



# ArchiCAD-aloituspohjan luominen moduulirakentamisessa

Anu Viitanen

OPINNÄYTETYÖ  
Joulukuu 2021

Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma

VIITANEN, ANU:  
ArchiCAD-aloituspohjan luominen moduulirakentamisessa

Opinnäytetyö 42 sivua  
Joulukuu 2021

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa ArchiCAD-aloituspohja, jota käytetään suunniteltaessa C80-järjestelmän moduulirakennuksia asiakasyritys Adapteo Finland Oy (jatkossa Adapteo). Opinnäytetyö oli työelämälähtöinen ja sen tilaajana oli Sweco.

Tavoitteena oli, että uuden aloituspohjan avulla suunnittelutyö olisi nopeampaa, tehokkaampaa, virheettömämpää ja aloituspohja tarjoaisi asiakkaalle myös lisämateriaalin mahdollisuuksia; kuten visualisointeja ja määrälaskentataulukoita.

Sweco tarjoaa monialaisia suunnittelupalveluja eri asiakkaille. Arkkitehtisuunnittelua on asiakasyritys Adapteolle tehty pääasiassa AutoCAD-aloituspohjien avulla. Suunniteltavat rakennukset ovat siirtokelpoisia moduulirakennuksia pysyviin tai väliaikaisiin tarpeisiin. Arkkitehtisuunnittelu on siirtymässä osittain ArchiCAD-aloituspohjien käyttöön ja yhteen Adapteon moduulirakennusjärjestelmään tällainen on jo luotu.

ArchiCAD-aloituspohjaan mallinnettiin C80-järjestelmän moduulirakennukset ja aloituspohjan yleinen rakenne luotiin vastaamaan suurilta osin jo olemassa olevaa ArchiCAD-aloituspohjaa. Valmis aloituspohja luovutettiin Swecon ja Adapteon käyttöön. Luottamuksellinen aineisto on rajattu pois opinnäytetyöstä, kuten rakennusten mitat. Opinnäytetyön tekijällä oli lupa käyttää asiakasyrityksen kuvamateriaalia, jota heillä oli verkkosivustollaan.

Aloituspohjaan tarvittavat muutokset ja kehitysehdotukset tulevat parhaiten ilmi, kun pohjaa käytetään suunnittelutyössä. Aloituspohjaa kehitetään suunnittelutyössä ilmenneiden tarpeiden mukaan.

---

Asiasanat: archicad, tietomalli, mallintaminen, aloituspohja,  
moduulirakentaminen, siirtokelpoinen rakennus, tilapäiset tilat

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Architecture

VIITANEN, ANU:  
Creation of an ArchiCAD Template File for Buildings of Modular Structure

Bachelor's thesis 42 pages  
December 2021

---

Sweco offers architectural design services for a client company Adapteo Finland Oy. Adapteo manufactures movable buildings of modular structure for permanent or temporary purposes. Architectural designing has been done mainly with two-dimensional AutoCAD Software. There has been an increasing need for a three-dimensional Building Information Modeling (BIM) which ArchiCAD software can provide. One ArchiCAD template file has already been created for one of the Adapteo's modular building systems.

The main purpose of the bachelor's thesis was to create an ArchiCAD template file for one of the Adapteo's modular building systems called C80. The work was commissioned by Sweco. The purpose of the study was to gather information about buildings of modular structure and temporary facilities. Further, the aim was to summarise building instructions and guidelines for movable buildings.

This study was carried out as a project. The modules of C80 modular building system were modelled to the template file. The general structure of the template file was like the previously created template file.

As a result, the new ArchiCAD template file offers a more efficient designing tool for architects. It is time saving in producing drawings and directories. It also offers the possibility to produce additional material to the client such as visualisations.

---

Key words: Key words: archicad, building information modeling, modeling, template, modular structure building, movable building, temporary facilities

## SISÄLLYS

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO .....   | 6  |
|   | 1.1. Tausta .....  | 6  |
|   | 1.2. Tavoitteet .....                                    | 6  |
|   | 1.3. Aineisto ja menetelmät.....                         | 7  |
|   | 1.4. Rajaus.....   | 7  |
| 2 | SIIRTOKELPOISET MODULAARISET TILAT .....                 | 9  |
|   | 2.1. Tilapäiset tilat .....                              | 9  |
|   | 2.2. Moduulirakentaminen.....                            | 11 |
|   | 2.3. Suunnittelussa huomioitavia määräyksiä .....        | 12 |
|   | 2.3.1 Energiatehokkuus.....                              | 12 |
|   | 2.3.2 Väestönsuoja.....                                  | 15 |
|   | 2.3.3 Rakennuksen paloturvallisuus.....                  | 16 |
| 3 | SUUNNITTELU ADAPTEON MODUULIJÄRJESTELMÄLLÄ .....         | 17 |
|   | 3.1. Adapteolla suunniteltavat rakennukset.....          | 17 |
|   | 3.2. C80-järjestelmän moduulit .....                     | 18 |
|   | 3.3. Suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä .....           | 19 |
| 4 | ALOITUSPOHJA JA MALLINTAMINEN .....                      | 21 |
|   | 4.1. ArchiCAD ja aloituspohjan luominen .....            | 21 |
|   | 4.2. C90-järjestelmän aloituspohja .....                 | 21 |
|   | 4.3. Uusi ArchiCAD-aloituspohja C80-järjestelmälle ..... | 22 |
| 5 | ESIMERKKIPROJEKTI.....                                   | 33 |
| 6 | POHDINTA .....   | 39 |
|   | LÄHTEET .....  | 41 |

**LYHENTEET JA TERMIT**

|          |  |
|----------|--|
| 2D       | Kaksiulotteinen  |
| 3D       | Kolmiulotteinen  |
| BIM      | (engl. Building Information Modeling) Tietokoneella digitaalisesti luotu rakennuksen tietomalli                          |
| CAD      | Tietokoneavusteinen suunnittelu (engl. Computer Aided Design)  |
| AutoCAD  | Autodesk ohjelmistotoimiston tuottama tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelmisto, joka perustuu vektorigrafiikkaan      |
| ArchiCAD | Graphisoftin kehittämä kolmiulotteinen, oliopohjainen rakennussuunnitteluohjelmisto                                      |
| IFC      | Rakennusalan standardi oliopohjaisen tiedon siirtoon tietokonejärjestelmästä toiseen (engl. Industry Foundation Classes) |

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Sweco. Yhteistyössä opinnäytetyössä on ollut mukana myös asiakasyritys Adapteo, jonka rakennusmoduulijärjestelmälle aloituspohja luotiin. Aloituspohjaa käytetään suunniteltaessa asiakkaalle modulaarisia tiloja. Tuotettavia dokumentteja ovat tarjous- ja lupakuvat, sekä näiden liitteet. Lisäksi voidaan tuottaa luetteloita mm. määrälaskentaa varten.

Opinnäytetyössä esitellään ensin tilapäisten, siirtokelpoisten ja modulaaristen tilojen yleiset periaatteet ja siirtokelpoisia rakennuksia koskevat rakentamismääräykset. Tämän jälkeen käsitellään Adapteon kohteiden suunnitteluun liittyviä näkökulmia. Lopuksi käydään läpi aloituspohjan luomisen prosessi ja esitellään aloituspohjan käyttöä esimerkin avulla.

### 1.1. Tausta

Swecolla on käytetty pääasiassa AutoCAD-ohjelmistoa tuottaessa Adapteolle arkkitehtisuunnitteludokumentteja. Adapteolla on useita erilaisia moduulijärjestelmiä, joista uusin käytettävissä oleva, on nimetty C90-järjestelmäksi. Tälle on jo luotu oma ArchiCAD-aloituspohja ja järjestelmän moduulit on mallinnettu tähän pohjaan. Pohja on otettu työskentelykäyttöön keväällä 2021. C80-järjestelmä on vanhempi moduulijärjestelmä kuin C90, mutta käytössä edelleen useissa kohteissa. Näiden lisäksi asiakkaalla on useita muitakin järjestelmiä. Muihin järjestelmiin on ollut käytössä vain AutoCAD-aloituspohjat.

### 1.2. Tavoitteet

Työn tavoitteena oli luoda ArchiCAD-aloituspohja Adapteon C80-moduulijärjestelmälle. Pohjaan mallinnetaan valmiiksi moduulit, jotka ovat käytössä, kun suunnitellaan kohteita C80 -järjestelmällä. Tavoitteena on mahdollistaa 3D-mallinnuksella myös visualisointien teko C80-järjestelmästä,

koska tämä ei ole ollut mahdollista Autocad-aloituspohjalla työskennellessä. Siirtymisessä ArchiCAD-aloituspohjien käyttöön tavoitteena on ollut tehostaa työskentelyä, minimoida virheitä ja mahdollistaa erikoissuunnittelijoiden suunnitelmat IFC-mallissa. Lisäksi on voitu tuottaa määrä- ja kustannuslaskentaa varten asiakkaalle erilaisia luetteloita.

### **1.3. Aineisto ja menetelmät**

Lähtötietona moduulien mallinnukseen oli C80-järjestelmän AutoCAD-aloituspohja. Aloituspohjassa on käytettävissä olevien moduulien pohjapiirustukset 2D-piirustuksena. Näiden lisäksi aloituspohjassa ovat leikkaus sekä julkisivut 2D-piirustuksena ja joitain kalusteita sekä tekstejä.

Aineistona oli käytettävissä myös ArchiCAD-aloituspohja C90-järjestelmälle. Lisäksi lähtöaineistona on dokumentti ”Adapteo tietomallivaatimukset” tekstidokumenttina ja Excel-taulukkona.

Tekstidokumentissa kerrotaan tietomallinnuksen tavoitteet, käyttötarkoitus sekä ohjeet ja sisältö. Lisäksi dokumentissa avataan tuotettavia dokumentteja ja tiedonhallintaa sekä esitellään toimitettavat suunnitteludokumentit. Excel-dokumenttiin on määritelty mallinnettavat rakennusosat ja tilat sekä mallinnuksen tarkkuustasot. Mallinnuksessa tasojaottelu pohjautuu Talo 2000, LVI 2010 ja S 2010 jaotteluun. Nämä tietomallivaatimukset ovat luotu C90-aloituspohjaa tehtäessä, mutta koskevat suurelta osin myös C80-järjestelmän aloituspohjan luomista. Niiltä osin, missä vaatimuksista on poikettu, on sovittu yhdessä asiakkaan ja opinnäytetyön toimeksiantajan kanssa.

