

Tietokoneavusteisia työkaluja hyödyntävä arkkitehtuuripienoismallikonsepti



SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ

KOULUTUSALA

Muotoilun koulutusohjelma

TYÖN TEKIJÄ

Antti Poikonen

TYÖN NIMI

Tietokoneavusteisia työkaluja hyödyntävä arkkitehtuuripienoismallikonsepti

PÄIVÄYS

13.05.2016

SIVUMÄÄRÄ/LIITTEET

79/2

OHJAAJA

Hannu Oksanen

TOIMEKSIANTAJA

Muotoilutoimisto Rissanen / Pekkanen Ay

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä perehdytään arkkitehtuuripienoismaalleihin ja rakennetaan uudenlainen, tietokoneavusteisia työkaluja hyödyntävä pienoismallikonsepti. Tämä konsepti on tarkoitus lanseerata yhteistyöyrityksenäni toimineen Muotoilutoimisto Rissanen / Pekkasen tuotevalikoimiin ja sillä osallistutaan myös Kasvu Open-kasvuyrityskilpailuun.

Työn kuluessa syvennytään alaan ja perehdytään erilaisiin arkkitehtuuripienoismallityyppeihin sekä perinteisiin mallinrakennusmateriaaleihin, -tekniikoihin ja -työkaluihin. Tämän jälkeen syvennytään siihen, millä tavoin malleja voidaan rakentaa 3D-tulostusta, laserleikkausta, CNC-jyrsintää ja muita moderneja tekniikoita käyttäen. Perinteisiä ja moderneja tekniikoita myös vertaillaan keskenään. Lopulta tiedonhaun pohjalta muodostetaan pienoismallikonsepti ja rakennetaan esimerkkimalli, jolla konseptin toimivuutta testataan käytännössä.

AVAINSANAT

pienoismalli, arkkitehtuuripienoismalli, 3D-tulostus

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS

FIELD OF STUDY

Degree Programme in Design

AUTHOR

Antti Poikonen

TITLE OF THESIS

A Scale Model Concept Utilizing Computer-aided Tools

DATE

13.05.2016

PAGES/APPENDICES

79/2

SUPERVISOR

Hannu Oksanen

CLIENT ORGANISATIONS/PARTNERS

Design Agency Rissanen / Pekkanen

ABSTRACT

This thesis deals with architectural scale models and developing process of a new, computer-aided tool based scale model concept. The concept was developed for a company called Design Agency Rissanen / Pekkanen, and it is also used for participating in Kasvu Open startup competition.

During the process the field of scale model building, including materials, tools, building techniques and model types were explored. After that the possibilities of 3D printing, lasercutting and CNC-milling in model building were explored. The traditional and modern technologies were also compared. Finally a new scale model concept was defined based on the research. Also, an example model was built in order to test the concept in practice.

KEYWORDS

scale model, architectural scale model, 3D printing

Sisällys

1	Johdanto	6
2	Toimintakenttä	7
2.1	Yhteistyöyritys	7
2.2	Kasvu Open	7
3	Pienoismallit ja arkkitehtuuripienoismallit	9
4	Arkkitehtuuripienoismallityypit	12
5	Arkkitehtimallien ulkonäkö ja materiaalit	15
5.1	Materiaalien valinta	15
5.2	Yleisimmät arkkitehtimallimateriaalit	15
6	Arkkitehtuuripienoismallien tehtävä	18
7	Arkkitehtimallin ja tietokonemallin vastakkainasettelu	20
8	Perinteiset mallinrakentajat	22
8.1	Materiaalit, työkalut ja työtavat	22
8.2	Asiakkaat ja projektien eteneminen	22
8.3	Yhteenveto perinteisen mallinrakentajan työstä	23
9	Omat kokemukseni mallinrakentamisesta	24
9.1	Kuvakukon pienoismalli	24
9.2	Mallinrakentamisen malli (salattu)	31
10	Tietokoneavusteiset tekniikat mallinrakentamisessa	39
10.1	3D-tulostaminen	39
10.2	3D-tulostuksen käytön edut ja haitat perinteisiin tekniikoihin nähden	40
10.3	Laserleikkaus ja CNC-jyrsintä	43
10.4	Tietokoneavusteisten mallinrakennusmenetelmien vertailua	44

11	3D-mallien korjaamiseen tarkoitettujen ohjelmistojen vertailua	54
11.1	Netfabb Basic	54
11.2	Netfabb Professional	56
11.3	LimitState:FIX	57
10.5	Yhteenveto ohjelmistoista	59
12	Arkkitehtuuripienoismallikonseptin peruspiirteet	60
12.1	Mallien rakenne, tekniikat ja työkalut	60
12.2	Asiakkaat	62
12.3	Kasvu Open Kasvusuunnitelma	62
12.4	Jatkokehitys	62
13	Esimerkkimallin rakentaminen (salattu)	63
14	Pohdinta	73

Lähteet

Kuvalähteet

Liitteet

Liite 1: Kasvu Open kasvusuunnitelma

1 Johdanto

Opinnäytetyöni teemana ovat arkkitehtuuripienoismallit ja niihin liittyvä liiketoiminta. Päädyin aiheen pariin työharjoittelun kautta, jonka aikana pääsin toteuttamaan 3D-tulostettuja pienoismalleja kahdesta Kuopiossa sijaitsevasta kohteesta. Mallien rakentaminen oli kiinnostavaa, ja halusinkin sen vuoksi perehtyä aiheeseen vielä syvemmin.

Yhteistyöyrityksenäni toimii kuopiolainen Muotoilutoimisto Rissanen / Pekkanen, jonka kautta tein edellä mainitsemani työharjoittelujakson. Yrityksen erikoisosaaminen liittyy erityisesti 3D-mallintamiseen ja -tulostamiseen. Opinnäytetyön perimmäisenä tarkoituksena on selvittää, miten yritys voisi tehdä arkkitehtuuripienoismallien rakentamisesta tuottoisaa liiketoimintaa. Yrityksen on tarkoitus lanseerata tulevaisuudessa pienoismallien valmistukseen keskittyvä palvelu. Opinnäytetyöprosessille konkreettisen maalin ja tavoitteet asettaa keväällä 2016 Kuopiossa järjestettävä Kasvu Open-kasvuyrityskilpailu, johon yhteistyöyritykseni hakee mukaan tällä pienoismallipalvelullaan. Opinnäytetyössäni pyrin vastaamaan erityisesti kilpailun hakulomakkeessa esitettyihin kysymyksiin.

Työssäni selvitän sitä, minkä vuoksi arkkitehtuuripienoismaalleja rakennetaan ja millä tavoin niitä on perinteisesti rakennettu. Tällä tavoin syvennän käsitystäni alasta ja sen vaatimuksista. Tämän jälkeen perehdyn siihen, miten malleja voisi rakentaa moderneja tekniikoita, kuten 3D-tulostusta hyödyntäen. Vertailen myös perinteisiä ja moderneja tekniikoita keskenään ja tuon esille niiden vahvuuksia ja heikkouksia. Lopulta muodostan konseptin, joka kuvaa yhteistyöyritykselle syntyvän palvelun peruspiirteitä: millaisia arkkitehtimalleja valmistetaan, millä tavoin niitä valmistetaan ja kenelle.

Lopuksi pyrin testaamaan muodostamani konseptin toimivuutta rakentamalla yhden konseptin mukaisen esimerkki-pienoismallin. Konkreettisen pienoismallin rakentaminen mahdollistaa konseptissa määriteltyjen

työkalujen ja ohjelmistojen testaamisen käytännössä, ja antaa mahdollisuuden arvioida myös projektin kustannuksia ja siihen kuluva aikaa. Tätä kautta saan realistisen kuvan siitä, voiko vastaavanlaisen pienoismallin rakentaminen olla järkevää ja kannattavaa myös oikeille asiakkaille.

Roolini opinnäytetyön suorittamisen puitteissa on toimia yhteistyöyritykseni palvelukehittäjänä. Mikäli opinnäytetyöprosessin myötä määrittelemäni palvelu osoittautuu toimivaksi ja yritys saa sen avulla hankittua maksavia asiakkaita, on minun mahdollista työllistyä yritykselle mallinrakentajaksi. Motivaationani opinnäytetyön suorittamiseen toimii siis sekä yleinen kiinnostus mallinrakentamiseen mutta myös mahdollinen oma työllistyminen.

Tämä on opinnäytetyön salattu versio, jossa on salattu yhteistyöyritykseni liikesalaisuuksiksi luettava materiaali.

2 Toimintakenttä

2.1 Yhteistyöyritys

Muotoilutoimisto Rissanen / Pekkanen on vuonna 2014 perustettu kuopiolainen muotoilutoimisto. Yritysmuotona toimii avoin yhtiö ja yrityksen päätoimiala on teollinen muotoilu. Yrityksen omistavat kaksi teollista muotoilijaa, Pauli Rissanen ja Matti-Juhani Pekkanen. Yrityksen liiketoiminnan ydinalueita on kolme: teollinen muotoilu, 3D-mallintaminen- ja tulostaminen sekä graafinen suunnittelu. Yrityksen työhistoria on varsin värikäs ja sisältää paljon erilaisia projekteja eri toimialueilta: edustettuina ovat niin perinteinen tuotemuotoilu, käyttöliittymäsuunnittelu, graafinen suunnittelu, 3D-tulostaminen kuin 3D-visualisointikin. 3D-mallinnus ja -tulostus ovat yrityksen yksiä suurimmista mielenkiinnon kohteista. Yrityksen yhtenä tavoitteena onkin profiloitua näiden tekniikoiden asiantuntijana tätä kautta osaltaan edistää niiden käyttöä niin paikallisesti kuin koko maan laajuisestikin. Sen vuoksi yritys etsiikin jatkuvasti uusia tapoja hyödyntää näitä moderneja tekniikoita toiminnassaan. (RPdesign; Asiakastieto.fi, 2016.)



Kuva 1: Muotoilutoimisto Rissanen / Pekkanen logo

2.2 Kasvu Open

Kasvu Open on jokavuotinen, suomalainen kasvuyrittäjyysohjelma ja sparrauskilpailu, joka on suunnattu kasvuhakuisille aloitteleville tai vanhemmille yrityksille. Ohjelma kokoaa yhteen kasvuhaluisten yritysten edustajat sekä joukon asiantuntijoita, sijoittajia sekä muita kokeneita yrittäjiä, joiden avulla yritysideoita pyritään yhdessä analysoimaan, testaamaan ja kehittämään. Ohjelma on osallistuville yrityksille ilmainen. (Kasvu Open, 2016.)

Kuva 2: Kasvu Open-logo

Kasvu Open syntyi aikanaan Jyväskylässä paikallisten kasvuyritysten ja Jyväskylän yliopiston Kauppakorkeakoulun yhteistyöprojektina. Sittemmin ohjelma on levittäytynyt koko maan laajuiseksi ja tänä vuonna siihen osallistuu yhteensä 375 yritystä ja 950 sparraajaa ja sijoittajaa. Kasvu Open jakautuu yhteensä 25:een Kasvupolkuun, joita ovat muun muassa: Fast Track Energy Kasvupolku, Hyvinvointialan Kasvupolku, Kanta-Hämeen Kasvupolku, Kiertotalous - Kasvupolku, Lapin Kasvupolku, Länsi-Uudenmaan Kasvupolku sekä Pelialan Kasvupolku. Kukin kasvupolku keskittyy siis joko tietyn teeman ympärille tai liittyy tiettyyn alueeseen. (Kasvu Open, 2016.)

Kasvupolulle mukaan tahtova yritys lähettää hakemuksen yhteen tai useampaan Kasvupolkuun. Hakemus sisältää perustiedot yrityksestä, sen toiminnasta ja liikeideasta, kuvauksen kasvusuunnitelmasta sekä alustavan kuvauksen siitä, millaista tukea yritys lähtee kasvupolul-

ta hakemaan. Hakijayritysten joukosta järjestäjät valitsevat kullekin Kasvupolulle mielestään eniten kasvupotentiaalia omaavat yritykset. Mukaan valitut yritykset pääsevät mukaan kahden päivän sparraukseen, jonka aikana joukko asiantuntijoita eli mylläreitä auttaa yritystä hiomaan kasvusuunnitelmaansa mahdollisimman toimivaksi kokonaisuudeksi. Jokaisen Kasvupolun lopuksi kilpailun tuomaristo valitsee alueelliset voittajayritykset. Nämä voittajayritykset taas jatkavat matkaansa valtakunnalliseen Kasvu Open – finaaliin, joka järjestetään syksyllä 2016 Jyväskylässä. Kasvu Open voi siis käytännössä tarjota osallistuvalla yritykselle arvokasta asiantuntija-apua toiminnan kehittämiseen, kontakteja yhteistyökumppaneihin ja rahoittajiin sekä myös julkisuutta. (Kasvu Open, 2016.)

Yhteistyöyritykseni sai kutsun hakea mukaan Pohjois-Savon Kasvupolulle. Koska yrityksen suunnitelmissa on ollut jo pidempään kasvattaa arkkitehtuuripienoismallitoimintaansa ja panostaa siihen entistä enemmän, osallistuminen Kasvupolulle nimenomaan täällä uudella pienoismallipalvelulla tuntui luontevalta ratkaisulta. Yrityksessä nähdään, että tällaisella pienoismallipalvelulla olisi potentiaalia kasvaa jopa globaalisti merkittäväksi.

Koska kaikki halukkaat eivät suinkaan pääse Kasvupolulle mukaan, osallistumisen ensimmäiseksi tavoitteeksi piti asettaa mahdollisimman kiinnostavan ja kasvupotentiaalia ja yrittäjien innostuneisuutta huokuvan hakemuksen laatiminen. Hakemuksen ytimenä toimii KasvuOpen-kasvusuunnitelma, jonka tulee sisältää seuraavat asiat:

- Mitä tavoittelet?
- Mikä yrityksessä/ideassa/palvelussa on ainutlaatuisuutta?
- Minkä asiakkaan ongelman ratkaiset?
- Miten erotut kilpailijoista?
- Millainen tiimi kasvua on tekemässä?
- Mitä odotat Kasvu Openilta?
- Miksi haet mukaan?

(Kasvu Open, 2016.)

Nämä kysymykset toimivat tämän opinnäytetyön selkärankana, ja niihin olen pyrkinyt yksi kerrallaan löytämään vastauksia. Perimmäisenä tavoitteena on tietysti päästä mukaan Pohjois-Savon Kasvupolulle ja sitä kautta saamaan sparrausta, jonka avulla toimintaamme voisi kehittää entistä paremmaksi. Samalla mukaan tarttuisi varmasti nippu hyödyllisiä suhteita ja mahdollisia rahoittajia. Myös mahdollinen voitto ja sen kautta aukeava paikka valtakunnalliseen Kasvu Open-finaaliin totta kai kiehtoo.

Mikäli emme jostain syytä pääsisi kilpailussa hakuvaihetta pidemmälle, en silti kokisi opinnäytetyöhöni tekemääni panostusta turhaksi. Uskomme palveluumme ja aiomme joka tapauksessa jatkaa sen kehittämistä. Opinnäytetyön puitteissa tekemäni tutkimus- ja testaustyö palvelee tätä tarkoitusta mielestäni loistavasti. Uskon prosessin antavan minulle paremman käsityksen siitä millainen oikeastaan on Suomen ja maailmankin arkkitehtuuripienoismalliala ja mitä menestyminen sillä vaatii.

3 Pienoismallit ja arkkitehtuuripienoismallit

Tässä luvussa lähdän syventymään opinnäytetyön varsinaiseen teemaan eli arkkitehtuuripienoismalleihin. Lähestyn aihetta sijoittamalla sen oikeaan kontekstiinsa, yhdeksi pienoismallien alalajiksi. Ennen kuin tämä voidaan tehdä, on syytä ensin määritellä mitä pienoismallilla oikeastaan tarkoitetaan.

Englannin kielen emeritusprofessori Jame Roy King Wittenbergin yliopistosta kuvailee pienoismallia jäljennökseksi jostain esineestä tai asiasta. Malli on usein (joskaan ei aina) pienempi kuin esikuvansa ja myöskään siinä käytetyt materiaalit eivät usein ole alkuperäisen mukaiset. Mallinrakentaja pyrkii tuomaan pienoismallillaan esille esikuvan tiettyjä piirteitä esimerkiksi kilpailu-, huvi-, opetus-, analyysi-, testaus-, selvennys- tai esittelytarkoituksiin. (King 1996, 3) Pienoismallin esikuva voi olla auton tai lentokoneen kaltainen todellinen esine, tai sitten puhtaasti mielikuvituksellinen, kuten vaikkapa örkki tai avaruusalus. Siten pienoismallit eivät siis rajoitu pelkästään tosielämän esineisiin, ihmisiin ja eläimiin. (Nyysönen 2007, 11) Pienoismallien rakentaminen todellista pienempään mittakaavaan tekee rakentamisesta halvempaa, ja materiaaleiltaan sekä valmistustekniikoiltaan yksinkertaisempaa. Mitä suurempaa mittakaavaa käytetään, sitä enemmän yksityiskohtia mallinrakentajan on tehtävä. Myös kokonaisuuden hallinta on usein pienemmässä mittakaavassa helpompaa. (Nyysönen 2007, 16.)

Pienoismallityyppejä on lukemattomia ja ne voidaan jakaa esimerkiksi protomalleihin, arkkitehtimalleihin, valumalleihin, virtaus- ja tuulitunnelimalleihin, diodraamoihin ja figuureihin (Lampinen 1995, 5). Mallien parissa toimivat ihmiset voidaan jakaa sekä silkasta rakentamisen ilosta toimiviin harrastajiin sekä ammattilaisiin, jotka saavat pienoismalleista elantonsa. (Nyysönen 2007, 12.)

Pienoismallien historia ulottuu tuhansien vuosien taakse. Kulttuurista riippumatta pienoismalleilla on ollut esineiden, ihmisten ja eläinten



Kuva 3: Audin konseptiauton puinen pienoismalli

esittämistä ja koristetarkoituksia. Vanhimmat tunnetut pienoismallit on löydetty Egyptin pyramiden kaivauksien yhteydessä, jolloin haudoista on paljastunut laivojen pienoismalleja. Tuolloin malleihin liittyi vahva uskonnollinen merkitys: uskottiin, että hautaan laitetut esineet olisivat tarpeellisia vainajalle tämän seuraavassa elämässä. Pienoismalleja on käytetty myös muihin kuin uskonnollisiin tai koristelutarkoituksiin varhain. Laivojen pienoismalleja alettiin käyttää laivasuunnittelun apuna, myyntiesittelyssä sekä sodankäynnin taktiikkaopetuksessa ainakin keskiajalta lähtien. (Lampinen 1995, 6.)

Arkkitehtuuripienoismallit tai lyhyemmin arkkitehtimallit ovat yksi pienoismallien alalajeista. Ne ovat tapa esitellä arkkitehtuuria. Arkkitehtimallien joukkoon kuuluvat esimerkiksi asuin- ja toimistotalojen, kokonaisten asuinalueiden, hallien ja tehtaiden, urheilukenttien, asemien ja vesistöjen pienoismallit. Mallit voidaan jakaa laajuutensa perusteella karkeasti kahteen joukkoon: rakennus- ja yhdyskuntasuunnittelumalleihin. Rakennuspienoismalleja ovat yksittäisten rakennusten ja raken-



Kuva 4: *Rakennusmalli*

nusryhmien massamallit, työmallit, julkisivumallit, rakennemallit sekä detaljimallit. Tämän lisäksi voidaan tehdä myös sisätiloja esittäviä interiöörimalleja. Yhdyskuntasuunnittelumalleihin taas kuuluvat laajemmat massamallit, maastomallit, asemakaavamallit, korttelimallit ja kaupunkimallit. (Lampinen 1995, 18.)

Arkkitehtuurimalleja voidaan luokitella myös mallin käyttötarkoituksen mukaan. Tällöin yleensä tehdään jako työskentelymalleihin, kilpai-

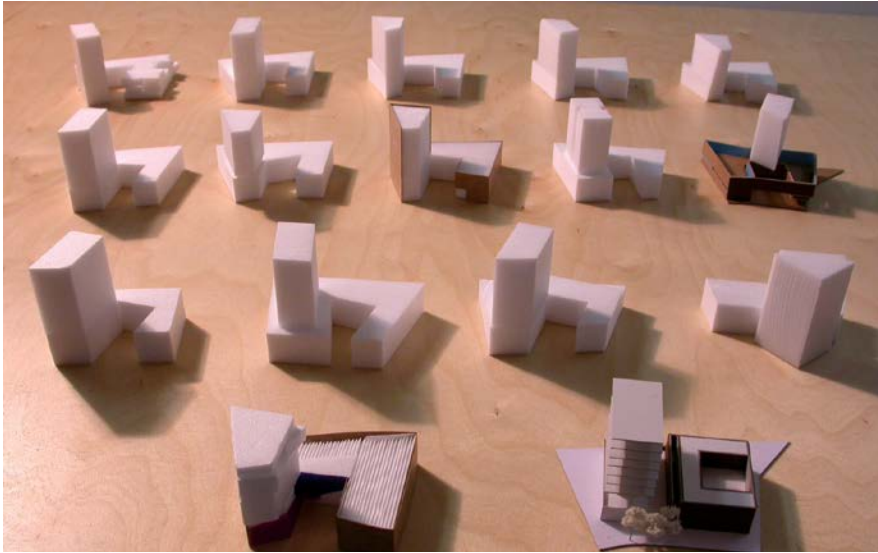


Kuva 5: *Kaupunkimalli*

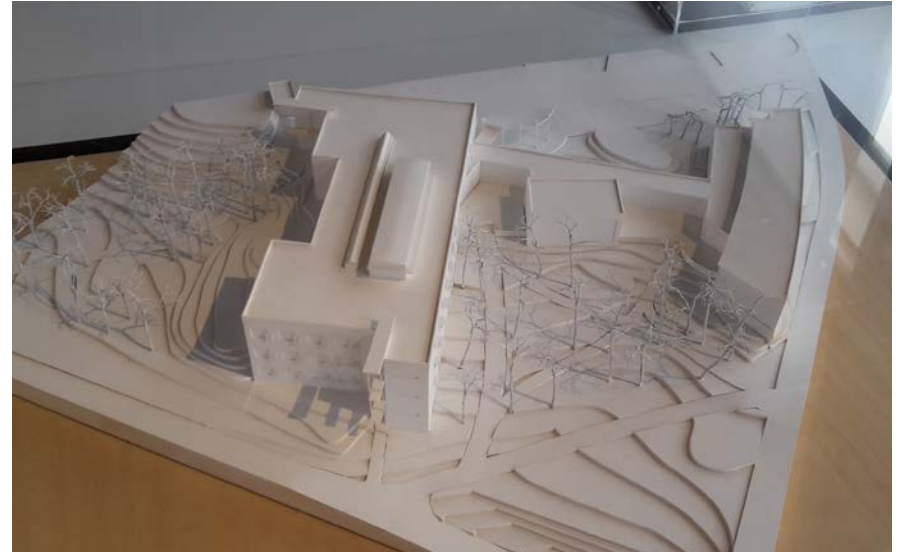


Kuva 6: *Interiöörimalli*

lumalleihin sekä esittelymalleihin. Työskentelymallit ovat arkkitehdin työkalu, jota hän käyttää suunnitteluprosessinsa apuna. Työskentelymalli mahdollistaa esimerkiksi rakennuksen massoittelun, muodon rakenteen ja tilan tutkimisen kolmiulotteisesti. Työskentelymallit voivat olla vain arkkitehdin omaan käyttöön tarkoitettuja karkeita luonnosmalleja tai viimeistellympiä, ideoiden asiakasesittelyyn tarkoitettuja malleja. Kilpailumallit taas ovat nimensä mukaisesti malleja, joita käytetään arkkitehtuurikilpailuihin osallistuttaessa kilpailumateriaalina. Esittelymallit taas pyrkivät esittämään jo valmistunutta rakennussuunnitelmaa tai jopa valmista rakennusta mahdollisimman realistisella tavalla esimerkiksi rakennuksen rakentajalle tai tuleville asukkaille. Tämä mallien luokittelu ei kuitenkaan ole täysin yksiselitteistä, ja esimerkiksi mallien skaalaa tai materiaaleja muuttamalla mallien ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa hyvin monipuolisesti. (Jetsonen 2001, 9 Tämän lisäksi voidaan tehdä myös sisätiloja esittäviä interiöörimalleja. Yhdyskuntasuunnittelumalleihin taas kuuluvat laajemmat massamallit, maastomallit, asemakaavamallit, korttelimallit ja kaupunkimallit. (Lampinen 1995, 18.)



Kuva 7: Karkeita työskentelymalleja



Kuva 8: Kivikon palvelutalon kilpailumalli



Kuva 9: Esittelymalli

4 Arkkitehtuuripienoismallityypit

Massamalleilla tarkoitetaan arkkitehtuuripienoismallia, jonka avulla pyritään havainnollistamaan kohteen massoittelevia ja päälinjoja. Massamallit ovat perinteisesti olleet arkkitehdin työkalu, jota hän käyttää suunnittelussa projektin alusta lähtien. Yleensä aluksi arkkitehdillä on tiedossa tulevan rakennuksen tilavuus ja rakennuksille varattu pohja-ala. Massamalleja hyödyntäen hän alkaa antamaan tuolle tilavuudelle muotoa. Projektin edetessä tuotetaan tarkempia ja yksityiskohtaisempia massamalleja, jotka sisältävät enemmän informaatiota kohteen yksityiskohdista. Massamallin materiaalina käytetään yleensä styroksia, pahvia tai puuta näiden helpon työstettävyyden takia. Mallit ovat myös usein yksivärisiä. (Lampinen 1995, 20, 27–28.)



Kuva 10: Kuopion Männistön kirkon ja seurakuntakeskuksen massamalli

Kaupunki-, alue- ja kaavamalleilla pyritään kuvaamaan kokonaisuuksia ja yksittäisten rakennusten tai rakennusryhmien sijoittumista ympäristöönsä. Malleja voidaan käyttää esimerkiksi markkinointi- ja mainosmateriaalina sekä rakennusluvan hakemisen tukena. (Lampinen 1995, 20–21) Kaupunkimallit ovat usein mittakaavaltaan esimerkiksi 1:1000, 1:500 tai 1:200. Näillä malleilla voidaan muodostaa kaupungin pohjakartasta kolmiulotteinen versio. Mallin avulla voidaan

tutkia esimerkiksi teiden ja katujen linjoja, rakennusten asettumista ympäristöön sekä rakennusten korkeuksien suhteita. Kaupunkimallien pohja- ja maasto-osan rakennusmateriaaleina on perinteisesti käytetty pahvia, vaneria tai korkkia. Tällainen malli voidaan tehdä myös kai-vertamalla se puusta. Pohja voidaan tehdä myös ontoksi pingottamalla sopivaa levymateriaalia alla olevan kehikon päälle. Usein maastomallissa näkyvät myös korkeuskäyrät. Ne toteutetaan yleensä leikkaamalla käytettävästä maastomateriaalista korkeuskäyrien mukaisia suikaleita ja liimaamalla ne sitten päällekkäin. Koska tällaiset kaupunkimallit ovat mittakaavaltaan pieniä, rakennukset esitetään niissä yleensä umpinai-silla kappaleilla, kuten puu- tai muovipaloilla. Myös kasvustolla kuten puilla ja pensailta on merkittävä roolinsa kaupunkimalleissa, ne ikään kuin herättävät mallin henkiin. Kasvit voidaan tehdä esimerkiksi oikeista oksista, puu- tai muovipalloista tai naavasta. Käytetty kasvuston esi-tystapa antaa mallille oman persoonallisen ilmeensä. Vettä esitetään usein jonkinlaisella kiiltävällä pinnalla, kuten maalilla, lasilla tai muovilla. (Jetsonen 2001, 9–10) Malleihin voidaan sijoittaa myös ihmisiä ja kulkuneuvoja helpottamaan mittasuhteiden hahmottamista (Lampinen 1995, 21).



Kuva 11: Tampereen Niemenrannan aluemalli

Kilpailumalleja käytetään osallistumismateriaalina arkkitehtuurikilpailuissa. Niiden tehtävänä on esitellä arkkitehdin tai arkkitehtiryhmän kilpailuehdotus kilpailun tuomaristolle sekä yleisölle. (Jetsonen 2001, 14) Niiden avulla pyritään myös havainnollistamaan uuden rakennuksen asettumista ympäristöönsä ja vaikutusta kaupunkikuvaan (Lampinen 1995, 21). Toisinaan kilpailun järjestäjät tuottavat kilpailualueen ympäristöä kuvaavan mallin, johon kilpailijoiden toimittamien mallien on sitten sovittava. Kilpailumallien tyyli voi vaihdella suurestikin, mutta usein kilpailun tuomarit määrittelevät malleille tietyt ehdot, esimerkiksi käytetyt materiaalit tai värityksen. Tällä tavoin tuomariston on helpompi vertailla ehdotuksia keskenään. (Jetsonen 2001, 14.)



