

Kaapo Aalto

# 3D-MALLIN LUONTI SKETCHUP- OHJELMALLA

Opinnäytetyö

Liiketalouden ammattikorkeakoulututkinto

Tietojenkäsittelyn koulutus

2022



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu

Tutkintonimike

Tekijä

Työn nimi

Toimeksiantaja

Vuosi

Sivut

Työn ohjaaja

[Tradenomi \(AMK\)](#)

Kaapo Aalto

3D-mallin luonti SketchUp-ohjelmalla

Toukokuu 2022

37 sivua

Arto Väätäinen

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, kuinka hyvin ja helposti 3D-mallien luonti ja niiden upottaminen itse tehdylle verkkosivulle onnistuu. Samalla päästään myös vertailemaan erilaisia lopputuloksia kuvien, renderin ja valmiin mallin välillä. Ohjelmana toimi SketchUp ja sen lisäosat, kun taas verkkoalustana oli WordPress. Haasteena tuli mallinnuksen suorittaminen, erilaisten lisäosien kanssa toimiminen, oikeanlaisen lisäosan valitseminen ja päivitysten kanssa kamppaileminen. Toimeksiantajaa ei ollut, joten työ on rajattu oman mielen mukaisesti. Työssä puhutaan myös siitä, kuinka 3D-mallintamista hyödynnetään tai voidaan hyödyntää vielä enemmän tulevaisuudessa eri aloilla.

Opinnäytetyössä käsitellään paljon mallintamisen prosessia, kuinka mallintamisessa suositellaan tekemään tietyt asiat ennen toisia, kuinka hyödyntää työkaluja. Kohteena toimi kaksi varsin erilaista kohdetta, joista toinen oli paljon monimutkaisempi kuin toinen. Työssä puhutaan myös lisäosien hyödyllisyydestä, kun ohjelman omat työkalut eivät riitä tulokseen. WordPress oli aluksi suuremmassa roolissa työssä, mutta työtä tehdessä sen osuus jäi paljon pienemmäksi. Kuitenkin siitä puhutaan myöhemmissä luvuissa ja kuinka se vaikutti työhön.

Työssä hyödynnettiin aikaisempaa tietoa ja taitoa mallintamisesta, verkkosivun luomisesta ja niiden resursseista. Lopputuloksena oli toimiva 3D-malli, josta saatiin renderöity kuva ja valmis 3D-malli upotettavaksi verkkosivulle. WordPress-sivustolla päästään vertailemaan, kuinka 3D-malli ja renderi eroavat toisistaan. Tekniikkaa kehittämällä tätä voidaan soveltaa entistä helpommin ja tehokkaammin tulevaisuudessa moniin erilaisiin tarkoituksiin.

**Asiasanat:** 3D-malli, SketchUp, lisäosat, renderöinti, mallinnus, upotus

Degree	<a href="#">Bachelor of Business Administration</a>
Author	Kaapo Aalto
Thesis title	Creating a 3D-model in SketchUp
Commissioned by	
Time	May 2022
Pages	37 pages
Supervisor	Arto Väätäinen

## ABSTRACT

The thesis got its start from the idea of using embedded 3D-models in the web along with the option of comparing the results with each other. Because of the lack of a commissioner, the job was completely done out of personal interest in the field and subject.

The theory part of this thesis focused heavily on the history and the usage of 3D-modeling in the global industry. This part includes information about different modeling software and how 3D-modeling was already used. The study also introduces a website work and as a shop for 3D-models where customers can either buy created models or sell their own.

The practical part of this job focused on creating two 3D-models which we then embedded into a WordPress site. This part introduces the process of creating a model and how to do certain things in an certain order, including explaining the reasoning behind it, describing WordPress and how to embed the end results to the website.

The final result of the task was two pleasing 3D-models embedded into a website, where one could rotate, zoom in and out and examine them in detail. One could also compare the models with the rendered-out picture to see how much of a difference lighting and shadows do on a model.

**Keywords:** 3D-model, SketchUp, rendering, modeling, embedding

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
2 3D-MALLINTAMISESTA.....	6
2.1 3D-mallintamisen historiaa.....	6
2.2 3D-mallintamisen käyttöä.....	7
2.3 3D-mallintamisen ohjelmia.....	11
3 3D-MALLIN LUONTI.....	15
3.1 Ensimmäinen mallinnuskohde: kesämökki.....	15
3.1.1 Aloitus.....	16
3.1.2 Alakerran mallintaminen.....	17
3.1.3 Komponentit.....	17
3.1.4 Portaikko ja pintojen käsittely.....	18
3.1.5 Yläkerran mallintaminen.....	22
3.1.6 Katon luonti ja asettaminen.....	23
3.1.7 Yksityiskohdat ja muut kohteet.....	25
3.1.8 Renderöinti.....	27
3.2 Toinen mallinnuskohde: lihashuoltovasara.....	29
4 3D-MALLIEN UPOTTAMINEN VERKKOSIVULLE.....	31
5 PÄÄTÄNTÖ.....	35
LÄHTEET.....	37

## 1 JOHDANTO

Opintyön aiheena on 3D-mallinnus, jolla tarkoitetaan kolmiulotteisen mallin luomista tietokoneohjelman avulla. Työn tavoitteena on kuvata mallien luontiprosessi ja mallin laatimisessa huomioitavia asioita. Lisäksi hyödynnetään Wordpress-lisäosaa 3D-vieweriä, jolla kyseistä mallia voidaan tarkastella valmiina 3D-renderöintinä.

3D-mallien käyttö on hyvin laajaa ja monipuolista ja niitä käytetään mm. elokuvissa, peleissä, arkkitehtuurissa, suunnittelussa ja lääketieteessä. 3D-mallintamisella luodaan hahmoja, esineitä ja paikkoja elokuvaan ja peleihin, sillä voidaan rakentaa rakennuksia rakennussuunnitelmien perusteella, suunnitella ja sisustaa huoneita, luoda ja sovittaa vaatteita, 3D-tulostaa ruumiinosia ja tulevaisuudessa sisäelimiä.

Koska aihe on laaja ja kehittyy varsin nopeasti, ovat 3D-mallit jo hyvin suuri osa elämäämme, vaikka emme sitä aina huomaa. Opinnäytetyön tarkoitus on tutustuttaa lukija termeihin, käytäntöihin ja mahdollisuuksiin mitä näillä voidaan suorittaa.

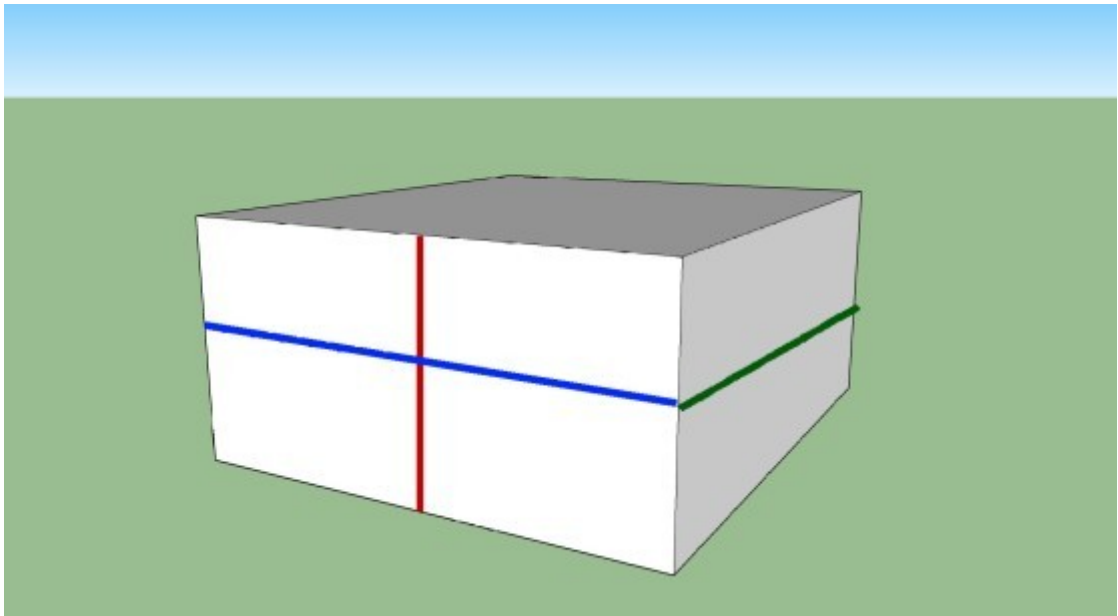
Tämä työ ei kuitenkaan rajoitu pelkästään 3D-mallin tekemiseen, vaan myös sen jakamiseen verkossa, jossa alustana tälle toimii WordPress-sivusto, joka on avoimen lähteen sisällönhallintajärjestelmä. Sivustossa tulen jakamaan 3D-mallin, jota voi käyttäjä pyörittää ja kierittää oman mielen mukaan, ja valmis 3D-renderöinti, jossa mallista luodaan kuva, jossa on kuvakulma, tekstuurit ja valaistus, jolloin mallista tehdään aidon näköinen. Työn tarkoitus yhdistää siis 3D-mallintamisen ja sisältää upottamisen WordPress-sivustolle.

WordPress toimii alustana, jolla tulen jakamaan lopullisen työn ja 3D-mallinnuksen osalta tulen käyttämään SketchUp-nimistä mallinnusohjelmaa Trimbleltä. Tämä versio tulee olemaan Desktop-versio, ei verkossa käytettävä selain versio.

## 2 3D-MALLINTAMISESTA

3D-mallintamisella tarkoitetaan prosessia, jolla luodaan ja esitetään kolmiulotteinen esine matemaattisesti (Vaughan 2012, 4). Tällä tarkoitetaan jotain objektia, jolla on pituutta, leveyttä sekä syvyyttä.

3D-mallintamista käytetään monilla aloilla moniin eri tarkoituksiin arkkitehtuurista lääketieteeseen ja videopeleistä animaatioihin. Koska käyttötarkoituksia on monenlaisia, tarvitaan monenlaisia eri taitoja ja tietoja osaavia henkilöitä käyttämään mallintamiseen tarkoitettuja ohjelmia eri tilanteisiin.



Kuva 1. 3D-mallin ulottuvuudet

Kuvassa 1 näkyvät viivat esittävät 3D ulottuvuuksia. Punainen kuvaa pituutta, sininen leveyttä ja vihreä syvyyttä.

### 2.1 3D-mallintamisen historiaa

3D-mallintaminen sai alkunsa vuonna 1960-luvulla ja sen isäksi nimitetään Ivan Sutherlandia, joka loi maailman ensimmäisen 3D-mallintamiseen käytettävän ohjelman, Sketchpadin (Prus 2016). Sutherland syntyi vuonna 1938 Nebraskassa ja jo nuoresta iästä alkaen oli kiinnostunut kehittämään

mieltään ja haastamaan itsensä. Opiskellessaan Massachusettsin teknologian instituutissa hän loi ja kehitti Sketchpadin joka mullisti tietotekniikan maailman.

