



Kasper Mesimäki

# Sähkösuunnittelu AutoCAD- ja MagiCAD for AutoCAD -ohjelmis- toilla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinööriyö

23.5.2024

## Tiivistelmä

Tekijä:	Kasper Mesimäki
Otsikko:	Sähkösuunnittelu AutoCAD- ja MagiCAD for AutoCAD -ohjelmistoilla
Sivumäärä:	47 sivua + 1 liite
Aika:	23.5.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Sähköinen talotekniikka
Ohjaaja:	Lehtori Jarno Nurmio

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää aloitteleville sähkösuunnittelijoille suunnattu opas, joka hyödyntää MagiCAD -ohjelmistoa suunnitteluprosessissa. Opinnäytetyö on tehty tekijän omalle yritykselle, Melmontis Oy:lle. Yrityksen päämääränä on tulevaisuudessa tarjota laadukasta sähkösuunnittelua, joka tehdään AutoCAD- ja MagiCAD for AutoCAD -ohjelmistoilla. Opinnäytetyö tarjoaa myös katsauksen ohjelmistojen vaatimaan pohjatyöhön.

Opinnäytetyössä käsiteltiin konkreettisesti kuvitteellisen toimistorakennuksen sähkösuunnitelman laatimista ja sitä, mitä teknisiä ja lainsäädännöllisiä seikkoja tulee huomioida, jotta lopputulos täyttää sekä asiakkaan että viranomaisten vaatimukset. Opinnäytetyössä esiteltiin myös MagiCADin tärkeimmät toiminnot, joiden avulla sähkösuunnittelussa päästään hyvään lopputulokseen. Lopuksi yhteenvedossa pohdittiin, miten MagiCAD ja AutoCAD toimivat suunnittelutyökaluina aloittavalle sähkösuunnittelijalle ja millaisia haasteita siinä voi olla.

Lopputuloksena opinnäytetyö tarjoaa kattavan johdatuksen MagiCADin käyttöön sähkösuunnittelun kontekstissa, ja se on suunnattu erityisesti niille, jotka ovat vasta aloittamassa uraansa sähkösuunnittelun parissa.

Avainsanat: sähkötekniikka, sähkösuunnittelu, MagiCAD, AutoCAD

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Kasper Mesimäki  
Title: Electrical Design with AutoCAD and MagiCAD for AutoCAD Software  
Number of Pages: 47 pages + 1 appendix  
Date: 23 May 2024

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

---

This thesis work aimed to develop a guide tailored for novice electrical designers, utilizing the MagiCAD software in the design process. This work was carried out for my own company, Melmontis Oy, which aims to provide high-quality electrical design using AutoCAD and MagiCAD for AutoCAD software in the future. The thesis also provides an overview of the preliminary work required by the software.

The thesis work specifically addressed the development of an electrical plan for a hypothetical office building and the technical and legislative aspects that must be considered to ensure the final product meets both client and regulatory requirements were examined. The thesis also highlighted the key features of MagiCAD that facilitate achieving a successful outcome in electrical design. Additionally, the work considered how MagiCAD and AutoCAD serve as design tools for beginning electrical designers and what challenges may arise.

As a result, the thesis provides a comprehensive introduction to using MagiCAD in the context of electrical design, particularly targeted at those just beginning their careers in this field.

Keywords: Electrical engineering, Electrical design, MagiCAD, AutoCAD

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sähkösuunnitteluun vaikuttavat säännökset ja standardit	2
3	Suunnittelun vaiheet	3
3.1	Hankkeen tarveselvitys	3
3.2	Hanke- ja ehdotussuunnittelu	3
3.3	Yleis- ja toteutussuunnittelu	4
3.4	Rakennusvaihe ja käyttöönottotarkastukset	4
3.5	Tehdyn työn takuu-aika	5
4	AutoCAD	6
4.1	AutoCADin käyttöliittymä	6
4.1.1	Piirtoa avustavat ominaisuudet AutoCADissa	7
4.1.2	AutoCADin työkalurivi	8
4.1.3	Tasojen käyttö AutoCADissa	8
4.1.4	AutoCADin suunnittelunäkymät	9
4.2	AutoCADin asetukset	10
4.3	Tulosteiden tekeminen AutoCADilla	11
4.3.1	Paperikoot ja AutoCADin tulostusasetukset	12
4.3.2	Tulostusraamit ja nimiö AutoCADissa	15
4.4	AutoCADin tiedostomuodot	17
5	MagiCAD for AutoCAD	17
6	Ennen sähkösuunnittelua tehtävät valmistelutyöt	18
6.1	Projektin kansiorakenne	19
6.1.1	Kansiorakenne sähkösuunnittelussa	20
6.2	MagiCADin mep-tiedoston luominen ja asettaminen	22
6.3	Viitekuvien lisäys AutoCADissa	24
6.4	MagiCAD-kerrostieto	27
6.5	AutoCAD UCS	29
7	Sähkösuunnittelu AutoCAD- ja MagiCAD for AutoCAD -ohjelmistoilla	31
7.1	MagiCAD-kaapelireitit	31
7.2	MagiCAD-keskukset ja keskusalueet	32

7.3	MagiCAD-laitteet	33
7.4	Tekstit	34
7.5	Kaapelointi MagiCADilla	35
7.6	Legenda	38
7.7	MagiCAD-pääkaavio	39
7.8	Järjestelmäkaaviot	41
7.9	Aksonometrinen järjestelmäkaavio	42
8	Yhteenveto	45
	Lähteet	46

#### Liitteet

Liite 1: Opinnäytetyön pohjalta luotu kuvitteellisen toimistorakennuksen ensimmäisen kerroksen vahvavirtaryhmityspiirustus.

# 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehtiin Melmontis Oy:lle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä AutoCAD- ja MagiCAD for AutoCAD -ohjelmien toimintoihin ja hyödyntää sekä esitellä niitä esimerkkinä toimivan kuvitteellisen toimistorakennuksen sähkösuunnitelmia tehdessä. AutoCAD ja MagiCAD for AutoCAD ovat kilpailijoihinsa, esimerkiksi CADMATI:iin, verrattuna hieman haastavampia käyttää. Ilman pientä pohjatyötä ja osaamista, voi olla halutun lopputyön saaminen hankalaa.

Tässä opinnäytetyössä pyritään hyödyntämään Ramboll Finland Oy:llä kerrytettyä kokemusta kyseisten ohjelmistojen käytöstä ja selittämään kaikki oleelliset asiat, mitä tarvitsee tietää sähkösuunnitelman toteutukseen AutoCAD- ja MagiCAD for AutoCAD -ohjelmistoilla selvästi ja reilusti kuvia hyödyntäen. Opinnäytetyö on testattu toisen vuoden Metropolian sähkö- ja automaatioinsinööriopiskelijalla, joka sai tehtyä opinnäytetyön avulla kuvitteellisen toimistorakennuksen ensimmäisen kerroksen vahvavirtaryhmityspiirustuksen. Opiskelijalla ei ollut aikaisempaa kokemusta sähkösuunnittelusta AutoCAD- ja MagiCAD for AutoCAD -ohjelmistoilla. Käytännön osuuden lisäksi opinnäytetyössä on avattu suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, kuten erilaiset säädökset ja standardit, sekä kerrottu suunnittelun eri vaiheista.

## 2 Sähkösuunnitteluun vaikuttavat säännökset ja standardit

Sähköturvallisuuslaki muodostaa perustan kaikelle sähkösuunnittelulle ja sähköalaan liittyville määräyksille ja ohjeistuksille Suomessa. Tämä laki asettaa perusvaatimukset sähkölaitteiden ja -laitteistojen suunnitteluun ja käyttöön, kun taas tarkemmat tekniset yksityiskohdat määritellään erilaisissa standardeissa. Sähköturvallisuuslakia täydentävät muun muassa valtioneuvoston antamat asetukset sähkölaitteistoista sekä sähkötyöstä ja käyttötyöstä.

Sähköturvallisuuslain lisäksi on useita muita lakeja ja asetuksia, jotka tarjoavat yksittäisiä ohjeita ja määräyksiä sähkösuunnitteluun ja toteutukseen. Näistä merkittävimpiä ovat muun muassa laki sähköautojen latauspisteiden rakentamisesta asuinrakennuksiin, joka velvoittaa varustamaan kaikki pysäköintipaikat sähköauton latausvalmiudella tai latauspisteillä [1].

Toinen esimerkki on sisäasiainministeriön asetus, joka määrittelee palovaroittimien sijoittamisen ja kunnossapidon vaatimukset eri asuin- ja hoitolaitoksille vaatien vähintään yhden palovaroittimen jokaista alkavaa 60 neliometriä kohden [2]. Sähkömarkkinalaki puolestaan keskittyy sähkömarkkinoiden toimintaan tarjoten säännöt markkinoiden avoimuudelle ja kilpailulle. Tämä laki vaikuttaa myös sähkösuunnitteluun, sillä se edellyttää, että jokaisessa asunnossa tulee olla oma sähkönmittausta mahdollistava laitteisto, mikä tukee kuluttajien mahdollisuutta kilpailuttaa sähköntarjoajia. [3.] Lisäksi liikenne- ja viestintäviraston määräys 65 määrittelee tarkasti vaatimukset kiinteistöjen sisäverkoille ja teleurakoinnille, mikä sisältää muun muassa veloitteen suunnitella ja toteuttaa kaksi tietoliikennepistettä ja yhden antennirasian jokaiseen huoneeseen asuinrakennuksissa [4].

Sähköalan standardien ylläpito ja kehittäminen on keskeinen osa turvallisuuden varmistamista, mikä näkyy erityisesti Tukesin ylläpitämässä S10-luettelossa. Tämä luettelo kattaa lukuisat sähkötyöturvallisuuteen liittyvät standardit, ja sitä päivitetään säännöllisesti vastaamaan teknologian ja standardien kehitystä [5].

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry:n ylläpitämä sähkötietokortisto, eli paremmin tunnettuna ST-kortisto tarjoaa käytännön ohjeita, miten lakien ja standardien asettamat vaatimukset voidaan saavuttaa. ST-kortiston ohjeiden mukainen sähkösuunnittelu ja asennustyö täyttävät yleisesti hyväksytyyn rakennustavan vaatimukset, edistään näin turvallisuutta ja tehokkuutta sähköalan töissä. ST-kortistojen julkaisuja hallinnoi Sähkötieto ry. [6.]

### **3 Suunnittelun vaiheet**

Rakennusprojekti koostuu useista eri vaiheista, jotka vaihtelevat projektin kokoluokan ja toteutustavan mukaan. Kun suunnittelu on tehty huolella, on todennäköisempää, että rakennus valmistuu suunnitellusti ilman merkittäviä ongelmia. Talotekniikan suunnittelussa ja toteutuksessa noudatetaan omaa vaiheittaista prosessiaan, jossa eri toimijat osallistuvat eri vaiheissa.

#### **3.1 Hankkeen tarveselvitys**

Ensimmäisessä vaiheessa tehdään tarveselvitys, jossa arvioidaan hankkeen välttämättömyys ja perusteltavuus ennen toteutukseen ryhtymistä. Tarveselvityksessä kartoitetaan projektin kustannusarvio, laajuus, vaatimukset, toteutusmahdollisuudet ja aikataulu. [7, s. 3.]

Hankkeen laajuus määrittää tarveselvityksen laajuuden. Pienemmissä korjaustöissä tarveselvityksen tekeminen on yhtä tärkeää kuin suurissa kohteissa, joissa vaaditaan väistämättä kattava ja monipuolinen selvitys.

#### **3.2 Hanke- ja ehdotussuunnittelu**

Tarveselvityksen päätyttyä prosessi etenee hankesuunnitteluun. Tässä vaiheessa määritellään rakennushankkeen tavoitteet, laatuvaatimukset, aikataulu ja ylläpitovaatimukset tilaajan toiveiden mukaisesti. Hankkeen suuruudesta, tar-



vittavista resursseista ja vaativuudesta riippuen valitaan asianmukaiset suunnittelijat. Hankesuunnitelman avulla tilaaja voi tehdä päätöksen investoinnista. [7, s. 4.]

Tämän jälkeen siirrytään ehdotussuunnitteluun, joka perustuu hankesuunnitelmaan. Ehdotussuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelija kehittää erilaisia suunnitteluratkaisuja, jotka vastaavat asetettuja tavoitteita. Hän myös varmistaa, että valitut suunnitelmat täyttävät hankkeen vaatimukset. Ehdotussuunnitelmien on kuvattava kattavasti kaikki mahdolliset ratkaisut, joista voidaan valita paras toteutettava vaihtoehto. [7, s. 9–13.]

### 3.3 Yleis- ja toteutussuunnittelu

Ehdotussuunnitelman jälkeen siirrytään laatimaan yleissuunnitelmaa. Yleissuunnitteluvaiheessa vahvistetaan lopulliset suunnitteluratkaisut, joita ei suositella enää tässä vaiheessa muuttamaan, jottei se vaikeuta projektin edistymistä. Toteutussuunnittelu jakautuu kahteen osaan: hankintoja tukeviin suunnitelmiin ja toteutusta tukeviin suunnitelmiin. Hankintoja tukevat suunnitelmat laaditaan niin, että niiden avulla voidaan yksilöidä kohteen ja sen rakennusosien laajuus, määrät, työtavat ja laatutaso tarvittavalla tarkkuudella kustannusarvioita varten. [7, s. 18.] Näiden suunnitelmien perusteella voidaan tehdä urakkalaskentaa ja aloittaa kilpailutusprosessi eri urakoitsijoiden välillä. Toteutusta tukevien suunnitelmien avulla projekti siirtyy rakennusvaiheeseen, jossa esimerkiksi kaapelointi- ja sähköasennustyöt voidaan toteuttaa suunnitellusti. [7, s. 21.]

### 3.4 Rakennusvaihe ja käyttöönottotarkastukset

Rakennusvaiheessa toteutetaan kohde suunnitelmien mukaisesti. On tärkeää, että tilaaja huolehtii riittävästä valmisteluajasta urakoitsijalle ja että suunnittelija varmistaa, että rakentaminen noudattaa sopimuksia, tavoitteet täyttyvät ja suunnitelmat päivitetään tarvittaessa muutostöiden myötä ajan tasalle. [7, s. 26–27.]

Ennen käyttöönottoa tulee varmistaa, että kaikki järjestelmät toimivat suunnitelmien mukaan oikein. Urakoitsija testaa järjestelmien toimivuuden käyttöönoton

yhteydessä ja antaa tilaajalle tarvittavan käyttöönotto-opastuksen. Samalla kaikki muutokset kirjataan ja lopulliset piirustukset luovutetaan tilaajalle.

Sähköasennuksien osalta on tehtävä tarpeelliset käyttöönottomittaukset, joista laaditaan mittauspöytäkirja. Tarkastuksen aikana suoritetaan visuaalinen tarkastus sekä erilaiset mittaukset ja testit, jotka dokumentoidaan mittauspöytäkirjaan, joka luovutetaan tilaajalle. Käyttöönottomittaukset tulee suorittaa ainoastaan pätevyityneen sähköalan ammattilaisen toimesta.

Lisäksi asennuksille, joissa on yli 35 A -pääsulakkeet ja jotka ovat paritaloa suurempia asuinrakennuksia, on tehtävä käyttöönottotarkastuksen lisäksi varmennustarkastus. Sähköurakoitsijan on varmistettava, että varmennustarkastus suoritetaan. Mikäli sähköurakoitsija laiminlyö tämän velvollisuutensa, tulee sähkölaitteiston haltijan järjestää varmennustarkastus. Varmennustarkastuksen saa tehdä ainoastaan virallisesti valtuutettu tarkastaja tai tarkastuslaitos. Luokan 1 ja 2 laitteistoille varmennustarkastus on suoritettava viimeistään kolmen kuukauden kuluessa laitteiston käyttöönotosta. [8.]

### 3.5 Tehdyn työn takuu-aika

Takuu-aikana rakennuksen toimintaa seurataan aktiivisesti, suoritetaan takuu-aikana vaadittavat säädöt, pidetään tarpeelliset tarkastukset ja korjataan mahdolliset vikatilanteet. Mikäli virheet johtuvat urakoitsijan tai aliurakoitsijan toiminnasta, urakoitsija on vastuussa niiden korjaamisesta.

Ellei urakkasopimuksessa ole toisin sovittu, takuu-aika on kaksi vuotta. Tämä takuu kattaa myös lisätyöt ja muutostyöt. Sähköurakoinnin osalta sovelletaan Rakennusurakan yleisiä YSE 1998 -sopimusehtoja, jotka määrittelevät takuuajan kahdeksi vuodeksi projektin luovutuspäivästä alkaen. [9.]

## 4 AutoCAD

AutoCAD on CAD-ohjelmisto (Computer-Aided Design), jota hyödynnetään tarkan 2D- ja 3D-suunnittelun ja mallinnuksen toteuttamisessa. AutoCAD on yksi suosituimmista insinöörialalla käytetyistä suunnitteluohjelmistoista, sillä se toimii myös alustana, jonka päälle voidaan rakentaa erikoistuneempia työkaluja, kuten tässä insinööriyössä käytetty MagiCAD for AutoCAD.

AutoCADin käyttöliittymä on suunniteltu olemaan intuitiivinen ja mukautuva, mikä helpottaa sekä uusien että kokeneiden käyttäjien työskentelyä. Käyttöliittymä tarjoaa monia tapoja kustomoida sen ulkonäköä, jotta käyttäjät voivat sovitaa työympäristön omiin tarpeisiinsa.

### 4.1 AutoCADin käyttöliittymä

AutoCADin perusominaisuuksiin kuuluu kuvassa 1 esitetty komentorivi, joka löytyy käyttöliittymän alareunasta. Vaikka graafinen käyttöliittymä tarjoaa tavan päästä käsiksi useimpiin toimintoihin, komentorivi mahdollistaa suoraviivaisen pääsyn moniin toimintoihin ilman tarvetta navigoida valikoiden läpi. [10.]



Kuva 1. AutoCAD komentorivi [11].

