



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Mikael Er

Betonielementit sähkösuunnittelijan näkökulmasta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

6.1.2019

Tekijä Otsikko	Mikael Er Betonielementit sähkösuunnittelijan näkökulmasta
Sivumäärä Aika	31 sivua 6.1.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Osmo Massinen
<p>Insinööriyön tavoitteena oli tarkastella tarkemmin nykyisiä betonielementtien sähkösuunnittelumenetelmiä ja -ohjeita. Työssä pyrittiin tekemään tiivistetty katsaus myös MagiCAD Electric- sähkösuunnitteluohjelmistoon ja tietomallinnukseen sekä miten ohjelmistoja voidaan käyttää apuna suunnittelussa.</p> <p>Opinnäytetyössä oli myös tarkoituksena pohtia nykyisten suunnittelumenetelmien toimivuutta sekä haasteita ja miten tulevaisuudessa voisi vähentää suunnitteluvirheitä ja lisätä suunnittelun käytännöllisyyttä.</p> <p>Työssä oli hyödynnetty aiempaa omakohtaista työkokemusta betonielementtien sähkösuunnittelusta. Työn tukena on käytetty ST-kortistoa sekä alan kirjallisuutta.</p> <p>Tämän työn tuloksena saatiin lukijalle koottu tietopaketti helpottamaan erityisesti betonielementtien sähkösuunnittelua.</p>	
Avainsanat	betonielementtien sähkösuunnittelu, sähkösuunnittelu

Author Title Number of Pages Date	Mikael Er Concrete Elements from the Perspective of an Electrical Designer 31 pages 6 January 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical- and automation engineering
Professional Major	Electrical power engineering
Instructors	Osmo Massinen, Senior Lecturer
<p>The objective of this study was to look in detail into present methods and guidelines of electrical planning of concrete elements. The thesis also aims to provide a summary overview of MagiCAD Electric's electrical design software and information modelling, as well as to clarify how the softwares can be used to assist in planning.</p> <p>A further purpose was to ponder the functionality of present planning methods, the challenges and how to reduce mistakes and add practicality of electrical planning.</p> <p>In the making of this study advantage was taken of my work experience in electrical planning of concrete elements acquired while working as an electrical designer. As support resources for this study, ST-cards and network material of electrical engineering were used.</p> <p>As a result, an in-depth, combined overview and a guide of electrical planning of concrete elements was accomplished.</p>	
Keywords	electrical planning of concrete elements, electrical planning

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Elementtirakentaminen Suomessa	1
2.1	Lähtökohdat ja nykyaika	1
2.2	Elementtirakentamisen etuja	3
3	Betonielementtien sähkösuunnittelu	4
3.1	Elementtisuunnittelun haasteet ja prosessi	4
3.2	Sähkövarusteet	5
3.3	Sähkövarusteiden mitoitus	6
3.4	Varaukset	8
3.5	Äänieristys ja sähköläpiviennit	11
3.6	Piirustusmerkinnät	13
3.7	Sähköputkivaraus	14
4	MagiCAD elementtien sähkösuunnittelussa	16
5	3D-tietomallipohjainen suunnittelu	22
6	Yhteenveto	29
	Lähteet	30

Lyhenteet

CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu
DWG	Tallennusmuoto AutoCADissä
DXF	Tiedonsiirtoformaatti AutoDeskissä
IFC	Tiedonsiirtostandardi, jota käytetään tietomallipohjaisessa suunnittelussa
LVI	Lämpö, vesi ja ilma, talotekniikan osa-alue
3D	Kolmiulotteinen
2D	Kaksiulotteinen

1 Johdanto

Elementtirakentaminen yleistyy jatkuvasti kerros- ja pientalorakentamisessa. Rakennusmateriaalit voidaan käyttää tehokkaasti hyödyksi, mikä mahdollistaa tehokkaan laadunvalvonnan. Elementtien laatu onkin monesti parempi kuin paikalla rakennettaessa. Muovailtavuutensa ansiosta voidaan myös toteuttaa kustannustehokkaita ja toimivia kokonaisuuksia, niin sähkön- että LVI-järjestelmienkin osalta. Tämä tuo myös uusia haasteita sähkösuunnitteluun.

Insinööriyössä käsitellään yleisesti nykyisiä elementtien sähkösuunnittelumenetelmiä ja esitellään kootusti tämän hetkisiä elementtien sähkösuunnittelun ohjeita. Työssä on myös tarkoituksena esitellä pienimuotoisesti nykyisiä sähkösuunnitteluohjelmistoja ja sitä, millä tavoin on mahdollista elementtien sähköistyksiä toteuttaa.

Opinnäytetyössä perehdytään myös hieman tietomallinnukseen ja siihen, miten sitä voidaan käyttää hyödyksi sähköistyksiä suunniteltaessa, sekä myös pohditaan mahdollisia haasteita ja huomioon otettavia asioita toimivaa ratkaisua suunniteltaessa.

Valmiin työn tarkoituksena on luoda lukijalle koottu tietopaketti ja työkalu erityisesti betonielementtien sähkösuunnitteluun.

2 Elementtirakentaminen Suomessa

2.1 Lähtökohdat ja nykyaika

Tieto raudoitetun betonin mahdollisuuksista ja sen käyttämisestä rakennuksen runkomateriaalina levisi ympäri maailmaa vuonna 1900 Pariisin maailmannäyttelyssä. Muutamia uuden ajan betoniarkkitehtuuria ja -tekniikkaa edustavia rakennuksia nousikin melko nopeasti Helsinkiin, tunnetuimpia ovat mm. Eduskuntatalo, Stockmann ja Rautatieasema. [1.]

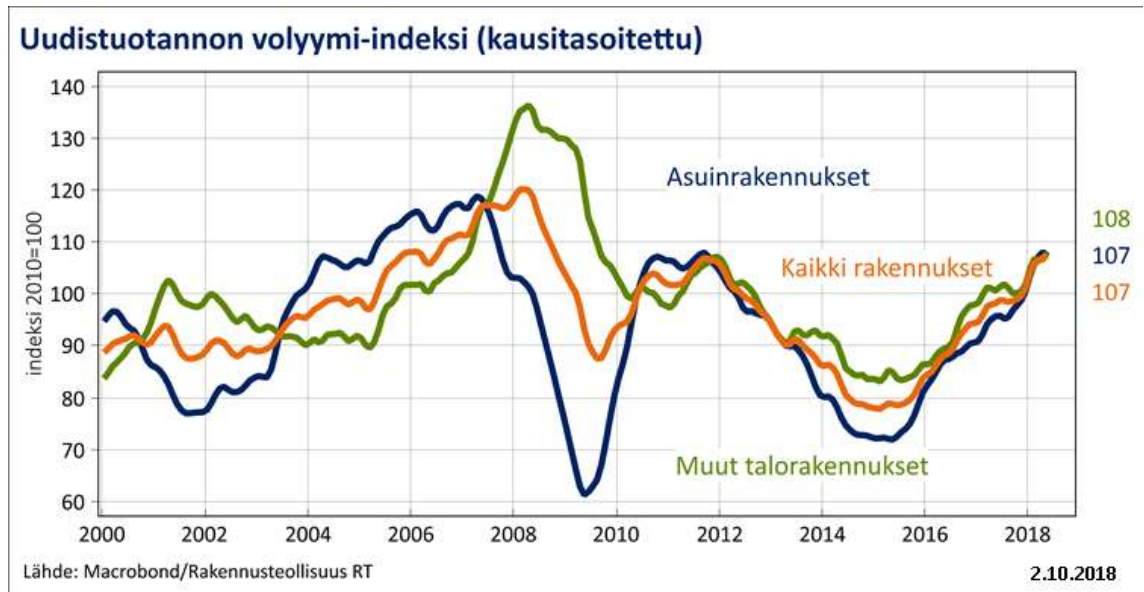
Elementtirakentaminen rantautui Suomeen 1900-luvun puolenvälin tienoilla, mutta rakennustapaa tutkittiin jo ennen toista maailmansotaa. Ratkaisuksi sodan aiheuttamien tuhojen ja huonon taloustilanteen vuoksi löytyi tehokas ja taloudellinen rakennustapa, elementtirakentaminen. Teollisuuskeskus, johon viitataan usein myös nimellä Palacen talo, sai osakseen ensimmäiset tehdasvalmisteiset julkisivuelementit Suomessa. Teollisuuskeskus esitetty kuvassa 1. 1950-luvun lopulla valmistunut Helsingin yliopiston Portanira-rakennus oli yksi tunnetuimmista täyselementtirakennuksista. [1.]



