

Janne Haapalahti

**REAALIAIKAISEN KUSTANNUSARVIOTYÖKALUN KEHITYS ARKKITEHTI-
SUUNNITTELUOHJELMISTOON**

REAALIAIKAISEN KUSTANNUSARVIOTYÖKALUN KEHITYS ARKKITEHTI- SUUNNITTELUOHJELMISTOON

Janne Haapalahti
Opinnäytetyö
Syksy 2021
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, talonrakennustekniikka

Tekijä(t): Janne Haapalahti

Opinnäytetyön nimi: Reaaliaikaisen kustannusarviotyökalun kehitys arkkitehtisuunnitteluohjelmistoon

Työn ohjaaja(t): Matti Toppi

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2021

Sivumäärä: 34 + 3 liitettä

Rakennushankkeeseen liittyy aina kustannuksia. Rakennushankkeen kustannuksia arvioidaan erilaisilla menetelmillä hankkeen eri vaiheissa. Perinteisesti rakennushankkeen kustannusarviot tehdään erillään suunnitteluohjelmistosta, laskemalla ja mittaamalla määriä piirustuksista tai tietomalleista. Nämä määrätiedot viedään erillisiin kustannuslaskentaohjelmistoihin tai laskentataulukoihin, joiden avulla saadaan muodostettua hankkeelle kustannusarvioita.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Archicad-suunnitteluohjelmistoon reaaliaikainen kustannuslaskentatyökalu. Työssä muodostettiin kehitettyjen laskentataulukoiden avulla esimerkkikohteelle tilapohjainen kustannusarvio sekä luonnosvaiheen rakennusosalaskelma. Työkalun kehityksen lisäksi työssä pyrittiin havainnoimaan sitä, minkä verran lisätyötä normaalin suunnittelu-prosessiin nähden tämän kustannuslaskentatyökalun käyttö vaatii.

Opinnäytetyön lopputuloksena olivat esimerkkikohteen kustannuslaskelmat sekä Archicad-aloitus-pohjatiedosto, johon on lisätty työkalu, jonka avulla on mahdollista tehdä suunnittelukohteen kustannusarvioita reaaliaikaisesti. Työkalu pitää sisällään tarvittavan määrän laskentataulukoita ja ohjelmistoon lisättyjä laskentakaavoja sekä tietueita.

Työssä todettiin, että uuden kustannuslaskentatyökalun käyttö ei lisää työmäärää kohtuuttomasti normaaliin suunnitteluprosessiin nähden. Kustannusarvion ei voida kuitenkaan ajatella muodostuvan työkalun avulla suunnittelun sivutuotteena. Normaalin mallintamisen lisäksi tehtävä työ on lähinnä hintatietojen ja yksittäisten kustannuserien lisäämistä sekä tilapintojen mallintamista. Työkalua hyödynnettäessä mallinnuksen tarkkuuteen ja oikeellisuuteen täytyy kuitenkin kiinnittää aiempaa enemmän huomiota, mikä voi aiheuttaa hieman lisätyötä.

Asiasanat: kustannuslaskenta, määrälaskenta, Archicad, suunnittelu

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Civil Engineering, Option of House Building Engineering

Author(s): Janne Haapalahti

Title of thesis: Development of a Real-time Cost Estimation Tool for Architectural Design Software

Supervisor(s): Matti Toppi

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2021

Number of pages: 34 + 3 appendices

This thesis deals with development of a real-time cost estimation tool for architectural design software called Archicad. In this project, interactive schedules, calculation formulas and feature sets were created in Archicad to enable real-time costing directly from the design model. This developed tool was used to create a square metre method of estimating and a design development phase bill of quantities for the example building. The example building was a 2-storey detached house, with facilities set in three different levels. In addition to the development of the tool, the work sought to observe the amount of additional work in relation to the normal design process, the use of this costing tool requires.

The end result of the thesis was the cost calculations for the example building and the Archicad template file with the addition of a costing tool developed in the thesis. The tool contains the required number of interactive schedules, calculation formulas and feature sets added to the software.

Keywords: cost estimation, quantity surveying, Archicad, planning

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	RAKENNUKSEN TIETOMALLI.....	7
2.1	Arkkitehtimalli	7
2.2	Määrälaskenta tietomallista	8
2.3	Suunnitteluohjelmisto Archicad	9
3	RAKENNUSHANKKEEN KUSTANNUKSET	10
3.1	Tilalaskentamenettely.....	11
3.2	Rakennusosalaskenta	12
4	REAALIAIKAINEN TILAPOHJAINEN KUSTANNUSARVIO	14
4.1	Kustannustietoa varten tarvittavat pinta-alat.....	14
4.2	Esimerkkikohteen tilaluonnos	16
4.3	Laskentataulukot tietueet ja kaavat	17
5	REAALIAIKAINEN LUONNOSVAIHEEN RAKENNUSOSALASKELMA.....	20
5.1	Esimerkkikohteen 3D-mallinnus	20
5.1.1	Tilapintojen ja kattojen mallinnus	22
5.1.2	Ikkunat	23
5.1.3	Yksittäiset kustannuserät	24
5.2	Taulukot, ominaisuustiedot ja kaavat	25
5.2.1	Yksikköhintojen syöttäminen ohjelmistoon.....	26
5.2.2	Kustannusarvio	30
6	POHDINTA	32
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET	
	Liite 1 Julkisivupiirustukset	
	Liite 2 Pohjapiirustukset ja leikkauspiirustus	
	Liite 3 Rakennusosalaskelma	

1 JOHDANTO

Perinteisesti rakennushankkeen kustannusarviota tehdään erillään suunnitteluohjelmistosta, laskemalla ja mittaamalla määriä piirustuksista tai tietomalleista. Nämä määrätiedot yhdistetään kustannustietoihin esimerkiksi Excel-laskentataulukon tai erillisen kustannuslaskentaohjelmiston avulla. Tällä menetelmällä kustannusarvion päivitys suunnitelmien muuttuessa on työlästä ja virheiden mahdollisuus kasvaa. Myös lähtötilanteessa eri kustannusarvioiden määräosalaskelmat voivat poiketa toisistaan, jos määriä lasketaan käsin piirustuksia hyödyntäen. Kun kustannukset ovat erillään suunnittelusta, myös suunnittelijan käsitys kustannusten muodostumisesta hankaloituu.

Tässä opinnäytetyössä pyritään kehittämään Archicad-suunnitteluohjelmiston ominaisuuksia käyttäen ohjelmiston sisäinen työkalu, jonka avulla saadaan reaaliaikaista tietoa suunnitelman kustannuksista. Työkalun tarkoitus on helpottaa eri suunnitteluratkaisujen kustannusvaikutusten vertailua, tuottaa määräosalaskelmaa ja helpottaa tarjouspyyntöjen kyselyä tuottamalla yhdenmukaiset lähtötiedot. Työkalun tarkoitus ei ole tarjota valmiita kustannustietoja, vaan antaa mahdollisuus ulkopuolisen kustannustiedon käyttöön suunnitteluohjelmistossa. Tässä työssä esimerkkinä käytetään mm. Rakennusosien kustannuksia -kirjasarjan kustannustietoja.

Työn esimerkkikohteena on 2-kerroksinen omakotitalo, jossa tilat sijoittuvat kolmeen eri tasoon. Esimerkkikohteeseen mallinnetaan suunnitteluohjelmistolla kolmeulotteiseksi malliksi niin, että mallinnustyö vastaa normaalia suunnitteluprosessia. Työssä pyritään selvittämään myös kokemusta siitä, paljonko ylimääräistä normaalista suunnitteluprosessista poikkeavaa työtä tämän kustannuslaskentatyökalun käyttö lisäksi vaatii. Kohteesta tuotetaan kaksi erillistä kustannusarviota, tilapohjainen kustannusarvio ja luonnosvaiheen rakennusosalaskelma.

2 RAKENNUKSEN TIETOMALLI

Rakennussuunnittelua tehdään nykyään kasvavissa määrin tietomallintamalla. Tietomallinnusta käytetään kaikissa Suomessa tehtävissä suurissa julkisissa rakennushankkeissa. Myös monet rakennuttajat vaativat kasvavissa määrin suunnittelun olevan tietomallipohjaista. (1.) Rakennuksen tietomalli (BIM, Building Information Model) tarkoittaa kolmiulotteista mallia, jossa malliin sisällytetään rakennuksen muodon lisäksi myös muuta tietoa. Näitä tietoja voidaan hyödyntää toiminnallisten ominaisuuksien, kuten kustannusten, ilmanvaihdon, valaistuksen, akustiikan tai energian kulutuksen, arvioinnissa. (2, s. 1.)

Tietomalleja voidaan hyödyntää koko rakennuksen elinkaaren ajan, suunnittelusta rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon. Tietomalleja voidaan hyödyntää mm:

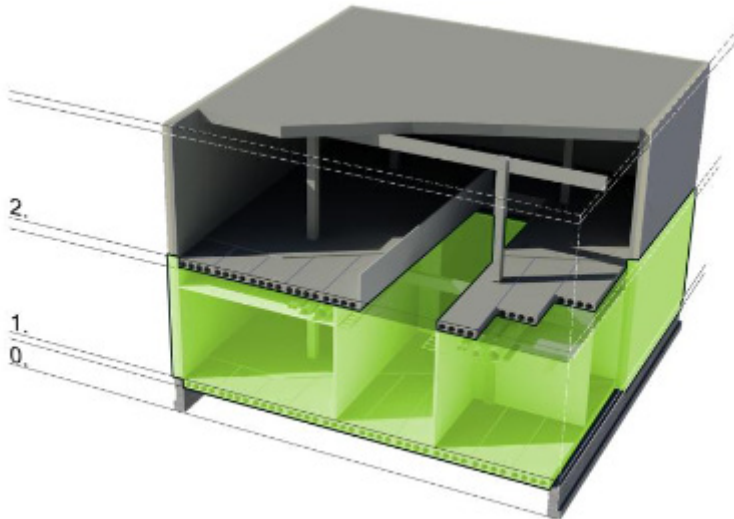
- investointipäätösten tukena vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, kustannuksia ja laajuutta
- suunnitelmien havainnollistamisessa ja rakennuttavuuden analysoimisessa
- laadunvarmistuksessa, parantamaan tiedonsiirtoa ja tehostamaan suunnitteluprosessia
- ympäristö-, energia- ja elinkaarianalyseissa
- rakennushankkeiden käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa
- suunnitelmien yhteensovittamisessa. (3, s. 5.)

2.1 Arkkitehtimalli

Arkkitehtimalli on arkkitehtisuunnittelijan tuottama tietomalli. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa arkkitehtimalli on pakollinen kaikissa suunnittelun vaiheissa. Se toimii pohjana muiden suunnittelualojen malleille ja on keskeinen osa myös monia analyyseja ja simulointeja. Arkkitehtimallin tietosisältö ja geometria vaihtelevat hankkeen vaiheen, mallin käyttötarkoituksen ja projektikohtaisesti sovittujen tarkkuustasojen perusteella. (4, s. 5.)