Sketchpad toimi Lincoln TX-2 -tietokoneella, joka oli hyvin edistynyt tietokone aikanaan. Yhdeksän tuuman ruudulla ja valokynällä varustettuna Sutherland sai idean piirtämisestä tietokoneen avulla ja alkoi kehittämään ideaa, jonka nimeksi tuli myöhemmin Sketchpad. Ohjelma ei ollut pelkästään erityisen tarkka, vaan siinä oli myös muita ominaisuuksia, kuten kumittaminen, kappaleen liikuttamista, kaarien piirtämistä ja muita aikaansa nähden vaikuttavia toimintoja.

Sutherland yhteistyökumppaninsa kanssa ja ystävänsä David Evansin kanssa perustivat ensimmäisen 3D-grafiikka yrityksen nimeltään Evans & Sutherland, jossa he jatkoivat 3D-grafiikan ja mallintamisen kehittämistä eteenpäin. Vuosien kuluessa Sketchpad ei ollut enää ainut 3D-mallinnukseen liittyvä ohjelmisto, vaan kilpailijoitakin alkoi löytymään. Kilpailun avulla hinnat putosivat ja Personal Computerin (PC) nousun ansiosta monet pääsivät käyttämään 3D-mallinnuksen ohjelmia, ammattilaisista harrastelijoihin. (Sketchpad – Complete history... 2021.)

## **2.2 3D-mallintamisen käyttöä**

Joustavuutensa, monipuolisuutensa ja jatkuvan kehityksen ansiosta 3D-mallintamista käytetään monissa eri paikoissa moniin eri tarkoituksiin. Seuraavana esittelen muutamia aloja ja miten siellä hyödynnetään 3D-mallintamista.

### **Arkkitehtuuri**

3D-mallintamisen ansiosta monet arkkitehtuuriin työvaiheet ovat muuttuneet. Kohteiden tekeminen, niiden muokkaaminen ja virheiden korjaaminen onnistuu nopeasti ja vaivattomasti. Koska kohde luodaan virtuaalisesti, asiakkaalle voidaan näyttää lopputulos ennen varsinaista työntekemistä. Tämä antaa asiakkaalle enemmän mahdollisuuksia antaa palautetta ja ehdottaa muutoksia, jos jokin asia ei miellytä tai halutaan muita muutoksia

ennen projektin alkua (Kuska 2020). Pohjapiirustukset ja varsinainen talon mallinnus voidaan suorittaa tietokoneella, mikä tekee projektinsuunnittelusta nopeaa, halpaa ja tehokasta.

### **3D-tulostaminen**

3D-mallinnuksessa on myös osa-alueena 3D-tulostaminen. Tämä tarkoittaa kolmiulotteisen mallin tulostamista erityisellä tulostimella. Teknologian kehittymisen ansioista jopa monimutkaisia malleja pystytään tulostamaan edullisesti ja nopeasti kuten autojen osia, kokonaisia rakennuksia, vaatekappaleita ja jopa ruokaa. Riippuen materiaalista, kekseliäisyydestä ja kohteesta, mitä vain pystytään luomaan 3D-tulostimilla. Viime vuosina 3D-tulostaminen on yleistynyt ja laitteiden hintojen putoaminen mahdollistaa sen harrastuksena. Materiaalit, joita tulostamisessa käytetään, vaihtelevat, mutta suosituimmaksi on noussut polylaktidi (PLA), joka on helposti käytettävää ja biohajoavaa (3Dalt).

### **Lääketiede**

Lääketieteessä on aina puutteita korvattavista asioista. Jotkut voivat odottaa vuosia saadakseen sopivan munuaisen tai tekoäden. 3D-mallintamisella voidaan luoda käsituki tai vaikka uusi sisäelin potilaalle nopeasti. Uuden kudoksen ja elimien tulostaminen on vielä alkuvaiheessa, mutta tulevaisuudessa on hyvin mahdollista teknologian kiihtymisen kannalta, että asiakkaille voidaan luoda täysin sopiva ratkaisu, olkoon se vaikka tekonivel tai uusi sisäelin, heidän ongelmiinsa tulee löytymään vastaus.

### **Elokuvateollisuus**

Elokuvissa mallintamista käytetään hyvin monipuolisesti. Animaatioelokuvissa kaikki ruudulla olevat asiat ovat 3D-malleja, jotka on varovaisesti aseteltu tietyn vision mukaan, osa näistä voi olla matalapolygonisia versioita ja ovat taustan rekvisiittaa, jolloin niiden mallintamiseen ei tarvitse käyttää paljon resursseja ja aikaa. Hahmoja, objekteja ja taustoja voidaan siirtää, muokata, tehdä uudelleen tai poistaa täysin riippuen siitä, minkälaisen lopputuloksen haluaa. Tämä prosessi voi tapahtua useita kertoja tuotannon aikana ja hyvin



useasti, joten nopeat mallintamisen käytännöt ovat hyvin tärkeä osa mallintajan taitoja. Kuvassa 2 esimerkki kuva 3D-animaatioelokuvasta Näin koulutat lohikäärmeesi 2. Kohtauksessa Hikotus silittää Hampaatonta.



Kuva 2. Esimerkki 3D-animaatioelokuvasta

3D-mallinnus ei päde pelkästään animaatioihin, vaan myös live action elokuvaan, jossa animaatioiden sijaan on oikeita ihmisiä, objekteja ja kohteita. Futuristisen kaupungin luominen elokuvaa varten olisi kallista, aikaa vievää ja jos jotain tulee tarve muuttaa, veisi se vielä pitempään, mikä mahdollisesti johtaisi deadlineen ohittamiseen. 3D-mallinnuksella saadaan aikaan parempia ja uskottavampia taustoja, hahmoja tai esineitä edullisesti ja nopeasti, ja niitä voidaan muuttaa tarpeen tullen. Jopa suurissa budjettielokuvissa henkilöstöä löytyy paljon, käytetään 3D-malleja ja animaatiota, jotta visio saadaan toteutettua.



Kuva 3. Avengers: Endgame

Kuvassa 3 nähdään suuri määrä 3D-malleja, näyttelijöitä ja erikoistehosteita.

### **Peliteollisuus**

Pelien luomisessa ja kehittämisessä 3D-mallinnuksella ja mallintajilla on suuri urakka edessä, samalla tavalla kuin animaatioissa. Hahmot, taustat, maailmat ja kohteet luodaan kaikki malleiksi, jossa ne asetellaan osaksi kokonaista maailmaa, joissa pelaaja pystyy vuorovaikuttamaan näihin asioihin.

Haasteena verrattuna animaatioon on se, että pelaaja pystyy vaikuttamaan esim. objekteihin, jotka tarvitsevat vastauksen. Tämä voi olla pelaajahahmon juokseminen tuolia päin, mikä kaatuu realistisesti maahan. Haasteena on mallien hienovarainen suunnittelu, että ne sopivat maailmaan, tekstuurien asettelu ja hienosäätäminen, jotta ne ovat osa isoa kokonaisuutta.

Riippuen siitä, onko renderöitävä kohde lähellä, voi malli olla kaukaa katsottuna matala polygoninen versio, jolla säästetään resursseja tai lähellä, jolloin sen yksityiskohdat ovat tarkemmin selvillä. Tätä funktiota kutsutaan nimellä Level of Detail (LOD) ja mahdollistaa suurien projektien koon rajoittuneilla tekniikoilla. (Technopedia 2012.)

## **Virtuaalitodellisuus**

Virtuaalitodellisuus tai Virtual Reality (VR) on keinotekoisesti luotu virtuaalinen tila, joka voi esittää oikean maailman ympäristöä tai täysin keksittyä maailma. Tämä ympäristö voi olla realistinen näkymä kuten jalkapallokenttä, jossa nähdään ympäristön pelaajan silmin, tai tämä voi olla lento avaruuden halki. Virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä on käytetty kouluttamaan pilotteja, ajoneuvolla ajamista tai jopa aivokirurgiaa (Explainthatstuff 2007). Nämä laitteet riippuvat siitä, mihin niitä halutaan käyttää. Pilotin laitteisto on luotu muistuttamaan hävittäjän ohjaamoja viimeisintä näppäintä myöten ja avaruustutkija voi tutustua maailmankaikkeuteen pelkkien VR-lasien avulla ja opiskelija voi päästä näkemään, minkälaiselta näyttää vaikka kirurgin suorittama leikkaus potilaalle. Laitteistojen ja ohjelmien kehittymisen myötä voidaan luoda tarkempia ja realistisempia tuntuksia kokemuksia, joissa voidaan katsella ympäriinsä ja olla vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa samalla tavalla kuin olisi itse varsinaisesti paikalla. 3D-mallinnuksen osio tulee olemaan valtava, sillä näiden tilojen luomiseen vaaditaan tekijöitä ja visionäärejä. Virtuaalitodellisuus on monipuolinen ja hyvä tapa kouluttaa ihmisiä, näyttää heille miltä tuntuu kävellä rakennettavan talon sisällä tai laskuvarjohyppäyksen perusteet ammattilaisen näkökulmasta.

### **2.3 3D-mallintamisen ohjelmia**

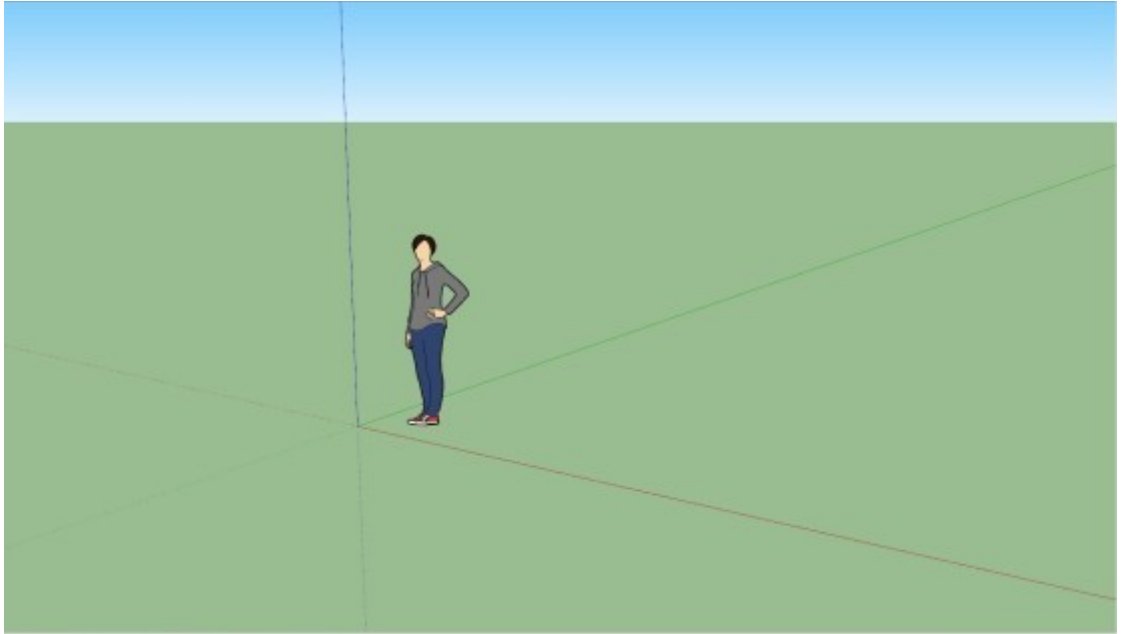
Mallintamiseen käytetyt ohjelmat kykenevät suorittamaan samat perusasiat kuten mallin suunnittelun ja luomisen, tekstuuriin asettamisen ja renderöinnin. Pääsääntönä on, että kun yhdessä ohjelmassa osaa hallita 3D-mallinnusta, niin muissakin ohjelmissa sen osaa myös. Tästä huolimatta tietyissä piireissä ja työtehtävissä käytetään eri ohjelmistoa kuin toisessa. Seuraavana esitellään muutamia käytetympiä 3D-mallinnuksen ohjelmia ja missä niitä käytetään ja mikä on mahdollinen syy tähän.