Kuva 12: TYKS T-sairaalan kilpailumalli

Esittelymallit esittävät valmiita rakennussuunnitelmia tai jo valmiita rakennuksia. Niiden tarkoitus on esitellä valmiin rakennuksen ominaisuuksia kolmiulotteisesti esimerkiksi talon tuleville asukkaille, rakennuttajalle tai muille sidosryhmille. Koska tällaisten rakennusten pohjapiirroksot ja muut suunnitelmat ovat jo valmiit, on niiden avulla mahdollista tehdä hyvinkin realistisia pienoismalleja, joiden avulla voidaan tutkia esimerkiksi rakennuksen julkisivua, ikkunoiden jakoa ja värimaailmaa. Esittelymallien joukkoon voidaan lukea myös varsinkin

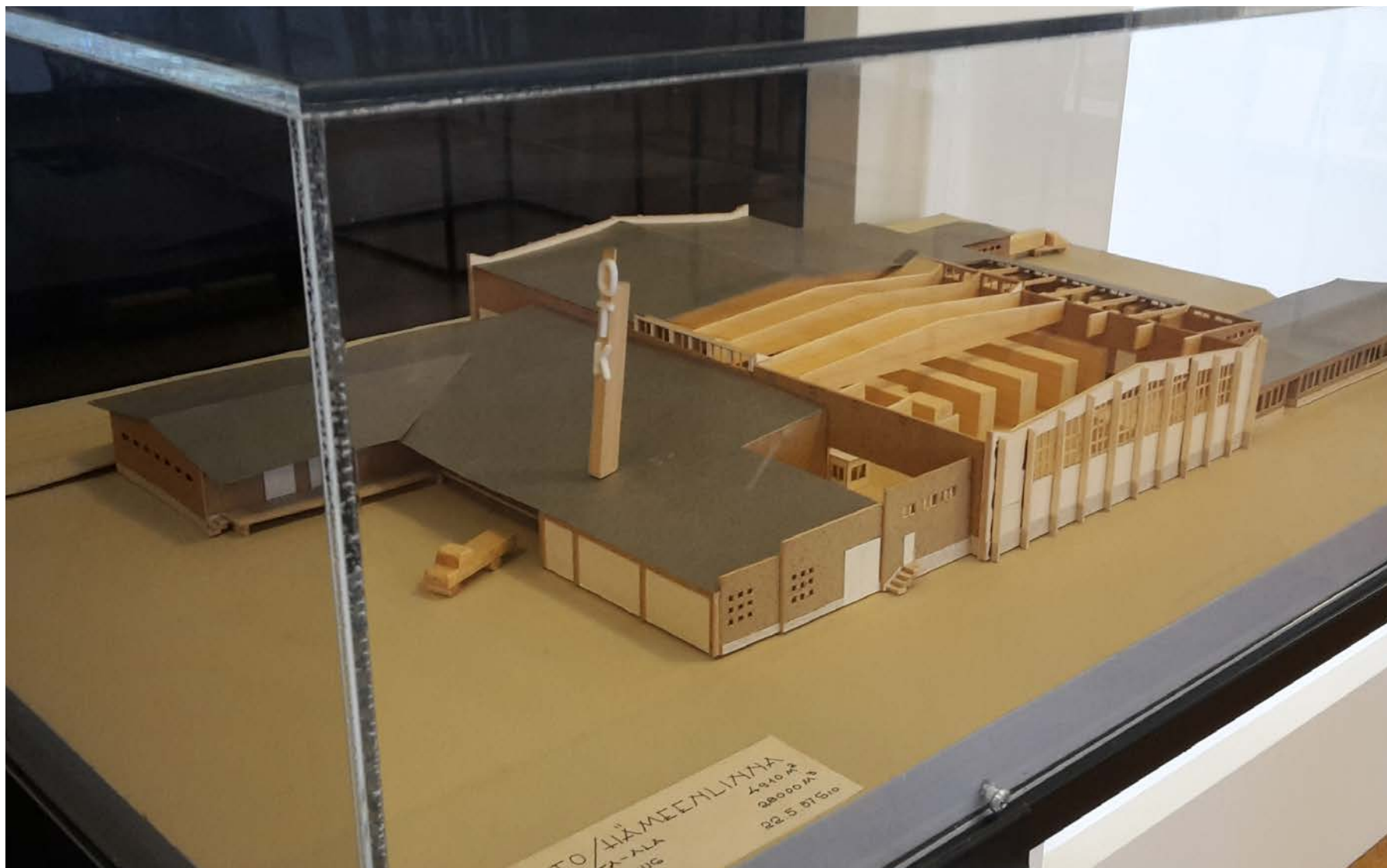
museoissa usein nähtävä diodraamat, jotka esittelevät esimerkiksi jotain historiallista kaupunkimiljöötä. Koska esittelymalleissa pyritään korkeaan realismiin, mallien rakennusprosessissa käytetään luonnollisesti paljon aikaa pintamateriaalien ja rakenteiden imitoimiseen. Mallien pohjamateriaalina toimii kuitenkin yleensä pahvi tai muovi. (Jetsonen 2001, 20; Nyssönen 2007, 184)



Kuva 13: Vuoden 1944 Tampereen Tampellaa esittävä diodraama

Interiöörimallit kuvaavat nimensä mukaisesti rakennusten sisätiloja. Niiden avulla voidaan antaa katselijalle mielikuva arkkitehdin suunnittelema tilasta. (Jetsonen 2001, 22) Interiöörimallit voidaan jakaa pelkkiä sisätiloja esittäviin malleihin, sekä ns. täydellisiin malleihin, jotka kuvaavat rakennuksen sekä sisä- että ulko-osia. Tällöin mallin tukirakennelmat on rakennettava luonnollisessa suhteessa rakennuksen seinä- ja kattopintoihin nähden, mikä tekeekin näistä malleista rakentamisen kannalta erityisen haastavia. (Lampinen, 21, 1995) Leikkausmallilla tarkoitetaan mallia, josta puuttuu esimerkiksi tietty seinä tai osa katosta. Ne ovat interiöörimallien erikoistapauksia, jotka auttavat rakennuksen tiettyjen osien hahmottamisen sekä mahdollistavat sisä- ja ulkotilojen yhtäaikaisen havainnoinnin. Niiden avulla voidaan myös havainnollistaa rakennuksen rakenteita. (Jetsonen 2001, 22.)

Detaljmallit kuvaavat rakennuksen tiettyä ulkonäöllistä tai rakenteellista yksityiskohtaa, kuten vaikkapa liitosta. Tällaiset mallit koostuvat usein monesta yhteen liitettävästä osasta, jotka voidaan tarvittaessa purkaa ja koota uudelleen rakenteen havainnollistamiseksi. Tällaiselta mallilta vaaditaan keskimääräistä enemmän kestävyttä, jotta se ei hajoa käsiteltäessä. (Jetsonen 2001, 28.)



Kuva 14: Aluevarastorakennuksen leikkausmalli

5 Arkkitehtuuripienoismallien ulkonäkö ja materiaalit

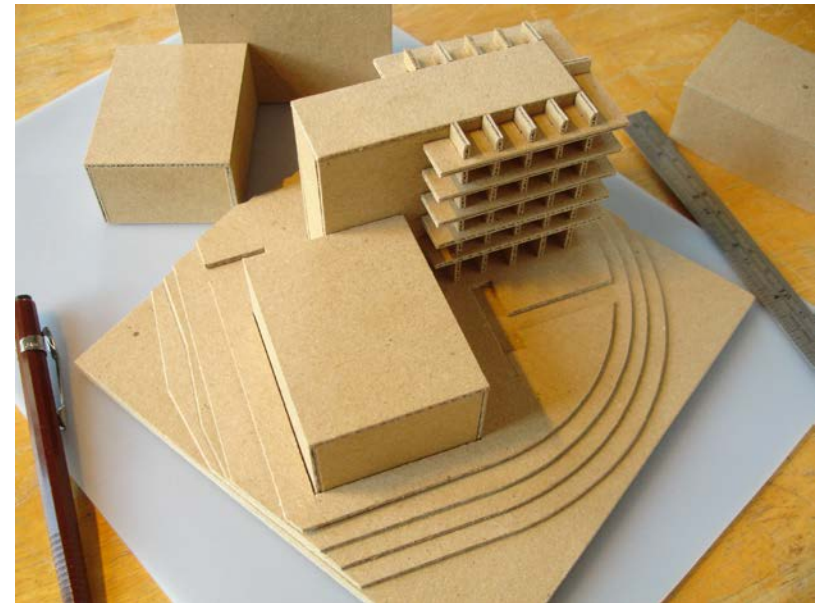
5.1 Materiaalien valinta

Professori Seishi Hasegava (2001, 149) Nihon University College of Artista kertoo, että mallia rakennettaessa oikean materiaalin valinta on hyvin tärkeää. Valinnassa tulisi ottaa huomioon muun muassa esityksen konteksti, mallin koko sekä se, miten mallin materiaalit muuttuvat ajan myötä. Myös Alvar Aalto-yhdistyksen johtaja Markku Lahti (2001, 164–165) painottaa oikeiden materiaalien ja esitystyylin tärkeyttä pienoismallia valmistettaessa. Hän kertoo, kuinka Alvar Aalto-museo tilasi aikanaan pienoismallit näyttelyään varten kahdesta Aallon kuuluisasta työstä: Paimion parantolasta sekä Villa Mairea. Jykevälinjaista, ylvästä funktionalismia edustavaa parantolaa kuvaavasta mallista piti myös tehdä tähän tyyliin sopiva, materiaaleiltaan ja yksityiskohdiltaan minimalistinen kokonaisuus. Orgaanista funktionalismia edustavan Villa Mairean mallista taas piti tehdä sen persoonan mukainen: pehmeälinjainen ja materiaaleiltaan ja yksityiskohdiltaan rikas.

Pienoismallien ulkonäkö on vaihdellut vuosien varrella varsin paljon, ja eri vuosikymmeninä suosittiin erilaisia tyyliä: 70-luvulla vallalla oli mustavalkoisuus, 80-luvulla harmaan sävyt ja siitä eteenpäin värien käyttö on hiljalleen lisääntynyt. Mallinrakentaja Jari Jetsonen kertoo, että hän pyrkii käyttämään värejä silloin, kun ne jollain tapaa tukevat rakennuksen arkkitehtonista ideaa. Hän kertoo myös pyrkivänsä nykyisin päästämään materiaalien omat sävyt näkyviin niiden piilomaalaamisen sijaan. Erilaiset puulajit kuten metallitkin antavat mallille oman, luonnollisen ilmeensä. (Jetsonen 2001, 40.)

5.2 Yleisimmät arkkitehtimallimateriaalit

Monelle tulee arkkitehtuuripienoismallista ensimmäisenä mieleen valkea, pahvista tehty malli, jossa värejä ei juuri käytetä. Pahvia onkin historiassa suosittu paljon ennen kaikkea sen halpuuden ja helpon työstettävyyden takia. Puhtaiden valkeiden tai ruskeiden pahvipintojen käyttö myös antaa mallille oman, pelkistetyn ilmeensä. (Jetsonen 2001, 40.)



Kuva 15: Ruskeasta aaltopahvista tehty malli

Myös puu on yksi klassisimmista pienoismallimateriaaleista. Sitä on helppo työstää ja sitä voidaan myös taivuttaa erilaisiin muotoihin. Puun kutistuminen sen kuivuessa on kuitenkin otettava huomioon sitä käytettäessä. Myös vaneria käytetään malleissa paljon, sillä se on taipuisa ja helposti leikattava, varsin paljon pahvin kaltainen materiaali. Kaiken kaikkiaan puuta käytetään malleissa paljon myös siksi, että se

antaa malleille mukavan lämpimän sävyn, ikääntyy kauniisti ja tuntuu hyvältä kädessä. (Jetsonen 2001, 44.)



Kuva 16: Pyhän Tuomaan kirkko ja seurakuntakeskus, vanerinen pienoismalli

Myös muovin käyttö on lisääntynyt tasaisesti jo vuosikymmenten ajan. Sitä alettiin käyttää pienoismalleissa 1920-luvulla, kun pleksimuovi keksittiin. Muovin ehdoton etu mallinrakentamisessa on ennen kaikkea sen monipuolisuus. (Jetsonen 2001, 44.) Muovia näkeekin pie-



Kuva 17: Futuro-talon pienoismalli, materiaaleina muovi ja metalli

noismalleissa nykyisin varsin paljon, niin yksinkertaisena levytavarana, lämpömuovattuina tai tyhjiövalettuina osina kuin myös suurina massiiviakryylipaloina.

Kipsi oli vielä 1800-luvulla yleisin arkkitehtuuripienoismallimateriaali. Sitä on verrattain helppo työstää ja sen avulla on mahdollista tehdä hyvinkin pieniä yksityiskohtia. Kipsi ei ole kovinkaan kestävä, mutta sitä on mahdollista vahvistaa lisäämällä rakenteeseen metallirauditus tai muu vahvike. Kipsimallit tehdään muotin avulla, ja sen vuoksi useamman mallin tekeminen onkin verrattain helppoa. (Jetsonen 2001, 50.)



Kuva 18: Kalevankankaan hautausmaan kappeli, kipsinen pienoismalli

Myös pronssimalleilla on varsin pitkä historia. Pronssimallit tehdään valamalla, ja se vaatiikin useita työvaiheita: ensin rakennettavasta pienoismallista tehdään puinen tai pahvinen versio. Sitten se valetaan silikoniin ja syntyneeseen silikonimuotin avulla valetaan vahamalli. Vahamalliin tehdään ilma- ja valukanavat, jonka jälkeen vahamalli ympäröidään varsinaisella muottimassalla. Syntynyt varsinainen muotti kuumennetaan, jolloin vahamalli palaa muotin sisältä pois. Tämän jälkeen sula pronssi voidaan kaataa muottiin, annetaan jäähtyä ja lopuksi muotti puretaan valmiin mallin ympäriltä pois. Valmista pronssivalua voidaan vielä värjätä upottamalla malli erilaisia kemikaaleja sisältäviin kylpyihin. Kaiken kaikkiaan pronssivalulla tehtävä pienoismalli on varsin kovan työn takana. (Jetsonen 2001, 50–51.)



Kuva 19: Pronssinen malli

Näiden perinteisempien materiaalien lisäksi arkkitehtuuripienoisalleja on vuosien saatossa tehty mitä erilaisimmista materiaaleista, kuten eri metalleista, kuitumateriaaleista, kankaista, lasista ja jopa elintarvikkeista. Tavallaan pienoismallien kirjo heijasteleekin itse arkkitehtuurin monimuotoisuutta. Joskus yllättävätkin materiaalit saattavat sopia tietyn rakennuksen kuvaamiseen erittäin hyvin. Esimerkiksi vuoden 1992 maailmannäyttelyn Suomen paviljongin, Helvetinkolun, eräs pienoismalleista toteutettiin varsin perinteisistä suomalaisista materiaaleista: ruisleivästä ja voipalasta. Tämä varsin epätavallinen ratkaisu tuki rakennuksen pelkistettyä linjaa kuitenkin erinomaisesti. (Jetsonen 2001, 62–64.)

6 Arkkitehtuuripienoismallien tehtävä

Yleisesti ottaen arkkitehtuuripienoismallien päätehtävänä pidetään esikuvanaan olevan rakennuksen esittämistä mahdollisimman havainnollisella tavalla. Mitä tämä sitten oikeastaan tarkoittaa? Äkkiseltään voisi ajatella, että riittää, kun pienoismalli toistaa rakennuksen geometriset muodot mahdollisimman tarkasti. Arkkitehti Kai Wartainen (2001, 83–85) nostaa kuitenkin esille ajatuksen, että mallin tulisi viestiä esittämästään arkkitehtuurista paljon monipuolisemmin ja syvällisemmin. Hänen mukaansa arkkitehdin pitäisi aina kehittää suunnittelemaalleen rakennukselle arkkitehtoninen konsepti, joka sitoo yhteen rakennuksen funktion, rakenteen, materiaalit sekä rakennuspaikan. Tämä konsepti voi olla esimerkiksi geometrinen kappale, räjähdys, mannerlaattojen törmäys tai mikä tahansa. Pienoismallin tulisikin pystyä kuvaamaan ennen kaikkea tätä konseptia, rakennuksen syvintä olemusta. Tämä on tärkeää siksi, että tuo konsepti ohjaa rakennuksen suunnitteluprosessia hyvin vahvasti suurista linjoista pieniin yksityiskohtiin saakka. Pienoismallin tulisikin olla ennen kaikkea konseptimalli, ja Wartaisen mielestä juuri tästä syystä malleilla on edelleen tärkeä roolinsa tänä aikana, jolloin tietokoneiden käyttö valtaa niitä



Kuva 20: Konseptuaalinen arkkitehtipienoismalli

jatkuvasti alaa. Wartainen pitääkin pienoismallien käytön vähentymistä yhtenä suurimmista syistä siihen, miksi nykyarkkitehtuuri ei Suomessa pääse kehittymään. Konseptuaalisten projektien ja niitä tukevien pienoismallien puute on selkeä Suomen arkkitehtuurin heikkous.

Arkkitehti Juha Leiviskän (2001, 101–102) mukaan arkkitehtuuripienoismallien tulisi olla aina tilallisia malleja, jotka esittävät rakennusten ulkoisten piirteiden lisäksi mahdollisuuksien mukaan myös niiden sisäosia. Tämä on tärkeää siksi, että arkkitehti pystyy näin vertailemaan rakennusten tilallisia ratkaisuja suhteessa koko ympäristöön. Leiviskän mukaan pelkät massamallit irroittavat rakennukset ympäristöstään ja toisistaan, ja rakennusten tilallisuus ja persoona jäävät esittämättä. Samalla hän kuitenkin huomauttaa, että pienoismallien on kuitenkin myös pyrittävä aina tiettyyn yksinkertaistamiseen. Liika yksityiskohtien, materiaalien ja värien korostaminen johtaa helposti rakennuksen muotoilullisen ytimen hautautumiseen. Tämä on ongelmallista siksi, että Leiviskän mukaan mallien päätarkoitus on juuri tuoda esille rakennuksen päälinjat ja muotoilulliset periaatteet.

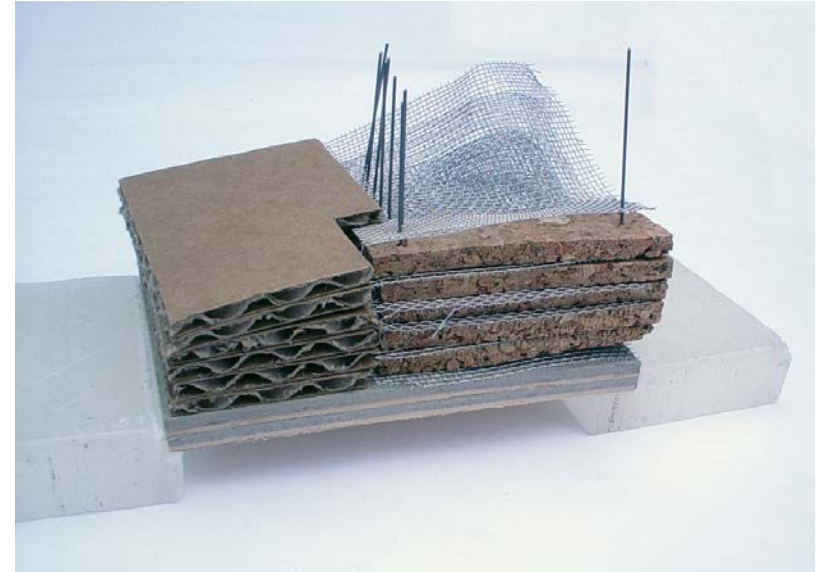
Mallinrakentaja Jari Jetsosen (2001, 50) mukaan ”malli toimii välittävänä osana reaali maailman ja suunnittelijan suunnitteluprosessin välillä”. Jotta tämä vaatimus toteutuisi, on mallin ”kyettävä kuvaamaan kohdeympäristö riittävällä tarkkuudella” ja ”sen on sovelluttava työkaluksi, toisin sanoen mallin on oltava muokattavissa ja oltava riittävän yksinkertainen”. Käytännön ja taloudellisten seikkojen takia saman mallin tulisi soveltua sekä suunnitteluprosessin työkaluksi että esittämistarkoituksiin.

Arkkitehti Janne Repo (23.2.2016) nivoo yhteen pienoismallien tarkoituksen ja vaatimukset. Mikäli suunnittelija käyttää pienoismallia vain omana työkalunaan, hän voi itse valita tarkkuuden, ja tyylin jolla haluaa arkkitehtuuriaan esittää. Repo itse esimerkiksi on tuottanut paljon kollaasimaisia malleja, joissa hän yhdistelee rohkeasti erilaisia mate-



Kuva 21: *Hiottu esittelymalli*

riaaleja. Monet arkkitehdit tuottavat työskennellessään paljon karkeita mock up-malleja, joita on helppoa ja nopeaa tuottaa. Malli on silloin arkkitehdin tapa jäsentää asioita ennen kaikkea itselleen. Malleista voi tehdä myös hyvin abstrakteja ja skemaattisia, kuten arkkitehti Kai Wartiainen edellä kuvasi. Silloin mallin tavoitteena on siis lähinnä vangita suunnitelman syvin olemus. Tällainen skemaattinen malli ei kuitenkaan välttämättä toimi esimerkiksi markkinointitarkoituksissa, sillä sen tarkoitus ei välttämättä aukea kunnolla muille kuin arkkitehdeille. Sen vuoksi markkinointi- ja esittelytarkoituksiin tehdyt mallit tehdään usein mahdollisimman yksityiskohtaisiksi ja realistisiksi. Mallia suunniteltaessa onkin erityisen tärkeää miettiä, millainen sen kohderyhmä tulee olemaan.



Kuva 22: *Karkea mock up-malli*

Millainen siis on hyvä arkkitehtuuripienoismalli? Seuraavaan listaan on kerätty olennaisimmat asiat:

- Malli toistaa esikuvansa geometrian mahdollisimman tarkasti.
- Malli kuvastaa rakennuksen arkkitehtonista konseptia.
- Mallin esitystapa ja materiaalit tukevat rakennuksen arkkitehtonista tyyliä.
- Malli kuvaa mahdollisuuksien mukaan myös rakennusten sisäosia, tuoden esiin myös rakennuksen persoonan ja tilallisuuden.
- Malli kuvastaa myös rakennuksen sijoittumista ympäristöönsä.
- Malli ei saa olla liian yksityiskohtainen, jotta sen muotoilullinen ydin ei katoa.
- Mallin tulisi soveltua sekä suunnitteluprosessin työkaluksi että esittelytarkoituksiin.
- Mallin kohderyhmä on otettava huomioon – tuleeko se ensisijaisesti esittelykäyttöön vai arkkitehdin työkaluksi.

7 Arkkitehtimallin ja tietokonemallin vastakkainasettelu

A rkkitehtuuripienoismallien asemaan viimeisen parinkymmenen vuoden sisällä ehdottomasti eniten vaikuttanut asia on ollut tietokonemallinnustyökalujen kehittyminen. Pitkään mallinnusohjelmat olivat käyttöliittymältään kömpelöitä ja niillä pystyi tuottamaan vain rajatun muotoisia geometrioita, mutta nämä ongelmat ovat vuosien saatossa pystytty voittamaan. Nykyisillä ohjelmistoilla voidaan tuottaa nopeasti ja helposti lähes minkä muotoista geometriaa tahansa. Myös erilaisten muotoilullisten vaihtoehtojen kokeileminen on ohjelmistoja hyödyntäen erittäin nopeaa ja vaivatonta verrattuna perinteisiin pienoismalleihin. Miksi kukaan siis nykypäivänä enää edes haluaisi rakentaa pienoismalleja? (Lampinen 1995, 26–28.)



Kuva 23: 3ds Max-ohjelmalla tuotettu tietokonevisualisointi

Arkkitehti Patrick Eriksson puolustaa pienoismallien käyttöä voimakkaasti. Hänen mukaansa pienoismalli on aina 3D-mallinnusta konkreettisempi havainnollistamiskeino. Vaikka tietokone tuottaakin kolmiulotteista grafiikkaa, joutuu katsoja silti havainnoimaan sitä kaksiulotteiselta pinnalta: tietokoneen näytöltä tai tulostettuna paperilla. Katsojan täytyy siis itse päässään muodostaa kuvan perspektiivi. Sen muodostaminen taas nojaa katselijan aikaisempiin kokemuksiin ja havaintoihin, eikä siksi ole

täysin luotettava keino. Fyysistä pienoismallia tarkasteltaessa taas perspektiivi muodostuu katsojan silmien edessä aidossa kolmiulotteisessa tilassa, eikä aikaisempia kokemuksia siis tarvita. Aidossa pienoismallissa mukana ovat myös aina aidot valot ja varjot, jotka osaltaan tekevät katselukokemuksesta täydellisemmän. Myös arkkitehti Janne Repo pitää fyysistä pienoismallia intuitiivisimpana mahdollisena tarkastelutyökaluna: tekijä voi pyöritellä sitä käsissään tarkasti haluamallaan tavalla ja tarkkailla mallia "jumalan perspektiivistä". Myös yksistään mallin koskeminen, "käsittäminen", on Revon mukaan havainnoitsijalleen erittäin hyödyllistä. Malli antaa koskijalleen kouriintuntuvan vaikutelman. Myös Eriksson puhuu ihmisten luonnollisesta tarpeesta koskettaa, mitä pelkkä 3D-mallinnus ei pysty tyydyttämään. Hän pitää myös tärkeänä pienoismallien epätäydellisyyttä ja käsityömaisuuutta. Tietokoneiden tuottama, geometrisesti täydellinen jälki on liian steriiliä, minkä vuoksi rakennuksen oma henki ei välttämättä pääse välittymään katsojalle. (Lampinen 1995, 28–31; Repo 23.2.2016.)

Arkkitehtimallien käyttöön liittyy kuitenkin myös tiettyjä ongelmia. Konkreettisen pienoismallin fyysinen olemus on toisaalta myös sen huono puoli. Mallien rakentaminen voi viedä paljon aikaa ja rahaa. Myös mallien säilytys voi olla hankalaa, sillä ne ovat usein varsin kookkaita ja voivat helposti viedä runsaasti hyllymetrejä, kun taas vastaavat digitaaliset tiedostot säilyvät kätevästi tietokoneen kiintolevyllä. Myös fyysisten mallien kuljetus tarjoaa omat haasteensa, kun taas digitaalinen malli on kätevä lähettää asiakkaalle vaikkapa sähköpostilla pienimpienkin muutosten tarkistusta varten. Tämän lisäksi digitaalisiin malleihin on helpompi tehdä muutoksia tarvittaessa, eikä niiden muokkaamiseen tarvita materiaaleja, työkaluja tai käsityötaitoja. Toisaalta sama pätee myös toisinpäin: myös 3D-mallin muokkaamiseen tarvitaan aina sopiva tietokone, ohjelmisto sekä mallinnustaidot. Mallien heikkoudeksi voidaan laskea myös se, että vaikka pienoismallien pieni koko helpottaakin kohteen analysoimista ja havainnointia, se saattaa myös vääristää käsityksiä tarjoamalla mahdollittomia katselukulmia. Kohdetta siis voidaan

päätyä havainnoimaan sellaisista kulmista, joista sitä ei ikinä havainnoitaisi valmiin rakennuksen tapauksessa. 3D-mallin tapauksessa tämä ongelma voidaan kiertää renderöimällä kohteesta vain sellaisten kuvakulmien mukaisia kuvia, joista kohteen havainnoija todellisuudessaakin pystyisi sitä katselemaan, toisin sanoen esimerkiksi katseen korkeudelta. (Morris 2013, 13; Moon 2005, 51.)



Kuva 24: San Franciscon keskustaa kuvaava malli on näyttävä, mutta hankala säilyttää ja kuljettaa

Eloranta (2013, 15–16) esittää opinnäytetyössään, että tietokonemallien ja fyysisten pienoismallien kilpailun sijaan niitä pitäisi hyödyntää tehokkaasti yhdessä. Ne voisivat pikemminkin tarjota erilaisia näkökulmia projektiin ja sitä kautta tukea toisiaan. Itse olen täysin samaa mieltä. Fyysisestä mallista saa mielestäni kohteesta kätevästi hyvän kokonaiskuvan ja yleisvaikutelman, mutta toisaalta tarkat yksityiskohdat tai vaikkapa materiaalit jäävät jo käytännön seikkojen takia pienoismallista usein pois. Näitä yksityiskohtia on mielestäni kätevämpi tarkastella 3D-mallin avulla.

8 Perinteiset mallinrakentajat

A rkkitehtimallien rakentajat voidaan yleisesti jakaa kahteen ryhmään: arkkitehteihin sekä mallinrakentajiin. Arkkitehdit rakentavat malleja yleensä käytettäväksi suunnitteluprosessin työkaluna. Nämä yleensä karkeahkot mallit jäävät yleensä arkkitehdin itsensä käyttöön, eikä niitä esitellä vaikkapa projektin asiakkaalle. Sen sijaan, kun suunnittelun tuloksia halutaan esitellä, vaaditaan mallilta tarvittavan korkeaa laatua ja vakuuttavuutta. Näiden mallien rakentamiseen onkin perinteisesti ollut olemassa oma ammattikuntansa, mallinrakentajat. Internethaun perusteella heitä on tällä hetkellä Suomessa vielä parikymmentä. Seuraavissa kappaleessa on perehdytty hieman tarkemmin mallinrakentajan työhön.

8.1 Materiaalit, työkalut ja työtavat

Salla Eloranta on haastatellut opinnäytetyössään (2013, 25–33) muutamia suomalaisia pienoismallinrakentajia. Ääneen pääsevät niin pääkaupunkiseudulla toimivat Pertti Parmes ja Matti Kangaspuro kuin myös mikkeliäläisen Malliakopion Heikki Oikkonen. He kaikki pyörittävät omia pienoismallien rakentamiseen keskittyneitä yrityksiään. Parmes ja Kangaspuro toimivat yrityksissään yksin, Oikkoselta löytyy yhtiökumppani. Kokemusta alalta on kertynyt parhaimmillaan vuosikymmenten ajalta.

Kukaan miehistä ei ole saanut mitään tiettyä koulutusta alalleen, vaan he ovat päätyneet pienoismalliryttäjiksi osin sattumien kautta. Parmes oli alun perin kouluttautunut rakennuspiirtäjäksi ja toimi piirtäjänä eräässä insinööritoimistossa. Siellä ollessaan hän päätti perustaa erään työtoverinsa kanssa pienoismallitoimiston. Myös Oikkonen oli kouluttautunut rakennuspiirtäjäksi ennen pienoismallirakentajan uralle lähtemistään. Kangaspuro taas suoritti aikanaan kotiteollisuuskoulun sekä Kuopion koti- ja taideteollisuusopiston. Myöhemmin hän työskenteli

kansallisteatterissa puuseppänä ja lavastemiehenä. Lopulta hän päätyi rakennuspiirtäjäharjoittelijaksi erääseen arkkitehtitoimistoon, jossa hän pääsi työskentelemään myös pienoismallien parissa. Kipinä pienoismalliryttäjäksi lähtemisestä tuli tätä kautta. Rakennuspiirtäjän koulutus siis yhdistää kaikkia kolmea, ja taito lukea insinöörien ja arkkitehtien piirrustuksia onkin varmasti työssä menestymisen kannalta välttämätön. Luonnollisesti myös käsillä tekemisen täytyy olla alan ryttäjälle luontevaa. (Eloranta 2013, 25–33.)