Arkkitehtimalli mallinnetaan kerroksittain, siten että kuhunkin kerrokseen kuuluvat kyseisen kerroksen alapuolinen laatta pintarakenteineen sekä alaslasketut sisäkatot ja yläpuoliseen laattaan kiinnitettävät akustoivat rakenteet. Seinät mallinnetaan kerroksen korkuisina. Arkkitehtimallin kerrosjako on havainnollistettu kuvassa 1. Rakennusosat mallinnetaan suunnitteluohjelmiston omia työ-

kaluja käyttäen siten, että rakennusosan mallintamiseen käytetään kyseisen rakennusosan mallintamiseen tarkoitettua työkalua. Rakennus mallinnetaan todelliseen korkeusasemaan ja ennalta sovittoon sijaintiin. Kaikki suunnittelualat mallintavat samaan sijaintiin ja korkoon. Arkkitehtimallin kunkin kerrostason korkona käytetään valmiin lattiapinnan korkoa. Alapuoliset kantavat vaakarakenteet ja lattian kevyet rakenteet mallinnetaan tämän koron alapuolelle. (4, s. 5.)



KUVA 1. Arkkitehtimallin kerrosjako (4, s. 6)

Osana arkkitehtimallia kuuluu myös tilamalli. Tilamalli pitää sisällään rakennuksen tilat ja vähintään niitä rajaavat seinät. Tilamalli sisältää usein useita eri pinta-alatyyppejä, kuten huoneala, bruttoala ja kerrosala. Eri pinta-alatyypit voivat olla mallissa päällekkäin, mutta samaan pinta-alatyyppiin kuuluvat tilat eivät saa olla päällekkäin. Tilat mallinnetaan ohjelmiston tilatyökalulla. Tilaa rajaavat ympäröivät seinät, lattia ja katto. Tilojen korkeuden tulee vastata suunniteltua huonekorkeutta. (3, s. 12 - 13.)

2.2 Määrälaskenta tietomallista

Määrälaskenta ilman tietomallia tarkoittaa manuaalista laskemista ja mittaamista piirustuksista. Tietomallien avulla määrälaskentaa pyritään tehostamaan korvaamalla manuaalinen mittaaminen tietokoneavusteisella mittaamisella. Määriä voidaan mitata arkkitehdin, talotekniikan tai rakennussuunnittelun osamalleista sekä näiden yhdistelmämallista. Tietomalliin perustuva määrälaskenta vähentää määrälaskijan rutiinityötä mutta vaatii enemmän ammattitaitoa. Mallista ei voida laskea kaikkia määrätietoja, tarvitaan ammattitaitoa laskennan kattavuuden varmistamisessa, tulosten jä-

sentämisessä sekä laskennan lähtötietojen ja lähtömateriaalin arvioinnissa. (5, s. 5.) Mikäli määrälaskentaa ei tehdä suunnitteluohjelmiston sisällä, käytetään tiedonsiirrossa yleisesti IFC-muotoa. IFC-mallista suoritettu määrälaskenta vaatii yleensä tilaajan määrittämien mallinnusohjeiden tarkkaa noudattamista. IFC-malliin siirrettyjen tietojen tulee olla oikein nimetty, jotta ne vastaavat laskennassa käytettäviä tietoja. (5, s. 8 – 9.)

2.3 Suunnitteluohjelmisto Archicad

Tässä työssä arkkitehtisuunnittelun suunnitteluohjelmistona käytettiin Archicad-ohjelmistoa. Archicad on Graphisoftin valmistama rakennussuunnitteluohjelmisto. Suunnittelija laatii ohjelmiston omia työkaluja käyttäen rakennuksesta kolmiulotteisen virtuaalimallin. Mallintamisessa käytetään kyseisen rakennusosaan mallintamiseen tarkoitettua työkalua, mm. seinät mallinnetaan seinätyökaluilla, laatat laattatyökalulla ja ikkunat ikkunatyökalulla. Lisäksi erilaisia yksittäisiä elementtejä mallinnetaan objektityökalulla, näitä voivat olla esimerkiksi kalusteet, tulisijat, hormit jne. (6.)

Mallinnetusta kolmeulotteisesta virtuaalimallista tuotetaan 2D-rakennuspiirustuksia. Piirustukset päivittyvät automaattisesti mallin muutosten mukaisesti. Elementtejä voidaan tarkastella sekä 2D-että 3D-näkymässä. Mallinnetut elementit pitävät sisällään suuren joukon erinäisiä tietoja, mm. elementin mitat, sijainti, sijoituskorkeus sekä materiaali- ja rakennusainetiedot. Käyttäjä voi halutesaan lisätä omia tietoja, ja tässä työssä hyödynnettiin tätä ominaisuutta lisäämällä elementeille kustannustiedot. (6.)

3 RAKENNUSHANKKEEN KUSTANNUKSET

Talonrakennushanke alkaa rakentamispäätöksestä. Ennen rakentamispäätöstä on tehty tarveselvitys, jossa arvioidaan tilaajan tilantarve ja keinot, joilla tilantarve täytettäisiin. Tarveselvityksen pohjalta on tehty päätös, mitä vaihtoehtoja viedään eteenpäin rakennushankkeen seuraaviin vaiheisiin, joita ovat

- hankesuunnittelu
- rakennussuunnittelu
- rakentaminen
- käyttöönotto. (7, s. 17.)

Hankesuunnitteluvaiheessa määritetään rakennuksen laajuus, aikataulu sekä laatua koskevat tavoitteet. Tässä vaiheessa suoritetaan alustavia eri hankevaihtoehtojen kustannusarvioita, kannattavuuslaskelmia ja rahoitusvaihtoehtoja. Aikataulu ja kustannustaso määrittyvät tässä vaiheessa tehtyjen päätösten perusteella. (7, s. 17.)

Rakennussuunnitteluvaiheessa hankkeelle suunnitellaan arkkitehtoninen ratkaisu, toteuttamistapa sekä tekniset järjestelmät. Rakennussuunnitteluvaiheessa ratkaisuvaihtoehtoja voi alussa olla useampia ja niitä vertailemalla päädytään yhteen ratkaisuun, jolla vaihe saatetaan loppuun. Kustannusten näkökulmasta tässä vaiheessa vaihtoehtoisia suunnitelmia arvioidaan esimerkiksi rakennusosalaskelman perusteella. (7, s. 17.)

Rakentamisvaiheessa rakennus rakennetaan tehtyjen tuotantosuunnitelmien ja hyvien rakennustapojen mukaisesti. Kun kohteen rakentaminen on saatu päätökseen, siirrytään käyttöönottovaiheeseen. Käyttöönottovaiheessa käyttäjät tutustuvat rakennuksen käyttöön, rakennukseen tehdään mahdolliset korjaukset sekä järjestelmien säädöt. (7, s. 17.)

Kustannuslaskentamenetelmien käyttöä rakennushankkeen eri vaiheissa on kuvattu tarkemmin taulukossa 1. Tässä opinnäytetyössä käsitellään ja käytetään näistä laskentamenettelyistä tilalaskentamenettelyä sekä rakennusosalaskentaa.

TAULUKKO 1. Kustannuslaskentamenettelyiden käyttö hankkeen eri vaiheissa (muokattu lähteestä 8, s. 37)

Menettely	Tarveselvitys	Hankesuunnittelu	Rakennus-suunnittelu	Rakentaminen	Käyttö
Viitekohde- ja tilastomenettelyt					
Viitekohdemenettely	P	O			
Erokustannusmenettely	P	O			
Tilastomenettely	P	O	O	O	O
Laajuus ja tilapohjaiset menettelyt					
Tilalaskentamenettely		P			
Tavoitehintalaskelmat		P	P	O	
Rakennusosa- ja tuoteosalaskenta					
Rakennusosalaskenta			P		
Tuoteosalaskenta			O		
Suorite ja panospohjainenlaskenta					
Suoritelaskenta				P	
Panos pohjainen laskenta				P	

Menettelyä hyödynnetään hankevaiheessa osittain

O

Menettelyä käytetään pääasiallisesti

P

Tässä opinnäytetyössä käytetyt menettelyt lihavoituna.

3.1 Tilalaskentamenettely

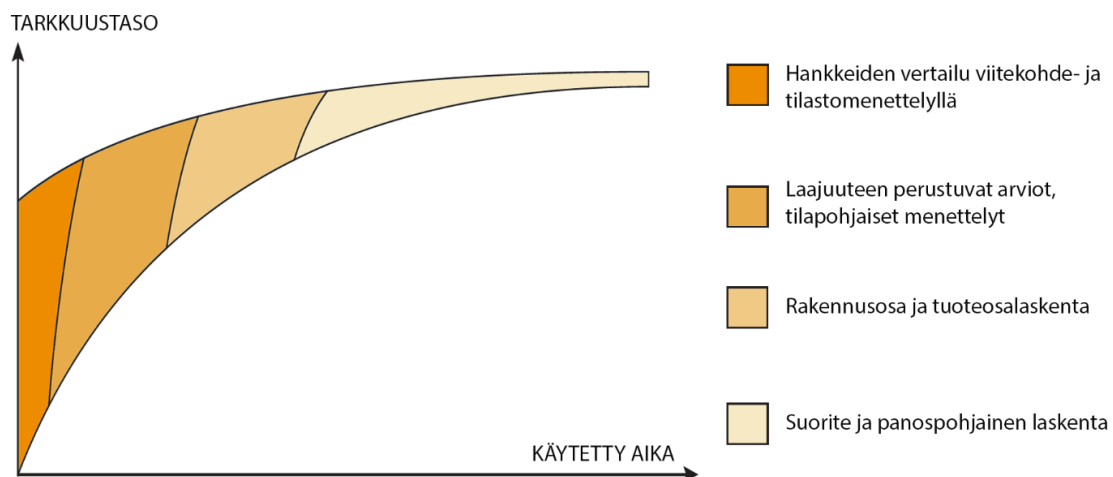
Tilalaskentamenettely on yksi kustannuslaskennassa käytetyistä laskentamenettelyistä. Tässä menettelyssä rakennuksen kustannuksia lasketaan tilaohjelman ja rakennuksen laatua koskevien tavoitteiden perusteella. Tilaohjelmaksi kutsutaan tilaluetteloa, jossa on lueteltuna kaikki rakennuksen tilat huonealoina. Tilat hinnoitellaan tiloittain niitä vastaavilla kustannustiedoilla. Erilaisten tilo-

jen kustannustietoja saadaan erilaisista kustannustietojulkaisuista ja -ohjelmistoista. Tilalaskentamenettelyssä kustannuksia voidaan arvioida joko pinta-ala- ($\text{€}/\text{m}^2$) tai tilavuusperusteisesti ($\text{€}/\text{m}^3$), riippuen käytetystä kustannustietolähteestä. (8, s. 39.)

Tilalaskentamenettely on nopea keino hahmottaa rakennushankkeen kustannuksia. Tämä menettely on kuitenkin tarkkuudeltaan epätarkimmasta päästä, se on epätarkempi kuin rakennusosalaskenta mutta tarkempi kuin viitekohde- ja tilastomenettely. Tilalaskentamenettelyyn käytetty aika on suhteellisen vähäinen, joten eri vaihtoehtojen vertailu sen avulla on kohtuullisen helppoa ja nopeaa. (8, s 36.)

