

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Keni Peltonen
Tietomallien käyttö sähkösuunnittelussa

Insinööriyö 27.02.2009

Ohjaaja: osastonjohtaja Hannu Virkkunen
Ohjaava opettaja: yliopettaja Juhani Eskelinen

Tekijä	Keni Peltonen
Otsikko	Tietomallien käyttö sähkösuunnittelussa
Sivumäärä	34
Aika	27.02.2009
Koulutusohjelma	talotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja	osastonjohtaja Hannu Virkkunen
Ohjaava opettaja	yliopettaja Juhani Eskelinen
<p>Insinööri­työn aiheena oli tietomallien käyttö sähkösuunnittelussa. Rakennusalan talotekniikkajärjestelmien kehittyessä myös suunnitteluohjelmilta vaaditaan enemmän.</p> <p>Insinööri­työssä tehtiin vertailu perinteisen 2D-suunnittelun ja tuotemalleilla tehdyn 3D-suunnittelun välillä. Vertailussa tarkkailtiin ajankäyttöä, ajankäytön tehokkuutta, määrälaskentoja ja lopullisen suunnitelman myyntiarvoa. Todettiin, että pienissä ja sähkötek­nisesti helpoissa kohteissa ei ole tarpeen käyttää 3D-mallinnusta, ainakaan toistaiseksi.</p> <p>Määräluettelot luotiin molemmista suunnitelmista ja todettiin, että rakennusmallin teko täydelliseksi malliksi on erittäin vaativaa ja aikaa vievää. Tuotemallipohjainen suunnitelman vei aikaa lähes kaksinkertaisen määrän perinteiseen nähden. Mallinnuksen suurimpana etuna nousi esille piirustuksen havainnollisuus ja tuotetiedon hyväksikäyttö.</p> <p>Etuja ja haittoja tutkittiin omien kokemusten perusteella suunnittelukohteesta sekä Tuomi Yhtiöt Oy:n sisällä suoritetulla kyselyllä.</p>	
Hakusanat	tuotemalli, tietomalli, tuotemallinnus, 3D-sähkösuunnittelu

Author Title Number of Pages Date	Keni Peltonen Product data modeling in electrical wiring design 34 27 February 2009
Degree Programme	Building Services Engineering
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Hannu Virkkunen, Department Manager Juhani Eskelinen, Principal Lecturer
<p>The topic of this final year project was the usage of BIM in electrical wiring design. Building systems are developing all the time and the demands for designing programs are rising.</p> <p>A comparison between traditional 2D designing and 3D data modeling designing was made in the project. The comparison was about to examine the usage and effectiveness of time, quantity calculation and the sale value of the final plan, during the designing process. The results showed that small and simple projects had no real usage for data modeling, at least so far.</p> <p>The design based on data modeling took about twice as much time as the traditional one. The greatest benefits of data modeling were the clarity of the design and product information on the data model database of the building for further use.</p> <p>The advantages and disadvantages were studied using the writer's own experiences during the design work and also through an in-house enquiry within the company.</p>	
Keywords	product data model, 3D- electrical wiring design, BIM

Sisällys

Tiivistelmä
Abstract
Määritelmiä

1 Johdanto ja tavoitteet	7
2 CAD-suunnittelun taustat	7
3 Yleistä tietomalleista	8
4 Suunnitteluprosessien kuvaaminen	10
4.1 Suunnittelun toteuttaminen 2D-ympäristössä, perinteinen suunnittelu	11
4.1.1 Määräluettelot	14
4.1.2 Huomiot	15
4.2 Suunnittelun toteuttaminen 3D-ympäristössä, tuotemallisuunnittelu	15
4.2.1 Määräluettelot	19
4.2.2 Huomiot	20
5 Suunnitteluprosessien vertailu	20
6 Johtopäätökset	24
7 Loppusanat	25
Lähteet	27
Liite 1: Pientalon pohjapiirros	29
Liite 2: Asennustarvikkeet (taulukko)	30
Liite 3: Pientalon pohjapiirros, sähköpisteet sijoitettuna	31
Liite 4: 2D-suunnitelman tasokuvanto, 1. kerros	32
Liite 5: 3D-suunnitelman tasokuvanto, 1. kerros	33
Liite 6: Pääkeskuksen keskuskaavio	34

Määritelmiä [1]

Tuotetieto

Tuotetta ja siihen liittyviä asioita kuvaava tieto, joka on digitaalisessa, tietokonesovelluksilla tulkittavassa muodossa. Tuotetiedosta tietokonesovellus pystyy tulkitsemaan esimerkiksi rakennusosan 3D-sijainnin ja -muodon, materiaalin ja muitten ominaisuuksien liittymisen muihin rakennusosiin.

Rakennuksen tuotemalli (BIM, Building information model)

Rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tuotetietojen kokonaisuus. Rakennuksen tuotemalli kuvaa ainutkertaiset rakennuksen tuotetiedot tuotetietomallin mukaisesti jäsennettynä. Rakennuksen tuotemalli voi olla tallennettuna tietokonesovelluksen tietokantana tai tiedonsiirtotiedostona. Tietokonesovelluksilla ja tiedonsiirrossa rakennuksen tuotemallit kuvataan rakennuksen reaali maailman tiloja ja rakennusosia vastaavilla, sovellusten käsittelemillä tila- ja rakennusosaliioilla.

Olio

Tiettyä asiaa kuvaavien tietojen kooste, jota tietojärjestelmässä käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Oliopohjaisessa mallintamisessa asioita kuvataan oliolla, joilla on ominaisuuksia sekä relaatioita (yhteyksiä tai riippuvuuksia) toisiin olioihin. Esim. rakennuksen rakennusosat mallinnetaan tietokonesovelluksilla rakennusosaliioilla, joilla on ominaisuutensa sekä relaatioita rakennuksen tuotemallin muihin rakennusosa- ja tilaliioihin.

Tuotetietomalli

Tuotetietojen formaali, yksikäsitteinen ja systemaattisella menetelmällä tehty määrittely, joka kuvaa tuotetietojen tietosisällön. Tuotetietomalli määrittelee, mitä tietoja tuotemalli kattaa, eli mitä olioita tuotemallissa voi olla ja mitä ominaisuuksia ja relaatioita olioilla on. Keskeisimpiä tuotetietomallien määrittelyn tarkoituksia on tuotetietojen standardoitu tiedonsiirto eri tietokonesovellusten välillä.

Tuotetietojen tiedonsiirto

tietokonesovellusten kesken perustuu 1) tuotetietomalliin, joka määrittelee tiedonsiirron tietosisällön, sekä 2) vastaavan tiedonsiirron formaattiin, jonka määrittelemään muotoon siirrettävät tuotetiedot koodataan tiedonsiirron ajaksi. Standardoitu tuotetietojen siirto edellyttää, että sovelluksissa on toteutettu standardin mukaiset tiedonsiirron rajapinnat.

IFC

(Industry Foundation Classes) on kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön. IFC määrittelee rakentamisen ja kiinteistönpidon tietokonesovellusten tiedonsiirron yhteensopivuuden perustan.

1 Johdanto ja tavoitteet

Työn aihe on saatu työnantajani Tuomi Yhtiöt Oy:n sähköosastolta. Tuomi Yhtiöt Oy on talotekniikan insinööritoimisto, jonka toimialoja sähköosastolla ovat sähkösuunnittelu, telejärjestelmät, rakennusten kuntoarviot ja ATK-verkot sekä asiantuntijapalvelut. Tuomi Yhtiöt Oy:llä on myös kehitysprojekteina oma energianhallintajärjestelmä Lasdat ja huoltokirjaohjelmisto OlliNet. Toimistossa työskentelee 40 ihmistä. Tuotemallinnuksesta sähköosastolla on jonkin verran kokemusta pilottiprojektin muodossa. LVI-osasto tekee pelkästään 3D-suunnittelumalleja MagiCAD suunnitteluohjelmalla. [2]

Insinööriytyössä toteutetaan pientalon sähkösuunnittelu perinteistä 2D-suunnitteluohjelmaa käyttäen ja 3D-suunnitteluohjelmalla tuotemallipohjaisesti. Työssä vertaillaan toteutusten välisiä eroja ja selvitetään niiden ominaisuuksia ja vahvuuksia. Aika on rahaa suunnittelutoimistoissa, ja sen käytön pitää tehostua kovan kilpailun myötä. Suunnittelutoimistoilla on tämän vuoksi kynnys hypätä suoraan 3D-ympäristöön, mikä antaa välittömästi edun kilpailijoille, jotka saavat nopeasti ja halvemmalla luotua 2D-suunnitelman. Myös 3D-suunnitelman todellinen hyöty pientalon suunnittelussa selvitetään tekemällä kaksi samankaltaista sähkösuunnitelmaa kohteeseen. Toinen toteutetaan 2D-mallina ja toinen tuotemallinnettuna 3D-mallina. Työssä tehdään myös kvalitatiivinen kysely viideltä talotekniikan ammattilaiselta. Kyselyn tarkoitus on selvittää tuotemallisuunnitelman myyntiarvoa.

2 CAD-suunnittelun taustat

Sähköisen suunnittelun historian katsotaan alkaneen, kun 1960 Sutherland käytti Sketchpad-ohjelmaa ensimmäiseen CAD-projektiin maailmassa. Tietokoneena oli Lincoln TX-2 ja paikkana Massachusetts Institute of Technology (MIT) Yhdysvalloissa.

Yksi merkittävimmistä CAD-ohjelmista, AutoCAD, ilmestyi kuitenkin vasta vuonna 1982, ja tietokoneavusteinen suunnittelu lähti ripeämmin liikkeelle. AutoCAD nousi johtavaksi CAD-ohjelmistoksi PC-ympäristössä, ja samalla se toi CAD-ohjelmistojen hintatason myös pienyritysten ulottuville. Sen menestys oli niin merkittävä, että ohjelman dwg-tiedostotyypistä ja dxf-siirtoformaattista tuli suunnittelualalla de facto -standardeja, jotka ovat 2D-suunnittelussa osin yhä samassa asemassa. 2000-luvulla ovat monipuolisemmat 3D-ohjelmistot vallanneet CAD-markkinoita. AutoCAD kehitettiin alun perin DOS-alustalle. Aikoinaan siitä on ollut olemassa myös UNIX-versio, mutta nykyisin se toimii vain Windows-alustalla.

