



Juho Raunio

VIRTUAALINEN PIENTALO

VIRTUAALINEN PIENTALO

Juho Raunio  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, talonrakennustekniikka

---

Tekijä(t):	Juho Raunio
Opinnäytetyön nimi:	Virtuaalinen pientalo
Työn ohjaaja(t):	Martti Hekkanen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi:	Kevät 2013 Sivumäärä: 38 + 7 liitettä

---

Tämän työn tavoitteena oli suunnitella 3D-malli virtuaalisesta pientalosta ja pohdita mallintamisen hyötyjä nykyaikaisessa rakentamisessa. Suuri painoarvo työssä annettiin tilojen toimivuudelle, muunneltavuudelle ja rakennuksen pitkälle elinkaarelle. Työssä vertailtiin myös rakentamismääräyksiä eri aikakausilta lämmöneristysvaatimusten osalta ja perehdyttiin pientalon suunnittelutyöhön käytännön työn kautta.

Talo suunniteltiin ja mallinnettiin AutoCAD 2010 -ohjelmalla ja valmista 3D-mallia tutkittiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun CAVE-virtuaalilaboratoriossa. Tietomallintaminen ja virtuaaliset ympäristöt tulevat jatkossa yleistymään ja niiden sovellukset ovat tulossa osaksi kansalaisten arkipäivää. Rakentamisessa uusia tekniikoita otetaan käyttöön rakenteiden monimuotoisuuden lisääntyessä ja tuotannon tehokkuusvaatimusten kasvaessa.

---

Asiasanat: 3D-malli, pientalo, virtuaalilaboratorio, arkkitehtisuunnittelu

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 PIENTALON SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	7
2.1 Virtuaalipientalon pääsuunnittelija	7
2.2 Kaavoitus	8
2.3 Virtuaalipientalon tontti	9
3 ENERGIAMÄÄRÄYKSET	10
3.1 Rakentamismääräykset vuosina 1985 - 2013	10
3.2 Rakentamismääräykset vuosina 1985 - 2003	10
Virtuaalipientalon rakenteet vuonna 1985	11
3.3 Rakentamismääräykset 2013	12
3.4 Virtuaalipientalon rakenteet vuonna 2013	12
3.5 Passiivitalon rakenteet	13
3.6 Virtuaalipientalon rakenteet	13
4 PIENTALON RAKENTAMISEN NÄKÖALAT	15
5 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	17
5.1 Perheen toiveet ja tarpeet	17
5.2 Kaavamääräykset	17
5.3 Lämmitysmuoto ja sähköliittymä	18
5.4 Muut erityistoiveet ja budjetti	18
6 TILAKOHTAINEN ARKKITEHTISUUNNITTELU	20
6.1 Runkoratkaisu	21
6.2 Ilmansuunnat ja tilajako	21
6.3 WC- ja pesutilojen mitoitus	22
6.4 Talotekniikan sijoittaminen rakenteisiin	22
6.5 Saunaosaston suunnittelu	22
6.5.1 Löylyhuone ja kylpyhuone	23
6.5.2 Pukeutumistilat	23
6.5.3 Pesutilat ja WC:t	24
6.6 Kodinhoituhuone	24

6.7 Vaatesäilytys	25
6.8 Ruoan valmistus ja tarjoilu	25
6.9 Varautuminen tulevaisuuteen	27
7 ENERGIARATKAISUT JA NIIDEN TAUSTAT	28
8 KOHTEEN MALLINTAMINEN	30
8.1 Mallin esittely CAVE:ssa	32
8.2 Mallintamisen hinta ja hyödyt	33
9 KUSTANNUSARVION LAATIMINEN	36
10 ONGELMAKOHTIA	38
11 YHTEENVETO	40
12 LÄHTEET	42
LIITTEET	45

# 1 JOHDANTO

Pientalon suunnittelussa tulee huomioida lukemattomia asioita. Tontti, kaavamääräykset, energiamääräykset, omat tarpeet ja mieltymykset, taloustilanne, ilmansuunnat ja monet muut asiat ohjaavat suunnittelua ja ratkaisuja tiettyyn suuntaan. Usein nämä suunnat ovat pahasti ristiriidassa keskenään ja ilman huolellista suunnittelua lopputulos voi olla katastrofi. Vaikka kunnallisen rakennusvalvonnan rooli pientalorakentamisessa on nykyisin kääntymässä valvonnasta ohjaukseen ja opastukseen, jää rakennushankkeeseen ryhtyvälle silti erittäin suuri vastuu projektin onnistumisesta.

Erittäin harva pienrakentaja hallitsee kaikki osa-alueet, joten tästä syystä lainsäädäntö ohjaa rakentamiseen ryhtyvää hankkimaan avukseen pätevän pääsuunnittelijan sekä tarvittavan määrän muita avustajia. Pääsuunnittelija vastaa kokonaisuuden ja osa-alueiden toimivuudesta. (1, s. 5.) Jos taloa hankitaan osittain tai kokonaan valmiina pakettina, kannattaa rakennuttajan hankkia omaa etuaan ja rahapussiaan valvomaan oma valvoja varmistamaan hyvä lopputulos.

Rakennusmestari (AMK) on lain mukaan riittävä muodollinen pätevyys tavanomaisen pientalon pääsuunnittelijan vaatimaan tehtävään (1, s. 12). Pientalohankkeessa pääsuunnittelijaksi valitaan usein vastaava työnjohtaja tai arkkitehti. Yhtenä tämän työn tarkoituksena olikin selvittää työn tekijälle, kuinka mittava projekti pientalon arkkitehtisuunnittelu ja alustava kustannusarviointi on.

Energiamääräykset ohjaavat kaikkea rakentamista. Tässä työssä tarkasteltiin suunnittelun ohessa myös eri aikakausien määräysten vaikutusta käytännön ratkaisuihin. Tulevaisuus on aina edessämme, joten perinteisen rakentamisen ja suunnittelun ohessa työssä pohdittiin myös tulevaisuuden asuntokauppaa, jota vauhdittaa pullantuoksuinen virtuaalitodellisuus CAVE-ympäristössä. Virtuaalinen pientalo luonnosteltiin ja suunniteltiin Autodesk AutoCAD 2010 -ohjelmalla.

## 2 PIENTALON SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Suomessa rakentamista ohjataan lainsäädännöllä ja viranomaisvalvonnalla. Valvovia ja opastavia viranomaisia ovat kunnallinen rakennusvalvonta ja palo- ja pelastusviranomaiset. Lait ja määräykset ohjaavat muun muassa hankkeen suunnittelua, rakenteellisia ratkaisuja, käytettävien materiaalien laatua ja sopimuksia sekä työvoiman käyttöä.

Tärkein rakentamista ohjaava laki on maankäyttö- ja rakennuslaki, jonka pohjalta ja tulkinnoista on koottu rakentamismääräyskokoelma. Rakentamismääräyskokoelman määräykset ovat velvoittavia, mutta niiden ohessa on myös ohjeellisia ratkaisuja, jotka täyttävät lain kirjaimen. (1, s. 2.)

Rakennushankkeeseen ryhtyvän velvollisuudet on kirjattu rakentamismääräyskokoelman osaan A2. Hankkeeseen ryhtyvällä tulee olla käytettävissään riittävän pätevät suunnittelijat, vastaava työnjohtaja sekä tarpeen mukaan muiden alojen päteviä suunnittelijoita. (1, s. 5.)

Rakennus tulee suunnitella siten, että se on voimassaolevien lakien ja määräysten mukainen. Lisäksi rakennukselta edellytetään muun muassa soveltuvuutta ympäristöön, turvallisuutta, viihtyisyyttä ja kestävyyttä niin ekologiselta kuin kulttuuriseltakin kannalta. (1, s. 3 - 4.)

### 2.1 Virtuaalipientalon pääsuunnittelija

Tontti sijaitsee keskellä Oulun kaupunkia ja arkkitehtisuunnittelun tavoitteena oli 1900-luvun taitteen kaupunkitalo, joten lopputulosta tullaan arvioimaan kriittisesti. Seuraavat määräykset löytyvät maankäyttö- ja rakennuslaista: ”rakennus täyttää kauneuden ja sopusuhtaisuuden vaatimukset (MRL 117§)” ja ”suunniteltu rakentaminen ei turmele historiallisesti tai rakennustaiteellisesti arvokkaita rakennuksia tai kaupunkikuvaa (MRL 118§)” (1, s. 3).

Kauneuden ja sopusuhtaisuuden vaatimus jättää runsaasti tilaa tulkinnalle, ja toisaalta historiallisesti ja rakennustaiteellisesti arvokkaiden rakennusten

suojelu on usein saanut väistyä uuden ajan tarpeiden tieltä. Näin ollen vanhan kaupunkikuvan osittaiseenkin palauttamiseen voitaisiin suhtautua jopa kulttuuritekona. Kun rakennus sijaitsee erittäin vaativassa ympäristössä, kuten keskusta-alueella, edellytetään AA-luokan pätevyyttä eli käytännössä arkkitehdin koulutusta ja useiden vuosien suunnittelukokemusta. (1, s. 12.)

Rakennusmestarin (AMK) pätevyys ja riittävä kokemus rakennussuunnittelusta riittävät rakentamismääräyskokoelman mukaan pienehkön tai teknisiltä yksityiskohdiltaan tavanomaisen rakennuksen suunnittelutehtäviin.

Reunaehtoina ovat muun muassa enintään kaksi kerrosta, tavanomaiset pientalon rakenteet ja vaatimaton toiminnallinen ja arkkitehtoninen tavoitetaso. (1, s. 12.)

## **2.2 Kaavoitus**

Maankäyttöä ohjataan kaavoituksella. Kaiken kaavoituksen taustalla vaikuttaa maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL). Kaavoitus lähtee valtakunnalliselta tasolta alueidenkäyttötavoitteista ja tarkentuu maakuntakaavojen, yleiskaavan ja asemakaavan kautta käsittämään yksittäiset tontit ja rakennuspaikat. Kunnalliseen tasoon kuuluu myös ranta-asemakaava. (2.)

Ympäristöhallinnon vastuulla on kaavoituksen ohjaaminen ja kehittäminen valtakunnallisella ja maakuntatasolla. Alueelliset ELY-keskukset valvovat ja ohjaavat kuntien kaavoitusta. (2.)

Kunnat laativat yleiskaavan ja sen perusteella asemakaavat. Yleiskaavassa määritetään eri toimintojen kuten työpaikkojen, asumisen, virkistykseen ja liikenteen sijoittelu ja yhteyksien tarve. Yleiskaavalla varmistetaan, että yhdyskuntarakenne on toimiva ja eri toimintojen tarpeet on huomioitu kestäväällä ja taloudellisella tavalla. (2.)

Asemakaavoitus lähtee maankäyttö- ja rakennuslain 54§:n määräyksestä luoda edellytykset terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle elinympäristölle. Lisäksi palvelujen saatavuus ja liikenteen järjestelyt tulee huomioida asemakaavoituksessa. Näistä lähtökohdista kunnat kaavoittavat alueita asumiseen ja määrittelevät kerrokorkeudet, rakennusoikeuden määrän suhteessa tontin



kokoon ja muut alueen yleiseen ilmeeseen ja toiminnallisuuteen vaikuttavat tekijät. Kaiken takana tulisi olla toimiva yhdys-kuntarakenne, joka turvaa asukkaiden viihtyvyyden ja palvelut kaikille tasapuolisesti. (2.)

### **2.3 Virtuaalipientalon tontti**

Virtuaaliselle pientalolle on hankittu virtuaalinen tyhjä tontti Oulun keskustasta. Koska rakennuskelpoinen maa Oulun keskusta-alueella on erittäin kallista ja kysyntä suurta, on tontti vuokrattu Oulun kaupungilta pitkäaikaisella sopimuksella. Näin tontti ei sido kohtuuttomasti rakennuttajan pääomaa.

Tontti rajoittuu kahdelta sivultaan katuun ja kaavamääräyksissä edellytetään, että rakennus sijoitetaan kiinni katualueeseen. Julkisivun portaikko saatiin sijoittaa osittain jalkakäytävälle erillisen harkinnan ja suunnitelmien tarkistuksen jälkeen, koska sen ei katsottu merkittävästi haittaavan liikennettä tai puhtaana-pitoa katualueella.

Tontin leveys on 25 metriä ja syvyys 20 metriä, pinta-ala yhteensä 500 m<sup>2</sup>. Tontille haetun ja vahvistetun kaavamuutoksen jälkeen kaavamerkintä on AO (asuinpientalo), tehokkuusluku e=0,9 ja kerrosluku II, eli rakennusoikeutta on käytettävissä yhteensä 450 m<sup>2</sup> kahdessa kerroksessa.

Pihatien liittyminen katuun on merkitty kaavassa talon itäpäätyyn tontin pitkälle sivulle. Pitkän sivun kadunvastaiselle osalle saa rakentaa enintään 2 metriä korkean aidan talon ja naapuritalon väliin. Muulle kadunvastaiselle rajalle saa rakentaa enintään 2,5 metriä korkean ympäristöön sopivan aidan näkösuojaksi.

Samana kadun varressa oleva naapuritalo edustaa 1920-luvun puutalo-arkkitehtuuria ja lyhyen sivun tonttinaapurina on 1900-luvun lopulla rakennettu moderni lasi- ja tiiliverhoiltu hotellirakennus. Viereisissä kortteleissa on elementtirakenteisia asuin- ja liiketaloja. Rakennustapaohjeen mukaan uudisrakennuksen tulee sopeutua ympäristöönsä ja vanhaan rakennuskantaan.

### **3 ENERGIAMÄÄRÄYKSET**

Pientalon rakentajan kannalta tärkeimmät rakentamismääräyskokoelman osat ovat lämmöneristävyyttä käsittelevä C3 ja rakennusten energiatehokkuutta käsittelevä D3. Rakennus on aina kokonaisuus, jota tulisi tarkastella kokonaisuutena lämpötalouden, kosteuden hallinnan ja eri järjestelmien yhteen sovittamisen kannalta. Varsin usein huomio kuitenkin kiinnittyy vain määräyksissä asetettuun lämmöneristävyysvaatimukseen ja sitä kautta lämmöneristeiden määrään.

Rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon lämpöhäviöitä on rajoitettu, jotta saavutettaisiin hyvä energiatehokkuus ja tekninen toimivuus. Jokaiselle rakennukselle määritellään lämpöhäviölle vertailuarvo, joka suunniteltujen ratkaisujen on saavutettava. Rakenteiden ja järjestelmien määräystenmukaisuus osoitetaan tasauslaskelmalla kohteen tietojen mukaan. Rakennuslupaa haettaessa on hakemukseen liitettävä energiaselvitys, jossa osoitetaan määräysten täyttyminen sekä esitetään rakennuksen energiatodistus. (3, s. 5, 13.)

#### **3.1 Rakentamismääräykset vuosina 1985 - 2013**

Rakennusten energian kulutusta on ohjattu vuosien saatossa eri tavoin. Virtuaalipientalon suunnitteluvaiheen päätyttyä perehdyttiin eri aikakausien rakentamismääräyksiin. Vertailuun valittiin nykyiset vuonna 2012 voimaantulleet määräykset, vuoden 1985 määräykset sekä nykyisin nousevana trendinä olevan passiivirakentamisen ohjeet. (Liite 1.)

#### **3.2 Rakentamismääräykset vuosina 1985 - 2003**

Ennen tällä vuosituhanella tehtyjä useita päivityksiä rakentamismääräyskokoelman lämmöneristystä koskeva osa oli voimassa huomattavan kauan. Vuonna 1983 laadittu C3 oli voimassa vuoden 1985 alusta aina vuoteen 2003 asti.

Yleiset asiat kuten lämpimien ja puolilämpimien tilojen määritelmät ovat säilyneet nykypäiviin saakka, mutta eri rakennusosille asetetut

lämmönläpäisykertoimien minimivaatimukset ovat kiristyneet uudistuksissa selvästi. Vuoden 1985 versiossa lämmönläpäisykerroin tunnetaan k-arvona, nykyisin käytetään termiä U-arvo (molempien yksikkö  $W/m^2K$ ). (4, s. 1).

Lämpimien tilojen ulkoseinien sallittu U-arvo oli 0,28 ja yläpohjan 0,22. Maata vasten olevien seinien ja alapohjien U-arvoksi sallittiin 0,36. Ikkunoiden ja ovien osalta sallittiin erilaisia arvoja käyttötarkoituksen mukaan. Ikkunan valoaukon k-arvo sai olla 2,1 siinä missä näyteikkunalle sallittiin arvo 3,1. Ikkunoita sallittiin enintään 15 % kerrosalasta ja enintään 70 % huoneen ulkoseinän alasta. Ikkunoiden suurempaa lämpöhäviötä voitiin kompensoida muilla rakenteilla. (4, s. 2.)

Oven umpiosalle ja tuuletusluukulle vaadittu arvo oli suhteellisen kireä 0,7. Tämä tosin koski vain oven eristettyä osaa. Vaipan osille (seinä sekä ylä- ja alapohja) suurin sallittu arvo oli 0,60. Tämä edellytti kuitenkin lämpöhäviöiden kompensatiota muissa rakennuksen osissa. (4, s. 2 - 3.)

### **Virtuaalipientalon rakenteet vuonna 1985**

Ulkoseinässä on sisäpuolella 200 mm:n kevytsoraharkko, ulkopinnassa 120 mm:n betoni ja välissä eriste. Lisäämällä 60 mm polyuretaanieristettä (lämmönjohtavuus  $0,023 W/m^2K$ ) saadaan U-arvovaatimuksen 0,28 täyttävä rakenne. Seinän kokonaispaksuudeksi tulisi tällöin 380 mm. (Liite 2.)

Yläpohjassa U-arvovaatimus on 0,22. Yläpohjan ontelolaatan lämmönjohtavuutena käytetään betonin lämmönjohtavuuden arvoa 1,7. Yläpohjaan olisi lisättävä vuorivillaa (lämmönjohtavuus  $0,036 W/m^2K$ ) noin 160 mm, jotta vaatimus täytyisi. Rakenteen kokonaispaksuudeksi tulisi tällöin 360 mm. (Liite 2.)

Maanvastaisen alapohjan U-arvovaatimus on 0,36. Tämä tarkoittaa, että 80 mm betonilaatan alle tarvittaisiin 60 mm polyuretaanilevy ja vähintään 200 mm:n sepelikerros (rakenteen U-arvo 0,35). (Liite 2.)

Lämmöneristeiden määrästä voidaan päätellä, että eristeiden asennuksessa syntyisi vanhoilla määräyksillä merkittävää säästöä. Ohuemmillä eristeillä

rakennuksen energiankulutus kuitenkin nousisi huomattavasti. Ikkunoiden ja ovien kiristyvät energiatehokkuusvaatimukset ovat parantaneet tuotteiden energiatehokkuutta merkittävästi. Nykyisin vaadittava U-arvo 1,0 on saavutettavissa vaivattomasti niin ovissa kuin ikkunoissakin.

### **3.3 Rakentamismääräykset 2013**

Nykyisin voimassaolevat energiamääräykset ovat huomattavasti tiukemmat. Lisäksi eri järjestelmien energiankulutukseen on alettu kiinnittää entistä tarkempaa huomiota. Ilmanvaihdon koneellistuminen on lisännyt hukkalämmön määrää, joten ilmanvaihdon hukkalämmöstä on otettava talteen vähintään 45 % Tätä häviötä voidaan kompensoida myös muuta lämmönhukkaa vähentämällä, joten periaatteessa koneellinen ilmanvaihto ei ole pakollinen. Käytännössä määräykset ilmanvaihdosta vaikeuttavat painovoimaisen ilmanvaihdon toteuttamista uudisrakentamisessa. (5, s. 10, 23.)

Ilmanvuotoluvun merkitys on kasvanut, kun rakenteiden kosteudenhallinnasta on tullut yhä merkittävämpi osa rakentamisen arkea. Paksutkaan lämmöneristeet eivät toimi toivotulla tavalla, jos vaipan tiiveydestä ei huolehdita. Lisäksi hallitsematon ilmavuoto voi huonontaa sisäilman laatua. (5, s. 19.)

### **3.4 Virtuaalipientalon rakenteet vuonna 2013**

Ulkoseinän vertailuarvo on nykyisin 0,17, yläpohjan 0,09 ja maanvastaisen alapohjan 0,16. Ovien ja ikkunoiden vertailuarvo on 1,0. Ikkunapinta-alan vertailuarvo on 15 % kerrosalasta (maanpäälliset kerrokset), kuitenkin enintään 50 % julkisivupinta-alasta. (6, s. 7 - 8.)

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhteen on oltava vähintään 45 %, ellei häviötä kompensoida muilla ratkaisuilla. Ilmanvuotolukuna käytetään arvoa 4, jos muuta ei tutkimuksin osoiteta (3, s. 11 - 12).

Virtuaalipientalon seinärakenteissa U-arvovaatimus 0,17 edellyttää 110 mm:n polyuretaanieristettä. Käytännössä päädyttäisiin 120 mm:n levyyn, jolloin U-arvo olisi jo 0,16.

Yläpohjan vertailuarvoon 0,09 päästään 390 mm:n kerroksella vuorivillaa. Maanvastaisen alapohjan eristeeksi tarvitaan 80 mm betonilattian alle 140 mm polyuretaania ja vähintään 200 mm:n sepelikerros, jotta vertailuarvo 0,16 täytyisi. (Liite 2.)

### 3.5 Passiivitalon rakenteet

Passiivitalon erottaa tavanomaisesta talosta sen erittäin matala lämmitysenergian tarve. Suuren osan vuodesta rakennuksen lämmitykseen riittää ihmisten ja laitteiden tuottama hukkalämpö. Lisäksi kesäaikainen jäähdytyksen tarve on minimoitu hyvällä suunnittelulla ja rakenteellisilla ratkaisuilla. Tästä syystä pelkkä eristeiden lisääminen ei tee talosta automaattisesti passiivitaloa, vaan kyseessä on aina kokonaisratkaisu. (7.)

Passiivitalon rakenteet on poimittu polyuretaanieristeitä valmistavan SPU Oy:n passiivi- ja matalaenergiarakentamisen ohjeista. Passiivitalon U-arvo tavoitteet ovat suluissa rakenteilla saavutetun arvon perässä:

- Seinän lämmöneristeenä käytetään kahta 120 mm:n SPU AL, jolloin U-arvoksi saadaan 0,087 (0,09).
- Yläpohjan lämmöneristeenä on 150 mm:n ja 170 mm:n SPU AL, jolloin U-arvo on 0,071 (0,07).
- Alapohjan lämmöneristeenä käytetään 120 mm:n ja 100 mm:n SPU AL, jolloin U-arvo on 0,102 (0,10).
- Ikkunoiden U-arvona käytetään 0,8 ja ovien 0,4.
- Lämmön talteenoton hyötysuhdetavoite on 75 % ja ilmanvuotolukutavoite  $n_{50} = 0,6$  (varmistetaan mittauksella). (8.)

### 3.6 Virtuaalitalon rakenteet

Virtuaalitalon lämmöneristeenä on käytetty pääasiassa SPU:n tuotteita. Polyuretaanilevyt toimivat seinissä höyrynsulkukerroksena ja niillä saavutetaan hyvä lämmöneristävyys villaeristeitä ohuemmilla seinärakenteilla.

Yläpohjassa käytettiin asentamisen helpottamiseksi polyuretaanin sijaan kaksi kerrosta 100 mm:n levyistä vuorivillaa, jonka päälle puhalletaan 300 mm vuorivillaa. Rakenteen U-arvoksi tulee näin 0,059. (8.)

## 4 PIENTALON RAKENTAMISEN NÄKÖALAT

Tilastokeskuksen tietokannan mukaan postinumeroalueen 90100 vanhojen vapaarahoitteisten asuntojen keskihinta vuonna 2012 oli 2 337 euroa/m<sup>2</sup> (9). Uuden pientalon rakennuttamiskustannukset olivat Rakennustutkimus RTS Oy:n mukaan 2011 vuonna 1 530 euroa/brutto-m<sup>2</sup>. Hinta on laskettu 200 m<sup>2</sup> indeksitalolle, joka on muodostettu vuoden 2011 aikana rakennettujen pientalojen koon, hinnan ja rakenneratkaisujen keskiarvosta ja edustaa siten teoreettista keskivertotaloa. Hinta ei sisällä tonttia. (10.)

Vanhojen talojen keskihintaa ja uuden pientalon keskimääräistä neliöhintaa vertaamalla huomataan, että uuden pientalon rakennuttaminen on noin 800 euroa/brutto-m<sup>2</sup> edullisempaa kuin vanhan ostaminen. Toki täytyy muistaa, että talon neliömäärän kasvaessa neliöhinta yleensä laskee jonkin verran, joten 400 neliömetrin talon hinta ei ole välttämättä sama kuin kahden 200 neliömetrin talon hinta yhteenlaskettuna.

Suunnitellussa virtuaalipientalossa on yhteensä noin 470 brutto-m<sup>2</sup> ja noin 370 m<sup>2</sup> huoneistoalaa (liite 3). Jos tällainen talo olisi myytävänä Oulun keskustassa, sen hintapyyntö voisi laskennallisesti (huoneistoalan mukaan) olla noin 864 000 euroa. Talon rakennuttaminen maksaisi (indeksitalon hinnoilla) noin 720 000 euroa (10).

Tällaisen laskelman perusteella rakennuttaminen olisi ehdottomasti kannattavaa. Täytyy kuitenkin muistaa, että yksittäisissä niin sanotuissa arvokiinteistöissä hinnat voivat olla keskiarvoa huomattavasti korkeampia. Samoin rakentamiseen ja pintamateriaaleihin täytyy panostaa enemmän, jotta mahdolliset asiakkaat olisivat kiinnostuneita kohteesta. Virtuaalipientalossa tämä on huomioitu ja kustannusarvioksi tuli noin 907 000 euroa eli 1 920 euroa/brutto-m<sup>2</sup>.

Jos tällainen kohde voitaisiin toteuttaa Oulun keskustaan, potentiaalisia ostajia olisi todennäköisesti vähän jo pelkästään korkean hinnan vuoksi. Toisaalta todelliset ostajat olisivat sitäkin maksukykyisempiä.

Rakennusliikkeelle kaupallinen riski perustajaurakoinnissa olisi liian suuri juuri pienen kohderyhmän vuoksi.



## 5 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Pientalon suunnittelun lähtökohtana oli kartoittaa kuvitteellisen tilaajaperheen tarpeet ja toiveet ja suunnitella kaupunkipientalo nykyaikaisin varustein ja rakentein mutta vanhaa arkkitehtuuria kunnioittavasti lainaten. Lisäksi on huomioitu huonetilojen muunneltavuus tulevaisuudessa ja rakenteellinen kestävyys. Kuvitteellisen tilaajaperheen edustajana ja äänenä toimi tarvekartoituksessa ja luonnoskierroksilla Kaisa Halmkrona.

### 5.1 Perheen toiveet ja tarpeet

Vanhemmat ovat sosiaalisia ja järjestävät säännöllisesti illalliskutsuja ja saunailtoja niin koti- kuin ulkomaisillekin vierailleen. Heidän toiveenaan olivat erilliset tilat ruokailulle ja ruoanlaitolle sekä tilavat sauna- ja pukeutumistilat. Erillistä työhuonetta ei pidetty välttämättömänä, sillä molemmilla oli käytössään toimisto työpaikallaan ja lapset muuttaisivat pian pois kotoa, jolloin makuuhuoneita vapautuisi vieras- ja työhuoneiksi. Tämänkin vuoksi makuuhuoneiden määräksi riittäisi kolme.

Perheen kaksi lasta ovat jo lukioiässä ja tarvitsevat omat makuuhuoneet työkentelyyn ja vapaa-aikaan. Lisäksi he toivovat omia WC-tiloja huoneidensa yhteyteen.