### **1.4. Rajaus**

C90-järjestelmän aloituspohja on uusi ja sen käyttö on ollut vielä vähäistä. C90-järjestelmän aloituspohjaa kehitetään edelleen. Opinnäytetyön aiheena oleva aloituspohja tulee olemaan suppeampi versio, mutta sen jatkokehittäminen on mahdollista. Rajaus on sovittu yhdessä toimeksiantajan ja asiakasyrityksen kanssa ja rajauksen perusteena on ollut mm. se, että moduulijärjestelmä on

vanhempi, eikä uusia moduuleita enää valmisteta tähän järjestelmään. Mallinnettavat moduulit eivät ole niin yksityiskohtaisia kuin C90-järjestelmän ja lisäksi esim. sähkö- ja LVI-tekniikan mallinnus on rajattu aloituspohjasta pois.



## 2 SIIRTOKELPOISET MODULAARISET TILAT

### 2.1. Tilapäiset tilat

Tilapäinen tila (voidaan käyttää myös sanaa väistötila) tarkoittaa rakennusta tai sen osaa, johon toisen tilan toiminta siirretään yleensä määräajaksi. Syitä toimintojen siirtoon voi olla olemassa olevan rakennuksen remontointi tai vanhan rakennuksen purkaminen ja uuden rakentaminen. Tyypillisiä tilapäisiin tiloihin siirtyviä tiloja ovat: opetustilat, varhaiskasvatuksen tilat, työpaikatilat ja terveydenhuollon tilat. (Lappalainen ym. 2020.)

Toimitilan remontin tai purkamisen syinä voi olla sisäilmaongelmat, tilojen tekninen vanheneminen, lisätilan tarve, tilojen uudelleen järjestelyn tarve tai rakennuksen pintojen tai rakenteiden uusimisen tarve. Rakennus on voinut myös tuhoutua kokonaan esimerkiksi tulipalossa.

Ei ole olemassa tilastotietoja, kuinka paljon kaiken kaikkiaan Suomessa on käytössä tilapäisiä tiloja ja miten ne jakautuvat eri toimintojen kesken. Tietoja tilapäisten tilojen käytöstä aiheutuvista kokonaiskustannuksista ei myöskään ole.

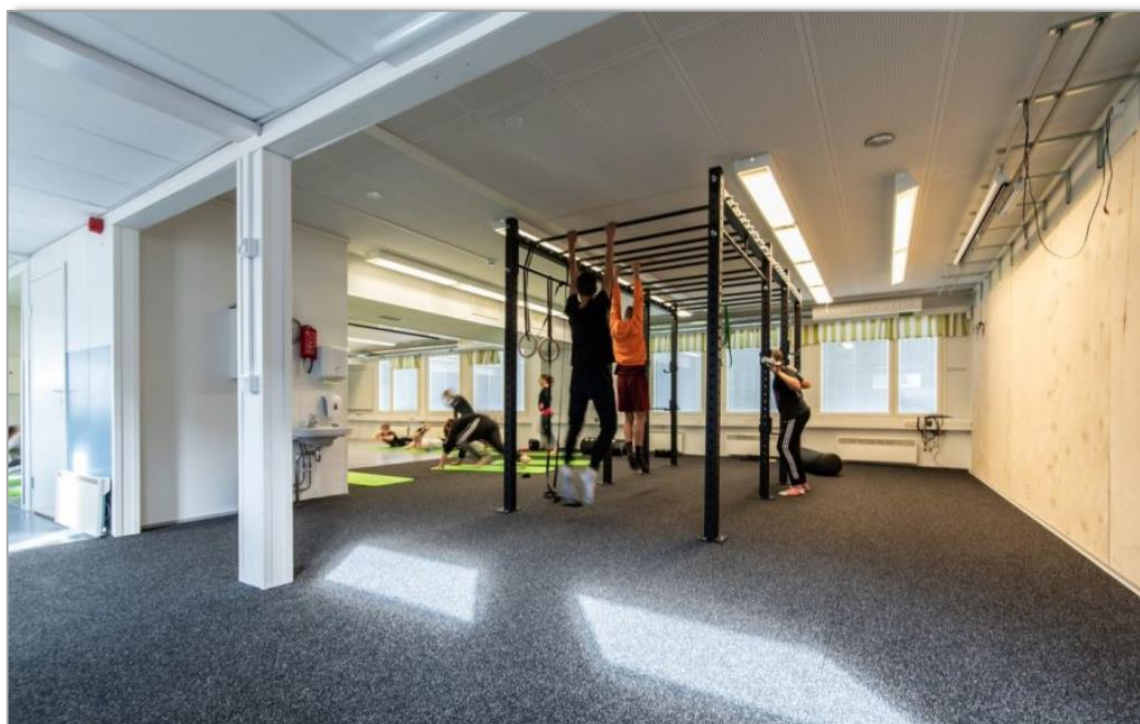
Kuntaliiton 2019 tekemän sisäilmatutkimuksen mukaan kunnilla oli käytössä 416 000 m<sup>2</sup> tilapäisiä tiloja ensisijaisesti sisäilmaongelmien vuoksi. (Salmela ym. 2019, s 38.) Tutkimuksessa suoritettun kyselyn perusteella merkittäviä sisäilmaongelmia esiintyy kuntien omistamissa peruskouluissa ja lukioissa 17,9 %, päiväkodeissa 11,0 %, sosiaali- ja terveystoimen rakennuksissa 13,0 %, toimistorakennuksissa 13,7 %, liikuntatiloissa, urheiluhalleissa, uimahalleissa jne. 5,2 % ja muissa kunnan palvelutiloissa (kirjastot, teatterit, museot jne.) 8,3 %, rakennustyyppien kokonaisneliömäärästä. (Salmela ym. 2019, s 44.)

Ylen tekemän selvityksen (13.9.2018) mukaan 48 000 suomalaista lasta kävi vuonna 2018 osittain tai kokonaan koulua tilapäisissä tiloissa ja yleisin syy tilapäisiin tiloihin siirtymiseen oli ollut sisäilmaongelmat. Yle on toistanut kyselyn

(12.8.2020) ja syksyllä 2020 kymmenessä suurimmassa kunnassa tilapäisissä tiloissa opiskelevien määrä oli kasvanut.

Tilapäisiin tiloihin voidaan sijoittaa osa toiminnoista tai jakaa toimintoja useampaan rakennukseen tai tilaan. Tilapäisenä tilana voi toimia olemassa oleva kiinteä rakennus tai se voi olla siirtokelpoinen rakennus, joka koostuu esimerkiksi tilaelementeistä eli moduuleista. Jälkimmäisessä tapauksessa puhutaan modulaarisista tilaratkaisuista/rakennuksista. (Lappalainen ym. 2020.) Useat yritykset Suomessa tarjoavat näitä siirrettäviä tilapäisiä tiloja ja niiden etuna, perinteiseen rakentamiseen verrattuna, on nopea toteutusaikataulu ja tilojen muuntojoustavuus. Yritykset markkinoivat tilapäisiä tiloja myös hyvällä sisäilmalla.

Tilapäisen tilan tarpeen syystä riippuen päätös siirtymisestä voi olla kiireellinen. Nopea toteutusaikataulu on tällöin merkittävä etu. Myös päätöksentekoprosessin kunnassa on oltava tehokas. Tilapäisten tilojen suunnitteluprosessissa tulisi huomioida käyttäjien toiveet ja ottaa heidät mukaan suunnitteluun. Vaikutusmahdollisuudet voivat kuitenkin jäädä vähäisiksi aikataulu- ja kustannussyistä. Tilojen väliaikaisuuden painottaminen voi myös vaikuttaa siihen, että käyttäjien mielipiteet voidaan ohittaa. (Lappalainen ym.2020.)



Kuva 1. Moduulikoulun sisätilasta (Lähde: Adapteo.fi)

## 2.2. Moduulirakentaminen

Laivarakentamisessa moduulirakentamista on käytetty jo pitkään, mutta myös talojen valmistuksessa se on yleistymässä. Suomessa moduulirakentamisen alalla on useita toimijoita. (Porthan 2018.)

Moduulit ovat tilaelementtejä, jotka valmistetaan tehtaissa. Moduuleista voidaan valmistaa minkälaisia rakennuksia tahansa. Moduuli voi olla yksi tila; esimerkiksi moduulikylpyhuone tai erityyppisten tilojen kokonaisuus. Moduulirakentaminen lyhentää työmaiden läpimenoaikaa sekä voi pienentää virheiden ja materiaalihukan määrää. Samalla kun työmaalla vietetty aika lyhenee, jätekustannukset ja ympäristöä kuormittava ulkotyö vähenee. Tehtaalla rakentaminen voidaan suorittaa säästä riippumatta, ja laatua sekä tehokkuutta on helpompi seurata. (Porthan 2018.) Kun talo tehdään sisällä, rakennusaikainen kosteus ja muut haitat voidaan minimoida (Kokko 2018). Sisällä rakentaminen kiinnostaa usein myös asiakasta, jos taustalla on ollut kosteus- ja homeongelmaisia rakennuksia (Porthan 2018).

Valmiit moduulit kuljetetaan työmaalle suojattuna ja kootaan siellä. Aluekaapeloinnit, putkitukset ja kytkennät suoritetaan paikan päällä. Moduuleista rakennetaan pysyviä tai väliaikaisia rakennuksia. Moduulirakentaminen ei siis tarkoita suoraan siirtokelpoista tai tilapäistä rakentamista, mutta siirtokelpoinen rakennus on usein moduulirakennus.

Moduuleista voidaan rakentaa kerros-, rivi- ja omakotitaloja, toimistoja, päiväkoteja, kouluja ja terveyskeskuksia, eli melkeinpä mitä tahansa. Moduulitoimittajasta ja kytkentätavasta riippuen moduuleita voidaan myös joissain tapauksissa lisätä ja poistaa käyttäjätarpeen mukaan.



Kuva 2. Toimistotilat moduulirakennuksessa (Lähde: Adapteo.fi)

### **2.3. Suunnittelussa huomioitavia määräyksiä**

Pääsääntöisesti siirtokelpoisten tilojen tulee noudattaa samoja määräyksiä kuin pysyvien uudisrakennustenkin. Seuraavassa on käsitelty joitain määräyksiä, jotka tulee huomioida, kun kyseessä on siirtokelpoinen rakennus. Rakennuksen paloturvallisuuden kannalta ei ole merkitystä, onko rakennus moduulirakenteinen tai siirtokelpoinen.