Komentorivin avulla käyttäjät voivat kirjoittaa komentoja ja suorittaa toimintoja välittömästi, mikä voi olla nopeampaa kuin GUI:n (Graphical User Interface) käyttö erityisesti toistuvien tai monimutkaisten toimintojen yhteydessä. Lisäksi komentorivi tukee automatisointia ja skriptien käyttöä, jolloin käyttäjät voivat suorittaa monia komentoja peräkkäin automaattisesti, mikä tehostaa suunnittelutyötä. Komentorivi myös tarjoaa välitöntä palautetta komentojen suorittami-

sesta, mikä auttaa virheenkorjauksessa ja suunnitteluparametrien säätämisessä. Esimerkiksi komentoriville kirjoittamalla *settings* tai *options* pääsee AutoCADin asetuksiin. [10.]

#### 4.1.1 Piirtoa avustavat ominaisuudet AutoCADissa

Suunnittelua avustavia työkaluja on esimerkiksi AutoCADin Grid (verkko) -toiminto on graafinen työkalu, joka näyttää näytöllä tasaisesti jaettuun pisteitä tai linjoja, jotka auttavat mittasuhteiden hahmottamisessa piirustusalueella. Verkko toimii visuaalisena apuvälineenä, joka tarjoaa tasaisen koordinaatiston, jota vasten piirustuksia voidaan tehdä ja objekteja voidaan sijoittaa tarkasti. Grid voidaan laittaa päälle ja pois päältä näppäimistön pikanäppäimestä F7. [10.]

Snap-toiminto auttaa käyttäjää kiinnittämään piirroksen kursorin automaattisesti tiettyihin pisteisiin objektissa, mikä helpottaa tarkkaa sijainnin määrittämistä. Tämä toiminto on erityisen tärkeä, kun halutaan varmistaa, että linjat ja muodot liittyvät toisiinsa tarkasti ilman, että tarvitsee arvioida niiden sijaintia silmämääräisesti. Snap voidaan laittaa päälle ja pois päältä näppäimistön pikanäppäimestä F9. [10.]

AutoCADin Ortho (ortogonaalinen) -toiminto on työkalu, joka rajoittaa käyttäjän piirustuskursorin liikkeitä vain pysty- ja vaakasuuntaisiin linjoihin. Tämä ominaisuus auttaa luomaan suorita linjoja, jotka ovat tarkasti horisontaalisia tai vertikaalisia, mikä on erityisen hyödyllistä suunniteltaessa, kun vaaditaan tarkkaa geometristä tarkkuutta. Ortho voidaan laittaa päälle ja pois päältä näppäimistön pikanäppäimestä F8. [10.]

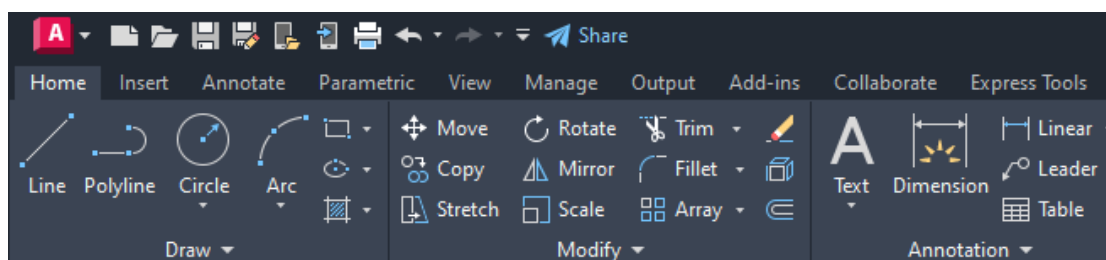
Kaikkia näitä ominaisuuksia voidaan hallinnoida käyttöliittymän oikeasta alareunasta löytyvältä työkaluriviltä, joka on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Suunnittelua avustavien ominaisuuksien työkalurivi [11].

### 4.1.2 AutoCADin työkalurivi

Kuvassa 3 esitetty AutoCADin työkalurivi on käyttöliittymän osa, joka sisältää kuvakkeita ja painikkeita eri toimintojen ja komentojen nopeaan käyttöön. Työkalurivit tarjoavat helpon pääsyn yleisimmin käytettyihin suunnittelutyökaluihin ja komentoihin, kuten piirtämiseen, muokkaamiseen, mittausvälineisiin ja erilaisiin näkymävaihtoehtoihin. Käyttäjät voivat mukauttaa työkalurivejä lisäämällä tai poistamalla painikkeita sekä järjestelemällä niitä tarpeidensa mukaan, mikä tekee suunnitteluprosessista tehokkaamman ja henkilökohtaiseen työskentelytapaan sopivan. Kaikki työkalurivillä olevat komennot voidaan suorittaa myös komentorivin kautta. [10.]



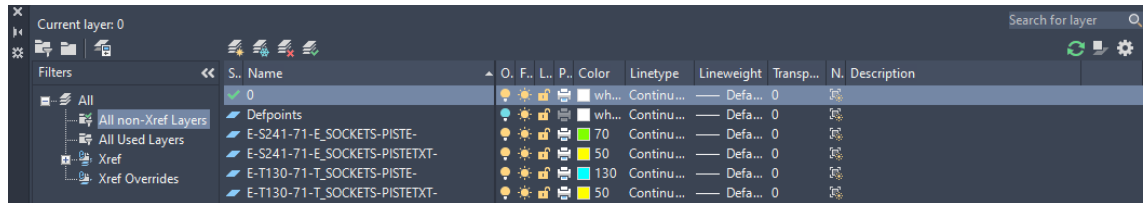
Kuva 3. AutoCAD-työkalurivi [11].

### 4.1.3 Tasojen käyttö AutoCADissa

AutoCADin tasot (layers) toimivat kuin läpinäkyvät kalvot, jotka voidaan pinota päällekkäin. Kerrokselle voi asettaa esimerkiksi värin, jolloin sille tasolle piirretyille symboleille voidaan asettaa ominaisuus periä tason väri. [10.]

Tästä on suuri etu etenkin sähkösuunnittelussa, jossa voidaan hyödyntää eri värejä eri järjestelemille. Hyvänä käytäntönä kokemuksen perusteella on tehdä tasoja sähkönimikkeistön mukaan, jolloin kerrokselle annetaan esimerkiksi nimi T130 ja väriksi vihreä. Tämän jälkeen asetetaan yleiskaapeloinnin symboleille oletustasoksi T130. Näin erotetaan, että vihreällä piirretyt symbolit edustavat yleiskaapelointijärjestelmää.

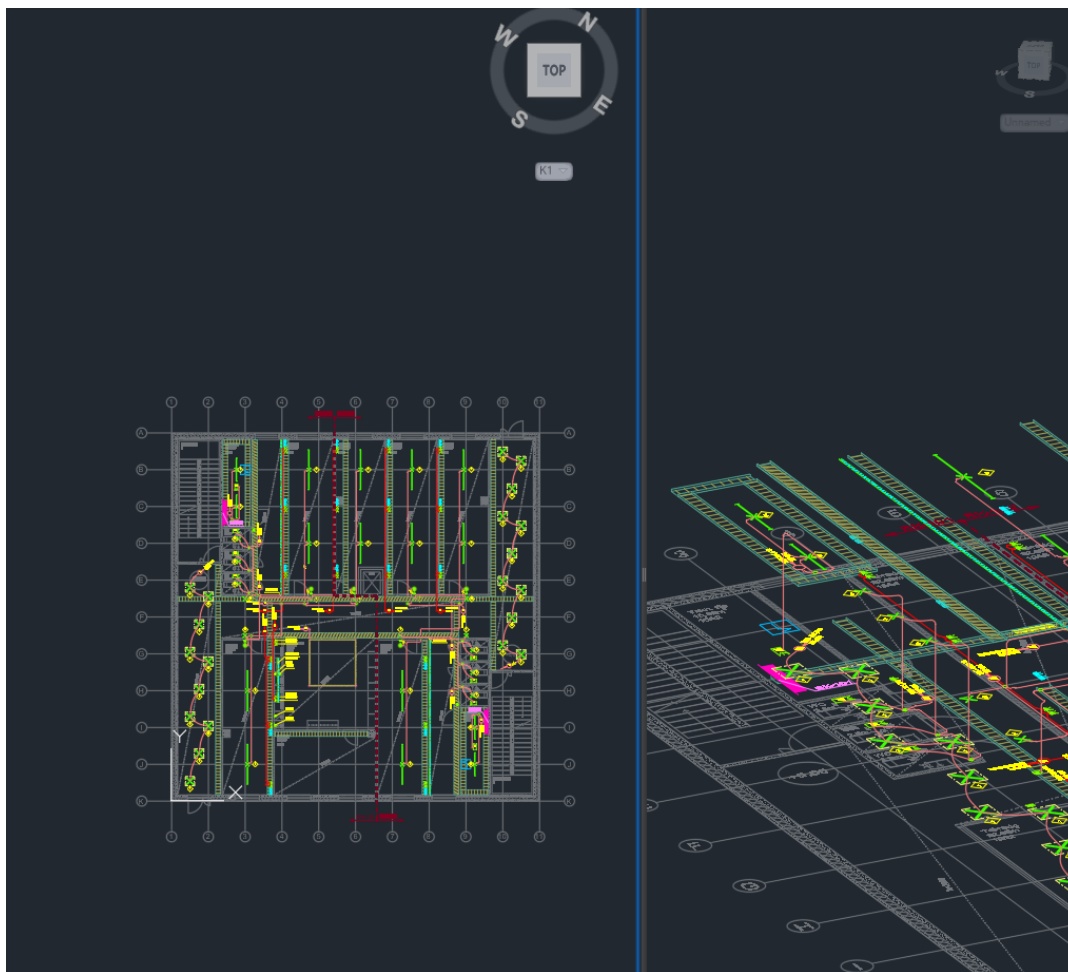
Kerroksia voidaan helposti muokata ja luoda kuvassa 4 esitetyllä AutoCADin Layer Properties Manager -työkalulla. Tätä työkalua käytetään usein, joten on hyvä muistaa komento *la*, jolla valikkoon pääsee nopeasti. [10.]



Kuva 4. Layer Properties manager -työkalu [11].

#### 4.1.4 AutoCADin suunnittelunäkymät

AutoCAD tarjoaa kuvassa 5 esitetyn tavoin mahdollisuuden tehdä enemmän kuin yhden suunnittelunäkymän samanaikaisesti. Tätä voi hyödyntää esimerkiksi tekemällä kaksi näkymää, joista toiseen valitsee tasonäkymän ja toiseen 3D-näkymän. Näin voi tarkistaa esimerkiksi pystysuuntaan kulkevien kaapelihyllyjen mittojen sopivuuden ja varmistaa halutun lopputuloksen ennen tietomallintamista. [10.]

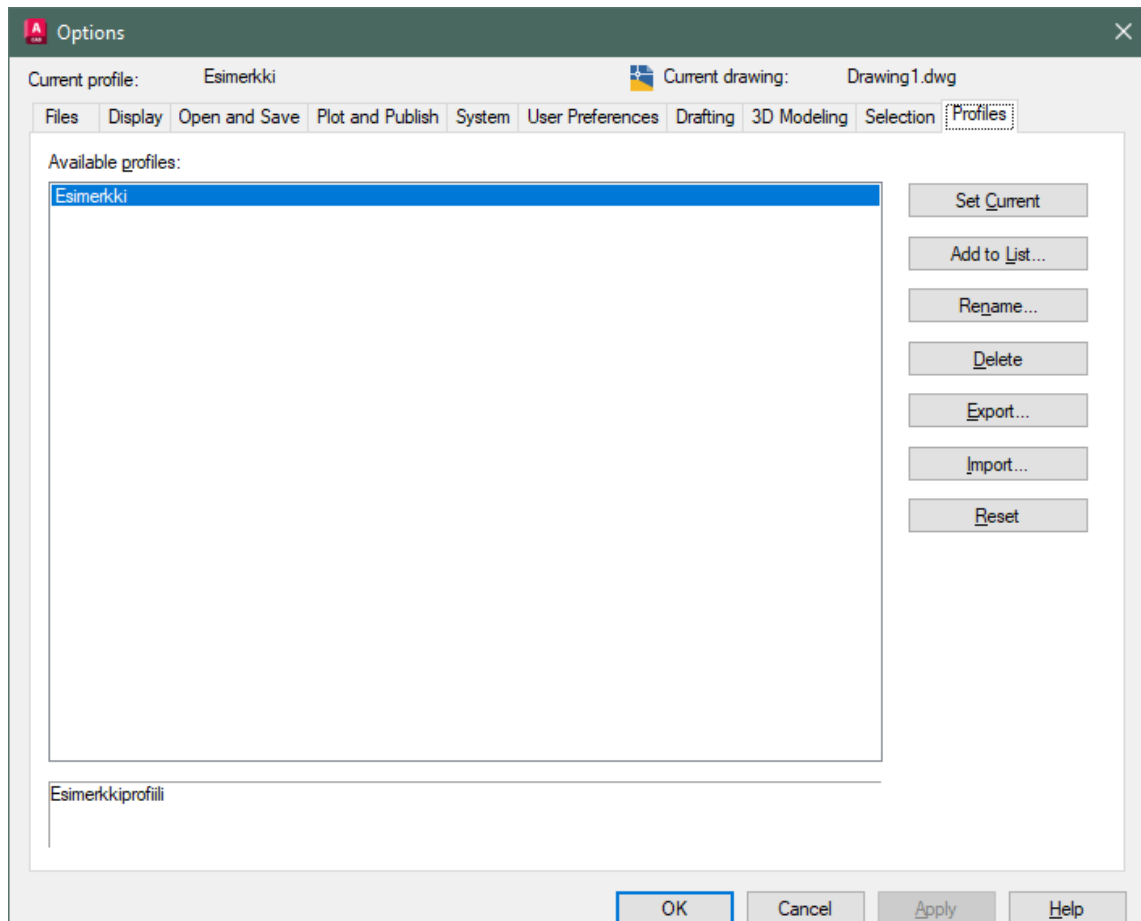


Kuva 5. 2D- ja 3D-näkymät vierekkäin [11].

## 4.2 AutoCADin asetukset

AutoCAD-asetukset määrittelevät esimerkiksi piirustusalueen, kursorin tai teeman värin. Suurissa yrityksissä nämä on määritetty valmiiksi yhdenvertaistamisen takia. On suositeltavaa ennen ensimmäisen suunnitelman aloitusta asettaa asetukset haluamallaan tavalla.

AutoCAD tallentaa kaikki asetuksiin tehdyt muutokset kuvassa 6 esitettyyn profiiliin. Hyväksi todetun profiilin voi halutessaan viedä tai tuoda omana kansionaan seuraavaan projektiin. Tämä mahdollistaa myös esimerkiksi oman profiilin jakamisen toisille käyttäjille. [10.]



Kuva 6. AutoCAD-profiili [11].

### 4.3 Tulosteiden tekeminen AutoCADilla

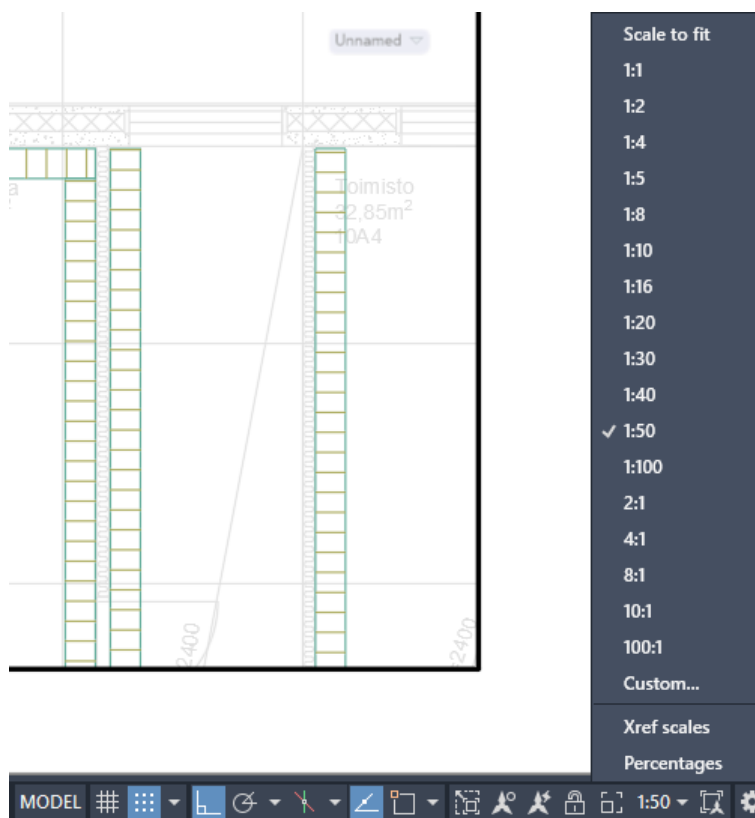
AutoCADin tulostusnäkyvä, joka tunnetaan myös nimellä "Layout" tai "Paper Space", on tärkeä ominaisuus, jota käytetään dokumenttien tulostamiseen ja esittämiseen. Tulostusnäkyvässä voi määrittää, miten piirustukset näytetään ja tulostetaan paperille tai PDF-muotoon. Tulostusnäkyvä avataan kuvassa 7 esitetystä käyttöliittymän vasemmasta alareunasta löytyvästä valikosta.



Kuva 7. Tulostusikkunan valinnan valikko [11].



Tulostusnäkyvä on käytännössä ikkuna Model-näkymään, jonka avulla rajataan aluetta, mitä halutaan paperilla näyttää. Tulostusikkunoita voidaan luoda rajaton määrä, sekä tulostusikkunoita voidaan kätevästi kopioida tai tuoda piirustuksista toiseen. Tulostusnäkyvän mittakaavaa voidaan vaihtaa kaksoisklikkaamalla tulostusnäkyvää, jolloin käyttöliittymän oikeaan alareunaan ilmestyy kuvassa 8 esitetty mittakaavanvaihtotyökalu. [10.]



Kuva 8. Mittakaavanvaihtotyökalu [11].