3.2 Rakennusosalaskenta

Rakennusosalaskenta on kustannuslaskentamenetelmä, jota käytetään yleensä rakennushankkeen rakennussuunnitteluvaiheessa kustannusarvioiden laadinnassa. Tätä menetelmää käytetään myös tarjouslaskennassa ja hankinnan vertailulaskelmissa. (8, s. 42.) Rakennusosalaskenta on laajuuteen perustuvaa tilalaskentamenettelyä tarkempi mutta myös työläämpi laskentamenettely. Työmäärä on kuitenkin kohtuullinen ja laskelmaa voidaan tarkentaa suunnittelun edetessä. Kustannuslaskentamenettelyjen tarkkuuksien ja käytetyn ajan suhdetta on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. Kustannusarviomenettelyjen tarkkuustaso (muokattu lähteestä 8, s. 36)

Rakennusosalaskennassa rakennusosien määrät normaalisti kootaan piirustuksista tai tietomalleista. Tätä kutsutaan määrälaskennaksi ja sen avulla tuotetaan rakennusosarakenteiden luettelo eli rakenneluettelo. Rakennusosat luokitellaan yleisesti käytössä olevan nimikkeistön mukaan, esimerkiksi Talo 80:n, Talo 90:n tai Talo 2000:n mukaan. Kaikille eri rakennusosille lasketaan omat

yksikkökustannuksensa ja tämä kerrotaan rakennusosan yksikkömäärällä. Nämä rakennusosakohtaiset kustannukset lasketaan yhteen ja saadaan koko laskettavan hankkeen kokonaiskustannus. (8, s. 42 - 43.)

Rakennusosien yksikkökustannuksia saadaan erilaisista kustannustietojulkaisuista ja -ohjelmitoista. Näitä ovat esimerkiksi kustannuslaskennan kirjallisuuden Rakennusosien kustannuksia ja Korjausrakentamisen kustannuksia -kirjat ja kustannuslaskentaohjelmistojen RT-kustannuslaskenta-ohjelmisto. Rakennusosalaskelmissa voidaan käyttää yleisiä lähteitä tai yritysten itsensä tuottamia yksikkökustannuksia. (8, s. 42.)

4 REAALIAIKAINEN TILAPOHJAINEN KUSTANNUSARVIO

Hankkeen alkuvaiheessa tilat mallinnettiin 3-ulotteisina tiloina. Näistä mallinnetuista tilavyöhykkeistä saatiin ohjelmiston avulla tietoa tilan korkeudesta, pinta-alasta, tilavuudesta ja pintojen aloista. Opinnäytetyössä näitä tietoja pyrittiin hyödyntämään arvioidessa tilojen kustannuksia. Reaaliaikainen tilapohjainen kustannusarvio toteutettiin taulukkona, joka päivittyy malliin mallinnettujen vyöhykkeiden eli tilojen pinta-alojen perusteella. Tämän avulla oli helppo verrata jo alkuvaiheessa eri suunnitteluratkaisujen kustannusvaikutuksia. Suunnitteluratkaisujen välillä voi olla eroja tilojen tehokkuudessa, märkätilojen pinta-aloissa, käytävien tai aulojen pinta-aloissa ja nämä kaikki vaikuttavat kustannuksiin. Opinnäytetyössä kehitetty tilapohjainen reaaliaikainen kustannusarvio näytti nopeasti kustannuserot eri suunnitteluratkaisujen välillä.

4.1 Kustannustietoa varten tarvittavat pinta-alat

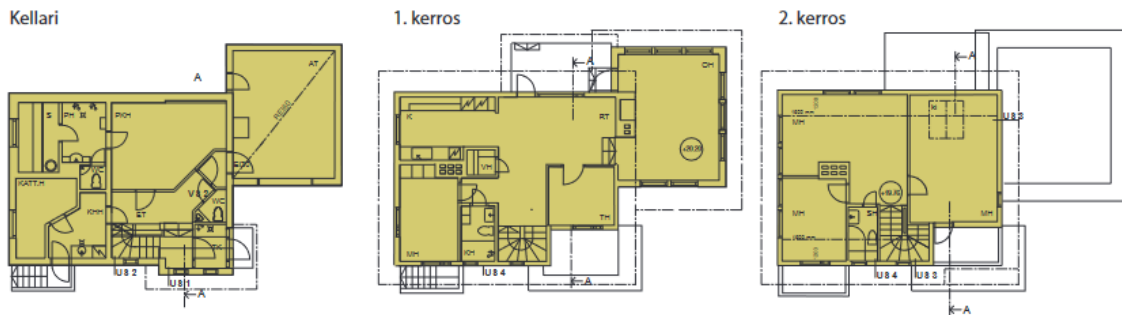
Hankkeen kustannuksia arvioidessa pinta-alaperusteisesti tarvitaan hankkeesta pinta-alatietoja (8, s. 39.). Yleisesti rakennushankkeessa laskettavia pinta-aloja ovat

- huoneala
- rakennusosa-ala
- huoneistoala
- kerrostasoala
- bruttoala
- käyttöala (9, s. 2.).

Näistä kustannuslaskennan näkökulmasta oleellisin pinta-ala on huoneala. Tilalaskelmaa varten tarvitaan luettelo rakennuksen tiloista ja niiden laajuuksista eli huonealoista. (8, s.39.)

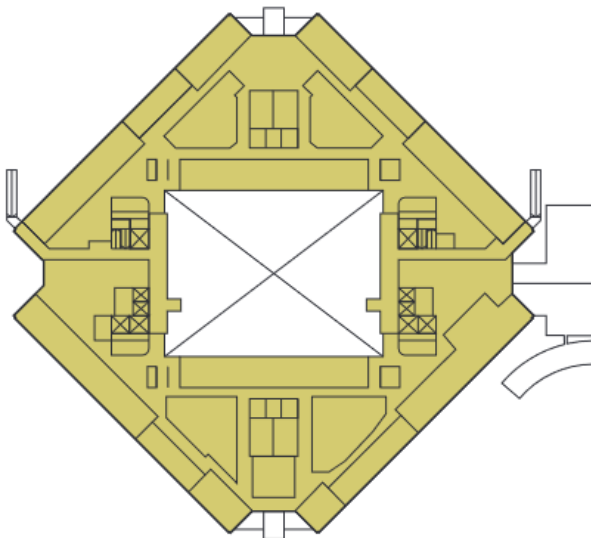
Bruttoala kuvaa koko rakennuksen laajuutta ja se lasketaan rakennuksen kerrostasoalojen summana. Kuvassa 3 on esitetty rakennuksen bruttoalan muodostuminen kerroksittain.

BRUTTOALA = kerrostasoalojen summa



KUVA 3. Bruttoala (9, s. 9)

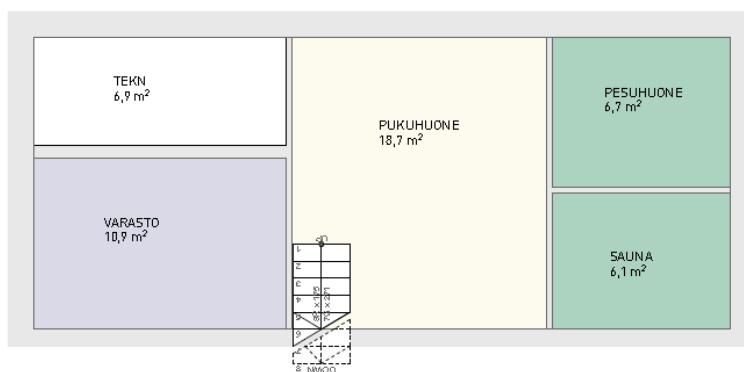
Kerrostasoala lasketaan rakennuksen ulkomittoja käyttäen. Kerrostasoaalasta vähennetään välipohjan aukot, jotka eivät ole vähäisiä. Kuvassa 4 on esitetty kerrostasoaalasta vähennettävät aukot. Keskellä oleva suuri aukko vähennetään, mutta pienemmät aukot, kuten esimerkiksi hissikuilujen aukot, lasketaan kerrostasolaan.



KUVA 4. Kerrostasoaalasta vähennetään aukot, jotka eivät ole vähäisiä (9, s. 8)

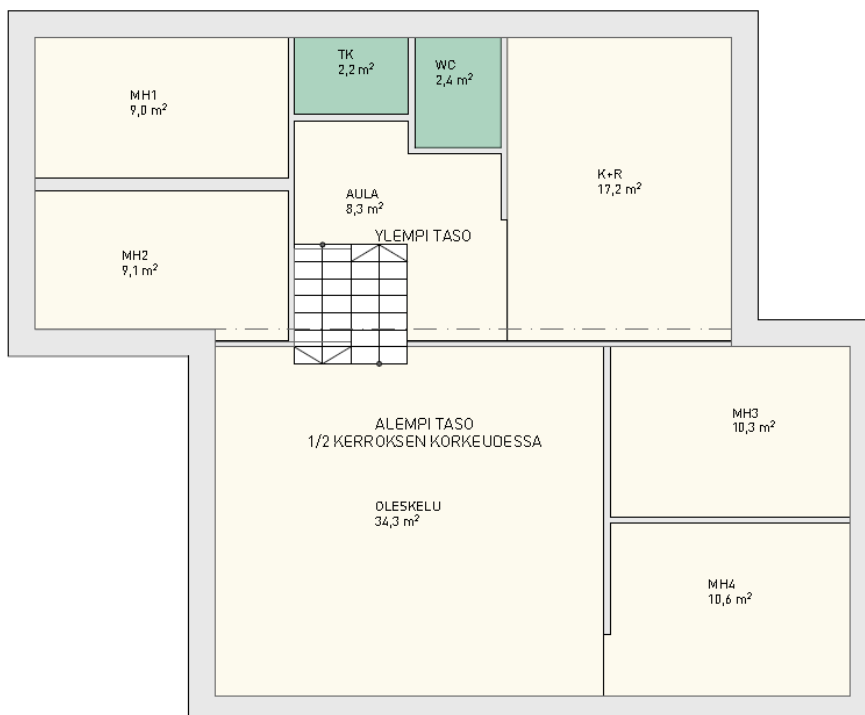
Huoneala on yksittäisen huoneen pinta-ala. Huonealan rajoina ovat tilaa ympäröivien seinien pinnat tai niiden ajateltu jatke. Seinien aukot lasketaan huonealaan, jos aukon korkeus on vähintään 2 200 mm. Huonealaan ei lasketa alle 1 600 mm korkeita osia eikä kantavien tai kiinteiden rakennusosien, kuten hormien pinta-alaa. Välipohjan aukot, jotka eivät ole vähäisiä, vähennetään huonealasta. Kuvassa 5 on keltaisella esitetty yksittäisen huoneen pinta-alan muodostuminen.

RAK A
BRUTTOALA
63,0 m²



1:100 Kellari

RAK A
BRUTTOALA
130,5 m²



1:100 1. kerros

KUVA 6. esimerkkikohteen tilaluonnos

4.3 Laskentataulukot tietueet ja kaavat

Tilojen muodostamisen jälkeen täytyi rakentaa ohelmistoon tarvittavat ominaisuudet, kaavat ja taulukot, jotta suunnitteluohjelma laskisi kustannukset. Ohjelmistoon täytyi nyt luoda uusi ominaisuus tilan neliökustannuksille. Tämä ominaisuus linkitettiin toimimaan vyöhykkeiden kanssa, jolloin vyöhykkeeseen saadaan liitettyä numeerinen arvo kuvaamaan tilan neliöhintaa. Kustannusarviota varten tilojen neliöhinnoille ja tilan pinta-alan välille täytyi luoda laskukaava.

