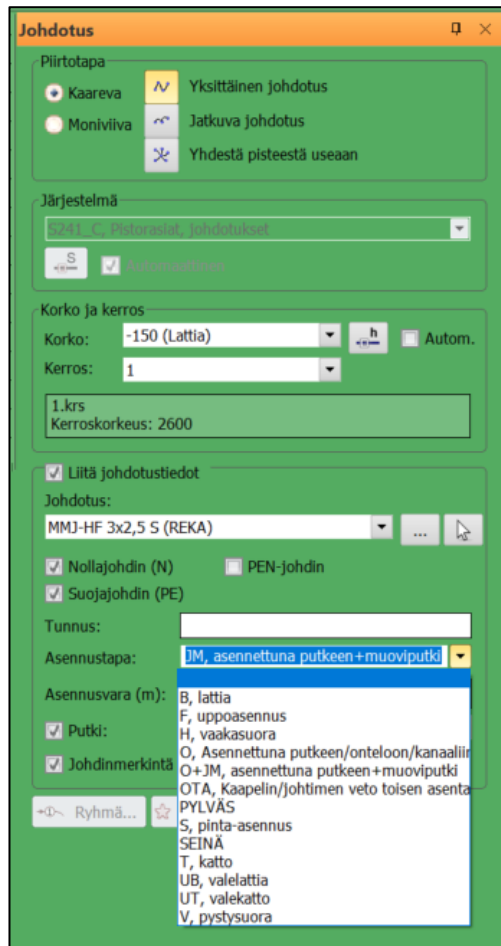
Elementtiseiniin asennettavien sähkölaitteiden kaapeloinnissa käytettiin asennustapaa OTA, joka vuorostaan tarkoittaa johdon tai johtimen vetämistä jonkun muun asentamiin putkiin. Toisena esimerkkinä voidaan käyttää linjasaneerauskohtetta, jossa hyödynnetään jo olemassa olevia putkia. Tällöin putket laskeetaan jonkun muun asentamiksi, eikä sähköurakoitsijan tarvitse niitä korvata uusilla (liite 1).

Kun piirretään ryhmää keskusten ja ryhmien hallinnan kautta, ryhmään asetetut tiedot ovat heti näkyvissä johdotusikkunassa, ja ne liitetään jo piirtohetkellä kaapelille. Piirrettäessä kaapelia uppoasennukseen käytetään kaarevaa piirtotapaa. Kaapelin järjestelmä määräytyy myös automaattisesti kaapelille aiemmin merkityn järjestelmän mukaisesti, eikä sitä pysty tässä tilassa vaihtamaan. Asennuskorkoa kaapelille valittaessa pitää huomioida sähkölaitteen asennuksen korko.

Kuvan 10 esimerkissä piirrettiin pistorasialle, joka asennetaan seinään vakiokorkeuteen 200 mm, kaapeli lattiaan asennettavaksi, sillä se oli tapauskohtaisesti järkevin ratkaisu. Johdotustiedot saatiin suoraan ryhmälle asetetuista tiedoista, ja jäljelle jäi enää asennustavan määrittäminen.

Kuvassa 10 näkyy myös alavetovalikko, jossa on vakiona joitain vaihtoehtoja sekä muistiin jääneenä ne asennustavat, joita projektissa on aiemmin käytetty.

Tämän pistorasiaryhmän asennustavan ollessa O+JM, täytyy sille valita myös oikeainlainen putki. Opinnäytetyöprojektissa johdinmerkintä laitettiin vain ryhmän ensimmäiseen kaapeliin, ryhmämerkin ja ensimmäisen sähkölaitteen väliin. Mikäli kaapelin tyyppi muuttuisi ryhmän sisäisesti, merkittäisiin poikkeavat kaapelit myös johdinmerkinnällä.