#### 4.3.1 Paperikoot ja AutoCADin tulostusasetukset

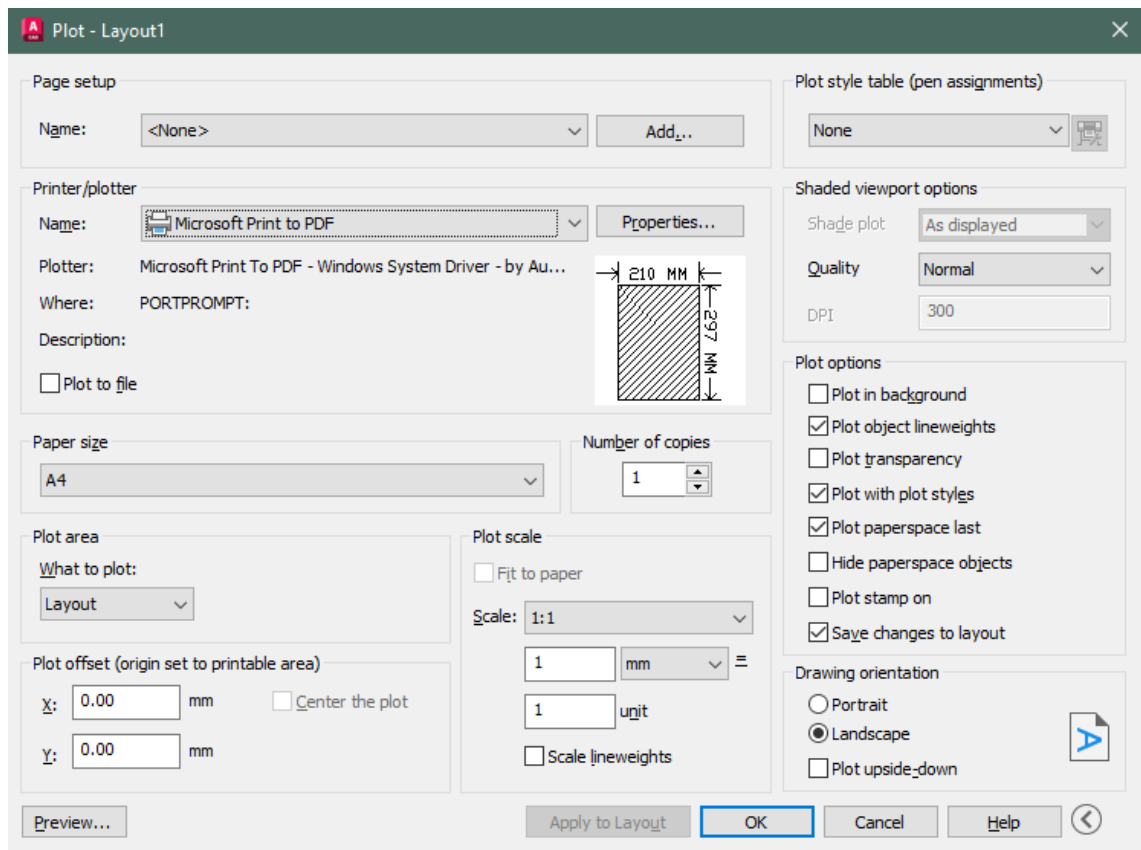
Paperikoot, erityisesti A-sarjan koot, kuten A4, A3, A2, ovat osa kansainvälistä standardia ISO 216, jota käytetään laajasti ympäri maailmaa. Tämä standardi määrittää paperikoot siten, että jokainen seuraava koko saadaan taittamalla edellinen koko keskeltä kahtia. [12.] Esimerkiksi A4-arkin taittaminen keskeltä tuottaa A5-koon, ja A3 on kaksi kertaa A4:n kokoinen.

Tämä järjestelmä mahdollistaa piirustusten ja muiden asiakirjojen skaalautuvuuden ja siirrettävyyden erikokoisten paperien välillä, mikä on erittäin kätevää monilla eri aloilla, kuten arkkitehtuurissa, insinööritieteissä ja mainonnassa. Koska kunkin seuraavan paperikoon suhde on aina  $\sqrt{2}$ , säilyy kuvasuhde samana, mikä on erityisen tärkeää suunnitteludokumenteissa ja teknisissä piirustuksissa. [12.]

Tämä menetelmä ei siis ole vain Suomessa käytössä, vaan se on yleinen käytäntö maailmanlaajuisesti, missä tahansa missä ISO 216 -standardia noudatetaan. Suomessa standardia SFS-EN ISO 216. hallinnoi SFS Suomen Standardit ry. Tämä tekee A-sarjan papereista erittäin suosittua valinnan kansainvälisesti, erityisesti Euroopassa, Aasiassa ja monissa muissa osissa maailmaa, toisin kuin Yhdysvalloissa, jossa käytetään enemmän Letter-kokoa ja muita Yhdysvaltain vakiokokoja. [12.]

Paperin fyysiselle koolle ei ole annettu standardoituja vaatimuksia. Käytännön kannalta olisi kuitenkin hyvä, etteivät piirustukset saisi olla yli seitsemää A4-paperia leveämpiä, ellei siihen ole hyvää syytä, sillä piirustuksesta tulee niin leveä, ettei sitä voida enää kannattaa ilmassa avattuna kahdella kädellä, niin että kädet ovat kuvan kummassakin reunassa. Kuvan korkeus ei taas voi ylittää kolmea A4-paperia, sillä suuri osa suurkuvatulostimista ei kykene tekemään tätä suurempia tulosteita.

Kuvassa 9 esitettyyn paperin asetukseen pääsee painamalla Print-painiketta päätyökaluvalikosta tai näppäinyhdistelmällä Ctrl+P. Asetuksista voidaan valita Page setup -kohdasta valmiiksi profiiliin tallennetut tulostusasetukset tai vaihtoehtoisesti muokata tulostuikkunalle omat asetukset. Paperien hallintapaneeliin pääsee kirjoittamalla konsoliin *pagesetup* tai vaihtoehtoisesti painamalla Page Setup Manager -painiketta AutoCADin Output-työkalurivillä. [10.]

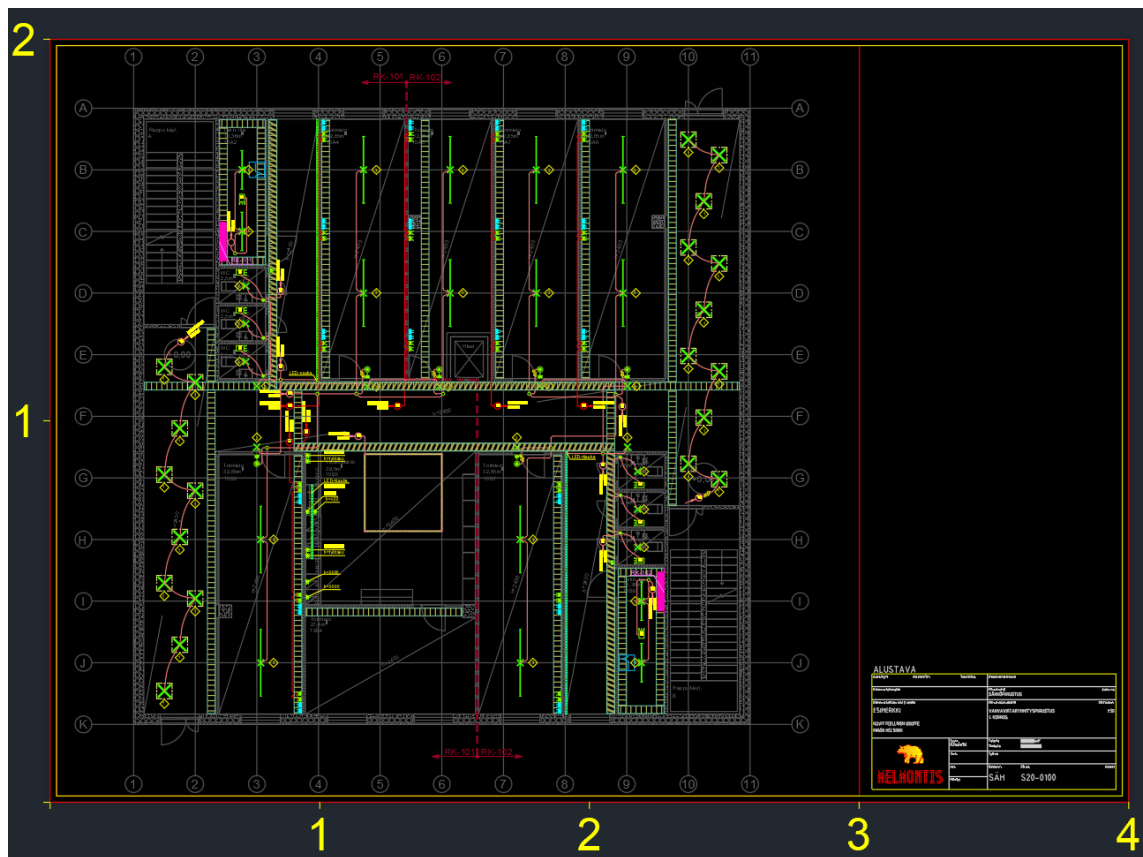


Kuva 9. Paperin asetukset AutoCADissa [11].

### 4.3.2 Tulostusraamit ja nimiö AutoCADissa

Tulostusraamit, tunnettuina myös tulostusmarginaaleina, eivät ole yhtenäisesti standardoituja, mutta usein käytössä on useita yleisesti hyväksytyjä ohjeita tai suosituksia, jotka liittyvät erilaisiin tulostussovelluksiin ja -tarpeisiin. Marginaalien määrittely voi riippua tulostimen tyyppistä, paperikoosta, suunnittelutyöstä sekä käyttötarkoituksesta.

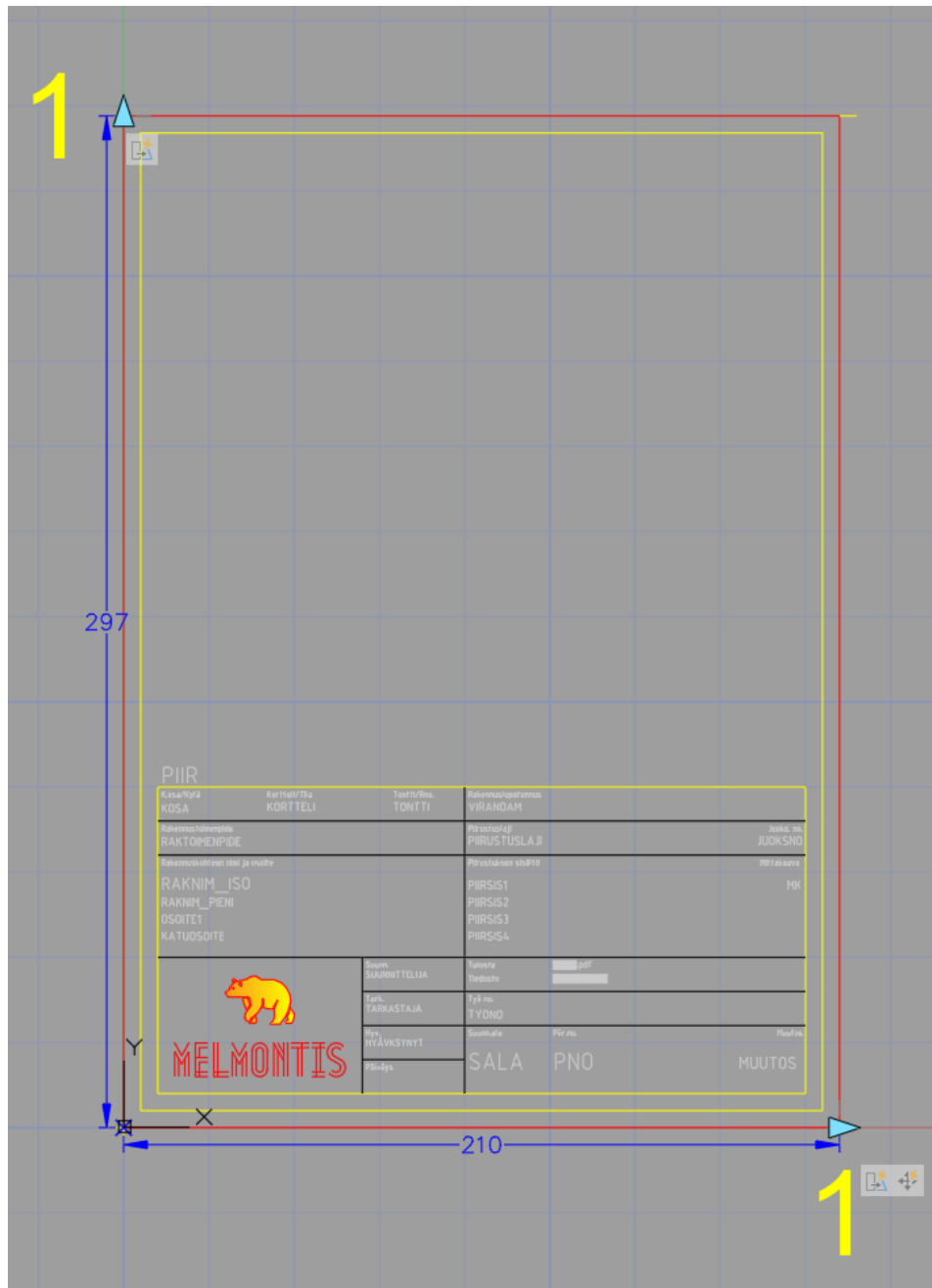
Käytännön kokemuksen perusteella yleisenä käytäntönä Suomessa on tehdä piirustukselle marginaalit, jotka ovat 5 mm leveät piirustuksen jokaisella reunalla. Nimiön tulisi myös olla 5 mm:n etäisyydellä marginaalien reunasta, yleensä kuvan oikeassa alakulmassa. Kuvassa 10 on esimerkki piirustuksen raameista asetettuna 5 mm:n etäisyydelle reunoista.



Kuva 10. Esimerkki tulostusraameista sähkösuunnitelmassa.

Tulostusraamit ja nimiö voidaan tehdä esimerkiksi AutoCADin Block-ominaisuudella, jolloin tehdään kehys, joka voidaan venyttää halutun paperin kokoiseksi.

Nimiöön voidaan lisätä AutoCADin Block-ominaisuudella automaattisesti täytettäviä tietoja Attribute Definitions -työkalulla, jolloin esimerkiksi piirustuksen numero haetaan tulostusikkunan nimestä. Kuvassa 11 on esitetty Block-ominaisuudella tehty tulostusraami, joka hakee tiedot automaattisesti tiedoston nimestä. Tämä nopeuttaa nimiöiden täyttöä ja piirustuksien luontia.



Kuva 11. Tulostusraami tehtynä Block-työkalulla.

## 4.4 AutoCADin tiedostomuodot

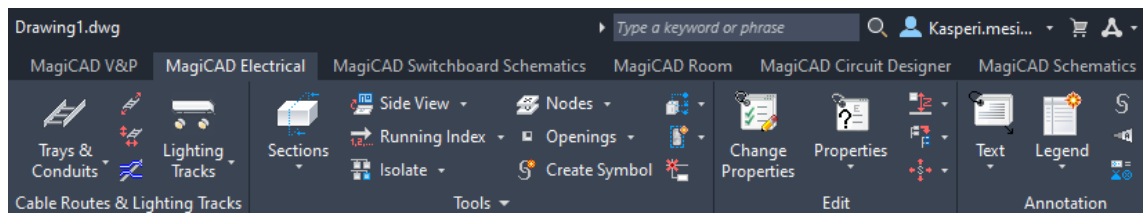
Dwg on AutoCADin ensisijainen tiedostomuoto, jota käytetään piirustustiedostojen tallentamiseen. Dwg-muoto sisältää kaikki piirustukseen liittyvät tiedot, kuten geometrian, mallit, valokuvat ja metadatan. Dwg on laajalti tuettu monissa muissa CAD-ohjelmissa, ja se on standardi monille suunnittelualan projekteille. [13.]

Dxf-muoto (Drawing Exchange Format) on luotu helpottamaan piirustusten siirtoa eri ohjelmistojen välillä. Vaikka se säilyttää suurimman osan dwg-tiedoston tiedoista, se on avoimempi ja yksinkertaisempi formaatti, joka on yhteensopiva lähes kaikkien CAD-ohjelmien kanssa. [14.]

Dwt-tiedostot (Drawing Standards) ovat mallipohjia, joita käytetään uusien dwg-tiedostojen luomiseen. Nämä mallit sisältävät valmiiksi määritellyjä asetuksia, kuten piirustusyksiköt, kerrokset ja muotokirjastot, mikä nopeuttaa uusien piirustusten aloittamista. Bak-tiedostot ovat varmuuskopioita dwg-tiedostoista. AutoCAD luo automaattisesti bak-tiedoston aina, kun dwg-tiedosto tallennetaan varmuuskopiona mahdollisia vahinkoja tai tiedoston korruptoitumista vastaan. Plt-tiedostot ovat plotter-tiedostoja, jotka sisältävät ohjeita tulostimelle tai piirturille siitä, kuinka piirustus tulostetaan. [10.]

## 5 MagiCAD for AutoCAD

MagiCAD Electrical for AutoCAD on MagiCAD Groupin kehittämä AutoCADille suunniteltu lisäosa ja se laajentaa AutoCADin perustoimintoja tarjoamalla eri suunnittelualoille räätälöityjä työkaluja ja ominaisuuksia. MagiCADin ominaisuudet löytyvät AutoCADin työkalurivin lopusta, joka on esitetty kuvassa 12.

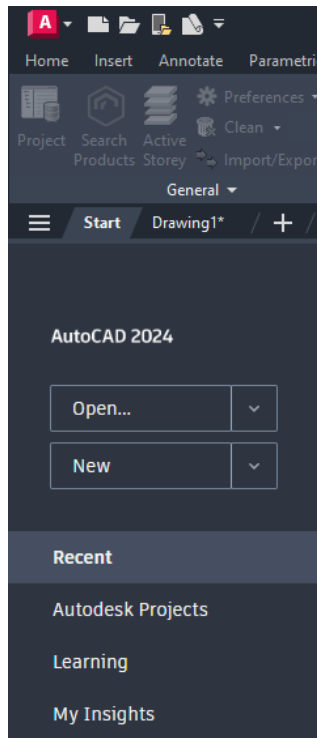


Kuva 12. MagiCAD-työkalut [11; 15].