#### **2.3.1 Energiatehokkuus**

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että energiaa ja luonnonvaroja kuluu säästeliäästi. Tämä energiatehokkuuden vähimmäisvaatimusten täytyminen on osoitettava laskelmilla. (Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakentamismääräykset, energiatehokkuus.)

Ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta soveltamisalasta todetaan seuraavasti: ” Tämä asetus koskee sisäilmaston

ylläpitämiseen energiaa käyttävän, katetusta seinällisestä rakenteesta koostuvan uuden rakennuksen suunnittelua ja rakentamista. Asetus koskee myös rakennuksen laajennusta ja kerrosalaan laskettavan tilan lisäämistä. Asetus koskee kerrosalaltaan alle 50 neliömetrin kokoisen rakennuksen laajennusta vain siltä osin kuin rakennus laajennuksineen ylittää 50 neliometriä.”

Luku 3 ja pykälä 23 kertoo rakennuksen lämpöhäviön määrittämisestä seuraavasti: ”Rakennuksen lämpöhäviö on rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö. Rakennuksen lämpöhäviö voi olla enintään yhtä suuri kuin vertailuarvoilla rakennukselle määritetty vertailulämpöhäviö. Rakennuksen lämpöhäviölle asetettu vaatimus koskee erikseen rakennuksen lämpimiä ja puolilämpimiä tiloja. Sellaista rakennuksen laajennusta tai kerrosalaan laskettavan tilan lisäämistä, missä ilmanvaihdon ja lämmityksen järjestämisessä voi käyttää olemassa olevaa ilmanvaihto- tai lämmitysjärjestelmää, koskevat rakennuksen lämpöhäviön osalta vain rakennuksen vaipan lämpöhäviölle asetetut vaatimukset. Loma-asumiseen suunniteltavaa pientaloa, joka on tarkoitettu käytettäväksi vuodessa vähintään neljä kuukautta, koskevat rakennuksen lämpöhäviön osalta vain rakennuksen vaipan lämpöhäviölle asetetut vaatimukset. Rakennuksen lämpöhäviötä koskeva vaatimus ei koske ennen heinäkuun 1. päivää 2012 valmistetuista osista koottua siirtokelpoista rakennusta, jota käytetään edelleen samaan käyttötarkoitukseen.” Näin ollen jo valmistetuissa siirtokelpoisissa moduuleissa tulee huomioida viimeinen lause lainauksesta.

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö lasketaan eri rakennusosien pinta-alojen ja lämmönläpäisykertoimien perusteella kaavalla:

$$\sum H_{\text{johd}} = \sum (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \sum (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \sum (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \sum (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \sum (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}})$$

jossa:

$\sum H_{\text{johd}}$  on rakennuksen vaipan lämpöhäviö, W/K;

U on rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m<sup>2</sup>K);

A on rakennusosan pinta-ala, m<sup>2</sup>.

Siirtokelpoisen rakennuksen sekä puolilämpimän tilan rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvo lasketaan käyttämällä rakennusosien lämmönläpäisykertoimina seuraavia vertailuarvoja:

- a) seinä  $0,26 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;
- b) massiivipuuseinä, jonka rakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm  $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;
- c) yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja  $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;
- d) ryömintätilaan rajoittuva alapohja  $0,26 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;
- e) maata vasten oleva rakennusosa  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;
- f) ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku  $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

Laissa rakennuksen energiatodistuksesta määritellään, että rakennuksen omistajan on hankittava energiatodistus uudisrakennuksen rakennuslupamenettelyn yhteydessä. Todistus on myös oltava silloin, kun rakennus tai sen osa myydään tai vuokrataan. Energialuokitus tulee ilmoittaa myös myynti- ja vuokrausilmoituksissa. Eräissä rakennuksissa todistus on laitettava julkisesti nähtäville. Laki ja muut energiatodistusta koskevat säädökset tulivat voimaan 1.6.2013.

Energiatodistuksessa rakennuksen energiatehokkuus ilmaistaan rakennuksen laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun (*E-luku*) sijoittumista luokitteluasteikolle kuvaavalla tunnuksella. Rakennukset jaetaan niiden käyttötarkoituksen mukaan ryhmiin, joilla kullakin on oma luokitteluasteikkonsa. Rakennuksen E-luku lasketaan jakamalla energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vakioituun käyttöön perustuva laskennallinen ostoenergian kulutus rakennuksen pinta-alaa kohden vuodessa.

Käyttötarkoitukseluokan mukaisesti laskettu E-luku ei saa ylittää asetettuja raja-arvoja. Luokka 9 sisältää ”Muu rakennus, varistorakennus, liikenteen rakennus, uimahalli, jäähalli, päivittäistavarakaupan alle 200 m<sup>2</sup> yksikkö sekä siirtokelpoinen rakennus. Tilapäinen rakennus luokitellaan samaksi kuin siirtokelpoinen rakennus. Luokalle 9 ei ole asetettu raja-arvoa. Rakennuksen E-

luku on kuitenkin laskettava. Laskennassa käytetään suunnitteluarvoja. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatodistuksesta 1048/2017.)

Siirtokelpoisten tilojen energiatehokkuuden ja energiatodistuksen laskennassa on siis poikkeuksia tavanomaiseen uudisrakennukseen. Suunnittelussa on huomioitava, millainen tilaajan vaatimus on suunniteltavan rakennuksen energiatehokkuudesta. Vaatimus voi olla määräysten mukainen, jolloin noudatetaan em. määräyksiä. Tilaaja voi myös määrittää, että rakennuksen on kaikilta osin noudatettava uudisrakennuksen vaatimuksia. Tämä tilanne voi olla varsinkin silloin, kun rakennus aiotaan rakentaa tai muuttaa pysyväksi rakennukseksi, tai jos sille haetaan rakennuslupaa pitkälle ajalle, esim. kymmeneksi vuodeksi.

Aloituspohjan kanssa työskentelyssä näiden määräysten huomioiminen tarkoittaa mm. sitä, että vakiorakenteisiin voi joskus tulla muutoksia. Työn tehokkuuden lisäämiseksi vakiorakenteet teksteineen ovat aina aloituspohjassa valmiina, mutta tilaajan vaatimukset on aina tarkastettava ja tehtävä tarvittavat muutokset.

### **2.3.2 Väestönsuoja**

Pelastuslaissa (379/2011), luvussa 11 ja pykälässä 71 todetaan väestönsuojan rakentamisvelvollisuudesta uudisrakentamisen yhteydessä seuraavasti: "Rakennuksen omistajan on uudisrakentamisen yhteydessä tehtävä rakennukseen tai sen läheisyyteen väestönsuoja, jonka suuruudeltaan voidaan arvioida riittävän rakennuksessa asuvia, pysyvästi työskenteleviä tai muutoin oleskelevia henkilöitä varten. Väestönsuojan rakentamisvelvollisuus ei kuitenkaan koske tilapäistä enintään viisi vuotta käytössä olevaa rakennusta."

Näin ollen siirtokelpoiselle rakennukselle, jolle haetaan rakennuslupa enintään viideksi vuodeksi, ei tarvitse rakentaa väestönsuojaa. Jos lupa haetaan pidemmälle ajalle, noudatetaan asetettuja määräyksiä kuten muissakin uudisrakennuksissa.

### 2.3.3 Rakennuksen paloturvallisuus

Rakennusten paloturvallisuuden osoittamiseen sallitaan kaksi vaihtoehtoista menettelytapaa. Ensimmäinen on luokka- ja lukuarvoihin perustuva mitoitus, ja toinen on tapauskohtainen, oletettuun palonkehitykseen perustuva, toiminnallinen mitoitus (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta). Paloluokkia on neljä: P0, P1, P2 ja P3. Mitoitusta käytettäessä rakennuksen katsotaan täyttävän paloturvallisuuden kannalta olennaiset vaatimukset, kun rakennus yksityiskohdissaan täyttää asetuksessa annetut luokka- ja lukuarvot. (Puuinfo 2020.)

Adapteen C-80-järjestelmän moduulirakennukset ovat runkomateriaaliltaan puuta. Kaikissa edellä mainituissa luokissa puu voi olla runkomateriaalina enintään kaksikerroksissa rakennuksissa. P2-paloluokassa rakennus saa olla enintään 28 metriä korkea, kun kyseessä on asuin- tai työpaikkarakennus. Muun käyttötarkoituksen rakennuksissa raja on 14 metriä. (Puuinfo 2020.)

Rakenteille on asetettu palonkestovaatimukset ja nämä ilmaistaan REI-luokkina. R on rakenteen kantavuus, E tiiviys ja I eristävyys. Palonkesto aika lisätään numerolla vaatimuksen loppuun (REI60=rakenteen tulee säilyttää palotilanteessa kantavuutensa, tiivytensä ja eristävyytensä 60 minuuttia). (Puuinfo 2020.)

C80-järjestelmän vakiorakenteet muodostavat rakennukselle paloluokan P2. P2-paloluokassa yli kaksikerroksissa rakennuksissa puurakenteet tulee usein suojaverhota. Verhous tarkoittaa rakennusosan pinnan muodostamaa osaa, joka suojaa alustaansa määrätyn ajan syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta. (Puuinfo 2020.) C80-järjestelmän moduulirakennukset ovat enintään kaksikerroksisia.

Rakennuksen paloturvallisuuden vaatimukseen tai luokituksiin ei ole vaikutusta sillä, onko rakennus siirtokelpoinen tai moduulirakennus.