#### **SketchUp**

Vuonna 2000 julkaistu, @last softwären kehittämä SketchUp, tähdättiin arkkitehtuuriin, suunnitteluun ja elokuvaan tarvittavaan mallinnukseen. Ohjelman menestyksen takia ja erään Googlen kanssa tehdyn sopimuksen

ansioista, Google osti @last softwären ja työllisti heidän työntekijänsä (MasterSketchup 2011).

Nykyisin SketchUpin omistaa Trimble, joka osti ohjelman Googelta ja ovat vieläkin sen kehittäjiä tänäkin päivänä. Ohjelmasta on lukuisia versioita, mutta ilmaisversion suunnitelmiin kuuluu verkossa toimiva ratkaisu.



Kuva 4. SketchUpin avausnäky

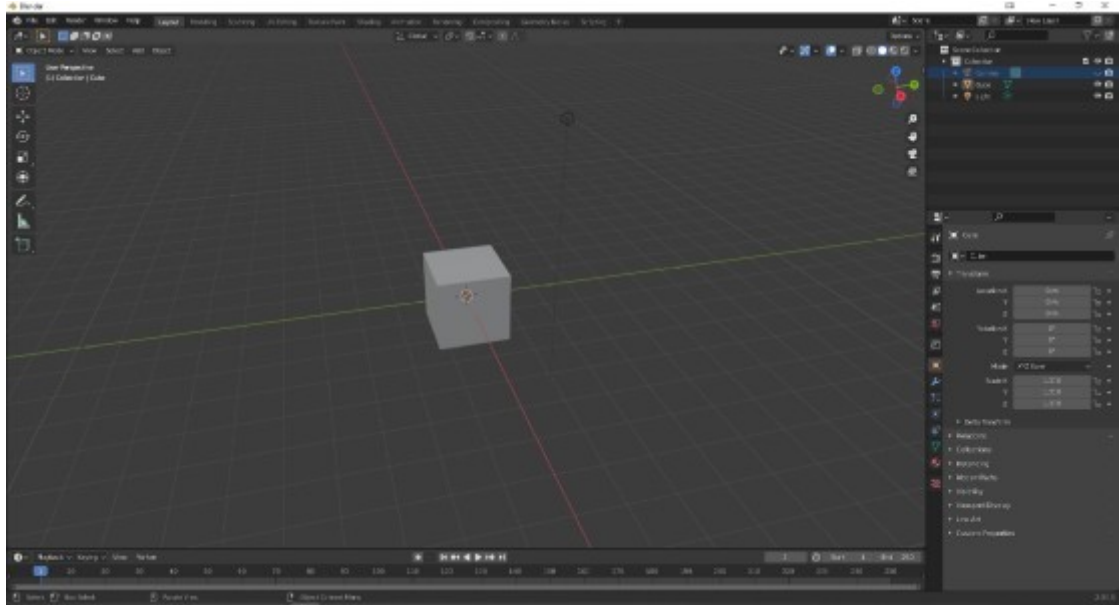
Kuvassa 4 on ensimmäinen asia, joka nähdään, kun SketchUpin avataan. SketchUpin käyttäjiä ja käyttötapoja on monenlaisia, mutta arkkitehdit, suunnittelijat ja elokuvateollisuuden urakat ovat suosituimpien kohteiden joukossa.

Suhteellisen yksinkertaisen suunnittelun ansioista SketchUp on hyvä ohjelma aloittelijalle, joka haluaa kokeilla mallintamisen maailmaa ilman suuria lisäosia ja suurta ohjelmaa, jota halutessaan pystyy pluginien avulla muokkaamaan.

## **Blender**

Blenderin keksijä ja ensimmäinen kehittäjä, Ton Roosendaal, oli luova ja lahjakas yksilö. Hän oli innostunut opiskelemaan ohjelmointia itsenäisesti. Persoonallisuutensa ja kiinnostuksensa kohteidensa ansioista hän kiinnostui

3D-mallintamisesta ja animaatioinnosta, hän perusti yrityksen nimeltään NeoGeo, joka noin viisi vuotta myöhemmin alkoi kehittää Blenderiä. Ohjelman syntymäpäiväksi sanotaan 1.2.1994, jolloin Roosendaal kirjoitti ensimmäiset koodit, mistä Blender sai alkunsa. Ohjelman lähtökohtana oli 3D-mallinnus ohjelma, jossa voi tehdä muutoksia malleihin nopeasti ja vaivattomasti (Blender s.a.).



Kuva 5. Blenderin avausnäky

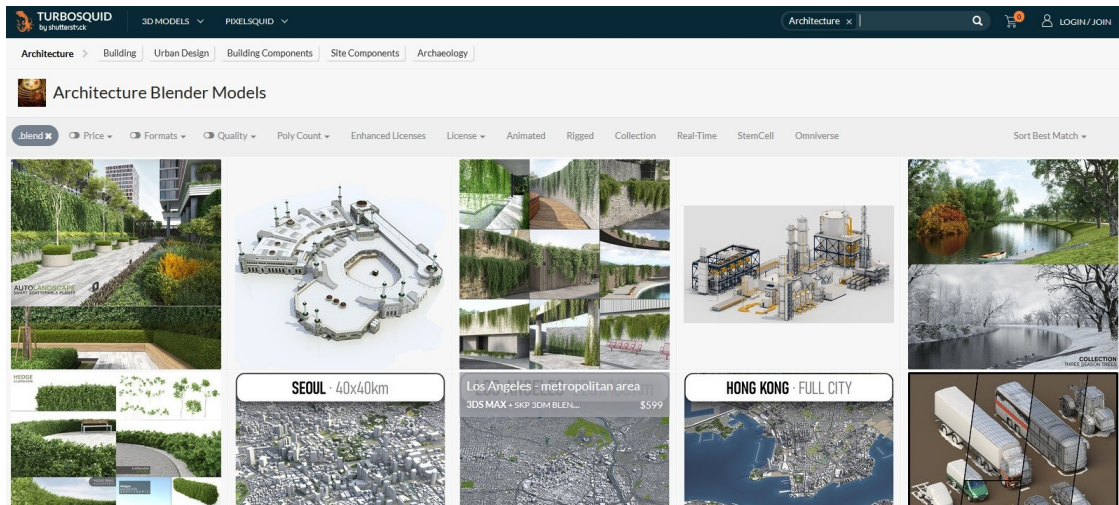
Kuvassa 5 on Blenderin avausnäky, jossa laatikko keskellä x- y ja z-akselia. Blender on ilmainen ja avoimen lähdekoodin mallintamisen ohjelma joka tekee siitä erityisen joustavan ja muokattavan. Avoimen lähdekoodin takia sen tiedostoja voi tarkastella, niitä voi muokata ja jakaa kuinka haluaa. Kehittäminen ei ole pelkästään luojien varassa, vaan myös muiden käyttäjien, joka mahdollistaa suurien muutoksien tapahtumisen suhteellisen nopeasti, edullisesti ja palautteen implementoinnilla. Blenderillä on hyvin aktiivinen käyttäjäyhteisö, jotka luovat, jakavat ja kehittävät toistensa plugineja, mikä tekee Blenderistä hyvin vakavasti otettavan kilpailijan 3D-mallintamisen maailmassa.

Blender on löytänyt käyttäjänsä videopelien ja elokuvien suunnittelijoista ja animaattoreista, mutta sillä on ollut myös yleisöä harrastelijoiden keskuudessa hyvän ja tukevan yhteisön kanssa. Ohjelman ilmainen jakelu on ehdottomasti plussaa ja levittänyt ohjelmaa laajasti.

Blenderissä tulee mukana monenlaisia työkaluja, mallintamisesta animointiin, joka voi olla aluksi käyttäjälle musertavaa ilman ohjeita tai opettajaa. Blenderin aloituspaketissa tulee monenlaisia keinoja muuttaa valaistusta, kappaleen tekstuureja, reunojen tarkkuuksia, animaation luomista ja kappaleen fysiikan lisäämistä joko kaikille tai vain yhdelle valitulle kappaleelle.

## Turbosquid-sivuston esittely

Turbosquid on 3D-mallien jakamiseen luotu verkkosivu, mihin ammattimallintajat voivat ladata luotuja malleja ja animaatioita myytäväksi käyttöön. Asiakas voi ostaa itselleen oikeudet käyttää lukuisia 3D-malleja omassa työssään tekemättä työtä itse (Turbosquid 2022). Sivustolla on mahdollisuus etsiä töitä hinnan, kategorian, alennusten ja minkä ohjelman avulla mallit ovat luotu. Jotta sivuston tarjonta olisi mahdollisimman selvä, tulee sivustolla näkyä selvästi malli, joka halutaan ostaa.



Kuva 6. Turbosquid-verkkosivusto (Turbosquid 2022)

Turbosquidilla voi jakaa useamman erilaisen 3D-mallintamisen ohjelman tuotoksia, kuten Blender-, SketchUp-, Maya- ja Unity- malleja. Kehittämällä yhden suuren katalogin mihin jakaminen keskitetään, tekee käyttäjille asioinnin helpoksi. Löytämällä joko malleja, joita halutaan ostaa tai luoda omia malleja myytäväksi helpottuu, kun kaikki löytyy yhdeltä sivulta. Kuvassa 6 Turbosquidsivustolla suodatettu Blenderillä tehdyt arkkitehtuurimallit.

### 3 3D-MALLIN LUONTI

Malleja tulee olemaan kaksi ja niistä pyritään luomaan mahdollisimman realistiset ja tarkat mallit, jotta niitä voidaan vertailla alkuperäisen materiaalin kanssa.