Keskeisimpänä osana MagiCAD for AutoCAD -suunnittelussa toimii mep-tiedosto, johon tallennetaan esimerkiksi kaikki projektin piirrosmerkit ja tekstityylit. Mep-tiedosto on lähtökohtaisesti projektikohtainen, mutta yleisesti hyväksi nähty tapa on tehdä Mep-tiedosto, johon on täytetty kaikki yleisimmin käytetyt piirrosmerkit ja tekstityylit ja joka kopioidaan aina uuden projektin mep-tiedoston pohjaksi. [16.]

## 6 Ennen sähkösuunnittelua tehtävät valmistelutyöt

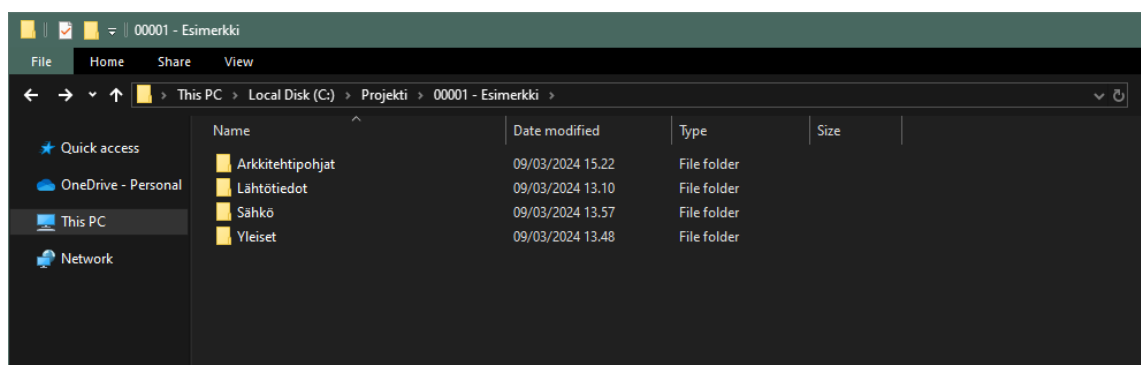
Suunnittelua aloitettaessa MagiCAD for AutoCADilla tarvitsee asettaa tiettyjä projektikohtaisia asetuksia, jotka määrittävät olennaisia tietoja, kuten mep-tiedosto, kerrostiedot ja kohteen tiedot. Uusi piirustus aloitetaan valitsemalla kuvassa 13 esitetystä AutoCADin Start menussa *new* ja valitsemalla sopiva dwt-tiedosto ensimmäisen piirustuksen pohjalle. Mikäli ei ole erikseen määritelty käytettävää dwt-tiedostoa, AutoCADin mukana tuleva acadiso.dwt sopii ensimmäisen piirustuksen luomiseen. [11.]



Kuva 13. Uuden piirustuksen luominen [11].

## 6.1 Projektin kansiorakenne

Kansiorakenteiden järjestäminen suunnitteluprosesseissa, kuten sähkösuunnittelussa, on keskeistä tiedonhallinnan ja työn tehokkuuden kannalta. Yleisellä tasolla hyvin suunniteltu kansiorakenne auttaa pitämään projektin tiedostot järjestyksessä, helpottaa tiedon löytämistä ja parantaa yhteistyötä projektin osallistujien välillä. Yleisesti käytössä oleva tapa on nimetä projektin pääkansio niin, että se alkaa hankkeen työnnumerolla. Projektin pääkansion alla tulisi olla yleinen erotus eri osa-alueiden välillä.



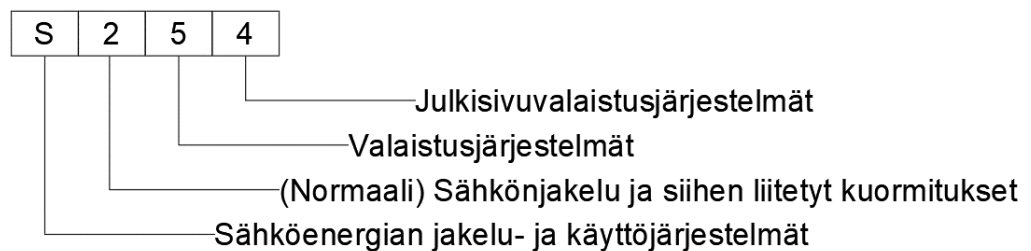
Kuva 14. Esimerkki projektin kansiorakenteesta.



### 6.1.1 Kansiorakenne sähkösuunnittelussa

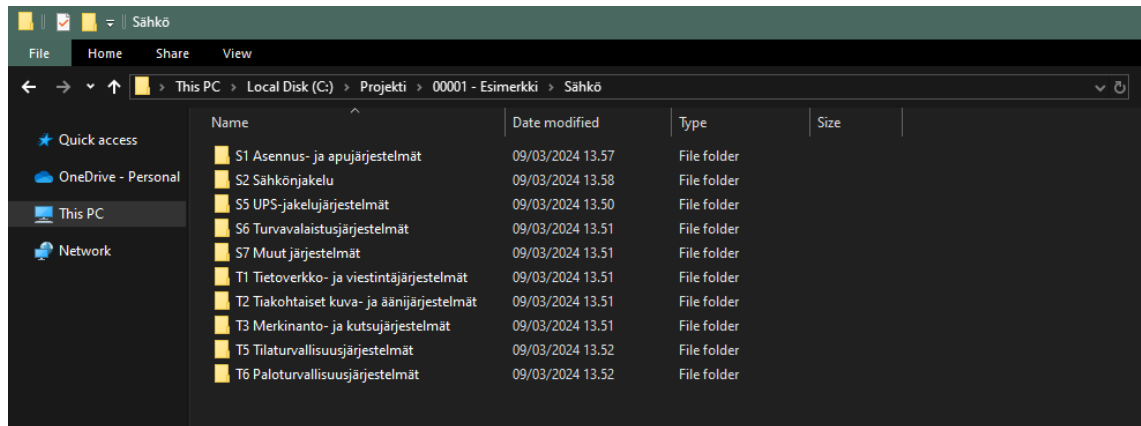
Hyväksi todettu tapa sähkösuunnittelussa toimivan kansiorakenteen saavuttamiseksi on käyttää sähkönimikkeistöä kansiorakenteen pohjana. Yleisesti käytössä oleva S2022-nimikkeistö on Sähkötieto ry:n ylläpitämä ja julkaisema luokitusjärjestelmä, joka on tarkoitettu kiinteistöjen sähkötekniisten järjestelmien luokitteluun ja jäsentelyyn. Tämä nimikkeistö on osa digitaalista tiedonkäsittelyä kiinteistön sähköistysjärjestelmissä, ja se auttaa luokittelemaan ja hallinnoimaan kaikki sähköjärjestelmien osat, kuten kuvassa 15 on näytetty. Tunnuskoodeilla on tyypillisesti kolme merkkiä: lohkon tunnus, pääryhmän numero ja ryhmän numero. [17.]

Esimerkki tunnuksen S254 merkityksestä



Kuva 15: Esimerkki sähkönimikkeistön käytöstä.

Vaikka sähkönimikkeistö on hyvin tarkka, itse projektin tiedostoja ei kannata nimetä niin tarkasti, sillä kansioden määrä vaikuttaa suoraan myös helppokäyttöisyyteen. Ylimääräisten kansioden määrää tulisi minimoida, joten on hyväksyttävää käyttää vain sähkönimikkeistön ensimmäistä kirjainta ja numeroa kuvassa 16 esitetyn tavoin.

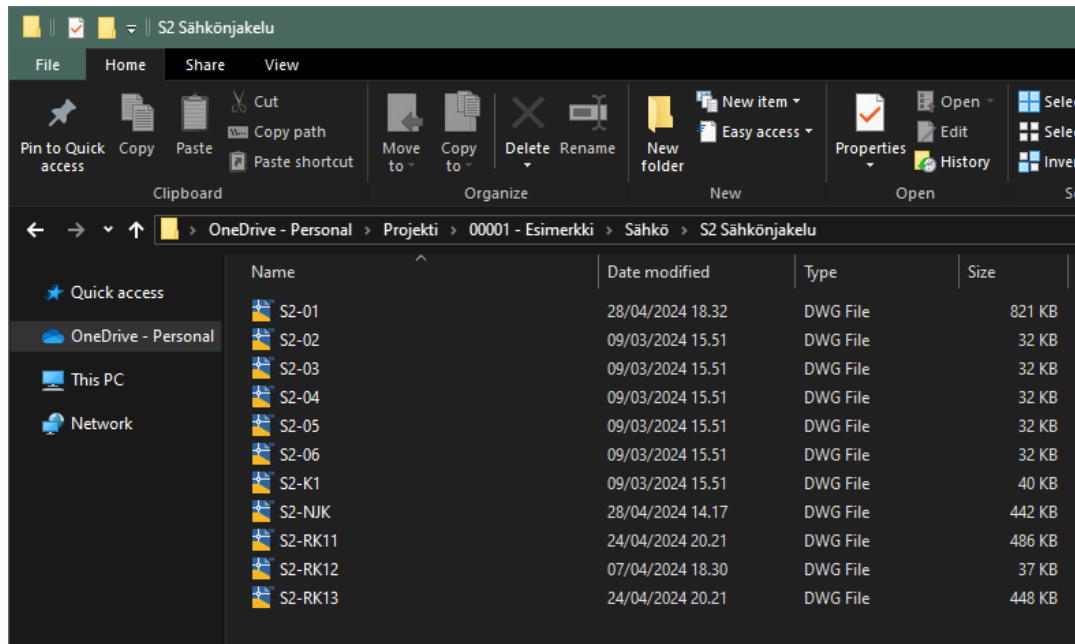


Kuva 16. Sähkönimikkeistön pohjalta luotu kansiorakenne.

Käytännössä sähkösuunnitelmat voidaan lajitella sähkönimikkeistön mukaan tehtyihin kansioihin. Esimerkiksi projektin yleiskaapelointipiirustukset voidaan laittaa T1 Tietoverkko- ja viestintäjärjestelmien kansioon, keskuksia koskevat piirustukset S2 Sähköjakeluun ja niin edelleen.

### 6.1.2 Suunnittelutiedostojen nimeäminen

Suunnittelutiedostot kannattaa nimetä myös sähkönimikkeistön mukaisesti. On kuitenkin huomioitava, että sähkönimikkeistön numerot eivät kerro esimerkiksi, mitä rakennuksen kerrosta kuva esittää. On siis hyvä lisätä suunnittelutiedostojen perään myös kerrosta tai muuta tietoa sisältävä luku. Kuvassa 17 on sovellettu sähkönimikkeistön pohjalta luotua kansiorakennetta ja nimetty suunnittelutiedostot sähkönimikkeistön mukaan.

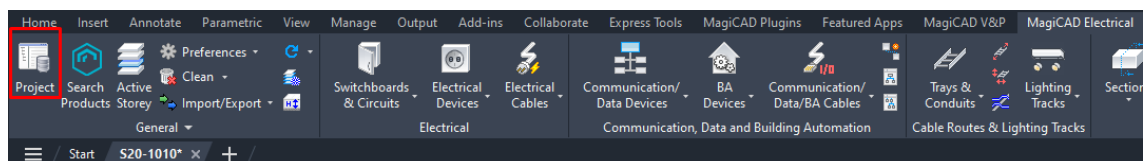


Kuva 17. Esimerkki tiedostojen nimeämisestä.

## 6.2 MagiCADin mep-tiedoston luominen ja asettaminen

Mep-tiedosto on asetettava aina ennen kuin aloitetaan työskentely MagiCAD-työkaluilla. On suositeltavaa tallentaa dwg-tiedosto projektin kansioon ennen mep-tiedoston lisäämistä, tämä nopeuttaa uuden mep-tiedoston luomista. [16.]

Mep-tiedoston voi luoda kuvassa 18 esitetyllä Project-painikkeella, jonka löytää kaikilta MagiCADin työkaluriveiltä ensimmäisenä vasemmalta. Tämän jälkeen avautuu kuvassa 19 esitetty Select Project -näky.

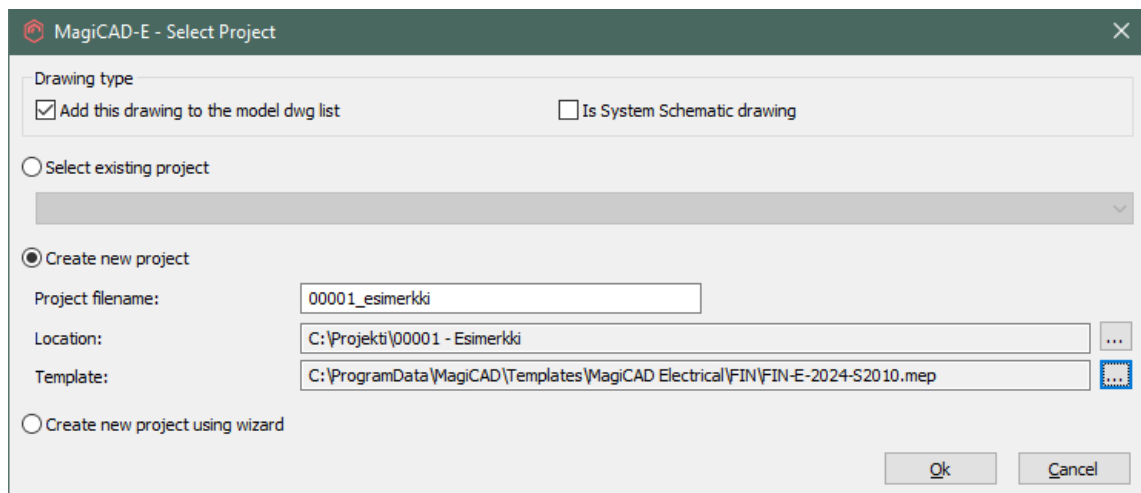


Kuva 18. Project-painike MagiCAD Electrical -työkalurivillä [11; 15].

Project-painikkeesta avautuu kuvassa 19 esitetty Select Project -näky. MagiCAD tarjoaa valmiiksi alustettuja mep-tiedostoja käytettäväksi näkymän Templates-kohdassa. Valmiita mep-tiedostoja voidaan lisätä uuden mep-tiedoston pohjaksi. Template sisältää kaikki yleisimmät sähkösuunnittelussa käytetyt symbolit.

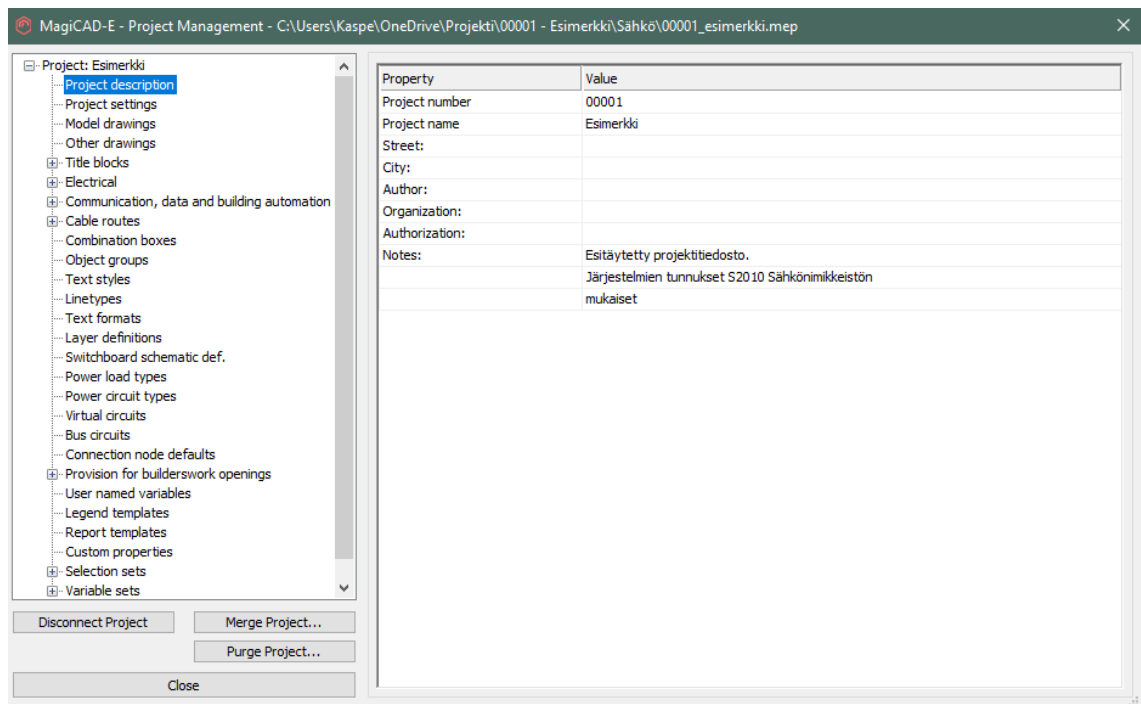
Mep-tiedoston nimeksi kannattaa laittaa jokin projektikohtainen muuttuja, kuten työnnumero tai kohteen nimi. Työnnumero tai muu muuttuja vähentää riskiä sekoittaa halutun projektin mep-tiedosto toisen projektin mep-tiedoston kanssa. Mep-tiedoston luotua voi siihen täyttää halutessaan projektikohtaisia perustietoja, kuten projektin osoitteen ja nimen.

On myös huomioitava piirustusta tehdessä piirustuksen tyyppi. Model drawing valitaan, jos kuvassa esiintyy 3D-geometriaa sisältäviä piirustuksia, jotka halutaan mallintaa myöhemmin, tai kuvassa esiintyy symboleita, jotka sisältävät tietoa, jota voidaan hyödyntää muissa piirustuksissa, esimerkiksi keskussymbolit tai valaistussymbolit.