Kuva 1. Teollisuuskeskus Helsingin Etelärannassa. [2.]

Nykyään noin kolmannes runkorakenteista ja 15 % julkisivuista koostuu betonielementeistä, johtuen niiden edullisesta hinnasta sekä materiaalin kestävydestä. Vuonna 2008 lähes 75 % asuinkerrostalojen rungoista oli toteutettu betonielementeistä. [3.]

Elementtirakentaminen näkyy myös uudisrakentamisessa, joka lähti reippaaseen kasvuun vuonna 2016. Myönteinen kehitys näkyy tänä päivänäkin talonrakentamisen aloitustöiden kasvun seurauksena vuonna 2017. Uudistuotannon volyyymi kuvassa 2. [4.]



Kuva 2. Uudistuotannon volyyymi 2000–2018. [4.]

2.2 Elementtirakentamisen etuja

Elementtien toteutus sekä aikataulutus suunnitellaan tarkasti etukäteen, joten näin vältetään mahdollisilta viivästyksiltä rakentamisessa. Täten saadaan myös minimoitua rakennusjätettä ja materiaalitehokkuus on täysin omaa luokkaansa. Lisäksi betonirakenne on hyvin ääntä eristävä ja paloturvallinen. [5.]

Elementtivaihtoehdolla päästään monesti myös pienempiin työmaan kokonaiskustannuksiin, koska ratkaisut ovat vakioituja ja hiottu optimaaliseksi jo aiemmissa projekteissa. Näin on mahdollista valmistaa mittatarkkoja ja viimeistelyjä osia, täten täydentävät työt voidaan minimoida. Muovailtavuuden ansiosta voidaan toteuttaa monimutkaisiakin sähkötekniisiä ratkaisuja tinkimättä toimivuudesta. [5.]

3 Betonielementtien sähkösuunnittelu

3.1 Elementtisuunnittelun haasteet ja prosessi

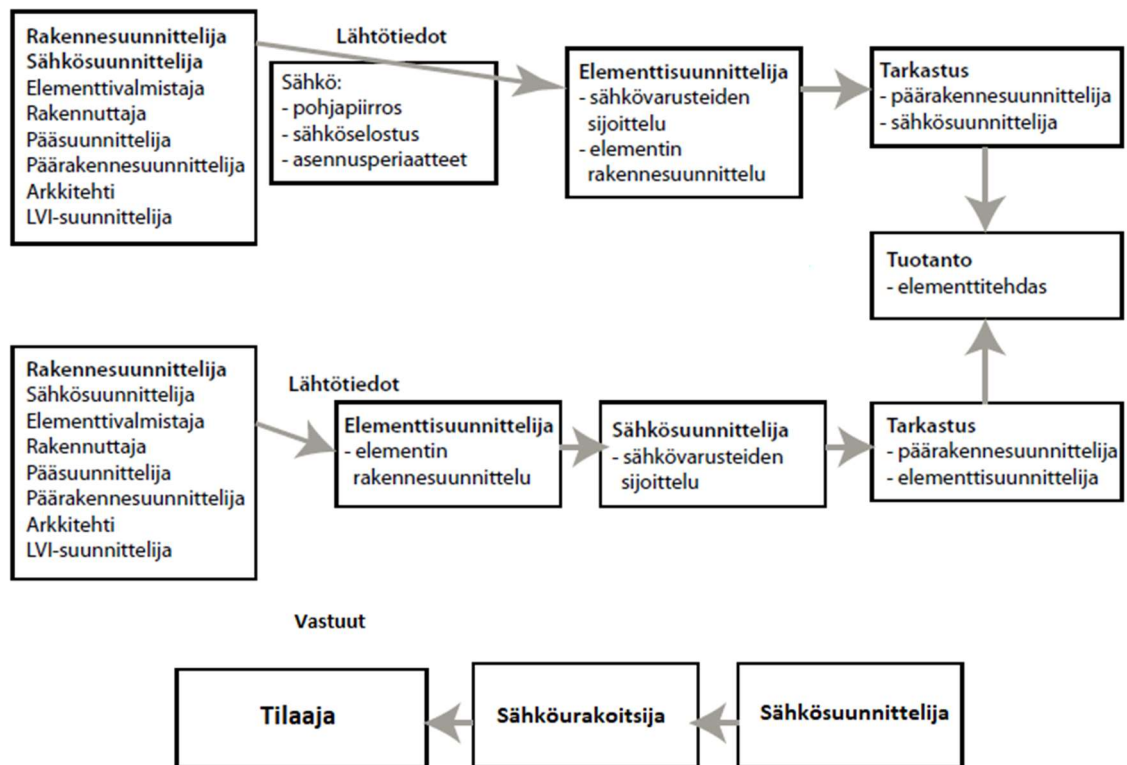
Jotta on mahdollista valmistaa rakenteellisesti toimivia ja laadukkaita betonielementtejä, vaaditaan yhteistyötä jokaiselta osapuolelta, niin työmaalla, elementtitehtaalla kuin suunnitteluosapuoltenkin välillä. Betonielementtien sähkösuunnittelussa tulee olla tarkka ja huolellinen, jotta vältetään työläitä ja hintavilta korjauksilta. Suunnittelussa on suositeltavaa käyttää yhteisesti sovittuja työmenetelmiä, etenkin yhtenäisiä merkintöjä, jotta päästään hyvään ja haluttuun lopputulokseen. [6, s. 5.]

Sähköasennusten paikat elementissä tulee mitoittaa tarkasti, erityisesti keittiössä ja märkätiloissa, joissa rasioiden sijainnit ovat avainasemassa kalusteiden asennuksen kannalta. Tilojen sähköasennusten vaatimukset ja standardit on otettava myös huomioon. Sähkösuunnitelmaan on aina merkittävä mittaviivoin rasioiden ja varausten paikat sekä niistä on mainittava työselostuksessa. [6, s. 5–6.]

Elementtien sähkösuunnittelu suositellaan aloitettavan vasta, kun kohteen sähkötasopiirustukset ovat valmiita, näin tiedetään tarkkaan, mihin sähkövarusteet ovat tulossa ja mahdolliset tilaajan tahtomat muutokset suunnittelun aikana voidaan tehdä helposti elementtien sähköpiirustuksiin. Elementtien sähkösuunnittelu kuuluu työnaikaisiin suunnitelmiin eikä täten sisälly perinteiseen suunnittelusopimukseen, vaan niistä on sovittava erikseen.

Sähköurakoitsija vastaa elementtien sähkösuunnitteluprosessista tilaajalle, mutta pääsääntöisesti sähköurakoitsija tilaa elementtien sähkösuunnittelun sähkösuunnittelijalta. Tällöin sähkösuunnittelija on vastuussa suunnitelmista urakoitsijalle. Elementtien suunnitteluprosessi on esitetty kuvassa 3.

Koska yleistä laskentamallia elementtien sähkösuunnittelulle ei ole, on tarjoustaloksesta laskettaessa otettava tarkkaan huomioon suunnitteluun kuluva aika ja suunniteltavan kohteen elementteihin tulevien sähköjärjestelmien määrä ja monimutkaisuus. Karkeana suuntaa antavana esimerkkinä suunnitteluun kuluva aika on noin kymmenestä minuutista kolmeen tuntiin per elementti. Suunnittelusta voidaan käyttää esimerkiksi neliöhintaa.



Kuva 3. Suunnitteluprosessin eteneminen ja vastuut elementtisuunnittelun kannalta. [6, s. 5.]