Isän erityistoiveena oli tilava eteishalli vieraiden vastaanottoon ja oleskelutilan jatkeeksi suurissa juhlissa. Äiti painotti tässä vaiheessa, että eteisen yhteydessä on oltava riittävät tilat vieraiden ulkovaatteiden säilytykseen, mutta kaipasi huomaamatonta ratkaisua avonaulakoiden sijaan. Ehdottomana vaatimuksena oli näiden tilojen lattioiden helppohoitoisuus ja arvokas ulkonäkö. Molemmat ihastuivat ajatukseen graniitti- tai marmorilaatoituksesta.

### 5.2 Kaavamääräykset

Tontin kaavamääräykset sallivat rakentamisen kahteen kerrokseen, rakennusoikeutta on käytettävissä 450 kerrosneliometriä. Tontti on suhteellisen ahdas, joten varsinaista pihaa ei välttämättä tarvita. Pääsisäänkäynti tulee kiinni jalkakäytävään ja katualueeseen, joten mahdollinen oleskelupiha ja auton

säilytys on sijoitettava takapihalle. Mahdolliseen autokatokseen tuli varautua suunnittelussa ja pysäköintipaikalle tuli sijoittaa lämmitystolppa.

### **5.3 Lämmitysmuoto ja sähköliittymä**

Lämmitysmuodoksi valittiin kaukolämpö, koska talo sijaitsee Oulun keskustassa ja kaukolämpö on helposti saatavilla. Sähköliittymän alustavan mitoituksen yhteydessä todettiin suunnitellun kiukaan suuren tehon (jopa 18 kW) vaativan 3x63 ampeerin pääsulakkeen. Suurin murhe tässä vaihtoehdossa oli sähkön siirron perusmaksujen suuruus, mutta mahdollisuus sähköautojen lataamiseen tulevaisuudessa sinetöi valinnan.

Suunnitteluvaiheessa tehty sähkön siirtohinnaston tutkiminen osoitti, ettei perusmaksuissa ollut suurta eroa. Yksiaikaisella mittauksella perusmaksut ovat samat 3x25 A- ja 3x63 A -liittymille (49,25 euroa/vuosi), aikasähköllä (yö- ja päivä sähkö) eroa oli noin 207 euroa/vuosi ja kausisähköllä (talviarkipäivä/muu aika) noin 180 euroa/vuosi pienemmän liittymän hyväksi. Liittymäksi valittiin 3x63 A -aikasähköliittymä (yö- ja päivä sähkö mitataan erikseen), jonka vuosimaksu on 1.3.2013 alkaen 290,46 euroa/vuosi. (11.)

### **5.4 Muut erityistoiveet ja budjetti**

Rakenteellisesti talosta toivottiin matalaenergia- tai passiivitasoista, toisaalta kaivattiin 1800-luvun lopun tai 1900-luvun alun kaupunkitalojen arkkitehtuuria. Myös tilojen ja toimintojen käytännöllisyyttä haluttiin painottaa. Alustavaksi budjetiksi sovittiin 1,0 - 1,2 miljoonaa euroa ilman tonttia.

Näistä lähtökohdista laadittiin alustavat pohjapiirustukset, jotka kävivät läpi kaikkiaan neljä palautekierrosta ennen lopullista päätöstä. Matkan varrella muun muassa kuvassa 1 näkyvät päätyjen erilliset parvekkeet saivat väistyä pesutilojen tieltä ja keittiöön lisättiin ulko-ovi liikkumista yksinkertaistamaan.



*KUVA 1. Virtuaalisen pientalon varhainen luonnos*

Loppuvaiheessa myös katto muutettiin kuparipeltisestä aumakatosta bitumi-huovalla päällystetyksi mansardikatoksi (liite 4). Materiaali vaihdettiin teknisistä syistä ja katon muoto puhtaasti ulkonäöllisistä syistä. Jyrkkälappeisen mansardikaton katsottiin sopivan paremmin perinteikkään kaupunkitalon ilmeeseen. Mansardikatto antaa kuitenkin myös mahdollisuuden tulevaisuudessa laajentaa sisätiloja kolmanteen kerrokseen, mikäli kaavoitus ja rakennusvalvonta sen sallivat. (Liite 3.)

## 6 TILAKOHTAINEN ARKKITEHTISUUNNITTELU

Suunnittelun lähtökohtana oli visio eteishallista, jota dominoi leveä portaikko ja suuret ikkunat takaseinällä. Muutamien luonnosten jälkeen päädyttiin kaksiosaiseen ratkaisuun. Keskeltä nousee leveä yksivartinen portaikko lepotasanteelle, jota rajaa hallin takaseinä. Keskiportaan kyljessä on kapeammat yksivartiset portaat, jotka nousevat hallin keskellä olevalle yläkerran tasanteelle.

Sivuportaiden alle sijoitetaan sähköpääkeskus ja lämmönjakokeskus. Portaikon kaiteet muurataan harkoista ja tasoitetaan. Kaikki askelmat laatoitetaan samalla laotalla kuin eteishallin lattia. (Liite 5.)

Huolimatta portaiden näennäisestä massiivisuudesta, ne täyttivät vain noin 4 % (19,5 m<sup>2</sup>) kokonaiskerrosalasta. Vertailun vuoksi esimerkiksi kaksikerroksisessa 170 m<sup>2</sup>:n pientalossa portaiden osuus on vähintään noin 4 m<sup>2</sup> eli 2,3 % kerrosalasta.

Eteishallin leveydeksi tuli 5 metriä ja syvyydeksi 9,6 metriä. Hallin etuseinä on vedetty sisään, jotta ulko-ovien eteen saadaan tuulensuojainen tasanne. Samalla tästä sisäänvedetystä osasta syntyi luontevasti yläkertaan parveke. Sisäänvedetylle osalle ryhtiä toivat pyöreistä kevytsoraharkoista muuratut pylväät.

Ulko-oveksi tuntui luontevalta valita leveä 16x21-pariovi. Toinen ovista toimii normaalina käyntiovena ja toinen voidaan tarvittaessa avata sisäpuolelta käyntioveksi. Oven sivuille suunniteltiin kapeat (500 mm) ja korkeat (1500 mm) kiinteät ikkunat tuomaan valoa eteishalliin ja keventämään sisääntulon julkisivua. Sivuiikkunoiden mitoituksesta sai alkunsa ajatus kiinteästä ikkunasta ovien yläpuolelle. Oviaukon päälle sijoitettiin 3x16-ikkuna, jolloin ikkunoiden ja oviaukon ylälinjat saatiin samaan tasoon ja kokonaisuus linjakkaaksi.

## 6.1 Runkoratkaisu

Eteishallin suunnittelun jälkeen kiinnitettiin huomio rakennuksen runkoon. Alkuajatuksena oli tehdä betoninen sisäkuori paikalla valamalla, mutta suunnittelun vaatiman työmäärän vuoksi päätettiin käyttää 200 mm:n kevytsoraharkoista muurattua rakennetta, joka alkaa suoraan anturan päältä. Harkkoseinien päälle asennetaan välipohjaksi 200 mm:n ontelolaatat, joiden päältä muurataan yläkerran kantava harkkorunko. Kantavana yläpohjarakenteena toimii niin ikään 200 mm:n ontelolaatta. Samalla päätettiin vaihtaa työmaalla valetut portaat tehdasvalmisteisiin elementteihin, jotka asennetaan välipohjan ontelolaatta-asennuksen yhteydessä. Tästä syntyi jonkin verran ajallista säästöä.

Kantava harkkorunko koostuu kolmesta lohkoista. Keskimmäisen lohkon rajaa eteishalli, jonka kaikki seinät ovat kantavia. Sen molemmin puolin on kaksi symmetristä lohkoa, joiden ulkoseinät ovat kantavia. Ulommaisten lohkojen leveys on 6 metriä, jolloin voidaan käyttää suhteellisen pieniä ontelolaattoja. Laattakenttien kantavia linjoja ovat rakennuksen pitkittäiset harkkoseinälinjat.

## 6.2 Ilmansuunnat ja tilajako

Pääsisäänkäynti on suoraan kohti pohjoista. Tämän vuoksi ruokasali ja keittiö sijoitettiin itäpuoliseen lohkoon alakertaan, jolloin ne kylpevät aamuauringossa. Keskipäivän aikaan aurinko paistaa eteishallin suurista ikkunoista portaikkoon ja lämmittää kivipintoja. Iltapäivällä aurinko paistaa länsipuolen lohkolla, joten sinne oli luontevaa sijoittaa sauna- ja pesutilat sekä olohuone, jossa vietetään aikaa päivällä ja iltaisin.

Olohuoneeseen suunniteltiin myös mahdollisuus useamman tietokoneen yhtäaikaiseen käyttöön esimerkiksi työ- tai pelikäytössä. Tätä tarkoitusta varten olohuoneeseen ja muihinkin oleskelutiloihin asennetaan riittävä datakaapelointi ja tarpeellinen määrä sähköpistokkeita.

Makuuhuoneet sijoittuvat pääasiassa pohjoiselle seinustalle, joka on viileämpi. Kadun melua torjumaan suunniteltiin massiiviset rakenteet ja tarkoitukseen sopivat ikkunat. Lisäksi makuuhuoneet sijoitettiin toiseen kerrokseen, jotta

ohikulkijat eivät näe ikkunoista sisään. Kaksi pienempää makuuhuonetta ovat keskenään identtisiä, päämakuuhuoneessa on tilasta erotettu vaatehuone.

Vaatehuoneen seinät täytetään vaatekaapeilla ja lisäksi sinne on sijoitettu kerrosten välisiä IV- ja muita putkivetoja varten muurattu hormi. Hormin alapuolella alakerrassa on keittiössä alakatto, joka rajoittuu toisesta päästään lämmönjakokeskuksen seinään.

### **6.3 WC- ja pesutilojen mitoitus**

WC-tilojen monipuoliseen tarpeeseen vastaamaan suunniteltiin neljä WC-tilaa kahden ryhminä. Itälohkossa molemmissa makuuhuoneissa on oma WC-tilansa, länsilohkossa toinen WC palvelee suurinta makuuhuonetta ja toinen olohuonetta. (Liite 6.) Näin ollen olohuoneesta ei tarvitse poiketa makuuhuoneen WC:hen eikä makuuhuoneesta tarvitse mennä olohuoneeseen asti WC-käynnille.

Itälohkossa makuuhuoneiden välissä on aula, johon sijoitetaan liinavaatekaappeja ja joka toimii liikenteen jakajana ja ääneneristeenä makuuhuoneiden välillä. Länsilohkossa aulan tila on yhdistetty olohuoneeseen. Yläkerran portaat päättyvät aulan levyiseen tasanteeseen, jonka molemmissa päissä on 16x21-pariovet. Näistä ovista kuljetaan aulaan ja olohuoneeseen.

### **6.4 Talotekniikan sijoittaminen rakenteisiin**

Alakattoja on käytetty runsaasti, koska ne mahdollistavat suurtenkin IV-kanavien, sähköjohtojen ja viemäröntien kuljettamisen rakenteissa siististi ja huomaamatta. Lisäksi ne helpottavat ylläpitoa ja tulevaisuuden remontteja, kun rakenteita ei tarvitse piikata auki putkiremontin vuoksi.

### **6.5 Saunaosaston suunnittelu**

Saunatilojen suunnittelu alkoi löylyhuoneen mitoituksesta. Kerralla saunomaan tuli mahtua jopa 10 henkilöä, jotta suuretkin vierasjoukot saataisiin saunotettua kohtuullisessa ajassa. Löylyhuone mitoitettiin toimimaan niin arkikäytössä kuin suurellakin kävijämäärällä. Suuren kiukaan kivimassa antaa lempeät löylyt arkikäytössä mutta tarvittaessa löylyä riittää pitkäänkin saunavuoroon.

Saunan lattia ja nostot seinille (20 cm) vesieristetään ja laatoitetaan puhdistettavuuden ja kosteudenhallinnan vuoksi. Saunan ikkunoita pienennettiin alkuperäisestä suunnitelmasta kokoon 6x9, jotta lauteet eivät peittäisi ikkunoita ja kiukaan tehoa ei tarvitsisi tarpeettomasti lisätä.

### **6.5.1 Löylyhuone ja kylpyhuone**

Löylyhuoneen jälkeen täytyi mitoittaa pesutilat siten, ettei suihkuun tarvitse turhaan jonottaa. Alustavasti suihkujen määräksi asetettiin kolme. Yhden suihkukäynnin kestoksi arvioitiin keskimäärin 2 minuuttia, jolloin saunaan mennessä viimeinen kävijä joutuisi odottelemaan vuoroaan enintään 6 minuuttia. Vastaavasti saunan tyhjentyessä suihkuvuorot on helppo porrastaa siten, ettei viimeinenkään kylpijä joudu odottelemaan vuoroaan liian pitkään. Kolmen suihkun todettiin olevan optimaalinen määrä saunan kokoon nähden.

Kylpyhuone vesieristetään kauttaaltaan ja laatoitetaan erillisen sisustus-suunnitelman mukaisesti. Kylpyhuoneeseen valittiin samankokoiset ikkunat kuin saunaankin, koska kylpyhuoneen ulkoseinä sijoittuu kadun varteen ja toisaalta märkätiloissa ei ole tarvetta suurille ikkunapinnoille. 6x9-ikkunoiden alareuna on noin 1,8 metrin korkeudella lattiasta, jolloin niitä ei tarvitse erikseen pinnoittaa näkösuojakalvoilla yksityisyyden varjelemiseksi.

### **6.5.2 Pukeutumistilat**

Pukuhuoneesta haluttiin tilava, jotta saunavieraat mahtuvat vaihtamaan vaatteita ja vilvoittelemaan ilman tungosta. Löylyhuoneen ja pesuhuoneen jäljiltä länsilohkoon jäi tilaa pukuhuoneelle, kodinhoitohuoneelle ja vaatteiden säilytykseen. Pukuhuoneelle käytettiin tästä tilasta noin puolet, toisen puolikkaan pääosa käytettiin narikkaan ja loput kodinhoitohuoneeseen. Eräässä vaiheessa narikan tilalle oli suunniteltu takkahuonetta, mutta pyykinpesun ja vaatteiden säilytyksen tarpeet ajoivat ohi tällaisesta oleskelutilasta.