Laskukaavaa varten luotiin uusi ominaisuus, neliökustannus. Tässä vaiheessa tuli esille ohjelmiston puute käsitellä erityyppisiä numeerisia arvoja. Ominaisuuden tyyppiä piti valita pinta-ala, jotta ohjelma pystyi suorittamaan laskutoimitukset ja taulukot onnistuvat suorittamaan yhteenlaskutoimitukset. Kuvassa 7 on kuvakaappaus Archicad-ohjelmiston ominaisuusikkunasta, johon on luotu tilapohjaista kustannusarvioita varten tarvittavat ominaisuudet. Tästä syystä taulukoiden kustannussarakkeen tuloksissa esiintyy virheellisesti m²-pääte.

▶ Kustannuslaskenta rakennusosalaskelma			+
▼ Kustannuslaskenta tilapohjainen			+
↕ Neliökustannus	Pinta-ala	< Lauseke >	
↕ Vyöhykkeen neliöhinta	Numero	< Määrittelemätön >	
▶ YLEISET LUOKITUKSET			+

KUVA 7. Kuvakaappaus Archicad-ohjelmiston ominaisuusikkunaan luoduista uusista ominaisuuksista

Neliöhintojen syöttämistä ja kustannusarviota varten tarvittiin taulukko. Taulukkoon asetettiin hakuehdot, joilla se poimii tietomallista oikeantyyppiset vyöhykkeet, eli tässä tapauksessa huonealat. Taulukkoon lisättiin aiemmin luodut ominaisuudet omiksi sarakkeikseen. Lisäksi lisättiin sarakkeet tilanumero, tilan nimi ja tilan pinta-ala. Nyt taulukkoon voitiin täyttää tilakohtaisesti tilan neliöhinta.

Tilojen neliöhintojen arviointiin on olemassa erilaisia työkaluja, mutta tässä työssä hinnat arvioitiin itse. Taulukossa 2 on esitetty esimerkkikohteen tilapohjainen kustannusarvio

TAULUKKO 2. Tilapohjainen kustannusarvio

Tilapohjainen kustannusarvio				
Numero	Tila	pinta-ala m ²	€/m ²	€
	AULA	8,3	3960,00	32 675,1
	K+R	17,2	1864,00	31 967,8
	MH1	9,0	1776,00	15 929,5
	MH2	9,1	1776,00	16 115,7
	MH3	10,3	1806,00	18 579,2
	MH4	10,6	1776,00	18 738,5
	OLESKELU	34,3	1641,00	56 214,2
	PESUHUONE	6,7	2883,00	19 402,3
	PUKuhuone	18,7	1611,00	30 195,9
	SAUNA	6,1	2942,00	17 805,3
	TEKN	6,9	1887,00	13 032,9
	TK	2,2	3960,00	8 805,8
	VARASTO	10,9	2048,00	22 326,4
	WC	2,4	2584,00	6 191,6
		152,7 m²		307 980,2 m²

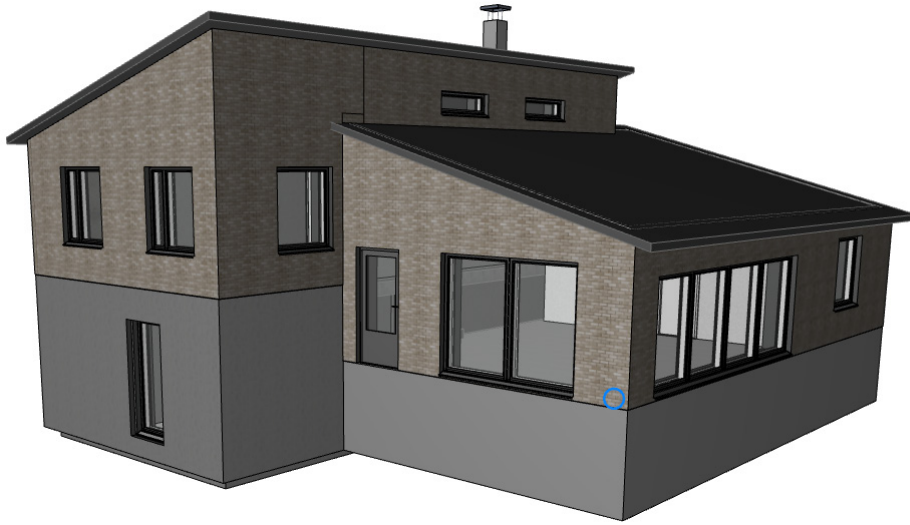
5 REAALIAIKAINEN LUONNOSVAIHEEN RAKENNUSOSALASKELMA

Suunnittelun edetessä vaiheeseen, jossa rakennuksen laajuus ja tilat on saatu lukittua, siirrytään mallintamaan rakennusta ja luomaan rakennuksen muoto ja ulkoasu. Archicad-ohjelmistolla tämä tehdään mallintamalla 3-ulotteisia rakennusosia niille tarkoitetuilla työkaluilla. Seinät, laatat, katot, pilarit, palkit sekä ikkunat ja ovet mallinnetaan yleensä tässä vaiheessa. Opinnäytetyössä pyritään näiden tietojen avulla muodostamaan kustannusarvio rakentamalla ohjelmistoon tarvittavat taulukot, tietueet ja laskukaavat.

5.1 Esimerkkikohteen 3D-mallinnus

Esimerkkikohteenä oli 2-kerroksinen rinnetontille soveltuva omakotitalo, jossa tilat ovat kolmessa tasossa. Kuvassa 8 on 3D-näkymä esimerkkikohteen mallinnuksesta. Rakennuksen rakennuspiirustukset on esitetty liitteissä 1 ja 2. Tämä kohde oli mielenkiintoinen esimerkkikohta sen monimuotoisuuden takia. Talon hahmottaminen ja laskenta manuaalisesti 2D-piirustuksista olisi normaalia 1- tai 2-tasoista omakotitaloa haasteellisempää.

Kellarissa sijaitsevat varasto, tekninen tila, pesuhuone, sauna ja pukuhuone/takkahuone. Maantasokerroksen tilat on jaettu kahteen tasoon. Alempi taso on kerrosten puolella välissä. Alemmalla tasolla sijaitsevat oleskelutila sekä kaksi makuuhuonetta. Tältä tasolta on käynti alapihalle tai mahdolliselle terassille. Mahdollinen terassi jätettiin tässä työssä kustannuslaskennan ulkopuolelle eikä sen vaikutuksia kustannuksiin huomioitu laskennassa. Ylimmälle tasolle on sijoitettu rakennuksen sisäänkäynti, kaksi makuuhuonetta, aula, wc sekä keittiö ja ruokailutila.



KUVA 8. Esimerkkikohteen 3-ulotteinen havainnemalli

Kohteesta mallinnettiin tavanomainen määrä rakennusosia. Yleisesti mallinnettavia rakennusosia ovat perusmuuri, alapohja, välipohja, ulkoseinät, väliseinät, pilarit, palkit, portaat, takka, savupiippu, ikkunat, ovet, yläpohja, vesikatto. Kiintokalusteita ja irtokalusteita, vesikalusteita ja varusteita ei mallinnettu, sillä niiden kustannukset hankkeen alkuvaiheessa tuotetaan bruttoalan pohjalta arvioiden. Nämä voidaan myös mallintaa suunnittelun tueksi, mutta kustannuslaskenta jättää ne tässä vaiheessa huomioimatta.

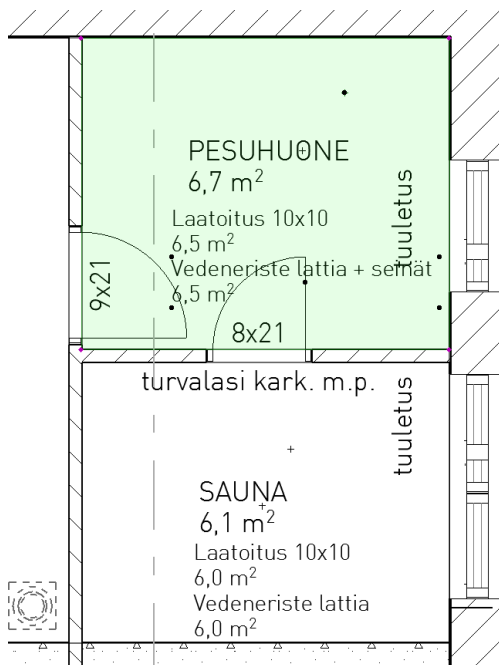
Tasoyhdistelmiin luotiin uusi tasoyhdistelmä kustannuslaskentaa varten. Yhdistelmän avulla voidaan hallita, mitkä piirustustasot otetaan mukaan kustannuslaskentaan. Rakennusosat mallinnetaan niitä vastaaville piirustustasoille, jolloin irtokalusteet tason sammuttamalla kustannuslaskentatasoyhdistelmästä jäävät nämä objektit laskematta. Tasoyhdistelmiin voi tehdä myös omia uusia tasoja, jotka voi joko sisällyttää tai jättää kustannuslaskennan ulkopuolelle. Tämän avulla kohteeseen voidaan suunnitella ja mallintaa asioita, joiden ei kuitenkaan tulisi näkyä kustannuslaskennassa. Tällaisia asioita voivat olla esimerkiksi havainnollistavat objektit sekä terassi- tai luiskava-
raukset. Tasoyhdistelmän avulla voidaan myös tuottaa piirustus tai 3D-dokumentti, jossa ovat näkyvillä vain kustannuslaskennassa huomioidut rakennusosat.

5.1.1 Tilapintojen ja kattojen mallinnus

Tavanomaisesta mallinnuksesta poiketen kustannuslaskentaa varten täytyy lisätä tieto oleellisesti kustannuksiin vaikuttavista tilapinnoista. Näitä voidaan ajatella olevan laatoitettavat ja vedeneristettävät pinnat. Näiden pintojen pinta-alatiedon saamiseksi hyödynnettiin Archicadin tilaominaisuutta, eli vyöhykettä.