Mallien rakentamiseen käytettävien materiaalien kirjo on varsin laaja ja jokaiselle mallinrakentajalle onkin vuosikymmenten kokemuksen myötä kehittyneet omat mieltymyksensä niiden suhteen. Siinä missä Kangaspuro kertoo suosivansa ennen kaikkea puuta ja massiiviakryyliä, Parmes vannoo pahvin ja pleksin nimeen. Oikkonen taas mainitsee yleisimmiksi materiaaleikseen muovin ja vanerin mutta käyttävänsä ajoittain myös pahvia. (Eloranta 2013, 25–33.)

Näistä eriävistä mielipiteistä nouseekin mielestäni esille se fakta, että ei ole olemassa yhtä ”oikeaa” materiaalia, josta arkkitehtuuripienois-mallit kuuluu tehdä, vaan kaikista pääraaka-aineista syntyy oikeissa käsissä erittäin näyttäviä malleja. Kaikkien ryttäjien töitä katsellessa niistä huokuu vahva, vuosien myötä kehittynyt ammattitaito. Erilaiset materiaalivalinnat pikemminkin antavat kullekin tekijälle oman, persoonallisen tyylinsä.

Kolmikön käyttämät työkalut ovat varsin samankaltaisia. Mattoveitsi on kaikkien kolmen mielestä heidän tärkein työkalunsa. Tämän jälkeen tulevat erilaiset puupajalta tutut laitteet sirkkelistä vannesahaan, porakoneeseen, hiomakoneisiin ja höyliin. Kangaspuro mainitsee myös hyödyntävänsä CNC-jyrsintä. Kukaan haastatelluista mallinrakentajista ei hyödynnä 3D-tulostusta työssään. Kangaspuro kertoo perehtyneensä aiheeseen, muttatodenneensa tulosteet soveltumattomiksi omiin töihinsä. Hän mukaansa tulosteiden pinnanlaatu ei yksinkertaisesti ole riittävä

hyvä. Hän myös kritisoi muovisten tulosteiden synnyttämää tunnelmaa valjuksi verrattuna vaikkapa puusta tehtyihin malleihin. Toisaalta hän huomauttaa, että tulosteet voisivat soveltua tilanteisiin, joissa haluttu geometria on hyvin monimutkainen ja perinteisten tekniikoiden hyödyntäminen olisi vaikeaa tai mahdotonta. Kaiken kaikkiaan tulostus voisi Kangaspuron mukaan olla kuitenkin korkeintaan perinteisiä tekniikoita tukeva, ei korvaava tekniikka. Myöskään Parmes tai Oikkonen eivät ole juurikaan käyttäneet 3D-tulostusta. Parmes mainitsee kuitenkin hyödyntäneensä joskus laserleikkausta tilanteessa, jossa perinteisten menetelmien käyttö olisi ollut epäkäytännöllistä. (Eloranta 2013, 25–33.)

8.2 Asiakkaat ja projektien eteneminen

Yrittäjien mukaan heidän työtilanteensa on ollut tasaisessa laskussa jos pitkään. Ensimmäinen alaa kurittanut asia oli 90-luvun lama, joka ajoi suuren osan mallien tekijöistä muiden töiden pariin. Toinen alaan voimakkaasti vaikuttanut tekijä on ollut tietokonemallinnusten kehittyminen. Siinä missä 80-luvulla pienoismallitoimistoja oli Suomessa kymmeniä ja yksi toimisto saattoi työllistää useita mallinrakentajia, ovat toimistot nykyisin kutistuneet enimmäkseen yhden miehen yrityksiä. Yrittäjät mainitsevat tärkeimmiksi asiakkaisiin arkkitehdit, kaupungit ja niiden suunnitteluvirastot, museot, talotehtaat sekä NCC:n, YIT:n, SRV:n ja Skanskan kaltaiset rakennusyhtiöt. (Eloranta 2013, 25–33.)

Pienoismalliprojektit alkavat Kangaspuron mukaan palaverilla, jossa käsitellään asiakkaan kanssa mallin käyttötarkoitusta, mittakaavaa, materiaaleja sekä yksityiskohtien määrää. Myös projektin aikataulu käydään läpi. Parmes taas kertoo saavansa usein arkkitehdiltä tarkat piirustukset ja suunnitelmat siitä, millainen mallista oikein tulisi tulla. Tällöin hän lähtee tekemään mallia tiukasti näiden ohjeiden mukaan.

Toisinaan taas ohjeet ovat vapaammat ja hän pääsee toteuttamaan mallin vapaammin. Materiaalien valinta käydään asiakkaan kanssa läpi yhdessä ja toisinaan Parmes tekee myös testipaloja, joiden avulla asiakkaan on helpompi tehdä päätöksiä. Päätösten jälkeen mallinrakentaja pääsee aloittamaan pienoismallin rakentamisen. (Eloranta 2013, 25–33.)

8.3 Yhteenveto perinteisen mallinrakentajan työstä

Elorannan haastattelun perusteella itselleni muodostui sellainen käsitys, että alan toimijat luottavat enimmäkseen edelleen vanhoihin, hyviksi havaittuihin materiaaleihin ja työkaluihin. Työskentely vaikuttaa hyvin perinteiseltä ja käsityömäiseltä, ja käytännöt ovat pysyneet enimmäkseen samankaltaisina jo vuosikymmeniä. Miesten töitä katsellessa ei voi kuin ihastella sitä, miten upeita pienoismalleja osaavissa käsissä voikaan syntyä. Samalla kuitenkin haastattelusta esille nousee se tosiasia, että alan työmahdollisuudet ovat olleet laskusuhdanteessa jo pidempään. Toisaalta rakennusprojektien tiukat budjetit ja laman vaikutus, toisaalta taas tietokonemallinnusten käytön lisääntyminen ovat supistaneet perinteisten mallinrakentajien työmahdollisuuksia. Näkisinkin, että perinteisin keinoin alalle ei kannata lähteä nykypäivänä yrittäjäksi. Työpanostaan pitää pystyä tarjoamaan asiakkaille houkuttelevampaan hintaan tai sitten on pystyttävä tarjoamaan jotain täysin uutta ja ennennäkemätöntä. Vaikkapa 3D-tulostus ja muut tietokoneavusteiset tekniikat voisivatkin mielestäni tarjota alalle uusia näkökulmia, vaikka haastattelussa mallinrakentajat varsinkin 3D-tulostusta hieman kritisoivatkin. Lisäksi olisi mielestäni syytä pohtia, voisiko alalla vallitsevaa vastakkainasettelua tietokonemallinnusten ja pienoismallien välillä jotenkin lieventää, ja sen sijaan pyrkiä rakentamaan näistä kilpailijoiksi koetuista tekniikoista toisiaan tukeva kokonaisuus.

9 Omat kokemukseni mallinrakentamisesta

Päädyin ensi kertaa kosketuksiin arkkitehtimallien rakentamisen kanssa keväällä 2015, kun pääsin työharjoitteluun kuopiolaiselle Muotoilutoimisto Rissanen / Pekkaselle. Yrityksen ydintoimialueet liittyvät 3D-mallintamiseen- ja tulostamiseen, ja heiltä löytyi vuosien varrelta kokemusta myös arkkitehtimallien toteuttamisesta. Yritys ei kuitenkaan toteuta malleja perinteisin menetelmin, vaan luottaa moderneihin tekniikoihin, joista ennen kaikkea 3D-tulostukseen. Työharjoitteluni aikana päädyin osalliseksi kahteen suurempaan pienoismalliprojektiin. Aion seuraavissa kappaleissa käydä läpi näiden projektien etenemisen ja lopuksi pyrkiä analysoimaan, millaisia asioita mallinrakentamisesta modernein työkaluin nousi itselleni esille.

9.1 Kuvakukon pienoismalli

Kuvakukko on perinteikäs kuopiolainen elokuvateatteri. Se aloitti toimintansa jo vuonna 1939 ja on tarjonnut kuopiolaisille elokuvaelämyksiä siitä lähtien. Ajan saatossa teatterin ulkoasu on kokenut jonkin verran muutoksia remonttien myötä. Vuonna 2009 Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston opiskelijat tekivät teatterille restaurointisuunnitelman, jolla teatterin ulkoasu palautettaisiin alkuperäisen kaltaiseksi unohtamatta kuitenkaan tilojen soveltuvuutta myös moderneihin tarpeisiin. Tämän projektin hiljalleen edetessä keväällä 2015 saatiin idea tämän restaurointisuunnitelman visualisoinnista pienoismallin avulla. Muotoilutoimisto Rissanen & Pekkanen sai tehtäväkseen tämän esittelymallin toteuttamisen, ja heidän haettuaan työharjoittelijaa tämän mallin tekoon tulivat valituksi tehtävään.

Lähtömateriaalina projektille toimi Oulun yliopiston arkkitehtuuriopiskelijoiden tekemä restaurointisuunnitelma, joka käsitti parikymmentä sivua pohjapiirroksia, seinäprojektiota sekä visualisointikuvia teatterin eri huoneista. Vaikka materiaalia oli suhteellisen paljon, päätin silti mennä paikan päälle tutustumaan tiloihin myös omatoimisesti. Otin tiloista



Kuva 25: Kuvakukon julkisivu



Kuva 26: Kuvakukon teatterisali

satoja valokuvia ja kirjasin muistiin erinäisiä mittoja joita saamastani materiaalista oli puuttunut. Kuvasin myös muutamia tiloja ja huoneita, joita suunnitelmat eivät olleet käsitelleet. Näin sain kattavan kuvan koko rakennuksesta ja kaikista sen huoneista. Esille tuli myös paljon sellaisia piirteitä, jotka eivät olleet tulleet lainkaan esille suunnitelma-kuvista. Esimerkiksi teatterisalin seinät olivat osittain vinot, mikä ei mielestäni tullut piirrustuksissa lainkaan esille. Tällaisten seikkojen takia tiloihin tutustuminen oli pienoismallin onnistumisen kannalta erityisen tärkeää.

9.2 Ohjelmistojen valinta ja mallintaminen

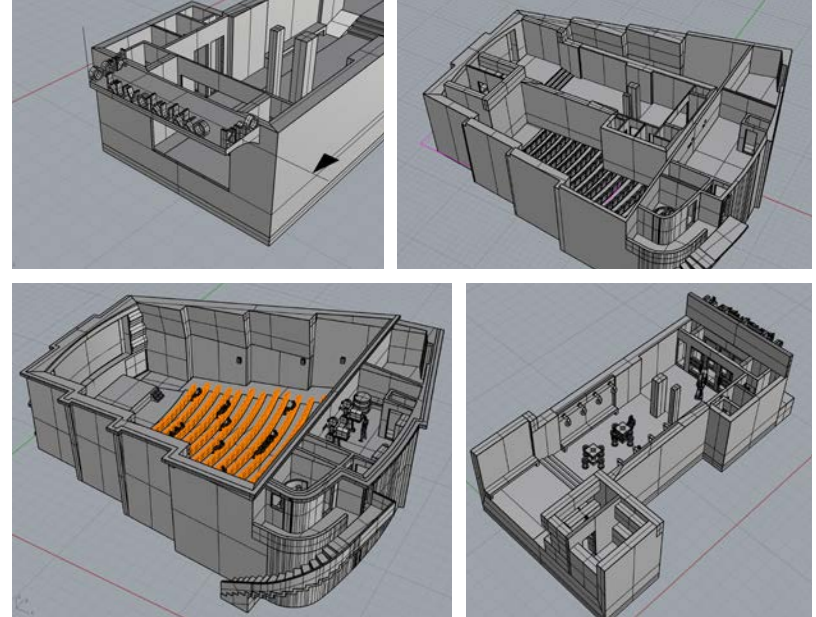
Minulla ei ollut ennestään juurikaan kokemusta monimutkaisempien rakennusten mallintamisesta. Alkaessani suunnittelemaan pienoismallia pitikin ensin päättää, millä ohjelmistolla se mallinnettisiin. Omat taitoni mallintajana rajoittuivat tuolloin SolidWorksiin sekä Cinema 4D:hen. Kumpikaan vaihtoehdoista ei äkkiseltään tuntunut kovin luonnolliselta valinnalta. Sain työnantajaltani vinkin Rhinoceros 5:n käytöstä. Tuolloin taitoni kyseisestä ohjelmasta olivat vielä hyvin hatarat, vaikka olinkin käyttänyt sitä muutamia kertoja koulukursseilla. Projekti lähtikin liikkeelle perusteellisella tutustumisella Rhinoon. Muutaman tutoriaalin läpi kahlattuani omasin riittävät valmiudet alkaa mallintamaan Kuvakukko-mallia. Projektin aikana opin vielä kymmeniä uusia työkaluja ja kikkoja.



Kuva 27: Rhinoceros 5:n logo

Taas kerran huomasin, että uutta oppii tehokkaimmin tekemällä ja kokeilemalla itse, ei vain teoriatiedon kautta.

Mallintaminen lähti liikkeelle pohjapiirrosten ja seinäprojektioiden tuomisella Rhinoon. Näiden avulla pystyin piirtämään rakennuksen päälinjat, eli ennen kaikkea seinät ja katot. Nämä pursotettuani saatoinkin keskittyä pienempiin yksityiskohtiin, kuten katsomon penkkeihin, huonekaluihin ja muihin vastaaviin. Lopuksi lisäsin malliin myös mallia elävöittämään ja mittakaavaa selventämään muutamia ihmishahmoja istumaan penkeillä ja kävelemään käytävillä. Mallintaminen ei sinänsä ollut kovin vaikeaa, mutta koska yksityiskohtia oli varsin paljon, vei se kuitenkin paljon aikaa. Mallintamisen ehkä aikaa vievin vaihe oli kuitenkin mallin tekeminen vesitiiviiksi eli "solidiksi". Tämä piti tehdä, jotta tulostaminen olisi ollut mahdollista. Solidiksi teko vaati, että jokainen pinta käytiin läpi, liitettiin toisiinsa ja trimmattiin pois ylimääräiset pintojen reunat. Yksityiskohtien suuri määrä teki tästä vaiheesta varsin hitaan.



Kuva 28: Kuvakukon 3d-mallintaminen

Tulostustekniikka

Kun mallinnusprosessi alkoi olla valmis, oli aika lyödä lukkoon käytävä tulostustekniikka. Alkuperäinen idea oli ollut tulostaa malli muutamassa erillisessä osassa lasersintraamalla, ja lopuksi pintakäsitellä muutamia osista käsin maalaamalla ja näin nostaa tiettyjä yksityiskohtia kokonaisuudesta esiin. Keskustellessamme asiasta tulostuksen suorittaneen firman kanssa yhdeksi vaihtoehdoksi nousi color jet-tekniikan käyttö. Tässä tekniikassa malli rakentuu kipsijauheesta sidosainetta hyödyntäen, ja lisäksi tulosteeseen saadaan myös halutut värit. Tämä tekniikka oli meille ennestään tuntematon, mutta se vaikutti varsin lupaavalta ja tarjosi useita etuja alkuperäiseen suunnitelmaan nähden. Ensinnäkin, malli ei tarvitsisi mitään jälkikäsitteilyä normaalin putsaa-



Kuva 29: Color jet-tuloste

misen lisäksi. Värillisiä osia ei tarvitsisi tulostaa erillisenä, vaan malli voitaisiin pitää pitkälti yhtenä kappaleena. Tulostustekniikan tarjoamien mahdollisuuksien myötä päätimmekin, että tiettyjen yksityiskohtien korostamisen sijaan koko malli tulostettaisiin täysissä väreissä. Miinuspuolena color jet-tekniikan käyttö toi mukanaan sen, että kaikki halutut värit ja tekstuurit piti tehdä malliin jo tietokoneella – toisin sanoen, malli piti teksturoida eli määritellä sen kaikille pinnoille väri tai muu

kuviointi, jonka tulostin sitten tulostaisi mallin pintaan. Luvassa oli siis jonkin verran lisätyötä.

Teksturointi

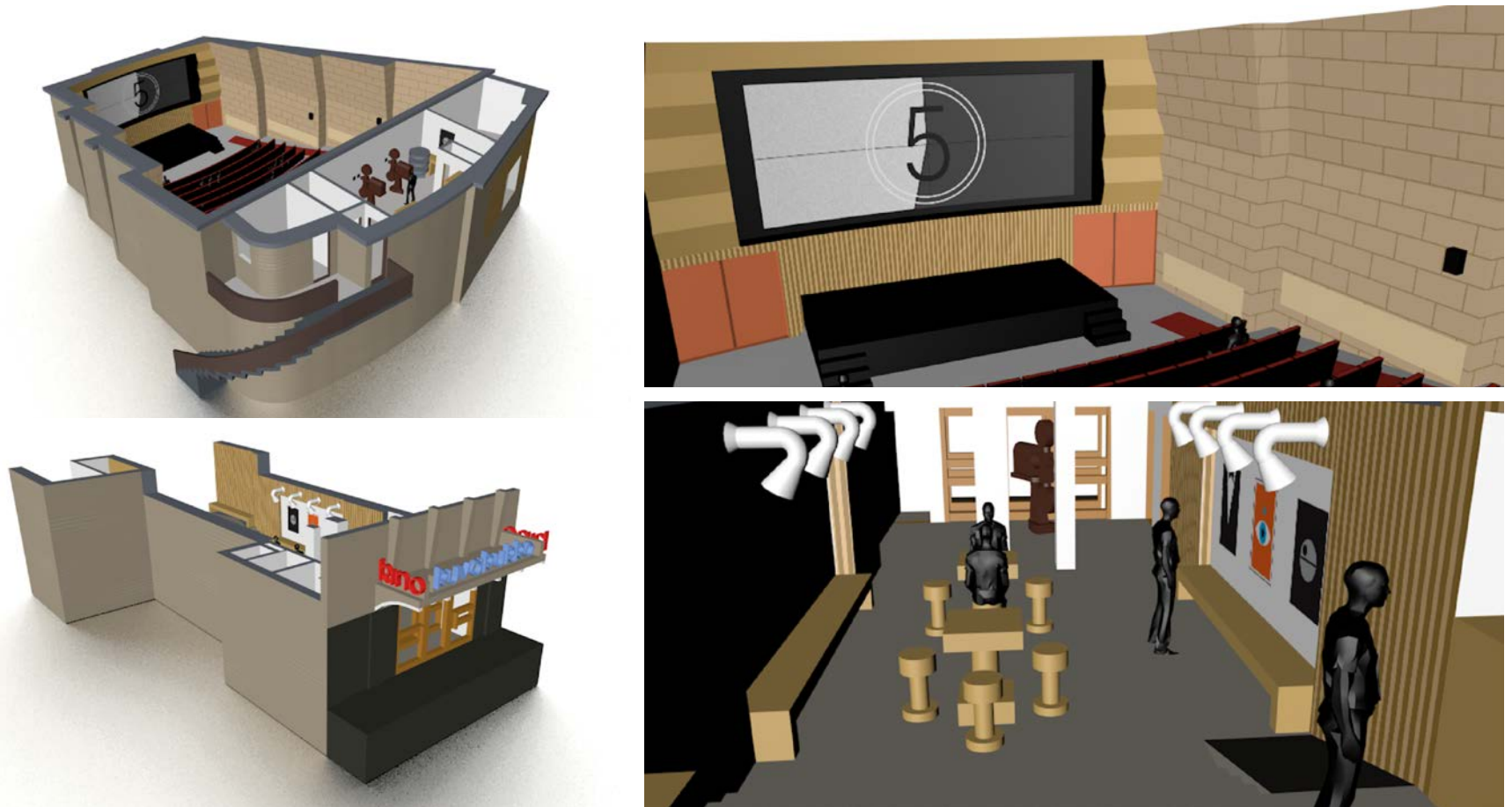
Mallien teksturointi eli tietokonemallin pinnoittaminen väreillä tai kuvioilla ei ollut minulle entuudestaan kovinkaan tuttua. Olin toki lisäillyt mallintamiini malleihin erilaisia tekstuureja esimerkiksi Keyshot- ja Cinema 4D-ohjelmissa, mutta tuolloin mallit olivat paljon yksinkertaisempia ja mallin tulostettavuutta ei tarvinnut miettiä. Kun taas malli on tarkoitus tulostaa, se on pakko mallintaa yhdeksi, kiinteäksi kappaleeksi. Tällöin ohjelmien tarjoamaa automatiikkaa ei voida niin hyvin hyödyntää, jolloin luvassa on enemmän käsityötä.

Aloittaessani teksturointia piti taas valita ohjelma, jolla se tehdään. Koska olin mallintanut kappaleen Rhinolla, ajattelin kokeilla, onnistuisiko tämäkin työ sillä. Näin välttyttäisiin ohjelmien välisiltä yhteensopivuusongelmilta. Valitettavasti Rhinon teksturointityökalut osoittautuivat kuitenkin hyvin rajoittuneiksi, enkä olisi missään nimessä saanut niillä aikaan itseäni tyydyttävää jälkeä. Rhinon pluginit olisivat saattaneet tarjota tähän jonkinlaista helpotusta, mutta valitettavasti käytössäni ollut ohjelman Mac-versio ei vielä tuossa vaiheessa tarjonnut tukea niille. Sen vuoksi jouduinkin turvautumaan muihin ohjelmiin.

Minulla oli ennestään jonkin verran tietoa Cinema 4D:n teksturointityökaluista, joten päädyin työskentelemään sillä. Cinema 4D ei suoraan tukenut Rhinon .3dm-tiedostomuotoa, joten tiedosto piti ensin exportata 3D-maailmassa yleiseen .obj-muotoon, jolloin Cinema alkoi ymmärtää sitä. Tässä kohtaa luonnollisesti menetettiin mahdollisuus muokata tiedostoa Rhinolla kesken teksturoinnin mikäli huomattaisiin jotain korjattavaa. Tämä oli tietoinen riski, joka kustautuikin projektin myöhemmissä vaiheissa lukuisina hukattuina työtunteina.

Teksturointityökalut vaativat varsin paljon perehtymistä, mutta tutoriaalit tarjosivat apua tähän. Monimutkaisuus johtuikin osaltaan juuri työkalujen kattavuudesta. Niillä oli mahdollista tehdä tekstuureista juuri sellaiset kuin haluaa. Teksturointi tehtiin siten, että aluksi Cineman avulla määriteltiin teksturoitavan kappaleen uv-kartta. Tällä tarkoitetaan käytännössä sitä, että kappaleen jokainen sivu ikään kuin "avattiin" ja levitettiin litanaksi samalle tasolle, samaan tapaan kuin purkaisit pahvilaatikon ja levittäisit sen pöydälle. Tämä oli itse asiassa koko teksturoinnin aikaa vievin työvaihe.

Kun kartta oli saatu määritettyä ja avattua tasolle, se voitiin yksinkertaisesti viedä Photoshopiin ja varsinainen tekstuurien piirtäminen tapahtui itse asiassa siellä. Tämä oli mielestäni aivan loistava työtapa, sillä se mahdollisti jo ennestään kattavien Phohoshop-kykyjeni hyödyntämisen, eikä tässä kohtaa tarvinnut siis opetella mitään uutta. Tekstuurit päivittyivät 3D-mallin päälle lähes reaaliajassa, eli piirtäessäni niitä Photoshopissa tasolle, pystyin samaan aikaan tarkastelemaan, miltä ne näyttivät 3D-mallin päälle käärittynä.



Kuva 30: Kuvakouluun teksturoitu malli

Tekstuurit määritettiin tutkimalla annettua lähtöaineistoa sekä otettuja valokuvia ja poimimalla niistä sopivia värejä ja seinien ja muiden pintojen kuvioiteja. Tämän lisäksi käytin myös hieman omaa taiteellista silmääni, esimerkiksi valkokankaalle lisäsin pysäytyskuvan elokuvan "lähtölaskennasta" ja aulan seinille muutamia yksinkertaisia elokuvajulisteita. Näillä keinoilla pyrin tekemään pienoismallista hieman kiinnostavamman.

Kun tekstuurit oli saatu määriteltyä, piti kokonaisuus exportata sellaiseen muotoon, että tulostusfirman käyttämä tulostin ymmärtää sitä. Tämä vaihe vaati paljon aikaa ja erilaisten tiedostomuotojen kokeilua. Tulostusfirman kanssa käytiin tiivistä sähköpostikeskustelua siitä, ymmärtääkö heidän tulostimensa tekstuurit siten kuin oli tarkoitus. Jostain syystä heidän ohjelmistollaan tekstuureihin ilmestyi outoja bugeja, kuten värivirheitä, tekstuurien siirtymistä väärään kohtaan ja muuta vastaavaa. Kokeilemalla muutamia vaihtoehtoisia tiedostomuotoja ja muuttamalla tekstuuritiedoston resoluutiota saatiin nämä ongelmat korjattua.

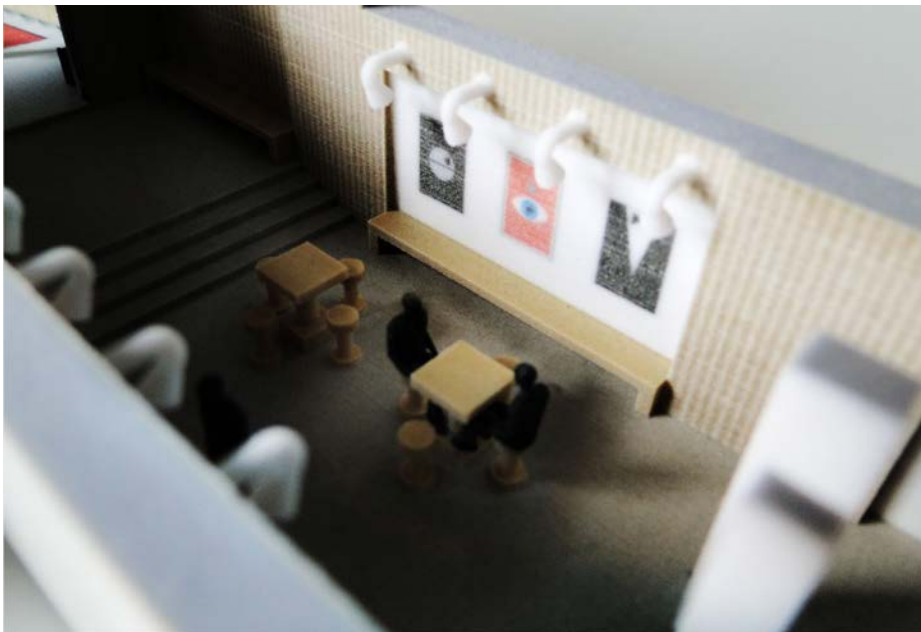
Tulostus, viimeistely ja lopputulos

Malli tulostettiin lahtelaisella Multiprintillä käyttäen CJP- eli Color Jet Printing-tulostinta. Kun malli saatiin tulostettua, se lähetettiin meille postin kautta. Lopullinen tulostettu malli sisälsi vain kaksi erillistä osaa: elokuvateatterin aulaosan sekä saliosan. Kahteen osaan päädyttiin, sillä tällä tavoin malli saatiin tulostettua mahdollisimman suurena mutta kuitenkin mahdollisimman vähissä osissa. Kokonaisuus liitettiin toisiinsa yksinkertaisesti asettamalla osat vierekkäin, ja niissä ei ollut mitään kiinnitysmekanismeja. Emme tehneet mallille mitään alustaa vaan ne asetetaan suoraan halutulle tasolle. Jälkeenpäin ajateltuna mallille olisi voinut tehdä sopivan alustan vaikkapa paksusta vanerista, johon osaset olisi sitten voinut vaikka ruuvata kiinni. Tällä tavoin mallin käsittely olisi helpompaa eikä tulosteeseen tarvitsisi turhaan koskea. Alusta olisi

myös tuonut kokonaisuudelle tiettyä arvokkuutta ja siihen olisi myös voitu kaivertaa perustietoja projektista.

Valmis pienoismalli oli mielestäni onnistunut. Se esittelee hyvin havainnollisesti teatterin restaurointisuunnitelmaa. Värillinen tuloste on mielestäni esineenä huomattavasti havainnollisempi ja kiinnostavampi kuin perinteinen valkoinen. Seinien kuvioinnit, julisteet, valkokokankaan kuva ja muut yksityiskohdat suorastaan herättävät mallin henkiin. Valittavasti väritulosteet ovat tekniikkana toistaiseksi niin kehittymätön, että täysin moitteetonta pinnanlaatua ne eivät pysty tarjoamaan. Värit ovat hieman haaleita eivätkä täysin pääse oikeuksiinsa. Tekniikoiden kehittyessä väritulosteet voivat kuitenkin tulevaisuudessa mahdollistaa vielä näyttävämpiä lopputuloksia.

Käytin mallin tekemiseen aikaa yhteensä noin 270 tuntia. Tästä työskentelyn suunnitteluun ja aineiston analysoimiseen sekä keräämiseen meni noin kymmenen tuntia, itse mallintaminen vei noin 175 tuntia ja mallin teksturointi 85 tuntia. Jälkeenpäin katsottuna ajankäyttö vaikuttaa todella suurelta. Enimmäkseen mittava tuntimäärä selittyy sillä, että projektin suorittaminen vaati itseltäni huomattavan paljon uusien ohjelmien ja työkalujen opettelua. Rhinoceros oli minulle ennestään lähes tuntematon kuin myös Cinema 4D:n teksturointityökalut. Osaltaan myös projektin puutteellinen suunnittelu aiheutti jonkin verran turhia työtunteja. Koska projekti kerrytti taitojani huomattavasti, en näe sille uhrattuja tunteja kuitenkaan turhina. Uskaltaisain väittää, että jos tekisin vastaavan projektin nyt uudestaan, tunteja säästyisi vähintään kymmeniä, ehkä jopa yli sata.



Kuva 31: Valmis tulostettu malli

Projektin ongelmakohdat

Kaiken kaikkiaan projekti vaati kolmen eri ohjelman ja parin erilaisen pluginin hyödyntämistä. Vaikka kaiken pitikin periaatteessa paperilla toimia moitteetta, projektin kulku olikin kaikkea muuta kuin suoraviivainen. Ohjelmien käyttämät eri tiedostomuodot ja muut yhteensopivuusongelmat aiheuttivat luultavasti kymmenien tuntien turhia työrupeamia.