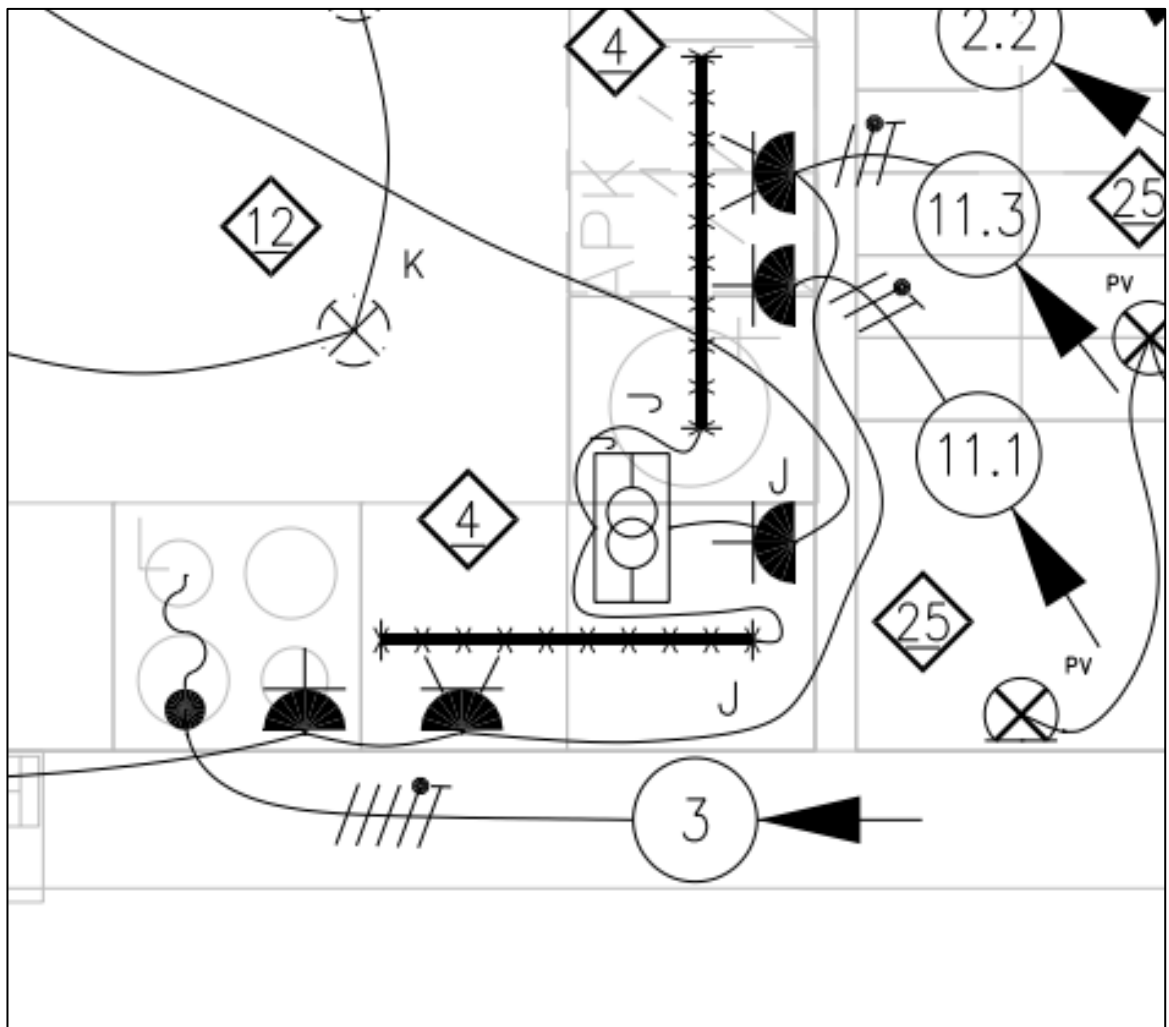


Kuva 10. Johdotus-ikkuna, jossa näkyy eri johdotustapoja.