Näihin päiviin mennessä ohjelmistot ovat kehittyneet huimasti ja tietokoneiden suorituskyky on kasvanut räjähdysmäisesti samalla, kun tietotekniikan komponenttien hinnat ovat laskeneet murto-osaan entisestä. Monessa insinööritoimistossa siirryttiin sähköisiin suunnitteluohjelmistoihin jo 1980-luvun loppupuolella, mikä edisti huomattavasti sähkösuunnittelun tuottavuutta. [3; 4]

3 Yleistä tietomalleista

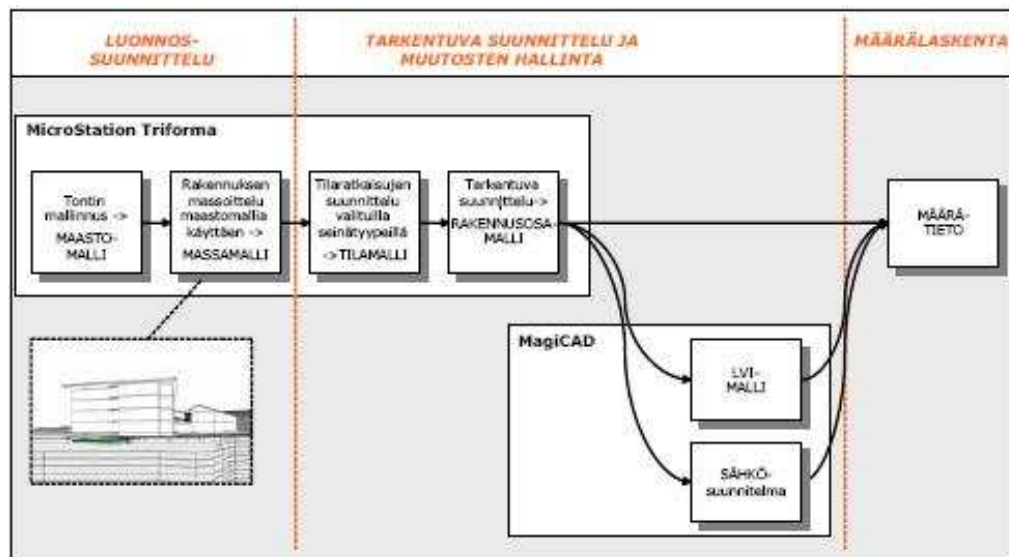
Tietomalli tai tuotemalli tarkoittaa, että jokin tietty tuote, kuten valaisin tai pistorasia, on mallinnettu tietokoneella vastaamaan täysin oikeata, tiettyä tuotetta. Siinä yhdistyvät tuotteen oikeat fyysiset mitat, rakenne, materiaalit ja tuotteen sähkötekniset tiedot. Malli vastaa dimensioiltaan ja myös tarvittaessa visuaalisesti tuotetta. Tietomalli sisältää tietoa, jota tietokoneet osaavat hyödyntää laskennoissa ja analyyseissä.

Esimerkkinä on valaisimen tietomalli; se pitää sisällään lukemattoman määrän tietoa valaisimesta ja ehkä myös 3D-mallin. Mallin lisäksi valaisimen tietomalliin voidaan esimerkiksi kirjoittaa valaisimen kanta, valmistusvuosi, käyttöönottovuosi, elinikäarvio, maahantuojan tiedot ja IP-luokka. Tietomäärälle ei ole käytännöllistä ylärajaa.

Tiedot syötetään malliin jo suunnitteluvaiheessa tai vaihtoehtoisesti voidaan valita malli, joka sisältää jo kaiken halutun tiedon. Suunnittelun aikana voidaan päivittää tietoja suunnittelukohteen tietojen tarkentuessa. Tärkeää on, että lopullisessa versioon kaikkien tietojen tulisi olla oikein. Suunnittelukohteen tietomalli sisältää arvokasta

tietoa. Rakennuksen laajetessa tai muuttuessa käyttötarkoitukseltaan toiseen voidaan ilman aikaa vieviä työmaakäyntejä helposti tarkastella, miten kohde on toteutettu. Tietoon ei pitäisi kuitenkaan luottaa sokeasti. Jos loppudokumentointi on hoidettu huolellisesti, säästyy valtava määrä aikaa jatkossa. Vastaavasti jos suunnittelu jo alussa on hoidettu huolellisesti, loppudokumentoinnin tulisi olla hyvin nopeaa.

Tietomallien kanssa työskentely auttaa erityisesti nuoria ja aloittelevia sähkösuunnittelijoita ajattelemaan havainnollisemmin. Koska toimitaan täysin oikeaa tuotetta vastaavien tuotteiden kanssa jo suunnitteluvaiheessa, mittatiedot ovat tarkkoja ja niiden ottaminen huomioon suunnittelussa on helpompaa. Korkoasemien kirjaaminen on myös havainnollisempaa aloittelevalle suunnittelijalle. Erilaisten sähköpisteiden korkoasemat jäävät mieleen helpommin, ja kaapelihyllyjen poikkeavat korkoasemat tulee myös otetuksi huomioon. Tuloksena tästä vaivasta on hyvä kokonaiskuva suunniteltavasta kohteesta. Työmailla voidaan tarvittaessa tarkastella 3D-mallia ja ottaa yksityiskohtia asennusteknisesti vaikeimmista paikoista ja samalla säästyy aikaa asennusvaiheessa. Askel askeleelta siirrytäänkin epäilemättä suunnitteluun, jossa kaikki on valmiiksi mallinnettuna ja asentaja voi nopeasti tietokoneellaan itse valita leikkauksia mistä kohdasta ikinä haluaa. Tämä tosin vaatiikin jo ohjelmistojen kehittäjiltä ponnisteluja, jotta se todella toimisi nopeasti ja helposti. Edellä on lueteltu muutamia syitä, joiden perusteella voisi hyvinkin olettaa, että tietomallit tulevat syrjäyttämään 2D-suunnitteluympäristön lopullisesti aivan lähivuosina. Kuvasta 1 selviävät tuotemallintamisen eri vaiheet suunnitteluprosessissa [5,s. 3, 7.]



Kuva 1. Mallintamisen vaiheet [6]

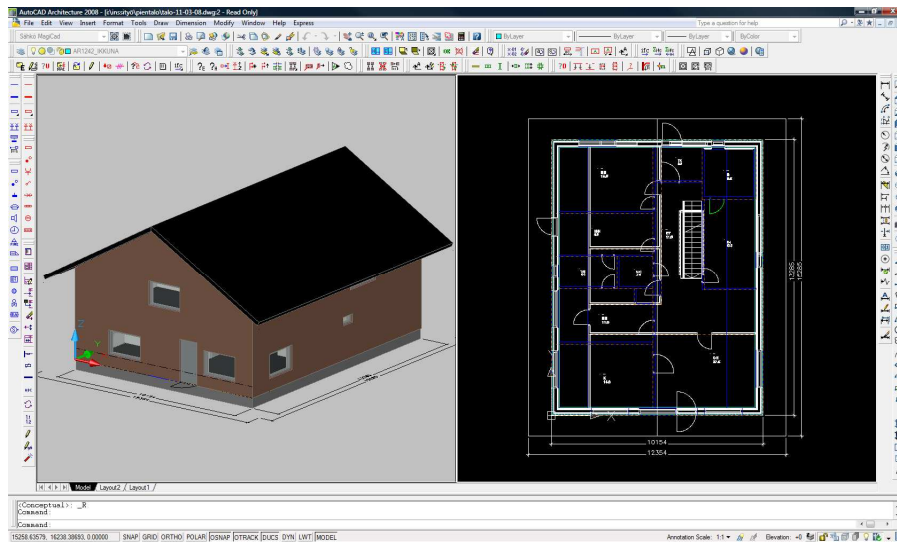
4 Suunnitteluprosessien kuvaaminen

Suunniteltu kohde on fiktiivinen kaksikerroksinen pientalo (kuva 2) (liite 1). Rakennuksen kerrosala on 134,9 m² ja tilavuus 674,5 m³. Kerroskorkeus on 2,5 m. Aluksi talosta otettiin tasokuvatuloste ja laadittiin kynällä valmis karkea suunnitelma sähköpisteiden sijoittelusta (liite 3). Sähkötekniisesti näin yksinkertaiset rakennukset piirrettäisiin suoraan suunnitteluohjelmalla tilaajan vaatimusten mukaan, mutta sen ei haluttu vaikuttavan suunnittelu-aikaan väärentävästi jälkimmäisen suunnitelman kohdalla ja pistesijoittelu tehtiin ennen kumpaakaan suunnitelmaa. Talon pohjapiirroksen piirtovaiheessa arkkitehdin kannattaa huomioida tasojen järkevä käyttö. Valitussa suunnittelukohteessa oli helppo sammuttaa tasoja, jotta saatiin ainoastaan ensimmäinen tai toinen kerros näkyviin. Pistesijoittelusuunnitelman valmistuttua verrattiin 2D- ja 3D-suunnitelmissa seuraavia kohtia:

- ajankäyttö yhteensä tunteina
- määrälaskentojen toteuttaminen valmiista suunnitelmista
- valmiin suunnitelman laatu piirrosteknisesti, piirustuksen selkeys
- hinnoittelu ja hyöty suunnittelijan kannalta
- suunnitelmista saadut hyödyt työn tilaajan kannalta
- suunnitelmista saadut hyödyt urakoitsijan kannalta.

Suunnitelmissa käytettiin kahta erillistä sovellusta. Molemmat ovat AutoCAD-pohjaisia ja nykyisin monilla suunnittelutoimistoilla käytössä olevia nykyaikaisia sovelluksia. 2D-suunnitelma tehtiin ARK-Systems Oy:n Sähkö-ARK Taso 7 -sovelluksella, 3D-suunnitelma Progran Oy:n MagiCAD 2008.5 -sovelluksella. Ensisijaisena tavoitteena oli kuvailla ja vertailla suunnitteluprosessien tehokkuutta ja syntyvien mallien hyötyjä näillä suunnitteluohjelmilla. [11; 12]

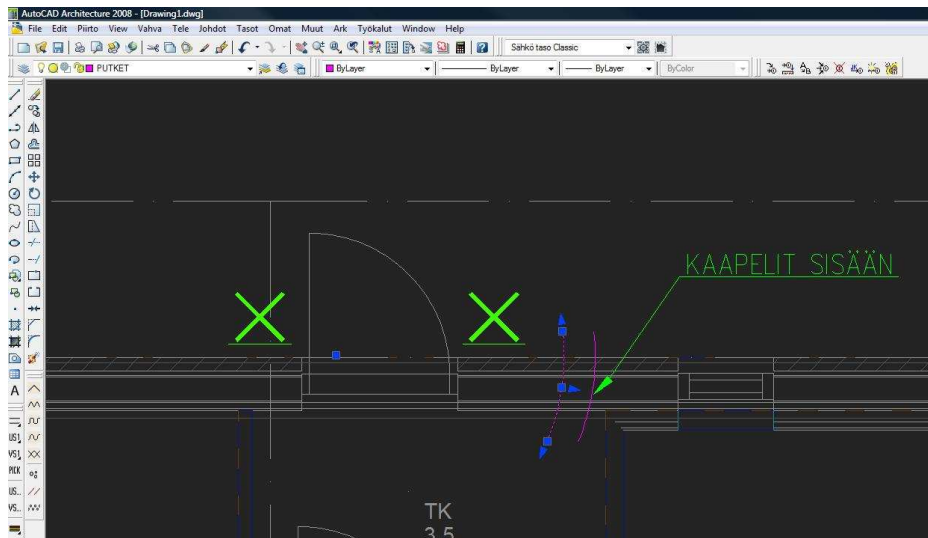
Molemmissa suunnitelmissa tehtiin alkutoimia, jotka täytyi huomioida ajankäytössä.