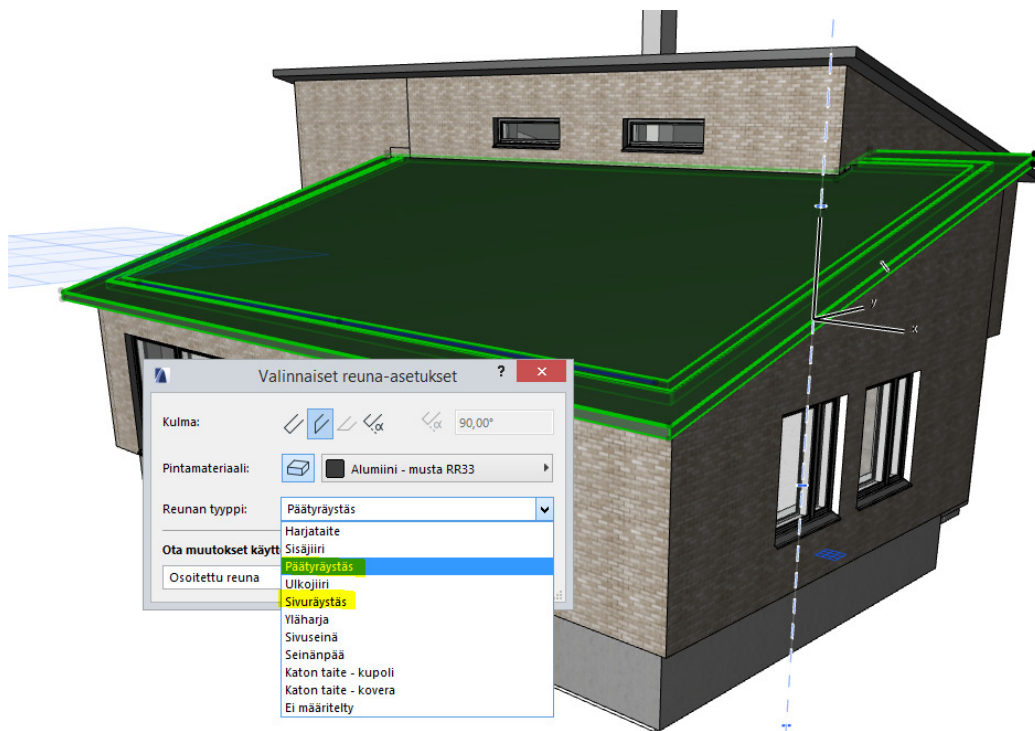
Archicadiin luotiin uudet vyöhyketyypit ”Pinnat lattia + seinät” ja ”Pinnat lattia”. Tämä tieto kertoo laskentakaavoille, täytyykö pinta-alaksi laskea lattia vai sekä seinät että lattia. ”Pinnat lattia” -vyöhykkeessä pinta-alaksi lasketaan vain lattian pinta-ala. Kohteen huonetilojen seinät oli tässä vaiheessa jo mallinnettu, joten vyöhykkeen lisääminen malliin on helppoa. Ohjelma osaa rajata seinien mukaisen vyöhykkeen automaattisesti. Vyöhykkeeseen täydennettiin tämän jälkeen vain oikea korkeus. Korkeus vaikuttaa seinistä muodostuvaan seinäpinta-alaan.

Vyöhykkeen nimeksi kirjataan tieto, mitä pintakerrosta kyseinen vyöhyke kuvaa. Vedeneriste ja laatoitus tehtiin tässä kohteessa omina vyöhykkeinään, sillä niille ovat omat kustannuksensa. Kuvassa 9 on kuvakaappaus esimerkkikohteen pohjapiirroksesta, jossa näkyvät märkätiloihin mallinnetut laatoitus- ja vedeneristyspinnat.



KUVA 9. Märkätilojen tilapintojen vyöhykkeet

Archicadissa katot mallinnetaan kattotyökalulla. Yläpohja mallinnetaan omana ja vesikattopinta omana elementtinään. Vesikattopinalla mallinnetaan räystäät. Normaalista mallinnuksesta poiketen kustannuslaskentaa varten täytyy lisäksi määrittää vesikattojen reunoille tarvittavat ominaisuudet. Kustannuslaskennassa katon eri räystäösosille määritetään omat kustannustietonsa. Ohjelmassa on oma apuikkunansa, jossa eri reunoille voidaan määrittää oma reunatyypinsä. Tämän toiminnon kautta määritetään sivu- ja laperäystäät, katon harja ja liittymiset ulkoseiniin. Kuvassa 10 on kuvakaappaus ohjelmiston kattotyökalun apuikkunasta, jolla määritetään katon reunojen tyytit.



KUVA 10. Räystäästyypien määrittäminen

5.1.2 Ikkunat

Rakennusosien kustannuksia -kirja antaa erityyppisille ikkunoille hintoja esimerkinomaisesti muutamalle valmiiksi määritetyille ikkunakoolle. Työssä haluttiin kuitenkin kokeilla määrittää ikkunan hinta pinta-alaperusteisesti, jotta suunnitteluratkaisujen muutokset päivittyvät kustannuslaskentaan automaattisesti. Kustannusten perustuminen pinta-aloihin on oleellista reaaliaikaisessa kustannuslaskennassa, jotta suunnitelmamuutosten lisäksi tehtävä työ pysyisi vähäisenä. Tällä ratkaisulla lisätyöksi tulisi ainoastaan varmistaa, että ikkunatyyppien perushinnat vastaavat oikeaa ikkunatyyppiä, jos suunnitelmassa on muutettu esimerkiksi kiinteitä ikkunoita avattaviksi.

Tätä ominaisuutta varten koottiin erikokoisten ikkunoiden kustannustiedot Excel-tilukkuun, jonka avulla luotiin kaava määrittämään neliöperusteista ikkunan hintaa. Ikkunalle asetettiin perushinta ikkunatyypin mukaan. Ikkunatyypeiksi valittiin kiinteä, avattava sekä välipuiteellinen avattava tuuletusikkuna. Tämän lisäksi määritettiin ikkunoille omat neliökustannuksensa. Nämä tiedot lisätään ikkunaobjektiin, jolloin ohjelmisto laskee ikkunan pinta-alan ja syötettyjen kustannustietojen perusteella ikkunalle kokonaishinnan. Kokonaishinta muodostuu ikkunan perushinnasta ja neliöpohjaisesta hinnasta. Vastaavan laskelman voisi tehdä myös oville. Niissä kokovaihtelu on kuitenkin pienempää, minkä vuoksi päätettiin yksinkertaistaa työtä ja edetä Rakennusosien kustannuksia -kirjan tarjoamilla kustannustiedoilla.

5.1.3 Yksittäiset kustannuserät

Osa rakennushankkeen kustannuksista arvioidaan kustannuserinä, näitä voivat olla rakennushankkeen lupamaksut, lämmitysjärjestelmät, irtaimistot. Nämä eivät ole silloin sidonnaisia rakennuksen pinta-aloihin. Nämä tiedot täytyi lisätä suunnitteluohjelmistoon, jotta ne saatiin laskettua mukaan tietomallista tuotettuun kustannusarvioon.

Tietoja varten tehtiin suunnitteluohjelman mallinnustilaan erillinen listaus, johon halutut kustannukset lisätään omina kustannusobjekteinaan. Objektina käytettiin perusobjektia, johon on mahdollista liittää ominaisuustietoja, nimi ja symboli. Objekti sijoitetaan sille varattuun ruutuun ja nimetään se oikealla kustannuserällä. Sen jälkeen objektin tietoihin syötetään kustannustieto. Kuvassa 11 on kuvakaappaus listauksesta, jonka ruutuihin on lisätty kustannusobjekteilla yksittäisiä kustannuseriä.

YKSIKÖHINTAISET KUSTANNUSERÄT	
1.2.4.4 Julkisivut	
<input type="checkbox"/> Julkisivuvarusteet	Julkisivuvarusteet
1.2.6.4 Vesikatot	
<input type="checkbox"/> Vesikattovarusteet	Vesikattovarusteet
1.3.3 Tilavarusteet	
<input type="checkbox"/> Kalusteet	Kalusteet
<input type="checkbox"/> Varusteet ja laitteet	Varusteet ja laitteet
2 Tekniikkaosat	
<input type="checkbox"/> Ulkopuoliset KVV-johdot ja kaivot	Ulkopuoliset KVV-johdot ja kaivot
<input type="checkbox"/> Maalämpö	Maalämpö
3 Hanketehtävät	
<input type="checkbox"/> Suunnittelu ja tutkimukset	Suunnittelu ja tutkimukset rakennuttamistehtävät ja valvonta
<input type="checkbox"/> Työmaatehtävät	Työmaatehtävät
4 Kiinteistötehtävät	
<input type="checkbox"/> Maa-alue, lupa ja liittymismaksut	Maa-alue, lupa ja liittymismaksut, rahoitus ja markkinointi
5 Käyttäjätehtävät	
<input type="checkbox"/>	Irtaimisto, toiminnan kojeet ja laitteet
6 Hankevaraukset	
<input type="checkbox"/>	Hintatason muutokset, lisä- ja muutostyöt sekä erityiset varaukset

KUVA 11. Kustannuseräobjektien käyttö

5.2 Taulukot, ominaisuustiedot ja kaavat

Rakennusosien mallinnuksen jälkeen muodostettiin ohjelmistoon kustannuslaskelmaa varten taulukot, luokitukset ja ominaisuustiedot. Ohjelmistoon tehtiin taulukoita eri rakennusosien hintatietojen täydentämistä varten. Taulukot numeroitiin, jotta kustannusten täydentäminen olisi loogista. Numerointi alkaa tilapohjaisesta kustannusarviosta, jatkuu hintatietojen syöttämiseen ja päättyy luonnosvaiheen rakennusosalaskelmaan.

Archicadiin tuotiin Talo 2000 -nimikkeistön luokitukset. Kaikille mallinnetuille rakennusosille määritetään luokitus ja luokituksen perusteella elementit asettuvat lopullisessa kustannusarviossa järjestykseen. Luokituksia hyödynnetään myös ohjelmistoon luoduissa ominaisuustiedoissa. Esimerkiksi eri luokituksen omaavia rakennusosia lasketaan eri kaavoilla kustannusarvion muodostamisessa. Ominaisuustietoihin luotiin ominaisuustiedot rakennusosien hintojen syöttämistä, laskentakaavoja, laskentayksiköjä ja selitteitä varten. Lisäksi tehtiin yksi yhteinen ominaisuustieto, joka kokoaa kaikki eri laskentakaavoilla lasketut kustannukset yhteen.

5.2.1 Yksikköhintojen syöttäminen ohjelmistoon

Archicadiin luotiin seuraavat taulukot yksikköhintojen syöttämistä varten:

- € 2.1 ROK seinät laatat katot palkit pilarit
- € 2.2 ROK ikkunat
- € 2.3 ROK ovet
- € 2.4 ROK räystäät
- € 2.5 ROK tilapinnat
- € 2.6 ROK portaat jne. yksittäiset rakennusosat
- € 2.7 ROK erät
- € 2.8 ROK 1 alueosat (brm²)
- € 2.8 ROK 2 tekniikkaosat (brm²)
- € 2.9 TARKASTUS määrittelemättömät rakennusosat.

Symboli € erottaa kustannuslaskentatyökalun taulukot suunnitteluohjelmiston muista taulukoista. Numerointi auttaa järjestelemään taulukot loogiseen etenemisjärjestykseen. ROK-lyhenne viittaa Rakennusosien kustannuksia -kirjaan, jonka hintatietoja käytettiin opinnäytetyössä ja täydennetään työkalua käytettäessä kaikkiin ROK-lyhenteellä varustettuihin taulukoihin. Näillä taulukoilla varmistetaan myös elementtien oikea luokittelu.

Taulukossa on sarake Talo 2000 -nimikkeistöä varten. Saraketta käytetään ohjelmistossa kustannuslaskentatietojen jäsentelyyn. Ilman oikeaa luokittelua elementti ei sisälly kustannuslaskentaan, sillä kaavat lajittelevat laskettavia rakennusosia luokituksen perusteella. Taulukoissa näkyvillä on myös piirustustaso. Piirustustaso on tärkeä siksi, että sillä määritetään, kuuluuko rakennusosa kustannuslaskentaan vai ei. Näissä taulukoissa ovat näkyvillä vain kustannuslaskentaan sisältyvät elementit.