Kohteet ovat varsin erilaisia ja vaativat eritasoista osaamista ja tekniikkaa, tästä huolimatta kaikki voidaan suorittaa samalla ohjelmalla. Koska toimeksiantajaa ei ole, valitsin aiheet itse mielenkiinnon, haastavuuden ja erilaisten haasteidensa takia.

#### 3.1 Ensimmäinen mallinnuskohde: kesämökki

Työn kohteena on kesämökin mallintaminen, kalustaminen, tekstuuriin lisääminen, valaistus ja 3D-renderöinti. Mallintamisen apuna käytetään mökin pohjapiirustuksia ja valokuvia, joilla pyritään mahdollisimman tarkkaan ja realistiseen versioon. Vuonna 2009 rakennettu kesämökki on kaksikerroksinen, puusta valmistettu ja korotettu rakennelma, jossa on sisätilojen lisäksi terassi ja parveke. Huoneita ovat seuraavat: kaksi makuuhuonetta ja yksi oleskeluhuone alakerrassa ja yläkerrassa toinen kolmas makuuhuone. Talossa on sähköt ja ilmalämpöpumppu.



Kuva 7. Kesämökki edestäpäin kuvattuna

Kuvassa 7 on kuva mallinnettavasta rakennuksesta edestäpäin katsottuna, jota tullaan vertaamaan 3D-malliin. 3D-mallintamisessa on kyse luovuudesta

ja ongelmanratkonnasta. Koska tämä on piirtämistä, voi mallintaja päättää, mistä hän haluaa aloittaa. Kuitenkin hyvällä valmistautumisella ja suunnittelulla, voidaan tehdä ratkaisuja ja päätöksiä ennen kuin aloitetaan varsinainen 3D-mallinnus, jolla pystytään välttämään myöhempiä päänsärkyjä.

Tässä tulen kuvailemaan, miten mallintamista lähdettiin suorittamaan, mistä aloitettiin ja minkä takia näin tehtiin. Tämä ei ole ainut mahdollinen vaihtoehto suunnittelulle ja mallintamiselle ja on mahdollisesti parempiakin tapoja, mutta tulen perustelemaan miksi ja mitä tein missäkin kohtaa.

### 3.1.1 Aloitus

Mallintamiseen on käytetty apuna alkuperäisiä pohjapiirustuksia, josta näkyy koko rakennuksen pituus, leveys ja korkeus, huoneiden koko ja määrä, ikkunoiden ja oven paikat ja koot.

Näiden tietojen avulla aloin mallintamaan pohjaa mökille, johon pohjan mallintamisen jälkeen lisäsin huoneistojen viivat ja terassin. Näitä viivoja käyttäen hahmotin huoneet, ja kun ne olivat valmiina ja aseteltu, käytin **offset**-menetelmää luodakseni seinäviivat. Kun offset oli tehnyt tehtävänsä, nostin seinät, tarkistin niiden pituuden ja paksuuden, jonka jälkeen lähdin luomaan tukipilareita, jotka erottavat mökin ja maaperän. Yhden pilarin luotua tein siitä komponentin, jonka kopion ja liitin oikeisiin kohtiin, missä ne olivat mökissäkin. Kun pilarit olivat kaikki aseteltuna paikoilleen, loin SketchUpin avulla scenen, jota klikkaamalla kamera asettaa itsensä sille tallennettuun paikkaan scenen luodessa. Tämä scene siirtää kameran kuvaamaan mökin etuosaa, kuten esittelykuvassa näkyy (kuva 7).

Scenen luonnissa on sommittelu tärkeää. Tämä tarkoittaa sitä, missä kohdassa kamera on, mitä kuvankaappauksessa näkyy, mitä siinä on taustalla, kuinka paljon tilaa jätetään millekin kuvan reunustalle ja tärkeimpänä, että kuvassa on kaapattu se asia, mitä alun perin on lähdetty nappaamaan. Scenen luomisen avulla saadaan kaapattua tärkeitä kuvakulmia, joilla voidaan esitellä kohde useammasta eri kuvakulmasta. Tämä voi olla jopa hyvin abstrakti kulma, kuten ylhäältä päin kuvattu takka. Riippuen siitä, minne halutaan kiinnittää huomioita ja miten johdattaa mallin katsojaa, tyylejä on useita. Scenen tekemisessä on myös etuna se, että kameraa pystyy



liikuttelemaan nopeasti ja vaivattomasti kohteesta toiseen. Joskus mallinnuksessa saattaa joutua jumiin tiettyyn perspektiiviin ja scene kameran avulla päästään liikkumaan helposti. Näin päästään liikkumaan ympäri mallia, etsimään parhaat näkymät, joita voidaan hyödyntää myös renderöinnissä.

### 3.1.2 Alakerran mallintaminen

Seuraavaksi on vuorossa alakerran mallintaminen. Tämä tarkoittaa etuoven lisäämistä paikalleen, ikkunoiden mallinnus ja lopuksi portaikko. Oviaukon mittaaminen ja luonti tehdään talon ulkopuolella. Kun viivat, joista lähdetään luomaan ovea ovat sopivan pitkät, aletaan niitä **push/pull** -työkalulla tekemään oikean oven näköiseksi. Kun mittasuhteet ovat oikein ja ovi näyttää ovelta, sijoitetaan siihen ikkunat. Tämän saa luotua siten, että oven yläpuolelle luodaan neliö, joka venytetään noin oven keskelle. Tämän jälkeen luodaan tämän neliön sisälle kuusi pienempää neliötä, kaksi vierekkäin, toinen pari niiden alapuolella ja kolmas pari niiden alapuolella. Kun nämä ovat luotu, käytetään **paint bucket** -työkalua ja valitaan maaliksi ”läpinäkyvä ikkuna”. Tämä maali luo ikkunan siihen pinnalle, minne hiiri klikataan. Kun ikkunat ovat luotu, aletaan luomaan yksityiskohtia kuten syvennyksiä oveen ja ovenkahva. Kun nämä ovat kiinnitetty oveen, valitaan taas **paint bucket** ja etsitään sopiva väri ovelle. Tummansininen sopii tämän työn tarkoitukseen, joten ovi maalataan sillä.

Nyt kun ovi on valmis, sijoitetaan se paikalleen. Samalla tavalla kuin aikaisemmin, klikataan ovea niin monta kertaa, että se saa tummansiniset viivat itselleen, jolloin koko kappale liikkuu kerralla. Nyt valitaan työkalu nimeltään **move**, jolla päästään siirtämään kappaletta. Klikkaamalla oven kulmaa, on kappale helppo sijoittaa oikeaan kulmaan mihin se kuuluukin. Siirretään ovi paikalleen ja ovi on sijoitettuna. Klikkaamalla ovea ja liikuttamalla hiiren osoitinta ruudulle, saadaan aseteltua ovi siihen paikkaan, minne halutaan.

### 3.1.3 Komponentit

Tässä vaiheessa puhutaan komponentin luomisesta. Komponentti on valmis osa, jota voidaan käyttää useaan kertaan. Nämä ovat muiden käyttäjien tai

itse luotuja, jotka voi ladata netin kautta ja käyttää omassa työssä. Nyt kuitenkin luomme oman komponentin, jota olemme jo hyödyntäneet tukipilareiden kanssa. Ovi on kuitenkin paljon monimutkaisempi, joten se toimii hyvin tässä kohteena. Klikkaamalla juuri mallintamaamme ovea useampaan kertaan, tulee sen ympärille tummansiniset viivat, joka kertoo tämänhetkisen valintamme ruudulla. Hiiren oikeaklikkaamalla saadaan pudotusvalikko, jossa on monenlaisia vaihtoehtoja kappaleen manipulointiin. Koska olemme tekemässä ovesta komponenttia, valitaan make component ja siirrytään seuraavaan kohtaan, missä SketchUp kyselee komponentin nimeä, kuvausta, hintaa ja muita tietoja. Nämä voi jättää tyhjäksi, mutta vähintään nimi tulisi antaa jokaiselle komponentille. Kutsutaan tätä komponenttia nimellä "ovi", klikataan create ja komponentti on nyt luotu. Nyt ovea voidaan käyttää niin monta kertaa kuin halutaan ilman, että sitä tulee luoda uudelleen. Koska talossa on kaksi ovea, tuodaan komponentti talon ulkopuolelle odottamaan sijoitusta yläkertaan. Oikealla valikossa on valinta components, jossa on kaikki aikaisemmin tallennetut komponentit.

Ikkunoiden vuoro on seuraavana. Samalla tavalla kuin aikaisemmin oveen luodut ikkunat, tehdään sopivan pitkä ja leveä neliö, mutta tämän teemme suoraan seinälle, koska prosessi on yksinkertainen ja ikkunasta ei tarvitse tehdä komponenttia erikseen. Kun neliö on halutulla kohdalla, valitaan taas **paint bucket** -työkalu ja valitaan maaliksi läpinäkyvä ikkuna. Klikkaamalla neliön sisällä, saamme sen pinnasta ikkunan. Sama toistetaan niin monta kertaa, kunnes tarvittava määrä ikkunoita on täytetty.

Seuraavaksi on vuorossa sisätilojen maalaaminen. Seinät ja lattia ovat erilaisia, joten tulee valita oikeanlainen maali molemmille pinnoille. Maalien valitsemisen jälkeen valitaan taas pinta, minne maali halutaan sijoittaa ja klikataan. Nyt on väriä mökin sisällä seinillä, että lattialla. Joskus maalien mukana tulee tekstuuri, joka tarkoittaa sitä, että sillä on jonkinlainen pintakuvio. Tämä pintakuvio on tehty puulattian mukaisesti, joten se näyttää puulattialta. Halutessaan tämän voi ottaa pois tai muuttaa johonkin muuhun, mutta tarkoitukseemme tämä sopii passelisti.

#### **3.1.4 Portaikko ja pintojen käsittely**

Jotta portaikko voidaan luoda, tarvitaan yläkerta auttamaan sen sijoittamisessa. Yläkerta on hieman alle alakerran levyinen, joten luomalla

neliö näillä tiedoilla yläkerran pohjaksi tekee hommasta helppoa. Kun tämä neliö on luotu, annetaan sille hieman nostetta, tarkastetaan sen reunat siltä varalta, että se olisi vuotanut yli tai jossain olisi tullut virhe. Jos kaikki on kunnossa, on meillä yläkerran pohja tehtynä. Leikataan sopiva aukko portaille yläkerran kulmaan, jotta siitä pääsee ylös ja siirrytään luomaan itse portaikkoa. Jotta päästään tekemään tämä portaikko, tarvitaan oikeanlainen korkeus, leveys ja syvyys. Mitataan matka yläkerrasta alakerran lattiaan, tarkistetaan portaiden pituus, kuinka leveä se on alakerran seinästä katsottuna. Näiden tietojen avulla siirrytään ulos, sillä niiden luominen ulkona ja sijoittaminen myöhemmin on helpompaa kuin niiden tekeminen sisällä ahtaassa tilassa.