Pahimpia kipukohtia oli tilanne, jossa mallissa havaittiin jokin mallinrusvirhe kesken teksturoinnin. Jos virhe haluttiin korjata Rhinossa, piti malli exportata uudelleen obj:ksi, jotta sen teksturointia voitiin jatkaa. Jo tehtyjen tekstuuri kopiointi tämän uuden mallin päälle oli kuitenkin kaikkea muuta kuin sulavaa. Tämä johtui siitä, että vanhan ja uuden mallin uv-kartat eivät jostain syystä täysin vastanneet toisiaan. Yleensä tulos oli niin sekava, että koko teksturointityö piti aloittaa täysin alusta. Tämä oli hermoja raastavaa ja ennen kaikkea aikaa vievää. Mikäli korjaustyö taas oltaisiin haluttu tehdä Cinemassa, tuloksena oli usein selittämättömiä reikiä ja muita bugeja, jotka taas olisivat estäneet tulostamisen. Tällaiset tilanteet olisi voinut välttää käytännössä vain käymällä malli hyvin tarkkaan läpi ennen teksturoinnin aloittamista, jolloin oltaisiin voitu olla varmoja, ettei mallia tarvitse muuttaa enää myöhemmissä vaiheissa. Tulevaisuudessa tämä onkin syytä ottaa huomioon.

Ehkä eniten projektia haitannut tekijä oli se, ettei kaikkia siihen liittyviä asioita löytö loppoon heti alussa. Esimerkiksi pienoismallin mittakaavaa pohdittiin pitkään, ja se vaihteli 1:50:stä aina 1:100:n asti, päättyen lopulta 1:85:een. Mittakaavan vaihtelu kesken mallinnuksen sekoitti työskentelyä siksi, että mallin tulostettavuus ja tehtävien yksityiskohtien määrä määräytyy luonnollisesti sen mukaan, minkä kokoisena malli tulostetaan. Sen vuoksi jouduin esimerkiksi paksuntamaan joitakin seinä ja poistamaan yksityiskohtia, koska ne eivät olisi luultavasti tulostuneet

oikein. Myös käytettävää tulostustekniikkaa vaihdettiin kesken prosessin. Alkuperäisten suunnitelmien vuoksi olinkin mallintanut mm. teatterin penkit erillisiksi paloikseen, koska ne oli tarkoitus maalata tulostuksen jälkeen. Tulostustekniikan muututtua jouduinkin yhdistelemään penkit takaisin lattiaan kiinni, mikä teetti siis jonkin verran turhaa työtä. Projektin perustiedot – mallin mittakaava ja käytettävä tulostustekniikka – olisi siis pitänyt lyödä lukkoon aivan alkuvaiheessa. Tätä kautta prosessi olisi edennyt paljon suoraviivaisemmin.

Myös projektin lähtöaineiston lievä epäselvyys, ristiriitaisuus ja puutteellisuus vaikeutti ajoittain työskentelyä. Pohjapiirroksiin ei oltu merkitty päämittoja, vaan ainoastaan mittakaava oli esillä. Tämän vuoksi tiettyjä mittoja pystyi vain visuaalisesti arvioimaan, mikä ei välttämättä ollut tarkin mahdollinen menetelmä. Lähtöa-ineista löytyi myös lieviä ristiriitaisuuksia, esimerkiksi jotkut tolpat olivat eri kohdissa verrattaessa seinäprojektioita sekä pohjakuvia. Tietyistä kohdista rakennusta lähtöaineistossa taas ei ollut mitään mainintaa ja niissä kohtaa mallintamisessa piti turvautua omiin mittauksiin, valokuviin ja silmämääräiseen arviointiin. Tällaisia kohtia olivat esimerkiksi tietyt seinät, joiden kaltevuudesta ei ollut olemassa mitään tietoa. Esimerkiksi teatterin takaseinä oli alhaalta ylös asti kalteva. Voidaankin sanoa, että jos mallia rakennettaessa en olisi päässyt paikan päälle mittaamaan ja valokuvaamaan paikkoja, olisi lopputulos ollut huomattavasti epätarkempi. Mikäli malli olisi pitänyt tehdä vaikkapa rakennuksesta, jota ei vielä olisi ollut olemassa, olisi tarvittu paljon tarkempi lähtöaineisto, jotta lopputuloksesta olisi tullut tarpeeksi tarkka.

Tulevaisuutta ajatellen projektista jäi käteen muutamia asioita, jotka olisi hyvä pitää mielessä tulevaisuudessa vastaavanlaisia projekteja tehdessä:

- Projektin perustiedot (mittakaava, tulostustekniikka ym.) on oltava selvillä ja lyötynä lukkoon ennen kuin mallia aletaan valmistamaan.
- Mikäli mahdollista, mallinnettavaan kohteeseen on mentävä tutustumaan paikan päälle. Mikäli tämä ei ole mahdollista, käytettävän lähtöaineiston on oltava riittävän tarkkaa ja yhtenäistä.
- Malleihin on aina tehtävä alusta esimerkiksi vanerista. Tämä helpottaa mallin käsittelyä ja tuo sille arvokkuuden tuntua.
- Mallin oltava täysin valmis ennen kuin sitä aletaan teksturoimaan. Siihen ei saa tulla enää mitään muutoksia teksturoinnin aloituksen jälkeen.

9.3 **Mallin** Salattu malli

Malli on kaikkien mallien perustana. Sen avulla voidaan mallinnettavaan kohteeseen tutustua paikan päällä ja ottaa siitä tarkkoja mittauksia. Malli on oltava riittävän tarkka ja yhtenäistä. Mallin avulla voidaan mallinnettavaan kohteeseen tutustua paikan päällä ja ottaa siitä tarkkoja mittauksia. Malli on oltava riittävän tarkka ja yhtenäistä.

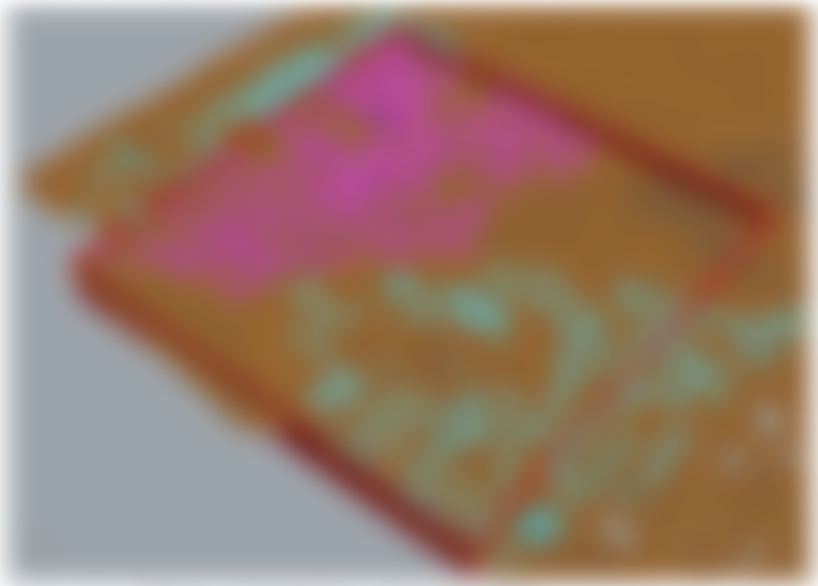
Malli on kaikkien mallien perustana. Sen avulla voidaan mallinnettavaan kohteeseen tutustua paikan päällä ja ottaa siitä tarkkoja mittauksia. Malli on oltava riittävän tarkka ja yhtenäistä.



Chybné informácie a polýgonizácia

Keď tieto prvé dva spôsoby spracovania informácií obehli, často si to do seba navzájom do seba navzájom, ale niekedy nie. Ak sa používajú rovnako, je veľmi dôležité, aby boli spracované rovnako, aby bolo možné porovnať výsledky. Preto je veľmi dôležité, aby boli spracované rovnako.

Keďže tieto dva spôsoby spracovania informácií obehli, často si to do seba navzájom, ale niekedy nie. Ak sa používajú rovnako, je veľmi dôležité, aby boli spracované rovnako. Preto je veľmi dôležité, aby boli spracované rovnako. Preto je veľmi dôležité, aby boli spracované rovnako.



Keď tieto dva spôsoby spracovania informácií obehli, často si to do seba navzájom, ale niekedy nie. Ak sa používajú rovnako, je veľmi dôležité, aby boli spracované rovnako. Preto je veľmi dôležité, aby boli spracované rovnako.

Keďže tieto dva spôsoby spracovania informácií obehli, často si to do seba navzájom, ale niekedy nie. Ak sa používajú rovnako, je veľmi dôležité, aby boli spracované rovnako. Preto je veľmi dôležité, aby boli spracované rovnako.

Keď tieto dva spôsoby spracovania informácií obehli, často si to do seba navzájom, ale niekedy nie. Ak sa používajú rovnako, je veľmi dôležité, aby boli spracované rovnako. Preto je veľmi dôležité, aby boli spracované rovnako.



... (faded text) ...

... (faded text) ...



... (faded text) ...

... (faded text) ...





The document states that the... (faint text)

The project will... (faint text)

- The project objectives are to... (faint text)
- The project will... (faint text)
- The project will... (faint text)
- The project will... (faint text)
- The project will... (faint text)
- The project will... (faint text)

10 Tietokoneavusteiset tekniikat mallinrakentamisessa

Oltuani mukana näissä kahdessa arkkitehtimalliprojektissa heräsi minulla kiinnostus tutustua tarkemmin 3D-tulostuksen ja muidenkin tietokoneavusteisten työkalujen tarjoamiin mahdollisuuksiin. Projektit olivat olleet hyvin opettavaisia ja niistä jäi käteen paljon oppeja, joita olisi mahdollista hyödyntää tulevaisuudessa vastaavanlaisissa projekteissa. Koska projektit oli kuitenkin viety läpi miettimättä niiden toteutuksen vaihtoehtoja sen tarkemmin, koin että syvällisempi tutustuminen aiheeseen olisi hyödyllistä. Tämän tutustumisen pohjalta olisi sitten helpompaa vetää suurempia johtopäätöksiä siitä, millä tavoin tällaisia projekteja on kaikista kannattavinta toteuttaa. Seuraavissa kappaleissa olenkin tutustunut tarkemmin ennen kaikkea 3D-tulostukseen, mutta perehtynyt myös laserleikkauksen ja CNC-jyrsinnän tarjoamiin mahdollisuuksiin ja pyrkinyt myös vertailemaan eri tekniikoita keskenään.

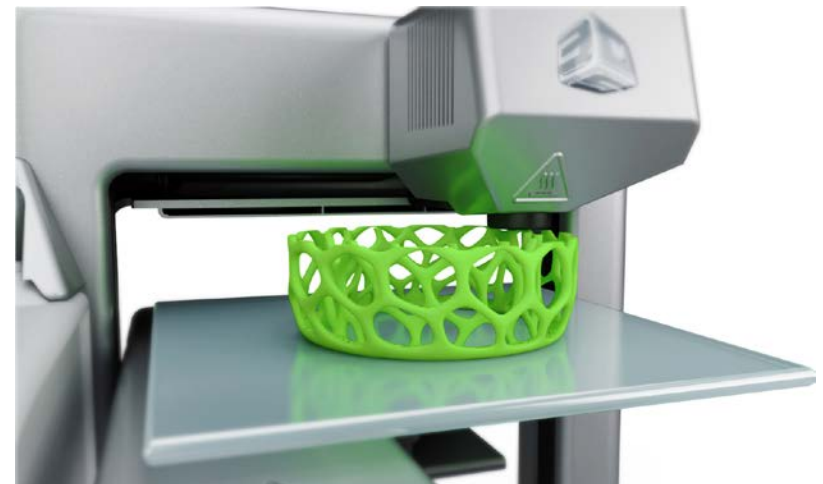
10.1 3D-tulostaminen

3D-tulostamisella tarkoitetaan joukkoa materiaalia lisääviä tekniikoita, joilla voidaan valmistaa fyysisiä esineitä käyttäen lähtöaineistona tietokoneella luotua 3D-mallia. Esine rakentuu yksittäisistä tulostettavan esineen poikkileikkauksen muotoisista kerroksista, jotka tulostin kokoaa yksi kerrallaan päällekkäin. 3D-tulosteita voidaan tehdä useammalla erilaisella tekniikalla, jotka eroavat toisistaan esimerkiksi siinä, miten esineen kerrokset rakentuvat ja mitä materiaalia tulostamiseen käytetään.

- Vat Photopolymerisation (esim. SLA) – Tankissa oleva uv-hartsia kovetetaan kerros kerrokselta uv-valon avulla.
- Material Jetting – Tulostusmateriaali annostellaan suuttimella kerros kerrokselta tulostuspedille, jossa se kovetetaan muotoonsa uv-valon avulla.
- Binder Jetting – Tulostusjauhe kovetetaan sidosaineen avulla kerros kerrokselta. Malleihin voidaan lisätä myös värejä.

- Material Extrusion (esim. FDM) – Materiaali (esim. abs tai pla) sulatetaan ja pursotetaan suuttimen avulla kerroksittain.
- Powder Bed Fusion (esim. SLS) – Tulostusjauhe kovetetaan kerros kerrokselta laserin avulla haluttuun muotoon.
- Sheet Lamination – Rullalla oleva materiaali (esim. metalli tai paperi) kasataan kerros kerrokselta, hitsataan yhteen ultraäänellä ja työstetään muotoonsa CNC-jyrsimellä.
- Directed Energy Deposition – Metallijauhetta johdetaan suuttimen läpi haluttuun paikkaan, jonka jälkeen jauhe sulatetaan muotoonsa laserin, elektronisuihkun tai plasman avulla.
(3D-printing.com, 2016.)

3D-tulostus on saanut viime vuosina varsin paljon palstatilaa eri medioissa. Monet yrittäjät ovat olleet esittelemässä alan messuilla, turuilla ja toreilla enemmäksin pöytätulostimilla tekemiään värikkäitä muovisia jakoavaimia ja avaimemperiä. Alkuhype alkaa pikku hiljaa olla laskemaan päin. 3D-tulostuksesta ei siis enää ole liiketoiminnaksi pelkän uutuudenviehätyksensä avulla, vaan sille pitää alkaa jo keksiä aitoja, järkeviä sovelluskohteita.



Kuva 41: FDM-tulostin

Tulostamista on tarjottu loistavaksi tavaksi valmistaa myös arkkitehtuuripienoisalleja. Jostain syystä ainakaan Suomessa tekniikkaa ei kuitenkaan ole kyseisessä toiminnassa ole hyödynnetty kovinkaan paljon. Muutamia yksittäisiä tulostettuja malleja on tullut vastaan, mutta ei kuitenkaan mitään erityisen vaikuttavaa. Onko kyse siis siitä, että tulostaminen ei olekaan niin mutkaton tapa pienoismallirakentamiseen kuin markkinamiehet ovat lupailleet? Vai ovatko suomalaiset vain penseitä hyödyntämään uudenlaista tekniikkaa? Seuraavassa osiossa olen pyrkinyt tarkastelemaan tulostamista monelta eri kantilta ja selvittämään, millaiset mahdollisuudet sen hyödyntämiseen arkkitehtuuripienoismallirakentamisessa oikeastaan ovat.

10.2 3D-tulostuksen käytön edut ja haitat perinteisiin tekniikoihin nähden

Ajan säästyminen

3D-tulostuksen hyödyntäminen voi parhaimmillaan tarjota monia etuja verrattuna perinteiseen mallinrakentamiseen. Yksi tärkeimmistä niistä on mittava ajan säästyminen. Malli, jota rakennettaisiin perinteisin menetelmin jopa kuukausikaupalla, saattaa tulostamalla valmistua jopa muutamassa päivässä. Kun esimerkiksi suunnitteilla olevasta rakennuksesta halutaan tulostaa pienoismalli, voidaan yleensä hyödyntää arkkitehdin tekemiä 3D-mallinnuksia. Mallinnukset tehdään nykypäivänä joka tapauksessa, sillä niiden avulla laaditaan vähintään visualisointikuvia suunniteltavana olevasta kohteesta. Kun tätä samaa kolmiulotteista geometriaa voidaan hyödyntää suoraan myös pienoismallin rakentamisessa, voidaan hypätä vaiheen yli, jossa perinteisen mallinrakentajan on määritettävä tuo geometria uudelleen hänen valmistaessaan pienoismallia käsin vaikkapa pahvista. Samalla vältytään riskiltä siitä, että mallinrakentaja tekisi virheitä tai tulkitsisi arkkitehdin suunnitelmia

väärin. Kun pienoismallin pohjana toimii arkkitehdin itsensä tekemä malli, voidaan olla varmoja siitä, että tulostettu pienoismalli on juuri sellainen kuin suunnittelija on halunnutkin. 3D-tulostusta hyödynnettäessä itse mallin ”rakennusprosessi” eli tulostusvaihe kestää korkeintaan muutamasta tunnista vuorokauteen. Eniten ihmistyötä vaaditaankin juuri mallin valmistelussa tulostukseen sekä mahdollisesti tulostetun mallin jälkikäsitelyssä.

Samalla on hyvä kuitenkin mainita, että arkkitehdin laatima 3D-mallinnus ei yleensä sovellu suoraan tulostettavaksi. Yleensä mallista täytyy tehdä ”solidi” eli mallin kaikki pinnat on liitettävä toisiinsa, ja sille pitää myös mahdollisesti määritellä seinämäpaksuuksia ym. tulostuksen onnistumisen kannalta keskeisiä seikkoja. Kohteesta riippuen tätä tulostukseen valmistelemaa työtä on tehtävä enemmän tai vähemmän, mutta yleensä pohjana oleva mallinnus on vähintäänkin erittäin hyvä lähtökohta tulostusmallin tekemiselle. Tämä arkkitehdin 3D-mallinnusten suora sopimattomuus tulostukseen voidaan yhteistyöyritykseni liiketoiminnan kannalta katsottuna kuitenkin nähdä pikemminkin hyvänä asiana. Mikäli mallit voisi vain suoraan lähettää tulostukseen, ei meidän työpanostamme edes tarvittaisi siinä välissä. Ammattitaitomme astuu kuvaan juuri siinä vaiheessa, kun arkkitehdin 3D-geometria täytyy kääntää muotoon, jota tulostimet ylipäättään ymmärtävät ja jonka avulla tulostus myös onnistuu moitteetta. Se voidaan nähdä meidän markkinarakonamme.

Työkalujen pieni määrä ja työskentelyn joustavuus

Pienoismallin tekeminen 3D-tulostamalla on myös perinteisiä tekniikoita yksinkertaisempaa siinä mielessä, että mallin työstämiseen ei tarvita niin monia fyysisiä työkaluja kuin pahimmillaan perinteisten mallien tapauksessa. Toki jotkut mallinrakentajat pärjäävät pelkän mattoveitsen

kanssa, mutta usein heidän työkalukantansa on tätä laajempi. 3D-tulostusta hyödynnettäessä riittää käytännössä pelkkä tulostin, tietokone ja siihen sopiva mallinnusohjelmisto. Mikäli vielä päätetään hoitaa itse tulostus alihankintana, ei laitetta tarvitse hommata itselle. Näin koko mallinrakennuksen voi periaatteessa hoitaa omalta tietokoneelta käsin, jolloin välttyään myös kalliiden toimitilojen hankkimiselta. Toisaalta tulostettuakin mallia täytyy yleensä työstää tulostuksen jälkeen hieman, esimerkiksi jälkikäsittely tai mallin kiinnitys jonkinlaiseen pohjaan voi olla mahdollista. Jonkinlaiset tilat näiden toimien suorittamiseen siis kuitenkin tarvitaan.

Mallin työstäminen tietokoneella vapauttaa prosessia myös siinä suhteessa, että työskentely on mahdollista ajasta ja paikasta riippumatta. Työryhmän ei ole pakko olla samassa työtilassa toistensa kanssa, ja jos mallia tehdään vaikkapa kolmen henkilön kesken, voivat he periaatteessa työskennellä vaikkapa toisella puolen maailmaa. Tällainen joustavuus tietysti osaltaan lisää toiminnan tehokkuutta.

Automatiikan hyödyntäminen

Kolmas 3D-tulosteen etu on tietokoneen tarjoama automatiikka. Mikäli arkkitehti suunnittelee kohdetta, joka sisältää paljon samanlaisia elementtejä, esimerkiksi monta samanlaista ikkunaa, voidaan tietokoneella mallintaa yksi ja monistaa se sitten niin monta kertaa kuin halutaan. Myös pienet variointit vaikkapa ikkunoiden leveydessä onnistuvat tietokoneella nopeasti. Perinteinen mallinrakentaja taas joutuisi väkertämään jokaisen ikkunoista erikseen. Toki heilläkin on tilanteesta riippuen olemassa tiettyjä "huijauskeinoja", esimerkiksi talojen monistaminen muotin avulla. Läheskään aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista.

Korkeat tulostuskustannukset ja suuret tulosteet

3D-tulostuksen käyttöön liittyy toki myös monia heikkouksia. Yksi niistä on mallin tulostuskustannusten nousu varsinkin mittakaavan kasvaessa. Isompien kappaleiden tulostaminen on hieman tekniikasta riippuen edelleen suhteellisen kallista, eikä esimerkiksi useita metrejä kanttiinsa olevien pienoismallien valmistaminen ainakaan kokonaan tulostamalla taloudellisesti mielekäästä. Yhtenä kappaleena tällaisen mallin tulostaminen ei yleensä ole edes mahdollista, sillä tulostuspalveluja tarjoavien yritysten tulostusalueet rajoittuvat usein korkeintaan muutamiin kymmeniin sentteihin kanttiinsa. Suurikokoinen malli pitäisi siis yleensä vähintään pilkkoa ensin tietokoneella useampaan palaseen ja tulostaa sen jälkeen osissa. Ainakin toistaiseksi näkisinkin mallien tulostamisen olevan järkevämpää pienemmässä mittakaavassa oleville kohteille.

Tulevaisuuslähtöisesti ajatellen myös suuremman tulostusalan tarjoamat tulostimet ovat kuitenkin pikku hiljaa saapumassa markkinoille. BigRep on vuonna 2014 perustettu saksalainen yritys, joka on erikoistunut suuren mittakaavan 3D-tulostamiseen. Yritys on tuonut markkinoille perinteistä fdm-tekniikkaa hyödyntävän BigRep One -tulostimen, jonka erikoisuus on sen erityisen suuri tulostusala: sillä voidaan tulostaa maksimissaan 1100x1050x1000 mm:n eli tilavuudeltaan yli kuutiometrin kokoisia kappaleita. Noin 36 000 euron hintalappu voi kuulostaa korkealta, mutta laitteen hinta-laatusuhde on silti varsin hyvä. Yhtä suurta tulostusala ei saa kuin yli kymmenen kertaa kalliimpia teollisuusprinttereitä käyttäen. (BigRep, 2016; Firpa, 2015)

Mikäli haetaan tulostusosaltaan kaikista suurinta mahdollista laitetta, yksi potentiaalisimmista vaihtoehdoista on saksalaisen Voxeljet AG:n teollisuuskäyttöön suunnattu VX4000. Valtavan laitteen tulostusala on 4000x2000x1000 mm. Laite on suunnattu ennen kaikkea suurien hiekkavalumuottien tai suurten piensarjojen tuotantoon, mutta periaatteessa sillä voisi tulostaa paljon muitakin, vaikkapa pienoismalleja.

Tulostin käyttää tulostusmateriaalina hiekkaa, joka kovetetaan sidosaineen avulla. Tällaista tulostinta käyttäen olisi periaatteessa mahdollista tulostaa vaikkapa erittäin laajoja kaupunki- tai museomalleja yhdellä ainoalla ajolla. Laitteen 1 400 000 euron hinta kuitenkin takaa sen, ettei se ole vielä kovinkaan yleinen, eikä ainakaan Suomessa mikään yritys vielä tarjoa sillä tehtäviä tulostuspalveluja. (Voxeljet, 2015; Firpa, 2015)

Ennen kuin suuren tulostusalueen omaavat tulostimet alkavat yleistymään ja halpenemaan, voidaan ongelmaa ainakin osittain kompensoida miettimällä tarkkaan, kannattaako pienoismallia tulostaa kokonaan vai voisiko tulostusta hyödyntää vain niissä kohtaa, joissa käsin tekeminen olisi erityisen haastavaa ja aikaavievää. Suuripiirteisempiä, tilavuudeltaan isokokoisia ja geometrisesti selkeämpiä osia, kuten vaikkapa maastoja tai yksinkertaisia seinäpintoja voitaisiin edelleen rakentaa käsityönä tai vaikkapa laserleikkuria hyödyntäen, ja tulostaa vain kaikista hankalimmat ja monimutkaisimmat osat. Tällä tavoin tulostamisen tarjoamia etuja hyödynnettäisiin mahdollisimman tehokkaasti.

Tulostinten tarjoama laatu

Toinen 3D-tulostuksen ongelma on tekniikan tarjoama laatu. Hieman tulostustekniikasta riippuen tulosteet ovat edelleen pinnanlaadultaan suht karkeita, ja niiden kerrosmainen rakenne edelleen näkyvissä. Perinteisten pienoismallirakentajien tuotoksiin verrattuna tulosteet eivät mielestäni vielä täysin kestä vertailua. Tulosteet eivät myöskään pysty tarjoamaan samanlaista realistista materiaalituntumaa kuin perinteiset mallit, jotka on usein rakennettu juuri samoista materiaaleista kuin esikuvanaan olevat rakennuksetkin. Tulostetut mallit ovat vielä lähes poikkeuksetta jonkinlaista muovia. Tulosteita voidaan tulostaa eri väreissä, mutta muuten ne eivät juurikaan pysty muita materiaaleja imitoimaan. Jotkut valmistajat tosin tarjoavat jo esimerkiksi fdm-tulostimille tarkoi-

tettuja puupohjaisia tulostusfilamentteja, jotka tuoksuvat puulle ja myös jonkin verran muistuttavat ulkonäöltään ja tuntumaltaan sitä. Käytännössä ne ovat kuitenkin vielä varsin kaukana aidon puun tunnusta. Myös metallien tulostus alkaa olla jo yleistä, mutta metallitulosteiden kustannukset ovat vielä toistaiseksi varsin korkeita. Erilaiset materiaalit tekevät siis pikku hijaa tuloaan myös tulostuspuolelle, mutta ainakin toistaiseksi ne eivät pysty kilpailemaan aitojen materiaalien kanssa tuntumallaan tai hinnallaan.

Eri materiaalien suoran tulostamisen sijaan yksi vaihtoehto on tietysti käyttää tulostettua mallia vain pohjana ja tämän jälkeen pintakäsittellä malli vaikkapa maalaamalla, mutta tämä taas lisää käsityön osuutta ja tällä tavoin kaventaa etua, joka tulostuksen nopeudella saavutetaan. Pintäkäsittelyn tarjoamiin mahdollisuuksiin olisi kuitenkin syytä perehtyä.

Etujen ja haittojen koonti

Ehkä vahvimmillaan 3D-tulostus on tilanteessa, jossa suunniteltava rakennus on geometrialtaan hyvin monimutkainen, sisältäen esimerkiksi huomattavan paljon yksityiskohtia, kaksoiskaarevia pintoja ja muuta vastaavaa. Tällöin mallin tekeminen käsin ei välttämättä olisi edes mahdollista tai se veisi hyvin paljon aikaa. Tulostin taas rakentaa tällaisetkin muodot yhtä vaivattomasti kuin yksinkertaisen kuutionkin. Vaikein vaihe onkin itse tulostuksen sijaan rakennuksen mallintaminen tulostusta varten. Luultavasti arkkitehdilla olisi kuitenkin jo olemassa jonkinlainen 3D-malli rakennuksesta, jonka avulla päästäisiin ainakin hyvin liikkeelle.

Kokonaisuutena voitaisiin todeta, että mallinrakentaminen 3D-tulostusta hyödyntäen on tasapainoilua sen suhteen, mitä mallilta oikeastaan halutaan. Aikataulun kiireellisyys ja mallinnettavan rakennuksen monimutkaisuus ovat asioita, jotka puoltavat tulostamisen hyödyntämistä.

Toisaalta taas malli, joka on aikataulultaan kiireetön, tilavuudeltaan laaja, mittakaavaltaan suuri, geometrialtaan suhteellisen simppele ja jonka materiaaleilta vaaditaan autenttisuutta ja eleganssia, on sopivampi käsityönä tehtäväksi. Koska luultavasti harva malli loksauttaa suoraan kumpaankaan näistä kategorioista, voidaankin tehdä päätelmä, että jonkinlainen kompromissi perinteisten ja modernien tekniikoiden välillä voidaan löytää.

10.3 Laserleikkaus ja CNC-jyrsintä

Koska Rissanen / Pekkasen vahvimmat osaamisalueet liittyvät 3D-maailmaan, on paikallaan selvittää, mitä muita mahdollisuuksia tämän tietämyksen hyödyntämiseen pienoismallirakentamisessa löytyy. Tässä kohtaa esiin kannattaakin nostaa kaksi teknologiaa: laserleikkaus sekä CNC-jyrsintä. Molemmat ovat vahvasti tietokoneavusteisia teknologioita, jotka nojaavat tietokonepohjaisen 3D- tai vähintään 2D-informaation käyttöön, aivan kuten 3D-tulostuskin. Tämän vuoksi tuntuisi luonnolliselta hyödyntää palvelussamme myös näitä teknologioita.