3.2 Sähkövarusteet

Sähkö- ja kojerasian pysyminen halutulla paikalla vaatii aina jonkinlaisen tuen. Rasiat voidaan esimerkiksi sitoa puukappaleeseen, teräkseen tai käyttää rasiatukea. Rasiatuella saadaan rasia haluttuun korkeuteen katkaistavan säätövarren avulla ja eristeeseen kiinnitettäessä käytetään tukea villanaulalla, joka painetaan eristeeseen. Teräsmuoteissa magneettia voidaan myös käyttää apuna rasian sijoituksessa, magneetti kiinnittyy teräsmuottiin ja rasia asennetaan sen päälle. [6, s. 7.]

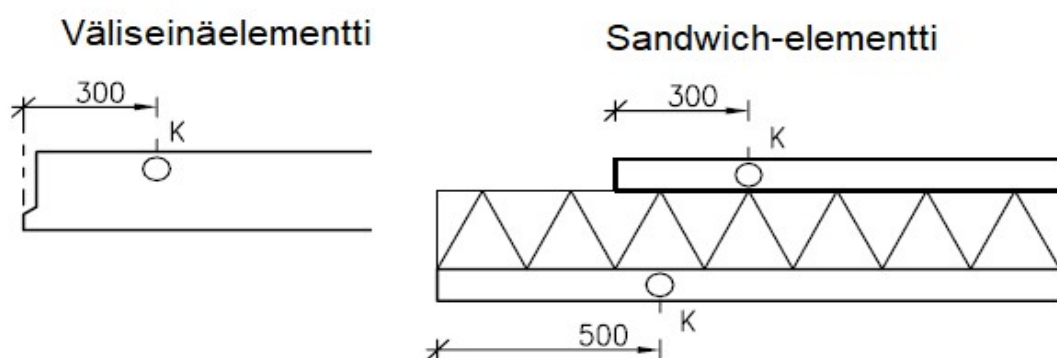
Ennen valua sähköputkien päät suojataan roskilta ja betonilta yleensä pääteholkilla ja tulpalla. Sähkövarusteita esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Elementissä käytettäviä sähkö- ja jakorasioita, päteholkit (2), rasiamagneetti (3) sekä rasiatuki villanaulalla (1). [7; 8.]

3.3 Sähkövarusteiden mitoitus

Sähkövarusteet on mitoittava piirustukseen, jotta elementin valmistus tehtaalla on mahdollista sekä sujuvaa. Esimerkiksi väliseinäelementissä vaakamitoitus merkitään rasian keskeltä elementin uloimpaan reunaan. Sandwich-elementissä, eli eristeisessä julkisivuelementissä, mitoitus merkitään rasian keskeltä ulko- ja sisäkuoren uloimpiin reunoihin. Molemmat mitoitukset on esitetty kuvassa 5. [6, s. 9.]

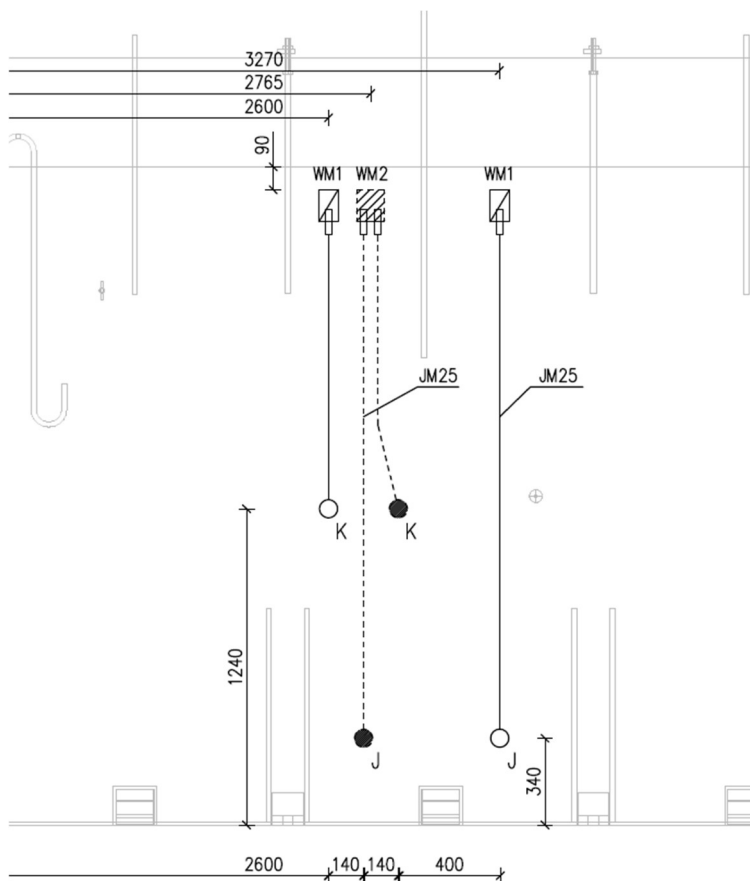


Kuva 5. Sähkövarusteiden vaakamitoitus elementissä. [6, s. 9.]

Pystymitointi merkitään pääasiassa elementin alareunasta ylöspäin rasian tai varauksen keskelle. Varauksissa, esimerkiksi päättevarauksessa, jolla päästään helposti alakattoon tai listaan, merkitään mitta elementin yläreunasta varauksen yläreunaan. Tarkoituksena on kuitenkin mitoitaa niin, että piirustus on selkeästi luettavissa. [6, s. 9.]

Sähköputkitukset ja varusteet piirretään yhtenäisellä viivalla, jos ne sijoitetaan elementin lukusuunnassa samalla puolelle, vastakkaiselle puolelle kaikki merkinnät piirretään katkoviivoilla. Muutoin asennukset on mahdoton erottaa toisistaan. [9, s. 1–2.]

Merkittävät sähköputkitukset ovat pääasiassa JM20. Tilanteissa joissa tarvitaan suurempaa putkea, esimerkiksi lieden jakorasialle JM25, lisätään piirrettyyn putkitukseen merkintä viiteviivoin. Esimerkki piirustus on kuvassa 6. [9, s. 1–3.]



Kuva 6. Varaukset rasioilta alakattoon mitoituksineen väliseinäelementissä. Kuvassa katkoviivoilla piirretyt sähkövarusteet ovat lukusuunnassa toisella puolella elementtiä. Sähköputken koko ilmoitettu viiteviivoin.

Sähköasennusten tilantarpeiden vuoksi on hyvä käyttää suositeltuja mitoituksia. Myös elementtien rakenteet vaikuttavat, kuten raudoitukset ja kestävyys, mihin sähköasennuksia voidaan sijoittaa. Rakennesuunnittelija voi määrätä lujuuslaskennan pohjalta sähkövarusteiden sijainnin muuttamista, jos ne vaikuttavat suuresti elementin rakenteen vahvuuteen. Yleiset mitat sähköasennuksille taulukossa 1.

Taulukko 1. Sähköasennusten mitoitus elementissä. [6, s. 6.]

Sähköasennusten mitoitus	mm
etäisyys elementin reunavaarnan pohjasta rasian keskelle	min. 80
etäisyys huoneen nurkasta	min. 300
huoneistojen välisessä seinässä eripuolilla olevien rasioiden väli	min. 200
varauksen väli elementin yläreunaan	90
ovenpielen leveys	min. 300
väliseinäelementin alareunan varauksen syvyys	120

3.4 Varaukset

Varauksia on kahdentyyppisiä, W-varauksia ja WM-varauksia. W-tyyppisiä varauksia käytetään, kun halutaan päästä pääty- ja välisaumaan, SUR-uraan tai välitilaan. Myös sähköputkitusten jatkaminen elementistä elementtiin onnistuu W-tyyppisillä varauksilla, tyypillisintä on nousut kerrosten välillä. [6, s. 12–14.]

Molempia varaustyyppisiä on muutamaa eri kokoa mikä käytännössä tarkoittaa sitä, kuinka monta sähköputkea voidaan tuoda yhteen varaukseen. Yleisesti yhteen varaukseen saadaan tuotua yhdestä kolmeen sähköputkea. Molemmat varaukset on esitetty leikkauskuvassa 7. [6, s. 12–14.]



Kuva 8. WM-varaukset valmiissa elementissä työmaalla, huoneeseen asennetaan alakatto.