5 Tietokannan toteutuksen ongelmat ja ratkaisut

Opinnäytetyön sähkösuunnitelmassa keskeisempänä osana oli sen toteuttaminen niin, että se olisi mahdollisimman käytännöllinen sähköurakkalaskennan opettamisessa. Jotta suunnitelmasta saataisiin tähän tarkoitukseen mahdollisimman hyödyllinen, poikkeaa se niin sanotusta tavallisesta sähkösuunnittelusta.

Tämä osoittautui haastavimmaksi niiden kaapelien kohdalla, jotka asennetaan elementtiseiniin, esimerkiksi keittiön pistorasioissa (kuvassa 11) ilmeni ongelma, koska osa on elementtiseinässä ja osa on levyseinässä. Ryhmän 11.3 kaapelointi aloitettiin levyseinään asennettavasta pistorasiasta, jolloin kaapelin asennustavaksi laitettiin O+JM. Keittiön pistorasiat sijoittuvat sen verran korkealle, että asennettava kaapeli vietiin keskukselta katossa ensimmäiselle pistorasialle. Seuraavan pistorasian kohdalla asennustavaksi täytyi laittaa OTA, koska rasia on elementtiseinässä.



Kuva 11. Projektin sähkösuunnitelman keittiön kulmauksen sähköasennukset.

Ideaalitapauksessa kaapelin piirto olisi toiminut niin, että ensimmäisen pistorasian jälkeen viedään kaaressa piirrettynä kaapelia asennustavalla O+JM

korkeudessa 2600 mm (katossa) melkein seuraavalle rasialle asti. Seuraava pistorasia on keittiön välitilassa asennuskorkeutenaan 1200 mm. Kaareva kaapeli olisi keskeytetty pistorasian lähelle, vaihdettu asennustavaksi OTA ja sitten piirretty kaapeli pistorasialle. Tämä ei kuitenkaan toiminut, sillä ohjelma antoi käyttää vain toista asennustapaa koko matkalta. Mikäli toisen asennustavan omaava kaapeli olisi piirretty moniviivana, olisi tämä toteutustapa toiminut halutusti. Moniviivalla piirretty kaapeli tarkoittaa yleensä pinta-asennusta, joten se ei tässä tapauksessa ollut vaihtoehto.

Ongelmaa yritettiin ratkaista myös niin, että ensimmäinen kaapeli piirrettiin yllä mainitusti lähelle seuraavaa pistorasiaa, sitten katkaistiin kaapelin piirto. OTA-asennustapaa noudattava osa kaapelista olisi aloitettu seuraavalta pistorasialta ja yhdistetty aiempaan kaapelinpätkään piirtämällä näiden päät yhteen. Tässä osoittautui ongelmaksi se, että ohjelma ei enää tunnistanut kokonaisuutta saman ryhmän kaapelina, vaan ryhmä olisi loppunut tähän yhdistyskohtaan kuvan 12 mukaisesti. Kaikki kaapelit saataisiin tällä tavalla laskuihin, mutta iso osa kaapeleista oli määrittelemättömiä, ja laskuissa ei tiedettäisi, mihin ryhmään ne kuuluvat.

Ryhmät:						
Kes...	Ryhmä	Tas...	Kaa...	Lähtöteksti 1	Johdotus	Kaapelipituus (m)
⚠ RK	9.2	Kyllä	Ei	Valaistus aula ja portaikko 2. kerros	MMJ-HF 3x1,5 S	18.3
⚠ RK	9.3	Kyllä	Ei	Valaistus keittiö 1. kerros	MMJ-HF 3x1,5 S	14.4
⚠ RK	10.1	Kyllä	Ei	Valaistus MH 15, 2. kerros	MMJ-HF 3x1,5 S	14.0
?	RK 10.2	Ei	Ei		-	0.0
?	RK 10.3	Ei	Ei		-	0.0
!	RK 11.1	Kyllä	Ei	Pistorasia astianpesukone	MMJ-HF 3x2,5 S	5.4
!	RK 11.2	Kyllä	Ei	Pistorasiapyykinpesukone KHH	MMJ-HF 3x2,5 S	7.0
!	RK 11.3	Kyllä	Ei	Pistorasiat keittiö ja ruokailutila 1. kerros	MMJ-HF 3x2,5 S	9.3
?	RK 12.1	Ei	Ei	Ulkopistorasiat	-	0.0

Kuva 12. Ryhmien näkymä, jossa eroteltuna ryhmä 11.3.