Pukuhuoneeseen suunniteltiin pienet kaapit (yhteensä kuusi kappaletta) vaatteiden säilytykseen. Ajatus kaappeihin ja pitkiin penkkeihin seinustoilla tuli uimahallien pukuhuoneista. Penkkejä on yhteensä noin kahdeksan metriä, joten niille mahtuu vaatteiden vaihtoa varten ja vilvoittelemaan löylyjen välillä reilusti

kymmenen henkilön ryhmä. Siivouksen helpottamiseksi pukuhuoneen lattia vedeneristetään ja laatoitetaan. Vesieriste ja laatoitus nostetaan myös seinille noin 20 cm, jolloin lattian voi pestä juoksevalla vedellä turvallisesti.

### **6.5.3 Pesutilat ja WC:t**

Pesutilojen yhteyteen on käytännön syistä välttämätöntä rakentaa WC-tilat. WC-istuinta ei voitu sijoittaa kylpyhuoneeseen tilan ja yksityisyyden puutteen vuoksi, joten erillinen WC-tila oli ainoa vaihtoehto. Alkuperäisessä suunnitelmassa tämä tila käsitti yhden WC-istuimen ja käsienpesualtaan.

Tarkempi toiminnallinen tarkastelu kuitenkin osoitti, että alakerran muut toiminnot (ruokasali, kirjasto) vaativat myös WC-tiloja, joten tämä tarve päätettiin täyttää pesutilojen WC-järjestelyillä. Yhden istuimen sijasta tilaan suunniteltiin erilliset WC-kopit, joita palvelee yhteinen käsienpesutila kahdella pesualtaalla ja leveällä peilikaapilla. Jotta vältettäisiin miellelyhtymät yleisiin WC-tiloihin, päätettiin kopit toteuttaa muuratuilla väliseinillä keveiden ja alhaalta ja ylhäältä avonaisten levyseinien sijaan. Lisäksi kiinnitettiin erityistä huomiota muun muassa laatoitukseen ja materiaalivalintoihin sisustuksessa.

WC:n molemmilla sivuseinillä on ovi, jolloin kulku onnistuu yhtä hyvin pesutiloista kuin narikan puoleltakin. Samalla ratkaistiin kapasiteetti- ja käytettävyysongelmat niin saunavuorojen kuin suurten juhlienkin aikaan. Kaksi erillistä WC-tilaa voi käsitellä kaksinkertaisen käyttäjämäärän joustavasti, tulipa käyttötarve kummasta tilaryhmästä tahansa tai vaikka molemmista yhtä aikaa.

### **6.6 Kodinhoitohuone**

Kodinhoitohuoneeseen sijoitettiin pyykinpesu sekä kuivaus. Lisäksi katsottiin tarpeelliseksi lisätä tilaan työtasoa koneiden päälle helpottamaan pyykin käsittelyä, korkeita kaappeja muun muassa siivousvälineiden säilytykseen sekä kaatoallas ja vesipiste siivousvesien käsittelyyn. Puhtaanapidon helpottamiseksi tilan katto ja seinät vesieristetään ja laatoitetaan, jolloin kaikki pinnat voidaan pestä vedellä.



## 6.7 Vaatesäilytys

Muilta tiloilta länsilohkoon jäi sopiva pitkänomainen tila vaatesäilytykseen eli niin sanotulle narikalle. Koska suuret ikkunat jäivät kodinhoitohuoneen puolelle, lisättiin muurattavaan väliseinään 600x1200 mm:n lasitiili-ikkuna antamaan luonnonvaloa narikkaan. Lasitiiliksi valittiin kevyesti huurrettut tiilet, jolloin ikkunasta ei näe läpi mutta läpi kuultava valo pehmenee sopivasti eikä häikäise.

Narikkaan kuljetaan eteishallista 16x21-pariovista. Lisäksi narikasta pääsee WC-tilaan ja erillisestä ovesta suoraan pukuhuoneeseen. Ulkojalkineiden ja päällysvaatteiden säilytykseen suunniteltiin leveä 60 cm syvä liukuovellinen vaatekaappi. Liukuoven peilit helpottavat pukeutumista ja helposti suljettavat ovet kätkevät säilytettävät vaatteet siististi. Narikan lattiamateriaaliksi valittiin sama laatta kuin eteishallissa yhtenäisyyden, kulutuskestävyyden ja puhdistamisen helppouden vuoksi.

## 6.8 Ruoan valmistus ja tarjoilu

Itälohkossa ruokasalin ja keittiön luonnostelu vei huomattavasti aikaa johtuen erilaisista tarpeista eri aikoina. Arkiaamuisin perhe kokoontuu aamupalalle, jolloin aamiaistarpeiden ja astioiden kuljettelu keittiöstä erilliseen ruokasaliin aiheuttaa tarpeetonta liikennettä ja vaivaa. Toisaalta erillinen ruokasali on ehdoton edellytys rauhalliselle aterioinnille, jolloin keittiön häly ja käryt tulisi pitää erillään ruokailijoista.

Useamman luonnoskierroksen jälkeen päädyttiin ratkaisuun, jossa ruokasali on erillisenä tilanaan rakennuksen julkisivuseinällä ja keittiö puolestaan takapihan puolella. Molemmat tilat ovat kooltaan noin 24 neliometriä (4x6 metriä) eli länsilohkon levyisiä ja neljä metriä syviä.

Keskelle jäi pari metriä syvä ja lohkon levyinen tila, johon päätettiin sijoittaa pieni aulatila ohjaamaan liikennettä eteishallista keittiöön ja ruokasaliin. Aulan lisäksi ulkoseinälle sovitettiin pieni kirjasto, jossa isäntä voi odotella ateriala parin vieraansa kanssa ja nauttia samalla aperitiivia tai illalla vetäytyä lueskelemaan kirjaa ennen iltatoimia.

Niin kirjastoon, keittiöön kuin ruokasaliinkin tulee pariovet niin ulkonäkö- kuin käytännön syistä. Etenkin ruokasalin ja keittiön välillä voi liikkua suuriakin ihmismääriä ja tarjoiluvaunuja, joten kulun on oltava esteetön molempiin suuntiin. Kirjastoon pariovet valittiin puhtaasti visuaalisista syistä.

Ruokasalin mitoituksen ja sisustuksen lähtökohtana oli 10 hengen ruokapöytä, jonka ympärille jätettiin reilusti tilaa tarjoilulle. Taka-ajatuksena oli, että tarvittaessa ruokasalia voisi käyttää myös neuvottelutilana. Samoin kirjasto tarjoaisi suojaa yksityisluonteisille keskusteluille tällaisten tapahtumien yhteydessä.

Keittiö mitoitettiin suuren ruokailijamäärän ja helpon käytettävyyden ehdoilla. Portaikon vastaiselle seinälle sijoitettiin jääkaappi, pakastin, viinikaappi sekä korkeat kaapit kuiva-aineiden säilytykseen. Kirjaston vastaiselle seinälle sijoitettiin yläkaappeja astioiden säilytykseen sekä pitkä yhtenäinen työtaso. Idänpuoleisella ikkunaseinällä ovat induktiotaso, erillisuuni sekä pitkä teräksinen tiskipöytä sekä altaat ja hanat, jolloin kuumien kattiloiden ja keitinvesien käsittely ei vaadi siirtymistä pöydältä toiselle, vaan astiat voi huoletta laskea terästasolle.

Keskelle suunniteltiin saareke, jonka ympärillä on työtasojen suuntaan 120 cm tyhjää kulkutilaa. Saarekkeen toiselle puolelle sijoitettiin vesipiste ja teräksinen tiskipöytä sekä astianpesukone korotetulla alustalla. Astianpesukoneen päällä on taso, joka jatkuu yhtenäisenä saarekkeen toisella puolella muodostaen aamiaistarjoilua palvelevan baaritason. Tason pituus on 2,4 metriä, jolloin siihen mahtuu neljä baarijakkaraa rinnakkain eli koko perhe yhtä aikaa aamiaiselle. Pitkä ikkunaseinä jätettiin tyhjäksi, jotta jakkaroiden taakse jäisi riittävästi kulkutilaa. Aamiaistiskiltä astiat on helppo nostaa saarekkeen tiskipöydälle ja edelleen astianpesukoneeseen.

Pitkälle ikkunaseinälle sijoitettiin myös ulko-ovi jätehuoltoon ja ruokapussien kuljettamista helpottamaan. Autokatos ja jätekatos sijoittuvat talon taakse itäpäähän, josta on suora yhteys keittiöön eikä raskaita kantamuksia tai jätepusseja tarvitse kierrättää eteishallin kautta ja kadun kautta takapihalle. Takapihalle johtavaa pihatietä käyttää myös jäteauto.

## 6.9 Varautuminen tulevaisuuteen

Kokonaisuutena tarkastellen suunniteltu rakennus toimii paitsi pääasiallisessa käytössään neljähenkisen perheen kotina, tarvittaessa myös neuvottelutilana, saunailtojen järjestämisessä ja työtiloina. Tulevaisuuteen on kiinnitetty erittäin paljon huomiota.

Kantavat seinät on pyritty suunnittelemaan siten, että tilamuutokset tulevaisuudessa olisivat mahdollisimman joustavia. Ei-kantavat väliseinät on muurattu kevytsoraharkoista, joihin kiinnitysten ja läpivientien tekeminen on verraten helppoa ja joustavaa ja toisaalta ne on helppo purkaa tulevien suunnitelmien tieltä.

Pysyvät rakenteet on suunniteltu kestämään vähintään sata vuotta. Huolellisella rakentamisella tähän päästään ja suunnitelmallisella ylläpidolla tuon ajan voi jopa kaksinkertaistaa.

Alakattorungot puoltavat paikkaansa järjestelmämuutosten helppoudella. Sähkö- ja putkivetoja voi muuttaa ja päivittää huoltoluukkujen kautta ja pintamateriaaleja vaihtaa tarpeiden ja mieltymysten mukaan.

Tärkeimpiin järjestelmiin on panostettu ja niiden käyttökustannukset minimoitu laadukkailla tuotteilla ja järjestelmävalinnoilla. Kaikissa lattioissa on vesikiertoinen lämmitys, jonka lämmönlähdettä voi suhteellisen helposti vaihtaa tai täydentää esimerkiksi aurinkokeräinjärjestelmillä. Sähköistyksessä on huomioitu tulevaisuuden tarpeita kuten sähköauton lataamista. Riittävän suuri pääsulake sallii suuremmat latausvirrat ja siten lyhemmät latausajat.

Tilojen esteettömyydelle annetaan nykyään paljon painoarvoa suunnittelussa. Virtuaalinen pientalo ei ole täysin esteetön, mutta siihen on pyritty varautumaan. Alakerran WC-tila on kohtuullisella vaivalla muutettavissa esteettömäksi ja eteisessä on riittävästi tilaa jopa hissien asentamiseen jälkikäteen. Pistorasiat on sijoitettu noin metrin korkeudelle lattiasta ergonomisista syistä. Arkisessa toiminnassa tämä vähentää kumartelua laitteita kytkettäessä mutta myös pölyä kerääviä johtosotkuja lattioilta muidenkin laitteiden kanssa.

## 7 ENERGIARATKAISUT JA NIIDEN TAUSTAT

Lämmöneristeenä ulkoseinissä on 240 mm (120+120 mm) SPU AL -polyuretaanieristettä. Yläpohjassa höyrynsulkuna käytetty bitumikermi asennetaan kantavan ontelolaattayläpohjan päälle, jolloin siihen ei kohdistu mekaanista räsytystä eikä sitä voi helposti puhkaista sisäpuolisia asennuksia (esimerkiksi ripustuksia) tehdessä.

Samoin seinien lämmöneristeitä suojaa sisäpuolella 200 mm:n kevytsoraharkkoseinä, joten riskit höyrynsulun reikiintymisestä ovat vähäiset. Polyuretaanieristeet eivät päästä lävitseen merkittäviä määriä vesihöyryä, jolloin ne toimivat höyrynsulkukerrosena ja sisäilman kosteuden tiivistyminen seinärakenteisiin on erittäin vähäistä, kunhan eristekerros on asennettu ja tiivistetty huolella.

Yläpohjan lämmöneristeenä on kaksi 100 mm:n limitettyä kerrosta levyistä vuorivillaa ristikoiden välissä ja 400 mm puhallusvuorivillaa näiden päällä. Yläpohjan tuuletus on järjestetty räystäiden tuuletusrakojen ja harjalle asennettujen alipainetuulettimien avulla.

Koska kattomuodoksi valittiin ulkonäkösystä mansardikatto, ei yläpohjan korkeimpaan kohtaan kertyvän kosteuden tuuletusta voitu järjestää harjakaton tapaan päätyihin asennettujen ritilöiden kautta. Suunnitteluesimerkkinä käytetyt Vilpe Alipai -alipainetuulettimet eivät vaadi sähkö- tai muuta käyttöenergiaa, vaan ne toimivat ilmavirtausten synnyttämällä ilmanpaine-erolla. Tämä vähentää osaltaan teknisen vian tai muun häiriön aiheuttaman vaurion riskiä.

Rakennukseen oli alkuperäisessä suunnitelmassa kaavailtu useitakin tulisijoja, mutta luonnoskierrosten edetessä ne karsiutuivat pois huonetilojen muuttuessa ja sopivan paikan puutteessa. Periaatteessa olisi mahdollista sijoittaa tulisija esimerkiksi olohuoneeseen, mutta toistaiseksi sille ei katsottu olevan tarvetta.

Myöhemmin tulisijan rakentaminen on mahdollista, kunhan esimerkiksi välipohjan ontelolaattojen mitoituksessa huomioidaan tuleva pistekuorma tai alapohjaan rakennetaan takkavaraus. Pitkän sähkökatkon varalta

varalämmitysjärjestelmä on erittäin suositeltava huolimatta paksuista eristeistä ja kaukolämmön käytöstä. Vaikka kaukolämmön jakelussa on varauduttu sähkökatkoihin muun muassa pumppujen varavoimakoneilla, tietty riski on aina olemassa.