Taulukossa 3 on esitetty Archicadin taulukko 2.1, johon ohjelma poimii kaikki seinät, laatat, katot, pilarit ja palkit. Taulukossa on rakennusosan poikkileikkauksen esikatseluruutu, selite ja sarakkeet hintatiedon syöttämistä varten. Taulukko antaa syöttää tietoja vain joko rakennetyyppi €/Jm- tai rakennetyyppi €/m² -sarakeeseen. Tämä määräytyy elementin luokittelun perusteella. Luokittelun säännöt perustuvat Talo 2000 tuotantomäärien mittausohjeeseen.

TAULUKKO 3. Archicadiin luotu taulukko 2.1 seinät, laatat, katot, palkit ja pilarit

TALO 2000 Hankenimikkeistö - 2006	2D-poikkileikkaus	Rakennusaine / Rakennetyyppi / Poikkileikkaus / Täyte	Rakennetyyppi €/Jm	Rakennetyyppi €/m2
1.2.1.2 Perusmuurit, peruspilarit ja peruspalkit		Kellariseinä antura	96,00	---
1.2.1.2 Perusmuurit, peruspilarit ja peruspalkit		PM1 - Harkkoperustus, h = 1000 mm	203,00	---
1.2.2.1 Alapohjalaatat		AP 401	---	101,00
1.2.2.1 Alapohjalaatat		AP 402 maanvarainen betoni-laatta	---	86,00
1.2.3.2 Kantavat seinät		VS 401	---	102,00
1.2.3.4 Palkit		IPE	54,00	---
1.2.3.5 Välipohjat		VP 401	---	117,45
1.2.3.6 Yläpohjat		YP105	---	163,06
1.2.4.1 Ulkoseinät		US503 - Kevytbetoniharkkouseinä 250 mm, tiiliverh...	---	216,00
1.2.4.1 Ulkoseinät		US803 - Kellarin ulkoseinä, kevytsoraharkko 380 mm	---	220,51
1.2.6.3 Vesikatteet		VK 701	---	35,62
1.3.1.1 Väliseinät		VS404	---	76,00
1.3.2.3 Sisäkattorakenteet		AK1 Paneelikatto	---	40,00

Taulukossa 4 on esitetty Archicadin taulukko 2.2, johon ohjelma poimii mallinnetut ikkunat. Ikkunatyyppi määräytyy ikkunaobjektin ominaisuuksista, jotka tulee määrittää ennen hintatietojen syöttämistä. Taulukossa ovat sarakkeet ikkunan perushinnalle sekä neliöpohjaiselle hinnalle. Ikkunan neliöhintalaskurilla määritetyt hintatiedot syötetään näihin sarakkeisiin. Hintatiedot voidaan määrittää valmiiksi esimääritettyihin ikkunaobjekteihin ja lisäksi ne on kirjattu erilliseen ohjeeseen.

TAULUKKO 4. Archicadiin luotu taulukko 2.2 ikkunat

TALO 2000 Hankenimikkeistö - 2006	Elementtityyppi	Ikkunatyyppi	Rakennetyyppi €/m2	Ikkuna perushinta	Taso
1.2.4.2 Ikkunat	ikkuna	MSE, avattava ikkuna	127,00	155,00	AR1241 Ulkoseinät.124 Julkisivut
1.2.4.2 Ikkunat	ikkuna	MSE, avattava ikkuna + tuuletus	140,00	280,00	AR1241 Ulkoseinät.124 Julkisivut

Taulukossa 5 on esitetty Archicadin taulukko 2.3, johon ohjelma poimii mallinnetut ovet. Selite-sarake kertoo ovityypin ja oven moduulimitat. Erilaiset ovet muodostavat oman rivinsä. Oville syötetään kappalehinnat. Taulukosta voidaan tarkistaa, että taso ja luokitus vastaavat toisiaan.

TAULUKKO 5. Archicadiin luotu taulukko 2.3 ovet

€ 2.2 ROK ovet			
TALO 2000 Hankenimikkeistö - 2006	Ovi selite	Elementin hinta/kpl	Taso
1.2.4.3 Ulko-ovet	Parvekelasiovi 10x21	446,01	AR1241 Ulkoseinät.124 Julkisivut
1.2.4.3 Ulko-ovet	Ulko-ovi 10x23	473,37	AR1241 Ulkoseinät.124 Julkisivut
1.3.1.5 Väliovet	Laakaovi 8x21	146,64	AR1311 Kevyet väliseinät.131 Jako-osat
1.3.1.5 Väliovet	Laakaovi 9x21	146,64	AR1311 Kevyet väliseinät.131 Jako-osat
1.3.1.5 Väliovet	Saunan lasiovi 8x21	226,16	AR1311 Kevyet väliseinät.131 Jako-osat

Taulukossa 6 on esitetty Archicadin taulukko 2.4, johon ohjelma poimii mallinnetut vesikatot. Tässä taulukossa syötetään vain vesikaton räystäiden hinnat. Taulukossa ovat sarakkeet lape- ja päätyräystäiden juoksumetrihintaa (€/Jm) varten. Vesikaton neliöhinta on syötetty jo aiemmassa taulukossa. Lape ja päätyräystäiden pituudet määräytyvät aiemmin esitetyn kattojen mallinnuksessa määritetyn reunatyypin perusteella.

TAULUKKO 6. Archicadiin luotu taulukko 2.4 räystäät

TALO 2000 Hankenimikkeistö - 2006	Rakennetyyppi	Määrä	€/Jm laperäystä	€/Jm päätyräystä	Taso
1.2.6.3 Vesikatteet	VK 701	2	33,00	29,00	AR1263 Vesikate aluskatteineen.126 Vesikatot

Taulukossa 7 on esitetty Archicadin taulukko 2.5, johon ohjelma poimii mallinnetut tilapinnat. Taulukko erottelee eri tilapintatyyppit sekä tilapinnat. Esimerkiksi, jos laatoitusta on useampaa eri kokoa, ne esiintyvät tässä omina riveinään. Tilapintojen hinnat syötetään muodossa €/m².

TAULUKKO 7. Archicadiin luotu taulukko 2.5 tilapinnat

TALO 2000 Hankenimikkeistö - 2006	Vyöhyketyyppi	Vyöhykkeen nimi	Rakennetyyppi €/m ²
1.3.2 Tilapinnat	Pinnat lattia	Laatoitus 10x10	80,00
1.3.2 Tilapinnat	Pinnat lattia	Vedeneriste lattia	22,00
1.3.2 Tilapinnat	Pinnat lattia+seinät	Laatoitus 10x10	80,00
1.3.2 Tilapinnat	Pinnat lattia+seinät	Vedeneriste lattia + seinät	22,00

Taulukossa 8 on esitetty Archicadin taulukko 2.6, johon ohjelma poimii portaat, kaiteet sekä kaikki objekteilla mallinnetut elementit, jotka sisältyvät kustannuslaskentaan. Objekteille mallinnetut elementit ovat pääsääntöisesti kappalehinnoiteltuja. Poikkeuksena tästä on esimerkiksi tulisijan hormi, jolle tehtiin erilliset luokittelut ja laskentasäännöt, jotta se voitiin laskea juoksumetreinä.

TAULUKKO 8. Archicadiin luotu taulukko 2.6 portaat ja muut yksittäiset rakennusosat

€ 2.7 ROK Portaat jne rakennusosat					
TALO 2000 Hankenimikkeistö - 2006	Elementin ID	Määrä	Elementin hinta/kpl	Rakennetyyppi €/Jm	Taso
1.2.3.7 Runkoportaat	Sisäporras	2	1500,00	---	AR1237 Portaat ja lepotasot.123 Runko
1.3.4.2 Tulisijat ja savuhormit	Kevytsoraelementtihormi 1-reikäinen	1	<Määrittelemätön >	398,04	AR1342 Tulisijat ja tulihormit.134 Muut tilaosat
1.3.4.2 Tulisijat ja savuhormit	Takka	1	2000,00	<Määrittelemätön >	AR1342 Tulisijat ja tulihormit.134 Muut tilaosat

Taulukossa 9 on esitetty Archicadin taulukko 2.7, johon ohjelma poimii kustannusobjekteilla lisätyt yksittäiset kustannuserät. Kustannuserien suuruuksia voi muokata tästä taulukosta. Taulukon avulla on myös hyvä tarkistaa luokittelu, jotta kustannuserä tulee kustannusarviossa oikean luokittelun alle.

TAULUKKO 9. Archicadiin luotu taulukko 2.7 yksittäiset kustannuserät

TALO 2000 Hankenimikkeistö - 2006	Elementin ID	Määrä	Hanketehtävät yksikköhina
1.2.4.4 Julkisivuvarusteet	Julkisivuvarusteet	1	1000,00
1.2.6.4 Vesikattovarusteet	Vesikattovarusteet	1	2500,00
1.3.3 Tilavarusteet	Varusteet ja laitteet	1	7000,00
1.3.3.1 Vakiokiintokalusteet	Kalusteet	1	11050,00
2 TEKNIikkaOSAT	Maalämpö	1	16454,00
2 TEKNIikkaOSAT	Ulkopuoliset KVV-johdot ja kaivot	1	3336,00
3 HANKETEHTÄVÄT	Suunnittelu ja tutkimukset	1	40000,00
3 HANKETEHTÄVÄT	Työmaatehtävät	1	20000,00
4 KIINTEISTÖTEHTÄVÄT	Maa-alue, lupa ja liittymismaksut	1	7000,00
5 KÄYTTÄJÄTEHTÄVÄT	Irtaimisto	1	0,00
6 HANKEVARAUKSET	Hintatason muutokset, lisä- ja muutostyöt	1	0,00

Taulukossa 10 on esitetty Archicadin taulukko 2.8, johon ohjelma poimii bruttoalavyöhykkeet. Taulukossa ovat rivit bruttoalaperusteisille kustannuksille, joita on määritetty bruttoalavyöhykkeen ominaisuuksiin. Tämän taulukon avulla syötetään neliöperusteiset hintatiedot riveittäin. Ohjelma erotelee pinta-alat rakennuksittain. Tämä ominaisuus on hyödyllinen esimerkiksi tilanteessa, jossa samassa kustannuslaskelmassa on piharakennus, johon ei tule vesijohtoa. Vesi- ja viemärijohtojen ja kalusteiden kustannukseksi voisi siinä tapauksessa asettaa piharakennukselle 0 €.

TAULUKKO 10. Archicadiin luotu taulukko 2.8 bruttoalaperusteiset kustannukset

€ 2.8 ROK 1 Alueosat bruttoala	
Vyöhykkeen numero	RAK A
Määrä	2
1.1.1 Maaosat ja pohjarakenteet	124,00
1.1.3 Päällysteet	25,00
1.1.5 Alueen rakenteet	7,00

€ 2.8 ROK 2 Tekniikkaosat bruttoala	
Vyöhykkeen numero	RAK A
Määrä	2
2.2 Vesi ja viemärijohdot €/brm ²	37,00
2.2 Vesi ja viemärikalusteet €/brm ²	16,00
2.2 IV-kanavat ja kanavaosat €/brm ²	30,00
2.2 IV-koneet ja asennukset €/brm ²	24,00
2.3 Sähköistys €/brm ²	64,00
2.3 Valaistus €/brm ²	23,00

Taulukko 2.9 toimii kustannuslaskennan ja mallinnuksen tarkastustaulukkona. Se kokoaa yhteen taulukkoon kaikki elementit, jotka eivät vielä sisälly laskelmaan esimerkiksi puutteellisten luokittelujen tai hintatietojen vuoksi. Säännöt rajaavat taulukkoa siten, että se esittää vain ne mallinnetut elementit, joiden kuuluisi piirustustason perusteella sisältyä kustannuslaskentaan. Lopputilanteessa tämän taulukon tulisi olla tyhjä.