Portaikko on helpoin aloittaa sillä, että luodaan suora laatikko maahan, joka nostetaan korkealle. SketchUpissa on hyvin vaikea tehdä epäsuorassa kulmassa olevia kappaleita, tarvitaan aluksi kappale, joka on suora ja vasta tämän jälkeen sille annetaan sopiva kulma. Tässä tapauksessa meillä on korkea kolmio, jota voimme käyttää hyödyksi esimerkkinä. Aikaisemmin puhuimme kappaleen siirtämisestä ja kappaleen klikkaamista siten, että se saa itselleen tumman siniset ääriviivat. Nämä viivat tarkoittavat sitä, minkä reunan tai pinnan käyttäjä on valinnut. Siksi kun klikataan kappaletta useampaan kertaan, se saa ääriviivat kaikkiin kulmiinsa, joka tarkoittaa ja mahdollistaa sen, että sitä siirretään yhtenä kappaleena. Kun halutaan liikuttaa vain yhtä kulmaa tai sivua, tulee valita yhdellä klikkauksella se kulma tai sivu, mitä halutaan muokata. Jotta voimme tehdä laatikostamme portaat, valitsemme yläkulmassa olevan kulman. Kun vain tämä kulma on tumman sininen, valitaan **move** työkalu, klikataan tumman sinisestä reunasta ja vaihdetaan sen kulma rappusten muotoon. Mutta mistä saadaan varmasti oikea kulma portaikolle? SketchUpissa on ominaisuus, joka auttaa varmistamaan sen, että tasot ovat kohdakkain. Kun reunamme on valinnassa ja sitä pystytään liikuttelemaan, etsitään toinen reuna, joka on sopivalla korkeudella. Koska portaikko tulee alakerran lattiasta yläkerran lattiaan, käytetään yläkerran lattian kulmaa hyödyksi. Siirretään osoitin yläkerran lattian tasolle, jolloin ohjelma tuo valitun reunan vastakkain siihen mihin sen osoitimme. Nyt meillä on kulmassa oleva laatikko, joka on sopivan jyrkkä toimimaan perustana askelmille.

Tähän kappaleeseen tullaan liittämään askeleet ja kaide, minkä jälkeen portaat siirretään oikealle paikalleen. Aloitetaan tekemällä askeleet rappusille. Luodaan aluksi neliö maahan, joka nostetaan oikean korkuiseksi, leveäksi ja syväksi **push/pull** -työkalulla. Tämän jälkeen tehdään askelmasta aktiivinen klikkaamalla sitä useampaan kertaan ja siirretään se paikalleen. Jos tulos ei ole hyvä, kumotaan kappaleen liikuttaminen ja korjataan epäkohdat.

Työkaluilla on useita erilaisia funktioita, jota hyödynnetään nyt tässä. Joskus jos kappaletta tarvitaan useampaan kertaan eikä siitä haluta tehdä komponenttia, voidaan sen kopioida suoraan valinnasta. Tarvitsemme kaksi palkkia, jotka ovat askelman levyiset yhdistämään rappuset, klikataan palkkia siten että sen ympärillä on siniset viivat, valitsemalla **move** -työkalu ja sen jälkeen painamalla ctrl (control) näppäintä, jolla käsketään ohjelmaa tekemään kopio valinnasta, sen sijaan että liikutetaan alkuperäistä valintaa. Kun kopio lankusta on valmis ja on oikealla kohdalla, tehdään valinta askelmasta ja sijoitetaan se portaikon pohjalle. Tämä prosessi toistetaan niin monta kertaa, kunnes päästään rappusten huipulle. Palkki ja askeleet ovat nyt valmiita, joten voidaan siirtyä tekemään pinnoja.

Osien tekeminen erikseen ja niiden liittäminen jälkeensä on hyvä tapa harjoittaa mallinnusta. Toistetaan tämä myös kaiteen kanssa. Kulmia vääntäessä hyödynnetään samaa tekniikkaa **move** -työkalun kanssa missä vaihdetaan laatikon reunan kulma. Seuraavaksi luodaan kappale, jonka alaosa kiinnittyy palkkiin ja yhdistää käsinojan. Tehdään siis pieni pinna, joka nostetaan **push/pull** työkalulla sopivan kokoiseksi ja siirretään se paikalleen. Tämä sijoitetaan hieman isomman alapalkin sisälle, kopioidaan ja siirretään kunnes päästään ylös asti ja saadaan luotua kalteva kulma käsinojalle. Käsinojan pituus saadaan selville siten, että käytetään SketchUpiin rakennettua **tape measure** -työkalua. Valitaan portaiden ensimmäisen askelman alin kulma työkalulla ja sitten etsitään yläkerran lattian ylin kulma. Tämä antaa meille pituuden, joka riittää luomaan tarpeeksi pitkän kaiteen. Siirrytään taas ulos rakennuksesta ja luodaan kappale, joka on hieman pituudeltaan pitempi kuin saamamme pituus ja annetaan sille myös hieman korkeutta. Kappaleelle tulee myös antaa sopivan jyrkkä kulma, joten käyttämällä taas **move** -työkalua, valitsemalla tämän kappaleen ylimmän reunan ja raahaamalla sen oikeaan kulmaan.

Ennen kuin siirretään tämä käsinoja paikalleen, luodaan siitä kopio samalla menetelmällä kuin aikaisemmin (Sivu 20). Kun kappaletta liikutetaan ja liitetään osaksi jotain muuta rakennelmaa, laskee SketchUp sen osaksi isompaa kokonaisuutta. Tämä tarkoittaa sitä, että kun kappale siirretään osaksi kaidetta, on se osana taloa, mikä vaikeuttaa vain tämän kappaleen liikuttamista, sillä ilman varovaista valintaa ja liikuttamista, koko talo voi muuttua muotoaan. Jos kopio ei istu malliin oikein, voidaan se vain poistaa ja varsinainen korjaus tehdä alkuperäiseen kappaleeseen. Kun mahdolliset korjaukset on tehty, valitaan taas kopio klikkaamalla sitä useampaan kertaa, valitaan **move** -työkalu ja siirretään se paikalleen siten, että juuri tehty kappaleemme yhdistyvät rappusten näköiseksi mallinnukseksi.

Tekstuuriin ja maalien asettaminen hoituu **paint bucket** -työkalulla, huomioita maalatessa kannattaa kiinnittää siihen, että ei maalaa väärää pintaa ja unohda sen korjaamista.



Kuva 8. Portaikko

Alakerta on valmis ja sitä yhdistää nyt portaat, joten siirrytään luomaan toista kerrosta. Tämä kerros on huomattavasti pienempi ja ahtaampi, joka johtaa parvekkeelle. Kuvassa 8 nähdään lopputulos portaikosta.

### 3.1.5 Yläkerran mallintaminen

Yläkertaan tulee kaide, ikkuna, piippu ja ovi parvekkeelle. Katon sijoittaminen paikalleen suoritetaan viimeisenä, sillä tämän jälkeen yläkerrassa liikkuminen käy ahtaaksi ja tukalaksi, joka vaikeuttaisi mallintamista.

Seuraavaksi aloitetaan parvekkeen tekeminen, joka on pinta-alaltaan yhtä iso kuin kuisti. Otetaan kuistista mitat ja luodaan niiden perusteella neliö, joka on identtinen kuistin lattiaan ja nostetaan se paikalleen. Kun pituus, leveys ja korkeus täsmäävät, nostetaan se samalla tasalla kuin yläkerran lattia. Kuistilla oli neljä puupalkkia, jotka tukevat parveketta. Kaksi näistä on terassin kulmissa ja kaksi niiden välillä.

Näihin kulmiin luodaan neliöt ja nostetaan ne koskettamaan parvekkeen pohjaa. Kaksi keskimmäistä palkkia nostetaan korkeammalle sillä ne tukevat kattoa ja niiden pituus on noin kaksinkertainen verrattuna kulmissa oleviin kappaleisiin. Kun palkit on nostettu ja parvekkeen lattia on valmis, tehdään seinä erottamaan ulkotila ja sisätila. Alakerran seinää käyttämällä pääsemme **push/pull** -työkalun avulla suorittamaan seinän nostamisen. Tämän työkalun ctrl funktio luo uuden pinnan, joka alkaa valinnasta. Nostetaan seinä pohjapiirustuksien mukaisesti, varmistetaan että ovelle jää aukko ja siirretään viimeinkin ovi paikalleen. Toistetaan sama prosessi talon vastakkaisella seinällä, johon jätetään paikka ikkunalle. Yläkerrassa ovat nyt seinät paikallaan, joten hoidetaan sinne kaide. Kaide yhdistyy rappusten päässä olevaan kaiteeseen, joten voimme käyttää tätä pistettä, kun päätämme korkeutta kappaleelle.

Seuraavana on kaiteen luonti käsinojasta. Aikaisemmin tehdyn kaiteen avulla saamme mitat, jolla luomme neliön sille seinän korkeudelle, missä kaiteet kohtaavat. Kun neliö on oikealla korkeudella seinällä ja on samankokoinen kuin aikaisemmin tehty kaide, käytetään **push/pull** -työkalua venyttämään se kuvien mukaisesti. Kun kappale on päädyssä, tehdään sen reunaan viiva, jolla erotetaan kappale kahteen osaan. Tämä reuna kertoo ohjelmalle sen, että sitä tulee käsitellä omana pintanaan ja nyt kun käytetään taas **push/pullia**, se liikuttaa vain tätä pientä palasta. Vedetään taas päätyyn ja toistetaan prosessi, kunnes päädytään tilanteeseen, missä voidaan yhdistää käsinojat toisiinsa yhdeksi kappaleeksi. Kun käsinoja on valmis, luodaan yksittäinen pinna. Tämä

pinna tullaan kopioimaan ja siirtämään **move** -työkalulla, asetetaan se käsinojan pohjaan ja kopioidaan, kunnes kaide on valmis.