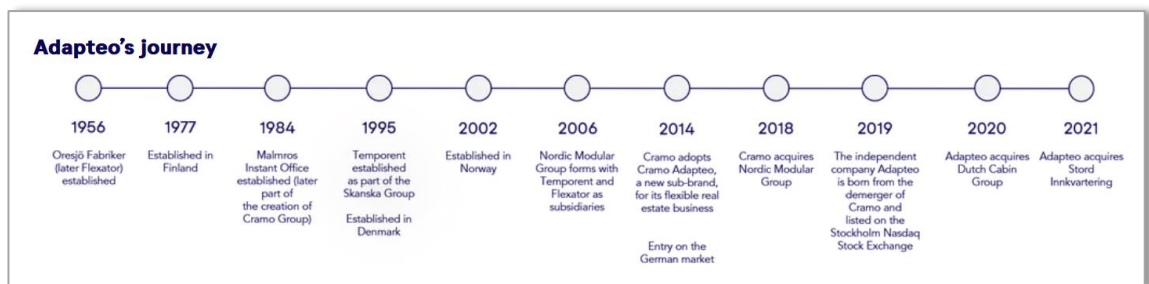


### 3 SUUNNITTELU ADAPTEON MODUULIJÄRJESTELMÄLLÄ

#### 3.1. Adapteolla suunniteltavat rakennukset

Adapteo on pohjoiseurooppalainen mukautettavia rakennuksia valmistava yritys. Adapteo rakentaa, vuokraa ja myy rakennuksia mm. kouluiksi, päiväkodeiksi ja toimistoiksi sekä väliaikaisiin että pysyviin tarpeisiin. Rakennukset perustuvat modulaariseen rakennuskonseptiin, ja niitä voidaan mukauttaa käyttäjän tarpeiden mukaan.

Adapteo on syntynyt 2019 ja sen juuret ulottuvat 1950-luvulle.



Kuva 3. Adapteon aikajana (Lähde: adapteogroup.com)

Adapteo Suomi kuuluu Adapteo Group:iin, jonka markkina-alue on Ruotsi, Suomi, Tanska, Norja, Saksa ja Alankomaat. Referenssikohteina Adapteon suomenkielisellä verkkosivustolla esitellään kouluja, päiväkoteja, hoivakoteja, toimistoja, ravintola, sairaala ja hammashoitola. Suunniteltavat rakennukset jaotellaan verkkosivustolla luokkiin: koulut, päiväkodit, toimistot, terveyskeskukset, palveluasuminen ja asuminen. Asiakkaina ovat yritykset, kunnat ja organisaatiot. (Adapteo 2020)

Adapteon modulaarinen rakennuskonsepti perustuu rakennusten siirrettävyyteen. Ne palvelevat siis erityisen hyvin tilapäisinä tiloina, joita voidaan tilaajan tarpeen mukaan myös lisätä ja vähentää rakennuksen kokonaisvuokra-aikana. Vaikka rakennukset ovatkin siirtokelpoisia, ne voidaan myös rakentaa pysyviksi rakennuksiksi. Adapteolla on useita erilaisia moduulijärjestelmiä, joissa

vaihtelee esimerkiksi mitoitus, kattomuoto, ulkoverhousmateriaali ja varustelutaso.

Adapteo hankkii modulaaristen tilojensa arkkitehtisuunnittelua mm Swecolta. Sweco voi tarvittaessa tuottaa näille rakennuksille myös mm. rakenne-, sähkö-, lvi-, automaatio-, ja energiasuunnitelmat.

Aloituspohja opinnäytetyössä luotiin järjestelmälle, joka on nimetty C80-järjestelmäksi.

### **3.2. C80-järjestelmän moduulit**

C80-järjestelmän moduuleilla voidaan rakentaa yksi- tai kaksikerroksinen rakennus. Moduulijärjestelmän vakiorakenteet täyttävät paloluokan P2 vaatimukset. Perustus toteutetaan perustuspalkkeilla ja alapohja on siten tuulettuva.

Adapteen C80-moduuleissa ei ole sisällä kantavia väliseiniä, ja siten mahdollistetaan muuntojoustavien tilojen suunnittelu.

Moduuleissa on loiva tuuletusraollinen pulpettikatto. Kattovedet johdetaan vain moduulien toiselle laidalle. Tämä mahdollistaa moduulien asentamisen yhteen myös päittäisliitoksella, kun vastakkain asennetaan moduulien korkean räystäään sivut.

Moduulien päätyjen julkisivuverhous tehdään kuitusementtilevystä. Moduulien pitkien sivujen sekä porrasmoduulien julkisivuverhouksena on muovipinnoitettu vaakaprofiilipelti.

Ikkunat ovat puu-/alumiinirakenteisia, ja tilaaja saa ikkunoihin säleverhot lisävarusteena niin halutessaan. Ulko-ovet ovat lämpöeristettyjä, alumiinirakenteisia lasiovia. Sisäänkäyntimoduulien ulko-ovet ovat levikkeellisiä.

Sisäänkäyntiportaat, luiskat ja katokset toteutetaan aina kyseisen kohteen vaatimukset ja erityispiirteet huomioon ottaen. Tilaelementeissä ei ole vakiona

kiinni katosrakenteita tai portaita, vaan ne rakennetaan paikan päällä, joko tilaelementtitoimittajan toimesta tai tilaajan omana toteutuksena.

Lämmitys on toteutettu vakioratkaisussa sähköpatterein. Muunlainen lämmitysmuoto on mahdollinen tilaajan toiveesta, kuten esim. vesikiertoinen kattolämmitys.

Moduulijärjestelmässä on keskitetty koneellinen ilmanvaihto lämmön talteenotolla. Ilmanvaihtokoneista on tehdasvalmisteiset vakiomallit ja sijoituspaikat, mutta kohteesta riippuen ne aina tarkistetaan ja valitaan tilaajan asettamiin vaatimuksiin sopiviksi.



Kuva 4. C80-järjestelmän 2-kerroksinen rakennus (Lähde: Adapteo.fi)

### 3.3. Suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä

Työmaalle toimitettavan moduulin valmiusaste voi olla eritasoinen. Adapteolla on vakiomallit eri järjestelmiin ja näitä valmistetaan/on valmistettu tehtaalla. Mahdollisia muutoksia näihin vakiomalleihin tehdään Suomen tehtaassa. C80-järjestelmän moduulit ovat olemassa olevia, ja niitä ei enää rakenneta lisää. Näihin moduuleihin tehdään tarvittavat korjaukset ja muutokset tehtaalla ja/tai

suoraan seuraavalla työmaalla, kun ne vapautuvat edellisistä kohteistaan. Tehtaalla tai työmaalla rakennetaan esimerkiksi väliseiniä, vaihdetaan väliovia, ikkunoita tai ulko-ovia tai puretaan ulkoseiniä. Perusideana on, että moduulit ovat mahdollisimman pitkälle valmiita ennen työmaalle vientiä. Tiedetyt vaiheet voidaan kuitenkin toteuttaa vasta, kun moduulit ovat yhdistettynä rakennuspaikallaan.

Suunnittelijan näkökulmasta tehtävänä on suunnitella rakennus siten, että vakiomalleihin tulisi mahdollisimman vähän muutoksia, jolloin suunnitelma on kustannustehokas. Suunnitelman täytyy kuitenkin noudattaa lakeja, määräyksiä sekä tilaajan asettamia vaatimuksia.

Piirustuksia luotaessa olisi hyvä eritellä mahdollisimman tarkasti kustannuksiin vaikuttavat muutokset ja lisäykset, jotta tarjousvaiheessa asiakasyritys voi laskea mahdollisimman tarkasti kokonaiskustannukset. Siksi määräluetteloiden saaminen asiakkaalle helposti tietomalliin perustuvalla aloituspohjalla työskennellessä on tärkeää.

## 4 ALOITUSPOHJA JA MALLINTAMINEN

### 4.1. ArchiCAD ja aloituspohjan luominen

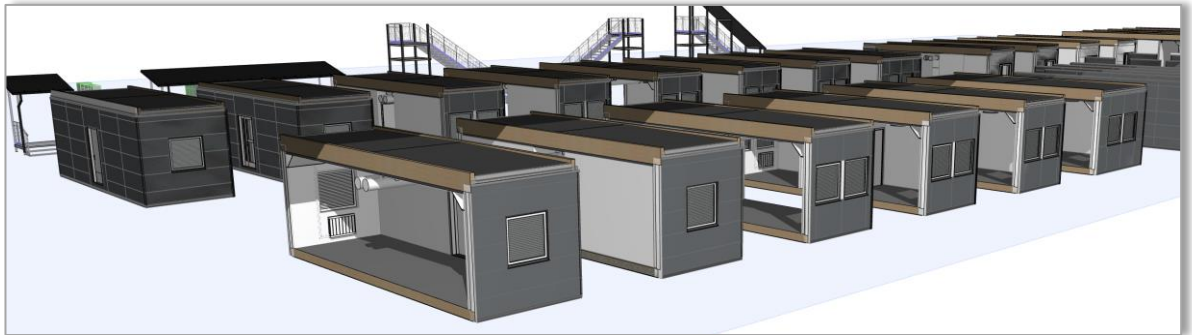
ArchiCAD on Graphisoft yrityksen kehittämä kolmiulotteinen rakennussuunnitteluohjelmisto. Ohjelmiston kehitys on perustunut ajatukseen rakennuksen tietomallista (engl. BIM) ja se tukee avointa IFC-tiedonsiirtomuotoa. Rakennussuunnittelussa tämä tiedonsiirtomuoto on yleistymässä. Ohjelmistoa voidaan siten käyttää arkkitehtuurisuunnittelun lisäksi muiden suunnittelualojen, kuten talotekniikan ja rakennetekniikan, suunnitelmien yhdistämiseen. ArchiCAD-ohjelmistolla voidaan suunnitella, visualisoida, tuottaa dokumentteja ja tehdä yhteistyötä jopa samanaikaisesti samassa tiedostossa tiimityöskentelyn avulla. (Graphisoft 2021.)

Aloituspohja on ArchiCAD-työskentelyn perusta. Pohjassa määritellään esiasetukset, jotta suunnittelu olisi vakioitua, mielekästä ja automatisoitua. (M.A.D 2020.) ArchiCAD-tiedosto tallennetaan tyypillisesti projekti- eli PLN-muodossa ja aloituspohjan tallennusmuoto on TPL (Template). Aloituspohja voidaan siis luoda projektina, mutta valmiina se tallennetaan TPL-muotoon sovittuun sijaintiin, josta se jatkossa voidaan valita aloituspohjaksi uusille projekteille.

### 4.2. C90-järjestelmän aloituspohja

C90-järjestelmälle oli jo luotu aloituspohja, joka toimi mallina uuden aloituspohjan luomiselle. Aloituspohjaan oli luotu mm. Talo2000-pohjainen tasojärjestelmä, sopivat ehdolliset esitystavat eri piirustuksille ja planssit tarjous- ja lupakuville. Lisäksi aloituspohjassa oli luotuna nimiöpohja sekä määräluetteloita. Vakioteksteinä pohjassa olivat myös esim. rakennetyypit. Aloituspohjaan oli mallinnettu C90-järjestelmän moduulit, ulkoportaat ja vakiokeittiöratkaisut. Moduulit ovat IFC-pohjaisia ulkoisia viitteitä. Niitä voi aloituspohjassa muokata vain katkaisemalla viitteen linkki. Linkin katkaisu ja muokkaus vaikuttavat

taulukointiin siten, että on mahdollista listauttaa muokkaamattomat moduulit ja muokatut moduulit erikseen.