Kuva 19. Select Project-näkymä [15].

Kun mep-tiedosto on luotu ja asetettu, avautuu kuvassa 20 esitetty Project Management -näkymä. Project Management -näkymässä voidaan hallinnoida kaikkia mep-tiedostossa esiintyviä tietoja. [16].

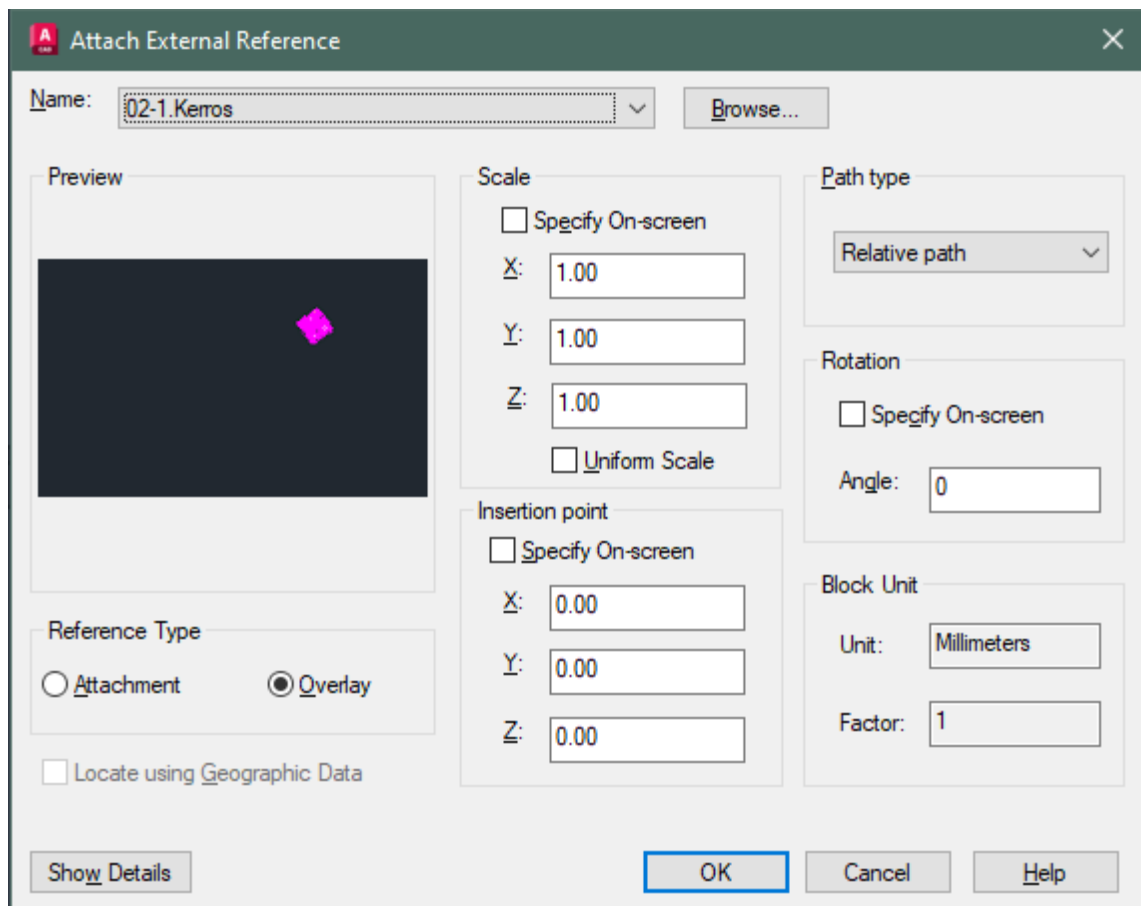


Kuva 20. Project Management -näkö [15].

### 6.3 Viitekuvien lisäys AutoCADissa

Arkkitehtipohjan tai muun piirustuksen lisääminen taustalle onnistuu parhaiten kirjoittamalla *xref* komentoriville, minkä jälkeen avautuu listaus viitekuvista ja mahdollisuus lisätä uusia viitekuvia. Valitsemalla *xref*-valikosta attach DWG avautuu kuvassa 21 esitetty Attach External Reference -näkö. Uusia viitekuvia voidaan lisätä joko attachment-, tai overlay-tyyppisenä. Yleisesti ottaen halutaan käyttää overlay-vaihtoehtoa, joka tuo halutun viitteen vain tämänhetkiseen

piirustukseen. Attachment-vaihtoehto kiinnittää viitekuvan liikkumaan tiedoston mukana. [10.]



Kuva 21. Viitekuvan tuonti [11].

Viitekuvan tuodessa voi vaikuttaa viitekuvaan eri asetuksilla, kuten skaalaan tai sijoituspisteeseen. Yleisesti voi kuitenkin olettaa esimerkiksi arkkitehtipohjaa liittäessä, että arkkitehti on hyvien tapojen mukaan luonut piirustuksensa vakioskaalaan. Näin ollen muiden arkkitehtipohjaa hyödyntävien suunnittelijoiden ei tarvitse muuttaa asetuksia viitekuvaa tuodessa. Alustava sijoituspiste on hyvien tapojen mukaan pidettävä aina viitetiedostoa tuodessa alkuperäisen koordinaatiston eli WCS-koordinaatiston origossa. Näin taataan, että sähkösuunni-

telma ja sen symbolit tulevat helposti liitettäväksi muihin suunnitelmiin. Suunnitelma tuodaan WCS-pisteen origoon, kun käyttäjällä on valittuna kuvassa 22 esitetty ViewCube-työkalun kohta WCS ja viitekuvan insertiopiste on  $x=0, y=0$ .



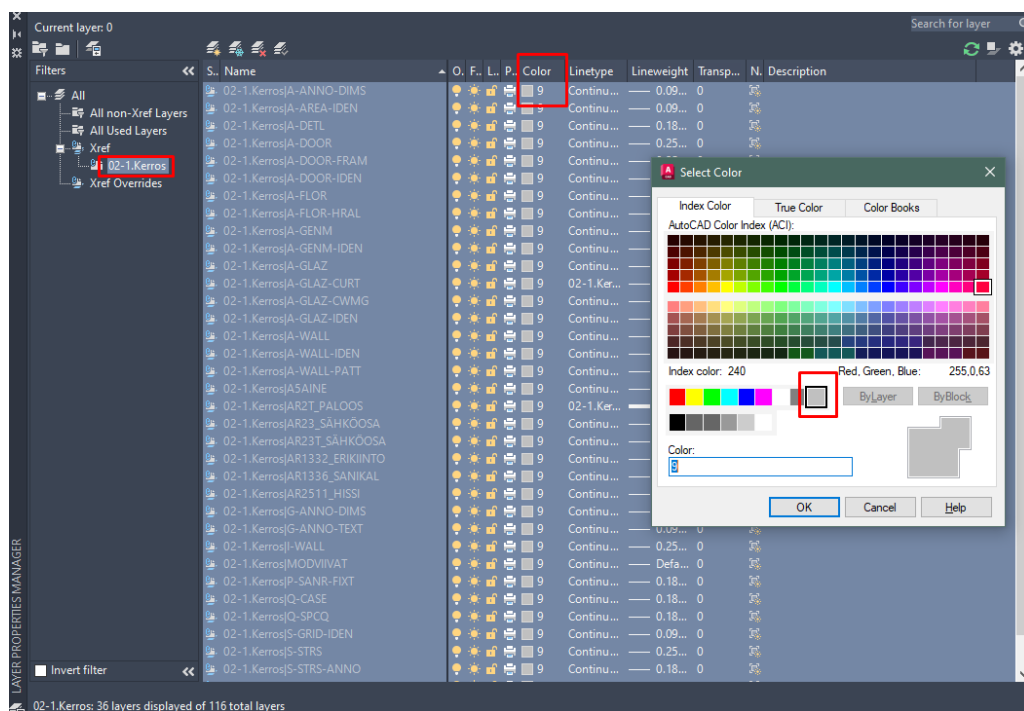
Kuva 22. ViewCube-työkalu, jossa aktiivisena WCS [11].

Arkkitehtipohjalle kannattaa tehdä oma taso, joka pidetään lukittuna, ettei arkkitehtipohjaa vahingossa liikuteta tai poisteta. Kuvassa 23 on korostettuna arkkitehtipohjalle luotu taso ja väriksi asetettu vakioväri 9.



Kuva 23. Arkkitehtipohjan taso layer-valikossa [11].

Viitekuvan värit halutaan yleisesti ottaen vaihtaa joko vakioväriin 8 tai 9. Tällä tavoin arkkitehtipohja tulee tulostettaessa harmaalla sävyllä, joka helpottaa erottamaan arkkitehtipohjan muista suunnitelmassa esiintyvistä viivoista ja symboleista. Värit helpottavat kuitenkin arkkitehtipohjan lukua, joten arkkitehtipohjan värejä ei kannata vaihtaa kuin overlay-tasolla, niin ettei itse arkkitehtipohjan värejä vaihdeta. Tämä voidaan toteuttaa kuvassa 24 esitettyssä Layer Properties Manager -työkalun kohdasta xref valitsemalla kaikki viitekuvan tasot, jotka halutaan muuttaa, ja vaihtamalla niiden väri color kohdasta. Kaikki viitekuvan tasot voidaan valita näppäinyhdistelmällä Ctrl+A.

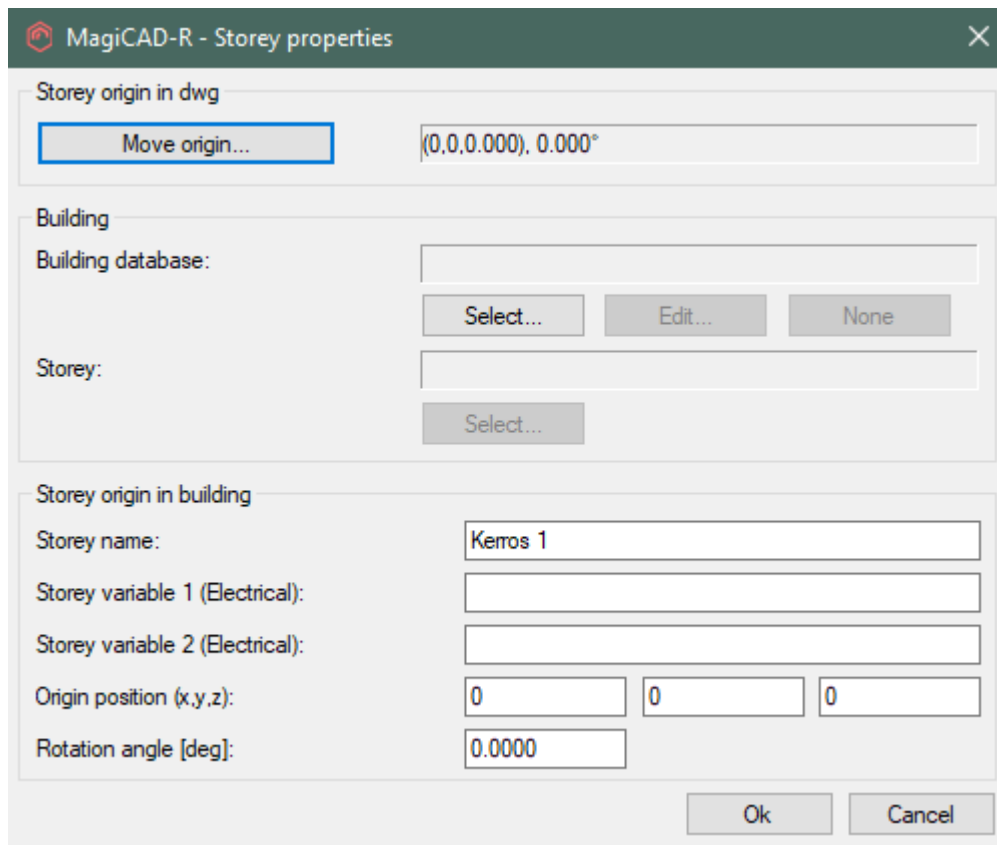


Kuva 24. Viitekuvien värin vaihto [11].

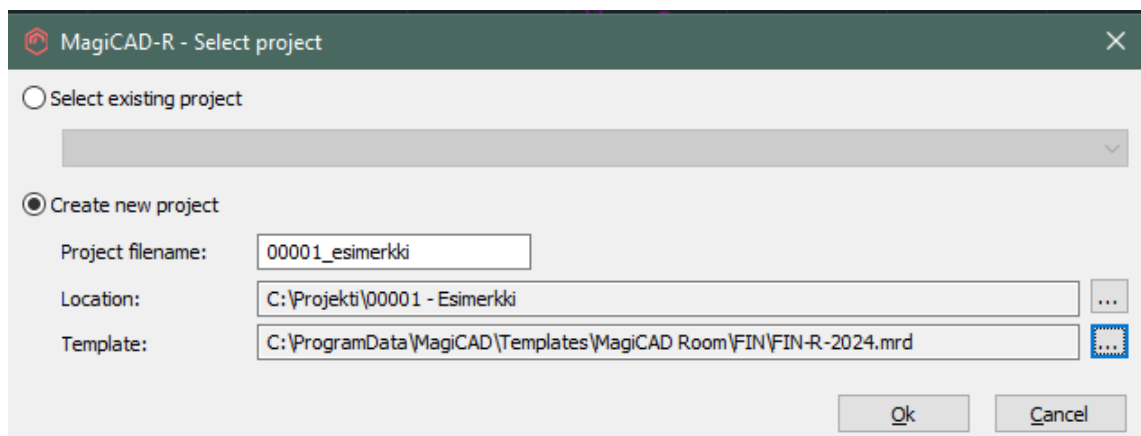
## 6.4 MagiCAD-kerrostieto

MagiCADissa kerrostieto määrittää piirustukselle paikan x-, y-, z-koordinaatissa. Tämä on pakollista esimerkiksi, jos suunnitelma halutaan tietomallintaa. Kerrostiedot voidaan määrittää esimerkiksi MagiCAD Electrical välilehden Active storey -painiketta painamalla, mistä aukeaa kuvassa 25 esitetty Storey Properties -valikko. Valikossa voidaan valita valmiiksi luotu kerroskoordinaatisto (mrd-tiedosto) tai luoda sellainen painamalla Select-painiketta, josta avautuu kuvassa 26 esitetty Select project -näkyvä. [16.]





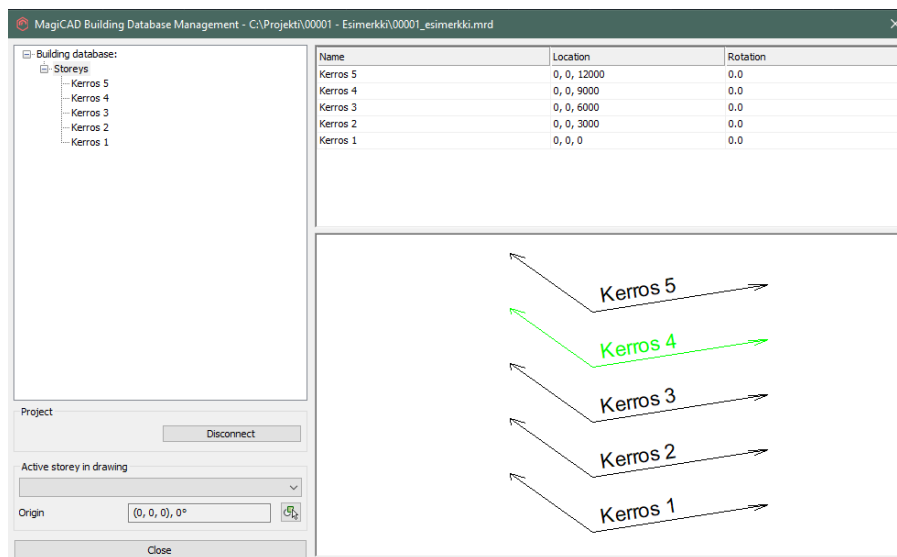
Kuva 25. MagiCAD Storey Properties -valikko [15].



Kuva 26. Kerroskoordinaatiston luominen [15].

Pienemmille kohteille voidaan määritellä myös suoraan dwg-tiedostoon kiinnitetty korkotieto. Kerroskoordinaatiston luomiseen voidaan käyttää MagiCAD-ohjelman mukana tulevaa template-pohjaa. Kerroskoordinaatisto kannattaa nimetä ja tallentaa samoin tavoin kuin mep-tiedosto.