### 3.1.6 Katon luonti ja asettaminen

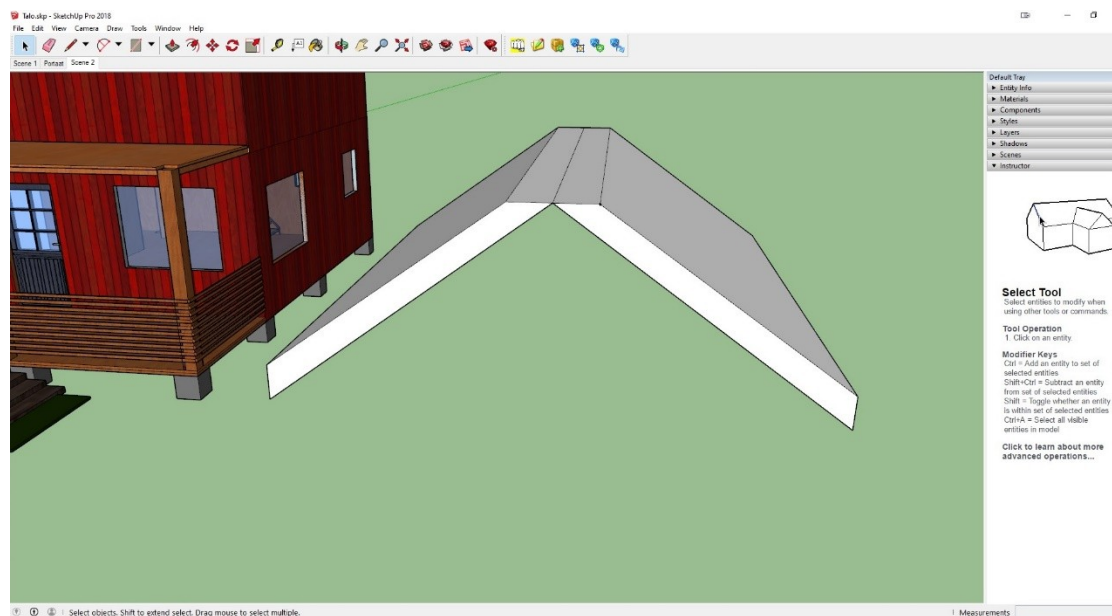
Yläkerta on nyt kattoa vaille valmis. Katon tekeminen aloitetaan talon ulkopuolella, sillä sen luominen ja siirtäminen on yksinkertaisempaa kuin sen tekeminen suoraan katon kohdalle ja korjaukset voidaan suorittaa tehokkaammin. Katon luomisen voi hoitaa usealla tavalla, mutta tässä tullaan käyttämään samaa metodia, mitä on käytetty aikaisemmin muissa projektin työvaiheissa. Luodaan laatikko, joka on hieman pitempi kuin koko rakennus takimmaisesta seinästä terassille asti, valitaan reuna, jota halutaan venyttää, vaihdetaan **move** -työkaluun ja liikutetaan reunaa 45° katon paksuuden verran. Nyt laatikko, jonka toinen kulma on maassa kiinni ja toinen ilmassa voidaan muuttaa katoksi. Laatikon pintaa käsitellään nyt **push/pull** -työkalun avulla. Nostetaan pinta hieman päälle kahden ja puolen metrin korkeuteen. Valitaan tämä kappale klikkaamalla sitä useampaan kertaan, jotta sen ympärillä ovat siniset viivat, käytetään **move** -työkalun kopiointi funktiota, siirretään kopioitu katonpuolisko hieman erilleen ja vaihdetaan sen suuntaa **rotate** -työkalulla. Kun molemmat puoliskot osoittavat samaan suuntaan, tuodaan ne vierekkäin ja yhdistetään ne. Näiden kahden kappaleen välissä olevan viiva, joka erottaa katon kaksi palasta voidaan poistaa. Tämän voi suorittaa valitsemalla viivan, jotta siitä tulee sininen ja oikea klikkaamalla ja painamalla remove, tai voidaan käyttää **eraser** -työkalua ja valitsemalla viiva. Katon voisi jo nyt sijoittaa paikalleen, mutta tehdään tässä vaiheessa tekstuurien ja maalien asettaminen katolle. Valitaan mieluisa kattotekstuuri, asetetaan se katolle ja tarkistetaan työn laatu. Jos jäi joitakin kohtia mitkä eivät saaneet pintaa, asetetaan niihin manuaalisesti sama tekstuuri. Katon sisäpinta maalataan vasta myöhemmin, kun katto on asetettu, sillä voimme poimia värin ja tekstuurin talon seinän ja **paint bucket** -työkalun ja pipetti funktion avulla.



Kuva 9. SketchUpin työkalut

Kuvassa 9 nähdään SketchUpin työkalut rivissä.

Katon siirtäminen paikalleen on seuraava vaihe (kuva 10). Teimme parvekkeelle aikaisemmin kaksi palkkia, joita käyttämällä laitamme katon paikalleen. Tehdään näiden palkkien väliin niitä yhdistävä palkki käyttäen samaa metodia kuin aikaisemminkin luomissamme kappaleissa. Kun nämä pilarit ovat ylhäältä päin yhdistettynä, voidaan siirtyä siirtämään katto.



Kuva 10. Katto käyttäjän perusnäkymässä

Katon siirtämisessä hyödynnetään pilareita, seiniä, ovea ja yläkerran lattiaa, jotta saadaan se sijoitettua oikealla paikalleen. Valitaan aikaisemmin luotu katto ja käytetään **move** -työkalua. Siirretään kattoa siten, että olemme ottaneet sitä reunasta kiinni ja liikutetaan se paikalleen. Katon paikka on oikein siinä vaiheessa, kun se peittää yläkerran ja aikaisemmin mainitut palkit osittain. Oven päälle, joka sijoitettiin aikaisemmin, tulee jäädä hieman rakoa ja katon ulommaisin reuna on samalla tasolla kuin yläkerran lattia. Katon tulisi näyttää samalta kuin aikaisemmin otettu kuva rakennuksesta (kuva 7). Mahdollisessa virhetilanteessa missä katto ei ole oikean pituinen, voidaan käyttää **push/pull** -työkalua muuntamaan se sopivan kokoiseksi. Jos katon sijoittamisessa oli ongelmia tai puitteita, kumotaan tehty siirtäminen ja kokeillaan uudestaan. Tuloksen hyväksymisen jälkeen siirrytään kamera yläkerran puolelle ja vaihdetaan katon väri sisältä päin. Tarkistetaan, että koko katto on maalattu ja yhtään kohtaa ei jäänyt paljaaksi voidaan todeta katto valmiiksi.



### 3.1.7 Yksityiskohdat ja muut kohteet

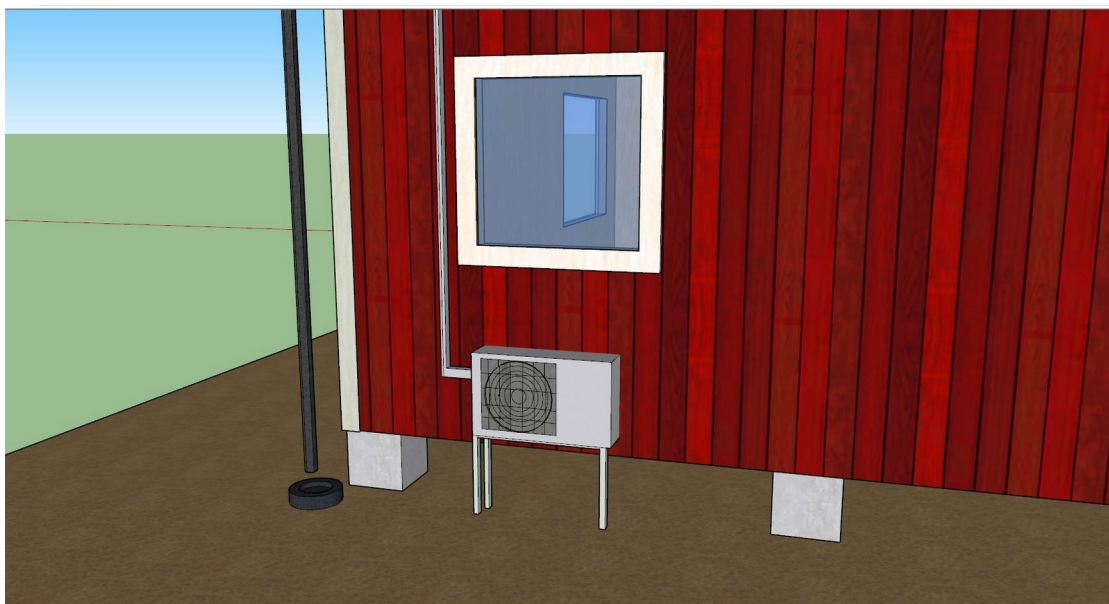
Takan urakointi on seuraava työkohde. Sen sijaan, että tehdään takka talon ulkopuolella, tehdään se suoraan paikalleen. Alakerran seinä on osittain valkoista tiiltä, jonka eteen takka tulee, joten luodaan tämä seinä siihen ensin. Rajataan seinään viivat siten, että valkoinen tiilipeite tulee kahden oviaukon väliin ja maalataan se sopivalla värillä ja tekstuurilla. Kun seinä on valmis, siirrytään luomaan laatikko siihen kohdalle mihin takka halutaan sijoittaa. Takka ei ole sen yksityiskohtaisempi, joten tekemällä ja nostamalla neliön takan korkeuteen **push/pull** -funktiolla saadaan sopivan kokoinen takka. Lasi saadaan tekemällä takan pinnalle neliö, joka värjätään samalla värillä kuin aikaisemmin tehdyt ikkunat. Nyt meillä on harmaa laatikko, johon on kiinnitetty lasi ja voimme siirtyä tekemään savupiippua. Tehdään laatikon päälle ympyrä, jonka nostamme yläkerran lattian läpi ja katon läpi, kunnes se nousee talon yläpuolelle. Värjätään savupiippu oikean väriseksi, tarkistetaan piippu ongelmien varalta ja siirretään huomio takaisin takkaan. Koristellaan takkaan yksityiskohdat ja annetaan sille väri ja tekstuuri.

Talon molemmilla puolilla on sadevesirännit, joita aletaan tekemään seuraavaksi. Koska molemmat rännit ovat samanlaisia, voidaan tässä kohtaa luoda toinen puolisko ja kopioida lopputulos toiselle puolelle. Mitataan aluksi tarvittava pituus ränneille, jonka saamme katon reunasta. Kun tulos on saatu, tehdään putki, joka on hieman pitempi kuin saamamme arvo ja tehdään sen putken päähän vaakasuora viiva, joka jakaa putken ylä- ja alaosaan. Poistetaan kappaleen yläpuolisko **push/pull** -työkalun kanssa ja lisätään jääneelle puoliskolle upotus ja meillä on nyt valmiina vesikouru. Kun vesikouru on valmis, nostetaan vesikouru katon reunan tasalle. Ei kiinnitetä kappaletta vielä, vaan siirrytään toiseen päähän, minne lisäämme alastulon. Tehdään vesikourun päätyyn ympyrän muotoinen aukko, jonka vedämme maahan asti. Ränni on nyt valmis, joten luodaan siitä kopio ja siirretään se kiinni katon reunaan sille tarkoitetulle kohdalle. Toistetaan sama toisella puolella ja rännit ovat paikallaan.