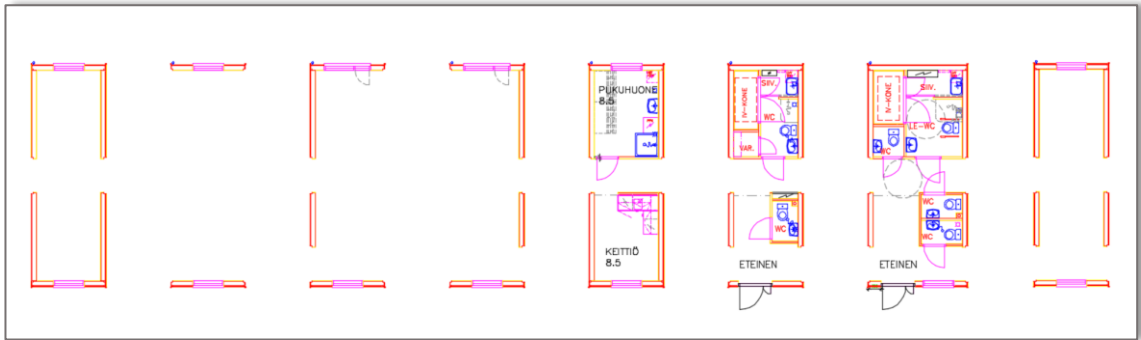
Kuva 5. Kuvakaappaus C90-järjestelmän ArchiCAD-aloituspohjasta, 3D-näkymä moduuleista

#### 4.3. Uusi ArchiCAD-aloituspohja C80-järjestelmälle

Nykyisessä AutoCAD-aloituspohjassa moduulit on jaoteltu käytettävissä oleviin ja niihin, jotka eivät ole tällä hetkellä käytössä. Peruseriaate on, että suunnitteluun voi vapaasti käyttää näitä käytössä olevia moduuleita. Jos on tarve käyttää "ei käytössä olevia" moduuleita, täytyy asiakasyritykseltä varmistaa, onko niitä mahdollista käyttää kohteeseen.

Käytössä olevista moduuleista kaksi on ns. tekniikkamoduuleita. Tekniikkamoduuleissa on vakiona WC- ja pesutiloja sekä IV-kone. Se on siis sekä tekniikka- että märkätilamoduuli, mutta usein tekniikkamoduulista puhutaan. Toinen termi, joka kuvaa ko. moduulia on sisäänkäyntimoduuli, sillä näissä moduuleissa on myös vakiona ulko-ovi.

Ns. kuivia perusmoduuleita on käytössä olevista kuusi erilaista. Näiden lisäksi periaatteessa on käytössä kuraeteismoduuli ja porrasmoduuli. Näitä on käytössä hyvin vähän, joten usein C80-järjestelmään yhdistetään porrasmoduulit ja kuraeteismoduulit C90-järjestelmästä. Porrasmoduulissa ja kuraeteismoduulissa on myös vakiona ulko-ovi. Muihin moduuleihin on mahdollista asentaa ulko-ovi ns. oviblock -sijainteihin ja tarvittaessa myös ikkunan paikalle, mutta jälkimmäinen ratkaisu on hintava ja tätä on siksi suunnittelussa vältettävä.



Kuva 6. Kuvakaappaus C80-järjestelmän AutoCAD-aloituspohjasta, käytössä olevien moduulien pohjapiirustukset

Siirtyvissä kohteissa luonnollisesti suunnitteluun käytetään ne moduulit, jotka on sovittu siirrettäväksi. Siirrettäviinkin moduuleihin voidaan tehdä muutoksia asiakkaan kanssa yhdessä sopimalla.

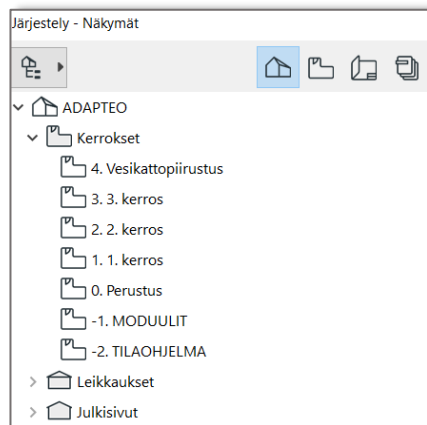
Koska C90-järjestelmälle on jo luotu toimiva ja vaatimusten mukainen aloituspohja, oli tarkoituksenmukaista noudattaa C80-järjestelmän aloituspohjassa samoja periaatteita. Opinnäytetyössä ei tarvinnut siten lähteä aivan alusta luomaan aloitustiedostoa, vaan nykyiseen aloituspohjaan tehtiin tarvittavat muutokset ja se tallennettiin sitten uutena TPL (Template) tiedostona.

Tarvittavina muutoksina oli lisätä C80-moduuleissa olevat rakennetyypit ja rakennusmateriaalit aloituspohjaan. C90-järjestelmästä on tyypillistä yhdistää kurateteismoduuli ja porrasmoduuli C80-järjestelmällä luotuun rakennukseen, koska C80-kuraeteisiä ja porrasmoduuleita on hyvin vähän saatavilla. Tämän vuoksi näiden rakennetyypit ja rakennetyyppitekstit jätettiin aloituspohjaan. Lisäksi paikallaan rakennettavat väliseinätyypit ja erillisen ulkoseinämoduulin rakennetyyppi jätettiin pohjaan. Muutoin C90-järjestelmän rakennetyypit poistettiin aloituspohjasta.

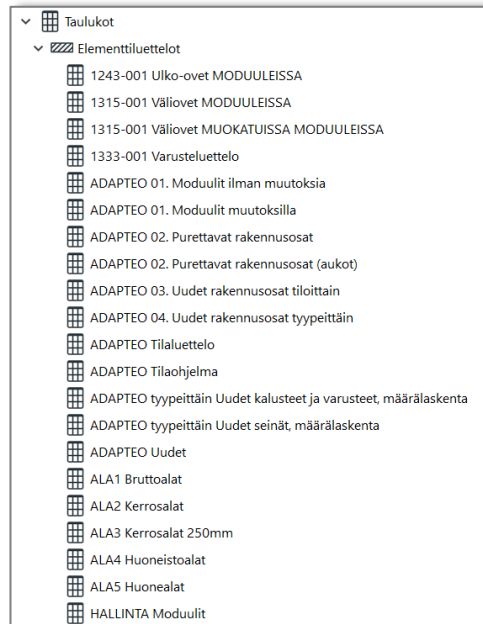
Olemassa olevaan tasojärjestelmään ja kynäyhdistelmiin sekä esitystapoihin ja planssinäkymiin ei tehty muutoksia, koska ne vastaavat Adapteon tietomallinnuksen vaatimuksia. Myös kirjastojen käyttö on pohjissa yhtenevä.

Aloituspohjaan mallinnettiin C80-järjestelmän moduulit. Kaikki mallinnettavat osat luotiin vaatimusten mukaisille tasoille. Moduulien sijainti on myös yhtenevä

C90-järjestelmän aloituspohjan kanssa. Moduulit sijaitsevat omassa moduulikerroksessaan, josta ne käydään kopioimassa suunnittelutasolle. Laskentaominaisuudet huomioivat vain suunnittelutasolla olevat moduulit. Laskentaominaisuudet ovat rajoitetusti käytössä C80-järjestelmän aloituspohjassa, ja näitä voidaan myöhemmin lisätä ja kehittää. Taulukkopohjat olivat myös valmiina aloituspohjassa ja näihin tehtiin vähäisiä muokkauksia.



Kuva 7. Kuvakaappaus ArchiCAD-aloituspohjasta, moduulien sijainti



Kuva 8. Kuvakaappaus ArchiCAD-aloituspohjasta, taulukot, elementtiluettelot

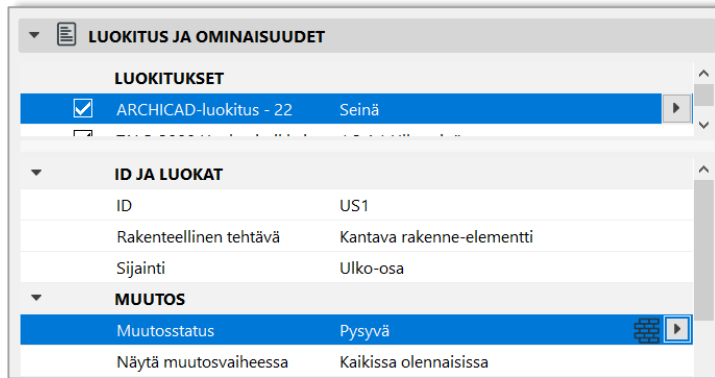


C90-järjestelmästä poiketen, tässä aloituspohjassa olevat moduulit eivät ole omissa viitetiedostoissa. Moduulien rakenteet tuotiin yhteen "Ryhmitä" -työkalulla, jotta kopiointi moduulikerroksesta suunnittelukerrokseen onnistuisi sujuvasti. Tästä johtuen aloituspohja ei myöskään tuota erikseen määrälaskentaa, jossa on eritelty muokatut ja ei-muokatut moduulit, kuten C90-järjestelmän aloituspohja tuottaa.

Pohjaan ei mallinnettu moduuleita, jotka eivät ole nyt käytössä, koska niiden käyttö on vähäistä. Mallinnetut moduulit on helppo muokata näihin tarvittaessa, koska perusmitat toistuvat kaikissa moduuleissa. Myöskään C80-järjestelmän porras- ja kuraeteismoduulia ei mallinnettu, koska niiden käyttö on hyvin vähäistä.