5.2.2 Kustannusarvio

Archicadiin luotiin seuraavat kustannusarvion ja kustannusarviota täydentävät taulukot:

- € 3 YHT luonnosvaiheen rakennusosalaskelma, kustannusarvio
- € 3.1 1 alueosat kustannukset
- € 3.1 2 tekniikkaosat kustannukset.

Lopullisen kustannuslaskelman ohjelmisto kokoaa yhteen taulukkoon. (liite 3) Tätä taulukkoa varten luotiin ominaisuustieto, joka kokoaa kaikki erityyppiset kustannukset yhteen. Vastaavasti tehtiin ominaisuustieto, joka kokoaa rakennusosaa kuvaavan selitteen eri rakennusosista. Eri rakennusosille tehtiin myös omia selitteitä, joilla saatiin luotua kuvaavampia selitteitä. Kuvassa 12 on esitetty

oven selite, joka kokoaa yhteen tiedot ovityypistä, oven leveydestä ja oven korkeudesta, jolloin lopullinen selite on esimerkiksi saunan lasiovi 8x21. Luokittelujen perusteella määritetään se, että tämä selite on käytettävissä vain ovi luokituksen omaavilla rakennusosilla. Kustannusarviotaulukoa varten tehtiin myös ominaisuustieto, joka määritettyjen ehtojen perusteella esittää taulukossa oikean yksikön kullekin rakennusosalle. Taulukkoon koottiin määrätiedot lukumäärä, pinta-ala ja juoksumetri.

The image shows a software interface with two main panels. The left panel is a table titled 'Kustannuslaskenta rakennusosalaskelma' with columns for description, unit, and value. The right panel is a configuration window titled 'ARVON MÄÄRITELMÄ' for a 'Merkkijono' (code) type. It includes options for 'Oletusarvo' (Default value) and 'Jakso' (Section), with a formula for the section: 'IF { ARCHICAD-luokitus - 20 = "Ovi"; CONCAT (Ovityyppi; " "; STR (Leveys / 1 m * 10; 0; "x"; ST...'. Below this, there is a section 'SAATAVUUS LUOKITUKSIA VARTEN' (Availability for classification) with radio buttons for 'Kaikki' (All), 'Ei' (None), and 'Muu' (Other), and a list of classification codes.

KUVA 12. Oviselitteen muodostuminen

Osa kustannuslaskennan kustannuksista määritetään kohteen bruttoalan avulla. Näitä varten luotiin taulukot 3.1. Näiden laskentataulukoiden yhteenlasketut kustannukset on tuotu lopulliseen kustannuslaskentataulukkoon yhteen omana rivinä. Työssä haluttiin myös bruttoalaan sidottujen kustannusten päivittyvän reaaliajassa. Kustannusarviotaulukon rivien ja sarakkeiden järjestelystä johtuen tähän taulukkoon ei voida saada samasta bruttoalavyöhykkeestä useaa eri kustannustietoa. Tästä syystä nämä bruttoalapohjaiset kustannukset jouduttiin yhdistämään yhdeksi kokonaiskustannukseksi. Kustannusten muodostuminen kuitenkin kuvataan taulukoissa 3.1. Nämä taulukot rakennettiin siten, että ohjelma erottelee sarakkeisiin halutut bruttoalaperusteiset kustannukset.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Archicad-suunnitteluohjelmiston sisälle työkalu, joka laskee rakentamisen kustannuksia reaaliaikaisesti. Kaavojen, taulukoiden, luokittelujen, tasojen ja ominaisustietojen avulla onnistuttiin kokoamaan yhteen taulukkoon koko hankkeen rakennusosalaskelma kustannustietoineen. Esimerkkikohteen kaikille rakennusosille onnistuttiin luomaan kaavat ja säännöt, jotka toimivat ja tuottavat oikeaa laskentatietoa, kun mallinnus on suoritettu yleisten tietomallivaatimusten mukaisesti.

Esimerkkikohteeksi valittiin pientalo, jotta työn laajuus saatiin rajattua järkeväksi. Näin aikaa jäi enemmän keskittyä työkalun rakentamiseen, kehittämiseen ja testaamiseen, kun mallinnus ei vienyt niin paljoa aikaa. Myös ohjelman tuottamien laskelmien tarkastus oli helpompaa, kun esimerkiksi kohde oli sopivan kokoinen. Erityyppisessä kohteessa tulisi todennäköisesti vielä esille joitain rakennusosia, joiden laskentaa varten kaavoja tulisi kehittää. Olen kuitenkin tyytyväinen, että sain kustannuslaskentatyökalun toimimaan esimerkkikohteessa mielestäni suurella varmuudella ja laskennan tulokset vaikuttavat luotettavilta.

Yhtenä mielenkiintoisena tavoitteena oli arvioida, kuinka paljon tämän kaltaisen työkalun käyttö työllistäisi normaalin suunnittelutyön lisäksi. Hintatietojen syöttäminen on tietysti lisäys normaaliin suunnittelutyöhön, mutta se ei ole tätä työkalua käyttämällä sen työläämpää kuin se, että sen tekisi esimerkiksi Excel-tilillä. Normaalin mallintamisen lisäksi tehtäviä toimenpiteitä olivat räystäiden räystästyypin määrittäminen, yksittäisten kustannuserien lisääminen malliin, kustannuksiltaan poikkeavien tilapintojen määrittäminen ja bruttoalaperusteisten kustannusten määrittäminen. Näiden lisäksi mallinnuksen tarkkuuteen joutuu kiinnittämään enemmän huomiota jo varhaisemmassa vaiheessa sekä osittain määrittämään tarkemmin ikkunoiden tai ovien ominaisuuksia. Normaalisessa suunnitteluprosessissa näitä tarkennuksia voitaisiin tehdä myöhemmin suunnittelun edetessä. Työmäärän lisäys ei mielestäni ole kohtuuton, mutta ei voida kuitenkaan ajatella kustannusarvion muodostuvan työkalun avulla suunnittelun sivutuotteena ikään kuin itsestään.

Käytön helpottamiseksi jatkokehityksessä voisi laatia valmiin katalogitiedoston yleisimmistä käytetyistä rakennusosista. Katalogissa olisi valmiiksi mallinnettuja esimerkkejä rakennusosista, joille olisi määritetty kustannustiedot. Suunnittelussa näitä elementtejä kopioitaisiin omaan suunnitelmaan. Aikaa säästyisi, kun kaikille rakennusosille ei tarvitsisi määrittää hintatietoa. Katalogi vaatisi

ylläpitoa, mutta sitä kautta olisi helppo myös hallita rakennusosien hinnastoa ja tehdä mahdollisesti korjauksia hintoihin. Katalogissa olisi hyvä olla myös valmiita tilavyöhykkeitä neliöhintoineen, näille tiloille voisi olla myös valmiiksi määritelty erilaisia kustannustasoja, joissa olisi huomioitu esimerkiksi normaalia kalliimmat pintamateriaalit. Katalogitiedoston etuna olisi mm. yhtenäisten hintatietojen ylläpito. Erilaisten GDL-objektien avulla laskennasta voisi saada vielä älykkäämmän ja tätä mahdollisuutta kannattaisi vielä tutkia. Erilaisten kertoimien sisällyttäminen työkaluun tekisi siitä vielä monipuolisemman. Kertoimet voisivat olla esimerkiksi rakennuksen muotoon tai rakennuspaikan sijaintiin liittyviä vapaasti valittavia tai valmiiksi määritettyjä arvoja.

LÄHTEET

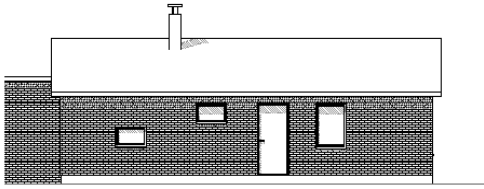
1. Raksystems 2018. Tietomallinnus rakennushankkeen apuna. Hakupäivä 1.12.2021. <https://raksystems.fi/ajankohtaista/tietomallinnus-rakennushankkeen-apuna/>.
2. RT 10-10992 2010. Tietomallinnettava rakennushanke. Ohjeita rakennuttajalle. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 1.12.2021. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-10992>.
3. COBIM 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus. Hakupäivä 1.10.2021. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>.
4. COBIM 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 3. Arkkitehtisuunnittelu. Hakupäivä 1.10.2021. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>.
5. COBIM 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 7. Määrälaskenta. Hakupäivä 1.10.2021. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>.
6. Micro Aided Design Oy 2014. Archicad 18-FIN -käsikirja. Hakupäivä 1.12.2021. https://www.mad.fi/archicad_kasikirjat.
7. Lindberg, Rita, Kivimäki, Christian & Hotinen, Hetti 2021. Rakennusosien kustannuksia 2021. Helsinki: Rakennustieto Oy.
8. Ratu KI-6033 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 1.10.2021. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6033>. Vaatii käyttäjälisenssin.
9. RT 12-11055 2011. Rakennuksen pinta-alat. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 1.10.2021. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2012-11055>. Vaatii käyttäjälisenssin.