Ratkaisuksi kokeiltiin myös Cadmatic Distribution Board -keskustaaviosuunnittelusovelluksesta lainattua kytkentärasiaa, mutta tulos oli edelleen sama. Ryhmä pysyi yhtenäisenä, mutta kaapelien asennustavat eivät pysyneet oikeina. Ohjelma yhdisti jälleen pistorasioiden välisen asennustavan vain jompaa-kumpaa asennustapaa käyttäen.

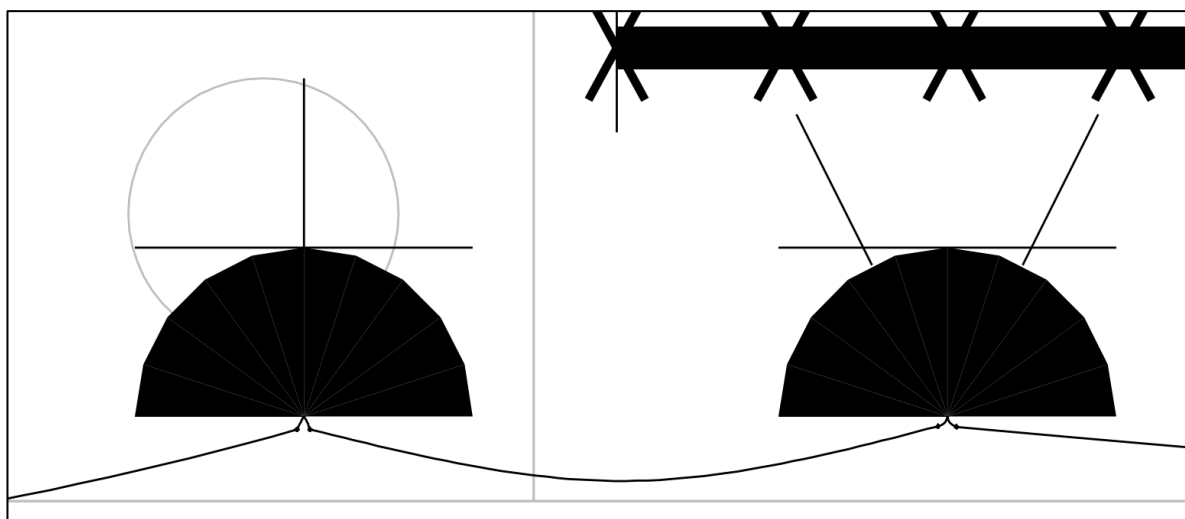
Seuraava kokeilu oli tavallinen jakorasia. Jakorasian käyttäminen kaapelien yhdistämiseen säilytti kummankin kaapelin asennustavat, asennuskorkeudet ja ryhmän kaapelipituus pysyi todenmukaisena. Kuvassa 13 näkyy ryhmän kaapelipituus, kun se on piirretty onnistuneesti.