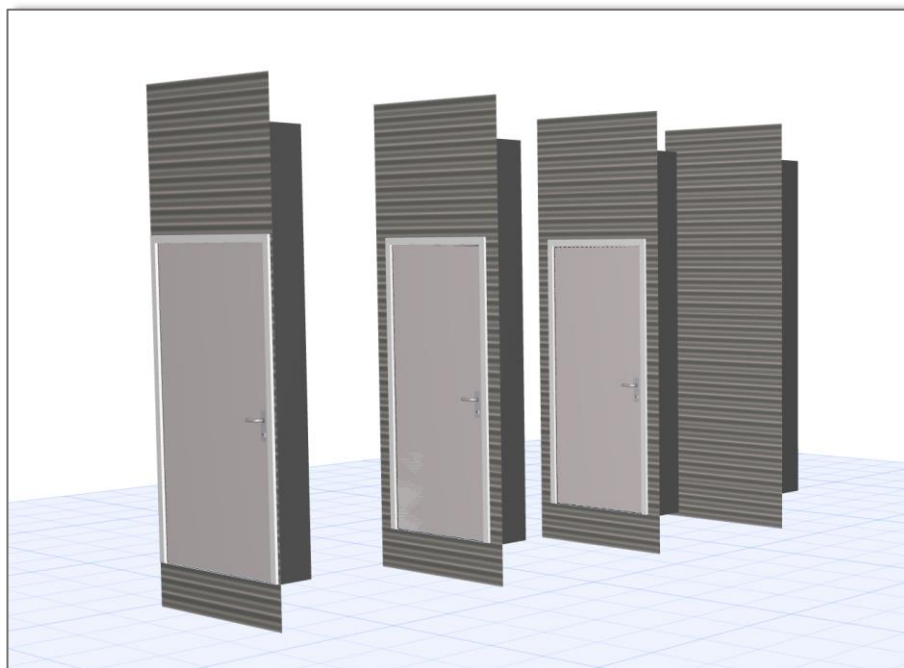
Tähän aloituspohjaan jätettiin C90-järjestelmän kuraeteinen ja porrasmoduulit. Näiden viitteiden linkit katkaistiin ja rakennetyypit merkittiin uudelleen identifioimalla niiden järjestelmä (esim. US1\_C90). Tämä on tehtävä siksi, koska järjestelmien rakennetyypit ovat numeroitu päällekkäin. Molemmissa on siis ulkoseinä rakenne 1, mutta se on erilainen. Jos tuo kopioimalla C90-järjestelmän aloituspohjasta moduulin, sen seinätyypit muuttuvat uuden aloituspohjan mukaisiksi. Tämän päällekkäisyyden vuoksi ei voida projektityöskentelyssä myöskään käyttää automaattista seinärakenteen selostetta, vaan rakenteiden numerojärjestys ja loogisuus on tarkastettava ja tarvittaessa muokattava manuaalisesti.

Moduulien kaikki rakenteet ja vakiona olevat kalusteet identifioitiin pohjassa "pysyväksi". Projektityöskentelyssä, jos jokin varuste tai rakenne poistetaan, tämä kohta vaihdetaan "purettu" -merkinnäksi. Vastaavasti projektityöskentelyssä uusi varuste tai rakenne merkitään "uusi". Näiden merkintöjen avulla voidaan tuottaa määrälaskentataulukoita sekä purkupiirustuksia.

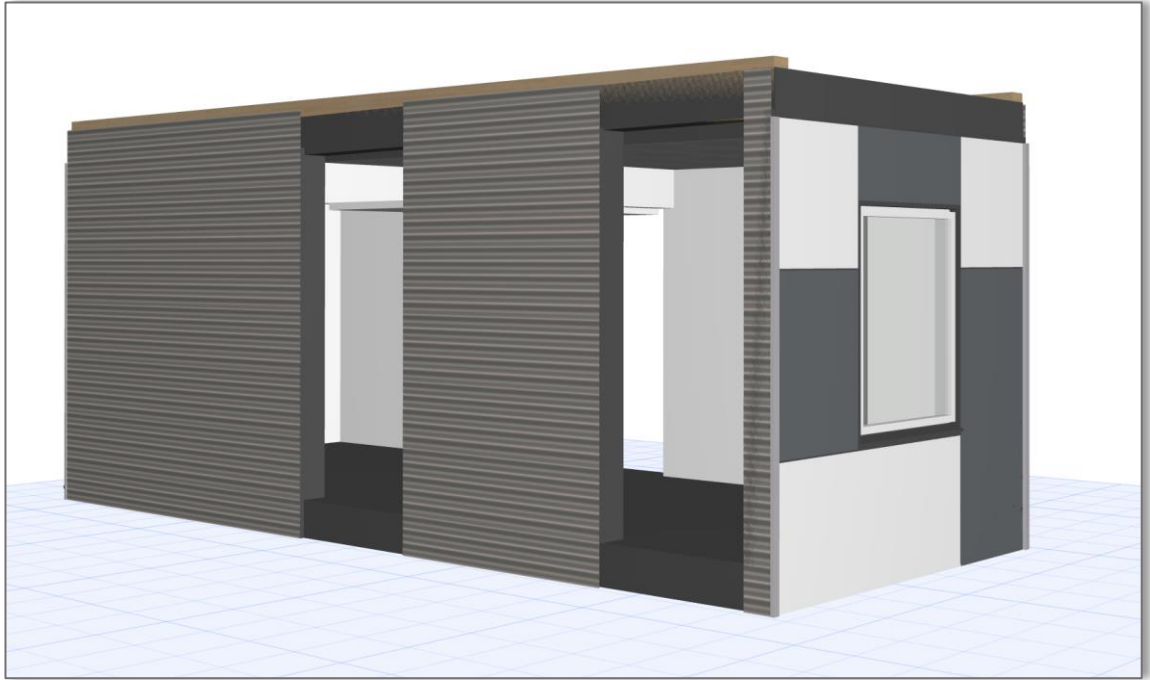


Kuva 9. Kuvakaappaus ArchiCAD-aloituspohjasta. Polku: valitun seinän asetukset - luokitus ja ominaisuudet – muutos – muutosstatus - vaihtoehdot: Pysyvä – Purettava - Uusi

Ulkoseinät mallinnettiin lähtötietojen mukaisiksi oikeiden rakennetyyppien luomisen jälkeen. Moduulirakentamisessa huomioonotettava seikka mallintamisessa on se, että ulkoseinään tehdään aukko ns. oviblockin kohdalle. Tämä aukko täytetään sitten projektityöskentelyvaiheessa joko umpiseinällä, ovella tai ikkunalla. Pohjaan mallinnettiin nämä lisättävät palat erikseen. Eli mallinnettiin aukon mittainen umpinainen seinäpala ja samankokoinen seinäpala, jossa on ovi. Ovellisia paloja mallinnettiin kolme: moduulilevyiset 10M ja 12M ulko-ovet, sekä 10M moduulilevyinen väliovi.



Kuva 10. Kuvakaappaus ArchiCAD-aloituspohjasta, 3D-näkymä erilaisista ”oviblockeista”

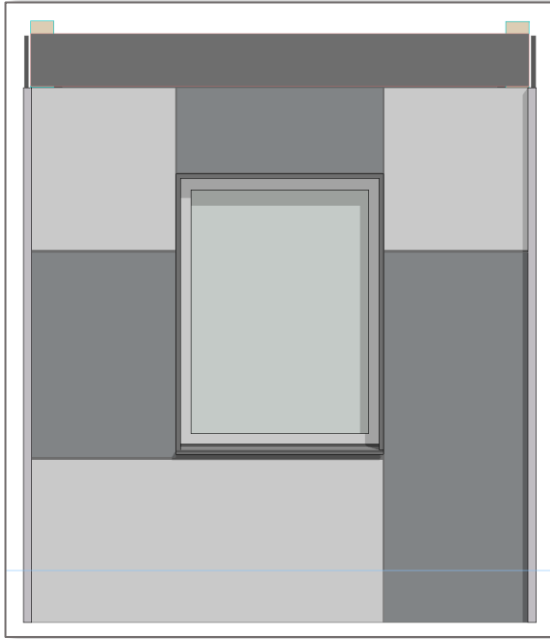


Kuva 11. Kuvakaappaus ArchiCAD-aloituspohjasta, 3D-näkymä moduulista, jossa aukko kertoo "oviblockin" sijainnin

Moduulin pitkälle sivulle luotiin erillinen verhorakenne. Ehdollisissa esitystavoissa on määritely mustavalkoisiin julkisivupiirustuksiin kaikki pintatäytteet läpinäkyviksi. Tämän vuoksi verhorakenne on parempi kuin aaltopeltiä jäljittelevä pintamateriaali suoraan ulkoseinän pinnassa. Mallinsin ensin ulkoseinän pintamateriaalilla, mutta testausvaiheessa totesin, että verhorakenne on pakollinen. Kustannuslaskennassa tätä rakennetta ei oteta huomioon. Verhorakenne on moduulin mukaisesti joko kaksi- tai kolmiosainen, kuten ulkoseinäkin. Myös "oviblock"-rakenteisiin mallinnettiin verhorakenne, jotta nämä yhdistyvät julkisivunäkymässä saumattomasti.

Ulkoseinän ulkopintaan moduulin lyhyillä sivuilla mallinnettiin verhorakenne, jonka tehtävänä on esittää levyseinäpintaa. Tämä verhorakenne luotiin vain visualisointitarkoitukseen, joten sitä ei huomioida kustannuslaskennassa. Verhorakenteessa jokainen levy määritellään erikseen, jotta niiden värit voidaan valita yksilöllisesti.

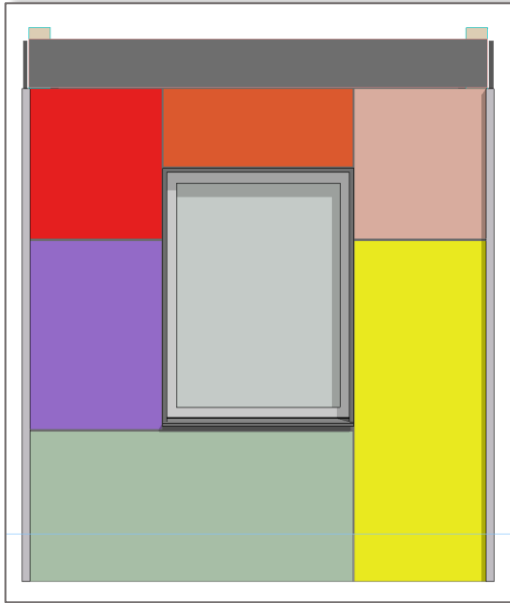
Julkisivuväriytyksenä on aloituspohjassa vakiovärit valkoinen ja harmaa (kuva 12. ja kuva 13.), mutta levyjä voidaan myös maalata (kuva 14. ja kuva 15.).