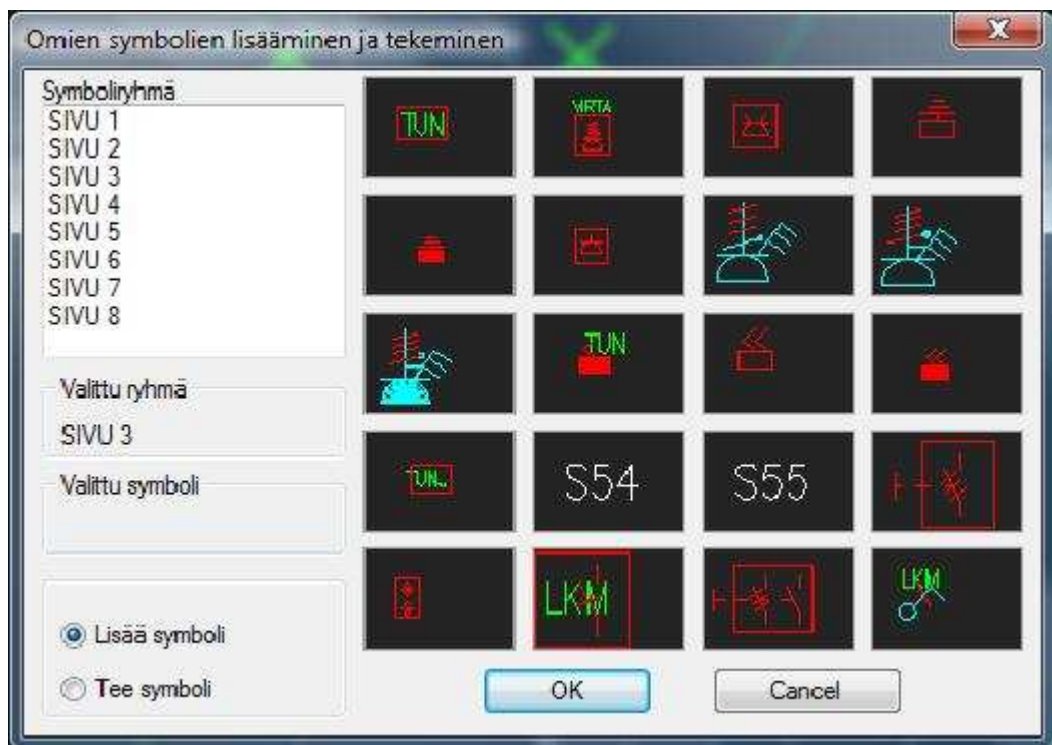
Kuva 2. Pientalon suunnittelun lähtökohdat

4.1 Suunnittelun toteuttaminen 2D-ympäristössä, perinteinen suunnittelu

Korkoasemien ja tuotemallien unohtaminen suunnittelussa antaa suunnitteluun nopeutta ja helppoutta. Tasoille kannattaa antaa havainnollistavia nimiä. Sähkö-ARK tekee automaattisesti tasot, mutta AutoCADin ominaisuuksia käytettäessä pitää tasot itse määrittää. Esimerkiksi kuvassa 3, talon liittymiskaapeliin putkiläpiviennit ovat selkeästi tasolla "PUTKET". Tuotemallikirjaston puuttuminen aiheuttaa sen, että ohjelmaan tarvittiin reilusti omia symboleita. Suunnitelmassa käytettiin Tuomi Yhtiöt Oy:n henkilöstön tekemiä valmiita blokkeja, jotka nopeuttivat toimintaa olennaisesti. (Kuva 4.)

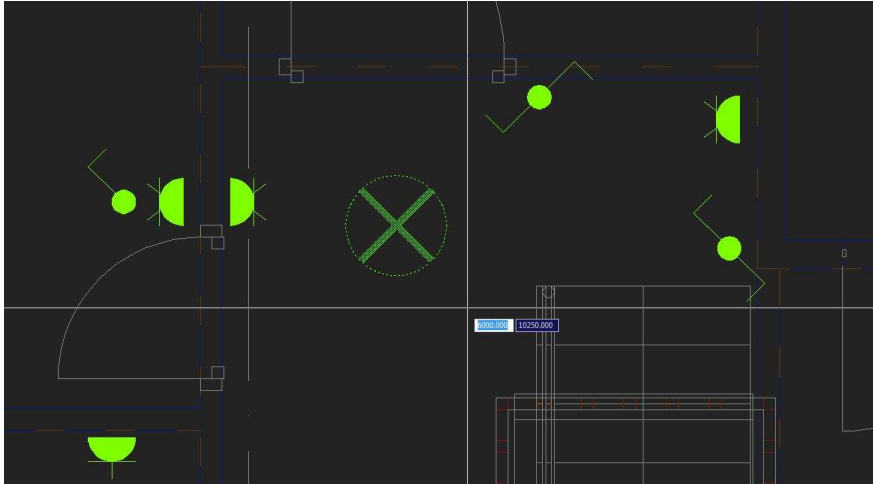


Kuva 3. Tasojen nimeäminen



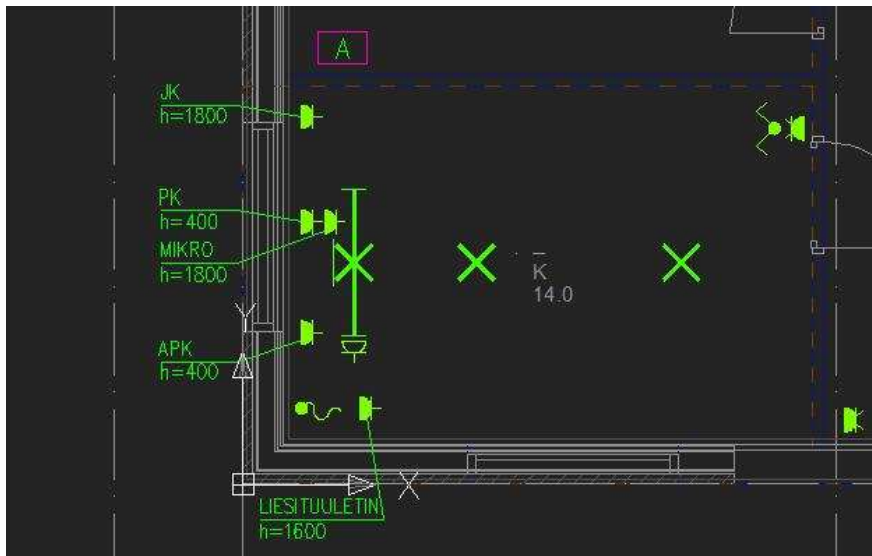
Kuva 4. Itse tehty symbolikirjasto

Ilman tuotemalleja ja oikeita mittoja täytyy joitakin valaisimia skaalata havainnollisempaan kokoon. Esimerkkitapauksessa on halogeenispotti, jonka piirrosmerkki on aivan liian iso kuvaamaan sitä vastaavaa valaisinta (kuva 5.)



Kuva 5. Valaisimen skaalaus

Kaksiulotteisissa suunnitelmissa korkoasetat esitetään usein viitetekstein, josta selviää esimerkiksi pistorasian käyttötarkoitus, korko sekä sijoitusohjeita. Hyvin käytettynä viiteteksti antaa kaiken tarvittavan tiedon sähköasentajalle (kuva 6.)



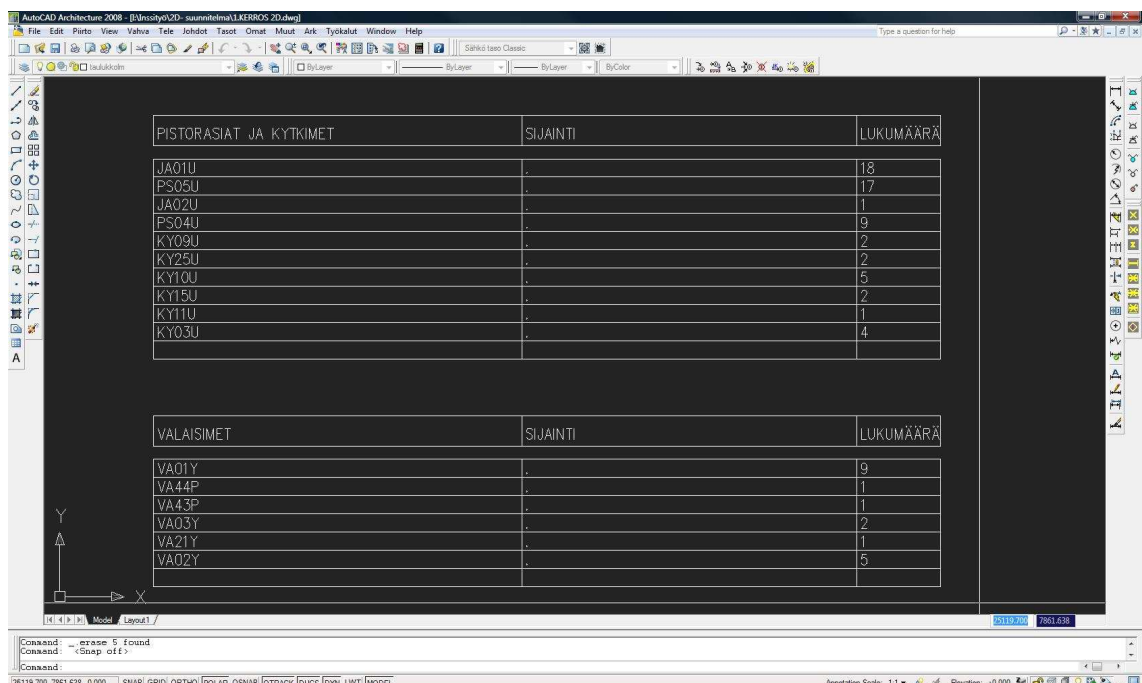
Kuva 6. Viitetekstien käyttö

Kynällä tehtyä suunnitelmaa hyväksikäyttäen ensimmäisen kerroksen sähköpisteiden sijoitteluun aikaa kului 3 tuntia ja 30 minuuttia. Merkille pantavaa on, että työn aikana

tulevat korjausideat veivät aikansa. Laaja kirjasto valmiita symboleita nopeuttaa pisteiden sijoittelua. Suurin osa suunnitteluajasta kului johdotuksien ja ryhmittelyn miettimiseen, ja näinkin pienessä kohteessa siihen kulutettiin aikaa 8 tuntia.

4.1.1 Määräluettelot

Suppean määräluettelon (kuva 7) luonti onnistuu myös kaksiulotteisesta piirustuksesta. Määräluettelosta selviävät käytetyt tarvikkeet, esimerkiksi uppojakorasioita on 18. Määrälaskentaa haittasivat yhdistelmärasioiden sisällä olevat pistorasiat ja telepisteet; niitä ei saatu mukaan laskentaan. Isommissa kohteissa tarvikkeiden määrälaskenta suoraan tasokuvasta nopeuttaa niin määräluetteloita tekevää suunnittelijaa kuin urakoitsijaakin, joka haluaa aina viimeisintä tietoa tarvittavista tarvikkeista. Esimerkkinä on valaisimien laskenta, jossa Sähkö-ARK osaa positioita käyttämällä laskea määrät, mutta vain yksi tasokuva kerrallaan. Nopeusvertailun vuoksi laadittiin myös taulukko (liite 2.), josta selviää likimain, kuinka paljon mitäkin kaapelia ja asennusputkea tarvitaan kohteessa. Taulukon laatimiseen kulutettiin aikaa noin 2 työtuntia, ja se laadittiin mittatikulla ryhmäkohtaisesti laskemalla.