Nyt siirrytään varustamaan mökin takaosaa. Tänne sijoitetaan tikkaat, ilmalämpöpumpun ulkoyksikkö ja sähköpaneeli. Aloitetaan luomalla tikapuut. Tikapuut ovat tehty metallista ja ovat kiinnitetty takimmaiseen seinään. Niiden luonti on paras aloittaa talon ulkopuolella ja siirtää valmis kappale

myöhemmin. Luodaan kaksi pientä laatikkoa, annetaan näille väliä ja nostetaan ne katon korkeudelle. Kun nosto on tehty, luodaan askelmat niiden välille samalla menetelmällä kuin portaikossa. Erona tietenkin se, että askelmat ovat paljon pienempiä ja pystysuorassa. Kun askelmat ovat valmiit, maalataan tikkaat tummalla metallinvärisellä maalilla. Siirretään tikkaat paikalleen siten, että ne antavat suoran pääsyn katolle sille kohdalle missä savupiippu sijaitsee.

Seuraavana on vuorossa ilmalämpöpumpun ulkoyksikön tekeminen. Se sijoitetaan siten, että yksikkö on takimmaisena seinän ikkunan alapuolella. Luodaan ääri viivat maahan, nostetaan kappale oikean kokoiseksi ja siirretään se seinään kiinni. Kun tämä on tehty, tehdään sille jalat tekemällä neliöt ulkoyksikön pohjaan ja venyttämällä ne maahan asti. Värjätään yksikkö ja siirretään se paikalleen. Kuvassa 11 on yksikön kiinnitys suoritettu.



Kuva 11. Valmis ulkoyksikkö

Sisäyksikön luominen aloitetaan luomalla laatikko talon ulkopuolella, joka jaetaan kolmeen osaan. Ylin osa vedetään pisimmäksi, keskimmäinen osa vedetään ylimmän osan puolitiehen ja kolmas vedetään keskimmäisen osan puoleenväliin. Värjätään se valkoisen väriseksi ja asetetaan talon sisälle.

Seuraavaksi on sähköpaneelin vuoro, luodaan seinään suoraan neliönmuotoiset viivat, vedetään sitä **push/pull** -työkalun kanssa ja väritetään

sen pinnat valkoiseksi. Laatikon alareunaan luodaan ympyränmuotoinen johto ja vedetään se maahan.

### 3.1.8 Renderöinti

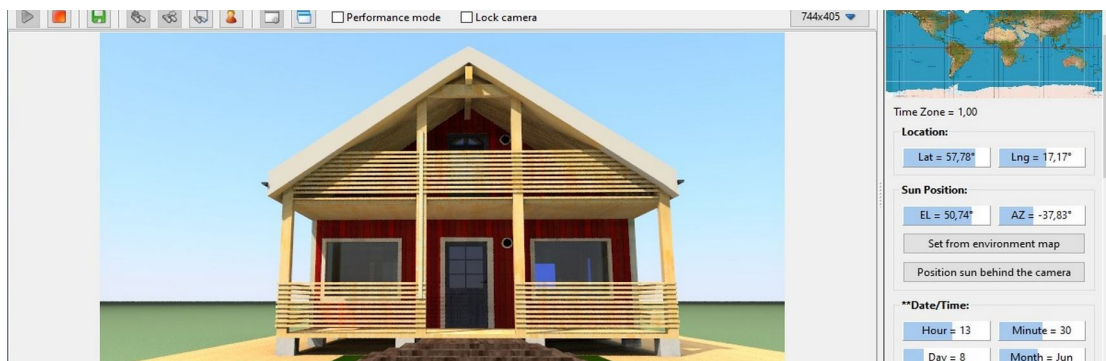
3D-renderöinnillä tarkoitetaan 3D-mallia tietyssä kulmassa, josta on tehty fotorealistinen tai ei-fotorealistinen valokuva. Tässä kuvassa on mukana valaistus, heijastukset ja tekstuurit pinnoille, joissa niitä on käytetty (PCMag s.a.). Yleisesti prosessi etenee seuraavasti: Varsinaisen 3D-mallin luominen, sen ns. pukeminen, jossa malli saa tekstuurit, valaistuksen asettelu ja sovittelu, kuvakulman valitseminen ja viimein renderöinti. Renderöinnin avulla saadaan luotua realistisia kuvia, joita voidaan hyödyntää esim. sisustuksen suunnittelussa. Koska kaiken voi säätää virtuaalisesti, voidaan lisätä ja poistaa esineitä tarpeen mukaan, lisätä aivan uudenlaisia taustoja ja tekstuureja ja päättää valaistus. Realistisen kuvan avulla voidaan esittää asiakkaalle useita vaihtoehtoja ilman, että niitä tarvitsee suorittaa. 3D-renderöinti on edullinen ja tehokas tapa luoda jotain, mitä ei ole vielä olemassa.



Kuva 12. Valmis malli

Tämän työn kannalta käytetään renderöinti -työkaluna Raylectron V.4. Kun malli on valmis ja se halutaan viimeistellä renderöinnin avulla, etsitään sopiva kuvakulma, sommitellaan kamera siten, että haluttu näkökulma tulee esille ja valitaan Raylectron -työkalu. Napsauttamalla valikosta renderöintiä päästään

valikkoon, jossa annetaan nimi valmistuvalle renderille. Tämän jälkeen ohjelma antaa muutamia vaihtoehtoja käyttäjälle. Tässä tapauksessa valitsen vain asetuksista valaistuksen lähteen ja miten ja mistä suunnasta auringon valo tulee. Kuvassa 12 näkyy 3D-malli ennen renderöintiä.



Kuva 13. Render-ohjelman näkymä

Pluginin avulla saadaan muutettua valaistusta, valon lämpöä, varjoja, materiaalien värejä ja tekstuureita, kameran asetuksia kuten syvyyttä, tarkkuutta tai minkälainen perspektiivi kamera on käytössä. Kuvan 13 valikossa voidaan asetuksia muuttaa.



Kuva 14. Valmis renderöity kuva

Kuten kuvassa 14 nähdään, kuva muuttuu aika lailla. Pinnat ovat sileämpiä, työhön ilmestyy varjoja ja työnjälki näyttää puhtaammalta.

### 3.2 Toinen mallinnuskohde: lihashuoltovasara

Seuraava kohde on Future TT Sport akkukäyttöinen lihashuoltovasara. Tuotetta käytetään hieronnan ja palautumisen kannalta ja sitä olen käyttänyt useasti. Tuotteessa on useita vaihtopäitä, mutta työn kannalta tulen mallintamaan niistä vain yhden. Pienestä koostaan huolimatta verrattuna edelliseen taloon verrattuna, siinä on pieniä yksityiskohtia, jotka voivat olla hankalia mallintaa. Mallinnuksen jälkeen, tullaan se asettelemaan pieneen valkoiseen huoneeseen, jossa suoritetaan tekstuuriin asettaminen, valaistuksen säätäminen ja renderöinti. Lopputuloksena tulisi olla realistinen versio, miltä tuote näyttää. Kuvasta 15 katsotaan mallia, minkälainen lopputulos on.



Kuva 15. Lihashuoltovasara

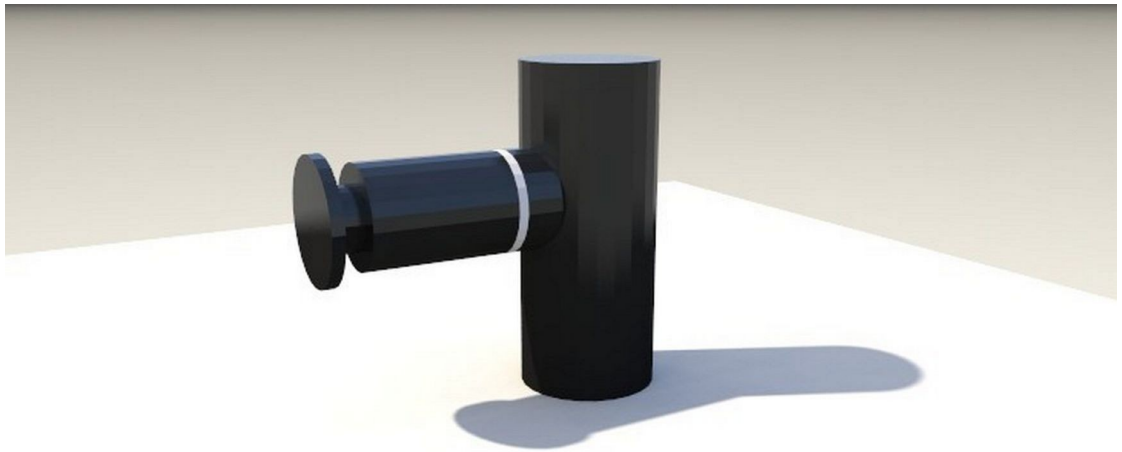
Työ aloitetaan tekemällä varsinaiselle vasaralle alusta, jolla se voidaan esitellä. Tähän luodaan laatikko joka **push/pull** -työkalun avulla nostetaan sopivalle korkeudelle. Luodaan lieriö laatikon päälle ja annetaan sille korkeutta 14 cm. Nyt meillä on runko, johon voimme kiinnittää muut osat.

SketchUpissa ei voi luoda pintaa pinnan sisälle, joten jos halutaan liittää kaksi osaa yhteen, tulee ne tehdä erikseen omina kappaleinaan ja liittää ne yhdeksi vasta myöhemmin. Seuraavana vuorossa on varren luonti. Hyödynnetään alustaa, joka luotiin aikaisemmin sillä tavoin, että luodaan sen pinnalle

ympyrä, josta venytetään parin sentin mittainen lieriö. Tämän lieriön päähän tarvitaan uusi pinta, hopeareunukselle joka varressa on, joten käytetään **push/pull** -työkalun ominaisuutta luoda uusi pinta valinnasta. Valitaan työkalu ja painetaan ctrl -painiketta, jolloin työkalu luo uuden pinnan sen sijaan, että se venyttää vanhaa. Annetaan uudelle pinnalle sentti paksuutta, jolloin koriste on valmis. Useissa työkaluissa on useita eri funktioita, jotka selviävät valitsemalla työkalun ja klikkaamalla oikeasta valikosta kohdan **Instructor**.

Toistetaan sama kerran vielä, mutta nyt venytetään kappaletta pitemmälle, noin 4 sentin verran. Varsi on tehty, joten valitaan se ja siirretään paikalleen siten, että varren alku on rungon sisällä. Ennen pintojen väritymistä tarvitaan vielä vasarapää laitteeseen kiinni. Luodaan varren päähän pieni ympyrä, annetaan sille hieman pituutta ja sen jälkeen käytetään **push/pull** -työkalun funktiota, jolla luodaan vasarapää laitteelle. Viimeistellään malli antamalla sille oikeat värit (kuva 8). Nyt meillä on puhdas 3D-mallinnus vasarasta ja nyt luodaan siitä renderöinti.

Käyttämällä Raylectronin sisäisiä funktioita, saadaan malleista paljon hiotumman näköisiä.