Kuva 12. Kuvakaappaus ArchiCAD-aloituspohjasta, vakioväriyksellä oleva julkisivu



Kuva 13. Vakioväriyksellä olevia C80-järjestelmän moduuleita. (Lähde: [www.adapteo.fi](http://www.adapteo.fi))



Kuva 14. Kuvakaappaus ArchiCAD-aloituspohjasta, esimerkkiväriyksellä oleva julkisivu



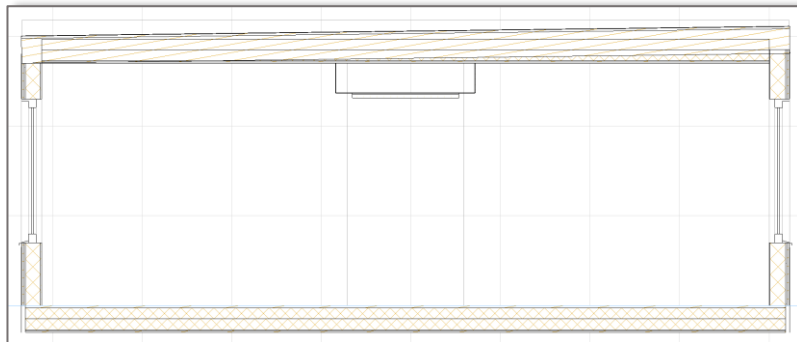
Kuva 15. Maalattuja paneeleita C80-järjestelmän moduuleissa. Nekalan kirjasto. (Kuva: Mikko Keskinen)

Vakioväliseinät, jotka ovat valmiina tietyissä moduuleissa mallinnettiin valmiiksi. Paikallarakennettavat tai tehtaalla lisättävät seinät mallinnetaan normaalisti paikalleen vasta projektityöskentelyvaiheessa. Aloituspohjassa ne löytyvät rakennetyyppeinä.

Alapohjat ja yläpohjat mallinnettiin valmiiksi moduuleihin kuten myös vesikatto. Yläpohja mallinnettiin kaksiosaisena, jolloin saatiin sisäkaton puoli

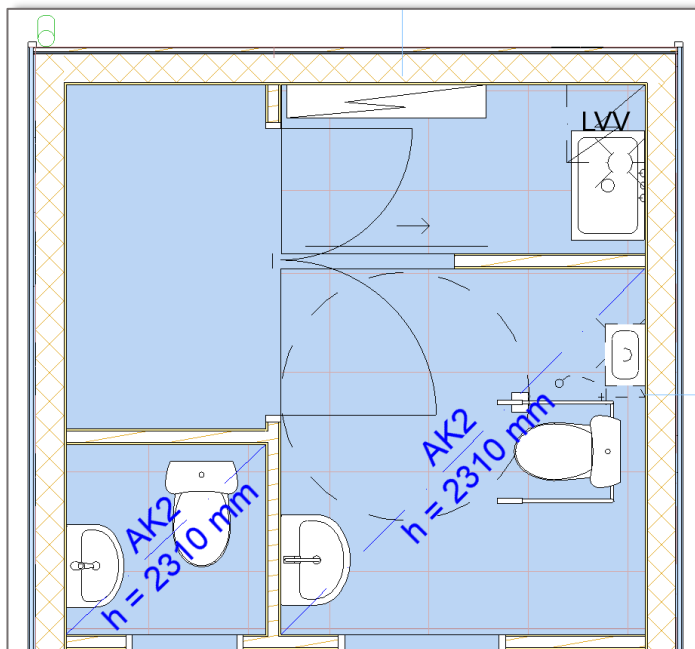
horisontaalisesti ja vesikattoon tarvittava kallistus. Rakennetyyppeihin lisättiin valmiiksi myös välipohjarakenteet, mutta projektityöskentelyssä moduulit ns. pinotaan päällekkäin, jolloin alla olevan moduulin yläpohja vesikattoineen ja yllä olevan moduulin alapohja muodostavat yhdessä välipohjan.

Moduulien keskellä kulkeva alakatollinen tekniikkaosa mallinnettiin. Alaslasketut katot mallinnettiin myös WC-tiloihin. Alakattoselitteet lisättiin alaslaskettujen kattojen kohdalle. Työskentelystä rajattiin pois LVI- ja sähkötekniikan mallinnus.



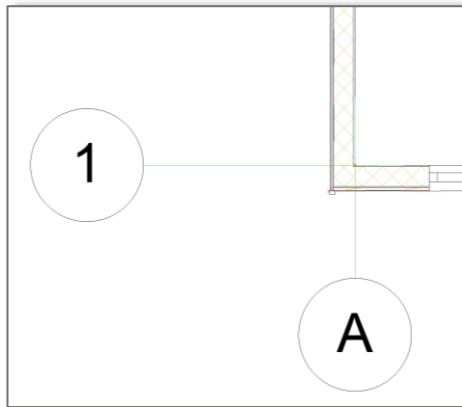
Kuva 16. Kuvakaappaus ArchiCAD-aloituspohjasta, leikkauskuva moduulista, keskellä tekniikkaosa, jossa alaslaskettu katto-osuus

Ulko-ovet, väliovet, ikkunat ja kalusteet, jotka ovat moduuleissa vakiona mallinnettiin paikoilleen.



Kuva 17. Kuvakaappaus ArchiCAD-aloituspohjasta, vesikalusteita ja rakenteita vakimoduulissa

Moduulit yhdistetään työmaalla, ja seinät eivät sijoitu tasan toisiaan vasten, vaan niiden väliin on jätettävä sauma. Tämä täytyy huomioida myös suunnittelussa, jotta rakennuksen kokonaismitoitus on oikea. Projektityöskentelyn helpottamiseksi moduuliin luotiin vyöhyke siten, että kun vyöhykkeet laittaa toisiinsa kiinni, tämä luo automaattisesti tarvittavan mittaisen saumaraon. Lisäksi vyöhykkeen reunaan luotiin kohdistuspiste. Kohdistuspiste luotiin myös sisäseinien kulmaan ja tämä piste kohdistetaan moduuliverkon kanssa.



Kuva 18. Kuvakaappaus ArchiCAD-aloituspohjasta, kohdistuspisteiden sijainti

Moduulivyöhykkeen lisäksi aloituspohjassa ei ole luotuna valmiiksi muita tilojen vyöhykkeitä. Nämä lisätään projektityöskentelyvaiheessa. Vyöhykkeille oli omat luokituksensa sekä tasonsa valmiina luotuina ja vyöhykkeet oli linkitetty määrälaskentataulukoihin.

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Z1 Bruttoala                   | ■ |
| Z2 Kerrosala 250mm             | ■ |
| Z3 Kerrosala                   | ■ |
| Z4 Huoneistoala                | ■ |
| Z4 Huoneala_yleinen            | ■ |
| Z4 Huoneala_WC-tilat           | ■ |
| Z5 Huoneala_asuintila          | ■ |
| Z5 Huoneala_uusi               | ■ |
| ✓ Z5 Huoneala_toimistotila     | ■ |
| Z5 Huoneala_tuotantotila       | ■ |
| Z5 Huoneala_varastotila        | ■ |
| Z5 Huoneala_opetustila         | ■ |
| Z5 Huoneala_lääkintätila       | ■ |
| Z5 Huoneala_erittelemätön_tila | ■ |
| Z5 Huoneala_tekniikkatila      | ■ |
| Z5 Huoneala_liikennetila       | ■ |

Kuva 19. Kuvakaappaus ArchiCAD-aloituspohjasta, vyöhykeluettelo

Mallintamisen perusideana kokonaisuudessaan oli, että projektiirustuksien tuottaminen olisi nopeaa ja tarvittavat lisämateriaalit, kuten määräluettelot, saataisiin helposti käyttöön. Aloituspohjaan asetettiin mahdollisimman pitkälle viedyt esiasetukset, jotta projektityöskentelyvaiheessa tulisi mahdollisimman vähän muokattavaa. Valmiiseen aloituspohjaan tehtiin myös pikaohje käyttöä varten.



## 5 ESIMERKKIPROJEKTI

Esimerkkiprojektin tekeminen oli olennaista aloituspohjan toimivuuden testauksen kannalta. Opinnäytetyön tekijä suunnitteli aloituspohjan avulla kaksikerroksisen rakennuksen.

Ensimmäisellä testauskerralla todettiin moduulin pitkän sivun ulkoseinän toimimattomuuden mustavalkoisten julkisivujen ehdollisten esitystapojen kanssa. ”Kaikki pintatäytteet läpinäkyviä” -sääntö teki seinän julkisivusta läpinäkyvän, joten tilalle piti mallintaa verhorakenne. Ehdolliset esitystapasäännöt pidettiin C90-järjestelmän aloituspohjaa vastaavana, jotta pohjien käytön yhtenäisyys säilyisi.

Pienet mittavirheet tulivat myös hyvin ilmi testaamisen yhteydessä. Kun aukko on mitoitettu yhden millin liian leveäksi, se näkyy hyvin julkisivukuvassa saumana.

Perusluettelointi näytti testaamisen yhteydessä toimivan kohtuullisesti, mutta joitain linkityksiä pitänee jatkossa vielä tarkentaa, jos tarkempaa luettelointia tarvitaan.

Visualisointi onnistui odotusten mukaisesti. Aloituspohjan kanssa työskentelyssä on huomioitava, että varsinkin sisätilojen pintamateriaalit ovat hyvin pitkälle samat (=maali, titaanivalkoinen). Sisätilojen visualisoinnille on ollut toistaiseksi suhteellisen vähän tarvetta. Jos tällaisia kuitenkin halutaan, se onnistuu kyllä, kunhan pintamateriaalimuokkausta tekee ArchiCADin puolella.

Jonkin verran yleistä muokkausta joutuu projektityöskentelyssä luonnollisesti tekemään, jotta lopputulos on siisti. Esimerkiksi leikkauskuvissa pitää huolehtia, että alakatto-osuudet ovat jatkuvia, eivätkä katkea moduulien välissä.

Kun useampi ihminen on päässyt testaamaan aloituspohjaa, muokkauksia ja kehitysideoita tulee varmasti lisää.