Rakentamismääräyskokoelman osa D3 vuodelta 1978 velvoitti rakennuslupaa haettaessa esittämään selvityksen rakennuksen energiataloudesta. Osana kyseistä selvitystä vaadittiin ”selvitys siitä, kuinka yksittäisesti lämmitetyn rakennuksen lämpöhuolto järjestetään ulkomaisen polttoaineen saannin estyessä.” (12, s. 4). Tämä määräys oli voimassa vuodesta 1978 aina vuoden 2007 loppuun ja on hyvä muistutus siitä, että odottamattomiakin asioita voi tapahtua.

## 8 KOHTEEN MALLINTAMINEN

Kohteesta laadittiin jo luonnosvaiheessa 3-ulotteinen malli Autodesk AutoCAD 2011 -ohjelmistolla. Mallin avulla huomattiin jo varhaisessa vaiheessa monia suunnitteluvirheitä ja rakenteellisia ristiriitoja, jotka voitiin korjata välittömästi. Tällaisia olivat esimerkiksi portaiden mitoitus ja teknisten tilojen sijoitus portaiden alle.

3-ulotteinen mallintaminen ja tietomallien (BIM) käyttö ovat tulleet osaksi suomalaista rakentamiskulttuuria. Tietomallintaminen on vielä kehitysvaiheessa, mutta rutiinien kehittyessä se tarjoaa lähes rajattomat mahdollisuudet kehittää rakentamista niin suunnittelun kuin tuotannon osalta.

Tätä pientaloa varten laadittu 3D-malli on varsin karkea eivätkä sen osat ole ”älykkäitä” kuten oikeassa tietomallissa. Esimerkiksi seiniin voidaan jo nykyisillä ohjelmistoilla lisätä muun muassa materiaalitietoja ja -menekkejä, jotka skaalautuvat automaattisesti rakennusosaa suurentamalla tai pienentämällä. Pohjoissuomalaisista yrityksistä muun muassa oululainen Insinööritoimisto Tarmo-Rakenne Oy käyttää tällaista ohjelmistoa lisä- ja muutostöiden määrä- ja kustannuslaskentaan (13). Tässä projektissa määrälaskenta tehtiin mallista mittaamalla ja käsin laskemalla.

Paitsi suunnittelun avuksi, malli laadittiin ennen kaikkea markkinointitarkoituksiin. Ajatuksena oli hyödyntää tämän alan osaamista ja samalla tutkia, voisiko virtuaalista ympäristöä käyttää osana tulevaisuuden asuntojen ja liiketilojen ennakkomarkkinointia ja myyntiä.

Oulun seudun ammattikorkeakoulu tarjoaa yritysten käyttöön 3D-virtuaali-laboratorio Cavea (Cave Automatic Virtual Environment). Laboratoriossa voidaan visualisoida mitä tahansa 2- tai 3-ulotteista mallinnettua ympäristöä tai kappaletta. 3D-laseilla katsoja pääsee keskelle 3-ulotteista ympäristöä ja voi esimerkiksi kävellä suunnitellussa talossa tai tehdä törmäystarkasteluja mallinnetuista LVI-suunnitelmista. Kuva heijastetaan teräväpiirtoprojektoreilla noin 13 metriä pitkälle projisointipinnalle sekä osittain myös lattiaan.

Puoliympyrän muotoinen pinta tekee tilakokemuksesta varsin aidon tuntuisen ja vaikutelmaa voidaan vahvistaa tiläänin. (14.)

Pientalosta tehty malli jätettiin tarkoituksella puhtaalle pinnalle, eikä siihen sisällytetty mitään sisustusmateriaaleja tai kalusteita. Vaikka näiden lisääminen malliin on verraten helppoa, se vaatii käytettävältä laitteistolta suurempaa suorituskykyä.

Käytettävissä olleilla tietokoneilla jo pelkästään ulkoapäin mallinnetun raakaversioiden työstäminen osoittautui useaan otteeseen liian raskaaksi. Objektien lisääminen tekee myös mallin toistamisesta vaativampaa. Vaikka käytössä on tehokkaat työasemat numeronmurskaukseen, tekee kuvan 2 kaltainen mahdollisimman yksinkertainen malli esityksestä sujuvamman ja toisaalta antaa katsojalle vapauden käyttää mielikuvitustaan sisustuksen suhteen.



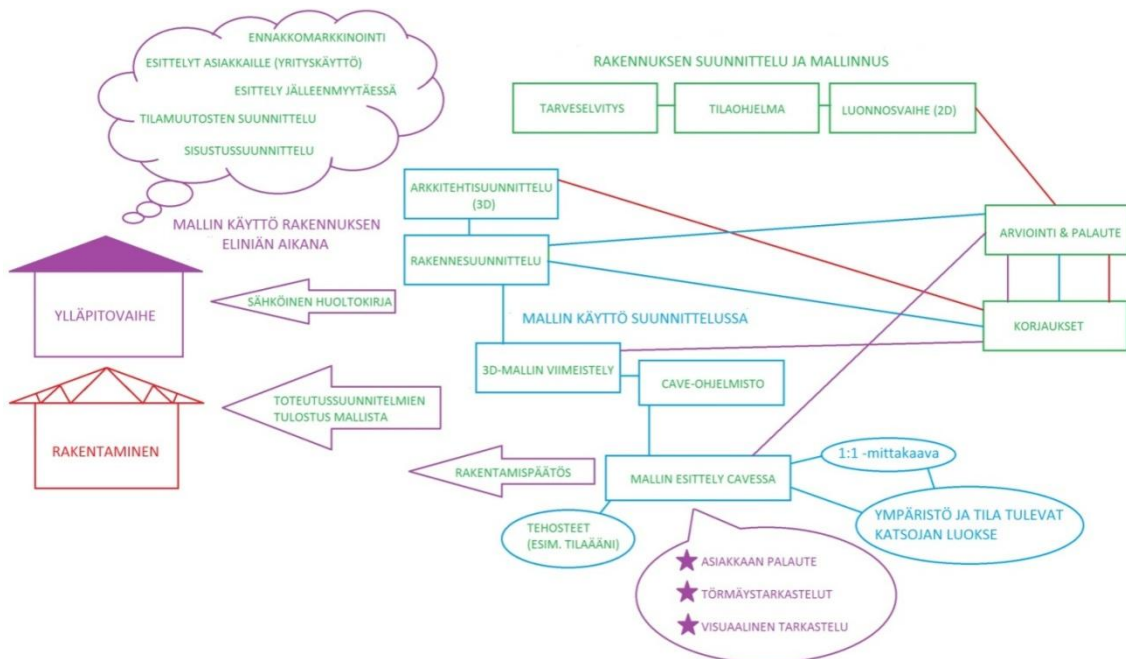
*KUVA 2. Virtuaalisen pientalon julkisivu ja länsilohko*

## 8.1 Mallin esittely CAVE:ssa

AutoCAD-malli siirrettiin 3DS Max -ohjelmaan, josta se voitiin muuntaa CAVE:n ohjelmiston ymmärtämään muotoon. Mallia tutkittiin CAVE:ssa ja arvioitiin tilojen toimivuutta ja arkkitehtuuria.

Luonnosvaiheessa CAVE:n kaltaista virtuaalilaboratoriota voi käyttää törmäystarkasteluihin ja sen avulla voidaan havaita varhaisessa vaiheessa huonosti toimivat tilat ja ratkaisut. Valmiin mallin osalta se toimii havaintovälineenä esimerkiksi asunnon ostoa suunnittelevalle, jonka on vaikea hahmottaa tilaratkaisuja pelkkien pohjakuvien perusteella.

Kun tilat voidaan esitellä luonnollisessa koossa ja 3-ulotteisina, on helpompi huomata, vastaavatko mielikuvat todellisuutta, ja mahdolliset muutokset voidaan tehdä ennen kuin työmaata on edes perustettu. Kunhan tekniikka edelleen kehittyy, vain mielikuvitus asettaa rajoja virtuaalimallien hyödyntämiselle. Kuvassa 3 on kaavailtu virtuaalipientalon mallin elinkaarta osana rakennuksen elinkaarta.



KUVA 3. 3D-malli ja CAVE osana pientalon suunnittelua ja elinkaarta

Koska mallia siirrettäessä jouduttiin tekemään useampia muunnoksia ohjelmien välillä, kohdattiin eräitä ongelmia. Objektit liittyivät toisiinsa odottamattomalla



tavalla ja nimettömien objektien hallinta ja CAVE:n ohjelmiston tekemien piirtovirheiden korjaaminen käsin osoittautuivat mahdottomiksi. Teknisistä ongelmista huolimatta malli saatiin siirrettyä ohjelmistoon ja sitä tutkittiin CAVE:ssa. Seinäobjekteissa oli ylimääräistä päällekkäisyyttä ja määrittelyvirheitä, joka aiheutti häiritsevää välkkymistä tilassa liikuttaessa. Tämän estämiseksi jokaiselle objektille olisi pitänyt määrittää piirtojärjestys.

Ongelmakohtia pohdittaessa todettiin, että AutoCAD ei ole lainkaan ihanteellinen ohjelmisto 3D-mallien luomiseen juuri siirto- ja yhteensopivuusongelmien vuoksi. Jos malli olisi laadittu suoraan esimerkiksi 3DS Max -ohjelmalla, yhteensopivuusongelmia ei olisi esiintynyt lainkaan. Tämä osaltaan kannustaa opettelemaan uusien ohjelmien käyttöä. Toisaalta 3DS Maxia ei tätä kirjoitettaessa löytynyt OAMK:n tekniikan yksikön tietokoneilta, joten harjaantuminen ohjelmien käyttöön jää opiskelijoiden oman aloitteellisuuden varaan.

## **8.2 Mallintamisen hinta ja hyödyt**

Virtuaalimallin työstämiseen tässä kohteessa käytettiin ohjelman laskurin mukaan noin 80 työtuntia. Tähän sisältyy suurin osa luonnostelusta ja muutoksista, joita matkalla tehtiin. Lisäksi tarvittiin noin 4 työpäivää millimetripaperille tehtyyn rakenteiden luonnosteluun. CAVE-muunnokseen ja ensimmäiseen testiin käytettiin kahden miehen puolikas työpäivä. Ammattimainen mallintaja tekee työn nopeammin, mutta silti mallintamisen kustannus on pientalokohteessa helposti tuhannesta eurosta ylöspäin, kun huomioidaan yrityksen kate ja arvonnalisävero.

Mallintaminen ei ole välttämättä lisäkustannus. Samasta tiedostosta voidaan tuottaa kaikki tarvittavat pohja- ja detaljikuvat rakennuslupahakemuksiin ja työmaan käyttöön. Jos arkkitehti tai pääsuunnittelija voi suunnitella kohteen suoraan mallinnusohjelmalla, ei lisäkustannus ole suuri verrattuna perinteiseen suunnitteluun.

Lisäksi mallia voidaan jakaa esimerkiksi projektipankin kautta eri alojen suunnittelijoiden ja toimijoiden kesken, jolloin arkkitehti, LVI-suunnittelija ja ikkunat tehdas saavat samat lähtötiedot ja ymmärtävät toisiaan helpommin.

Tekniset ristiriidat ja työmaalla mestarin ratkottavaksi tulevat ongelmat voisivat vähentyä.

Jos tätä ajatusta viedään todella pitkälle, esimerkiksi elementtitoimittajat tai tasoitus- ja maalausurakka voitaisiin kilpailuttaa jo mallintamisen loppusuoralla, jos tarjouslaskijoilla olisi pääsy projektipankin kautta malliin ja sitä kautta tarvittaviin määrä- ja laatu-tietoihin. Nykyiset määrälaskentaohjelmat kykenevät irrottamaan oikein tehdyistä malleista kaiken määrälaskentaan tarvittavan tiedon automaattisesti.

Eräs suurimpia hidasteita mallintamisen yleistymisen tiellä on rakentajien ja rakennuttajien sitkeä konservatiivisuus. Ammattirakentajat lähtevät helpommin mukaan uusiin menetelmiin, koska heillä on niskassaan ankara taloudellinen kilpailu. Pienrakentajan ja ensikertalaisen kynnyks lähteä kokeilemaan voi olla korkea, mikäli tietämys asiasta on puutteellista.

Pankkilainan ja perhe-elämän keskellä sukkuloiva uudisrakentaja tarvitsee kaiken ammattilaisten avun, joten tähän saumaan myös mallinnustaitoisen pääsuunnittelijan tulisi iskeä hyvine neuvoineen. Toisaalta joskus neuvoja riittää yli oman tarpeen, eivätkä kaikki aina ajattele rakentajan kukkaron etua. Selkokiehiselle markkinoinnille ja hyvälle perusteluille tulee olemaan kysyntää.

Talon rakentaminen Suomessa on perinteisesti ollut jonkinlainen miehuuden mitta ja hartiapankkirakentajaa on katsottu kunnioittavasti. Nykyisin yhä useampi kuitenkin valitsee helpomman ja kalliimman avaimet käteen -ratkaisun. Tämä kehitys on hyväksi, sillä harva ammattilainenkaan hallitsee yksin koko rakentamisen paletin. Toisaalta tämä pakottaa myös ammattilaiset ja talomyyjät miettimään konseptinsa uusiksi. Pakettiautoon perustettu yhden miehen rakennusliike ei välttämättä saa suurta hyötyä mallinnetusta talosta, mutta valmista talopakettia myyvälle se on oiva lisä palvelutarjontaan.

Täysin valmiita tilaelementtejä valmistavien konseptiin virtuaalisen mallintamisen voisi nähdä kotiutuvan piankin. Kun asiakas voi tehdä käytännössä hänelle olennaiset valinnat helposti ja nähdä niiden vaikutuksen taloonsa, hänelle on helpompi perustella ammattilaisten tekemiä parannusehdotuksia.

Asiakkaan ei pidä olla joka alan ammattilainen, siksi hän maksaa ammattilaisten palveluista ja odottaa vastinetta rahoilleen.