JULKISIVUPIIRUSTUKSET

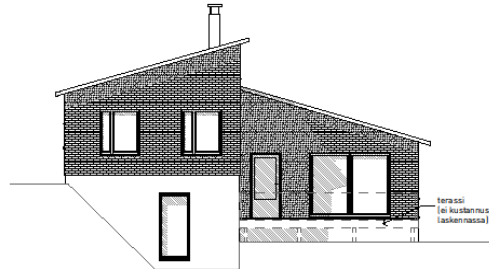
LIITE 1

001 Opinnäytetyö Esimerkkitalo 1
Julkisivut

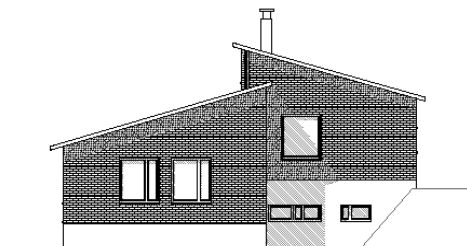
Luonnosvaihe 17.9.2021
A3 1:100



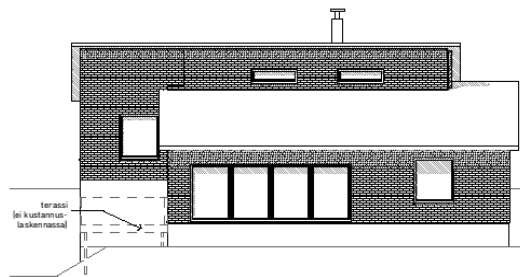
1:100 Julkisivu pohjoiseen



1:100 Julkisivu länteen



1:100 Julkisivu itään



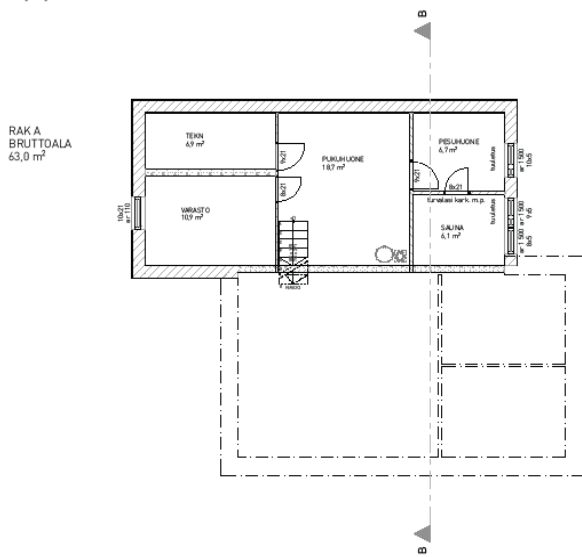
1:100 Julkisivu etelään

POHJAPIIRUSTUKSET JA LEIKKAUSPIIRUSTUS

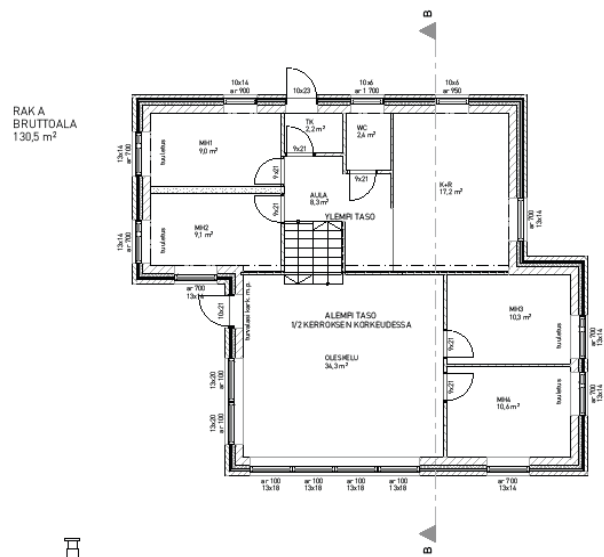
LIITE 2

001 Opinnäytetyö Esimerkkitalo 1
Pohjat ja leikkaus

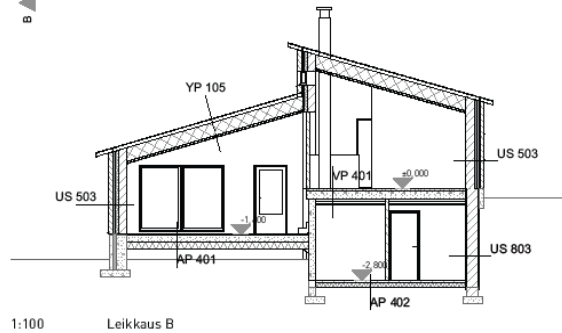
Luonnosvaihe 17.9.2021
A3 1:100



1:100 Kellari/perustus



1:100 1. kerros



1:100 Leikkaus B

RAKENNUSOSALASKELMA

LIITE 3

001 Opinnäytetyö Esimerkkitalo 1
3 Rakennusosalaskema

Rakennusosalaskelma 29.10.2021
A4 1:1

Kustannukset rakennusosittain							
TALO 2000 Hankenimikkeistö - 2006	Selite	Määrätiedot				€/yks (ÄLÄ MUOKKAA)	€ (alv 0%)
		KPL	Pituus (jm)	Pinta- ala	Yksikkö		
1.2.1.2 Perusmuurit, peruspilar...	Kellariseinä antura	4	23,2	4,6	jm	96,00	2 229,1
1.2.1.2 Perusmuurit, peruspilar...	PM1 - Harkkoperustus, h = 1000 mm	4	24,1	24,1	jm	203,00	4 681,4
							6 910,5 m²
1.2.2.1 Alapohjalaatat	AP 401	1	---	56,6	m ²	101,00	5 714,7
1.2.2.1 Alapohjalaatat	AP 402 maanvarainen betonilaatta	1	---	51,4	m ²	86,00	4 417,0
							10 131,7 m²
1.2.3.2 Kantavat seinät	VS 401	5	16,6	40,0	m ²	102,00	4 069,3
							4 069,3 m²
1.2.3.4 Palkit	IPE	1	5,0	---	jm	54,00	270,0
							270,0 m²
1.2.3.5 Välipohjat	VP 401	1	---	50,8	m ²	117,45	5 964,7
							5 964,7 m²
1.2.3.6 Yläpohjat	YP105	2	0,0	110,3	m ²	163,06	17 979,2
							17 979,2 m²
1.2.3.7 Runkoportaat	Sisäporras	2	---	---		1500,00	3 000,0
							3 000,0 m²
1.2.4.1 Ulkoseinät	US503 - Kevytbetoniharkkukoseinä 250 mm, tiiliverhous	10	65,6	133,6	m ²	216,00	28 841,1
1.2.4.1 Ulkoseinät	US803 - Kellarin ulkoseinä, kevytsoraharkko 380 mm	4	25,8	75,6	m ²	220,51	16 680,8
							45 521,9 m²
1.2.4.2 Ikkunat	10x14 MSE, avattava ikkuna	1	---	---	kpl	329,76	329,8
1.2.4.2 Ikkunat	10x21 MSE, avattava ikkuna	1	---	---	kpl	417,78	417,8
1.2.4.2 Ikkunat	10x5 MSE, avattava ikkuna + tuuletus	1	---	---	kpl	347,91	347,9
1.2.4.2 Ikkunat	10x6 MSE, avattava ikkuna	2	---	---	kpl	229,18	458,4
1.2.4.2 Ikkunat	13x14 MSE, avattava ikkuna	3	---	---	kpl	382,72	1 148,1
1.2.4.2 Ikkunat	13x14 MSE, avattava ikkuna + tuuletus	4	---	---	kpl	531,03	2 124,0
1.2.4.2 Ikkunat	13x18 MSE, avattava ikkuna	4	---	---	kpl	448,26	1 793,2
1.2.4.2 Ikkunat	13x20 MSE, avattava ikkuna	2	---	---	kpl	481,02	962,0
1.2.4.2 Ikkunat	15x4 MSE, avattava ikkuna	2	---	---	kpl	228,80	457,6
1.2.4.2 Ikkunat	8x5 MSE, avattava ikkuna	1	---	---	kpl	204,16	204,2
1.2.4.2 Ikkunat	9x5 MSE, avattava ikkuna + tuuletus	1	---	---	kpl	341,05	341,1
							8 584,1 m²
1.2.4.3 Ulko-ovet	Parvekelasiovi 10x21	1	---	---	kpl	446,01	446,0
1.2.4.3 Ulko-ovet	Ulko-ovi 10x23	1	---	---	kpl	473,37	473,4
							919,4 m²
1.2.4.4 Julkisivuvarusteet	Julkisivuvarusteet	1	---	---	erä	1000,00	1 000,0
							1 000,0 m²
1.2.6.3 Vesikatteet	VK 701	2	66,7	163,1	jm&m ²	35,62	7 901,6
							7 901,6 m²
1.2.6.4 Vesikattovarusteet	Vesikattovarusteet	1	---	---	erä	2500,00	2 500,0
							2 500,0 m²
1.3.1.1 Väliseinät	VS404	14	42,7	90,7	m ²	76,00	6 893,6
							6 893,6 m²
1.3.1.5 Väliovet	Laakaovi 8x21	1	---	---	kpl	146,64	146,6
1.3.1.5 Väliovet	Laakaovi 9x21	8	---	---	kpl	146,64	1 172,8
1.3.1.5 Väliovet	Saunan lasiovi 8x21	1	---	---	kpl	226,16	226,2
							1 545,6 m²
1.3.2 Tilapinnat	Laatoitus 10x10	2	---	32,7		80,00	2 608,2
1.3.2 Tilapinnat	Vedeneriste lattia	1	---	6,1		22,00	133,1
1.3.2 Tilapinnat	Vedeneriste lattia + seinät	1	---	28,2		22,00	619,6
							3 360,9 m²
1.3.2.3 Sisäkattorakenteet	AK1 Paneelikatto	4	---	42,4	m ²	40,00	1 697,1
							1 697,1 m²
1.3.3 Tilavarusteet	Varusteet ja laitteet	1	---	---	erä	7000,00	7 000,0
							7 000,0 m²
1.3.3.1 Vakiokiintokalusteet	Kalusteet	1	---	---	erä	11050,00	11 050,0
							11 050,0 m²
1.3.4.2 Tulisijat ja savuhommit	Kevytsoselementtihomei 1-reikäinen	1	---	---		398,04	3 176,4
1.3.4.2 Tulisijat ja savuhommit	Takka	1	---	---		<Määrittele...	2 000,0
							5 176,4 m²
2 TEKNIikkaOSAT	Maalämpö	1	---	---	erä	16454,00	16 454,0
2 TEKNIikkaOSAT	Ulkopuoliset KVV-johdot ja kaivot	1	---	---	erä	3336,00	3 336,0
							19 790,0 m²
3 HANKETEHTÄVÄT	Suunnittelu ja tutkimukset	1	---	---	erä	40000,00	40 000,0
3 HANKETEHTÄVÄT	Työmaa tehtävät	1	---	---	erä	20000,00	20 000,0
							60 000,0 m²
4 KIINTEISTÖTEHTÄVÄT	Maa-alue, lupa ja liittymismaksut	1	---	---	erä	7000,00	7 000,0
							7 000,0 m²
X Bruttoala	RAK Abrrm ² perusteiset kustannukset yhteensä. Erittelyt taulukoissa 3.1	2	---	193,5		<Määrittele...	67 741,7
							67 741,7 m²
							306 007,7 m²

RAKENNUSOSALASKELMA

LIITE 3

001 Opinnäytetyö Esimerkkitalo 1
3.1 Bruttoalaperusteiset kustannukset erittely

Rakennusosalaskelma 29.10.2021
A4 1:1

3.1.1 Alueosat kustannukset				
Vyöhykkeen numero	1.1.1 Maaosat ja pohjarakenteet kustannus	1.1.3 Päällysteet kustannus	1.1.5 Alueen rakenteet kustannus	Alueosat yhteensä €(alv0)
RAK A	7828,69	1578,37	441,94	9 849,0
RAK A	16171,24	3260,33	912,89	20 344,5
	23999,93	4838,70	1354,83	30 193,5 m²

3.1.2 Tekniikkaosat kustannukset							
Rakennuksen tunnus	2.2 Vesi ja viemärijohdot kustannus	2.2 Vesi ja viemärikalusteet kustannus	2.2 IV-kanavat ja kanavaosat kustannus	2.2 IV-koneet ja asennukset kustannus	2.3 Sähköistys kustannus	2.3 Valaistus kustannus	Tekniikkaosat yhteensä €(alv0)
RAK A	2335,98	1010,15	1894,04	1515,23	4040,61	1452,10	12 248,1
RAK A	4825,29	2086,61	3912,40	3129,92	8346,45	2999,50	25 300,2
	7161,27	3096,76	5806,44	4645,15	12387,06	4451,60	37 548,3 m²