Kuva 20. Kuvakaappaus ArchiCAD aloituspohjasta, esitystapa: julkisivu, värillinen



Kuva 21. Kuvakaappaus ArchiCAD aloituspohjasta, esitystapa: julkisivu, mustavalkoinen



Kuva 22. Kuvakaappaus ArchiCAD aloituspohjasta, vyöhykkeet

| ADAPTEO Tilaluettelo |                   |                                 |
|----------------------|-------------------|---------------------------------|
| Nimi                 | Mitattu pinta-ala | Tilaohjelman mukainen pinta-ala |
| IV                   | 2,2               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| IV                   | 2,5               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| Käytävä & eteiset    | 35,2              | (15 m <sup>2</sup> )            |
| LE-WC                | 5,1               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| SIIV.                | 1,5               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| SIIV.                | 2,2               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| Sos.tila             | 8,3               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| Toinen               | 8,3               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| Toinen               | 8,3               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| Toinen               | 8,6               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| Toinen               | 9,9               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| Toinen               | 10,2              | (15 m <sup>2</sup> )            |
| Toinen               | 20,6              | (15 m <sup>2</sup> )            |
| Toinen               | 44,6              | (15 m <sup>2</sup> )            |
| VAR.                 | 0,9               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| WC                   | 1,3               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| WC                   | 1,3               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| WC                   | 1,4               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| WC                   | 1,5               | (15 m <sup>2</sup> )            |
| WC                   | 3,3               | (15 m <sup>2</sup> )            |

| ADAPTEO - Uudet seinät, määrälaskenta |       |                       |                                  |       |
|---------------------------------------|-------|-----------------------|----------------------------------|-------|
| Adapteo ID                            | Määrä | Emäviivan pituus (mm) | Nettopinta-ala (m <sup>2</sup> ) | Hinta |
|                                       | 4     | 8 105                 | 17,8                             | ---   |

| ADAPTEO 03. Uudet rakennusosat tiloittain |              |       |             |           |              |
|---|--------------|-------|-------------|-----------|--------------|
| Kerros                                    | Elementin ID | Määrä | Pituus (mm) | Pinta-ala | Muutosstatus |
| 1. kerros, ,                              | US2          | 2     | 2 600       | 7,2       | Uusi         |
|   | VO10         | 2     | ---         | ---       | Uusi         |
|   | VS10         | 2     | 5 505       | 10,6      | Uusi         |

Kuva 23. Kuvakaappaukset ArchiCAD aloituspohjasta, luetteloita



Kuva 24. Kuvakaappaus Twinmotionista, lähtötilanne, muokkaamattomat materiaalit



Kuva 25. Kuvakaappaus Twinmotionista, kevyt muokkaus, vakiovärit



Kuva 26. Kuvakaappaus Twinmotionista, muokkaus, vakiovärit



Kuva 27. Kuvakaappaus Twinmotionista, muokkaus, julkisivuvärimuutos



Kuva 28. Kuvakaappaus Twinmotionista, muokkaus, julkisivuvärimuutos

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena olevan aloituspohjan tekemisen koin merkitykselliseksi, koska voin hyödyntää sitä myös itse suunnitellessani C80-järjestelmän rakennuksia töissä. Aloituspohja tulee nopeuttamaan mielestäni varsinkin julkisivupiirustusten tuottamista. Lisäksi värilliset myyntipohjat ja pelastuskaaviot onnistuvat aloituspohjan avulla helpommin ja nopeammin. Visualisointeja ei ole voitu tarjota asiakkaalle C80-järjestelmästä ollenkaan ennen tätä aloituspohjaa. Myös muutosten päivittyminen eri piirustuksiin on automatisoidumpaa jatkossa ja säästää aikaa.

Aloituspohjan luomista helpotti se, että ensimmäinen aloituspohja C90-järjestelmälle oli jo luotu. Kaikki esiasetukset olivat siten jo valmiina. Työskentely painottui siis mallintamiseen sekä tiedoston muokkaamiseen uuteen järjestelmään sopivaksi.

Haasteena oli, että C90-järjestelmän aloituspohja on ollut työskentelykäytössä vasta vähän aikaa, eikä sen käyttö ollut vielä itselleni sujuvaa. Suuri osa ajasta menikin tiedoston ominaisuuksien läpikäymiseen yksityiskohtaisesti. Työssäni olen käyttänyt pääsääntöisesti AutoCAD-ohjelmistoa. Opinnäytetyöprosessissa minulla ei ollut käytettävissä tämän aloituspohjan tekijän ohjausta. ArchiCAD-osaamiseni rajoittui siis koulutuksessa oppimaani sekä itsenäiseen opiskeluun aiheesta.

Mallintamisessa oli huolellisesti vertailtava, että mallinnus tapahtuu vastaavasti kuin C90-järjestelmässä. Talo2000-luokitusten lisäksi piti tarkastella, mitä pitää identifioida Adapteon tietoihin.

Yksittäinen aikaa vieviä haasteellinen osuus oli verhorakenteen mallintaminen. C90-järjestelmän moduuleihin oli luotu verhorakenne, joka oli linkittynyt siten, että ikkunat ja ovet tekivät siihen automaattisesti aukon. Lukuisista yrityksistä ja opetusmateriaalista huolimatta en onnistunut luomaan vastaavaa, vaan kiersin lopulta ongelman aukottamalla verhorakenteen manuaalisesti eli poistamalla aukon kokoisen paneelin.

Prosessin aikana aloituspohjan ominaisuudet tulivat selkeämmiksi ja jatkossa onkin helpompi työskennellä näiden avulla. Hankitulla opilla on myös helpompi jatkossa luoda uusia aloituspohjia, jos tälle ilmenee tarvetta.

Aloituspohjaa voidaan vielä jatkokehittää ja viimeistellä. Saattaa olla, että moduulien tallentaminen omiksi viitetiedostoiksi on järkevää. Tällöin moduulin vyöhyke todennäköisesti voidaan linkittää moduuliin, jolloin se listautuu myös taulukoihin oikein. Samoin ”muokatut ja muokkaamattomat moduulit” -taulukointi on yhtenevä C90-järjestelmän aloituspohjan kanssa. Myös eniten käytetyt lisättävät rakenteet ja objektit, kuten väliseinät ja väliovet, kannattaa lisätä jatkossa ArchiCADin muistilistaan.

Moduulirakentamista ja siirtokelpoisia tiloja, voisi jatkossa myös tutkia enemmän, koska lähtöaineistoa vaikutti olevan melko vähän tarjolla. Tietoa tilapäisten tilojen kokonaiskustannuksista kansantaloudellisesta näkökulmasta olisi hyvä saada. Lisäksi voitaisiin seurata ja vertailla tilapäisten tilojen rakentamista suhteessa pysyvään rakentamiseen.



## LÄHTEET

Adapteo. n.d. Muunneltavat rakennukset. Verkkosivu. Viitattu 17.10.2021.  
<https://adapteo.fi/rakennukset>

Adapteo. n.d. Aina yhteistyössä. Verkkosivu. Viitattu 17.10.2021.  
<https://adapteo.fi/meista/miten-toimimme>

Adapteo. n.d. History. Verkkosivu. Viitattu 17.10.2021.  
<https://www.adapteogroup.com/about-adapteo/history>

Adapteo. n.d. Market and customers. Verkkosivu. Viitattu 17.10.2021.  
<https://www.adapteogroup.com/about-adapteo/market-and-customers>

Graphisoft. 2021. Archicad. Verkkosivusto. Viitattu 3.11.2021.  
<https://graphisoft.com/solutions/archicad>

Kokko, O. 2019. Kouvolalaishallissa rakennetaan kouluja- ”Tavoite on, että emme koskaan tee parasta”. Rakennuslehti 19.11.2019. Viitattu 8.10.2021.  
<https://www.rakennuslehti.fi/2019/11/kouvolalaishallissa-rakennetaan-kouluja-tavoite-on-etta-emme-koskaan-tee-parasta/>

Laki rakennuksen energiatodistuksesta 1.6.2013. Viitattu 15.10.2021.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2013/20130050>

Lappalainen, S. 2020. Väistötiloja käytetään laajasti, mutta tietoa käytön perusteista ja hyödyistä puuttuu. Verkkosivu. Viitattu 8.10.2021.

Lappalainen, S., Rautiala, S., Sainio, M., Kinnari, T. ja Hirvonen, S. Työterveyslaitos 2020. Minikatsaus: Väistö- ja erityispuhtaiden tilojen käyttö työpaikkojen sisäilmasto-ongelmatilanteissa ja tilaratkaisuihin liittyvien toimintatapojen nykytilanne. Pdf-dokumentti. Viitattu 8.10.2021.  
[https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2020/11/Minikatsaus\\_vaistotilat\\_pdf.pdf](https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2020/11/Minikatsaus_vaistotilat_pdf.pdf)

Micro Aided Design Oy. 2020. Aloituspohjat. Verkkosivusto. Viitattu 15.10.2021.  
[https://www.mad.fi/archicad\\_aloituspohjat](https://www.mad.fi/archicad_aloituspohjat)

Micro Aided Design Oy. 2014. Archicad-harjoituskirja. Päivitetty 3.10.2014. Viitattu 15.10.2021.  
[https://f.hubspotusercontent20.net/hubfs/7281220/AC%20k%C3%A4sikirjat/KM.HAR\\_web.pdf](https://f.hubspotusercontent20.net/hubfs/7281220/AC%20k%C3%A4sikirjat/KM.HAR_web.pdf)

Pelastuslaki 1.7.2011. Viitattu 8.11.2021.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>

Porthan, P. 2018. Moduulirakentaminen tuo murroksen rakennusteollisuuteen. Talotekniikka-lehti 28.11.2018. Viitattu 8.10.2021 <https://talotekniikka-lehti.fi/moduulirakentaminen-tuo-murroksen-rakennusteollisuuteen/>

Puuinfo 2020. Suunnittelu/Määräykset. Paloturvallisuus. Verkkosivusto. Viitattu 10.11.2021. <https://puuinfo.fi/suunnittelu/maaraykset/paloturvallisuus/>

Salmela, A., Tähtinen, K., Hartikainen, T., Pekkanen, J., Lampi, J., Jalkanen, K., Niemi, J., Lappalainen, S., Lahtinen, M., Sainio, M., Manninen, T., Wallenius, K., Salmi, K., Reijula, K. ja Lindqvist, H. Sisäilma ja terveys: kehitys, nykytilanne, seuranta ja vertailu eri maiden sekä julkisen ja yksityisen sektorin välillä. 17.10.2019. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja. Viitattu 8.10.2021. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-788-8>.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. 20.12.2017/1048. Viitattu 15.10.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20171048>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 1.1.2018. Viitattu 15.10.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2017/20171010>