The screenshot shows two tables within the AutoCAD Architecture 2008 interface. The first table is titled 'PISTORASIAI JA KYTKIMET' and lists various electrical components with their locations and quantities. The second table is titled 'VALAISIMET' and lists lighting fixtures with their locations and quantities.

PISTORASIAI JA KYTKIMET	SIJAINTI	LUKUMÄÄRÄ
JA01U	.	18
PS05U	.	17
JA02U	.	1
PS04U	.	9
KY09U	.	2
KY25U	.	2
KY10U	.	5
KY15U	.	2
KY11U	.	1
KY03U	.	4

VALAISIMET	SIJAINTI	LUKUMÄÄRÄ
VA01Y	.	9
VA44P	.	1
VA43P	.	1
VA03Y	.	2
VA21Y	.	1
VA02Y	.	5

Kuva 7. Määräluettelo SähköARK-sovelluksesta

4.1.2 Huomiot

Kaksiulotteisen suunnitelman laatimiseen kulutettiin aikaa noin 15 työtuntia, eli kaksi työpäivää. Kokonaisvaltaiseen sähkösuunnitelmaan pääsy olisi vaatinut aikaa vielä saman verran lisää. Siihen kuuluu sähkökeskuksen suunnittelu ja valaisimien sekä muiden tarvikkeiden valinta, mikä veisi runsaasti suunnittelu-aikaa. Piirustus oli ulkoasultaan hyvin selkeä. Kaksiulotteisen suunnittelun suurin haittapuoli on ehdottomasti havainnollisuuden puute. Piirustuksesta ei saada suoraan ulos leikkauksia hankalista kohdista. Lisäksi maallikolle piirustuksen ymmärtäminen on huomattavasti vaikeampaa.

4.2 Suunnittelun toteuttaminen 3D-ympäristössä, tuotemallisuunnittelu

Kolmiulotteiseen suunnitteluun siirryttäessä heti alusta huomattiin, että pohjatietoja tarvitaan reilusti enemmän, jotta suunnittelua ylipäätään kannattaa aloittaa. MagiCAD-ohjelmaa käytettäessä luotiin ensin suunnitteluprojekti, johon liitettiin siihen kuuluvat tiedostot. Liitettävät suunnittelumallien tiedostot ovat dwg-tiedostotyyppisiä. MagiCAD kokoaa tiedot liitetyistä piirustuksista MEP-tiedostoon. MEP sisältää myös tiedot projektiin liitetyistä tuotemalleista, viivatyypeistä, tekstityyleistä sekä käytetyistä tasoista ja niiden väreistä. Vanhaa pohjaa voidaan käyttää pohjana luotaessa uutta MEP:iä. Tässä suunnitelmassa käytetään mallipohjaa, jonka Tuomi Yhtiöt Oy:n henkilöstö on luonut, jotta projekteissa käytetyt tuotemallit ja tyylit pysyisivät samana riippumatta siitä, kuka tekee aloitustoimet. Kuvasta 8 näkyy MagiCADin projektinhallintaikkuna, kytkimet ovat kaikki valmiita tuotemalleja.

ID	User code	Description	Layer variable	2D block	Default system	Default cable	Power [W]
28		Kaksoiskytin (6+6)	72		H501	-	0
12		Kruunukytkin, nykyinen	72		H501	-	0
25		Kruunukytkin, pinta	72		H501	-	0
5		Kruunukytkin, uppo	72		H501	-	0
15		Kytkin 1-nap., nykyinen	72		H501	-	0
9		Kytkin 1-nap.+merkkivalo	72		H501	-	0
29		Kytkin 1-nap.+merkkivalo	72		H501	-	0
2		Kytkin 2-nap	72		H501	-	0
22		Kytkin 2-nap	72		H501	-	0
3		Kytkin 3-nap	72		H501	-	0
23		Kytkin 3-nap	72		H501	-	0
21		Kytkin, 1-nap. pinta	72		H501	-	0
1		Kytkin, 1-nap. uppo	72		H501	-	0
33		Painike, pinta	72		H501	-	0

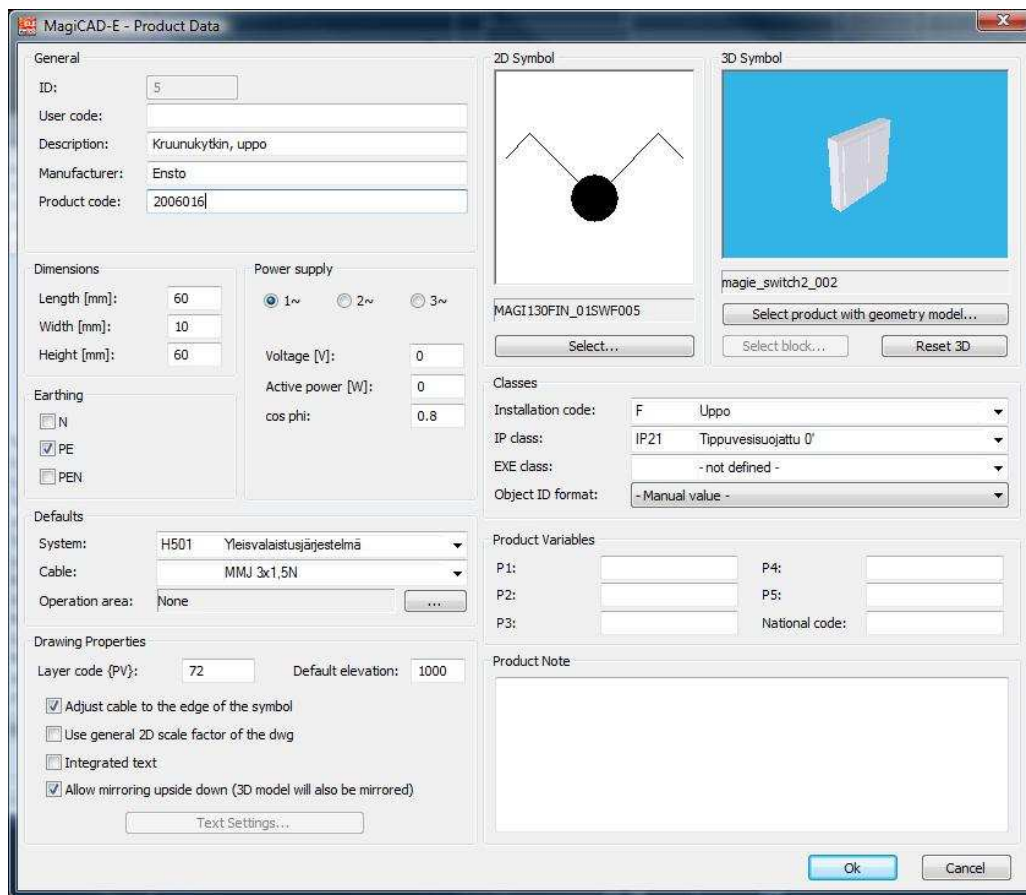
Kuva 8. MagiCADin projektinhallintaikkuna

Esimerkissä (kuva 9) on kruunukytkimen tuotemalli. Se pitää sisällään seuraavat tiedot:

- **User code**, suunnittelijan antama tunnus tuotteelle, esim. valaisinpositio valaisimissa.
- **Description**, selitys tuotteesta, esim. keskustunnus.
- **Manufacturer**, tuotteen valmistaja.
- **Product code**, tuotteen koodi, esim. valmistajaan liittyvä tuotenumero
- **Dimensions**, tuotteen fyysiset mitat
- **Power supply**, tuotteen sähköliitännän tiedot
- **Earthing**, tuotteen suojamaadoituspiste.
- **Defaults**, vakiojärjestelmä johon tuote kuuluu. Lisäksi voidaan antaa vakiokaapeli ja vaikutusalue.

- **Drawing properties**, voidaan antaa piirtoasetuksia objektille, kuten 2D-blokin väri ja vakiokorko. Voidaan myös lisätä valmiita tekstejä, jotka luetaan tuotteen tiedoista, esim.valaisinpositiomerkinä.
- **2D Symbol**, kaksiulotteinen piirrosmerkki tasokuvaan, voidaan valita merkkikirjastosta.
- **3D Symbol**, kolmiulotteinen malli tuotteesta oikeilla mitoilla ja mahdollisesti väreillä.
- **Classes**, asennustiedot, suojausluokitus (IP-luokka)
- **Product variables**, tuotteen muuttujat, joihin voidaan syöttää tuotteesta mitä tahansa tietoja, joita halutaan pystyvän luettavan.
- **Product note**, vapaa tekstikenttä lisätietoja varten.

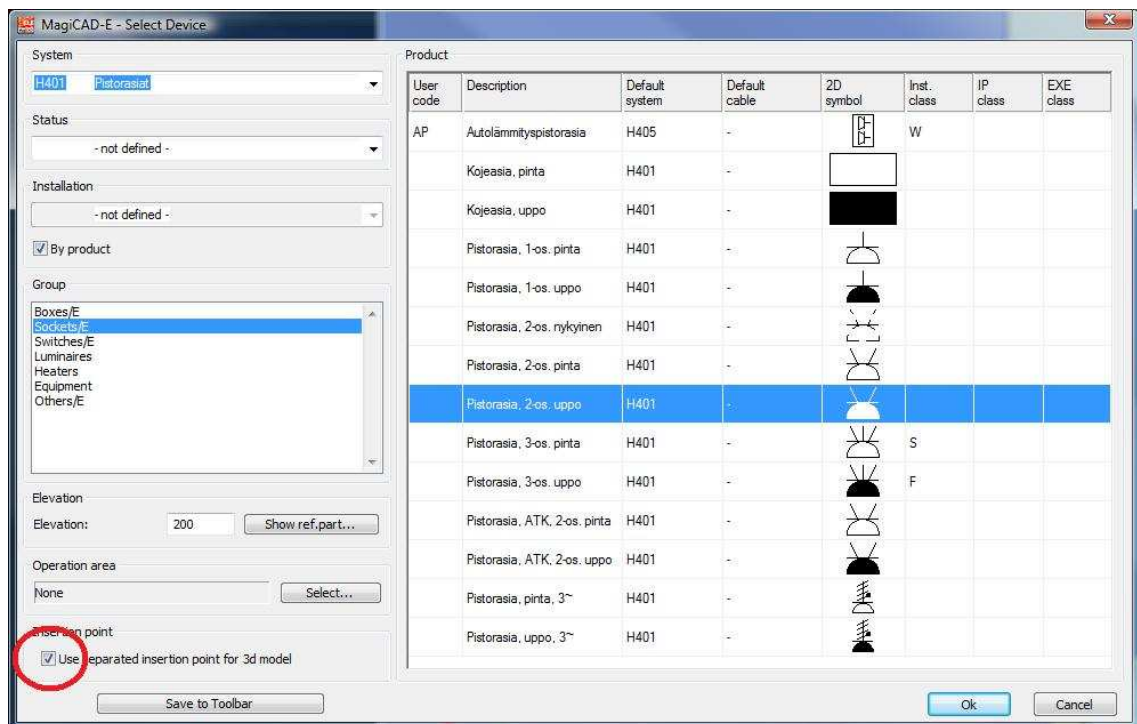
Alussa ei ole tarpeen määrittää kaikkia kenttiä heti. Tuotteen tietoja voidaan päivittää suunnittelun edetessä ja luovutuspiirustuksiin viedään kaikki tiedot täsmälleen oikein kaikista tuotteista.