Ryhmät:						
Kes...	Ryhmä	Tas...	Kaa...	Lähtöteksti 1	Johdotus	Kaapelipituus (m)
⚠️ RK	9.2	Kyllä	Ei	Valaistus aula ja portaikko 2. kerros	MMJ-HF 3x1,5 S	18.3
⚠️ RK	9.3	Kyllä	Ei	Valaistus keittiö 1. kerros	MMJ-HF 3x1,5 S	14.4
⚠️ RK	10.1	Kyllä	Ei	Valaistus MH 15, 2. kerros	MMJ-HF 3x1,5 S	14.0
❓ RK	10.2	Ei	Ei		-	0.0
❓ RK	10.3	Ei	Ei		-	0.0
❗ RK	11.1	Kyllä	Ei	Pistorasia astianpesukone	MMJ-HF 3x2,5 S	5.4
❗ RK	11.2	Kyllä	Ei	Pistorasiapyykinpesukone KHH	MMJ-HF 3x2,5 S	7.0
❗ RK	11.3	Kyllä	Ei	Pistorasiat keittiö ja ruokailutila 1. kerros	MMJ-HF 3x2,5 S	25.0
❓ RK	12.1	Ei	Ei	Uikopistorasiat	-	0.0
❓ RK	12.2	Ei	Ei		-	0.0

Kuva 13. Ryhmien näkymä, jossa eroteltuna ryhmä 11.3.

Tavallisen jakorasian käyttäminen tämän ongelman ratkaisuun toi mukanaan uuden ongelman. Mikäli ongelman ratkaisemiseen käytetään vastaavanlaisia jakorasioita, joita projektissa on muuallakin, tulevat ne mukaan urakkalaskentaan. Lisäksi ongelmana olisi ollut se, että väärinymmärryksen riski olisi ollut liian suuri ylimääräisten jakorasioiden näkyessä sähkösuunnitelmassa paikoissa, joissa niitä ei kuuluisi olla.

Ohjelmassa ilmenneen ongelman pohjalta luotiin projektin tietokantaan uusi rasia, joka nimettiin OTA-liitokseksi. OTA-liitoksen toiminta olisi sama kuin tavallisella jakorasiolla, mutta se ei tulisi näkyviin sähkösuunnitelmaan. Sähköpiirustuksen mittakaavan ollessa 1:50 tavallisesti kuvaan piirrettävien symbolien symbolikerroin on 50:50. OTA-liitoksen symbolikertoimeksi laitettiin 1:1, jolloin se on olemassa, kaapeli saadaan laskentoihin oikeilla asetuksilla eikä jakorasioita tilata kohteeseen liikaa. Kuten kuvasta 11 näkee, OTA-liitos on tuskin edes nähtävissä. Alla olevasta kuvasta 14 näkyy kuitenkin OTA-liitos, kun kuvaa on suurennettu tarpeeksi paljon.



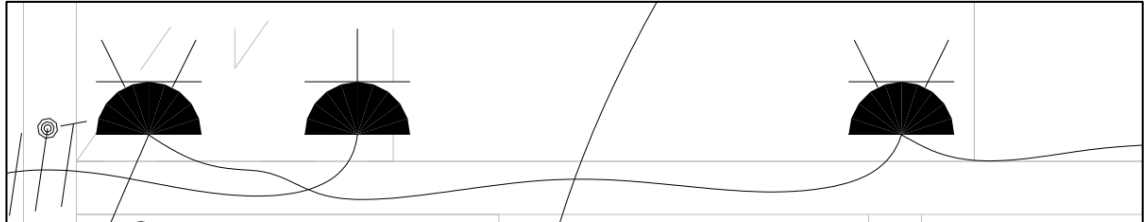
Kuva 14. Suurennettu otos keittiön pistorasialla ja OTA-liitoksella.

Kuvasta 16 näkee, miten pistorasiat on kytketty sarjaan, mutta välissä on OTA-liitospalkit. Näin tehtiin, koska ohjelma vaatii, että pistorasioille menevät lyhyet osuudet piirretään OTA-asennustavalla. Pistorasioiden välissä on kaapeli asennustavalla O+JM. OTA-liitoksen jälkeen kaapeli jatkuu asennuksella O+JM kuvan ulkopuolelle seuraavan pistorasian OTA-liitäntäkappaleeseen. Lisäksi, jotta kaapelien pituudet säilyisivät oikeina, piti huomioida kaapelien asennuskorkeudet. Kuvan 14 esimerkissä O+JM-asennustavan kaapelien asennuskorkeudet ovat 2600 mm, jolloin OTA-liitoksenkin asennuskorkeudeksi tuli laittaa sama korkeus.