WM-varauksilla päästään myös helposti välitilaan, missä W-varauksien käyttäminen voi olla tarpeetonta. Kuvassa 9 on esitetty WM-varaukset välitilassa. Kuvan tapauksessa W-varaukset tulisivat elementin yläreunaan, mikä olisi täysin turhaa.

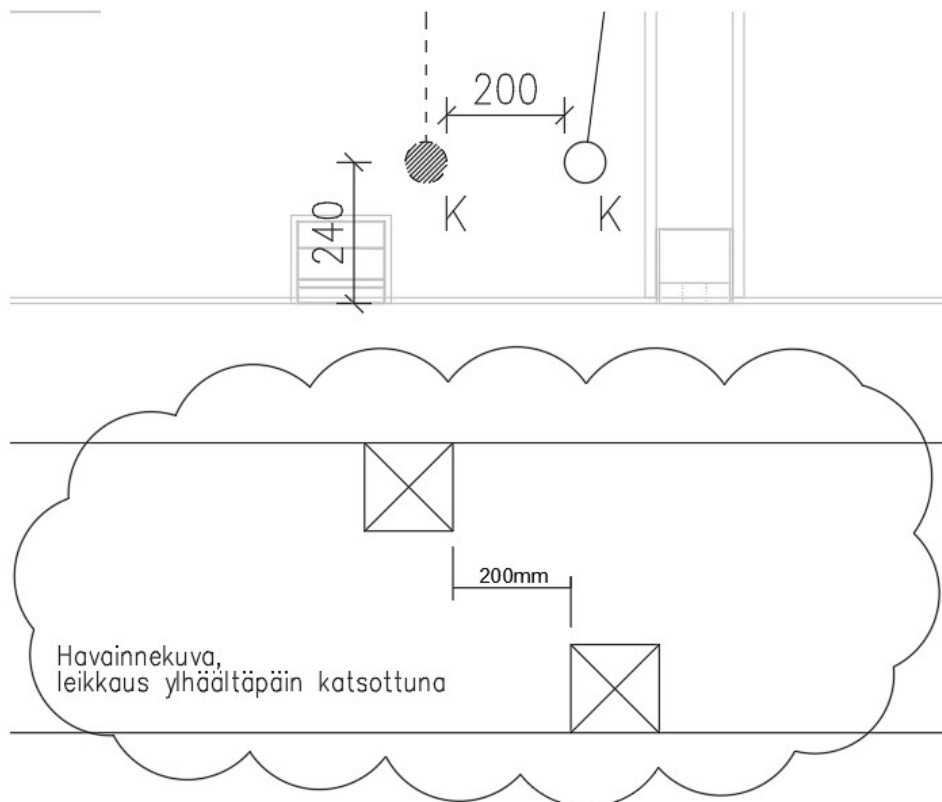


Kuva 9. W-varaukset sekä putkitukset työmaalla.

3.5 Äänieristys ja sähköläpiviennit

Nykyisten äänieristys määräysten vuoksi on otettava huomioon rasioiden sijoitus esimerkiksi vastakkaisille puolille elementtiä asennettaviin sähköasennuksiin, kuten esimerkiksi pistorasiat ja kytkimet. Kuvassa 10 esitetty väliseinäelementin vastakkaisille puolille tulevat pistorasiat.

Asuinhuoneiden välillä on äänieristyksen oltava 55 desibeliä. Hotelli- ja majoitushuoneissa yleensä sovelletaan asuinrakennuksiin käytettäviä määräyksiä. Muut tilat, kuten luokkahuoneet ja toimistotilat, joissa puheen ymmärrettävyys ja selkeä erottuminen on tärkeää, suunnitellaan ja huomioidaan tapauskohtaisesti. [10.]

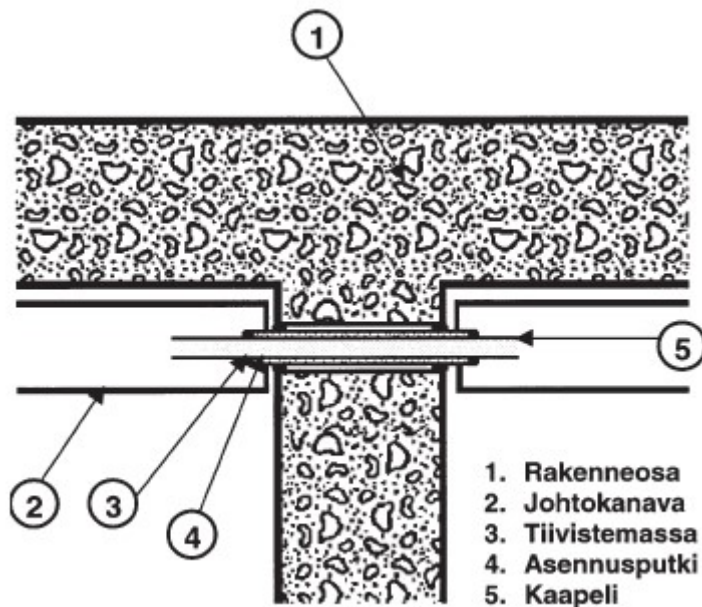


Kuva 10. Kuvassa esitetty kojerasiat, jotka sijoitettu elementin vastakkaisille puolille. Haluttu äänieristys saadaan, kun rasioiden väli on 200 mm reunasta reunaan.

Sähköläpivientien äänieristys on myös toteutettava määräysten mukaisesti, vaatimustaso riippuu tässäkin tapauksesta tilan käyttötarkoituksesta. Sähköläpiviennillä tarkoitetaan nimensä mukaisesti rakenteeseen tehtyä reikää tai koloa, jonka avulla johtoteiden, kaapelien tai muiden järjestelmien vieminen tilasta toiseen on mahdollista. [10.]

Erityisesti betoniseinissä vesipohjainen massa toimii hyvin äänieristeenä. Eristys voidaan myös toteuttaa palokatkomateriaaleilla, joita ovat esimerkiksi kipsi- ja akryylipalokatkomassat. [10.]





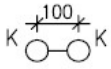
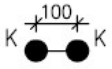




















Betoniseinässä parhaimpaan tulokseen äänieristävyuden kannalta päästään kuvassa 11 toimittavalla tavalla, kun kaapelihyly, johtokanava tai muu johtotie päätetään rakenteeseen ja vain kaapelit viedään rakenteen läpi ja tiivistetään. [10.]



Kuva 11. Johtokanavan päättäminen rakenteeseen ja kaapelien läpivienti. [10.]

3.6 Piirustusmerkinnät

Sähkömerkinnöistä elementtipiirustuksessa on annettu vain yleinen suositus, jota sähkösuunnittelijan suositellaan käyttävän apunaan piirustuksia tehdessä. Rakennesuunnittelija tai muu elementtipiirustuksista vastuussa oleva taho, voi esittää oman yksityiskohdaisemman merkintä ohjeensa jota on noudatettava. Piirustusmerkintöjä esitetty kuvassa 12. [6, s. 11.]