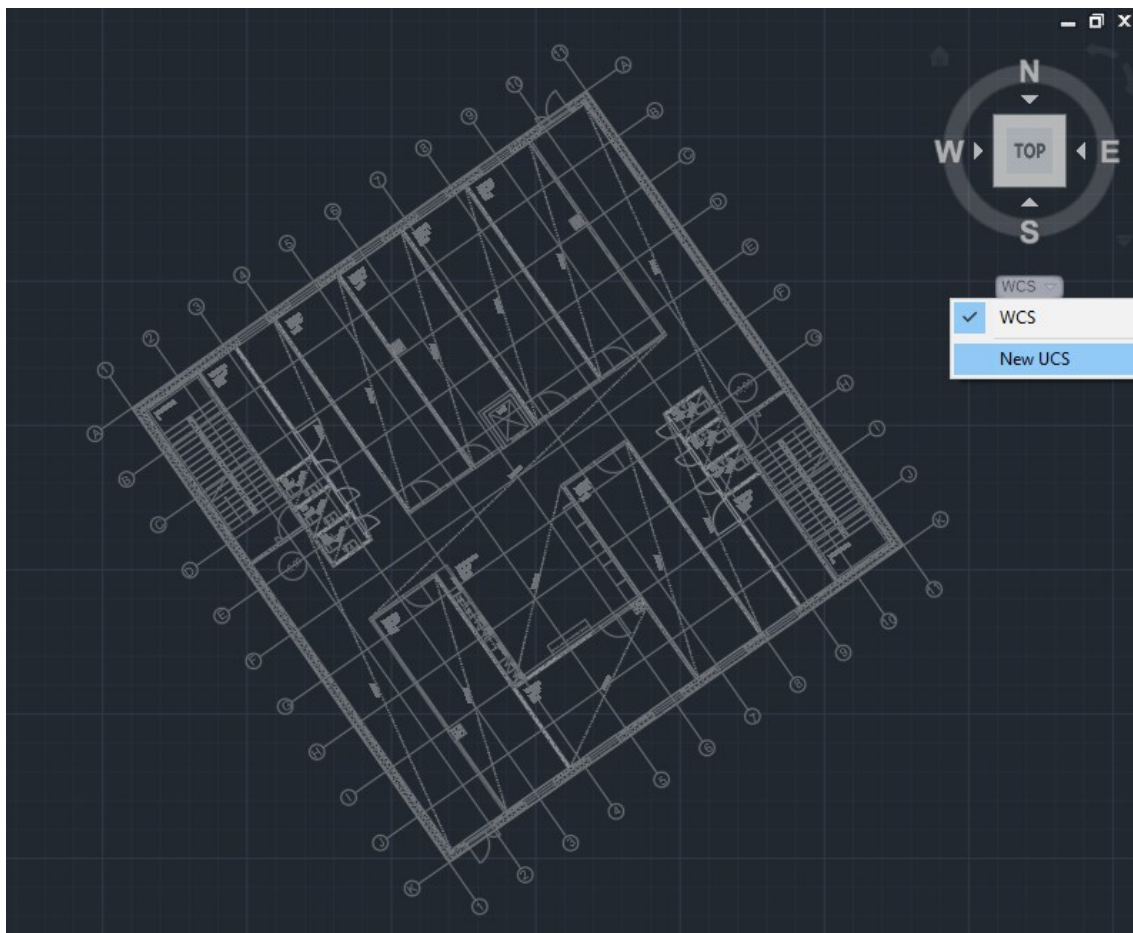
Kerroskoordinaatistoa voi hallita painamalla edit-painiketta kerroshallinta-työkalussa, minkä jälkeen avautuu kuvassa 27 esitetty Building Database Management -työkalu [12]. Uusia kerroksia lisättäessä on määriteltävä huoneen korkeus ja sen paikka x-, y-, z-koordinaatistossa. Origin tulee WCS-koordinaatiston (World Coordinate System) nollapisteestä. Kun kerros on luotu kerroshallinnassa, tulee kerros valita vielä dwg-tiedostolle kerroshallinnan työkalussa Storey-kohdasta.



Kuva 27. MagiCADin kerroshallintatyökalu [15].

## 6.5 AutoCAD UCS

Kuvassa 28 esitetyn tavoin arkkitehtipohjat voivat olla niin, että ne eivät ole suorassa WCS-koordinaatiston kanssa, mikä hankaloittaa piirtämistä, joten käyttäjä joutuu tekemään oman UCS-koordinaatiston (User Coordinate System). Aktiivisena oleva koordinaatisto on esitetty ViewCube-työkalun alapuolella.



Kuva 28. Arkkitehtipohja, joka ei täsmää WCS-koordinaatiston kanssa.

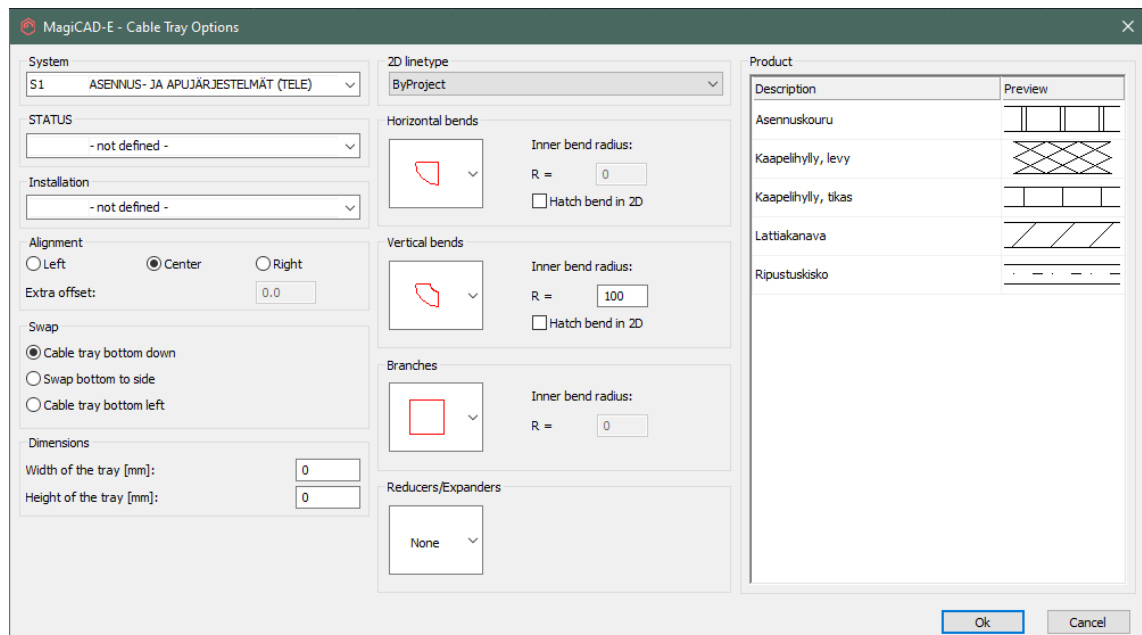
Uutta UCS-koordinaatiosta tehdessä sen sijainti kannattaa valita huolella, sillä sitä ei voida tuoda dwg-tiedostosta toiseen. Sijainti täytyy siis muistaa ja asettaa toisissa kerroksissa aina erikseen samaan kohtaan.

## 7 Sähkösuunnittelu AutoCAD- ja MagiCAD for AutoCAD -ohjelmistoilla

Tästä luvusta eteenpäin suunnitelmassa pitäisi olla arkkitehtipohja, johon on tarkoituksena piirtää sähkölaitteita, ja AutoCADin perusominaisuudet olisi käyty huolella läpi.

### 7.1 MagiCAD-kaapelireitit

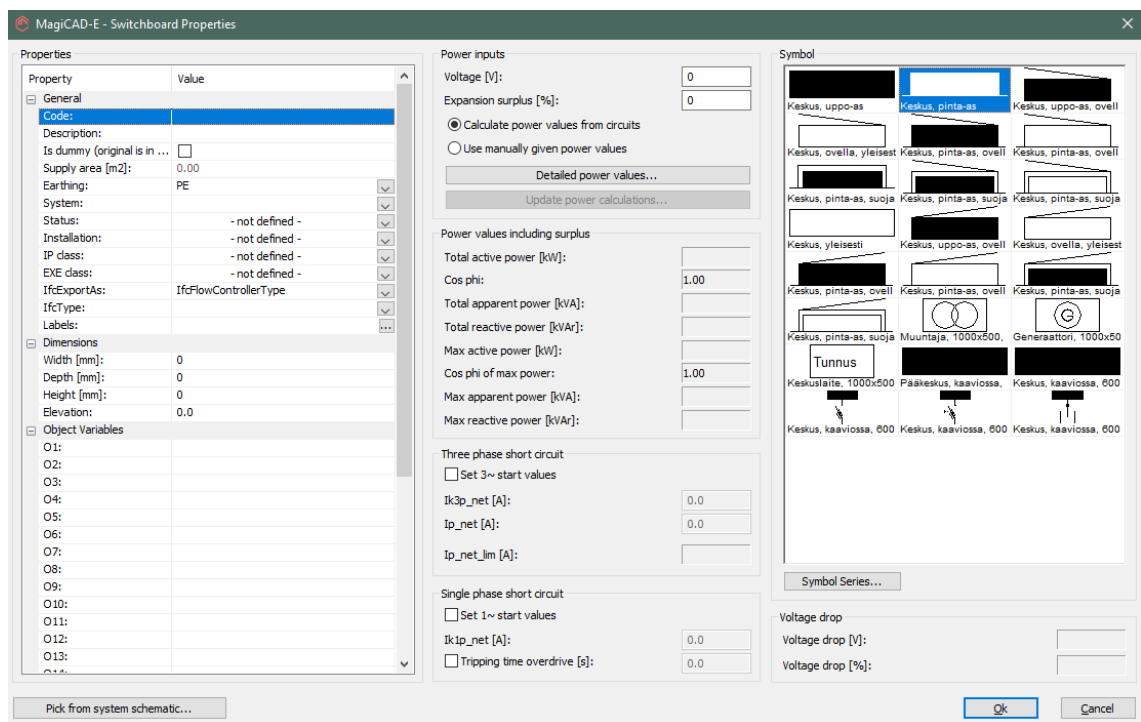
Kaapelireittien piirto voidaan aloittaa painamalla MagiCAD Electrical -välilehdellä Trays & Conduits -alasettovalikon painiketta ja valitsemalla Trays. Tästä avautuu kuvassa 29 esitetty Cable Tray Options -valikko. Vaihtoehtoisesti voidaan myös painaa kaapelihyllyn kuvaa, mikäli edellisellä kerralla alasettovalikosta oli valittu Trays. Kaapelireittien valikosta voidaan asettaa haluttu järjestelmä, asennustapa sekä käännöksiensä ja kulmien esitystapa kaapelireitille. [16.]



Kuva 29. Kaapelireittien valikko ja asetukset [15].

## 7.2 MagiCAD-keskukset ja keskusalueet

Keskuksia voidaan lisätä MagiCAD-työkaluriviltä Switchboard & Circuits -painikkeesta, josta avautuu kuvassa 30 esitetty Switchboard Properties -valikko. Keskukselle voidaan vastaavasti valita järjestelmä, asennustapa, 2D-symboli ja mitat. Valittavissa ovat myös keskuksen virta-arvot, joita voidaan hyödyntää MagiCAD-työkaluriviltä löytyvillä Technical-ominaisuuksilla. [16.]



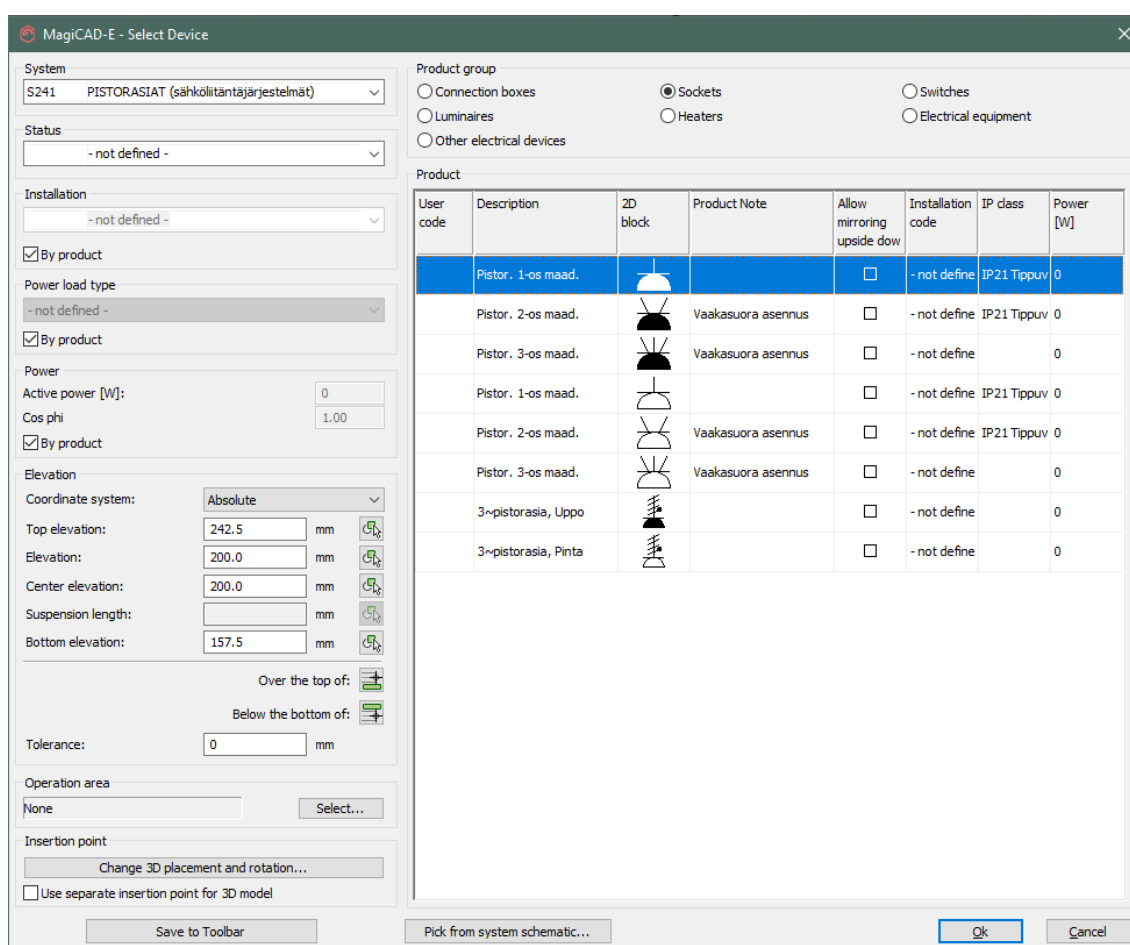
Kuva 30. Switchboard Properties -valikko [15].

Keskusalueet voidaan asettaa Switchboard & Circuits -painikkeen kohdasta Switchboard border. Keskusalueerajan nuolimerkintä voidaan sijoittaa kirjoittamalla komentoriville A-kirjain ja painamalla enter-näppäintä. [16.]

MagiCAD tarjoaa myös ominaisuuden määrittää tietty alue, jota keskus palvelee, Switchboard Area -työkalulla. Tämän alueen sisälle luodut syöttöympyrät perivät automaattisesti keskustiedon aluetta palvelevan keskuksen mukaan. [16.]

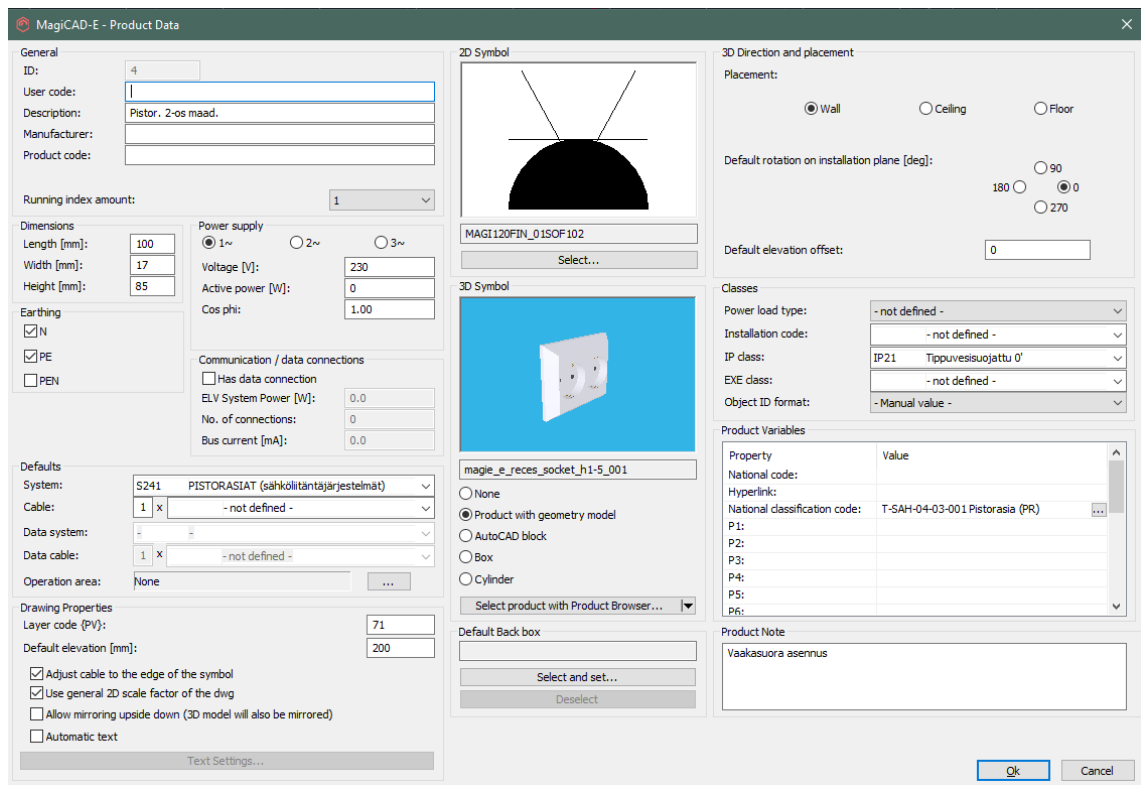
## 7.3 MagiCAD-laitteet

Laitteiden sijoitus tapahtuu MagiCAD for AutoCAD -ohjelmaa käytettäessä pääsääntöisesti MagiCAD Electrical -välilehdeltä. Välilehdellä on kaksi painiketta laitteiden määrittämiseksi ja sijoittamiseksi: Electrical Devices ja Communication/Data Devices. Electrical Devices -painikkeesta avautuu kuvassa 31 esitetty Select Device -valikko. Communication/Data Devices -painikkeesta avautuu sama valikko, mutta vain data- ja telelaitteille. [16.] Laitteita sijoitettaessa voidaan määrittää erilaisia parametreja tuotteelle, kuten asennuskorko.



Kuva 31. Electrical Device-valikko [15].

Laitteita voidaan lisätä Select Device -ikkunassa painamalla hiiren oikeaa näppäintä tuotteen päällä ja valitsemalla New...- tai New/copy of selected..., josta avautuu kuvassa 32 esitetty Product Data -valikko. Product Data -valikossa voidaan määrittää monia laitteen ominaisuuksia sekä 2D- ja 3D-esitystapa. [16.]