Laserleikkaus on teknologia, jossa nimensä mukaisesti hyödynnetään lasersädettä erilaisten materiaalien leikkaamiseen. Merkkauksella taas



Kuva 42: Laserleikkuri

tarkoitetaan sitä, että haluttu muoto vain kaiverretaan materiaaliin laserin avulla. Lasersäde, joka koostuu koherentista ja monokromaattisesta valosta, ohjataan ja kohdistetaan tietokoneita käyttäen peilien ja linssien avulla siten, että se osuu kohtisuorassa leikattavaan materiaaliin. Tällöin materiaali sulaa tai höyrystyy pois leikkauskohdastaan. Lasereita valmistetaan eri tekniikoilla ja tehoilla, ja niillä voi leikata laserin ominaisuuksista riippuen erilaisia materiaaleja esimerkiksi metalleista puuhun, muoviin, pahviin ja kankaaseen. Laserleikkaamisen etu esimerkiksi mekaanisiin menetelmiin on sen korkea tarkkuus ja siisti leikkausjälki, joka ei usein tarvitse lainkaan jälkikäsittelyä. Leikattavat muodot määritetään tietokoneella yleensä vektorigrafiikkana. Merkkauksella taas onnistuu vaikkapa tavallisille kuvatiedostoille. (Wikipedia, 2016; Thomas Publishing a, 2016)

CNC-jyrsinnällä tarkoitetaan tietokoneohjattua jyrsimistä. Kyseessä on siis materiaalia poistava menetelmä, joka yhdistää poraamisen ja leikkaamisen. Materiaalin leikkaamiseen käytetään pyörivää terää, jota pystytään liikuttamaan laitteesta riippuen usealla, esimerkiksi kolmella, neljällä tai viidellä eri akselilla. CNC-jyrsimillä pystytään työstämään hyvin monipuolisesti erilaisia materiaaleja metalleista massiivipuuhun,



Kuva 43: CNC-jyrsin

vaneriin, muoveihin ja vaahtomateriaaleihin. CNC-jyrsinten ohjaamiseen käytetään CAM-ohjelmistoja, joilla määritetään jyrsimen terän optimaaliset liikeradat. CAM-ohjelmaan tuotu data voi olla tilanteesta riippuen kaksi- tai kolmiulotteista, esimerkiksi vektorigrafiikkaa tai .stl- tai .obj-tiedostoja. (Thomas Publishing b, 2016)

10.4 Tietokoneavusteisten mallinrakennusmenetelmien vertailua

Harwardin Yliopiston wikisivustolla on vertailtu erilaisia tietokoneavusteisia mallinrakennusmenetelmiä. Mukana on 3D-tulostus parilla eri tekniikalla (powder bed printing sekä uv-epoksi), laser-leikkaus kolmella erilaisella tekniikalla sekä CNC-jyrsintä. Testissä rakennetaan samanlainen arkkitehtuuripienois malli kaikilla tekniikoilla ja vertaillaan muun muassa materiaalikustannuksia ja materiaalien kierrätettävyyttä, tiedostojen valmisteluun sekä itse mallin valmistukseen menevää aikaa. Testissä hyödynnetään ensisijaisesti Rhinoceros-ohjelmaa sekä tarvittaessa muutamia muitakin ohjelmia. Testissä oletetaan, että projektin alkuaineistona on alueen pohjakartta sekä maaston korkeuskäyrät. (Harward Wiki 2015.)

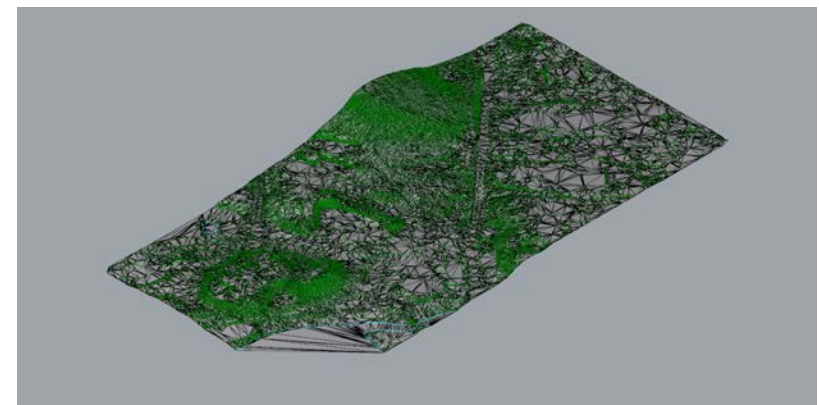
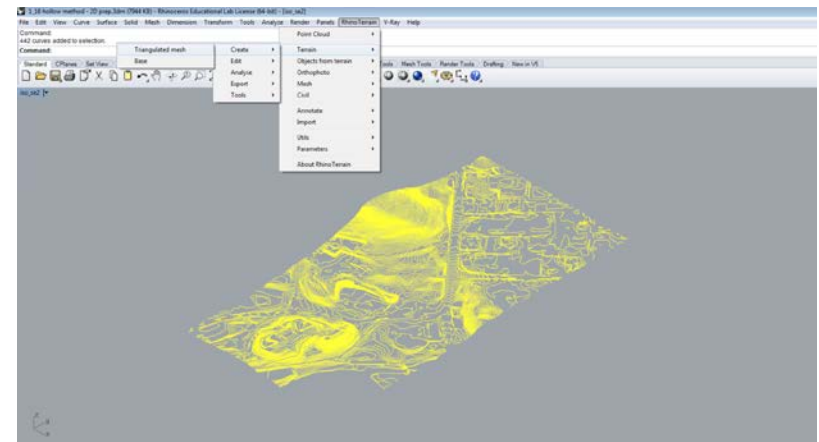
Laserleikkaus mallinrakennuksessa

Laserleikkurilla tehdyt mallit tehdään yleensä pähvistä tai vanerista ja ne rakentuvat kerroksista, jotka leikataan yksitellen ja kiinnitetään sitten toisiinsa esimerkiksi liimalla tai nitojalla. Käytetyn materiaalin paksuus sanelee sen, miten karkea mallista tulee ja paljonko työtä sen kasaminen vaatii. Mitä ohuempaa materiaali on, sitä enemmän malliin tulee kerroksia ja sitä tarkempi sen pinta on. Kerrosten määrän kasvaessa kerrosten liimaamiseen menevä aika tietysti kasvaa. Testissä tehdään laseria käyttäen kolme erilaista mallia. Ensimmäinen malleista tehdään

vaakasuuuntaisilla, umpinaisilla kerroksilla. Toinenkin tehdään vaakasuuuntaisilla kerroksilla, mutta siinä kerrokset voidaan leikata sisäkkäin ja siten säästää materiaalia. Kolmas malli taas tehdään pystysuuuntaisilla kerroksilla. (Harward Wiki 2015.)

Vaakasuuuntaiset kerrokset (tekniikka #1)

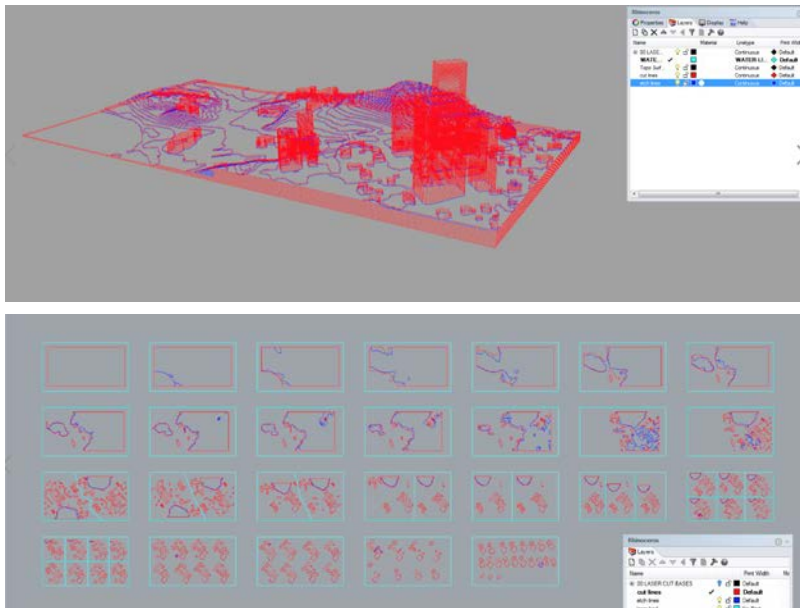
Laser-leikatun mallin tekeminen alkaa sopivien korkeuskäyrien tekemisellä. Käyrien tulee olla yhtä kaukana toisistaan kuin mikä käytettävän



Kuva 44: Lähtöaineiston korkeuskäyrien perusteella muodostetaan yhtenäinen maasto

rakennusmateriaalin paksuus on, toisin sanoen jos halutaan käyttää 3 mm paksua pahvia, täytyy määrittellä korkeuskäyrät, jotka ovat 3 mm päässä toisistaan. Koska yleensä lähtöaineistona olevat korkeuskäyrät eivät suoraan ole oikealla etäisyydellä, täytyy niiden avulla luoda ensin pinta käyttäen Rhinon Patch-komentoa. Samalla voidaan tehdä myös malliin tulevat talot piirtämällä niiden ääriviivat pohjakartan avulla ja pursottamalla talot sopivaan korkeuteen. Tämän jälkeen trimmataan pois ylimääräiset osat sekä taloista että maastosta trim-komennolla, käyttäen vuoroin leikkaavana kappaleena joko taloja tai maastoa. Lopulta meillä on pinta, joka käsittää sekä maaston että rakennukset. Sen jälkeen voidaan luoda korkeuskäyrät contour-komentoa hyödyntäen. (Harward Wiki 2015.)

Saadut korkeuskäyrät siirretään omalle tasolle ja kaikki aiemmin luodut pinnat voidaan poistaa tai piilottaa. Korkeuskäyrät kopioidaan ja



Kuva 45: Luodut korkeuskäyrät jaetaan omille tasolleen, joilla ne voidaan leikata yksi kerrallaan

siirretään myös toiselle, omalle tasolleen. Nämä kaksi identtiset käyrät sisältävää tasoa voidaan nimetä esim. "leikkaus" sekä "kaiverrus". Kaiverrus-tason käyrät nimensä mukaisesti vain kaiverretaan pahviin, jolloin niitä voidaan käyttää seuraavien kerrosten kohdistamiseen mallin kokoamisvaiheessa. (Harward Wiki 2015.)

Käyrät leikataan pahvista siten, että samalla ajolla sekä leikataan yhden kerroksen palaset että samalla myös kaiverretaan niihin seuraavan kerrokset ääriviivat. Tätä varten Rhinossa luodaan mallin kerroksia vastaava määrä laser-leikkurin leikkausalan kokoisia suorakulmioita, joille käyrät sitten asetellaan. Jokaiselle suorakulmiolle tulee siis aina yhden kerroksen leikkausviivat sekä seuraavan kerrokset ääriviivat. Suorakulmiot on hyvä numeroida, jotta oikea kokoamisjärjestys pysyy selvänä. Tämän jälkeen käyrät voidaan leikata. Kun ne on leikattu, mallia voidaan alkaa kasata pohjalta kohti huippua. Ylempänä olevan kerrokset pohjaan levitetään tai suihkutetaan liimaa ja se asetetaan alempia kerrokset kohdistusviivojen mukaisesti. (Harward Wiki 2015.)

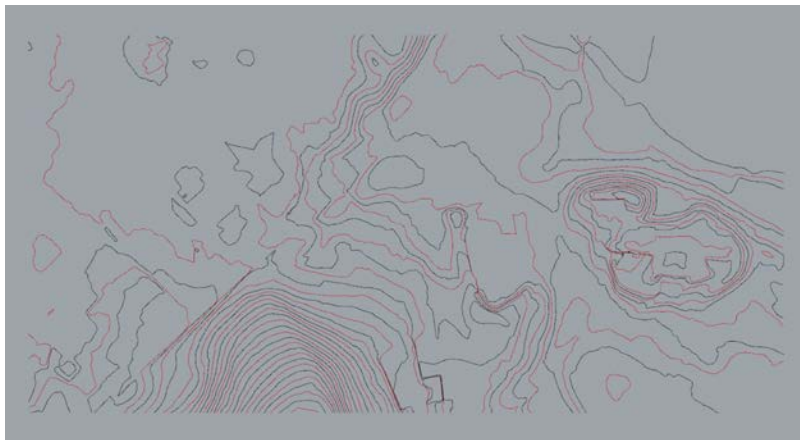


Kuva 46: Valmis malli

Vaakasuuntaiset kerrokset sisäkkäisillä paloilla (tekniikka #2)

Tässä tekniikassa toimitaan täysin samoin kuin edellisessäkin aina siihen asti, kunne korkeuskäyrät on saatu luotua sillä erotuksella, että talojen korkeuskäyriä ei luoda vielä tässä vaiheessa. Tämän jälkeen käyrät jaetaan kahdelle erilliselle tasolle siten, että toiselle tasolle tulee aina joka toinen käyrä. Tämän jälkeen piirretään talojen ääriviivat pohjakartan avulla. Kaikki käyrät litistetään samaan tasoon ja tämän jälkeen talojen ääriviivojen avulla trimmataan pois kaikki maaston ääri-
viivat, jotka menevät niiden sisälle. (Harward Wiki 2015.)

Tämän jälkeen rakennusten ne osat, jotka leikkaavat kaikista alinta mahdollista korkeuskäyrää, siirretään sille tasolle, jolla seuraavaksi alin korkeuskäyrä on. Loput talon korkeuskäyristä kopioidaan molemmille

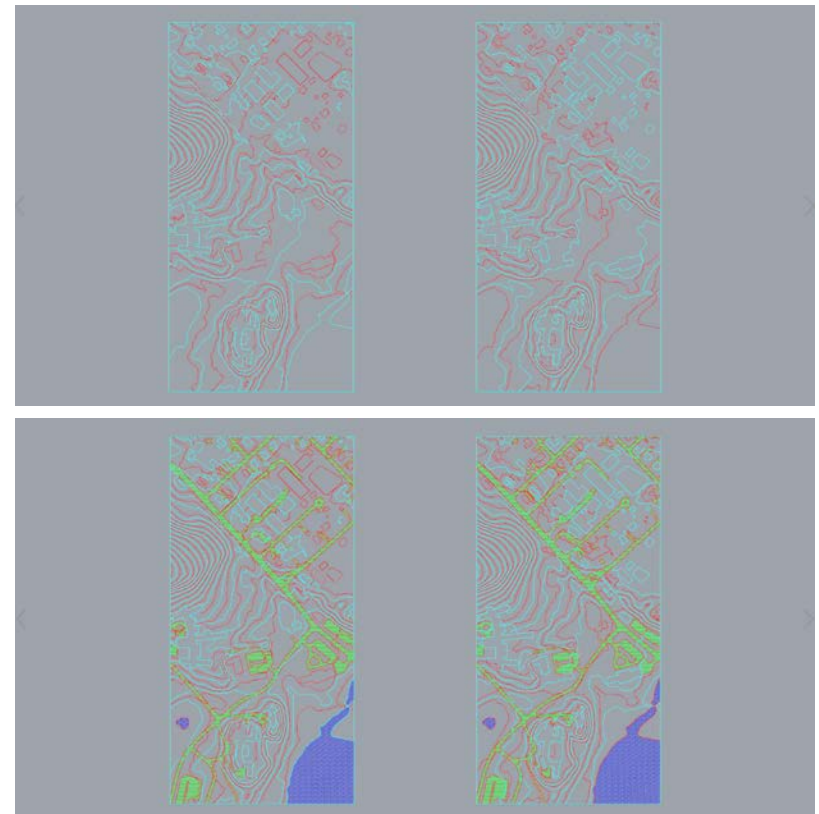


Kuva 47: Luodut korkeuskäyrät jaotellaan kahdelle erilliselle tasolle

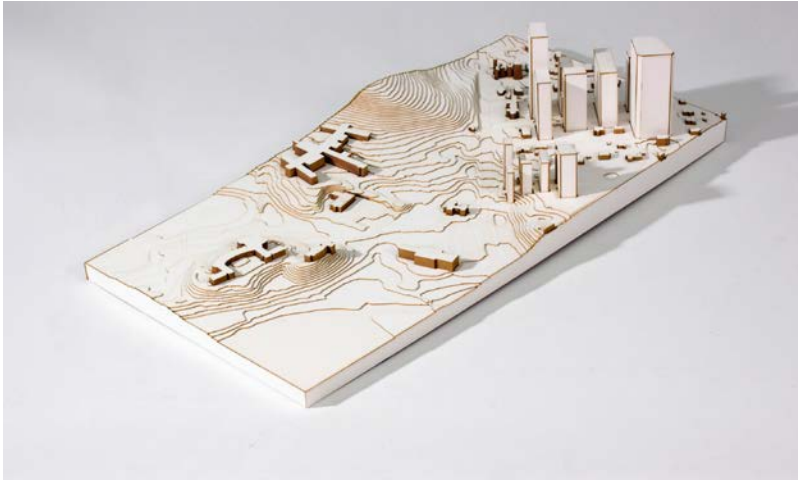
tasoille. Mikäli talo ei leikkaa ollenkaan korkeuskäyriä, se siirretään kokonaan samalle tasolle kuin millä seuraavaksi alin korkeuskäyrä on. Tällä tavoin rakennusten kohdalle tulee siis itse asiassa vain reijät, ja ne pitääkin valmistaa itse asiassa erikseen.

Jos lopulliseen malliin halutaan merkata kaivertamalla esimerkiksi katuja, ruohikkoa tai muita alueita, ne voidaan lisätä lopuksi piirtämällä ne pohjakartan avulla oikeille paikoilleen ja lisäämällä ne molemmille tasoille. (Harward Wiki 2015.)

Lopulta voidaan luoda kaksi laser-leikkurin leikkausalueen kokoista suorakulmiota, joille molempien tasojen käyrät siirretään. Ensimmäiselle suorakulmioista leikkaaviksi käyriksi määritellään ensimmäisen tason käyrät, ja toisen tason käyrät taas kaiverretaan kohdistuskäyri-



Kuva 48: Käyrät leikataan pähvistä kahdessa osassa siten, että ensimmäiselle ajolla leikataan ja merkataan, toiselle ajolla toisinpäin



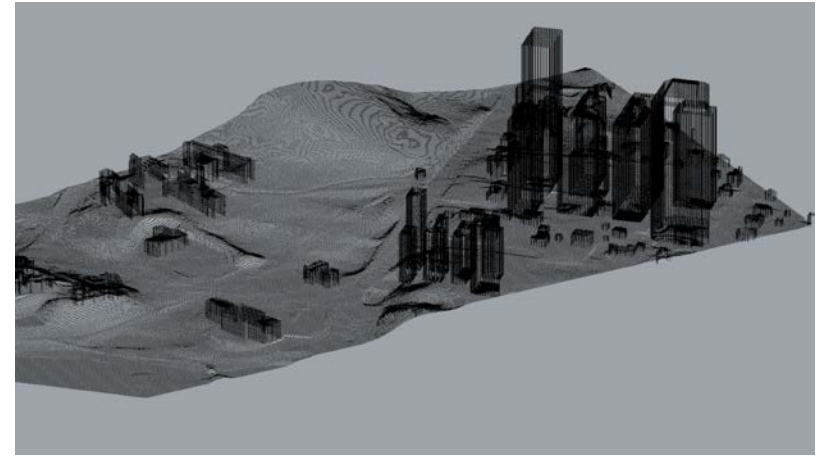
Kuva 49: *Valmis malli*

si. Toiselle suorakulmiolle tehdään juuri päinvastoin. (Harward Wiki 2015.)

Lopulta palaset voidaan leikata irti. Tällä tekniikalla ei siis tarvita kuin kaksi erillistä ajoa, siinä missä ensimmäisellä tekniikalla niitä tarvittiin korkeuskäyrien kokonaisuuden verran. (Harward Wiki 2015.)

Pystysuuntaiset kerrokset (tekniikka #3)

Tämä tekniikka on hyvin lähellä ensimmäistä eli vaakasuuntaisilla kerroksilla tehtyä mallia, mutta nimensä mukaisesti kerrokset ovatkin tällä kertaa pystysuuntaisia. Tiedoston valmistelu leikkausta varten on siis täysin vastaava, palojen ääriviivat ovat vain tällä kertaa pystysuunnassa. Lisäksi mallin kasausta ja kohdistusta helpottamaan paloihin voidaan tehdä reiät puisia tai muovisia sauvoja varten. Sauvat siis kulkevat vaakasuunnassa koko mallin läpi. Sauvojen lisäksi palaset myös liimataan yhteen, jotta kokonaisuus pysyy hyvin kasassa. (Harward Wiki 2015.)



Kuva 50: *Kerrokset luodaan tällä kertaa vaakasuuntaan*

Tekniikoiden vertailua

Tekniikka #1 on varsin suoraviivainen ja helppo toteuttaa, ja sillä saavutettava pinnanlaatu riippuu ennen kaikkea käytetyn materiaalin paksuudesta. Tekniikan ongelma on siinä, että mallin umpinaiisiin ker-

roksiin kuluu varsin paljon materiaalia, mikä tekee mallista kalliimman valmistaa ja myös painavamman käsitellä. Tähän voidaan ainakin jossain määrin vaikuttaa leikkaamalla palojen sisäosia pois ja myös latomalla pienempiä paloja sisäkkäin, jolloin myös materiaalia säästyy. (Harward Wiki 2015.)

Tekniikka #2:n ehdoton etu on siinä, että se säästää huomattavasti materiaalia ja verrattuna tekniikkaan #1. Mallista tulee tätä kautta myös paljon kevyempi. Lisäksi palojen leikkaaminen kestää huomattavasti vähemmän aikaa, kun tarvittavia ajoja ei tarvita kuin kaksi. Sen heikkous taas on siinä, että sillä ei voi tehdä yli kaksi kerrosta paksuja pystysuoria seinämiä. Käytännössä siis esimerkiksi malliin tulevat talot tulee rakentaa erikseen. (Harward Wiki 2015.)

Tekniikka #3:n etu on sen tarjoama erittäin tarkka pinnanlaatu. Toisin kuin aiemmissa tekniikoissa, pinnan tarkkuutta ei määritä käytetyn materiaalin paksuus vaan käytettävän laserin tarjoama tarkkuus. Tekniikan huonona puolena voidaan mainita sen varsin korkeat materiaalikustannukset, ja mallin kasaamiseen menee myös varsin paljon aikaa. Lisäksi pystysuuntaisten rakenteiden, esimerkiksi talojen tarkkuus riippuu siitä, sattuvatko ne sijaitsemaan mallin kasaussuunnan mukaisesti vai sitä vastaan. Tämä onkin hyvä ottaa huomioon mallia suunniteltaessa. (Harward Wiki 2015.)

CNC-jyrsintä mallinrakennuksessa

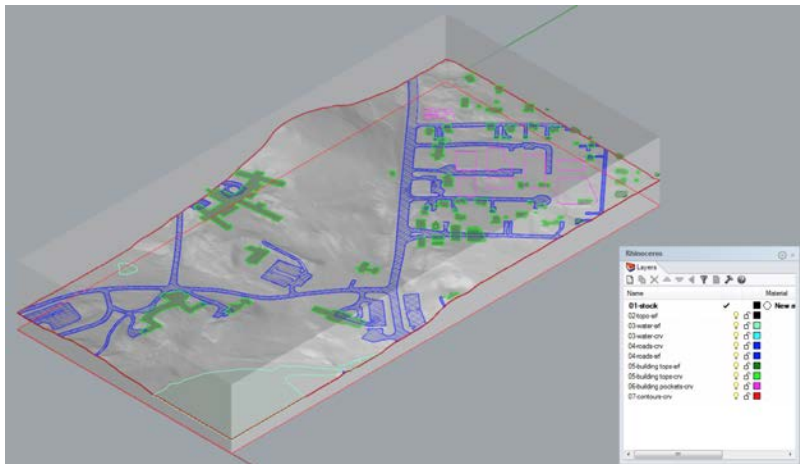
CNC-jyrsityt arkkitehtimallit voidaan valmistaa esimerkiksi erilaisista vaahtomuoveista, massiiviakryylistä, vanerista tai massiivipuusta. Mallin materiaalikustannukset voivat siis vaihdella paljonkin materiaalista riippuen. Tämän vuoksi muutkin ominaisuudet, kuten esimerkiksi paino ja saavutettavissa oleva tarkkuus riippuvat paljon materiaalista.

CNC-jyrsityn mallin rakentamiseen tarvitaan yleensä ainakin kahta eri tietokoneohjelmaa. Ensimmäisellä tehdään varsinainen mallinnus, eli esimerkiksi maaston, rakennusten, teiden ja muiden malliin haluttujen asioiden määrittäminen. Toisella eli jyrsimen ohjausohjelmistolla taas malli valmistellaan jyrsintäkuuntoon määrittelemällä jyrsimen tarvitsemat työreitit sekä muut jyrsinnän kannalta oleelliset parametrit, ja lopuksi laskemalla g-koodi, jonka avulla jyrsin ohjailee terän liikkeitä. Ohjausohjelmistolla on yleensä mahdollista myös simuloida lopullista jyrsintää eli virtuaalisesti seurata, onnistuisiko jyrsintä juuri halutulla tavalla. Tämän avulla jyrsimen asetuksia voidaan korjailta tai optimoida haluttuun suuntaan ilman, että tarvitsisi oikeasti jyrsiä kappale useita kertoja. (Harward Wiki 2015.)

Pienoismallin mallintaminen CNC-jyrsintä varten eroaa jonkin verran esimerkiksi 3D-tulostinta varten mallintamisesta. Siinä missä tulostimelle menevän mallin täytyy olla yksi yhtenäinen ja vesitiivis kappale, jyrsintää varten tämä ei ole pakollista. Sen sijaan kaikki malliin tulevat elementit tulee ryhmitellä omille erillisille tasoilleen, ja lisäksi jokaista elementtiä reunustavat käyrät tulee laittaa vielä omille tasoi-
leen. (Harward Wiki 2015.)

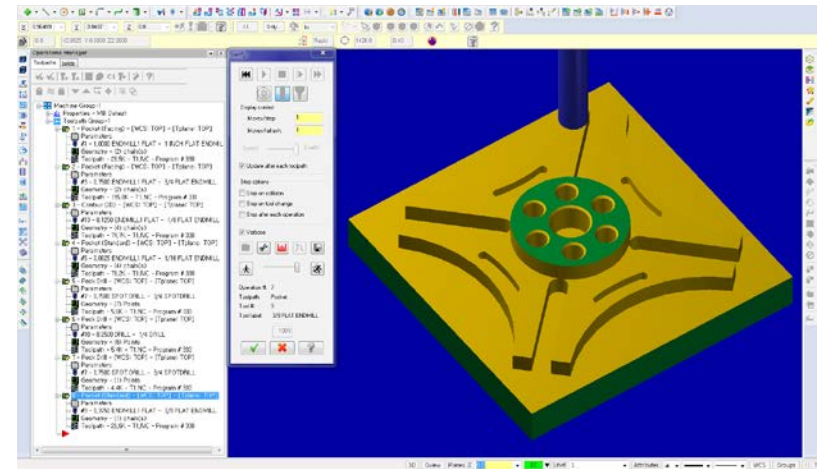
Mallin tekeminen aloitetaan luomalla suorakulmainen kappale, joka on kooltaan käytettävän jyrsintämateriaaliblokin kokoinen. Jyrsittävä malli tulee siis tämän blokin sisäpuolelle. Tämän jälkeen luodaan malliin tuleva maasto. Mikäli halutaan yhtenäinen ja portaaton maasto, mallinnetaan yksi ehjä ja portaaton pinta. Jos taas mieluummin halutaan portaattain muuttuva, korkeuskäyriä mukailema maasto, täytyy vastaavasti mallintaa sarja vaakasuoria pintoja. Tämän jälkeen luodaan kaikki malliin haluttavat elementit, kuten vaikkapa tiet, vesistöt ja talot omille, erillisille tasoilleen. Elementtejä ei tarvitse pursottaa solideiksi kappaleiksi, vaan riittää, että mallinnetaan pelkkä pinta. Vaikkapa tiet ovat siis vain maaston mukaan meneviä liittanoita pintoja. Talot taas mallinnetaan tekemällä talon yläprojektion mukainen liittana pinta talon

kattokorkeuteen. Mikäli jotkut taloista ovat liian suuria tai pieniä jyrsitäviksi, niiden kohdalle jyrsitään vain ”tasku”, johon muilla tekniikoilla valmistettavat talot sitten upotetaan. Tasku mallinnetaan juuri päinvas-
 taisella tavalla kuin jyrsitävät talot, eli talon yläprojektiota vastaava pinta upotetaan maanpinnan alapuolelle siihen syvyyteen, johon taskun halutaan ulottuvan. Lopuksi täytyy jokaiselle elementille vielä mallintaa sitä rajaavat ääriiviivat omille tasoilleen. Tämän jälkeen tehdään vielä ääriiviivat koko mallille seuraamaan maaston reunoja. Tämä samainen käyrä projektoidaan vielä littanaksi kohtaan z=0. (Harward Wiki 2015.)



Kuva 51: Kaikki mallin elementit ovat omilla, eri värisillä tasoillaan

Kun nämä elementit on saatu mallinnettua, on malli valmis exportattavaksi jyrsimen ohjausohjelmistolle, kuten vaikkapa MasterCAMiin. Käytännössä seuraavaksi ohjelmaan tuotu geometria linkitetään erilaisiksi työriteiksi, valitaan jyrsimen käyttämä terä (materiaalin mukaan) ja optimoidaan terän liikkeet materiaalille sopivaksi. Vaikka tämä periaatteessa kuulostaa varsin yksinkertaiselta, on tämä ehkä koko projektin eniten asiantuntemusta vaativa vaihe, sillä verrattuna vaikkapa 3D-tulostimien ohjaamiseen tarkoitettuihin ohjelmiin sisältää MasterCAM huomattavan paljon enemmän säätövaraa. Tämä onkin ymmärrettävää, mahdollistaahan jyrsin mitä erilaisimpien materiaalien ja terien käytön



Kuva 52: MasterCAMin käyttöliittymä

ja sitä kautta kaiken optimointi toimivaksi kokonaisuudeksi vaatii paljon säätämistä. Kun jyrsintärada ja terän radat on saatu määritettyä, MasterCAMilla voidaan suorittaa simuloitu jyrshintä, jolla voidaan ennen varsinaista jyrshintää tarkastella, toimiiko kaikki niin kuten kuuluisikin. Jos korjattavaa ei löydy, voidaan suorittaa varsinainen jyrshintä. (Harward Wiki 2015.)