Etupinnassa	Takapinnassa	
 K	 K	Kojerasia (ABB AU3.2; Schneider Electric JR00)
 2xK	 2xK	2 kojerasiaa toisissaan kiinni Yhdyskappale ABB PMR71; Schneider Electric JL71)
 K $\overset{100}{\text{---}}$ K	 K $\overset{100}{\text{---}}$ K	Kojerasiat vakioetäisyydellä Yhdyskappaleet ABB PMR490, PMR502; SE JL85, JL100 (Heikkovirta-/vahvavirtarasiat)
 S	 S	Kaksoiskojerasia, huom. asennussuunta (ABB AU17.2; Schneider Electric JR20)
 J	 J	Jakorasia (ABB AU19; Schneider Electric JR08)
 W1	 W1	Varaus 150x160x120 (lev x kork x syv)
 W2	 W2	Varaus 270x160x120 (lev x kork x syv)
 W3	 W3	Varaus 340x160x120 (lev x kork x syv)
 WM1	 WM1	Päätevaraus 75x125x50 (lev x kork x syv), 1 putki (alakatot, kaapistojen ylälistat)
 WM2	 WM2	Päätevaraus 100x125x50 (lev x kork x syv), 2 putkea (alakatot, kaapistojen ylälistat)
 J	 J	Jatkosholkki (ABB AJ16, AJ20, AJ25; Schneider Electric RJM16, RJM20, RJM25)
 J	 J	Päätetolkki (ABB AJ5.16, AJ5.20)
 J	 J	Putkinytä (ABB AN16, AN20, AN25; Schneider Electric JN20, JN25)

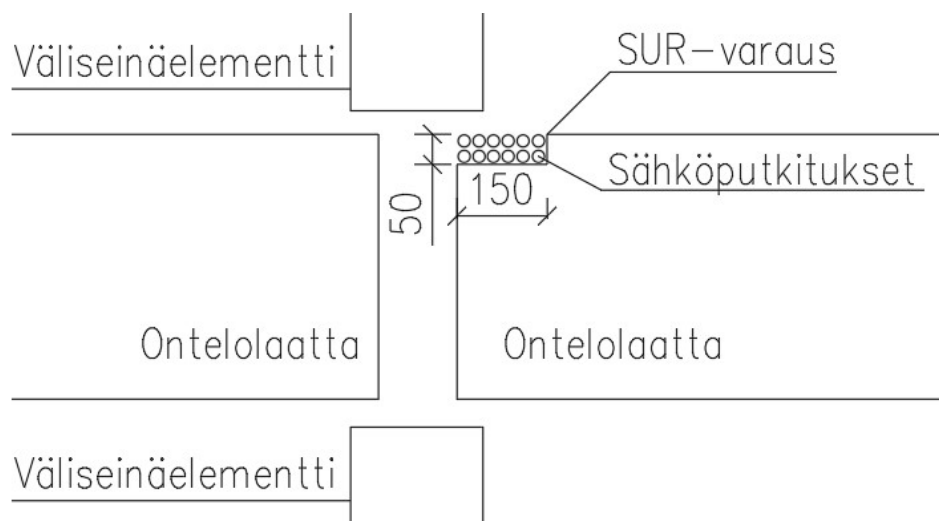
Kuva 12. Yleisimmin käytettyjen sähkötarvikkeiden- ja varauksien symboliluettelo. [6, s. 11.]

3.7 Sähköputkivaraus

Tiloissa, joissa ei ole alakattoa tai mahdollista käyttää hyväksi päätysaumoja sähköputkituksille, voidaan käyttää sähköputki- eli SUR-varausta. Varaus on ontelolaatan levyinen, 150 mm pitkä, 50 mm syvä, ja se tehdään laatan päähän. SUR-varaus esitetty leikkauskuvassa 13. [12.]

Alemman kerroksen SUR-varaus tulee ylemmän kerroksen lattiaan. Sähköputkitusten yhdistämisen jälkeen valetaan lattiavalu, jonka jälkeen kerroksen väliseinäelementti asennetaan paikoilleen. [12.]

SUR-varaukset voidaan esimerkiksi merkitä sähköpiirustuksen tasokuvaan, näin kohdat joihin varaus tulee, on helpoimmin nähtävissä, kun tasokuvasta poimitaan sähköpisteitä elementin sähkösuunnittelua varten.



Kuva 13. Leikkauskuva SUR-varauksesta ontelolaatassa.

Sähköputkitukset SUR-varauksessa on pyrittävä levittämään tasaisesti ennen betonin valamista. Kuvan 14 mukaista asennustapaa on syytä välttää, jos on mahdollista. Jos sähköputket ovat yhdessä nipussa, heikentää se valettavan betonin lujuutta sekä voi aiheuttaa ilmapuolien syntymistä valun.



Kuva 14. SUR-varauksen putkitukset työmaalla. Tätä toimintatapaa tulisi välttää, koska putket ovat päällekkäin ja kiinni toisissaan.

Oikea tapa on levittää sähköputket mahdollisimman tasaisesti SUR-varaukseen ja mahdollisuuksien mukaan erottaa putket toisistaan esimerkiksi terästangolla ja rautalangalla, kuten kuvassa 15 on pyritty tekemään.



Kuva 15. Sähköputket levitetty mahdollisimman tasaisesti ja kiinnitetty terästankoon rautalangalla, jotta putket eivät pääse liikkumaan valun aikana.

4 MagiCAD elementtien sähkösuunnittelussa

Progman Oy:n kehittämä ja ylläpitämä MagiCAD-ohjelmisto on Pohjoismaiden johtava talotekniikan suunnitteluohjelmisto. MagiCAD tarvitsee toimiakseen Autodeskin AutoCAD tai Revit MEP-ympäristön. Erityisesti sähkösuunnittelua palvelevat versiot ovat Electrical ja Circuit. [13.]

MagiCAD Electrical tarjoaa työkalut sähkösuunnitteluun, kuten esimerkiksi tuotetietojen ja symbolien hallintaan sekä luontiin, 2D- ja 3D-piirtämiseen, keskus- ja piirikaavioiden luontiin sekä linkitykseen. Tuetut standardoidut tiedostomuodot ovat DWG, DXF, PDF ja IFC 2x3. Ohjelmisto soveltuu siis myös tietomallin pohjaiseen sähkösuunnitteluun. [13.]

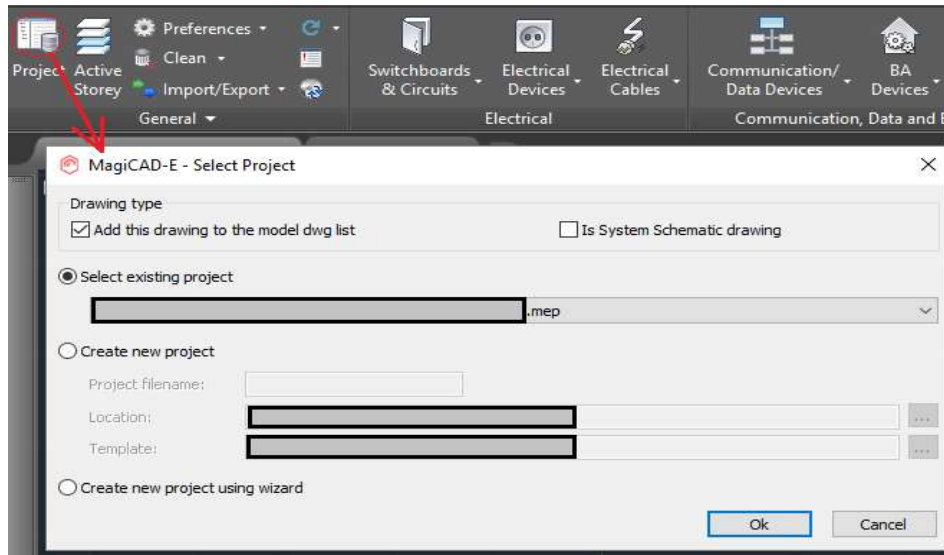
Tässä opinnäytetyössä keskitytään MagiCAD Electricalin versioon 2018.

Sähkövarusteet suunnitellaan ja mitoitetaan rakennesuunnittelijalta saatuihin elementtien 2D-valmistuspiirustuksiin. Tarkemmat suunnitteluohjeet saadaan ennen elementtien sähkösuunnittelun aloittamista.

Tyypillisesti valmistuspiirustuksessa on varattu yksi lehti sähköjen lisäystä varten. Lehdellä voi myös olla pienimuotoinen sähkövarausten merkintäohje. Sähkövarausten lisäksi, ohjeista riippuen, piirustukseen on lisättävä kuittaus, mistä elementistä on kyse eli elementtitunnus ja päivämäärä. Yleensä myös suunnitelman tehnyt yritys ja suunnittelija merkitään piirustukseen. Kuvassa 16 on esitetty esimerkki valmiista piirustuksesta varauksineen ja merkintöineen.

Elementtipiirustukset voidaan liittää olemassa olevan kohteen MEP-tiedostoon tai luoda kokonaan uusi projektitietokanta pelkästään elementtipiirustuksille.