Kuva 9. Kruunukytkimen tuotemalli

Suunnittelu tuotemalleilla voidaan käytännössä aloittaa perustiedoilla. 3D-mallinnusta voidaan tehdä huomattavan paljon myös sen tasokuvannossa. Mallinnettaessa tasokuvannossa korkoasemat tulee syöttää huolellisesti.

2D- ja 3D-sähköpistesymbolit täytyy sijoittaa MagiCAD-malliin erikseen, koska insertiopiste (symbolin tartuntapiste) täytyy määrittää eri kohtaan (kuva 10). Kolmiulotteinen symboli tulee sijoittaa seinään kiinni ja kaksiulotteinen hieman ulos.



Kuva 10. Insertiopisteen sijoittaminen

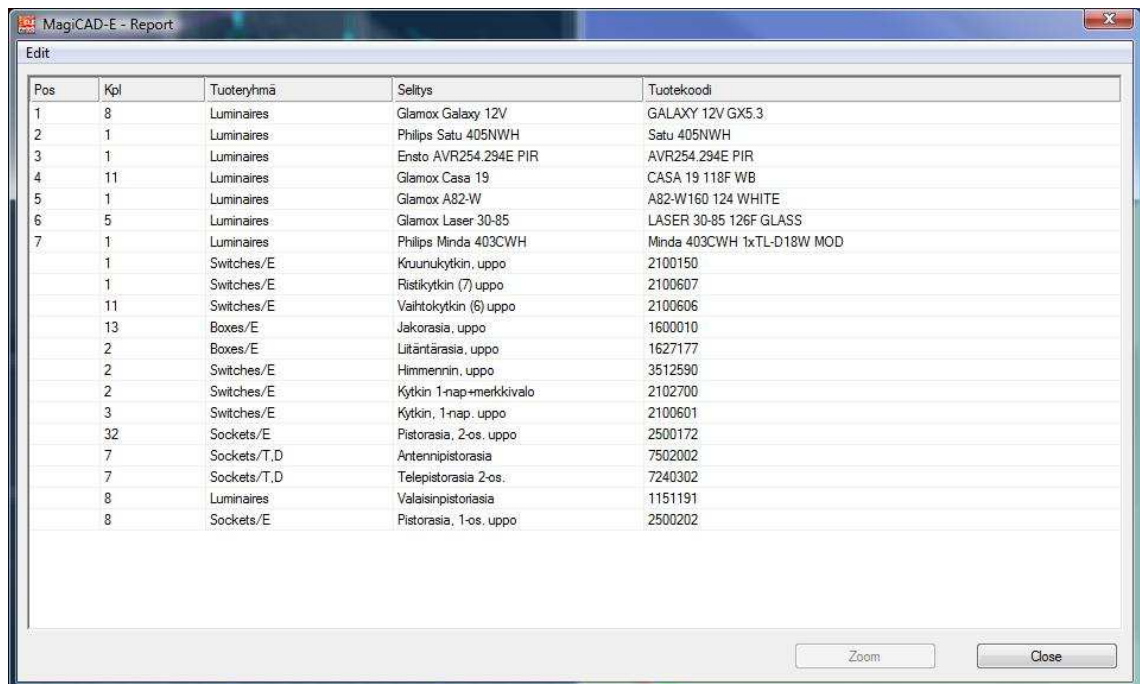
Sähköpisteiden sijoitteluun kulutettiin aikaa 10 tuntia. Ajasta noin 3 tuntia kului oikeiden 3D-symbolien valintaan, koska niitä ei ollut valmiiksi asennettu MEP-tiedostoon. Hyvän pohja-MEPin rakentaminen onkin ensiarvoisen tärkeää tuotemalleihin 2D- maailmasta siirtyvälle suunnittelutoimistolle.

Jotta ohjelman määrälaskennat toimivat, johdotuksetkin toteutettiin tuotemalleilla. Johdotuksien toteuttaminen MagiCADin 3D-ominaisuuksilla tuotti tällä hetkellä jonkin verran ongelmia, koska se on vasta kehitysasteella. [7]

4.2.1 Määräluettelot

MagiCADin vahvuuksiin kuuluu realististen määräluetteloiden luonti. Tiedot luetaan suoraan tuotemalleista ja suunnittelija voi määrittää millainen määräluettelo luodaan (kuva 11.) Tuotetietoihin voi olla syötetty esimerkiksi sähkönumero. Sähkönumero (SSTL-numero) on sähköisen talotekniikan alalla käytössä oleva kansallinen tuotekoodijärjestelmä. Sähkönumerointia käytetään jakeluketjun kaikissa portaissa

tuotteen tunnistamiseksi. Sähkönumeroita ylläpitää Suomen Sähkötukku-liikkeiden Liitto (SSTL). [8; 9.]



The screenshot shows a window titled 'MagiCAD-E - Report' with a sub-window 'Edit' containing a table of electrical components. The table has five columns: Pos, Kpl, Tuoteryhmä, Selitys, and Tuotekoodi. The data is as follows:

Pos	Kpl	Tuoteryhmä	Selitys	Tuotekoodi
1	8	Luminaires	Glamox Galaxy 12V	GALAXY 12V GX5.3
2	1	Luminaires	Philips Satu 405NWH	Satu 405NWH
3	1	Luminaires	Ensto AVR254.294E PIR	AVR254.294E PIR
4	11	Luminaires	Glamox Casa 19	CASA 19 118F WB
5	1	Luminaires	Glamox A82-W	A82-W160 124 WHITE
6	5	Luminaires	Glamox Laser 30-85	LASER 30-85 126F GLASS
7	1	Luminaires	Philips Minda 403CWH	Minda 403CWH 1xTL-D18W MOD
	1	Switches/E	Kruunukytkin, uppo	2100150
	1	Switches/E	Ristikytkin (7) uppo	2100607
	11	Switches/E	Vaihtokytkin (6) uppo	2100606
	13	Boxes/E	Jakorasia, uppo	1600010
	2	Boxes/E	Litántarasia, uppo	1627177
	2	Switches/E	Himmennin, uppo	3512590
	2	Switches/E	Kytkin 1-nap+merkkivalo	2102700
	3	Switches/E	Kytkin, 1-nap. uppo	2100601
	32	Sockets/E	Pistorasia, 2-os. uppo	2500172
	7	Sockets/T,D	Antennipistorasia	7502002
	7	Sockets/T,D	Telepistorasia 2-os.	7240302
	8	Luminaires	Valaisinpistorasia	1151191
	8	Sockets/E	Pistorasia, 1-os. uppo	2500202

Kuva 11. Määräluettelo MagiCADissa

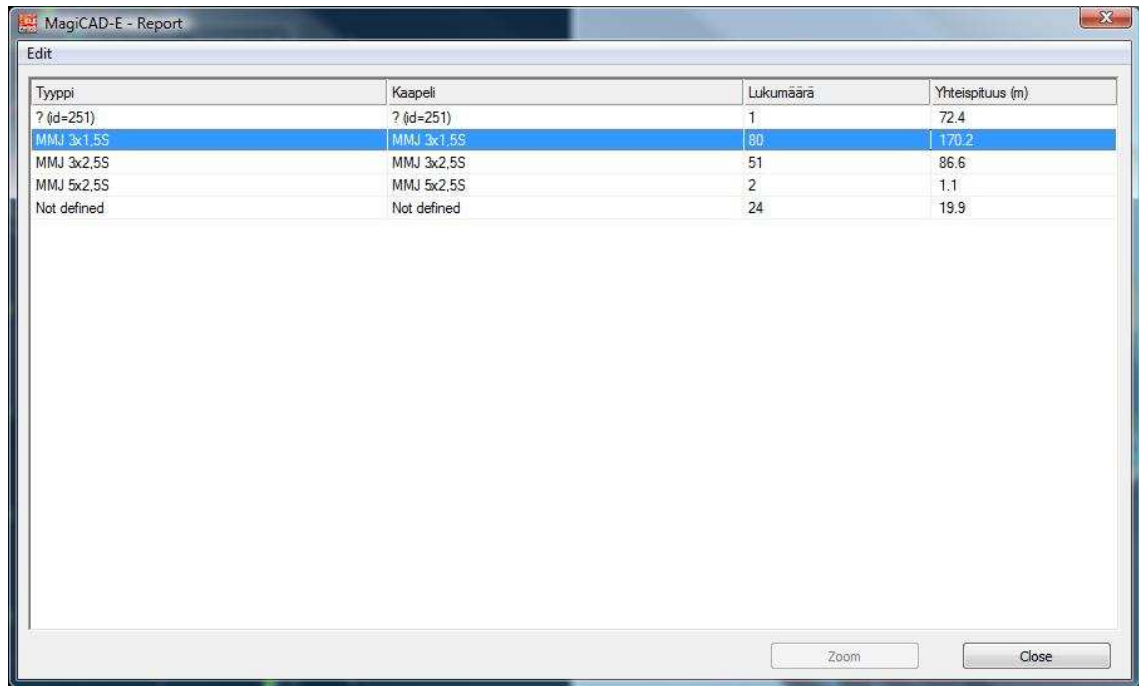
4.2.2 Huomiot

Tuotemallisuunnitelman pistesijoittelu ja johdotus veivät aikaa kokonaisuudessaan noin 35 tuntia. Johdotus kolmiulotteisessa ympäristössä oli haastavaa ja aikaa vievää. Täytyy myös olla hyvät pohjatiedot seinä- ja kattorakenteista, jotta tiedetään jo suunnitteluvaiheessa, mistä johdot kannattaa vetää. Ulkoasultaan piirustus oli jonkin verran epäselvä, mutta sen perusteella pystyttäisiin varmasti suorittamaan rakennuksen sähköasennukset.

5 Suunnitteluprosessien vertailu

Prosessien vertailun pohjaksi otetaan kaikki fiktiiivisestä suunnitelmasta saadut kokemukset. Ajankäyttö on selkeästi perinteisen suunnittelun etuja. Tasopiirustus luotiin 15 työtunnissa sellaiseen vaiheeseen, että sähköasennukset olisi voitu tehdä niiden avulla. Tuotemallisuunnitelmaan aikaa kului 35 työtuntia, eli yli kaksinkertainen

määrä perinteiseen verrattuna. Ulkoasultaan perinteinen suunnitelma näytti myös selkeämmältä (liitteet 4 ja 5). Määrälaskennat olivat selkeästi tuotemallinnuksen vahvuuksia. Valmiista suunnitelmasta saatiin muutamalla napsautuksella tiedot käytetyistä valaisimista ja asennustarvikkeista. Verrattaessa manuaalisesti tehtyyn kaapeliluetteloon, määrät olivat paljon pienempiä (kuva 12).