Edut ja haitat

CNC-jyrsimen ehkä suurin etu on siinä, että sen avulla voidaan luoda hyvinkin suuria, saumattomia malleja. Suurimpien jyrsimen työskentelyalat voivat olla jopa useampia metrejä kanttiinsa. Toisena etuna voidaan pitää suurta tarkkuutta, joka jyrsimellä voidaan saavuttaa. Varsinkin verrattuna laserleikkaukseen ero on huomattava. Koska jyrsimen valmistaa kappaleen yhdestä palikasta, malli ei myöskään vaadi aikaavievää kasausta kuten laserleikkauksen tapauksessa. Kun verrataan jyrshintää 3D-tulostukseen, ehdottomasti suurimpana etuna voidaan pitää huomattavasti pienempiä materiaalikustannuksia. (Harward Wiki 2015.)



Kuva 53: *Valmis malli*

CNC-jyrsimen käytön ehkä suurin huono puoli on sen suhteellisen korkea oppimiskäyrä. Varsinkin jyrsimen ohjaamiseen käytettävien ohjelmien, kuten vaikkapa MasterCAMin, käyttö vaatii yleensä varsin syvällistä perehtymistä. Nämä ohjelmat ovat monimutkaisia juuri sen vuoksi, että lopputuloksesta olisi mahdollista saada juuri sellainen kuin halutaan. Aiheeseen perehtymällä on kuitenkin mahdollista tuottaa erittäin vakuuttavan näköisiä lopputuloksia. (Harward Wiki 2015.)

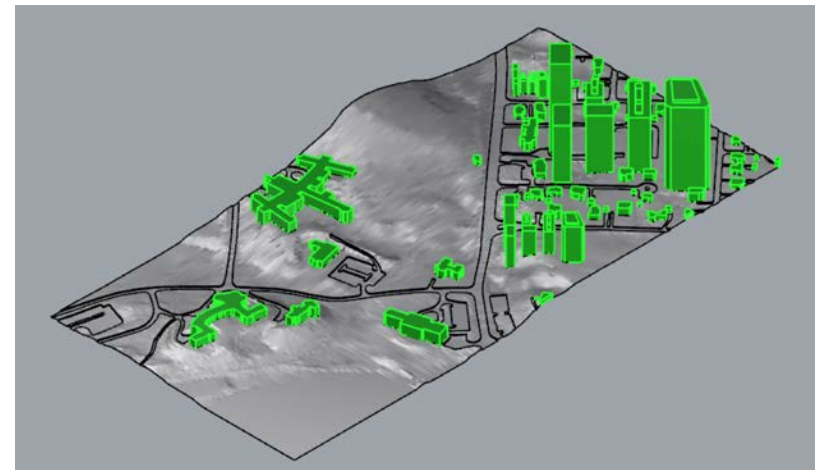
Jyrsimen käyttö asettaa myös tiettyjä rajoituksia geometrialle jota ollaan aikeissa jyrsiä. Varsinkin perinteiset kolmeakseliset jyrsimet eivät pysty työstämään kappaleita, jotka sisältävät negatiivisia kulmia. Myös liian lähekkäin sijaitsevat korkeat kappaleet voivat osoittautua mahdottomiksi jyrsiä, mikäli terän pituus ei ole riittävä ja/tai istukka on liian suuri. Tämä riippuu täysin jyrsimestä, ja pitää ottaa huomioon eri tavalla aina eri koneen kanssa työskenneltäessä.

3D-tulostus mallinrakennuksessa

3D-tulostetun pienoismallin pohjana toimii aina solidi eli vesitiivis, virheetön 3D-malli. Erilaiset tulostustekniikat asettavat 3D-mallille omat rajoituksensa esimerkiksi geometriaan ja mallin yksityiskohtaisuuteen liittyen.

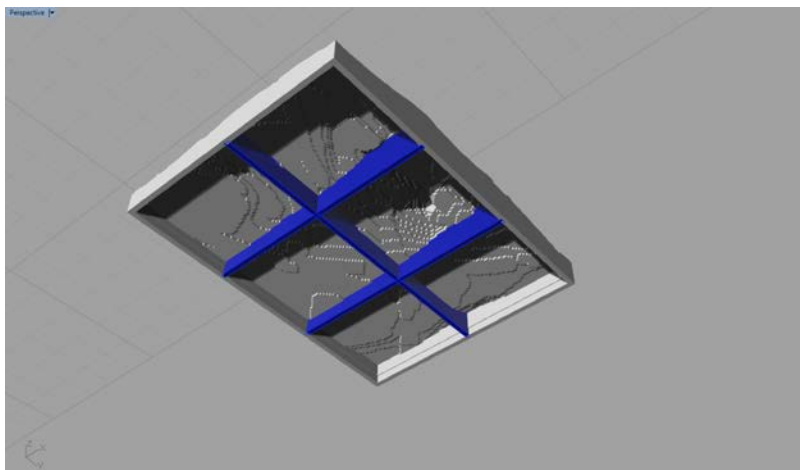
3D-mallin rakentaminen aloitetaan yleensä maastosta. Apuna käytetään korkeuskäyriä. Kuten jyritynkin mallin tapauksessa, maastosta voidaan tehdä joko yhtenäinen ja tasaisesti muuttuva tai sitten portaittain kasvava. Kun maasto on tehty, voidaan vaikkapa pohjakarttaa käyttäen piirtää rakennusten ääriviivat ja pursottaa ne oikeaan korkeuteen siten, että rakennusten pohjat menevät maaston läpi. Tämän jälkeen Rhinon Trim-komentoa hyödyntäen trimmataa pois sekä ylimääräiset rakennusten pohjaosat että rakennusten alle jäävä maasto. Myös tiet voidaan tehdä täysin samalla tavalla. Lopulta kaikki pinnat liitetään Join-komentoa käyttäen yhdeksi yhtenäiseksi pinnaksi. (Harward Wiki 2015.)

Seuraavaksi malli voidaan jakaa sopivan kokoisiksi palasiksi käytettävän tulostimen tulostusalueen koon mukaan. Tämä tehdään piir-



Kuva 54: *Malliin lisätään halutut elementit ja ne liitetään yhteen*

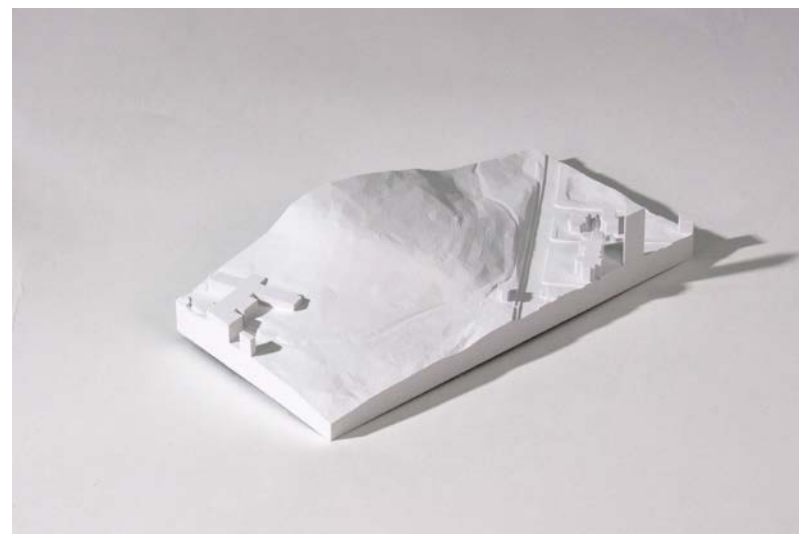
tämällä palasten muodot ylänäkössä, pursottamalla sitten viivojen mukaiset tasot, jotka menevät koko mallin läpi ja lopuksi halkaisten malli palasiksi Split-komennolla. Tämän jälkeen mallin kaikille palasille pursotetaan seinämät. Kun seinämät on liitetty kuhunkin palaseen, kullekin palalle luodaan paksuus Offset-komennolla. Palasten sopiva seinämävahvuus riippuu käytettävästä tulostimesta, mutta noin sentin paksuus on usein riittävä. Näin syntyneiden kappaleiden pitäisi olla vesitiiviitä. Kappaleesta mahdollisesti löytyvät virheet voidaan tarkistaa check-komennolla. Kun virheet on saatu korjattua, malli on valmis tulostettavaksi. (Harward Wiki 2015.)



Kuva 55: Malli jaetaan osiin ja osille annetaan paksuus

Edut ja haitat

3D-tulostuksen ehdoton etu on sen tarjoama vaivattomuus. Mallia ei tarvitse erikseen kasata eikä yleensä suurta jälkikäsittelyä tarvita, toisin kuin vaikkapa laserleikkauksen tapauksessa. Hieman tulostustekniikasta riippuen mallin geometrialla ei myöskään ole samanlaisia rajoituksia kuin vaikkapa CNC-jyrsinnällä. Toki tietyt reunaehdot, kuten vaikkapa



Kuva 56: Valmis malli

riittävät materiaalivahvuudet ja pienten yksityiskohtien tulostuminen on otettava huomioon. (Harward Wiki 2015.)

Tekniikan varjopuolena onkin ennen kaikkea sen korkeat kustannukset. Muihin tietokoneavusteisiin tekniikoihin verrattuna ne voivat pahimmillaan nousta jopa monikymmenkertaisiksi. Tulostamisen hyödyntämistä onkin pohdittava aina hyvin tarkkaan. Tulostamisen toisena ongelmakohtana voidaan pitää myös siinä, että mallia ei yleensä pystytä tulostamaan yhdessä osassa. Tämä johtuu ennen kaikkea tulostimien suhteellisen pienistä tulostusaloista. Tämä pitääkin ottaa mallia suunniteltaessa huomioon. (Harward Wiki 2015.)

Rakennusaikojen ja kustannusten vertailua

Kuten testi osoittaa, kaikilla edellä mainituista tekniikoista on mahdollista tuottaa suurin piirtein samanlainen pienoismalli. Jokaisella tekniikalla on tietysti omat vahvuutensa ja heikkoutensa, ja tiettyyn tilanteeseen toinen sopii paremmin kuin toinen. Tekniikoiden tarjoama jälki on kuitenkin niin lähellä toisiaan, että niiden vertailu on mielekäästä. Koska mallinrakentaja tekee malleillaan bisnestä, yksi tärkeimmistä hänen työhönsä vaikuttavista tekijöistä on tietysti se, paljonko aikaa ja rahaa mallin tekemiseen uppoaa. Vertailussa on perehdytty myös tähän puoleen. Siinä ei olla niinkään keskitytty siihen, paljonko tarvittavan laitteiston hankkiminen maksaisi, vaan malliin kuluviin materiaalikustannuksiin yksikössä \$/ft² eli dollaria per neliöjalka. Tämän lisäksi mitataan rakentamiseen kuluva aikaa ja sen jakautumista eri rakentamisen vaiheisiin. Myös tekniikan hyödyntämiseen vaadittavaa ohjelmisto-osaamista arvoidaan asteikolla 1–3. (Harward Wiki 2015.)

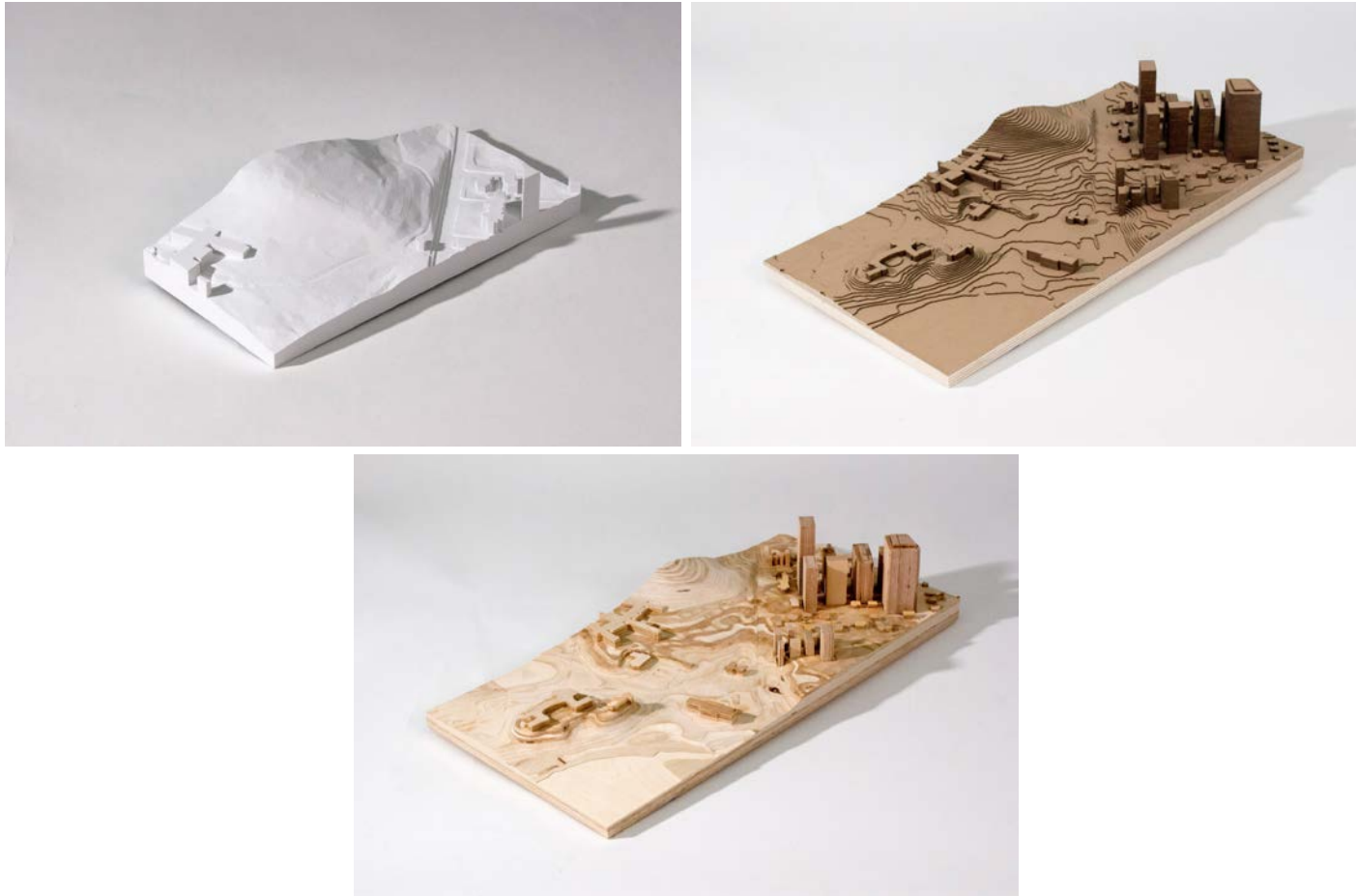
Vertailun halvin malli syntyy käyttäen tekniikkana CNC-jyrsintää ja materiaalina valkeaa vaahtomuovia. Tällöin materiaalikustannuksia kertyy vaivaiset 8 \$/ft², ja työtunteja yhteensä 9,25. Käytettäessä vanerin tai massiivipuun kaltaisia laadukkaampia materiaaleja kustannukset nousevat enimmillään luokkaan 40 \$/ft². Myös työtuntien määrä saattaa nousta tietyillä materiaaleilla korkeammaksi kuin muilla esimerkiksi sen vuoksi, että rakennuksia ei välttämättä pystytä jyrsimään yhdellä ajolla. Enimmillään CNC-jyrsityn mallin valmistamiseen saattoi testissä kulua aikaa 17,85 h. CNC-tekniikan vaatima ohjelmisto-osaaminen arvioidaan kaikista korkeimmalle tasolle eli kolmoseksi. Tämä selittyy ennen kaikkea sillä, että jyrsimen ohjelmointiin käytettävät ohjelmat (esim. MasterCAM) vaativat yleensä huomattavan paljon osaamista. (Harward Wiki 2015.)

Laserleikatut mallit pääsivät myös materiaalikustannuksiltaan hyvin lähelle kärkeä, sillä halvimmillaan mallin kustannukset olivat edellä esiteltyä tekniikkaa #2 ja kehystyspahvia käyttäen 10 \$/ft². Aikaa rakentamiseen kuluu kaikkiaan 18,5 h. Tekniikat #1 ja #3 vievät paljon enemmän materiaalia kuin #2, ja tämä näkyykin näillä tekniikoilla tehtävien mallien kustannuksissa. Vaikkapa 1/16” lastulevystä tekniikalla #1 tehtävän mallin kustannukset ovat 30 \$/ft². Kalleimmillaan kustannukset nousevat aina 62 \$/ft² asti, kun käytetään 1/16” museolevyä. Laser-leikattujen mallien rakennusajat pyörivät enimmäkseen 20 tunnin kieppeillä. Poikkeuksena toimii tekniikka #3, jolla tehtäessä täytyy varautua jopa 36.5 tunnin urakkaan. Laserin käyttö arvoidaan ohjelmisto-osaamisen osalta helpoimmaksi eli ykköseksi. (Harward Wiki 2015.)

Vertailun ylivoimaisesti kalleimmat ja aikaa vievimmat mallit syntyvät 3D-tulostamalla. Kipsipohjaisella powder bed - tekniikalla tehty malli maksaa 268 \$/ft², ja aikaa sen tekemiseen kuluu kaikkiaan 46 h. Uv-epoksista rakentuva malli kustantaa jopa 768 \$/ft² ja vie aikaa 62.5 h. Valmistusajoista on tosin hyvä huomata, että ylivoimaisesti suurin osa ajasta kuluu itse tulostusprosessiin, eikä aktiivista ihmistyötä tarvita kuin 11 h. Myös laser-leikkaus ja CNC-jyrsintä tietysti sisältävät tätä ”koneen tekemää työtä”, mutta niiden kohdalla sen osuus on huomattavasti pienempi. Tätä taustaa vasten 3D-tulostus sijoittuu itse asiassa kärkipäähän työajassa mitattuna. Vertailussa käytettävät tulostustekniikat eivät myöskään ole kaikista halvimmasta päästä, ja esimerkiksi lasersintrauksella tai jopa perinteisellä fdm-printterillä materiaalikustannukset jäisivät varmasti paljon alhaisemmiksi. Luultavasti ne olisivat kuitenkin kalliimpia kuin verrokkitekniikat eli laser ja CNC. 3D-tulostuksen käyttö edellyttää testin mukaan ohjelmisto-osaamista asteikolla 1–3 kakkosen verran. Se siis asetuu haastavuudeltaan laserin ja CNC:n väliin. (Harward Wiki 2015.)

Vertailun yhteenveto

Kokonaisuutena vertailut ja testi mielestäni osoittavat, että niin CNC-jyrsintä kuin laserleikkauskin tarjoavat erittäin lupaavia mahdollisuuksia 3D-tulostuksen rinnalla arkkitehtuuripienoismaalien rakentamiseen. Ne tarjoavat omat ehdottomat etunsa, joista tärkein mielestäni on edullisuus suhteessa tulostamiseen. Niiden avulla on mahdollista kompesoida kallista tulostamista, joka puolestaan tarjoaa erittäin tarkkaa työtä jälkeä sinne, missä sitä tarvitaan. Tärkeä laserleikkausta ja CNC-jyrsintää tukeva seikka on mielestäni myös se, että nämä ne hyödyntävät materiaaleinaan esimerkiksi massiivipuuta, vaneria ja museopahvia, joiden avulla malleille voidaan luoda samanlaista eleganssia kuin mitä käsin tehdyt mallit parhaimmillaan huokuvat. Käyttämällä näitä kolmea tekniikkaa yhdessä ja oikein kohdistaen, voidaan valmistaa pienoismalleja erittäin nopeasti ja suhteellisen halvalla, unohtamatta kuitenkaan korkeaa laatua.

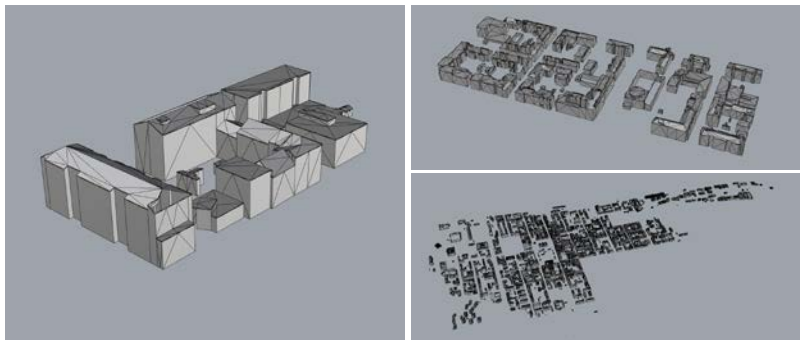


Kuva 57: Eri tekniikoilla syntyvät mallit ovat varsin samankaltaisia

11 3D-mallien korjaamiseen tarkoitettujen ohjelmistojen vertailua

Mainitsin omia pienoismalliprojektejani läpikäydessäni ongelman, joka vaikutti suuresti projektien läpivientiin. Tämä oli lähtöaineistona toimineen 3D-mallin työläs ja hankala hyödynnettävyys. Suurin osa projektiin kuluneista työtunneista käytettiin mallin saattamiseen tulostuskuntoon sen sijaan, että oltaisiin voitu keskittyä esimerkiksi mallin informatiivisuuden ja näyttävyyden hiomiseen. Markkinoilta löytyy kuitenkin useita ohjelmistoja, jotka on suunniteltu juuri tähän työhön eli 3D-mallien korjaamiseen ja valmisteluun tulostusta varten. Päätinkin tehdä selvityksen siitä, voisivatko nämä ohjelmat tarjota apua vastaaviin projekteihin tulevaisuudessa.

Pienen tutkimuksen jälkeen löysin useita ohjelmistoja, jotka mainostivat pystyvänsä korjaamaan mallin kuin mallin tulostuskuntoon. Päätin valita vertailuun yhden ohjelman muutamasta hintaluokasta saatakseni selville, millaista vastinetta rahalle voi saada. Kaivoin esille eräässä projektissa alkuaineistona käyttämäni 3D-mallin ja halkaisin siitä muutamia eri kokoisia palasia testitarkoituksiin. Tämä oli mielestäni hyvä lähtöaineisto testiä ajatellen, sillä tiedosto sisälsi todella paljon reikiä, ympäri kääntyneitä pintoja ja muita ongelmia. Ohjelmat joutuivat



Kuva 58: Testikappaleet

siis todelliseen testiin. Pienin paloista sisälsi seitsemän rakennusta, keskikokoinen 44 ja suurin 609. Tarkoitukseni oli testata, pystyykö ohjelmien automatiikka korjaamaan palaset tulostuskuntoon. Ohjelmat

sisälsivät paljon muitakin ominaisuuksia kuin vain tiedostojen automaattiseen korjaukseen liittyviä työkaluja, mutta tämä testi ei ulottunut niihin.



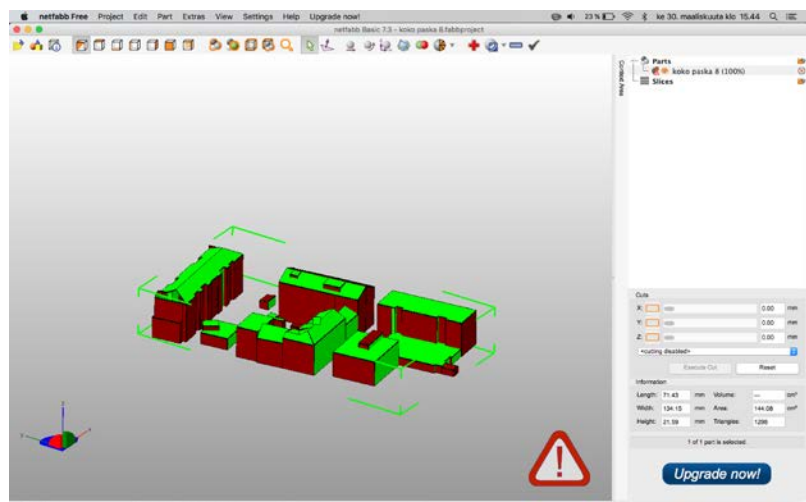
Kuva 59: Netfabb-logo

11.1 Netfabb Basic

Ensimmäiseksi kokeiltavaksi ohjelmaksi valitsin Netfabb Basicin. Ohjelmalla voi tarkastella 3D-malleja sekä muokata, analysoida ja korjata niitä. Ohjelma on täysin ilmainen ja se on tarjolla niin Windowsille, Macille kuin Linuxillekin. Se on suunnattu ensisijaisesti 3D-tulostuksesta kiinnostuneille niin koti-, harraste- kuin opetuskäyttöönkin. Ohjelman takana toimii erilaisiin suunnitteluohjelmistoihin erikoistunut Autodesk. (Netfabb, 2016a.)

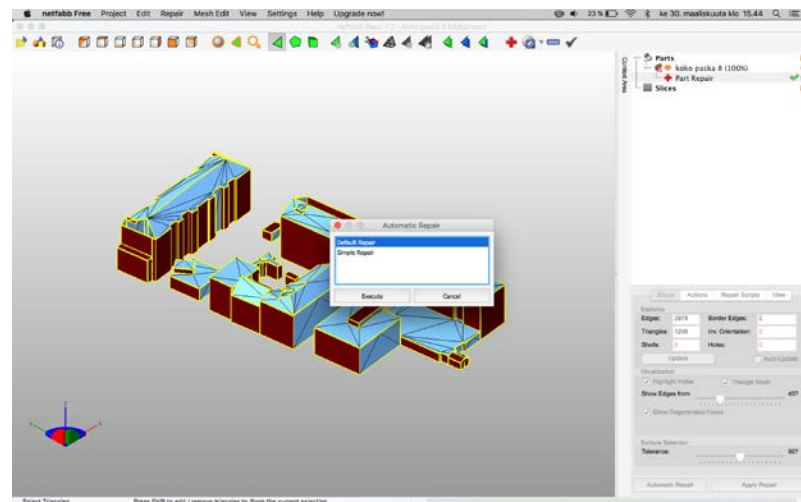
Kun korjattava kappale saadaan tuotua ohjelmaan, ikkunan alareunaan ilmestyvä huutomerkki ja kappaleen pintaan ilmestyvät tehostevärit kertovat, että tiedosto sisältää erinäisiä ongelmia. Vaaleanvihreät pinnat ovat ohjelman mukaan oikeinpäin olevia, tummanpunaiset taas tarkoittavat väärinpäin kääntyneitä pintoja. Punaiset pinnat tulisi siis ainakin korjata. Ohjelman ylävalikosta voidaan valita standard analysis-analyysointityökalu, joka kertoo kappaleen tiettyjä ominaisuuksia. Tärkeimpänä

työkalu näyttää, onko kappale suljettu eli "solidi", ja ovatko kappaleen pinnat oikein päin, toisin sanoen tunnistaako ohjelma kappaleen sisä- ja ulkopuolen. Lisäksi analyysi kertoo, että esimerkkikappaleemme sisältää niin reikiä, paljaita reunoja sekä väärinpäin kääntyneitä pintoja.



Kuva 60: Ohjelma ilmoittaa mallin ongelmista eri värein

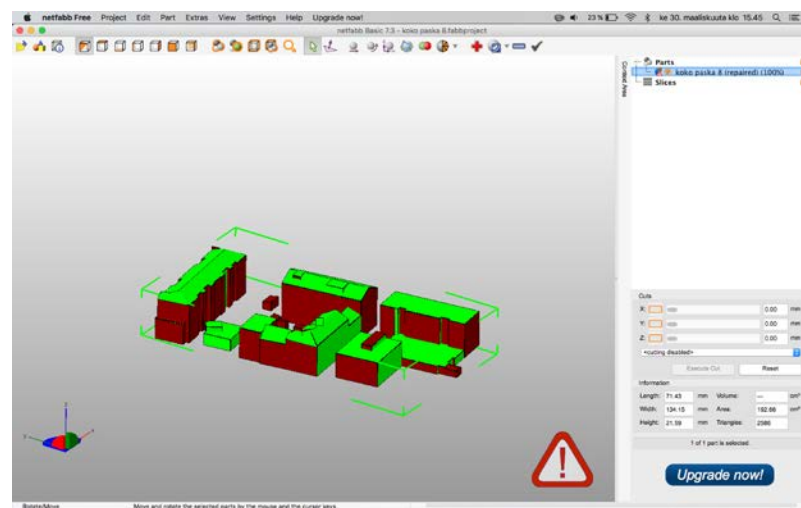
Näitä ongelmia voidaan lähteä korjaamaan yläpalkin repair-työkalulla. Työkalulla voi korjailla kappaleita myös käsin, mutta kätevintä on käyttää ainakin aluksi ohjelman oikeasta alareunasta löytyvää "Automatic Repair"-komentoa, joka siis pyrkii korjaamaan kappaleen sisältämät virheet automaattisesti. Ohjelma tarjoaa kahta erilaista automaattista korjausta. Yksinkertaisin niistä on "simple repair", jonka lisäksi löytyy myös monipuolisempi "default repair". Työkalun välilehdeltä nähdään, mitä toimenpiteitä nämä työkalut tekevät. "Simple repair" ainoastaan sulkee mallista löytyvät reiät ja kääntää väärinpäin olevat pinnat oikein päin, kun taas "default repair" lisäksi poistaa löytämänsä tuplapinnat ja sitoo pinnat kiinni toisiinsa. Testissä käytämme jälkimmäistä. Korjaus kestää yksinkertaisimman kappaleen tapauksessa noin 10 sekuntia. Kun korjaus on suoritettu, se asetetaan lopuksi alkuperäisen tiedoston



Kuva 61: Kappaleelle suoritetaan automaattinen korjaus

päälle painamalla "apply repair". Tällöin alkuperäinen kappale poistetaan ja se korvataan korjatulla versiolla.

Kun korjatulle kappaleella nyt ajetaan uudestaan "standard analysis"-analyysi, saadaan selville, että kappaleen reiät on saatu paikattua



Kuva 62: Korjauksen jälkeen kappaleessa on kääntyneitä pintoja

ja paljaat reunat sidottua kiinni muihin pintoihin, mutta kappale sisältää edelleen väärinpäin olevia pintoja. Tämän jälkeen suoritetaan ”default repair” vielä uudelleen, mutta se ei onnistu vielääkään korjaamaan kääntyneitä pintoja. Tämän jälkeen yritetään vielä korjaustyökalusta löytyvää ”fix flipped triangles”-komentoa, mutta sekään ei pysty korjaamaan tilannetta. Ainoaksi vaihtoehdoksi jääkin kääntää pinnat täysin käsin. Tämä onnistuu klikkailemalla väärinpäin kääntyneet pinnat aktiiviseksi ja painamalla sen jälkeen yläpalkista löytyvää ”flip selected triangles”-komentoa, jolloin valitut pinnat kääntyvät ympäri. Tällä tavoin malli onkin mahdollista saada täysin virheetömäksi. Koska näin pienessäkin mallissa kääntyneitä pintoja on yli tuhat, ymmärrettään kuitenkin varsin pian, että käsityötä kertyy tälläkin tavalla erittäin paljon eikä ohjelma siis loppujen lopuksi tarjoa kovinkaan pitkälle vietyä automatiikkaa monimutkaisempien mallien korjaukseen. Kun ohjelmalla yritetään korjata kahta monimutkaisempaaakin kappaletta, niidenkin kohdalla törmätään samoihin ongelmiin.