Uuden piirustuksen liittäminen projektiin tai uuden projektitietokannan luominen tapahtuu kuvan 17 mukaisessa ikkunassa.



Kuva 17. Uuden piirustuksen liittäminen projektiin.

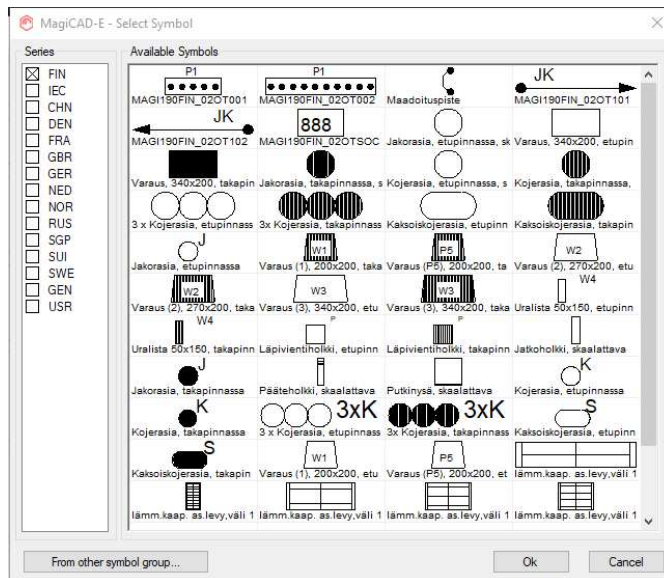
Suunnitelmat voidaan myös toteuttaa yksinkertaisemmalla tavalla kokonaan ilman projektitietokantaa. Tällöin ei ole käytettävissä MagiCAD Electricalin tuomia ominaisuuksia, kuten esimerkiksi symbolivalikkoo ja putkitustoimintoa.

Kun suunnitelmat tehdään ilman projektitietokantaa, voidaan luoda erillinen DWG-tiedosto, johon rakennetaan symbolit ja varaukset. Tästä tiedostosta kopioidaan halutut tuotteet elementtipiirustukseen.

Molemmat työtavat ovat päteviä, koska tällä hetkellä piirustukset eivät sisällä esimerkiksi 3D-tietoa ja onkin suunnittelevan yrityksen omista preferensseistä kiinni, kummalla työtavalla suunnitelmat halutaan toteuttaa.

Symbolit

Kun piirustus on liitetty projektitietokantaan, avautuu mahdollisuus käyttää valmiita symboleita. Symbolihakemisto löytyy Other electrical devices -painikkeen alta ja on esitetty kuvassa 18.

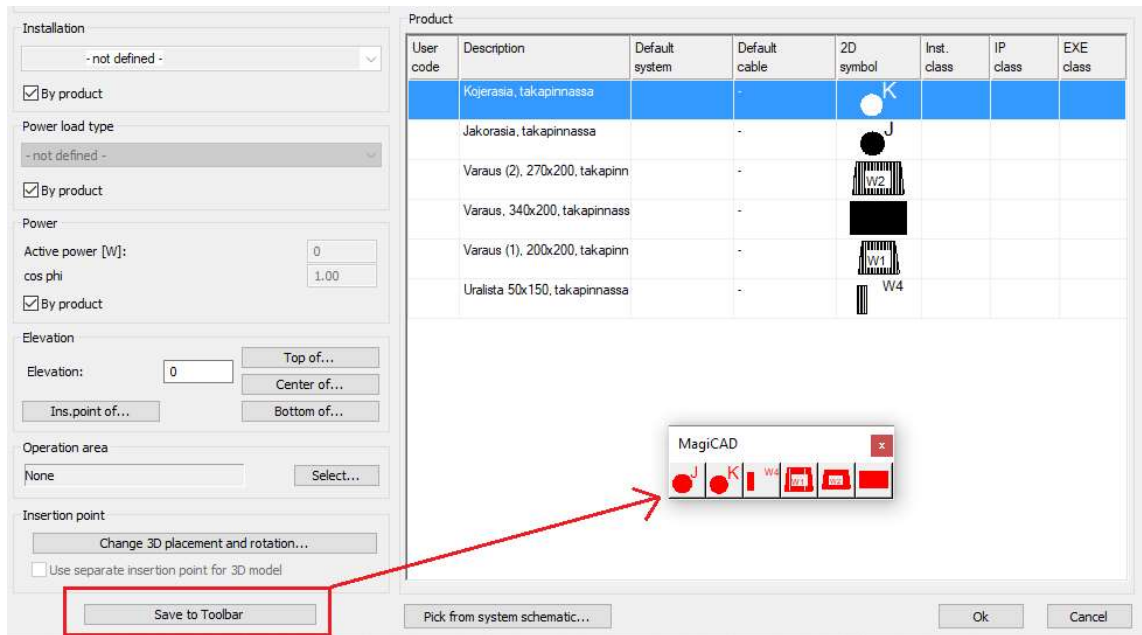


Kuva 18. Symbolihakemisto MagiCADissä.

Koska elementtipiirustuksia voi olla kohteesta riippuen kymmeniä, ellei satojakin, on suositeltavaa suunnittelun sujuvuuden kannalta tallentaa pikavalikko symboleille.

Save to Toolbar -valinnalla on mahdollista tallentaa valitut symbolit valintanauhaksi ja näin ne ovat helposti saatavilla.

Mikäli haluttua symbolia ei löydy valikosta, myös omien symbolien luonti onnistuu helposti samasta valikosta ja on tallennettavissa valintauhaan, valikko ja valintanauha on esitetty kuvassa 19.



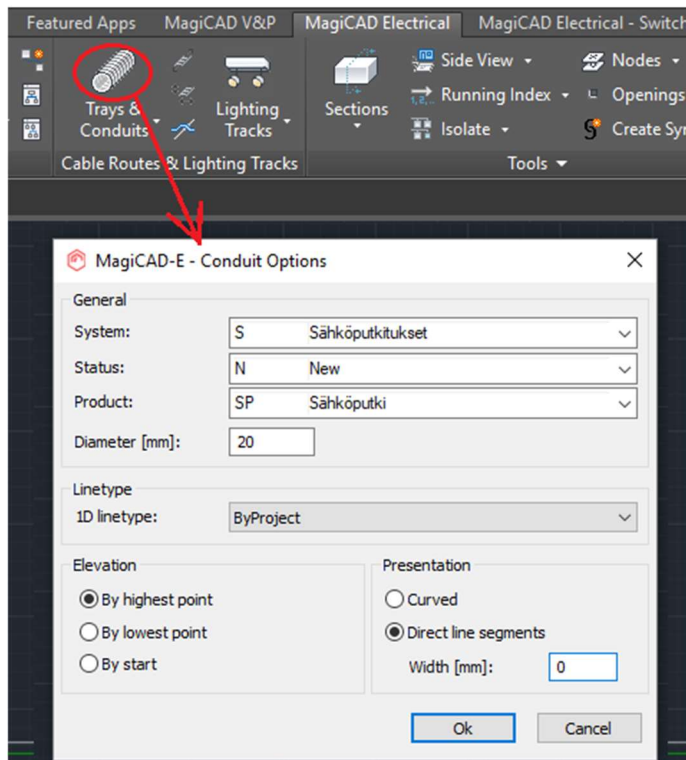
Kuva 19. Symbolien tallentaminen valintanauhaan.

Putkitukset

Sähköputkitukset merkitään piirustukseen yleisesti 2D-viivalla. Toinen vaihtoehto on esimerkiksi käyttää putkitustoimintoa. Käytännössä ei ole merkitystä kumpaa toimintoa käyttää, koska piirustukset lähetetään perinteisesti 2D-muodossa.

MagiCADissa projektihallinnan kautta voidaan luoda uusia sähköjärjestelmiä, jos niitä ei ole elementtien sähkösuunnittelua varten vielä tehty. Esimerkiksi sähköputkituksille voidaan luoda oma järjestelmä. Valikosta on myös valittavissa sähköputken koko.