Taloja tehdään tulevaisuudessakin käsityönä suoraan tontilla. Pakettitaloista huolimatta meillä rakennetaan yhä pitkästä tavarasta ja huolella harkiten. Mikään tietokonemalli ei syrjäytä käsityötaitoa tai ratkaise kosteusongelmia. Hyvällä suunnittelulla ja ongelmien varhaisella havaitsemisella otetaan kuitenkin askel oikeaan suuntaan. Kun ymmärrys rakenteiden fysiikasta ja mallintamisesta vielä kehittyy, jonakin päivänä voimme havainnoida vaikka talon kosteuskäyttäytymistä tietokoneen ääressä.

## 9 KUSTANNUSARVION LAATIMINEN

Koko hanke käytiin läpi vaihe kerrallaan laatimalla määrälaskentamuistio. Muistion ideana on tallentaa laskentaperusteet ja mitat, joiden perusteella määrät on laskettu. Lisäksi käytetyt yksikköhinnat ja materiaalien tavoitehinnat on dokumentoitu, jolloin tavoitearvion laatiminen on helppoa.

Jokaiselle kokonaisuudelle laskettiin materiaalimenekki, työmenekki ja arvioitiin työlle tavoitehintaa ja kesto. Määrät mitattiin mallista ja työmenekit arvioitiin Rakennustöiden menekit 2010 -julkaisun (15) ja kohteen tietojen avulla. Materiaalien hinnoittelussa käytettiin verkkorautakaupan hintatietoja (16). Hinnoittelussa ei huomioitu niin sanottuja rakentaja-alennuksia tai muita määrälennuksia, ellei niistä ilmoitettu hintatiedoissa erikseen.

Työt hinnoiteltiin rakennusammattimiehen (RAM), rakennusmiehen (RM) ja konetyön tuntihinnoin, jotka sisältävät kaikki palkan sivukulut. Työn hinta ei sisällä arvonlisäveroa (poislukien konetyöt ja nostokalusto) eikä mahdollista rakennusliikkeen katetta, vaan työ laskettiin teetettävän rakennuttajan palkkaamalla väellä. Vastaavan työnjohtajan oletettiin toimivan myös rakennuttajan etujen valvojana, ja hänen palkkansa huomioitiin työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksissa.

Työvaiheiden vaatima muottikalusto sisällytettiin kunkin työvaiheen tavoitehintaan. Raskaampaa nostokalustoa vaativiin työvaiheisiin (elementti-asennukset) sisällytettiin autonosturin arvioitu kustannus. Henkilönostimet, rakennusaikaiset hissit ja muu nostokalusto sekä apuvälineet hinnoiteltiin käyttö- ja yhteiskustannuksiin. Kaiken hinnoittelun lähtökohtana on ollut antaa pelivaraa ja mahdollistaa suunnitelmien mukainen toteutus ilman kompromisseja.

Kohteen kustannusarvion loppusummaksi saatiin noin 919 800 euroa (liite 7.) Neliöhinnaksi tuli noin 1 940 euroa/brutto-m<sup>2</sup> ja 2 480 euroa/huoneisto-m<sup>2</sup>. Huolimatta sisustukseen tehdyistä huomattavista kustannusvarauksista alkuperäinen budjetti alittui reilusti. Rakennusoikeutta käytettiin 425 m<sup>2</sup> (liite 3).

Aikaa hankkeen toteuttamiseen varattiin 13 kuukautta, muun muassa julkisivun rappaus tehdään vasta yhden lämmityskauden jälkeen. Lisäksi suunnitteluun varattiin aikaa noin 6 kuukautta ennen rakentamisen aloittamista.

## 10 ONGELMAKOHTIA

Suurimmat vastukset ilmenivät yllättäen 3D-mallin työstämisen aikana. Työn aikana käytössä olleen tietokoneen näytönohjain lakkasi toimimasta, josta seurasi koko koneen vaihto komponentti kerrallaan. Uuden kokoonpanon kanssa tuli ongelmia vanhojen ohjelmistojen asennuksessa, joten suuri osa tästä lopputyöstä jouduttiin kirjoittamaan koulun koneilla.

Uusi kokoonpano pärjäsi mallinnuksessa yllättävän pitkälle, mutta objektien määrän kasvaessa tietyn rajan yli ongelmat palasivat. Tätä hankaluutta pyrittiin kiertämään piilottamalla osa tarpeettomista objekteista työskentelyn aikana. Tämä ratkaisi ongelman ainakin osittain.

Suorituskyvyn puute on yleisemminkin suunnittelua rajoittava tekijä. Laskentatehon tarpeen ripeä kasvu mallien tarkentuessa ja realismin lisääntyessä rajoittaa luovuutta, jos käytettävissä oleva kalustobudjetti ei kasva samassa tahdissa. Käytössä olleella alle 800 euron kotikoneella päästiin kuitenkin pitkälle ja tavanomaisessa pientalon mallintamisessa se pärjäisi erinomaisesti, kunhan yksityiskohtien (mallinnettavien objektien) määrä pidettäisiin kurissa. Suomeksi tämä tarkoittaa, että jokaista ulkoverhouslautaa ei kannata piirtää erikseen, sillä jokainen niistä vaatii laskentatehoa. CAVE:n käyttöön liittyviä teknisiä ongelmia olisi voitu välttää käyttämällä toista mallinnusohjelmaa. Tämän kuitenkin esti osaamisen puute.

Suunnittelussa koettiin useita onnistumisen ja epäonnistumisen tunteita, kun edellisenä yönä viimeistä piirtoa myöten valmistelluissa suunnitelmissa havaittiin milloin lainvastaisia, milloin teknisesti mahdottomia ratkaisuja. Näiden korjaamisessa kului aikaa useitakin päiviä ja suunnitelmat elivät jatkuvasti noin kolmen viikon ajan ennen lopullista ratkaisua.

Palomääräyksiä ja niiden tulkintoja jouduttiin lukemaan useaan otteeseen ja tarkasti, jotta rakennus saatiin mahtumaan väljimmän P3-paloluokan määräyksiin. Suurimpina esteinä olivat muun muassa rakennuksen korkeus ja suurin palo-osaston koko. Tarkempi tarkastelu osoitti, että rakennuksen korkeus laskettiin julkisivupinnan ja räystäslinjan risteykseen asti, eikä harjakorkeudesta

kuten alkuoletus oli. Palo-osaston kokoon olisi voitu vaikuttaa käyttämällä palo-ovea yhden tilan ovissa, koska runkorakenteet olivat jo lähtökohtaisesti vähintään EI-60 -tasoa.

Jälkikäteen tarkasteltuna pientalon suunnitteluprosessi oli erittäin haastava ja mielenkiintoinen. Mielenkiintoinen havainto oli, miten pitkälle käytännön toteutus ja työmaatekniikka sanelivat suunnitteluprosessia. Syy tähän on erittäin todennäköisesti suunnittelijan työmaataustassa. Silti muutamia irtiottojakin nähtiin, hyvänä esimerkkinä paikalla valettava julkisivu. Muottisuunnitteluun täytyi hakea neuvoa vanhemmilta ja viisaammilta, mutta ratkaisu havaittiin hyväksi.

## 11 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli suunnitella 3D-malli virtuaalisesta pientalosta ja pohtia mallintamisen hyötyjä nykyaikaisessa rakentamisessa. Suuri painoarvo työssä annettiin tilojen toimivuudelle, muunneltavuudelle ja rakennuksen pitkälle elinkaarelle. Työssä vertailtiin myös rakentamismääräyksiä eri aikakausilta lämmöneristysvaatimusten osalta ja perehdyttiin pientalon suunnittelutyöhön käytännön työn kautta.

Pientalon pääsuunnittelijan tehtävä on laaja ja vastuullinen. Erilaisten suunnitelmien ja suunnittelijoiden onnistunut ohjaus ja yhteensovitus vaatii pääsuunnittelijalta monenlaisia taitoja. Pientaloa suunniteltaessa jo arkkitehti- ja rakennesuunnittelu ovat useiden kuukausien mittainen prosessi, jonka lopputuloksen tulisi täyttää sille asetetut korkeat odotukset niin asukkaiden kuin viranomaisten taholta. Myös taloudellinen vastuu on suuri, sillä perinteisesti suomalaisten kansallisvarallisuus on pääosin kiinni oman kodin seinissä.

Virtuaalinen todellisuus kaikkine vivahteineen ja lukemattomine mahdollisuuksineen tulee yhä lähemmäs tavallisen ihmisen arkea. Suuremmissa rakennushankkeissa tietomallien (BIM) käyttö yleistyy kaiken aikaa ja pientaloprojekteissakin törmää yhä useammin arkkitehdin tekemiin tai teettämiin 3D-havainnemalleihin. Taustalla vaikuttaa paitsi halu edistää rakentamista, myös taloudelliset intressit. Tässä projektissa mallintamisen motiivina ei ollut suora rahallinen säästö, vaan pyrkimys selvittää mallintamisen hyötyjä ja heikkouksia.

Nykyisellään 3D-malli on käytännössä jokaisen uudisrakentajan käytettävissä. Rakennuttajasta riippuu, koetaanko siitä saatavan hintaansa vastaavaa hyötyä. Suurin hyöty mallista saadaan tällä hetkellä luonnosvaiheessa, kun asiakkaalle voidaan esitellä valmis talo ilman että varsinaista suunnittelua tarvitsee käynnistää. Tällöin voidaan jo varhain havaita huonot rakenteelliset ratkaisut tai järjestelmien ja rakenteiden väliset ristiriidat.

On hyvä muistaa, että valtaosa ihmisistä ei ole rakennusalan ammattilaisia, eikä useimmilla ole halua opiskella alaa rakennushanketta varten. Rakentamisen



ammattilaisten haasteena on tehdä rakentamisesta palvelua, joka ei vaadi asiakkaalta asiantuntemusta. Tällaiseen palvelumalliin visuaaliset mallinnukset istuvat luontevasti.

Mallintamisen kompastuskiviä ovat muun muassa tietokoneilta vaadittava suuri teho (korkea hinta) ja mallinnusympäristöjen alkeellinen hyödyntämiskyky. Sekoitetusta todellisuudesta ei vielä saada kaikkea potentiaalia irti, kun käyttäjät ja käyttöliittymät ovat yhä kehitysasteella. Tekniikan kehittyessä nämäkin ongelmat tulevat aikanaan ratkeamaan tavalla tai toisella.

Tulevaisuudessa mallintamisesta voisi tavoitella taloudellista hyötyä käyttämällä Oulun seudun ammattikorkeakoulun CAVE-laboratorion kaltaisia virtuaaliympäristöjä esimerkiksi uusien asuntojen ennakkomarkkinoinnissa. Kiinteistövälittäjä voisi viedä asiakkaansa kierrokselle suunniteltuun kerrostaloon ja asiakkaan toivomat muutokset voitaisiin päivittää nopeasti malliin kahvitauon aikana.

Nykyisen käytännön mukaiset videot ja valokuvat aiemmista kohteista ja hienosti mallinnetut ulkokuvat jäisivät historiaan, kun jokainen voisi tutustua haluamaansa asuntoon ja tehdä mieleisiään muutoksia pintoihin ja sisustukseen. Tällaisen käyttöliittymän suunnittelussa ja toteutuksessa on tulevaisuuden lupauksille haastetta kerrakseen.

On mielenkiintoista seurata, miten hyvin ja luontevasti uudella vuosituhannella syntyneet sukupolvet ottavat uusia teknologioita omakseen. Samoin on mielenkiintoista nähdä, miten uusi ihminen ratkaisee vanhan ongelman. Kun omassa ajanlaskussa ei ole aikaa ennen matkapuhelimia ja tietokoneanimaatioita, ja toisaalta tottuu loputtomaan uutuksien ilotulitukseen, voi olla että virtuaalimaailmaa on helpompi lähestyä kuin perinteistä kynällä ja ruutupaperilla tehtyä luonnos. Tai sitten diginatiivit hylkäävät koko ajatuksen ja esittelevät meille vieläkin radikaalimpia ratkaisuja rakentamisen avuksi.

## 12 LÄHTEET

Suomen rakentamismääräyskokoelma, A2. Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/10970-a2.pdf>.

Hakupäivä 20.4. 2013.

Maankäyttö ja kaavoitus. Saatavissa:

[www.ymparisto.fi/default.asp?node=230&lan=fi](http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=230&lan=fi). Hakupäivä 20.4.2013.

Suomen rakentamismääräyskokoelma, D3. 2010. Rakennusten energiatehokkuus. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/34165-D3-2010\\_suomi\\_22-12-2008.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/34165-D3-2010_suomi_22-12-2008.pdf). Hakupäivä 20.4.2013.

Suomen rakentamismääräyskokoelma, C3. 1985. Lämmöneristys. Saatavissa: [http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/c3\\_1985.pdf](http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/c3_1985.pdf). Hakupäivä 20.4.2013.

Suomen rakentamismääräyskokoelma, D2. 2010. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Saatavissa:

[http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d2\\_2010.pdf](http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d2_2010.pdf). Hakupäivä

21.4.2013.

Suomen rakentamismääräyskokoelma, C3. 2010. Rakennusten lämmöneristys. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010\\_suomi\\_221208.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf).

Hakupäivä 20.4.2013.

SPU Eristeet: Johdatus matalaenergiarakentamiseen. Saatavissa:

[http://www.spu.fi/energia\\_johdatus](http://www.spu.fi/energia_johdatus)

Hakupäivä 21.4.2013

SPU Passiivi- ja matalaenergiarakenteet. Saatavissa:

[http://www.spu.fi/energia\\_rakennedetaljit](http://www.spu.fi/energia_rakennedetaljit). Hakupäivä 21.4.2013

Vanhojen vapaarahoitteisten asuntojen hinnat postinumeroalueittain ja rakennusvuosittain. 2013. Tilastokeskus. Saatavissa:

[http://pxweb2.stat.fi/Dialog/varval.asp?ma=004\\_ashi\\_tau\\_109\\_fi&ti=Vanhojen+vapaarahoitteisten+asuntojen+hinnat+postinumeroalueittain+ja++rakennusvuosittain&path=../Database/StatFin/asu/ashi/&lang=3&multilang=fi](http://pxweb2.stat.fi/Dialog/varval.asp?ma=004_ashi_tau_109_fi&ti=Vanhojen+vapaarahoitteisten+asuntojen+hinnat+postinumeroalueittain+ja++rakennusvuosittain&path=../Database/StatFin/asu/ashi/&lang=3&multilang=fi).