OTA-liitosta jouduttiin käyttää myös niissä kohdissa, joissa peräkkäin samassa sarjassa olevat sähkölaitteet ovat elementtiseinässä. Asennustapa muuttuu laitteiden välissä siksi, että elementtitehtaalla halutaan välttää vaakatasoon asennettavia putkia. Esimerkiksi kahden valmisseinässä 200 mm:n korkeudessa olevan pistorasian välinen kaapeli tuodaan suoraan rasian alle elementissä olevassa putkessa. Välimatka vedetään lattiaan asennustapana O+JM, ja seuraavan rasian kohdalla on putkea suoraan alapuolella elementtiin upotettuna.

Lisäksi tulee muistaa, että esimerkissä olevat pistorasiat asennetaan tavallisesti hyvää asennustapaa käyttäen. Toisin sanoen, vaikka suurennetuissa kuvissa

näkyä ylämääräisiä ”jakorasioita”, on todellinen asennustapa kuvan 15 mukainen. Kuvan 14 mukainen asennustapa luotiin poikkeuksena vain urakkalaskentaa varten.



Kuva 15. Tavanomainen pistorasioiden sarjakytkentä.

Lopuksi kaikkien kaapelien ollessa piirustuksessa OTA-liitoksineen suoritettiin Cadmatic-ohjelmalla määrälaskenta. Määrälaskennassa (kuva 16) näkyy OTA-liitos useasti johtuen niiden vaihtelevasta järjestelmä määräyksestä. Järjestelmät määrättiin OTA-liitoksille sen mukaan, minkä sähkölaitteiden kaapeloinnissa niitä on käytetty. Vahvavirtapistorasioiden kaapeloinnissa käytetyt OTA-liitokset ovat ”Sähköliitöntäjärjestelmät” -nimikkeellä, valaisimien kaapeloinnissa käytetyt ovat ”Valaistus” järjestelmässä ja heikkovirtakaapeloinnissa olevat OTA-liitosasiat laitettiin ”Viestintä- ja tietoverkko” järjestelmään.

⊗	Sisävalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus
✖	Sisävalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus
●	Sähköliitöntäjärjestelmät	OTA Liitos
✖	Ulkovalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus
✖	Ulkovalaistusjärjestelmä	Valaisin asennus
●	Valaistusjärjestelmät	1-Kytkin, merk
●	Valaistusjärjestelmät	1-Kytkin, uppo
●	Valaistusjärjestelmät	5-kytkin, Kruun
●	Valaistusjärjestelmät	5-kytkin, Kruun
●	Valaistusjärjestelmät	6+6-kytkin, Vai
●	Valaistusjärjestelmät	7-kytkin, ristiky
●	Valaistusjärjestelmät	Jakorasio, valaisi
●	Valaistusjärjestelmät	OTA Liitos
●	Valaistusjärjestelmät	Vaihtokytkin, up
●	Valaistusjärjestelmät	Vaihtokytkin, up
●	Viestintä- ja tietoverkkojärjestelmät	OTA Liitos
■	Yleiskaapelointijärjestelmä	Tietoliikennerasio
	Antenni järjestelmä, johdotukset	COAX 4 FOAM

Kuva 16. Osittainen näkymä Cadmatic-ohjelmalla tehdystä määrälaskennasta.

6 Yhteenveto ja pohdintaa

Tämänhetkisessä maailmantilanteessa komponentti- ja materiaalipulan jyllätessä on entistä tärkeämpää välttää laskuvirheet, jotka johtavat joko hävikkiin tai ylimääräisiin tilausaikoihin. Täsmällinen urakkalaskenta on kustannustehokkain tapa pitää aika ja hävikki kurissa komponenttien ollessa kalliita ja vaikeasti saatavilla.