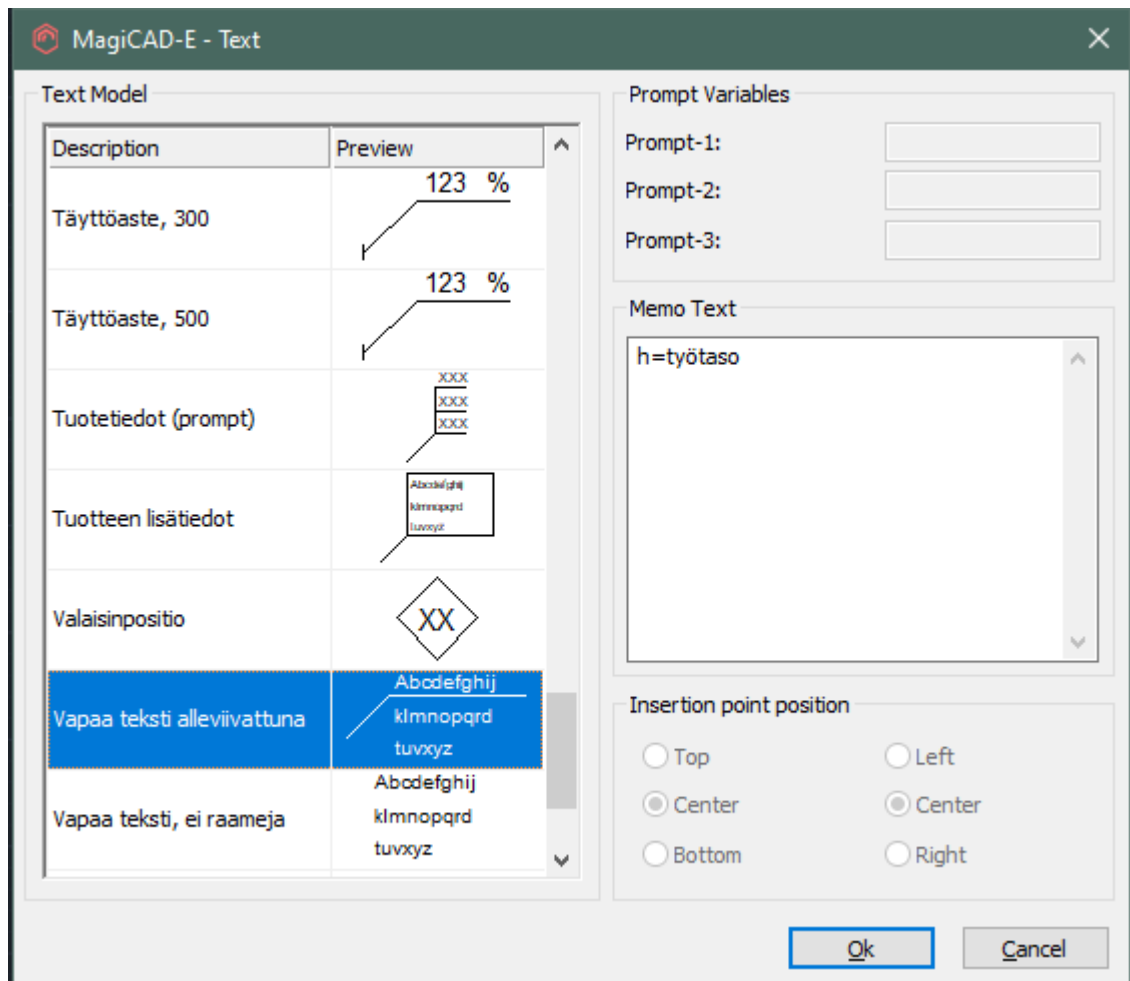


Kuva 32. Product Data -valikko.

## 7.4 Tekstit

Tekstejä ja viitetekstejä voidaan lisätä ensin valitsemalla MagiCADin Text-painikkeesta Text ja kirjoittamalla komentoriville kirjain O ja painamalla enter-näppäintä. Tästä avautuu kuvassa 33 esitetty Text-valikko, josta voidaan valita haluttu tekstityyppi. [16.]

Symboleille voidaan määrittää Product Data -valikosta Automatic text, jolloin teksti lisätään automaattisesti symbolin sijoituksen yhteydessä. Tämä on hyödyllistä esimerkiksi valaisinpositioiden merkkauksessa. [16.]

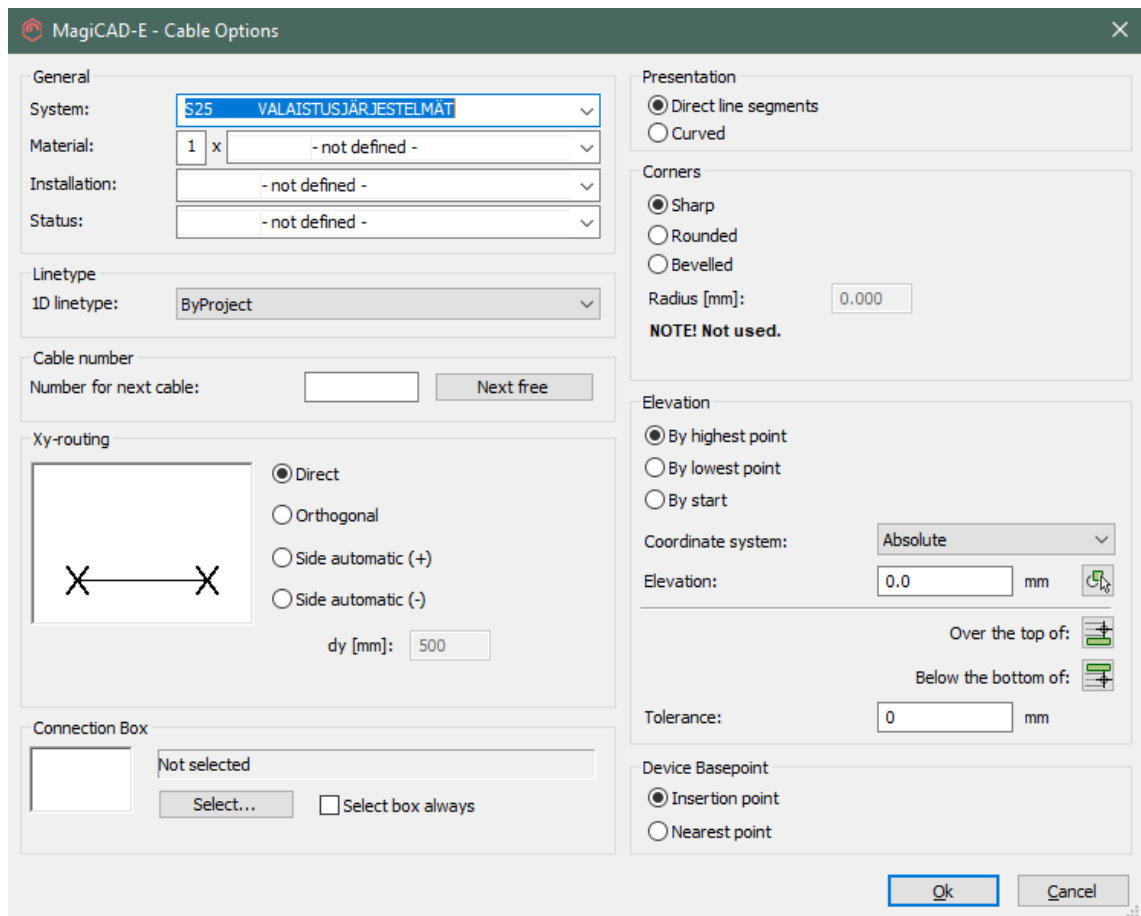


Kuva 33. MagiCADin Text-valikko [15].

## 7.5 Kaapelointi MagiCADilla

Kaapelinpiirto voidaan aloittaa painamalla MagiCAD Electrical -välilehdellä Electrical Cables- tai Data/Communication Cables -painikkeita. Kuvan 34 Cable options -valikon voi avata kirjoittamalla *options* komentoriville kaapelinpiirron olessa aktiivisena. Lähtökohtaisesti Electrical-laitteet kaapeloidaan Electrical Cables -työkalulla ja Data/Communication-laitteet kaapeloidaan Data/Communication Cables -työkalulla. [16.] Laitteita voidaan kuitenkin kaapeloida myös ristiin, mikäli laitteelle on määritetty vastaavan työkalun kaapelityyppi.

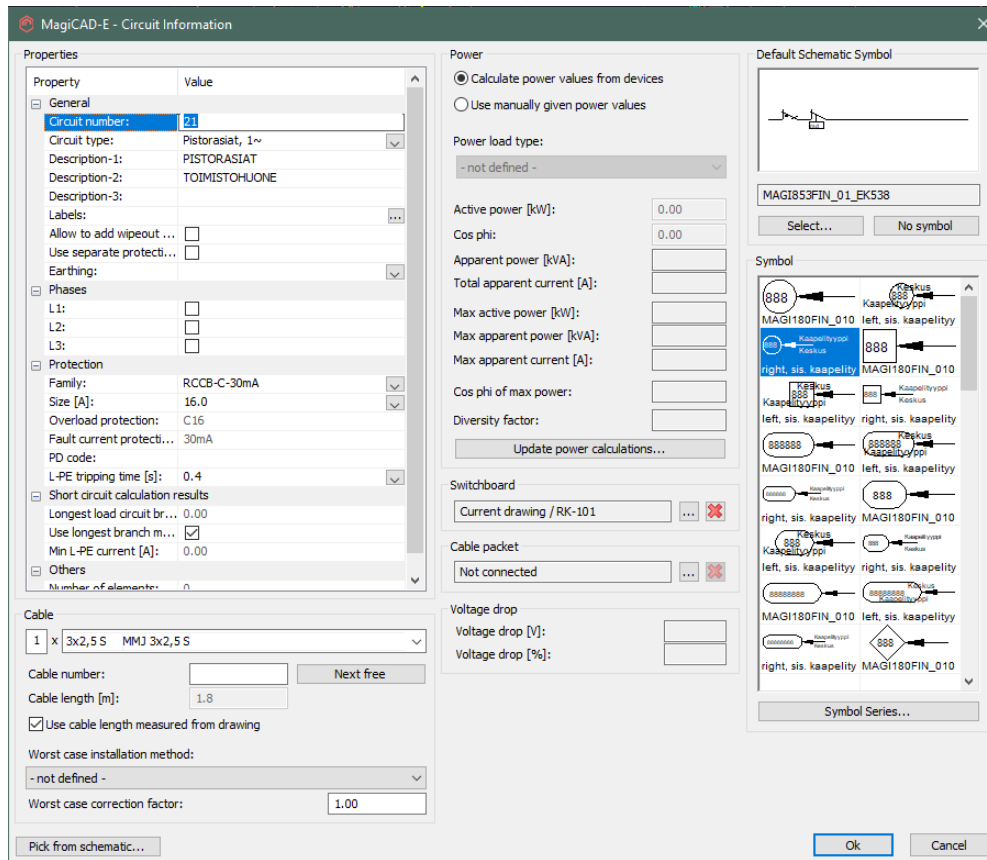




Kuva 34. MagiCAD Cable Options -valikko [15].

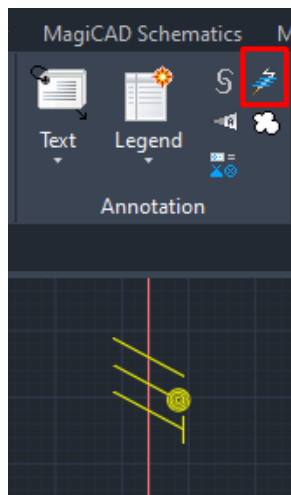
Työkalulla voidaan määrittää kaapelin haluttu poikkipinta-ala ja esitystyyli. Up-  
poasennuksille voidaan esimerkiksi määrittää Curved-viivatyyppejä ja pinta-  
asennuksille Direct line segments. [16.]

Syöttöympyrä voidaan lisätä kaapelia piirrettäessä kirjoittamalla konsoliin kirjain  
U ja painamalla enter-näppäintä [16.] Tämä avaa kuvassa 35 esitetyn Circuit In-  
formation -valikon, johon voidaan syöttää ryhmäkohtaisia tietoja syötöstä. Syöt-  
töön lisättyjä tietoja voidaan hyödyntää MagiCADin pääkaaviotoiminnoilla, jol-  
loin syötön tiedot haetaan automaattisesti niitä vastaavaan pääkaavioon lähtöön.



Kuva 35. Circuit Information -valikko [15].

Kuvan 36 kaapelimerkintöjä voidaan lisätä MagiCAD Electrical -välilehden Draw cable markings -painikkeesta [16]. Kaapelimerkinnät kertovat johtimien määrän ja tarkoituksen sille osoitetussa kaapelissa.



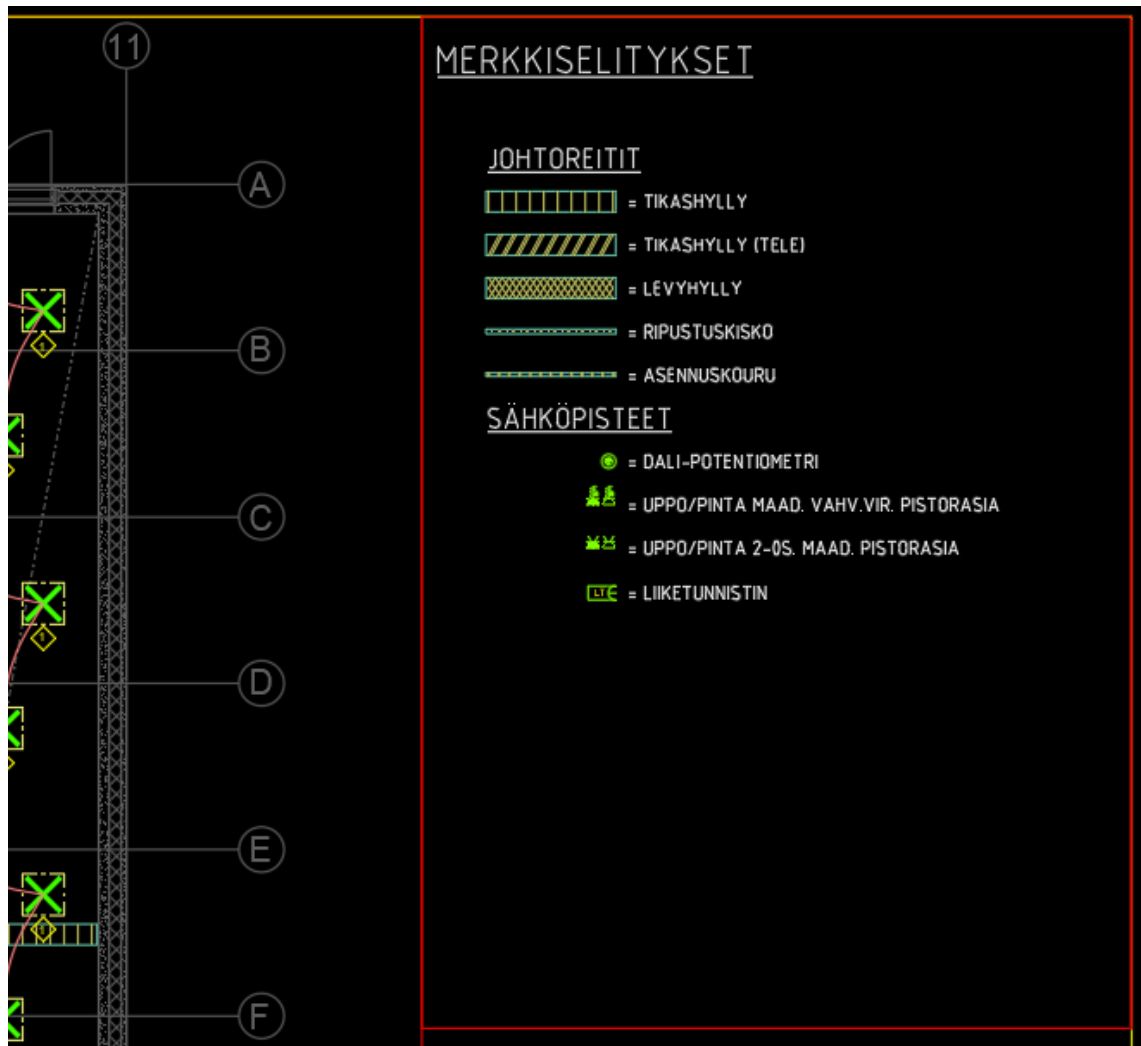
Kuva 36. Draw Cable Markings -työkalu [11; 15].

## 7.6 Legenda

Sähkösuunnitelmassa termillä "legenda" viitataan yleensä kuvassa 37 esitettyyn selitysosioon, joka kuvaa ja selittää piirustuksessa käytettyjä symboleita ja merkintöjä. Legendassa on lueteltu erilaiset symbolit ja niiden merkitykset, mikä auttaa ymmärtämään sähköasennuksia ja niiden komponentteja piirustuksessa. Se toimii ikään kuin sanakirjana, joka auttaa tulkitsemaan sähköpiirustuksen sisältöä.

Esimerkiksi piirustuksessa saattaa olla erilaisia merkintöjä kytkimille, valaisimille, pistorasioille ja muille sähkölaitteille. Legendan avulla henkilöt, jotka eivät välttämättä tiedä entuudestaan tiettyä symbolia, voivat tarkastaa legendasta mitä mikäkin symboli tarkoittaa. Tämä helpottaa ymmärtämään miten sähköjärjestelmä on suunniteltu toimimaan kyseisessä rakennuksessa tai tilassa.

Legendan voi rakentaa AutoCADissa monella eri menetelmällä, mutta siistein ratkaisu yleensä on rakentaa legenda Model-välilehden A4-kokoiselle alueelle, jolloin legendaan piirretyt symbolit skaalautuvat oikein vastaamaan samaa mittasuhdetta kuin tasopiirustuksessa esitetyt symbolit. MagiCAD tarjoaa myös ominaisuuden rakentaa ja tallentaa legendoja Legend -työkalulla.