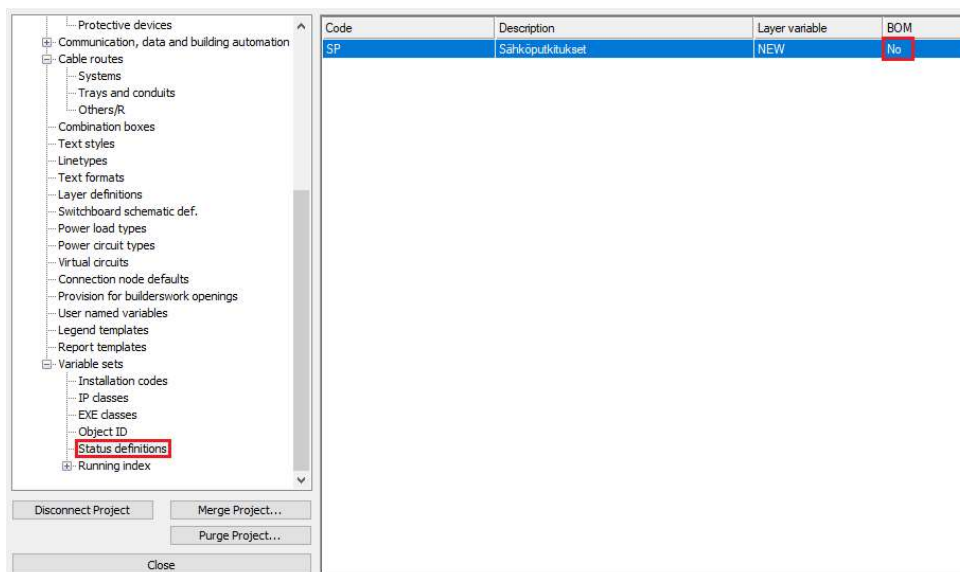
Kuvassa 20 on esitetty valikko putkituksen piirtämiselle.



Kuva 20. Putkituksen asetukset MagiCADissä.

Mikäli elementtipiirustukset liitetään kohteen projektitietokantaan ja ne halutaan pitää projektissa, voidaan projektihallinnasta määrittää niille oma status. Näin on mahdollista välttää sähköputkitusten ja varausten näkymistä esimerkiksi massalaskennoissa, jos se ei ole toivottua. Status määritetään kuvan 21 mukaisessa valikossa.

Rakennesuunnittelijalle takaisin lähetetyt piirustukset voidaan myös poistaa lopuksi kokonaan projektista.



Kuva 21. Statuksen määrittäminen MagiCAD:ssä.

5 3D-tietomallipohjainen suunnittelu

Yleisesti rakennustekniikassa tietomallintamisella tarkoitetaan rakennuksen kolmiulotteista mallia eli 3D-mallia, joka on luotu tietomallinnusohjelmalla. Mallintamisella mahdollistetaan rakentamisessa johdonmukainen tietojen hyödyntäminen sekä parempi suunnittelutietojen hallinta. [14.]

Tietomalli on periaatteessa ennen rakentamista luotava prototyyppi, jossa yhdistyy mallipohjainen ja tietokantaan perustuva suunnittelu sekä prosessienhallinta kokonaisuutena, joiden avulla toimiva lopputulos pyritään varmistamaan. Kolmiulotteista mallia hyödynnetään piirustusten tuottamisessa ja lukuisissa tarkasteluissa, kuten esimerkiksi energia-analyyseissä ja määrälisäyksissä. [15, osa 1.]

IFC-tiedonsiirtostandardi

BuildingSMARTin jatkuvasti kehittämää IFC-tiedonsiirtostandardia (Industry Foundation Classes) käytetään määrittämään ja siirtämään tietomallien sisältöä rakennussuunnittelussa ja sen etuna voidaankin pitää eri ohjelmistoalustojen välistä toimivaa yhteensopivuutta. [15, osa 1.]

Tietomallinnusohjelmistot

Tietomallien tarkasteluun tarvitaan yhteensopiva ohjelmisto. IFC-mallien tarkasteluun sopivia ilmaisia ohjelmistoja ovat muun muassa Solibri Model Viewer ja Tekla BIMsight. Ilmaisversioilla on mahdollista tarkastella kohdetta vain visuaalisesti.

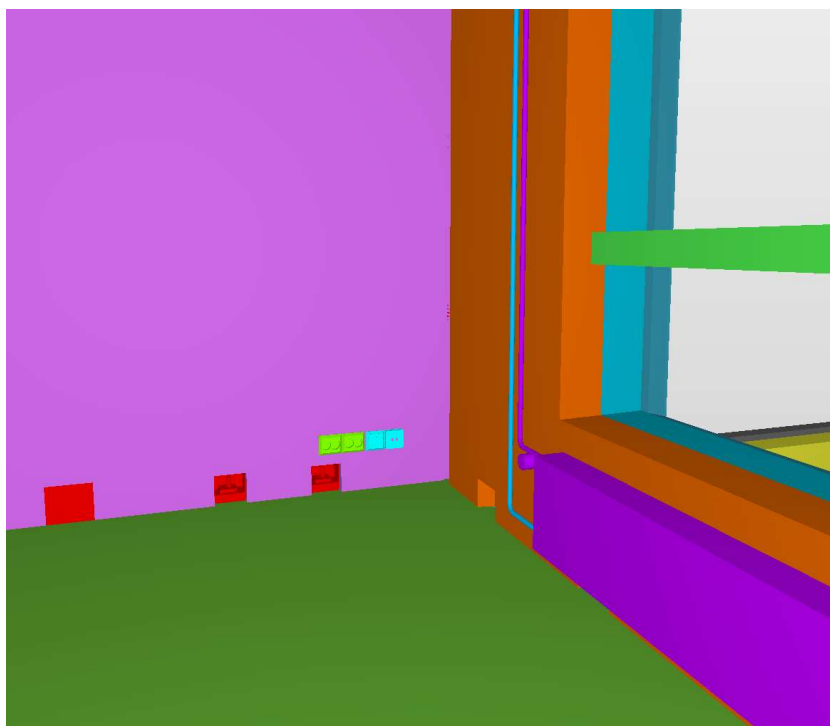
Solibri Model Checkerillä on mahdollista yhteensovittaa eri suunnittelualojen tietomalleja, esimerkiksi samassa tietomallissa on mahdollista nähdä sähkö-, LVI- ja rakennekomponentit. Ohjelmalla myös mahdollista nähdä erinäisiä ongelmakohtia ja suunnittelualojen risteilyjä, tämäkin voidaan tehdä automaattisesti, joten konfliktien korjaaminen on helppoa. [15, osa 1.]

Varaus- ja reikäsuunnittelu

Reikä- ja varauspiirustusten suunnittelu ja käyttö tietomallipohjaisesti sekä vastuut sovi- taan pääasiassa projektikohtaisesti. Elementtien valmistuspiirustuksissa, putkitusten, rasioiden tai muiden sähkövarausten tietomallipohjaista suunnittelua ei vaadita, kuitenkin elementin lävistävät varaukset on toimitettava erikseen reikävarausobjekteina. Tämä johtuu nykyisten sähkösuunnitteluohjelmien tuen puutteesta elementtien sähkövarausten käsittelyssä. [15, osa 4.]

Elementtien tarkastelu tietomallissa

Yhdistelmätietomallia eli tietomallia, jossa on yhdistetty esimerkiksi arkkitehti-, rakennus- ja talotekniikkamallit, voidaan käyttää apuna suunnitellessa sähköistyksiä elementteihin. Yhdistelmätietomallin tarkastelu antaa yleensä enemmän informaatiota mitä esimerkiksi sähkötasopiirustus. Kuvassa 22 nähdään sähkökomponenttien fyysinen sijainti elementissä, tietomalli on avattu Solibri Model Viewerillä.



Kuva 22. Sähköjen sijainti yhdistelmätietomallissa. Avattu Solibri Model Viewerillä.

Erityisesti tiloissa, joissa elementtien liitoskohtien sijainti on vaikea hahmottaa, kuten esimerkiksi porraskäytävissä, on tietomallista todella suuri apu. Pelkästään kaksikulotteisesta tasopiirustuksesta voi olla vaikea hahmottaa tilaa tarkasti.