Opetusmateriaalina opinnäytetyö on hyvä sen antaessa osviittaa siitä, miten Cadmatic-ohjelmaa voidaan hyödyntää massalaskentaan, mikäli suunnittelu on tehty hyvin ja asianmukaisesti. Tässä opinnäytetyössä tehty sähkösuunnitelma ja tietokanta toteutettiin niin, että se olisi urakkalaskentaa varten mahdollisimman tarkka.

Kaapelitietokannan luominen sähköurakkalaskentaa varten ei sujunut mutkattomasti. Kaapelien asennustapojen vaikuttaessa suuresti kaapeloinnin suunnitteluun ongelmat alkoivat ilmetä kesken piirron. Ihanteellisessa tapauksessa lopputulema näyttäisi vastaavanlaiselta kuin tavallinen sähkösuunnitelma. Tämän takia pyrittiin saamaan mahdollisimman tavallisen näköinen suunnitelma, joka kuitenkin olisi myös tehokas sähköurakkalaskennan kannalta.

Ratkaisuksi saatiin epätavallinen toteutus, jota sähkösuunnittelijan harvemmin tarvitsee noudattaa. OTA-liitoksien lisääminen suunnitelmaan toi kaapelointiin toivotun tuloksen, ja sen myötä tässä projektissa luotua suunnitelmaa voidaan hyödyntää opetusmateriaalina. Tässä opinnäytetyössä kehitetty ratkaisu voisi parhaimmillaan toimia vertailukohtana muutostyöhön, joka tekisi ohjelmasta suunnittelijaystävällisemmän sähköurakkalaskentaa ajatellen.

Olisi toivottavaa, että Cadmatic-suunnitteluohjelmaan tulisi tähän ongelmaan parempi ratkaisu. Ohjelma on kuluneiden vuosien aikana ottanut isoja askelia tietomallimaailmassa, joten tämän ongelman ollessa suhteellisen pieni luulisi ratkaisun löytyvän melko helposti. Jos kaapelia piirtäessä moniviivan ja kaarevan piirtotavan välinen vaihto sallii asennustavan muutoksen, miksi se ei voisi onnistua kaarevan ja toisen kaarevana piirretyn kaapelin välissä?

Tehdyn työn suhteen kannattaa kuitenkin, niin kuin kaikkeen muuhunkin, suhtautua tietyllä kriittisyydellä, sillä toteutus tuskin on virheetön. Lisäksi kannattaa miettiä, onko tällä toteutustavalla todellista hyötyä verraten sähkösuunnittelijan tavalliseen työhön. Ylimääräinen tarkkuus kaapelien piirrossa ja OTA-liitoksien käytössä voi kuluttaa liikaa aikaa, mikä tapauskohtaisesti saattaa viedä projektilta kustannustehokkuutta.

Lähteet

- 1 Karhula, Katiuska. 2022. Pientalon sähköasennusten tuotetietokanta. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 2 Raula, Jani. 2015. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Insinööriyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 3 CADMATIC Oy on ostanut Kyndata Oy:n. 23.8.2019. Verkkoaineisto. Talotekniikka-lehti. <<https://talotekniikka-lehti.fi/cadmatic-oy-on-ostanut-suomalaisen-ohjelmistoyhtio-kyndata-oy/>>. Luettu 25.8.2023.
- 4 Cadmatic Electrical. Verkkoaineisto. Cadmatic. <<https://www.cadmatic.com/fi/construction/ohjelmistoratkaisut/cadmatic-electrical/>>. Luettu 25.8.2023.
- 5 Cadmatic Electrical. Versio 22.22.1. Cadmatic Oy.
- 6 Cadmatic Electrical DB. Versio 22.22.1. Cadmatic Oy.
- 7 Talon rakentaminen – kaikki vaiheet suunnittelusta valmiiseen taloon. 2023. Verkkoaineisto. Sortter. <<https://sortter.fi/blogi/artikkeli/talon-rakentaminen-vaiheet/>>. Päivitetty 5.5.2023. Luettu 10.8.2023.
- 8 Kuinka paljon kotitalomme painaa? 2023. Verkkoaineisto. Helsingin sanomat. <<https://www.hs.fi/tiede/art-2000009450234.html>>. Päivitetty 5.5.2023. Luettu 10.8.2023.
- 9 Saastamoinen, Arto & Autio, Isto. 2017. Sähköurakoitsijan tarjouslaskenta. Espoo: Grano Oy.
- 10 Sivu-urakan alistamissopimus. RT 80271. 2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 11 Sähkötekniset työntajat STTA ry; Palvelualojen työnantajat PALTA ry & Sähköalojen ammattiliitto ry. 2022. Sähköistys- ja sähköasennusalan työsopimus 2022–2024. Tampere: Grano Oy.
- 12 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE. 1998. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 13 Tarjouslaskennan pakettirekisteri. Verkkoaineisto. Sähköinfo. <<https://www.sahkoinfo.fi/product/group/163>>. Luettu 8.9.2023.