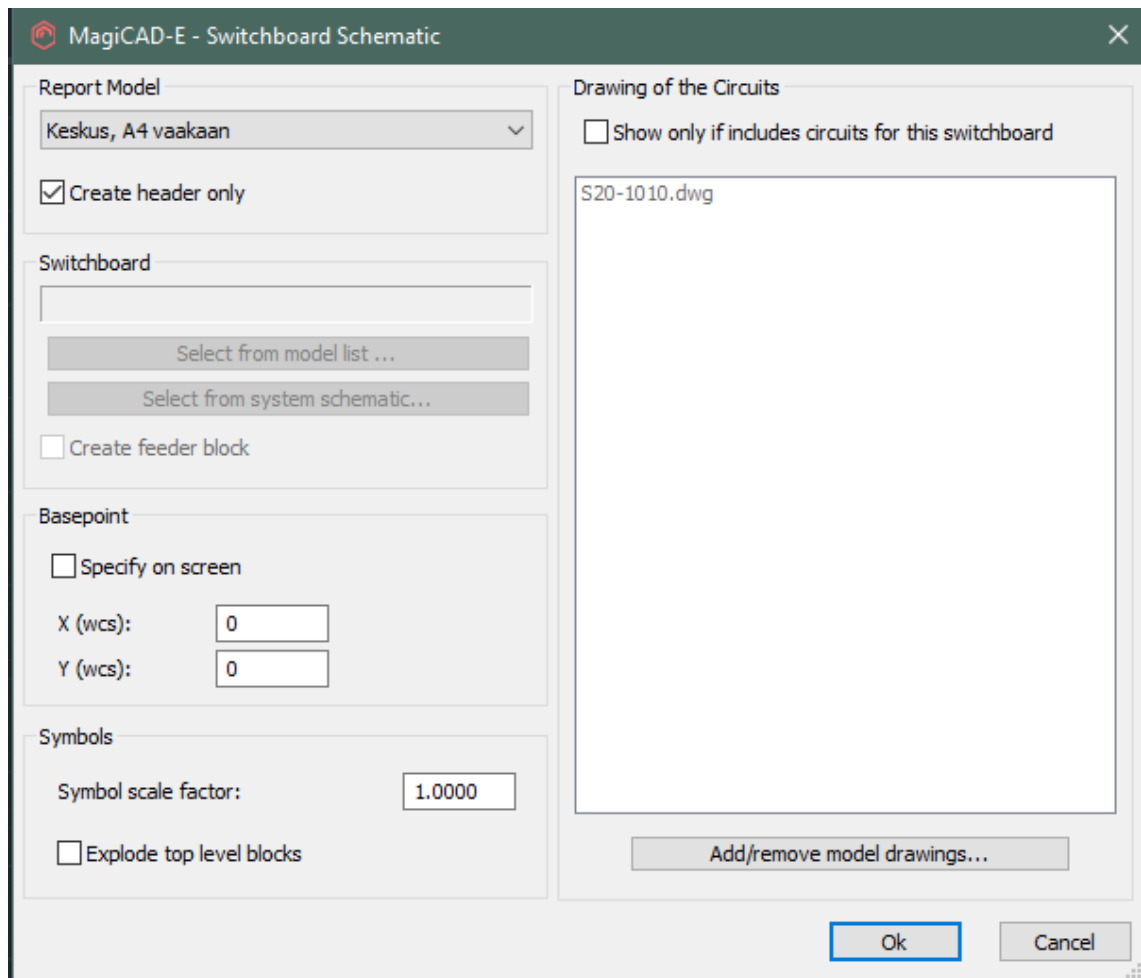


Kuva 37. Esimerkki sähkötasokuvassa olevasta Legendasta.

## 7.7 MagiCAD-pääkaavio

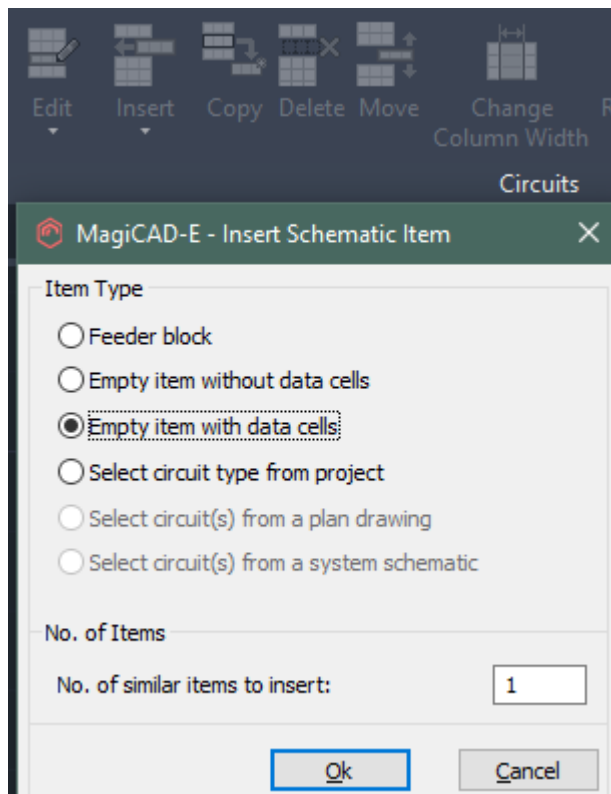
MagiCAD tarjoaa monta tapaa suunnitella ja tehdä pääkavioita, esimerkiksi MagiCADin avulla voidaan luoda automaattisesti alustettu pääkaavio sähkötasokuviiin lisättyjen tietojen pohjalta. Tässä esimerkissä tehdään kuitenkin vapaasti rakennettu pääkaavio.

Pääkaavio aloitetaan luomalla uusi tyhjä piirustus, joka liitetään projektiin. Tämän jälkeen painetaan Create Schematic -painiketta MagiCAD Switchboard Schematics -työkaluriviltä, mikä avaa kuvassa 38 esitetyn Switchboard Schematic -näkyvän. [16.]



Kuva 38. Pääkaavion luonnin aloitusnäkö [15].

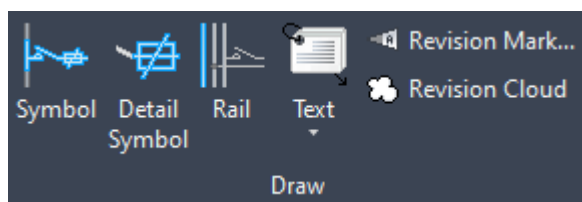
Valitsemalla ”Create header only” pääkaavioon luodaan vain kenttä, jossa on kerrottu pääkaaviossa esitettyjen lähtöjen solujen selite. Tämä toimii pohjana pääkaavioon lisättäville soluille. Pääkaavioon voidaan lisätä soluja Insert-painikkeella, josta avautuu kuvassa 39 esitetty Insert Schematic Item -valikko.



Kuva 39. Insert Schematic Item -valikko [15].

Yhdelle A4-kokoiselle paperille mahtuu 15 solua, joten aluksi voidaan asettaa esimerkiksi 45 solua, jolloin kaaviosta tulee kolmen A4-paperin kokoinen.

Solujen tekstejä voidaan muokata kätevästi AutoCADin komennolla *AttEdit* tai MagiCADin työkalurivillä olevalla Edit-työkalulla. Pääkaavioon voidaan lisätä symboleita kuvassa 40 esitettyssä työkalurivillä olevasta Symbol-painikkeesta. [16.]



Kuva 40. Switchboard Schematics -työkalurivi [11; 15].

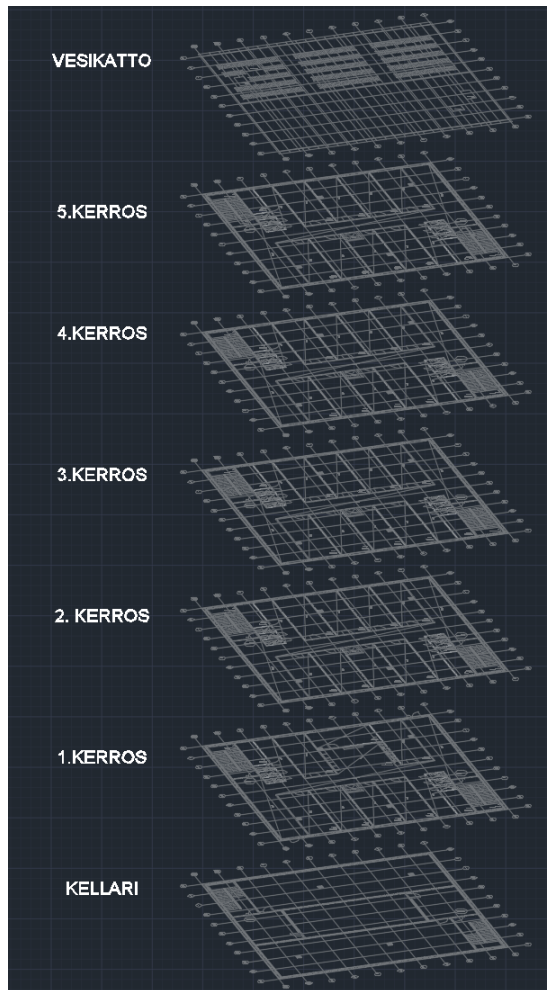
## 7.8 Järjestelmäkaaviot

Järjestelmäkaavioita on monenlaisia, mutta käytännössä se tarkoittaa aina visuaalista esitystä, joka kuvaa sähköisen järjestelmän komponenttien järjestelyä ja

niiden välisiä yhteyksiä. Yleisin esitystapa järjestelmäkaavioille on A3-kokoinen paperi, jossa on esitetyn järjestelmän oleelliset tiedot sekä komponenttien sijainnit järjestelmästä riippuvalla tarkkuudella. Esimerkiksi savunpoistokaavioissa sijainnit saatetaan esittää hyvin tarkasti, kun taas nousujohtokaaviossa tai maadoituskaaviossa voidaan esittää sijainnit vain kerrosten tasolla.

## 7.9 Aksonometrinen järjestelmäkaavio

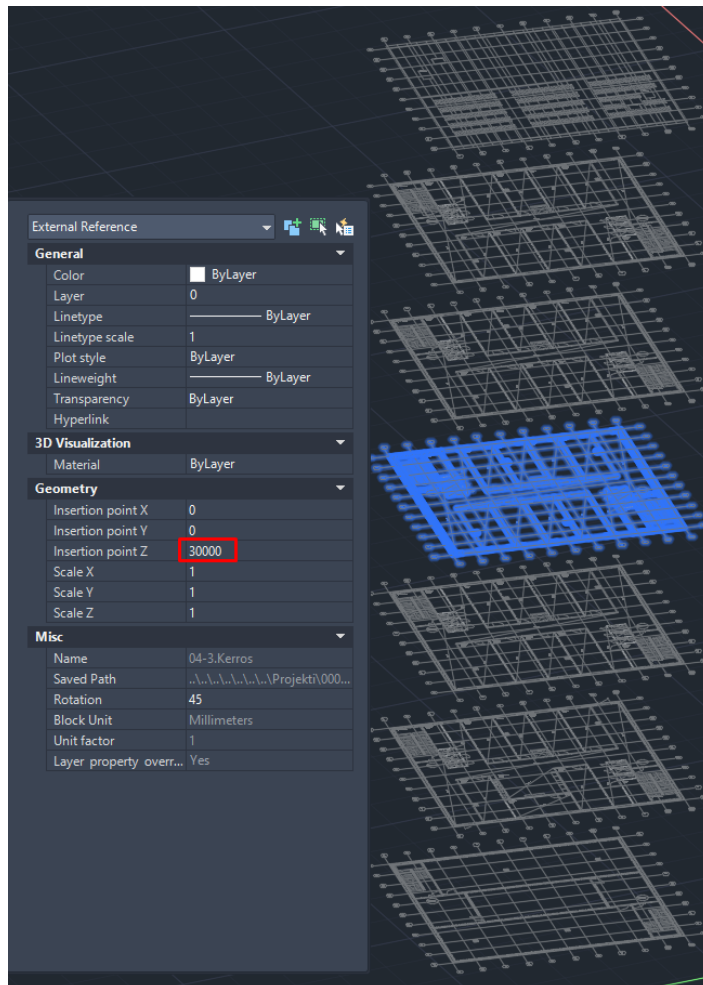
Kuvassa 41 esitetty aksonometrinen järjestelmäkaavio eroaa muista järjestelmäkaaviosta, sillä siinä esitetyt asiat voidaan esittää samalla tarkkuudella kuin tasokuvassa, mutta tasokuvasta poiketen aksonometrian avulla voidaan esittää monta kerrosta samanaikaisesti. Yleensä kuitenkin aksonometrisen järjestelmäkaavion tekemiseen kulutettu aika on suurempi haitta kuin sen tekemisestä saatu hyöty.



Kuva 41. Aksonometrinen esitystapa.

Aksonometrinen piirustus voidaan tehdä asettamalla kaikki kohteen arkkitehtipohjat päällekkäin ja muuttamalla yksittäisen arkkitehtipohjan etäisyyttä Z-akselilla, kuten on esitetty kuvassa 42.





Kuva 42. Kolmannen kerroksen arkkitehtipohjan korko Z-akselilla [11].

Tämän jälkeen voidaan valita haluttu katselukulma painamalla Shift+Middle Mouse -näppäimiä samanaikaisesti ja liikuttamalla hiirtä. Halutun katselukulman saatua voidaan muuttaa origo vastaamaan katselukulmaa. Tämä tehdään luomalla uusi UCS, jonka kulmaksi annetaan komentorivin vaihtoehto "View".

## 8 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda opas aloitteleville sähkösuunnittelijoille AutoCAD- ja MagiCAD for AutoCAD -ohjelmistojen käyttöön. Työ toteutettiin Melmontis Oy:lle, joka pyrkii tulevaisuudessa tarjoamaan korkealaatuista sähkösuunnittelua näillä ohjelmistoilla. Opinnäytetyössä esiteltiin ohjelmistojen vaatimien esivalmistelujen lisäksi kuvitteellisen toimistorakennuksen sähkösuunnitelman laatimista, huomioiden tekniset ja lainsäädännölliset vaatimukset. Keskeiset toiminnot, jotka ovat tärkeitä laadukkaaseen sähkösuunnittelun saavuttamiseksi, käytiin läpi.

Työn tuloksena syntyi kattava johdatus MagiCADin käyttöön sähkösuunnittelussa, joka on suunnattu erityisesti aloitteleville suunnittelijoille. Lisäksi työssä käsiteltiin sähkösuunnitteluun vaikuttavia säädöksiä ja standardeja Suomessa sekä eri suunnitteluvaiheita hankkeen tarveselvityksestä käyttöönottotarkastukseen ja takuu-aikaan asti. Opinnäytetyön tekemisen aikana kohdatut haasteet tarjosivat arvokkaita oppimiskokemuksia, esimerkiksi MagiCADin ja AutoCADin monimutkaisuus ja niiden vaatiman pohjatiedon määrä osoittautui haastavaksi kokonaisuudeksi. Vaikka molemmat ohjelmistot ovat erittäin käytännöllisiä niiden käyttö vaatii syvällistä ymmärrystä ja kokemusta, mikä voi olla aloitteleville suunnittelijoille hankala rasti. Tämä korosti entisestään tarvetta selkeälle ja ymmärrettävälle opasmateriaalille, joka tukee käyttäjää ohjelmistojen tehokkaassa hyödyntämisessä.

Lopuksi tämä projekti ei ainoastaan syventänyt omaa osaamistani sähkösuunnittelun alueella, vaan tarjosi myös arvokkaita oivalluksia siitä, kuinka tärkeää on jatkuva ammattitaidon kehittäminen ja uusien ideoiden omaksuminen. Näiden oppien avulla voin jatkossa tuottaa entistä laadukkaampia ja parempia sähkösuunnitelmia.

## Lähteet

- 1 Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. 2020. 733/2020.
- 2 Asetus palovaroittimien sijoittamisesta ja kunnossapidosta. 2009. 239/2009.
- 3 Sähkömarkkinalaki. 2013. 9.8.2013/588.
- 4 Määräys kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista. 2022. 65 E/2022.
- 5 S10-standardiluettelot. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). <<https://tukes.fi/teollisuus/standardit>> Luettu 12.5.2024.
- 6 ST-julkaisut. Verkkoaineisto. Sähkötieto ry. <<https://www.sahkotieto.fi/st-julkaisut>>. Luettu 12.5.2024.
- 7 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18. 2017. ST 41.10. Sähkötieto.
- 8 Sähköasennusten käyttöönottovaiheen tarkastukset. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). <<https://tukes.fi/sahko/sahkoasennusten-kayttoonottovaiheen-tarkastukset#7381213a>>. Luettu 28.04.2024.
- 9 Stul-takuu. Verkkoaineisto. Sähkö- ja teleurakoitsija liitto STUL ry. <<https://www.stul.fi/stul/stul-takuu/>>. Luettu 28.4.2024.
- 10 The Hitchiker's Guide to AutoCAD. Verkkoaineisto. Autodesk, Inc. <<https://help.autodesk.com/view/ACDLT/2024/ENU/>>. Luettu 29.4.2024.
- 11 AutoCAD. Versio 8.6.48.0. 2024. Autodesk, Inc.
- 12 SFS-EN ISO 216. 2007. Writing paper and certain classes of printed matter. Trimmed sizes. A and B series, and indication of machine direction. Suomen Standardisoimisliitto.
- 13 DWG files. Verkkoaineisto. Verkkoaineisto. Adobe. <<https://www.adobe.com/creativecloud/file-types/image/vector/dwg-file.html>>. Luettu 29.4.2024.
- 14 DFX files. Verkkoaineisto. Adobe. <<https://www.adobe.com/creativecloud/file-types/image/vector/dxf-file.html>>. Luettu 29.4.2024.
- 15 MagiCAD. Versio 2024 UR-2. MagiCAD Group Oy.

- 16 MagiCAD Common functions 2024.1 User guide. Verkkoaineisto. MagiCAD Group. <<https://help.magicad.com/mcaca/2024/EN/>>. Luettu 29.4.2024.
- 17 S2022-sähkönimikkeistö. 2022. ST 70.12. Sähkötieto.

**Opinnäytetyön pohjalta luotu kuvitteellisen toimistorakennuksen ensimmäisen kerroksen vahvavirtaryhmityspiirustus.**