Myös virheitä sattuu turhankin usein ja pienikin heitto mitoissa voi aiheuttaa lisätyötä ja ylimääräisiä kustannuksia työmaalla. Nykyinen suunnittelumenetelmä vaatii paljon tiedostojen siirtelyä, availua sekä muokkausta mikä voi johtaa korruptoituneeseen tiedostoon tai kohdistuksen siirtymiseen piirustuksessa.

Kuvassa 23 varaukset porraskäytävässä eivät osu kohdakkain mikä vaatii ylimääräistä työtä, joka lisää työmaan kustannuksia.



Kuva 23. Varaukset eivät osu kohdakkain, joten putkitusten jatkaminen vaatii betonin urittamista.

Eri suunnittelualojen on tietenkin pidettävä piirustuksensa ja tietomallinsa ajan tasalla mahdollisten suunnitteluvirheiden välttämiseksi ja suurimman hyödyn saavuttamiseksi. Kuvassa 24 on esitetty ristiriita, missä kojerasiat ovat patteriputkiston takana. Tilanteen korjaaminen vie aikaa ja aiheuttaa lisää kuluja työmaalle.



Kuva 24. Patteriputkiston ja kojerasioiden ristiriita.

Pahimmassa tapauksessa kokonainen varaus voi puuttua elementistä johtuen virheestä tai muusta syystä ja tällöin varaus on mitattava ja uritettava työmaalla. Virheiden korjaaminen on hankalaa ja kallista, eikä korjausmenetelmistä voida antaa yleispäteviä ohjeita. Etenkin rakennusvaiheessa on erittäin suositeltavaa, että paikalla on henkilö, joka ymmärtää sähköasennuksien vaatimuksia ja osaa olla apuna korjaamassa tilannetta. Kuvassa 25 on esitetty mainittu tapaus.



Kuva 25. Varaukset laatussa jouduttu urittamaan ja mittaamaan työmaalla suunniteltujen sähköistysten puuttuessa suunnittelupiirustuksesta.

Suunnitelmat on toki toteutettavissa melko tarkasti nykyisellä menetelmälläkin, mutta vaatii sähkösuunnittelijalta paljon työtä ja eri piirustusten tarkkaa mittaamista ja tarkastelua, joka näkyy negatiivisesti työskentelyajassa. Kuvassa 26 on esitetty onnistunut sähköjen siirtyminen elementistä elementtiin porraskäytävässä.



Kuva 26. Onnistunut porraskäytävävaraus, varaukset osuneet vastakkain, joten putkitusta on helppo jatkaa.

Elementtien sähköistyksen tulevaisuus

Sähkösuunnitteluohjelmistoihin kaivattaisiin elementtien sähköistykseen soveltuvia työkaluja, joiden avulla sähkösuunnittelija mallintaisi sähkövaraukset elementteihin sähkösuunnitteluohjelmistossa ja ajaisi suunnitelmat tietomalliin. Tietomallista tiedot olisivat suoraan rakennesuunnittelijan käytettävissä, eikä tarvitsisi lähettää erikseen 2D-piirustuksia sähkösuunnittelijalle. Kyseinen suunnittelutapa myös selkeyttäisi huomattavasti elementtien sähkösuunnittelua sähkösuunnittelijan näkökulmasta, ja rakennesuunnittelijan olisi helpompi kommentoida mahdollisia ristiriitoja jo kauan ennen suunnitelmien siirtymistä tehtaalle.

Jos kaikkien elementtien sähköistykset suunniteltaisiin kokonaisuutena eikä yksittäisinä, pieninä erinä ja paloina kuten nykyään, virheiden määrä laskisi huomattavasti, sekä sähkösuunnittelijan olisi mahdollista tehdä elementtien sähköistykset haluamassaan työjärjestyksessä ja osana muuta suunnittelutyötä.

Toki on myös huomioitava suunnittelutiedostojen koko. Jos esimerkiksi elementtien sähköistykset ovat tasopiirustuksessa, voi tiedostosta tulla erittäin raskas käyttää. Toimivaa ratkaisua onkin pohdittava tulevaisuudessa suunnitteluohjelmistojen kehittyessä.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli tutustua erityisesti betonielementtien sähkösuunnitteluun ja käydä läpi nykyisiä voimassa olevia suunnitteluohjeita. Työn tarkoituksena oli tuottaa kattava tietopaketti, jotta betonielementtien sähköistykseen ja suunnitteluun liittyvää tietoutta on helppo hyödyntää tehokkaasti.

Työssä esiteltiin yleisiä betonielementtien sähköistykseen suunnitteluun liittyviä asioita sekä perehdyttiin hieman äänieristys- ja läpivientivaatimuksiin. Opinnäytetyössä tarkasteltiin myös MagiCAD Electricalin työkaluja suunnittelun helpottamiseksi. Työn aikana havaittiin, että suunnittelumenetelmässä on paljon haasteita sekä kehittämisen varaa koskien betonielementtien sähkösuunnittelua, mutta uskon, että ohjelmistot tulevat kehittymään ja jatkossa suunnitteluvirheiden määrä tulee vähenemään sekä suunnittelua voidaan toteuttaa johdonmukaisemmin.

Betonielementtien sähkösuunnittelusta oli niukasti tietoa saatavilla, mutta mielestäni onnistuin kokoamaan saatavilla olevan materiaalin tehokkaasti ja sain oleelliset asiat tuotua hyvin esille.

Insinööriyön tuloksena saatiin lukijalle kattava tietopaketti sekä apuväline helpottamaan erityisesti betonielementtien sähkösuunnittelua ja toivonkin, että tästä opinnäytetyöstä on hyötyä sähkösuunnittelijoille tai muille aiheen parissa työskenteleville.

Lähteet

- 1 Elementtirakentamisen historia. 2018. Elementtisuunnittelu. <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>>. Luettu 8.10.2018.
- 2 Maijala, Jaana. Eteläranta 10, Teollisuuskeskus. <<https://www.helsinkikuvia.fi/record/hkm.HKMS000005:km0000ndq2/>>. Luettu 8.10.2018.
- 3 Elementtirakentaminen. 2017. Betoni. <<https://betoni.com/betonirakentaminen/elementtirakentaminen/talonrakentaminen/>>. Luettu 9.10.2018.
- 4 Rakentamisen tilastot ja suhdanteet. 2018. Verkkoaineisto. <<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Talous-tilastot-ja-suhdanteet>>. Luettu 9.10.2018.
- 5 Elementtirakentamisen etuja. 2018. Elementtisuunnittelu. <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen>>. Luettu 9.10.2018.
- 6 Palolahti, Tuomas & Stagnäs, Magnus & Valjus, Juha. 2011. Betonielementtien sähköasennukset. Suomen Rakennusmedia Oy.
- 7 Asennustuotteet ja tarvikkeet. 2018. ABB. <<https://new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/asennustuotteet/asennustarvikkeet>>. Luettu 11.10.2018.
- 8 Elementtiteollisuuden tuotteet. 2018. Okaria. <<https://www.okaria.fi/elementtiteollisuus>>. Luettu 11.10.2018.
- 9 Suositus reikäpiirustus- ja elementtipiirustusmerkinnöiksi. 2014. ST 13.35. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 10 Asetus rakennuksen ääniympäristöstä. 2017. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 11 Sähköläpivientien äänieristäminen. 2015. ST 51.18.01. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 12 Ontelolaattojen rei'itykset ja varaukset. 2011. Elementtisuunnittelu. <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/uutiset/2011/12/07/ontelolaatosten-rei-itykset-ja-varaukset>>. Luettu 20.10.2018

- 13 Progman Oy, MagiCAD – Suomen johtavaa talotekniikan tietomallinnusta vuodesta 1998. Verkkoaineisto. < <https://www.magicad.com/fi/lvis-sovellukset>>. Luettu 25.10.2018
- 14 Korpela, Jenni. 2011. Tietomallintamisen hyödyt ja haasteet rakennushankkeen eri osapuolten näkökulmasta. Aalto-yliopisto.
- 15 COBIM, Yleiset tietomallivaatimukset. 2012. BuildingSMART. <<https://buildingSMART.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>>. Luettu 10.11.2018