The screenshot shows a window titled 'MagiCAD-E - Report' with a sub-window 'Edit'. It contains a table with the following data:

Tyyppi	Kaapeli	Lukumäärä	Yhteispituus (m)
? (id=251)	? (id=251)	1	72.4
MMJ 3x1,5S	MMJ 3x1,5S	80	170.2
MMJ 3x2,5S	MMJ 3x2,5S	51	86.6
MMJ 5x2,5S	MMJ 5x2,5S	2	1.1
Not defined	Not defined	24	19.9

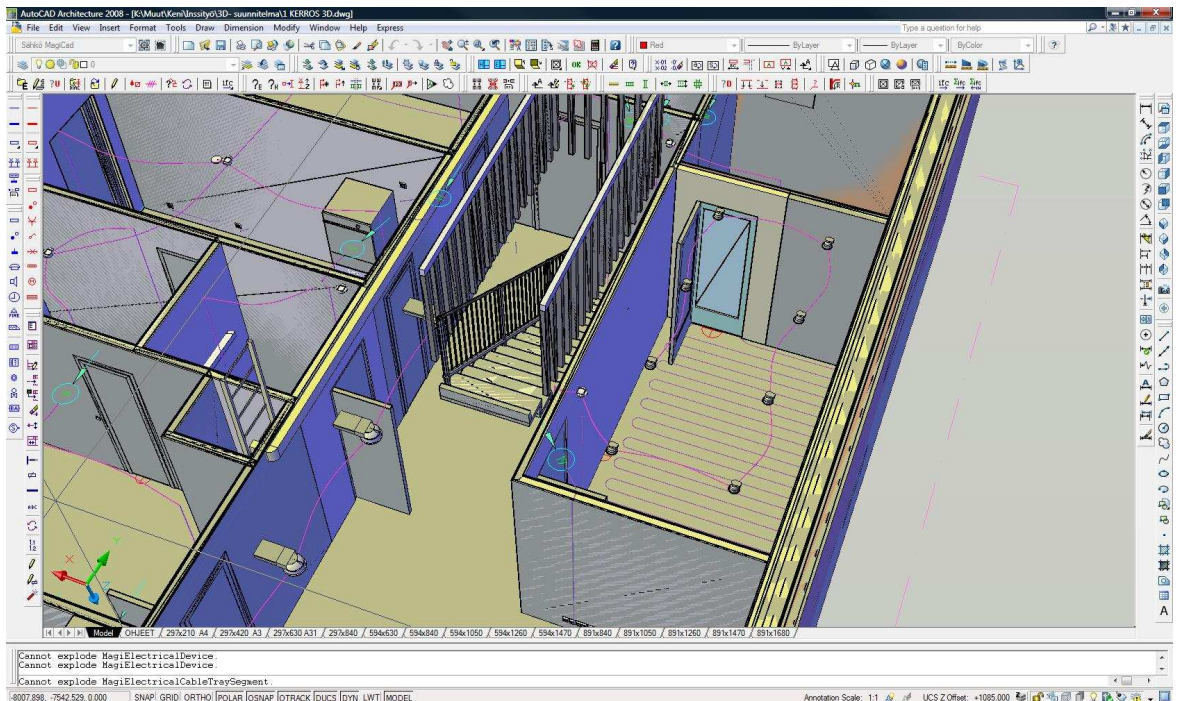
Kuva 12. MagiCADin kaapeliluettelo

Esimerkkinä on kaapeli MMJ 3x1,5S, perinteisesti laskemalla saatiin yhteispituudeksi 252 m, mutta tuotemallitiedoista noin 170 m. Suuri heitto selittyy sillä, että MagiCAD ei toistaiseksi osaa laskea kaapelien matkaa keskukselle ryhmäympyrästä. Kaapelit täytyisi liittää kaapelipakettiin (Cable packet) ja piirtää kaapelipaketin reitti keskukselle. Keskeneräinen ohjelmistosuunnittelu onkin tuotemalliympäristön heikkouksia, ajan myötä tämä tietenkin korjaantuu, myös perinteisellä suunnittelulla on ollut oppiaikansa.

Tuotemallisuunnitelman ohessa valmistuu myös rakennuksen pääkeskuksen keskuskaavio, jossa lähdöt on linkitetty tasopiirustukseen (liite 6). Tällaisen kaavion luontiin ARK-Systems Oy:n Kk-ARKilla olisi mennyt aikaa noin 1 tunti, joten huomattavasta ajan säästöstä ei ollut kyse. Tärkeämpää onkin virheiden minimoiminen. MagiCAD ilmoittaa, jos käytössä on esimerkiksi kaksi samaa ryhmänumeroa

tasopiirustuksessa. Myös tasopiirustukseen myöhemmin tulevat muutokset on mahdollista päivittää suoraan keskuskaavioon.

Havainnollisuus on tärkeä osa tuotemallisuunnittelua. Suunnittelumallista on jälkikäteen mahdollista ottaa havainnollistavia leikkauksia mistä kohtaa tahansa rakennusta (kuva 13). Kuvasta on piilotettu katto ja välipohja, jotta asennukset on helppo havaita. Myös lattialämmityskaapelin asennustekniikka on mallinnettu. Johdotukset jätetään usein esittämättä 3D-piirustuksista vähäisen edun vuoksi, määrälaskentaa varten ne kannattaa kuitenkin mallintaa.



Kuva 13. Pientalon 3D-piirustus

Tilaaajan on helpompi ymmärtää 3D-mallista otettuja kuvia, mikä antaa lisäarvoa suunnitteluun. Yhden suunnittelijan tehdessä suunnitelmaa voisi tuntihinnoittelu olla esimerkiksi 45 €/h (ALV 0%). Tasopiirustuksen lisäksi aikaa valmiisiin sähkösuunnitelmiin olisi molemmissa tapauksissa mennyt vielä arviolta 10 tuntia lisää.

Eli perinteisellä suunnittelulla suunnittelutyön hinnaksi saadaan:

$$25 \text{ h} \times 45 \text{ €/h} = 1125 \text{ €}$$

Tuotemallisuunnitelman veloituksesta saadaan:

45 h x 45 €/h= 2025 €

Suunnittelukustannusten erotus:

2025 € – 1125 € = 900 €

Laskelman mukaan tässä tapauksessa tuotemallipohjaisen suunnitelman toteuttaminen on 900 € kalliimpaa.

Suoritettiin kysely, johon osallistui viisi Tuomi Yhtiöt Oy:n työntekijää, talotekniikka-suunnittelun ammattilaista. Molemmat suunnitelmat esiteltiin ajatuksena, että henkilö itse olisi tilaajan asemassa, eli maksaisi suunnittelukulut. Kyselyn tarkoituksena selvitettiin tuotemallisuunnitelman myytävyyttä pientalokohteessa.

1. Henkilö, mies (LVI- suunnittelija) Vastaan

”En olisi valmis maksamaan sähkötuotemallisuunnitelmasta, hyvä sähköasentaja tekee hyvät sähköasennukset perinteisestäkin, todellinen hyöty on pieni, enkä näe tuotemallisuunnitelmalla talon mahdollisesti laajentuessakaan mitään käyttöä. Asia voisi olla toisin, jos kohde olisi isompi ja haastavampi tai jos asentaja on kokematon”

2. Henkilö, nainen (valaistussuunnittelija) Puolesta

”Olin varmasti valmis maksamaan, 3D-suunnitelmasta näkee heti sijoittelut, visuaalinen ulkoasu on vakuuttava ja maallikkokin osaa näyttää toiveensa suoraan ruudulle, jos haluaa esimerkiksi pistorasian tiettyyn paikkaan jotakin laitetta varten.”

3. Henkilö, mies (sähkösuunnittelija) Puolesta

”Tuotemalleissa pysyy laitteiden ja tarvikkeiden tiedot tallessa hyvin, myös mahdollisen laajennuksen päästään nopeasti käsiksi valmiina olevaan kokonaisuuteen, ja aikaa säästetään siellä päässä. Lisäksi, noin pieni summa kokonaisrakennusurakassa ei kaada budjettia, piirustuksiin voidaan kuitenkin liittää

myös LVI-tiedot. Uskoisin myös, että talon jälleenmyynti voisi olla helpompaa, jos on täydelliset tuotemallitiedot.”

4. Henkilö, mies (sähkösuunnittelija) Puolesta

”Kyllä olisin valmis maksamaan jopa enemmänkin, jos saisin nähdä täysin mallinnetun rakennuksen ennen rakennusvaihetta, siinä kohtaa kaikenlaisten muutoksien tekeminen on halpaa ja nopeaa. Rakennuksen elinkaari on kymmeniä vuosia, se kannattaa suunnitella ja tehdä kunnolla. Toisaalta, jos kaikkea talotekniikkaa ei ole mallinnettu, ei sähkösuunnitelmasta yksinään olisi hyötyä.”

5. Henkilö, mies (sähkösuunnittelija) Vastaan

”En näe 3D:lle tai tuotemallien käytölle mitään hyötyä näin yksinkertaisissa järjestelmissä kuin omakotitalossakin on. Jälleenmyyntiarvon kannalta en myöskään usko, että 3D-suunnitelmista olisi hyötyä. En usko että tuotemallien käyttö tulee yleistymään asuinrakennuspuolella juurikaan, ainoastaan teollisuudessa ja liiketiloissa.” [10]

Tuotemallisuunnittelua puoltavien haastateltavien pääargumentti oli suunnitelman helppo ymmärrettävyys. Tuotemallisuunnitelmaa vastustavien pääargumenttina olivat rakennuksen pieni koko ja sen myötä yksinkertaiset sähköjärjestelmät. Kyselyssä tuotemallisuunnitelman puolesta oli kolme vastaajaa ja kaksi vastaajaa ei nähnyt sen tuovan hyötyä tällaisessa suunnittelukohteessa.

6 Johtopäätökset

Suunnitelmasta saadut kokemukset eivät antaneet kummallekaan suunnitteluprosessille selkeää etulyöntiasemaa toiseen. Molemmissa suunnitteluprosesseissa oli vahvuuksia ja heikkouksia. Perinteisen suunnittelun puolesta puhuu laaja käyttötaito alalla jo tällä hetkellä. Suunnitteluohjelmat ovat yksinkertaisia ja helposti omaksuttavissa AutoCADin pohjatietojen ollessa hallussa. Ohjelmat ovat myös käyneet läpi pitkän kehitysprosessin suunnittelijoiden kanssa ja siten toimivat hyvin. Suoritetusta kyselystä tuli ilmi, etteivät kaikki alalla työskentelevät henkilöt ole kovinkaan myönteisiä

tuotemallien saapumisesta. Niiden hyödyllisyys kyseenalaistettiin valitussa suunnittelukohteessa, pääosin kohteen pienen koon vuoksi. Tällä perusteella en usko, että perinteistä suunnittelua käyttävät toimistot häviävät tarjouskilpailuja ainakaan tästä syystä. Hyvin pieneen kohteeseen, niin kuin tämäkin talo, ei saavuteta kaikkia tuotemallinnuksen etuja. Määrälaskentatieto ei juurikaan hyödytä, koska käsin tieto saadaan yhtä luotettavasti, joskin hieman hitaammin. Asennusteknisesti valittu kohde on niin yksinkertainen, että asentaja pystyisi tekemään kohteen sähkötyöt luultavasti ilman suunnitelmia.