- 14 Laki varallisuusosoikeudellisista oikeustoimista. 2023. 228/13.6.1929.
- 15 Nurmio, Jarno. 2016. Todelliset tuotteet suunnittelussa. Opetusmateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Asennustapataulukko

Kaapelien asennustapoja

Asennustavat: 04404 MMJ 3X1.5S

Asennustapa	Nimi1	Nimi2	Määrä
000	O	Asennettuna putkeen/ontelo/kanaali/putketon	
001	O+JM	Asennettuna putkeen+muoviputki	
002	OTA	Kaapelin/johtimen veto toisen asentamiin putkiin	
003	M	Asennus maahan	
007	O+JAPP	Asennettuna putkeen+alumiiniputki kiveen	
010	OJ	Oikaistuna johtoteille	
011	KJ	Kiinnitetynä johtoteille/sitomalla bet./vajenill	
012	KJME	Kiinnitetynä johtoteille määrätäisyydelle	
013	KHPY	Kiinnitetynä pystyhylylle	
020	PUU	Asennettuna puuhun	
021	K/M	Asennettuna kiveen tai metalliin	
025	KYT	KytKentä	
026	OKYT	OsakytKentä	
027	KYT+M	KytKentä+kaapelimerkki	
029	OKYT+M	OsakytKentä+kaapelimerkki	
040	KUJ	Kutistejatko	

Asennustavat: 04120 ML 2.5 MU

Asennustapa	Nimi1	Nimi2	Määrä
000	O	Asennettuna putkeen/ontelo/kanaali/putketon	
001	O+JM	Asennettuna putkeen+muoviputki	
002	OTA	Kaapelin/johtimen veto toisen asentamiin putkiin	
025	KYT	KytKentä	

Asennustavat: 06100 MCMK 2X1.5+1.5

Asennustapa	Nimi1	Nimi2	Määrä
000	O	Asennettuna putkeen/ontelo/kanaali/putketon	
001	O+JM	Asennettuna putkeen+muoviputki	
003	M	Asennus maahan	
004	M+N	Asennus maahan+merkkkausnauha	
005	M+SK	Asennus maahan+suojakouru	
006	M+N+SK	Asennus maahan+merkkkausnauha+suojakuoru	
010	OJ	Oikaistuna johtoteille	
011	KJ	Kiinnitetynä johtoteille/sitomalla bet./vajenill	
012	KJME	Kiinnitetynä johtoteille määrätäisyydelle	
013	KHPY	Kiinnitetynä pystyhylylle	
020	PUU	Asennettuna puuhun	
021	K/M	Asennettuna kiveen tai metalliin	
025	KYT	KytKentä	
026	OKYT	OsakytKentä	
027	KYT+M	KytKentä+kaapelimerkki	
029	OKYT+M	OsakytKentä+kaapelimerkki	
040	KUJ	Kutistejatko	
041	VMJ	Valumuovijatko	