Hakupäivä 20.4. 2013.

Kustannusarvion tekeminen. 2013. Indeksitalo 2011. Rakennustutkimus RTS

Oy. Saatavissa: <http://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/ok-suunnittelu/kustannusarvion-tekeminen>. Hakupäivä 20.4.2013.

Oulun Energia, sähkön siirtohinasto. Saatavissa:

[http://www.ouluenergia.fi/sahkonsiirto/hinnastot/sahkon\\_siirtohinasto](http://www.ouluenergia.fi/sahkonsiirto/hinnastot/sahkon_siirtohinasto).

Hakupäivä 20.4.2013

Suomen rakentamismääräyskokoelma, D3. 1978. Rakennusten energiatalous.

Saatavissa: [http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d3\\_1978.pdf](http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d3_1978.pdf).

Hakupäivä 20.4. 2013

Suorsa, Heikki, 2013. Toimitusjohtaja, Tarmo-Rakenne Oy. Haastattelu 22.3.2013.

Oamkin 3D-virtuaalilaboratorio Cave otettu käyttöön. 2012. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/?id=25956>. Hakupäivä 20.4.2013.

Ratu KI-6017. 2010. Rakennustöiden menekit 2010. Rakennustieto Oy.

Taloon.com. Verkkorautakauppa. Saatavissa: <http://www.taloon.com>.  
Hakupäivä 20.4.2013

## **LIITTEET**

Liite 1 Vaipan rakenteet eri energiamääräyksillä

Liite 2 U-arvojen laskentakaaviot eri energiamääräyksillä

Liite 3 Kohteen laajuuslaskelma

Liite 4 Rakenteiden viitteellinen leikkauskuva

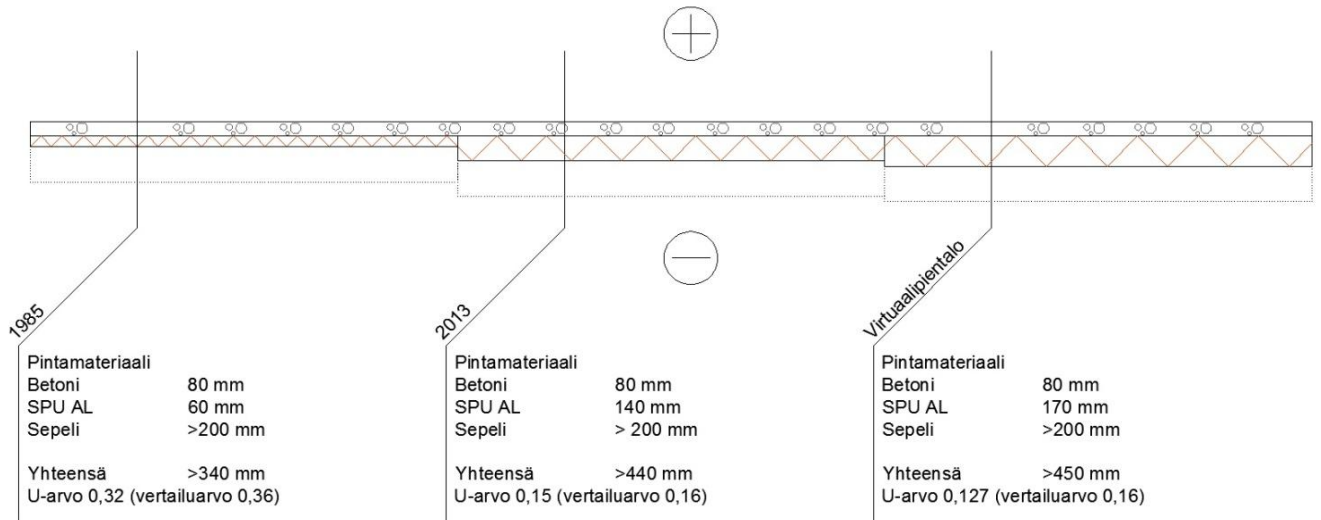
Liite 5 Alakerran pohjapiirustus

Liite 6 Yläkerran pohjapiirustus

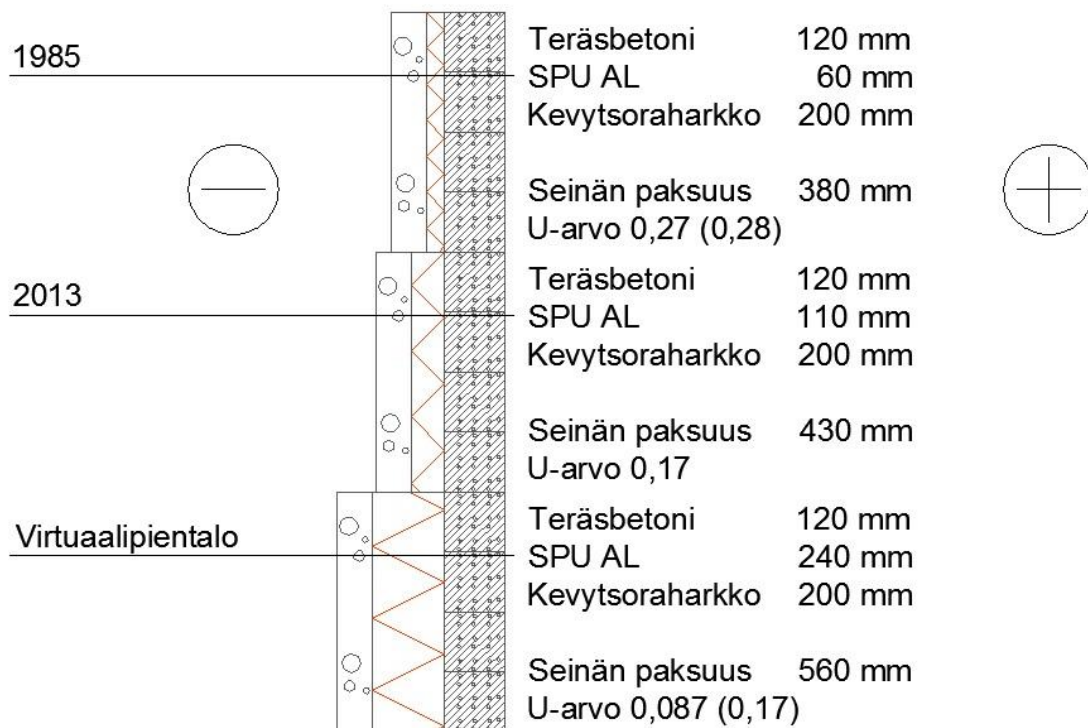
Liite 7 Tavoitehinnat ja työmenekit määrälaskentamuistiosta

21

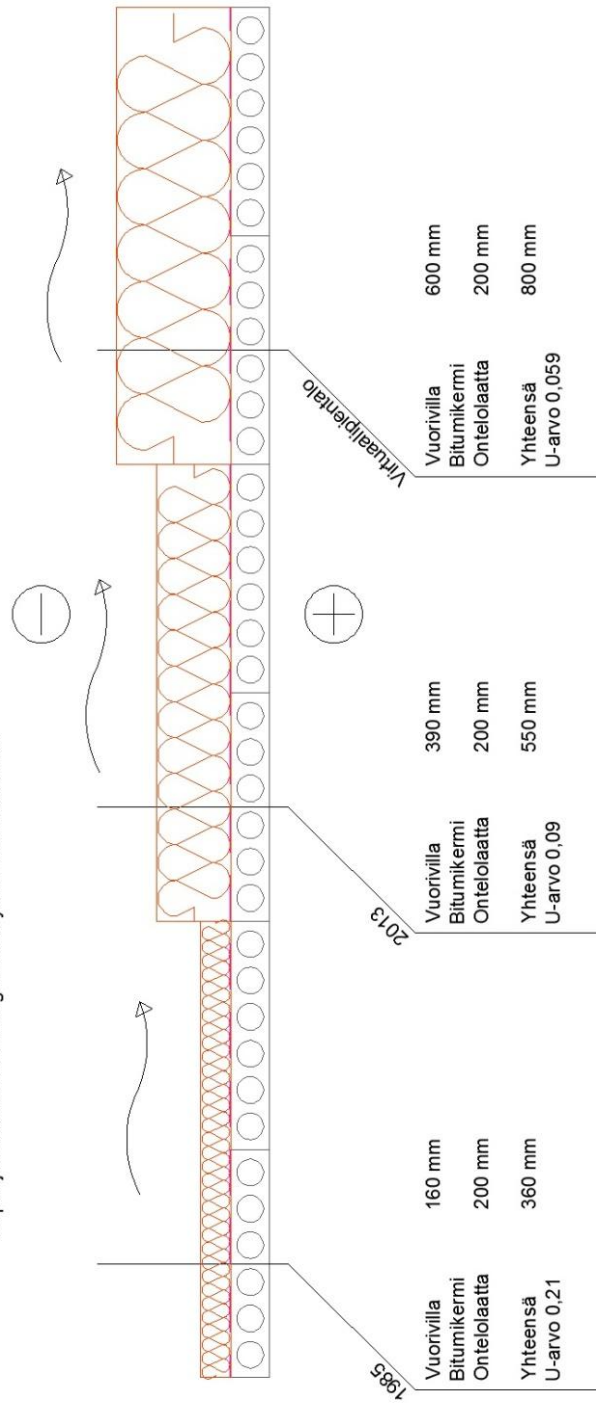
Alapohjan rakenne eri energiamäärysten vertailuarvoilla:



Ulkoseinän rakenne eri energiamäärysten vertailuarvoilla:



Yläpohjan rakenne eri energiamääräysten vertailuarvoilla:



U-ARVOJEN LASKENTAKAAVIOT ERI ENERGIAMÄÄRÄYKSILLÄ LIITE 2/1

U-arvot 1985

ULKOSEINÄ

	Paksuus	Lämmönjohtavuus	1	Lämmönvastus	Vaatus
Kerros	[m]				
Ulkoilma				0,040	
Betoni	0,1	1,2		0,083	
SPU AL	0,06	0,023		2,609	
Kevytsoraharkko	0,2	0,24		0,833	
Sisäpinta				0,130	
		R	=	3,695	
		U	=	0,271	0,28

YLÄPOHJA

	Paksuus	Lämmönjohtavuus	1	Lämmönvastus	Vaatus
Kerros	[m]				
Ulkoilma				0,040	
Vuorivilla	0,16	0,036		4,444	
Betoni	0,2	1,2		0,167	
Sisäpinta				0,100	
		R	=	4,751	
		U	=	0,210	0,22



## ALAPOHJA

Kerros	Paksuus [m]	Lämmönjohtavuus	1	Lämmönvastus	Vaatus
Ulkoilma				0,040	
Betoni	0,08	1,2		0,067	
SPU AL	0,06	0,023		2,609	
Sepeli	0,2			0,200	*
Sisäpinta				0,170	
		R		= 3,085	
		U		= 0,324	0,36

\* Vähintään 200 mm sora- tai sepelikerros =  
lämmönvastus 0,2

U-ARVOJEN LASKENTAKAAVIOT ERI ENERGIAMÄÄRÄYKSILLÄ LIITE 2/2

U-arvot 2013

ULKOSEINÄ

Kerros	Paksuus [m]	Lämmönjohtavuus	1	Lämmönvastus	Vaatus
Ulkoilma				0,040	
Betoni	0,1	1,2		0,083	
SPU AL	0,11	0,023		4,783	
Kevytsoraharkko	0,2	0,24		0,833	
Sisäpinta				0,130	
		R	=	5,869	
		U	=	0,170	0,17

YLÄPOHJA

Kerros	Paksuus [m]	Lämmönjohtavuus	1	Lämmönvastus	Vaatus
Ulkoilma				0,040	
Vuorivilla	0,39	0,036		10,833	
Betoni	0,2	1,2		0,167	
Sisäpinta				0,100	
		R	=	11,140	
		U	=	0,090	0,09

## ALAPOHJA

Kerros	Paksuus [m]	Lämmönjohtavuus	1	Lämmönvastus	Vaatus
Ulkoilma				0,040	
Betoni	0,08	1,2		0,067	
SPU AL	0,14	0,023		6,087	
Sepeli	0,2			0,200	*
Sisäpinta				0,170	
		R		= 6,564	
		U		= 0,152	0,16

\* Vähintään 200 mm sora- tai sepelikerros =  
lämmönvastus 0,2

VIRTUAALIPIENTALON  
RAKENTEET

## ULKOSEINÄ

Kerros	Paksuus [m]	Lämmönjohtavuus	1	Lämmönvastus	Vaatus
Ulkoilma				0,040	
Betoni	0,1	1,2		0,083	
SPU AL	0,24	0,023		10,435	
Kevytsojaraharkko	0,2	0,24		0,833	
Sisäpinta				0,130	
		R	=	11,521	
		U	=	0,087	0,17