Testin yhteydessä yritettiin vielä toisenlaista lähestymistavasta, jossa kappale korjattiin Netfabb Basicilla siihen asti, kunnes jäljellä on enää väärinpäin olevien pintojen ongelma. Tämän jälkeen pyritään korjaamaan loput ongelmat Rhinocerosin avulla, josta löytyy kääntyneiden pintojen korjaamiseen tarkoitettu komento ”unify mesh normals”. Valitettavasti näinkään ei saavuteta haluttua tulosta. Rhinocerosin ”check”-komento löytää tiedostosta ison kasan virheitä: tuplapintoja, manifold-reunoja ja muita ongelmia. Loppujen lopuksi Netfabb Basic ei siis sittenkään suoriudu kappaleesta löytyvistä virheistä kovinkaan hyvin, vaikka sen analyysityökalut valittelivat pelkästään kääntyneistä pinnoista.

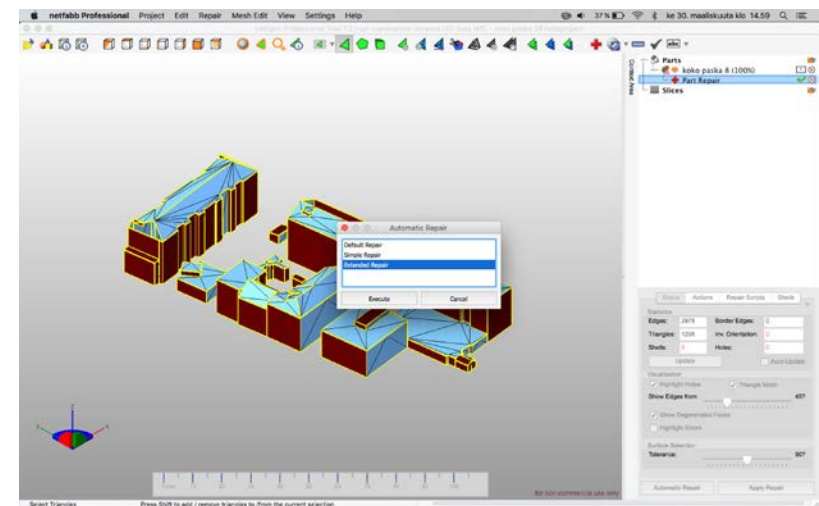
Vaikuttaa siis siltä, että Netfabb Basicilla voidaan tehdä kätevästi kappaleista solideja, mutta monia muita virheitä se ei pysty automaattisesti korjaamaan. Vaikka ohjelma ei siis sellaisenaan ihmeisiin pystykään, näkisin silti, että siitä voisi olla tietynlaisissa projekteissa selkeää

hyötyä. Jo pelkästään lähtöaineiston 3D-mallien kaikki selkeimmät reiät sulkemalla se voisi säästää huomattavasti työaikaa, vaikka käsityötä luultavasti tarvittaisiinkin vielä varsin paljon.

11.2 Netfabb Professional

Toinen testaamani ohjelma oli Netfabb Basicin ammattilaisversio Netfabb Professional. Sen on käyttöliittymältään sama kuin ilmaisversiokin, mutta sisältää huomattavan määrän tiedostojen analysointiin ja korjaamiseen tarkoitettuja työkaluja, joita ei perusversiosta löydy. Ohjelmistosta löytyy useita eri versioita, jotka eroavat hinnoittelultaan. Yksityiskäyttöön tarkoitettu Professional-versio maksaa alveineen 239 €, kun taas yrityksille suunnattu yhden koneen Enterprise-lisenssi maksaa 1800 € + alv ja useammalle koneelle tarkoitettu yritysversio 2200 € + alv. (Netfabb, 2016b.)

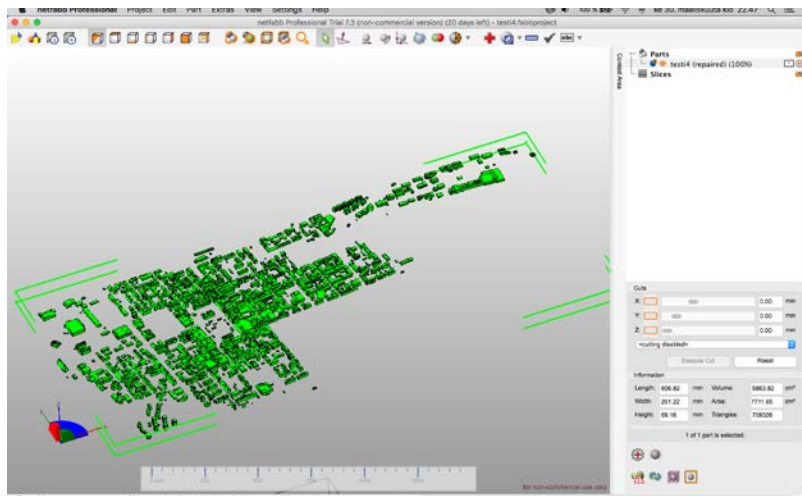
Kappaleen korjaaminen suoritetaan samaan tapaan kuin ilmaisella Basicillakin: aluksi ajetaan ”standard analysis” ja katsotaan, mitä vikoja



Kuva 63: Pro-versiosta löytyy kattavampi ”extended repair”-työkalu

kappaleesta löytyy. Tämän jälkeen siirrytään korjaamaan ongelmia ”repair”-työkalulla. Korjaustyökaluista löytyy kuitenkin Basic-versioon verrattuna yksi merkittävä ero: ”simple repair” ja ”default repair”-työkalujen lisäksi listalta löytyy myös ”extended repair”. Sesisältää kaikki muut toiminnot kuin muutkin työkalut, mutta lisäksi siitä löytyy vielä ”wrap part surface”-toiminto. Käytännössä tämä työkalu rakentaa kappaleiden ulkokuoren täysin uusiksi ja liittää pinnat uudelleen toisiinsa, poistaen samalla kappaleen sisältä kaikki turhat rakenteet. Toiminto kestää hieman pidempään kuin yksinkertaisemmat työkalut, mutta se osoittaa voimansa alusta alkaen. ”Extended repair” korjaa yksinkertaisimman testikappaleen täysin virheettömäksi ensimmäisellä yrityksellä. ”standard analysis” ei löydä kappaleesta mitään huomautettavaa, ja exportattaessa kappale STL-tiedostoksi, Rhinocerosen analyysityökalutkaan eivät löydä siitä huomautettavaa.

Korjaustyökalu on yhtä tehokas myös monimutkaisemmilla testikappaleilla. Ohjelma korjaa 44:n rakennuksen kappaleen noin minuutissa ja 609:n kappaleen palikan viidessä minuutissa, tehden täydellistä jälkeä. Toki pientä siistimistä kaivattaisiin edelleen sinne tänne, mutta verrat-



Kuva 64: Ohjelma korjaa ongelmitta monimutkaisimmankin kappaleen

tuna mallin korjaamiseen kokonaan käsin on ero huimaava. Ohjelman tehokkuus tuli ainakin itselleni täysin yllätyksenä. Jos yhteistyöyrityksen päätty tulevaisuudessa tekemään projekteja, joissa hyödynnettään monimutkaista lähtöaineistoa, olisi ohjelma ehdottoman hyödyllinen ostos. Vaikka se kustantaakin pitkälle toista tuhatta euroa, maksaisi se itsensä takaisin varmasti jo muutaman projektin myötä.

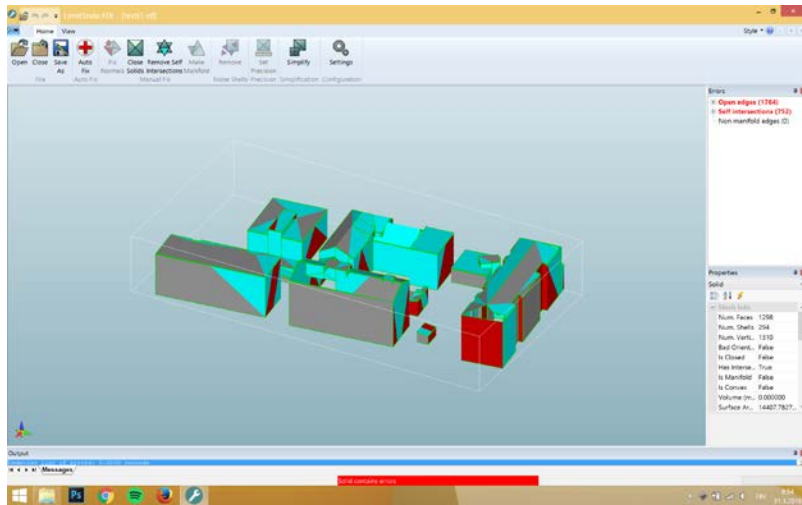
11.3 LimitState:FIX

Kolmas testaamani ohjelma oli brittiläinen LimiState:FIX. Se on pitkälle automatisoitu, STL-tiedostojen korjaamiseen ja optimointiin tarkoitettu ohjelma, joka on tarkoitettu erityisesti tiedostojen valmisteluun 3D-tulostusta varten. Ohjelma on tarjolla vain Windowsille ja sitä myydään kahtena eri versiona: yksityisille ja alle kymmenen hengen yrityksille tarkoitettu Maker noin hintaan 500 € + alv, ja suuremmille yrityksille tarkoitettu Enterprise hintaan 3800 € + alv. Molemmat versiot ovat sisällöltään täysin samoja. (LimitState:FIX, 2016.)



Kuva 65: LimitState:FIX-logo

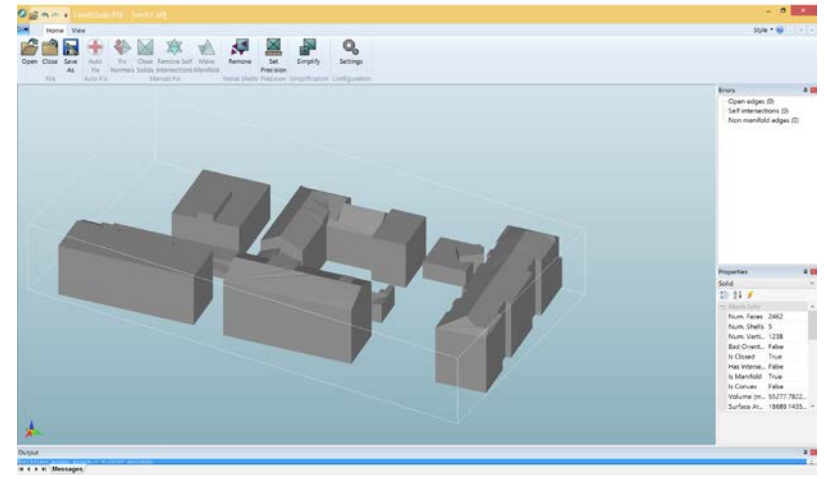
Kun testikappale tuodaan ohjelmaan, alareunan palkin punainen väri kertoo kappaleesta löytyvistä virheistä. Itse kappaleessa näkyvät eri väriset pinnat kuvaavat eri virheitä. Vihreällä korostetu reunat kuvaavat sitä, että pinnat eivät ole kiinni toisissaan. Keltaiset reunat taas tarkoittavat reunoja, joihin yhdistyy useampi kuin yksi muu reuna (eli niin sanottu ”non manifold edge”). Turkoosit pinnat kertovat pintojen päällekkäisyyksistä. Punainen taas tarkoittaa sitä, että pinta on kääntynyt väärinpäin. Violetit kappaleet taas ovat ns. ”noise shellejä” eli ohjelman mukaan olemattoman pieniä kappaleita. Oikeassa reunassa



Kuva 66: Ohjelma ilmoittaa virheistä värein sekä oikean reunan ilmoituslaatikon kautta

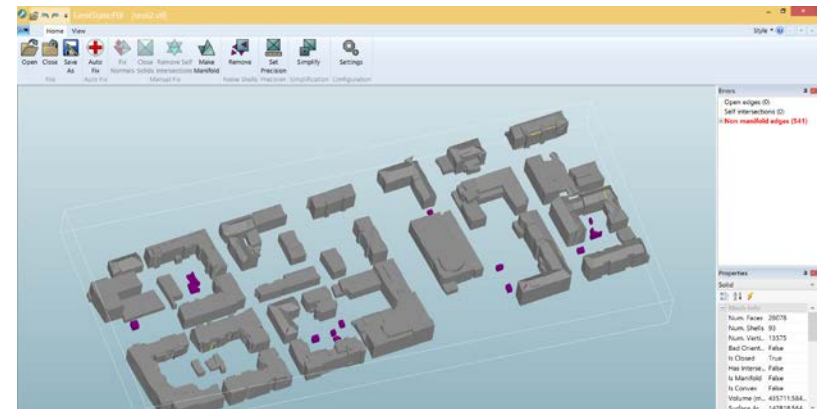
olevassa palkissa nämä virheet on vielä lueteltu ja yksittäiset ongelmakohdat voi halutessaan korostaa klikkaamalla niitä palkissa olevasta luettelosta.

Itse kappaleen automaattinen korjaaminen on varsin yksinkertaista. Käyttäjän tarvitsee ainoastaan klikata yläpalkista löytyvää "auto fix"-nappia, ja ohjelma hoitaa kaiken automaattisesti. Esimerkkikappaleen ensimmäinen korjausyritys poistaa kappaleesta kaikki reiät ja päällekkäisyydet, mutta sen sijaan kappaleeseen ilmestyy useita "non manifold"-reunoja. Lisäksi kappaleen pienimmät osat maalaantuvat violeteiksi eli ohjelma tulkitsee ne merkityksettömän pieniksi kappaleiksi. Jos "auto fix" ajetaan uudelleen, kaikki ongelmat korjaantuvat, mutta samalla nuo violetit kappaleet katoavat kokonaan. Ohjelma siis poistaa mitättömän pieniksi tulkitsemiaan palasia, mutta samalla se tulee siivonneeksi pois myös muutaman isomman rakennuksen. "Noise shell" rajaa voi onneksi itse säätää asetuksista, jolloin ohjelma ei poista tiedostosta mitään oikeasti tärkeää. Ensimmäisen esimerkkikappaleen korjaus onnistui siis lopulta moitteetta.



Kuva 67: Ensimmäinen kappale saadaan kokonaan korjattua

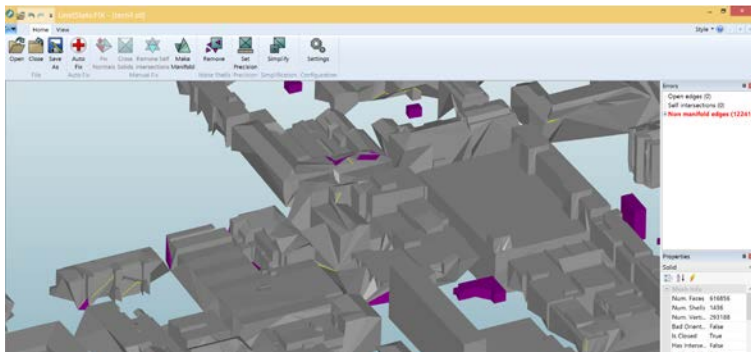
Yritettäessä korjata monimutkaisempia testikappaleita kaikki sujuu muuten kuin edelläkin, mutta "Noise Shell" alkaa aiheuttaa odottamattomia ongelmia. Mikäli "noise shell" rajaa säädetään miksiäkään muuksi kuin nolllaksi (eli ohjelma ei poista mitään pieniä kappaleita), "auto fix"-komento ei onnistu poistamaan tiedostosta kaikkia virheitä. Jos tuota rajaa taas nostetaan suuremmaksi, ohjelma poistaa saman tien



Kuva 68: Violetilla merkatut pienet kappaleet aiheuttivat ongelmia

myös muutamia kokonaisia rakennuksia. Sitä ei siis pysty säätämään sopivalle tasolle. Mikäli hyväksytään se, että ohjelma siis poistaa muutamia pieniä rakennuksia, se onnistuu kyllä paikkaamaan tiedoston moitteettomaan kuntoon. Tosin, kun korjattua kappaletta tarkastellaan, näyttää sen pinta huomattavasti röpelöisemmältä kuin miltä Netfabbin tekemä jälki oli.

Kolmannen eli monimutkaisimman esimerkkikappaleen kohdalla ohjelman rajoitukset alkavat tulla jo selvästi esille. Ohjelma kyllä korjaa kap-



Kuva 69: Monimutkaisempien kappaleiden korjaus osoittautui ohjelmalla mahdottomaksi

paleesta kaikki virheet noin kuuden minuutin kuluessa, mutta kuten kuvat osoittavat, on sen jälki monin paikoin jo hyvin epämääräistä. Muodoltaan simppeleimmät rakennukset se kyllä onnistuu korjaamaan moitteettoman näköisiksi, mutta monimutkaisimmista se tekee joka suuntaan irvistäviä ja epämääräisiä.

Ohjelmalla voidaan siis korjata suhteellisen yksinkertaisia kappaleita vaivattomasti, mutta monimutkaisemmat tiedostot ovat sille ongelmallisia. Ohjelma kyllä pakottaa kaikki kappaleet virheettömiksi, mutta usein samalla vääristelee ja vääntelelee niitä omituisiin muotoihin. Ottaen huomioon ohjelman useamman sadan euron hinnan, ei sen hankkimista ainakaan yhteistyöyritykseni käyttöön voi oikein perustella. Sellaisella summalla olettaisi saavansa hieman enemmän laatua.

11.4 Yhteenveto ohjelmistoista

Kaikki testatuista ohjelmista osoittautuivat ainakin jossain määrin toimiviksi. Jopa ilmainen Netfabb Basic on varsin tehokas työkalu ja varmasti hyödyllinen varsinkin pienempien ja yksinkertaisempien 3D-mallien käsittelyyn. Yksinkertaisempien ongelmien, kuten pienten reikien paikkailuun se soveltuu erittäin hyvin. Laajojen ja paljon virheitä sisältävien mallien kanssa sen rajat tulevat kuitenkin vastaan. Ohjelman ilmaisuuden takia sen työkalupakkia onkin tahallisesti köyhdytetty. Mikäli on valmis panostamaan parin tonnin verran, ohjelman ammattilaisversio Netfabb Professional tarjoaa käyttäjälleen työkalut, joilla suurien, monimutkaisten ja paljon virheitä sisältävien tiedostojen korjaaminen onnistuu muutamalla klikkauksella. Myöskin maksullinen LimitState:-FIX onnistui kyllä korjaamaan varsinkin yksinkertaisempia tiedostoja, mutta monimutkaisempien mallien kohdalla se suoriutui huomattavasti Netfabb Professionalia heikommin. Testikolmikosta ehdottomasti tehokkain työkalu on Netfabb Professional, ja sen hankkimista yhteistyöyritykseni käyttöön pitäisi vakavasti harkita. Se lyhentäisi radikaalisti mallien käsittelyyn menevää aikaa Tämä toisaalta nopeuttaisi mallien valmistusta ja tarjoaisi myös lisää aikaa niiden ehostamiseen entistäkin näyttävämmiksi. Kun itse perusmalli saadaan tulostuskuntoon parhaimmillaan pienessä hetkessä, jää mallin muiden osien, kuten vaikkapa tiestön, kasvuston ja muiden yksityiskohtien lisäämiseen ja muokkaukseen enemmän aikaa.

12 Arkkitehtuuripienoismallikonseptin peruspiirteet

Olen nyt käynyt opinnäytetyön puitteissa läpi arkkitehtuuripienoismallialaa useilta eri kanteilta. Selvitin, minkä vuoksi malleja rakennetaan ja millaisia vaatimuksia niihin liittyy. Perehdyin myös perinteisen mallinrakentajan työhön ja heidän näkemyksiinsä alasta. Tämän jälkeen syvennyin monipuolisesti siihen, miten tietokoneavusteiset tekniikat soveltuvat mallinrakennukseen. Läpi käytiin niin 3D-tulostusta, laserleikkausta kuin CNC-jyrsintääkin sekä erilaisten ohjelmistojen tarjoamia mahdollisuuksia. Kasassa onkin nyt riittävä aineisto, jotta voidaan määrittellä, millainen arkkitehtuuripienoismallipalvelu Muotoilutoimisto Rissanen / Pekkaselle voitaisiin muodostaa.

Konseptin kantavana ideana on tuottaa korkealaatuisia ja näyttäviä arkkitehtuuripienoismalleja arkkitehtien suunnittelun apuvälineiksi sekä valmiiden rakennussuunnitelmien, valmiiden rakennusten tai historiallisten kohteiden esittelytarkoituksiin. Pienoismalleja tuotetaan monipuolisesti yksittäisiä rakennuksia kuvaavista malleista jopa kokonaisten kaupunkien rakennuskannan käsittäviin kaupunkimalleihin saakka. Kaikki mallit niin massamalleista esittelymalleihin, interiööri- ja leikkausmalleihin kuin detaljimalleihin onnistuvat.

Konsepti nojaa raskaasti kolmiulotteisen datan sekä tietokoneavusteisten työkalujen hyödyntämiseen. Käytännössä tämä tarkoittaa laajaa 3D-mallien hyödyntämistä sekä 3D-tulostinten, laserleikkurin sekä CNC-jyrsimen käyttöä. Myös perinteistä käsityötä käytetään tarvittaessa, mutta se on pienemmässä roolissa.

Tämän lisäksi pienoismallien ohkeen voidaan tuottaa myös tietokoneella tehtyjä visualisointikuvia, jotka yhdessä muodostavat pienoismallien kanssa informatiivisen, toisiaan tukevan kokonaisuuden. Pienoismalli antaa katselijalle loistavan yleiskuvan kohteesta ja sen ympäristöstä helpottaen kokonaisuuden ja mittasuhteiden hahmotusta. Visualisoinnit taas tarjoavat kohteelle valokuvatarkkuutta lähentelevän, pienimmätkin yksityiskohdat paljastavan ulottuvuuden, joka täydentää katselijan

elämyksen kokonaiseksi ja antaa hänelle kattavan ja syvällisen kuvan kokonaisuudesta. Ideaalilanteessa pienoismallista sekä visualisoinneista rakennetaan yksi yhtenäinen esitys, jossa malli sijaitsee keskellä ja sitä ympäröivät joko tulostetut tai näyttöjen avulla toteutetut visualisointikuvat.

Arkkitehtuuripienoismallien rakentaminen on Suomessa varsin kilpailtu ala eikä työtarjouksia tahdo riittää kaikille tekijöille. Sen vuoksi konsepti sisältää useita tekijöitä, joiden avulla kilpailijoista pyritään erottumaan. Näitä ovat

- Mallien ylivoimainen yksityiskohtaisuus ja monimutkaisuus, joka on mahdollista saavuttaa vain tietokoneavusteisilla tekniikoilla.
- Palvelun nopeus: pystymme tuottamaan mallin ajassa, mikä ei käsin tekemällä olisi mitenkään mahdollinen.
- Palvelun kustannustehokkuus: menetelmämme säästävät niin paljon aikaa suhteessa käsityöhön, että hinnoittelumme on kilpailukykyistä.
- Palvelu yhdistää kokonaisuuteen mukaan myös tietokonevisualisoinnit, mitä perinteiset mallinrakentajat eivät tee.

12.1 Mallien rakenne, tekniikat ja työkalut

Kaikilla malleilla pitää olla jonkinlainen alusta. Se lisää huomattavasti arvokkuuden tuntua ja helpottaa mallin käsittelyä (itse mahdollisesti hauraaseen malliin ei tarvitse kajota käsin). Alusta voidaan tehdä paksusta vanerista, massiivipuusta tai paksusta akryyllilevystä. Alustaan voidaan tarvittaessa kaivertaa laserilla mallin ympäristöä, esimerkiksi

karttaa, sekä myös muita tietoja, kuten mittakaava, tekijä ja muuta vastaavaa tietoa. Itse mallista voidaan tehdä tilanteen mukaan hieman epämääräisen muotoinen esimerkiksi siten, että sen reunat seurailevat korkeuskäriä. Alusta taas on suorakulmainen. Näin kokonaisuudelle saadaan aikaiseksi hieman veistosmainen vaikutelma.

Jos mallin maasto ei ole kovin laaja, se voidaan toteuttaa 3D-tulostamalla vaikkapa lasersintraustekniikalla. Laajemmat, tilavuudeltaan suuret maastot tehdään pääsääntöisesti laserleikkaamalla ohuesta vanerista tai pahvista. Mikäli yritys saa käyttöönsä CNC-jyrsimen, maastoja voidaan toteuttaa myös sillä. Mikäli maastossa on suurempia korkeuseroja, ne esitetään korkeuskäyrien avulla. Jos maasto tulostetaan, korkeuskäyrät tehdään mallintamalla korkeuskäyrät askelmina malliin. Laserilla tehtäessä taas pinotaan sopivan paksuisia suikaleita päällekkäin. Maastoon leikataan myös valmiit reiät, joihin rakennukset voidaan upottaa. Mikäli maasto tehdään laserleikkaamalla, samalla voidaan merkata pintaan myös esimerkiksi tiet, polut, ruohikot tai muut halutut tekstuurit.

Suurimittakaavaisissa malleissa mallin tärkeimmät rakennukset tulostetaan lasersintraamalla mahdollisimman yksityiskohtaisina. Myös tulostamista väreissä (color jet-tekniikalla) harkitaan, jos värien käyttö on alkuperäisessä suunnitelmassa tärkeässä osassa ja jos halutaan, että tietty rakennus erityisesti nousee esille mallista. Kokonaisuuden kannalta vähemmän tärkeät rakennukset voidaan tehdä yksinkertaisina blokkeina, jotka kuvaavat vain kohteen massoittelua. Ne voidaan tilanteesta ja budjetista riippuen joko tulostaa tai tehdä esimerkiksi pahvista laserleikkaamalla.

Pienimittakaavaisissa malleissa pääsääntöisesti tulostetaan kaikki rakennukset, varsinkin jos niitä on paljon. Näin maksimoidaan rakennusten yksityiskohtaisuus. Tulostustekniikka valitaan rakennusten geometrian mukaan, mutta pääsääntöinen tekniikka on lasersintraus. Mikäli

rakennukset tulostetaan maastosta erillisinä paloina, ne kiinnitetään maastoon liiman avulla.

Kasvuston, kuten puiden ja pensaiden toteutus riippuu pitkälti pienoismallin mittakaavasta. Luokkaa 1:100 ja sitä suurempien pienoismallien tapauksessa puut on mahdollista tehdä 3D-tulostamalla, sillä tällöin niistä tulee vielä tarpeeksi vahvoja, jotta ne kestäisivät tulostuksen. Mittakaavaltaan pienempien mallien tapauksessa kasvusto toteutetaan käsityönä, mikäli sen olemassaolo on mallin kannalta olennaista. Tällöin käytetään samoja tekniikoita ja materiaaleja kuin mitä perinteiset mallinrakentajatkin käyttävät, eli esimerkiksi rautalankaa, jäkälää ja naavaa.

Pääsääntöisesti pienoismallien pintoja ei käsitellä esimerkiksi maalamalla tai muillakaan tavoilla, vaan mallien ilme pyritään pitämään pelkistettynä. Mikäli värit ovat tärkeässä osassa arkkitehtonista konseptia tai mallin tehtävänä on erityisesti tutkia vaikkapa värien yhteensopivuutta, voidaan niiden käyttöä harkita. Tällöin tilanteesta riippuen joko tulostutetaan osia mallista color jet-tekniikalla tai sitten haluttuja pintoja maalataan kynäruiskun avulla. Mikäli tehdään äärimmäistä realismia vaativaa diodraamaa vaikkapa museolle, saatetaan joutua turvautumaan jopa ammattimaalariin, jotta riittävä laatu saavutetaan. Värien käyttö pyritään kuitenkin pitämään suhteellisen hillittynä.

3D-datan ensisijaisena käsittely- ja mallinnustyökaluna toimii Rhinoceros. Sen avulla käsitellään mahdollisesti projektien lähtöaineistona saatavat 3D-mallit, poistetaan niistä turhat elementit ja muutetaan tiedostot yleiseen stl-muotoon. Sen avulla luodaan myös maastot ja tehdään muukin perusmallinnus. Toisena mallinnustyökaluna toimii Cinema 4D, jonka avulla mallinnetaan vaativat, orgaanisia muotoja sisältävät rakennukset tai muut vastaavat kohteet. Sillä myös määritetään mallin uv-kartta, mikäli pienoismalli halutaan tulostaa värillisenä. Cinema 4D:n avulla myös renderöidään pienoismalleja tukevat visualisointikuvat. Pienoismallien varsinainen teksturointi taas tehdään

Adobe Photoshopissa. Yrityksen käyttöön hankitaan myös Netfabb Professional, jonka avulla lähtöaineistona saatavat 3D-mallit käsitellään ja korjataan siten, että ne soveltuvat tulostukseen. Mikäli mallia rakennettaessa halutusta alueesta ei ole käytössä valmista maastodataa, voidaan hyödyntää Googlen SketchUp-ohjelmaa, jonka avulla voidaan Google Earthia kautta kaapata halutun alueen maaston 3D-malli. Jos taas halutaan saada käyttöön tietyn alueen tiekartta tai rakennusten pohjakuvat, käytetään openstreetmap.org-sivustoa. Sieltä data saadaan tuotua suoraan vektorimuodossa, mitä on kätevä hyödyntää esimerkiksi laserkaiverruksia tehdessä.