7 Loppusanat

Kokonaisvaltaista kuvaa tuotemallisuunnittelusta ei näin pienessä kohteessa voinut syntyä, mutta tämä lisäsi omaa tuntemustani tämän päivän tuotemallinnusohjelmien mahdollisuuksista. Ohjelmat kehittyvät käyttäjien ehdoilla jatkuvasti, ja luulisin että hiljalleen ohjelmistot, jotka eivät taivu tuotemallisuunnitelmiin, tippuvat pois markkinoilta. Isot rakennuskohteet vaativat täsmällisen projektinhallinnan alusta asti. Monta suunnittelijaa tekee samaa kohdetta ja tarkkojen mallitietojen syöttö suunnitteluprosessin aikana vähentää mahdollisuutta suunnitteluvirheille suunnittelijoiden keskinäisissä informaatiokatkoksissa. Tämä on yleinen ongelma suunnittelualalla, ja edes sen osittainen ratkaisu voisi vähentää virheitä merkittävästi.

Tulevaisuuden suunnitteluprosessi voisi olla seuraavanlainen: arkkitehti määrittää suunnitteluvaiheessa tilaluokat kullekin tilalle, sähkösuunnittelija sijoittaa sähköpisteet ja suunnitteluohjelma antaa virheilmoituksen, jos esimerkiksi sähkötarvikkeen IP-luokka ei täytä vaatimuksia. Myös kaapelihyllyjen kuormitus voisi olla ennalta määritelty. Käytännössä näitä rakennuksen eri osien suhteita tarkkailevia olioita (ks. määritelmät) voi olla rajattomasti. Lopulta talo- ja rakennustekniikan tietomallit yhdistetään rakennuksen tietomalliksi ja urakoitsijat voi ottaa kaiken tarvitsemansa tiedon. Urakoitsija päivittää työnaikaiset muutokset piirustuksiin ja saadaan aikaiseksi koko rakennuksen kattava tuotemalli. Tuotemallista voidaan tiedot viedä suoraan huoltokirjaohjelmistoon kaikista rakennuksen kuluvista osista ja tarvikkeista. Sieltä käsin ylläpidetään huoltovälejä ja ehdotetaan remontteja. Tätä on tarkoitus kestää koko

rakennuksen elinkaaren. Ideaalitalanteessa rakennuksen kaikki osat ovat jatkuvasti hyvässä kunnossa ja laitteet toimintavarmoja.

Insinööriyötä tehdessäni opin paljon suunnittelutyötäni jatkossa helpottavia menetelmiä ja työtapoja. Tuotemallien maailma on paljon monitahoisempi kuin uskoinkaan, eikä tässä työssä päässyt kuin raapaisemaan sen pintaa. Toivon, että pääsen työelämässä perehtymään mallinnukseen enemmän ja ohjelmistovalmistajilta toivoisin edelleen panostusta kehitystyöhön. Ohjelmat ovat usein keskeneräisiä niitä käyttöönotettaessa. Alalla on myös paljon rautaisia, kokeneita sähkösuunnittelun ammattilaisia, joille uuden ohjelman opettelu kiireen keskellä ei välttämättä ole se mieluisin asia. Suunnitteluohjelmat kehittyvät ja mahdollistavat tehokkaampien menetelmien käytön.

Lähteet

- 1 Romo, Ilkka & Niemioja, Seppo. Tuotemallitieto rakennusprosessissa. (WWW-dokumentti.) Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT).
<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_tuotemalliohje_ark_elokuu2005.pdf>2005. Luettu 22.7.2008.
- 2 Tuomi Yhtiöt Oy – kotisivu. Tuomi Yhtiöt Oy:n toimialat. (WWW-dokumentti.)
<<http://www.tuomi.com/toimialat.htm>> 2008. Luettu 13.11.2008.
- 3 Sketchpad. (WWW-dokumentti.) Wikipedia, Internet-tietosanakirja.
<<http://en.wikipedia.org/wiki/Sketchpad>> 2008. Luettu 22.7.2008.
- 4 AutoCAD. (WWW-dokumentti.) Wikipedia, Internet-tietosanakirja.
<<http://fi.wikipedia.org/wiki/Autocad>> 2008. Luettu 22.7.2008.
- 5 Laine, Tuomas. Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa. Rakennusteollisuus RT ry. Tampere 2008.
- 6 Sulankivi, Kristiina. Kokemuksia tuotemallin ja 4D:n hyödyntämisestä pilottihankkeissa. (WWW-dokumentti.) Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT).
<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_pilottiraportti.pdf> 7.10.2004. Luettu 28.10.2008

- 7 Piittala Petri. MagiCAD-kouluttaja. Progman Oy. Sähköpostikeskustelu. Keskustelu aloitettu 21.10.2008.

- 8 Sähkönumero. (WWW-dokumentti.) Wikipedia, Internet-tietosanakirja. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6numero>> 2008. Luettu 14.11.2008.

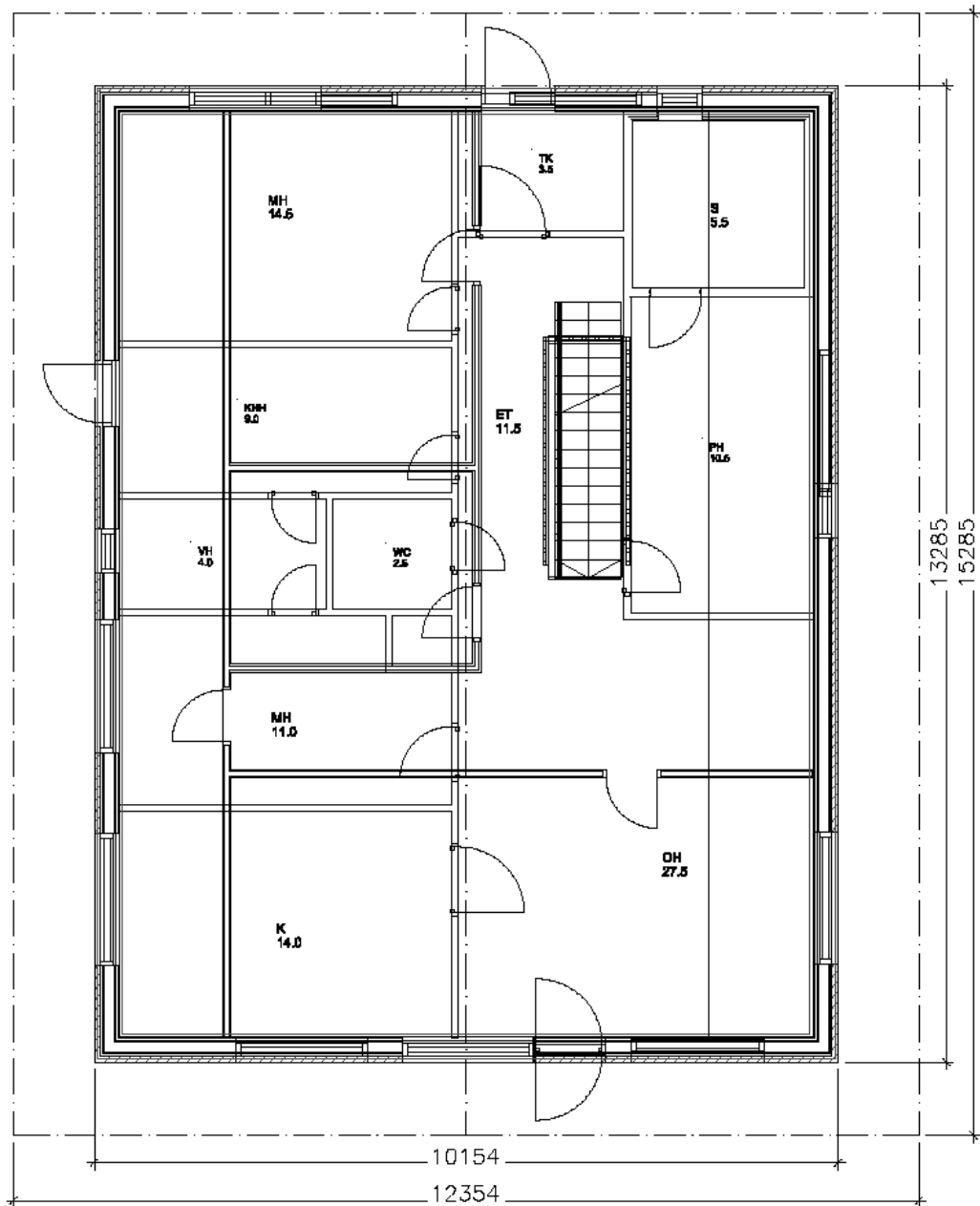
- 9 Suomen sähkötukuliikkeiden liitto (SSTL), Sähkönumerot- tietokantasivusto. (WWW-dokumentti.) <<http://www.sahkonumerot.fi/group.aspx?fp=1>> 2008. Luettu 14.11.2008

- 10 Henkilöhaastattelut, Tuomi Yhtiöt Oy:n henkilökunta, 2008. Haastattelut on suoritettu 1.11.2008 – 4.12.2008 välisenä aikana.