## YLÄPOHJA

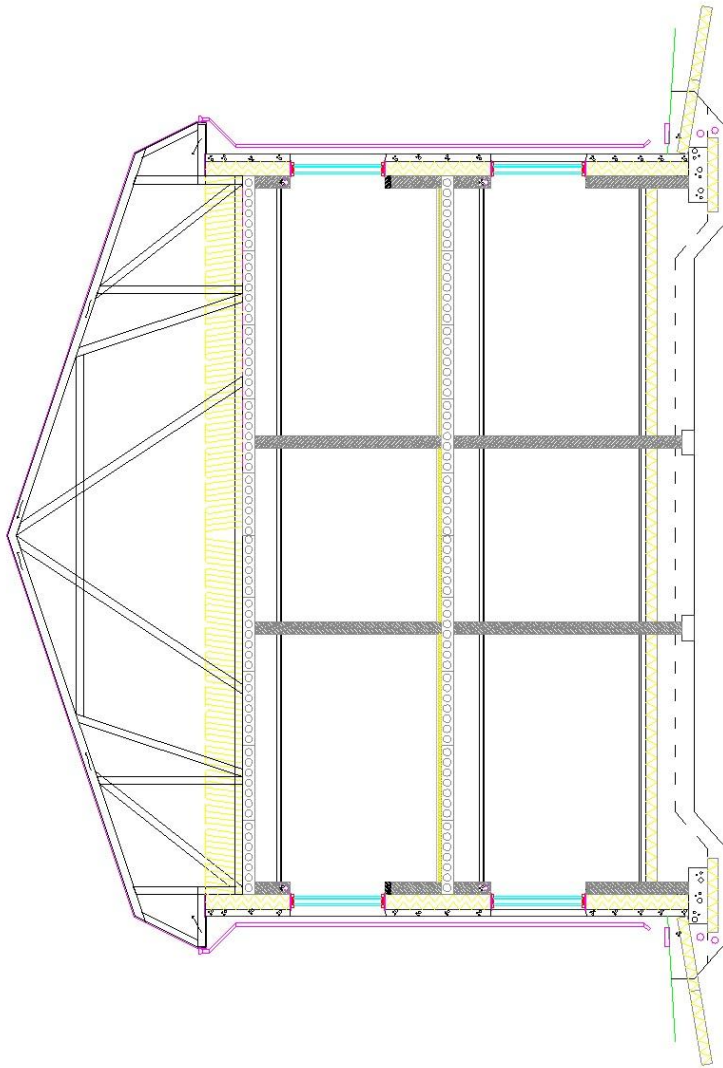
Kerros	Paksuus [m]	Lämmönjohtavuus	1	Lämmönvastus	Vaatus
Ulkoilma				0,040	
Vuorivilla	0,6	0,036		16,667	
Betoni	0,2	1,2		0,167	
Sisäpinta				0,100	
		R	=	16,973	
		U	=	0,059	0,09

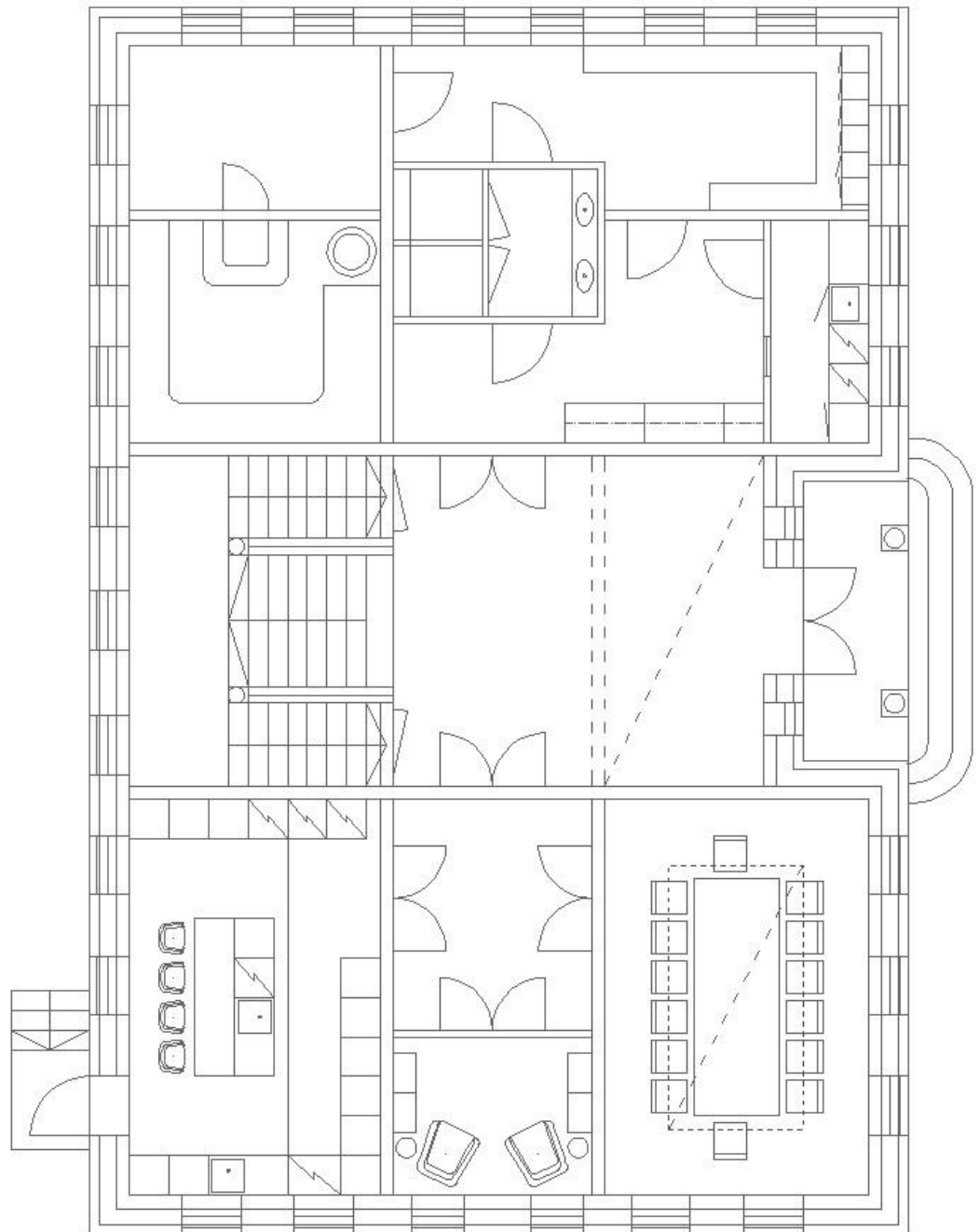
## ALAPOHJA

Kerros	Paksuus [m]	Lämmönjohtavuus	1	Lämmönvastus	Vaatus
Ulkoilma				0,040	
Betoni	0,08	1,2		0,067	
SPU AL	0,17	0,023		7,391	
Sepeli	0,2			0,200	*
Sisäpinta				0,170	
		R		= 7,868	
		U		= 0,127	0,16

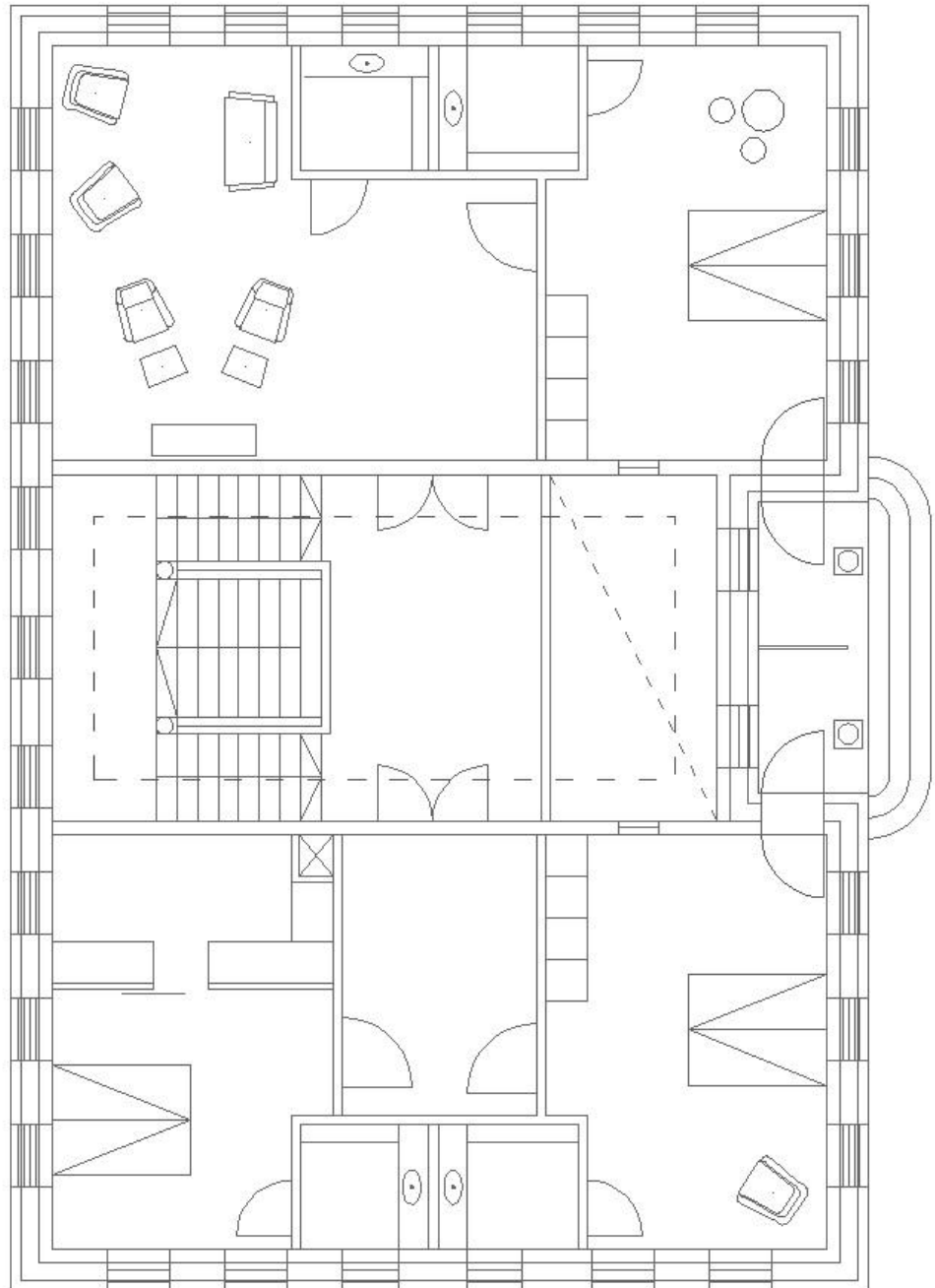
\* Vähintään 200 mm sora- tai sepelikerros =  
lämmönvastus 0,2

LAAJUUSLASKELMAT	KERROSALA [m <sup>2</sup> ]	BRUTTOALA [m <sup>2</sup> ]	HUONEISTOALA [m <sup>2</sup> ]	% kerrosalasta
Pohjakerros	<b>238,5</b>	243,5	201,5	45 %
2. kerros	<b>210,5</b>	230,0	170,0	38 %
LIIKENNETILAT	57			13 %
TEKNISET TILAT	12,0			3 %
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>449,0</b>	<b>473,5</b>	<b>371,5</b>	<b>83 %</b>
KÄYTETTY RAK. OIKEUS	<b>425,0</b>			
TILAVUUS [m <sup>3</sup> ]	<b>1725</b>			









# TAVOITEHINNAT JA TYÖMENEKIT MÄÄRÄLASKENTAMUISTIOSTALIITE 7

Nimike	Tavoitehintana	Työmenekki [tth]
Maanrakennustyöt	7 000,00 €	44
Anturat	13 532,00 €	32
SV-viemärit ja salaojat	2 600,00 €	8
Julkisivuvalu	59 210,00 €	448
US-lämmöneristys	34 050,00 €	81
Harkkorunko	39 462,00 €	513
Alapohjan lämmöneristys	14 140,00 €	48
Lattiavalu	3 790,00 €	26
Ulkoportaat	933,00 €	11
Ontelolaatat	25 095,00 €	48
Porraselementit	8 440,00 €	4
Yläpohjan höyrynsulku	2 988,00 €	20
Vesikatko	20 517,00 €	163
Yläpohjan lämmöneristys	4 700,00 €	28
Väliseinien muuraus	8 642,00 €	113
Lattialämmitys	2 900,00 €	29
Pumpputasoitetilat	5 490,00 €	6
Lasitiili-ikkunat	286,00 €	2
Ikkunat	27 350,00 €	43
Ulko-ovet	5 179,00 €	7
Alakattorungot	14 710,00 €	124
LVIS-putkitukset		72
Sisäseinien tasointi	20 973,00 €	410
Sisäkattojen tasointi ja maalaus	3 912,00 €	76
Vedeneristys	3 510,00 €	46
Laatoitus	21 610,00 €	172
Saunan sisätyöt	4 200,00 €	44
Saunan sisustus ja kiuas	8 410,00 €	20
Maalaus ja tapetointi	11 726,00 €	112
Parkettiasennus	12 933,00 €	23
Keittiökaluusteet	17 220,00 €	40
Kiintokalusteet	7 420,00 €	27
Väliovet	11 395,00 €	20
Listat	6 540,00 €	59
Keittiön kodinkoneet	11 600,00 €	6
Muut kodinkoneet	2 700,00 €	2
Kuitubetonikoristeet	66 800,00 €	80
Julkisivun rappaus	22 842,00 €	363
Talovarusteet	4 605,00 €	19
LVI-urakka	138 168,00 €	915
Kaukolämpöliittymä	3 842,50 €	
Vesi- ja viemäri-liittymät	4 200,00 €	
Sähköliittymä	2 350,00 €	
Kiinteistökaapeli-liittymä	1 890,25 €	
Pohjatutkimus	1 500,00 €	
Arkkitehtisuunnittelu	7 000,00 €	200
Rakennesuunnittelu	4 800,00 €	160
Sisustussuunnitelma	2 020,00 €	
Rakennuslupamaksut	3 314,00 €	
Käyttöenergia	13 000,00 €	
Rakennusaikainen vesi	460,00 €	
Valaistus	12 000,00 €	
Aidat ja suojaus	2 400,00 €	
Sosiaali- ja toimistotilat	31 200,00 €	
Varastokontit	9 750,00 €	
Nostimet	8 000,00 €	
Valvonta ja työjohto	81 000,00 €	
Työnaikainen siivous	35 000,00 €	
Loppusiivous	3 500,00 €	160
Jättemaksut + kuljetukset	15 000,00 €	
<b>Yhteensä</b>	<b>919805</b>	