12.2 Asiakkaat

Asiakkaita pyritään hankkimaan esimerkiksi arkkitehtien ja arkkitehti-toimistojen, kaupunkien suunnitteluvirastojen, museoiden, talotehtaiden sekä rakennusvirastojen joukosta. Tiedotusvälineitä sekä kaupunkien ja kuntien tiedotuskanavia seurataan tarkasti tulevien kaavoitus- ja rakennushankkeiden varalta. Yrityksen nettisivuille kerätään näyttävä visuaalinen aineisto, joka sisältää kuvia tehdyistä malleista ja visualisoinneista. On tärkeää saada levitettyä tietoa toiminnastamme ympäristöömme, sillä 3D-tekniikoiden tarjoamat mahdollisuudet eivät vielä ole levinneet kaikkien toimijoiden tietoisuuteen. Ennen kuin saadaan sovittua pysyviä yhteistyösuhteita palvelujamme hyödyntävien yritysten ja yhteisöjen kanssa, oma aktiivisuus ja yhteydenotot potentiaalsiin asiakkaisiin ovat ensiarvoisen tärkeitä.

12.3 Kasvu Open Kasvusuunnitelma

Kun konseptin peruspiirteet on saatu määriteltyä, voidaan palata siihen mistä koko projekti lähti liikkeelle: Kasvu Open – kasvuyrityskilpailuun. Kilpailuun hakeminen edellytti yrityksen kasvusuunnitelman laatimis-

ta, joka sisälsi useita yrityksen toimintaa ja kasvuaikkeitä koskevia kysymyksiä. Kasvusuunnitelma laadittiin minun ja yhteistyöyritykseni edustajien kanssa yhteistyössä hyödyntäen pitkälti tämän opinnäytetyön aikana kerättyä tietoa. Kasvusuunnitelman pituus oli rajattu 5000 merkkiin. Suunnitelma esitettynä opinnäytetyön liitteenä.

12.4 Jatkokehitys

Vaikka konseptin pääpiirteet saatiinkin määritettyä tämän opinnäytetyön puitteissa, on työtä vielä paljon jäljellä. Teknisistä seikoista esimerkiksi 3D-tulostettujen mallien pintakäsittely vaikkapa kynäruiskun avulla maalaamalla on asia, johon pitäisi vielä perehtyä. Myös harvinaisempien tulostustekniikoiden, kuten vaikkapa SLA:n tarjoavat mahdollisuudet kiinnostavat itseäni. Myös muut mallien tekniset puolet, kuten led-valaistuksen lisääminen malleihin on selvittelyn arvoinen asia.

Opinnäytetyössä nostin esille myös ajatuksen arkkitehtimallien ja 3D-visualisointikuvien yhteiskäytöstä. Vaikka pidänkin ajatusta lähtökohtaisesti kannatettavana, monia asioita jäi silti toistaiseksi edelleen avoimeksi. Miten pienoismallien ja visualisointien yhteistyö parhaiten toteutettaisiin? Mitkä asiat esitettäisiin pienoismallilla ja mitkä visualisoinnilla? Miten näitä kahta esitystapaa esitellään luontevimmin yhdessä? Näihin kysymyksiin on syytä tulevaisuudessa perehtyä.

Myös konseptin taloudellista puolta eli esimerkiksi kannattavuuden ehtoja, hinnoittelua sekä myyntikanavia pitää tulevaisuudessa vielä tarkemmin selvittää. Vaikka näitä asioita ei opinnäytetyössä kokonaan sivuutetukaan, kaipaisivat ne silti vielä lisää pohdiskelua ja laskemista. Uskon kuitenkin, että mikäli ovet Kasvu Openiin aukeavat, saamme kerättyä lisää tietoa tästä puolesta tapahtumasta saatavan asiantuntija-avun myötä.

13 Esimerkkimallin rakentaminen (salattu)

Kun rakentaminen onnistuu, niin kaikki onnistuu. Tämä on yksi tärkeimmistä asioista, jotka on otettava huomioon rakentamisen aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki osapuolet ovat sitoutuneet yhteiseen tavoitteeseen ja toimivat sen saavuttamiseksi. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat muutokset ja sopeutukset, jos ne ovat tarpeen. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat investoinnit ja sitoumukset. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat riskienhallintasuunnitelmat ja sopeutukset. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat viikolliset kokoukset ja raportit. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat muutokset ja sopeutukset, jos ne ovat tarpeen.

Tämä on yksi tärkeimmistä asioista, jotka on otettava huomioon rakentamisen aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki osapuolet ovat sitoutuneet yhteiseen tavoitteeseen ja toimivat sen saavuttamiseksi. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat muutokset ja sopeutukset, jos ne ovat tarpeen. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat investoinnit ja sitoumukset. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat riskienhallintasuunnitelmat ja sopeutukset. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat viikolliset kokoukset ja raportit. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat muutokset ja sopeutukset, jos ne ovat tarpeen.

Tämä on yksi tärkeimmistä asioista, jotka on otettava huomioon rakentamisen aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki osapuolet ovat sitoutuneet yhteiseen tavoitteeseen ja toimivat sen saavuttamiseksi. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat muutokset ja sopeutukset, jos ne ovat tarpeen. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat investoinnit ja sitoumukset. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat riskienhallintasuunnitelmat ja sopeutukset. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat viikolliset kokoukset ja raportit. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat muutokset ja sopeutukset, jos ne ovat tarpeen.



Tämä on yksi tärkeimmistä asioista, jotka on otettava huomioon rakentamisen aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki osapuolet ovat sitoutuneet yhteiseen tavoitteeseen ja toimivat sen saavuttamiseksi. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat muutokset ja sopeutukset, jos ne ovat tarpeen. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat investoinnit ja sitoumukset. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat riskienhallintasuunnitelmat ja sopeutukset. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat viikolliset kokoukset ja raportit. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kaikki osapuolet ovat valmiita tekemään tarvittavat muutokset ja sopeutukset, jos ne ovat tarpeen.

Il secondo tipo di errore è quello di non aver considerato tutti gli aspetti del problema. Questo errore si verifica quando si tenta di risolvere un problema senza aver preso in considerazione tutti gli aspetti del problema. Questo errore si verifica quando si tenta di risolvere un problema senza aver preso in considerazione tutti gli aspetti del problema.

Un altro errore comune è quello di non aver considerato tutti gli aspetti del problema. Questo errore si verifica quando si tenta di risolvere un problema senza aver preso in considerazione tutti gli aspetti del problema.



Questo diagramma illustra il concetto di...

Questo diagramma illustra il concetto di...



Questo diagramma illustra il concetto di...

Handwritten text, likely a title or introductory sentence, in a cursive script.



Handwritten text, possibly a paragraph or a list of items, in a cursive script.



Handwritten text, likely a title or introductory sentence, in a cursive script.

For many of us, it's a matter of being seen, of being heard, of being recognized. It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us. It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us. It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us.



It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us. It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us. It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us.

It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us. It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us. It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us.



It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us. It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us. It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us.

It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us. It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us. It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us.

It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us. It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us. It's a matter of being seen and heard in a way that is meaningful to us.

The document will also include any request of the
author to the user to be notified. There are two
ways to do this: one is to use the "Notify" button
located at the bottom of the page. Another way is
to use the "Notify" button located at the bottom
of the page. The user will receive an email
notification when the document is updated. The
user will also receive an email notification when
the document is updated. The user will also
receive an email notification when the document
is updated. The user will also receive an email
notification when the document is updated.











14 Pohdinta

Asetin opinnäytetyön johdannossa työlleni muutamia tavoitteita. Pyrin kokonaisvaltaisesti syventämään tietämystäni arkkitehtuuripienoismaailmasta. Tarkoitukseni oli päästä perille siitä, miksi ja miten malleja on perinteisesti rakennettu, jonka jälkeen syvennyin moderneihin tekniikoihin. Tämä tiedonhakuprosessi palveli toisaalta omaa henkilökohtaista kiinnostustani aiheeseen, mutta ennen kaikkea se oli pohjatyötä Muotoilutoimisto Rissanen / Pekkaselle kehitettävää arkkitehtuuripienoismaailmapalvelua varten.

Tiedonhakuprosessi yllätti minut laajuudellaan. Vasta aiheeseen tarkemmin syvennyttäessä aloin ymmärtää, kuinka suuresta ja monisyisestä kokonaisuudesta arkkitehtimalleissa oikeastaan on kyse. Vaikka perehdyin tiedonhaun aikana kymmeneen alan kirjoihin, videoihin, asiantuntijahaastatteluihin ja kävin myös vierailulla Suomen arkkitehtuurimuseossa, tuntuu että sain silti vain raapaistua pintaa. Jo yksistään mallinrakentamiseen liittyviä teknisiä seikkoja löytyy lukematon määrä, puhumattakaan erilaisista filosofioista ja näkemyksistä liittyen siihen, mitä mallin oikeastaan pitäisi kuvastaa ja miten asiat kuuluu esittää. Tämä kertookin mielestäni alan pitkistä historiasta. Vaikka tiedonhakuprosessini tuntuikin ajoittain herättävän vain enemmän kysymyksiä kuin antavan vastauksia, uskon kuitenkin saavuttaneeni tietynlaisen perustietämyksen alan normeista.

Myös kattavan moderneja työkaluja koskenut tiedonhaun suorittaminen osoittautui lopulta varsin vaativaksi tehtäväksi. Niin 3D-tulostus, laserleikkaus, CNC-jyrsintä kuin muutkin vastaavat tekniikat ovat niin laaja alue, että kovin syvällinen perehtyminen kaikkeen ei yksinkertaisesti ollut mahdollista. Vaihtoehtona olisi ollut kohdentaa tiedonhakuprosessi kapeammalle alueelle, mutta palvelukonseptin kehittämisen alkuvaiheissa en nähnyt sitä järkeväksi. Pyrinkin pikemminkin saamaan jonkinlaisen yleiskäsityksen siitä, millaista etua tietokoneavusteiset tekniikat voivat parhaimmillaan tarjota ja mihin asioihin ne eivät sovellu. Tässä koenkin onnistuneeni hyvin.

Opinnäytetyön kehitystä ohjasi myös vahvasti KasvuOpen-tapahtuma, johon pienoismallipalvelulla haettiin mukaan. Tavoitteena oli saada vastauksia kysymyksiin, joita kilpailun hakulomakkeessa kysyttiin. Kyseinen hakulomake kysymyksineen ja vastauksineen on tämän opinnäytetyön liitteenä. Koska kaikki kysymykset saivat vastauksensa ja tulimme lopulta myös valittua itse KasvuOpen-kilpailuun, voidaan tämän tavoitteen sanoa jo täyttyneen. Näen kilpailuun pääsyn myös lupaavana alkuna yritystoiminnan kehitykselle ja toivon, että kilpailu tarjoaa paljon lisää sparrausta ja uutta tietoa, jolla pienoismallipalvelua voitaisiin kehittää entistäkin toimivammaksi kokonaisuudeksi.

Pelkäsinkin pitkään työn jäävän liian teoriapainotteiseksi. Olenhan muotoilija, joka kuitenkin pohjimmiltaan haluaa olla luova ja tehdä asioita itse käsillään. Onnekseni aikatauluni venyi lopulta myös yhden konkreettisen pienoismallin rakentamiseen. Aikataulu oli kiireinen ja ajoittain jopa aavistuksen paniikinomainen, mutta kaikesta huolimatta nautin mallin rakentamisesta suuresti. Valmis tuotos kuvastaa myös kohtalaisen hyvin sellaista pienoismallia, jonka olin kehittämäni konseptin pohjalta kuvitellutkin syntyvän. Toki kyseessä on vain yksittäinen ja tietyn tyylinen malli, joten en sen perusteella voi julistaa konseptiani täydelliseksi menestykseksi. Siihen vaadittaisiin useiden, eri tyyppisten mallien rakentamista. Pienoismallin rakentaminen antoi myös paljon ajatuksia siihen, miten konseptia voisi entisestään kehittää. Opinnäytetyön puitteissa syntynyt konsepti onkin mielestäni vain lähinnä jonkinlainen alkupiste, josta sitä lähdetään hiomaan ja kehittämään eteenpäin. Tarvitaan luultavasti vuosien käytännön työtä, ennen kuin taitojemme ja työkalujemme täysi potentiaali saadaan vapautettua.

Prosessi herätti itsessäni myös entistä suuremman arvostuksen perinteisiä pienoismalleja rakentavia ammattilaisia kohtaan. Heidän töistään huokuva valtaisa tietämys materiaaleista, mitä mielikuvituksellisimmista tekniikoista, taiteellisesta näkemyksestä ja ennen kaikkea palavasta intohimosta alaa kohtaan on parhaimmillaan kerrassaan mykistävää.

Vaikka arkkitehtimallit ovatkin pohjimmiltaan esikuviaan esitteleviä työkaluja, tekisi minun silloin tällöin nimittää niitä jopa taideteoksiksi. Ne ovat esineitä, joita on yksinkertaisesti mukava katsella. Vaikka opinnäytetyöni pohjalta syntyneen pienoismallikonseptin hyödyntämät työkalut ovat enimmäkseen moderneja, toivoisin silti, että tälläkin tavalla rakennetuilla malleilla voitaisiin saavuttaa jotain samanlaista kuin parhaimmillaan perinteisinkin menetelmin. Malleissa täytyy löytyä "se jokin", joka vangitsee katsojansa tutkimaan pienoismallia tarkemmin. Uskon, että tämän asian löytäminen on ennen kaikkea kiinni tekijänsä mielikuvituksesta ja vahvasta näkemyksestä, joka kehittyy luultavasti vasta vuosien alalla työskentelyn tuloksena ■



Kuva 87: Tunnelmakuva 2

Lähteet

- ASIAKASTIETO.FI. 2016. Muotoilutoimisto Rissanen / Pekkanen. [Viitattu 11.4.2016] Saatavilla: <https://www.asiakastieto.fi/yriykset/muotoilutoimisto-rissanen-pekkänen-avoin-yhtio/26258624/taloustiedot>
- BIGREP. 2016. Large Scale 3D Printing. [Viitattu 14.3.2016] Saatavilla: <http://bigrep.com>
- ELORANTA, S. 2013. Tilan ymmärtäminen pienoismallien ja 3D-visualisointikuvien avulla. Karelia ammattikorkeakoulu. Teollinen muotoilu. Opinnäytetyö. [Viitattu 14.3.2016] Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013100815943>
- FIRPA. 2016. AM konematriisi 8.3.2016. [Viitattu 14.3.2016] Saatavilla: http://www.firpa.fi/AM_konematriisi_viimeisin.pdf
- HASEGAVA, S. 2001. The Tokyo workshop. Teoksessa Jetsonen, J. (toim.). Little Big Houses - Working with Architectural Models. Tampere: Tammer-Paino Oy, 146-161
- HARWARD WIKI. 2015. Site Modeling Methods - Common site modeling methods and their associated costs. 25.8.2015. [Viitattu 25.3.2016] Saatavilla: <https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods>
- JETSONEN, J. 2001. Scale and the synthesis of materials. Teoksessa Jetsonen, J. (toim.). Little Big Houses - Working with Architectural Models. Tampere: Tammer-Paino Oy, 9-68
- KASVU OPEN. 2016. Kasvu Open. [Viitattu 8.4.2016] Saatavilla: <https://www.kasvuopen.fi>
- LAHTI, M. 2001. The Magical world of models. Teoksessa Jetsonen, J. (toim.). Little Big Houses - Working with Architectural Models. Tampere: Tammer-Paino Oy, 162-171
- LAMPINEN, O. 1995. Pienoismallit ja mallinnus. Kausala: Kausalan kirjapaino Oy
- LIMITSTATE:FIX. 2016. LimitState:FIX - Fixes the 3D models other tools can't! [Viitattu 31.3.2016] Saatavilla: <http://print.limit-state.com>
- LEIVISKÄ, J. 2001. On the necessity of scale models. Teoksessa Jetsonen, J. (toim.). Little Big Houses - Working with Architectural Models. Tampere: Tammer-Paino Oy, 100-123
- MOON, K. 2005. Modeling Messages: the Architect and the Model. New York: The Monacelli Press, Inc.
- MORRIS M. 2006. Models: Architecture and the Miniature. Iso-Britannia: John Wiley & Sons Ltd.
- RPDESIGN. 2016. Muotoilutoimisto Rissanen / Pekkanen. [Viitattu 11.4.2016] Saatavilla:<http://www.rpdesign.fi>
- NETFABB. 2016a. 3D-printing Software. Edit, repair and analysis your 3D-printing data. [Viitattu 1.4.2016] Saatavilla: <http://www.netfabb.com/basic.php>
- NETFABB. 2016b. Netfabb Professional and Netfabb Enterprise -fully professional 3D-printing software. [Viitattu 1.4.2016] Saatavilla: <http://www.netfabb.com/professional.php>
- KANGASPURO, M. 19.6.2013. Rakennuspiirtäjä. Arkkitehtipienoismalli Matti Kangaspuro. [Nauhoitettu haastattelu]
- NYYSSÖNEN, T. 2007. Pienoismallirakentajan käsikirja. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy
- OIKKONEN, H. 27.6.2013. Rakennuspiirtäjä. Pienoismallitoimisto Malliakopio. [Sähköpostihaastattelu]
- PARMES, P. 17.6.2013. Rakennuspiirtäjä. Pienoismallitoimisto Pertti Parmes. [Nauhoitettu haastattelu]
- REPO, J. 2016. 23.2.2016. Arkkitehti, yliopettaja Savonia AMK. [Nauhoitettu haastattelu]
- THOMAS PUBLISHING. 2016a. What Is Laser Cutting? [Viitattu 13.4.2016.] Saatavilla: <http://www.thomasnet.com/articles/custom-manufacturing-fabricating/laser-cutting-technology>

- THOMAS PUBLISHING. 2016b. More about CNC-milling. [Viitattu 13.4.2016.] Saatavilla: <http://www.thomasnet.com/about/CNC-milling-51276103.html>
- VOXELJET. 2015. VX4000: The world's biggest industrial 3D printer – ideal for very large components and high productivity. [Viitattu 14.3.2016.] Saatavilla: <http://www.voxeljet.de/en/systems/vx4000>
- WARTIAINEN, K. 2001. Model societies. Teoksessa Jetsonen, J. (toim.). Little Big Houses – Working with Architectural Models. Tampere: Tammer-Paino Oy, 82–123
- WIKIPEDIA. 2016. Laser Cutting. [Viitattu 13.4.2016.] Saatavilla: https://en.wikipedia.org/wiki/Laser_cutting
- 3D-PRINTING.COM. 2016. What is 3D-printing? [Viitattu 13.4.2016.] Saatavilla: <http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

Kuvalähteet

- Kuva 1 (kansi) Antti Poikosen sähköiset aineistot
- Kuva 2 <http://www.rpdesign.fi>
- Kuva 3 <https://www.kasvuopen.fi>
- Kuva 4 <http://www.wookmark.com/image/233273/audi-wood-aerodynamics-concept-by-pavol-kirnag-scale-model-car-body-design>
- Kuva 5 <http://www.builders-in-scale.com>
- Kuva 6 <http://www.pienoismalli.org>
- Kuva 7 <http://blogs.iesabroad.org/anne-ciccarelli/the-beijing-planning-exhibition-hall/>
- Kuva 8 <https://feild.wordpress.com/2013/02/15/a-model-makers-manifesto/>
- Kuva 9 Antti Poikosen sähköiset aineistot
- Kuva 10 <http://www.global3darts.com>
- Kuva 11 Antti Poikosen sähköiset aineistot
- Kuva 12 <http://www.pienoismallipaja.com/index.html>
- Kuva 13 Antti Poikosen sähköiset aineistot
- Kuva 14 Antti Poikosen sähköiset aineistot
- Kuva 15 Antti Poikosen sähköiset aineistot
- Kuva 16 <https://davidneat.files.wordpress.com/2014/01/dsc06824-ch.jpg>
- Kuva 17 Antti Poikosen sähköiset aineistot
- Kuva 18 Antti Poikosen sähköiset aineistot
- Kuva 19 Antti Poikosen sähköiset aineistot
- Kuva 20 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gistel_Bronze_Scale_Model.jpg
- Kuva 21 <http://www.kitchensgn.pw/architecture-concept-model/architecture-concept-model-parti-diagrams-on-best-design/>
- Kuva 22 <https://feild.wordpress.com/2013/02/15/a-model-makers-manifesto/>
- Kuva 23 <http://www.kitchensgn.pw/architecture-concept-model/architecture-concept-model-concept-models-and-drawings-on-amazing-ideas/>
- Kuva 24 <https://www.youtube.com/watch?v=FMfzbmj0enk>
- Kuva 25 http://inthefold.autodesk.com/in_the_fold/2014/05/unveiling-the-largest-ever-3d-printed-model-of-san-francisco.html
- Kuva 26 <http://www.waymarking.com/gallery/image.aspx?f=1&guid=91c80af0-e908-4983-a7d1-d696dcb36733>
- Kuva 27 <http://elokuvateattereita.blogspot.fi/2013/12/kino-kuvakukko.html>
- Kuva 28 <http://3dprintersuperstore.com.au/products/rhino-5-commercial-single-user-r50>
- Kuva 29 Antti Poikosen sähköiset aineistot
- Kuva 30 <https://gigaom.com/2014/01/27/stratasys-reveals-a-full-color-multi-material-professional-3d-printer/>
- Kuva 31 Antti Poikosen sähköiset aineistot
- Kuva 32 Antti Poikosen sähköiset aineistot
- Kuva 33 <https://safa.fi/fin/kilpailut/kilpailukalenteri/?act=show&CID=535&Class=1&Type=4>
- Kuva 34 <http://www.ebaumsworld.com/pictures/21-pieces-of-3d-printed-art/83777253/>

Kuva 35	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 36	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 37	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 38	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 39	Pauli Rissasen sähköiset aineistot
Kuva 40	Pauli Rissasen sähköiset aineistot
Kuva 41	Pauli Rissasen sähköiset aineistot
Kuva 42	http://3dprintingankara.com
Kuva 43	http://www.fabricatingandmetalworking.com/zone/metal-forming-fabricating/laser-cutting-systems/
Kuva 44	https://www.youtube.com/watch?v=C5tOYWfhuyM
Kuva 45	https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods
Kuva 46	https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods
Kuva 47	https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods
Kuva 48	https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods
Kuva 49	https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods
Kuva 50	https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods
Kuva 51	https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods
Kuva 52	https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods
Kuva 53	https://engineerharry.wordpress.com/2012/04/01/cam-practice-test/
Kuva 54	https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods
Kuva 55	https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods
Kuva 56	https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods
Kuva 57	https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods
Kuva 58	https://wiki.harvard.edu/confluence/display/fabricationlab/Site+Modeling+Methods
Kuva 59	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 60	http://www.netfabb.com
Kuva 61	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 62	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 63	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 64	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 65	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 66	http://print.limitstate.com
Kuva 67	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 68	Antti Poikosen sähköiset aineistot

Kuva 69	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 70	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 71	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 72	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 73	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 74	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 75	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 76	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 77	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 78	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 79	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 80	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 81	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 82	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 83	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 84	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 85	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 86	Antti Poikosen sähköiset aineistot
Kuva 87	Antti Poikosen sähköiset aineistot

KASVU OPEN KASVUSUUNNITELMA

Lyhyt kuvaus yrityksestä/ideasta

Valmistamme arkkitehtonisia pienoismalleja hyödyntäen viimeisimpiä 3D-avusteisia tekniikoita (3D-tulostus, 3D-mallinnus, laserleikkaus ym.) sekä perinteisiä käsityömenetelmiä. Lopputuloksena ovat erittäin yksityiskohtaiset, kustannustehokkaat ja näyttävät pienoismallit, joita voidaan hyödyntää erilaisissa rakennus- ja suunnitteluhankkeissa. Lisäksi tuotamme myös 3D-aineistoihin pohjautuvaa visualisointimateriaalia, joka takaa asiakkaalle erittäin kattavan fyysisen ja digitaalisen aineiston.

Mitä tavoittelet?

Tavoitteenamme on nousta ensin kansallisesti ja lopulta kansainvälisesti merkittävien arkkitehtuuripienoismallirakentajien joukkoon. Mallien hyödyntäminen sekä rakennusten suunnitteluprosessissa että valmiiden rakennusten esittelyssä on kokenut viime vuosikymmenten myötä taantumaa, joka on johtunut toisaalta tietokonemallinnusten käytön lisääntymisestä ja toisaalta perinteisen mallinrakentamisen suurista kustannuksista ja hitaudesta. Käytännössä on kuitenkin todettu, että mallien käyttäminen hyödyttäisi monin tavoin rakennusprojekteja. Tavoitteenamme on tuoda arkkitehtuuripienoismallit takaisin suosioon tekemällä niitä nopeammin, edullisemmin ja näyttävämmin kuin koskaan aiemmin. Tämän lisäksi pyrimme palvelumme avulla uudistamaan alan toimintatapoja yhdistämällä pienoismallien ja tietokonevisualisointien käyttöä yhdeksi kokonaisuudeksi.

Mikä yrityksessä/ideassa/palvelussa on ainutlaatuista?

Siinä missä perinteiset mallinrakentajat valmistavat arkkitehtuuripienoismallinsa enimmäkseen käsityönä perinteisiä puu-, muovi- ja metallintyöstömenetelmiä käyttäen, me suosimme ennen kaikkea tietokoneavusteisia työkaluja,

kuten 3D-tulostusta, laser-leikkausta ja CNC-jyrsintää, ja siellä täällä myös perinteisiä käsityömenetelmiä. Tällä tavoin valmistamamme mallit ovat erittäin kilpailukykyisiä niin hinnaltaan kuin toteutusaikataulultaankin, ja lisäksi niiden rakenne ja yksityiskohtaisuus lyövät asiakkaamme ällikällä.

Palvelumme ei kuitenkaan rajoitu pelkästään pienoismallien tuottamiseen, vaan lisäksi valmistamme niiden rinnalle myös komeat visualisointikuvat. Luomme ainutlaatuisia kokonaisuuksia, joissa pienoismalli ja visualisoinnit tukevat toisiaan ja muodostavat informatiivisen ja näyttävän paketin.

Tämä on uudenlainen lähestymistapa siinä mielessä, että perinteisesti tietokonevisualisoinnit ja pienoismallit on nähty kilpailevina tapoina esitellä rakennusprojekteja. Meidän yrityksestäme taas löytyy tarvittavaa osaamista molempien tuottamiseen. Koska sekä tietokoneavusteisesti valmistetut pienoismallit että visualisoinnit nojaavat samaan lähtöaineistoon eli 3D-mallinnukseen, on mielestämme mielekkäämpää yhdistää parhaat puolet molemmista esitystavoista toisiaan tukevaksi kokonaisuudeksi.

Minkä asiakkaan ongelman ratkaiset?

Perinteisiä arkkitehtuuripienoismalleja pidetään yleisesti erittäin hyödyllisenä suunnitteluprosessin työkaluna sekä valmiiden rakennussuunnitelmien tai rakennusten esittelijänä, mutta niiden käyttö on vuosien saatossa kärsinyt inflaation, koska niiden hankkiminen koetaan turhan hintavaksi ja aikaavieväksi. Myös 3D-mallinnusten käyttö ja niiden avulla tuotettavat visualisointikuvat ovat osaltaan korvanneet pienoismallien käyttöä.

Yrityksemme modernit työskentelytavat ratkaisevat pienoismallien käyttöön liitetyt ongelmakohdat, jonka lisäksi uudistamme mallit mahdollistamalla niiden ennennäkemättömän yksityiskohtaisuuden. Pienoismallien käytöstä tulee taas kannattavaa toimintaa. Lisäksi tuotamme pienoismallien rinnalle näyttäviä visualisointeja, joiden avulla tarjoamme asiakkaillemme erittäin houkuttelevan

kokonaisuuden.

Miten erotut kilpailijoista?

Kilpailuetumme on siinä, että pienoismallimme ovat edullisempia ja ne tuotetaan nopeammin kuin kilpailijoidemme vastaavat. Mallit jotka saattaisivat perinteisin menetelmin vaatia jopa kuukausien työn, valmistuvat meidän avullamme parhaimmillaan jopa päivissä. Lisäksi työmme ovat paljon yksityiskohtaisempia kuin mitä alalla on totuttu näkemään. Pystymme tuottamaan jopa malleja, joiden tekeminen perinteisin menetelmin ei olisi mitenkään taloudellisesti kannattavaa eikä välttämättä edes ollenkaan mahdollista. Tämä kaikki on mahdollista, sillä hyödynämme toiminnassamme moderneimpia ja tehokkaimpia tietokoneavusteisia työkaluja ja ohjelmistoja. Lisäksi tuotteemme sisältää pienoismallien lisäksi myös niitä tukevat visualisointikuvat, mitä kilpailijamme eivät toimita.

Millainen tiimi kasvua on tekemässä?

Tiimimme koostuu kolmesta teollisesta muotoilijasta, joilla on vahva tausta 3D-mallintamisen ja -tulostamisen sekä 3D-avusteisen visualisoinnin saralla, ja joilta löytyy useamman vuoden kokemus myös yrityksen pyörittämisestä. Tiimin muotoilijoilla on myös aiempaa työkokemusta sekä ympäristö - ja inf-rasuunnittelusta sekä graafisesta suunnittelusta, jonka ansiosta yrityksellä on vankka näkemys ja osaaminen mallien valmistukseen.

Mitä odotat Kasvu Openilta?

Toivomme löytävämme Kasvu Openin myötä kontakteja rakennusteollisuuden, arkkitehtien, suunnitteluvirastojen ja muiden vastaavien tahojen saralta. Heiltä voisimme saada myös arvokasta palautetta tuotteemme ominaisuuksista ja siitä, mihin suuntaan sitä kannattaisi kehittää. Lisäksi toivomme saavamme buustausta idean lopulliseen tuotteistamiseen ja apua markkinakanavien löy-

tämiseen kansallisella ja kansainvälisellä tasolla.

Miksi haet mukaan?

Uskomme ideaamme, ja haluamme kehittää siitä uskottavan, valmiin tuotteen. Palvelumme on vielä varsin tuore ja vasta kehitysvaiheessa, ja sen vuoksi koemme, että ulkopuolisten näkemysten saaminen sen kehittämistä olisi meille erittäin hyödyllistä. Lisäksi kaipaamme myös toimintaamme tukevia kontakteja.