- 11 ARK- Systems Oy:n kotisivu. (WWW-dokumentti.) <<http://www.arksystems.fi/>>

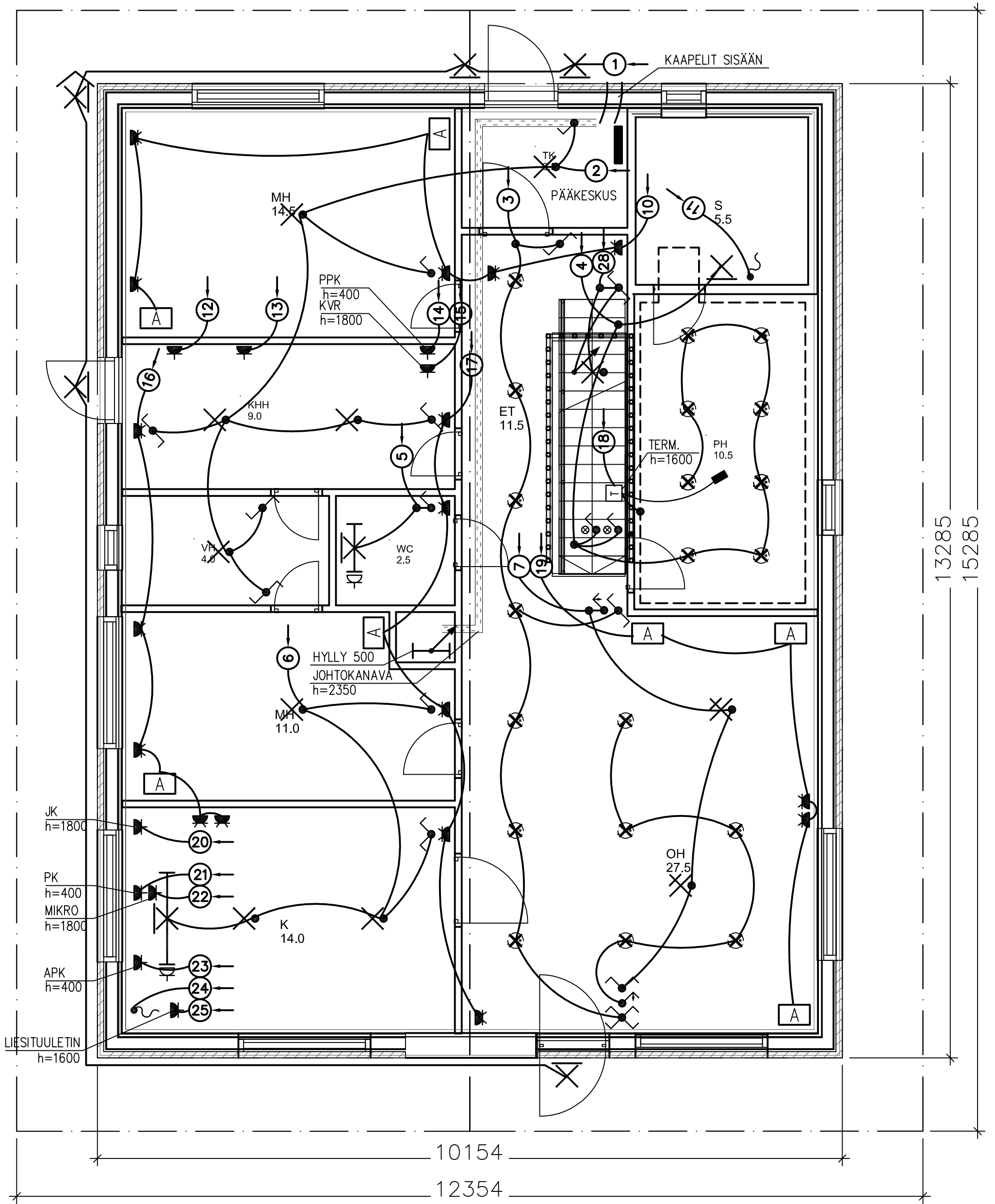
- 12 Progman Oy:n kotisivu. (WWW-dokumentti.)< <http://www.progman.fi/>>

Liite 1: Pientalon pohjapiirros

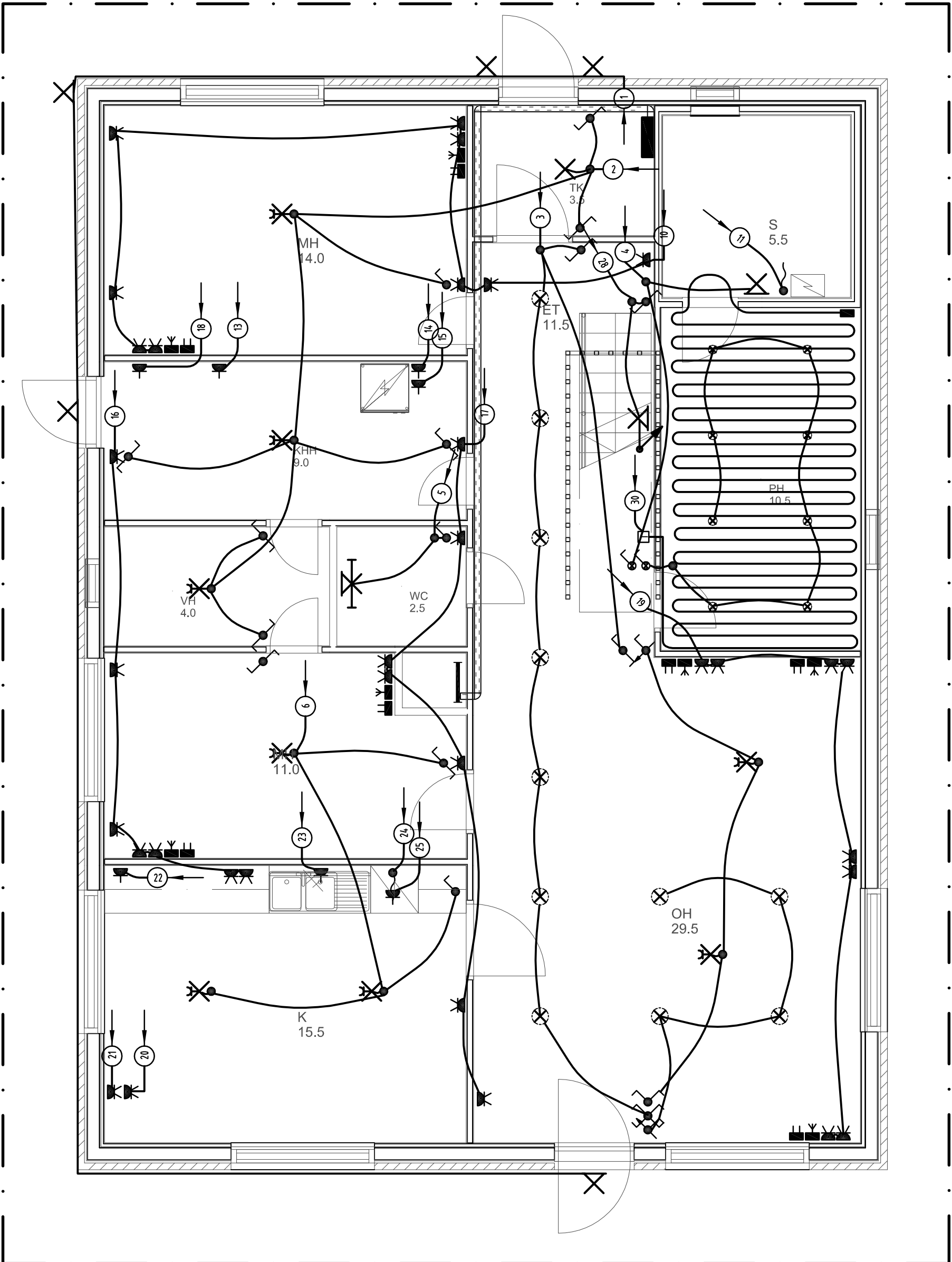


Liite 2: Asennustarvikkeet (taulukko)

Ryhmä	Tarvikkeet:				Kaapelit[m] 20 cm asennusvara/rasia/valaisin		
	Asennusputket [m]	Jakorasiat [kpl]	Pistorasia/Kytkin [kpl]	Valaisimet [kpl]	MMJ 3x1,5S	MMJ 3x2,5S	MMJ 5x2,5S
1	29,50			5	30,50		
2	29,50	5	6	5	32,70		
3	20,00	1	3	7	22,20		
4	19,00	2	2	9	21,60		
5	9,00	1	1	1	9,60		
6	21,50	3	2	4	23,30		
7	16,50	3	2	2	17,90		
8	40,00	4	4	6	42,80		
9	38,00	7	2	6	41,00		
10	14,80		9			16,60	
11	3,00	1					3,20
12	9,30		1			9,50	
13	8,30		1			8,50	
14	6,10		1			6,30	
15	4,70		1			4,90	
16	16,20		7			17,60	
17	15,80		7			17,20	
18	4,90		1			5,10	
19	16,80		8			18,40	
20	16,70		1			16,90	
21	19,10		1			19,30	
22	17,70		1			17,90	
23	20,10		1			20,30	
24	21,20	1					21,40
25	20,00		1			20,20	
26	23,50		6			24,70	
27	28,00		6			29,20	
28	9,00	3	2	2	10,40		
YHT [m]	498,20				252,00	252,60	24,60
































Tunn.	Muutos	Nim.	Pöytä
K.oso/työ	Kortti/tila	Tontti/m:o	Vieromökin merkintä
Rakennusurakoitsija SUUNNITTELUVERTAILU Rakennuskohtainen nimi ja osoite MALLITALO MALLITE XXX		Piirustuksen INSINÖÖRITYÖ Piirustuksen nimi 2-D SUUNNITELMA Suunn. Pöytä 27.2.2009	
		Työ n:o Tark. Pöytä 27.2.2009	Mittoaste 1:50 Muutos 27.2.2009



Tunn.	Nimi	Määr.	Pöytä
Kassa/Pöytä	Kortit/700	Tuotto/100	Vuorokausen arvio/100
Rakennustekninen SUUNNITTELUVERTAILU		Pöytätyö INSINÖÖRITYÖ	
Rakennustekninen malli ja malli MALLITALO		Pöytätyö 3-D SUUNNITELMA	
MALLITE XXXX			
Sivut/Pöytä: 10/10, 10/10		Työ no.	Yhteyshenkilö
Tark.		Pöytä no.	Nimi
Aika/1			
Pöytätyö 12.2.2009			

LIITE 6: PÄÄKESKUKSEN KESKUSKAAVIO

	RNRO.	HUOM.	NIMITYS	SULAKE A	KAAPELI	TEHO kW	I
	30		Lämmitys, KPH	10A	MMJ 3x1,5S	1.00	
	10		Pistorasiat, KÄYTTÄVÄ, MH	16A	MMJ 3x2,5S		
	13		Pistorasiat, KHH	16A	MMJ 3x2,5S		
	14		Pistorasiat, PPK	16A	MMJ 3x2,5S		
	15		Pistorasiat, KVR	16A	MMJ 3x2,5S		
	16		Pistorasiat, KHH, MH, K	16A	MMJ 3x2,5S		
	17		Pistorasiat, SIIVOUS	16A	MMJ 3x2,5S		
	18		Pistorasiat, KHH	16A	MMJ 3x2,5S		
	19		Pistorasiat, OH	16A	MMJ 3x2,5S		
	20		Pistorasiat, JK	16A	MMJ 3x2,5S		
	21		Pistorasiat, PK	16A	MMJ 3x2,5S		
	22		Pistorasiat, MIKRO	16A	MMJ 3x2,5S	1.50	
	23		Pistorasiat, APK	16A	MMJ 3x2,5S	0.50	
	24		Liitäntärasia, LIESI	16A	MMJ 5x2,5S		
	25		Pistorasiat, LT	16A	MMJ 3x2,5S		
	26		Pistorasiat, 2.KERROS	16A	MMJ 3x2,5S		
	27		Pistorasiat, 2.KERROS	16A	MMJ 3x2,5S		
	29		Pistorasiat, 2.KERROS	16A	MMJ 3x2,5S		
	11		Liitäntärasia, KIUAS	16A	MMJ 5x2,5S	6.00	
	2		Valaistus, TK, MH, KHH, VH	10A	MMJ 3x1,5S		
	3		Valaistus, KÄYTTÄVÄ	10A	MMJ 3x1,5S		
	4		Valaistus, SAUNA	10A	MMJ 3x1,5S		
	5		Valaistus, WC	10A	MMJ 3x1,5S		
	6		Valaistus MH, K	10A	MMJ 3x1,5S		
	8		Valaistus, 2.KERROS, AULA	10A	MMJ 3x1,5S		
	9		Valaistus, 2.KERROS, MH	10A	MMJ 3x1,5S		
	12		Valaistus, 2.KERROS, PH	10A	MMJ 3x1,5S		
	28		Valaistus, PORRAS	10A	MMJ 3x1,5S		
	1		Valaistus, ULKOVALOT	10A	MMJ 3x1,5S		