Kuva 16. Lihashuoltovasaran renderöity versio

Lopullisessa mallissa joka verkkoon tulee ei sisällä alustaa. Koska alusta on osa mallia, tekee se itse lihashuoltovasarasta hyvin pienen objektin, jota olisi hyvin vaikea alkaa tutkimaan ja kääntelemään miellyttävästi. Kuvassa 16 on lopputulos.

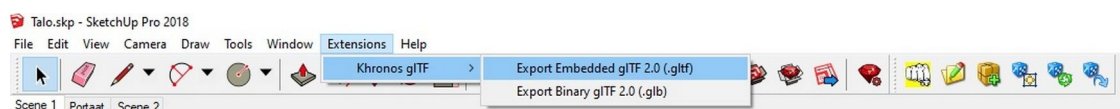
#### 4 3D-MALLIEN UPOTTAMINEN VERKKOSIVULLE

WordPress on ilmainen ja avoimen lähdekoodin alusta verkkosivujen luomiselle ja jakamiselle. Sivut ovat helposti muokattavissa, yhteisö on valtava ja lisäosien eli pluginien laaja valikoima mahdollistaa helposti, mutta silti omalaatuisten sivujen luomisen. WordPressiä päivitetään usein, joten se on relevantti, noin 40 % koko maailman verkkosivuista on luotu sen avulla (Kinista 2021). Se on koodattu PHP:llä ja hyödyntää MySQL-tietokantaa.

Jotta työ saataisiin esiteltyä, tarvitsee se alustan, jossa nämä mallit ja renderöinnit voidaan julkaista. Tähän verkossa sopivia vaihtoehtoja on useita, mutta valitsin WordPressin muutaman tärkeän ominaisuuden takia:

Lukuisten lisäosien (pluginien) takia WordPress on erittäin joustava ja muotoiltava verkkoalusta. Pluginien avulla voidaan hetkessä ottaa käyttöön kaupallinen funktio, galleria tai tämän opinnäytetyön kannalta, 3D-mallin kääntämiseen ja tutkimiseen tarkoitettu lisäosa.

Mallinnuksen päätteeksi tarvitaan alusta, jossa voidaan esitellä 3D-mallit ja renderöity kuva. Tässä työssä ei keskitytä, kuinka WordPress -sivusto luodaan vaan, miten sitä voidaan käyttää tuotoksien jakamisessa. WordPress ei pysty käsittelemään 3D -malleja ilman oikealaista tiedostomuotoa ja pluginia. Pluginina toimii 3D viewer, jolla WordPressissä voidaan näyttää interaktiivinen 3D -malli. Plugin tarvitsee myös oikean tiedostomuodon ja tämä riippuu siitä, mitä ohjelmaa ja pluginia käytetään. Tämän tehtävän kannalta .glTF ja .glb -tiedostot toimivat ja ovat jaettavissa 3D viewerissä. SketchUpissa ei kuitenkaan pysty suoraan tallentamaan mallia näinä tiedostoina, joten tarvitaan jokin keino millä voidaan muuttaa SketchUpin .skp -tiedosto yhteensopivaksi WordPressin kanssa. Menetelmiä on monia ja väärä vastaus ei ole, itse valitsin kuitenkin lisäosan asentamisen SketchUpiin, joka luo mallista suoraan oikeanlaisen tiedoston.



Kuva 17. Tiedostomuodon määrittäminen

Kuvassa 17 valitaan tiedostomuoto mallille.

Kun tiedosto on valmis, siirrytään asentamaan 3D viewer -sivustolle. Sitten kirjaudutaan sisään, navigoidaan ohjausnäkyyn ja sieltä lisäosiin, valitaan listasta lisää uusi ja etsitään 3D viewer. Asennus tapahtuu klikkaamalla näppäintä ja pienen odottamisen jälkeen WordPress ilmoittaa asennuksen olevan valmis. Lisäosa tulee kuitenkin vielä aktivoida, jonka voi tehdä suoraan samalta sivulta painamalla samaa asennuspainiketta. Tämä nähdään kuvassa 18.



**3D viewer – Embed 3D Models**

Easily display 3D models on the web. visualize your .glb, .gltf files.

Tekijä *bPlugins LLC*

**Aktiivi**

Lisää t

★★★★☆ (9)

1 000+ aktiivista asennusta

Viimeksi päivitetty: 20 tuntia

Tätä lisäosaa ei ole testattu WordPressin versiossi k

Kuva 18. Lisäosa 3D viewer aktivoitu

Asennuksen valmistumisen jälkeen tarvitaan sivusto ja tiedosto jossa malli esitellään. Luodaan siis sivu ja tämän työn kannalta annetaan sille nimeksi Mallit. Annetaan sivun olla ja siirrytään ohjausnäkyyn ja valitaan 3D viewer, jolla luodaan koodi 3D-mallille. Pitämällä osoitinta tämän valikon päällä, saadaan vaihtoehto luoda uusi kappale. Prosessi on yksinkertainen ja tässä kohtaa annetaan kappaleelle nimi ja tiedosto, jotta verkkosivu pystyy näyttämään mallin. Kohdassa 3D Source etsitään aikaisemmin luotu .gltf tai .glb -tiedosto, ladataan se sivustolle ja kun malli on ladattuna palvelimelle, napataan hieman ylempänä olevasta laatikosta koodi, joka sijoitetaan verkkosivulle. Siirrytään takaisin sivuston muokkaustilaan, jossa aikaisemmin luodulle sivustolle lisätään 3D-malli. Koska sivusto on tyhjä, tarjoaa sivu valmiita lohkoja käyttäjälle. Jos WordPress ei tarjoa lohkoeditoria, klikataan sivun yläkulmasta vaaleansinistä plus merkkiä. Kirjoitetaan lohkojen hakuriviin Shortcode tai Lyhytkoodi, jolloin editoriin tulee näkyviin samanniminen lohko. Valitaan tämä, jolloin näytölle ilmestyy ruutu, jossa pyydetään 3D-mallin id-



osoitetta. Tämä meillä on tallessa, joten kopioidaan valinta ruutuun, tallennetaan muutokset ja vierailaan sivustolla. Jos kaikki on mennyt oikein, on meillä sivusto, jotta on 3D-malli, jota voi käänellä ja pyöritellä haluamansa mukaan. Kuvassa 19 näkyy, mitä koodia tulee käyttää sivustolla.

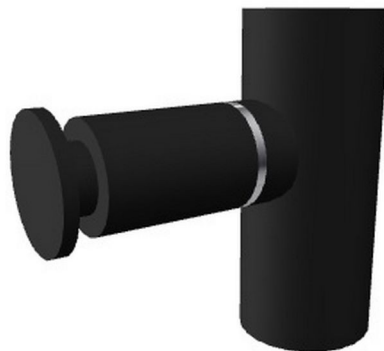
Vasara

[/] SHORTCODE
Supports

[/] SHORTCODE	Supports
<p><b>Shortcode</b></p> <p>Copy and paste this shortcode into your posts, pages and widget:</p> <div style="background-color: #e0e0ff; padding: 5px; border: 1px solid #ccc; display: inline-block; margin: 10px auto;"> <code>[3d_viewer id="58"]</code> </div>	<p><b>Template Include</b></p> <p>Copy and paste the PHP code into your template file:</p> <div style="background-color: #e0e0ff; padding: 5px; border: 1px solid #ccc; display: inline-block; margin: 10px auto;"> <pre>&lt;?php echo do_shortcode('[3d_viewer id="58"]'); ?&gt;</pre> </div>

Kuva 19. Lyhytkoodin käyttökoodi

Tämän jälkeen siirrytään luodulle sivulle, jossa pääsemme kokeilemaan sivuston toimintaa. Malli voidaan avata koko näytön tilaan ja sitä voidaan pyöritellä ja tarkastella mistä tahansa kulmasta ja suurentaa ja pienentää. Kuvassa 20 vasaran aloitusnäkyä sivustolla.



Kuva 20. 3D-malli vasarasta upotettuna

Sivusto jaetaan etusivuun, mistä pääsee linkkien kautta sivustoille nimeltä talo ja vasara, minne sijoitetaan 3D-mallit ja renderöinnit malleista, jossa niitä voidaan vertailla keskenään. Upotetaan talon malli samalla tavalla verkkoon kuten lihashuoltovasara.



Kuva 21. Verkossa toimiva malli mökistä

Kuten kuvasta 21 nähdään, mallin tiedostomuodon muuttaminen ja upottaminen verkkoon muuttaa lopputulosta hieman. Lopputulos kuitenkin on toimiva malli talosta, jota voi hallita kuten aikaisempaa vasaraa.



Kuva 22: Vertailu kuvan ja 3D-mallin välillä.

Nyt kun mallit ovat verkossa, jaetaan 3D-renderöity kuva ja asetetaan se samalle sivulle, missä päästään vertailemaan lopputuloksia. 3D-renderissä on huomattavasti enemmän yksityiskohtia, se on terävämpi ja varjot näyttävät paremmalle. 3D-malli taas puolestaan näyttää hieman erilaiselta verrattuna alkuperäiseen malliin ja renderiin, mutta on muuten täysin toimiva malli. Kuvassa 22 erot tulevat hyvin selville.

Haasteena WordPressin pluginien käyttämisessä tulee se, että käyttäjällä on hyvin harvoin mahdollista vaikuttaa päivityksiin tai niiden tiheyteen. Jos WordPress päivittyy ja pluginia ei kehitetä samaan tahtiin tai se on hylätty projekti, voi ongelmatilanteita syntyä kuten rikkiäisiä malleja tai pahimmassa tapauksessa plugin ei vain enää toimi. Koska nämä pluginit vaativat tekemistä ja päivittelyä, ollaan tässä suunnittelijoiden armoilla.

## 5 PÄÄTÄNTÖ

Työn tarkoituksena oli 3D-mallin tekeminen ja sen jakaminen verkkoon. Pääpainona oli mallintamisen prosessi ja kuinka sitä lähdettiin suorittamaan, mitä kannattaa tehdä tietyissä kohdissa, kuinka soveltaa luovaa ajattelua. Työn alussa suunnitelma oli tehdä kolme erilaista kohdetta, mutta mallinnuksen edistyessä kolmannelle mallille ei ollut enää tarvetta. Työssä mallinnettiin suurta mökkiä ja pientä lihashuoltovasaraa, jotka eroavat toisistaan suuresti.

Kesämökin luonnissa sovellettiin hyviä mallinnustekniikoita ja käytäntöjä, joiden avulla mökin rakentaminen sujui hyvin, mutta ongelmatilanteita syntyi myös. Joskus ongelmia tuli, kun pyrittiin yhdistämään erilaisia kappaleita yhdeksi objektiksi ja siirtämään niitä yhtenä, joskus seinät saattoivat jakautua useampaan osaan, mikä teki mallintamisesta hankalaa. Kohde näytti hyvin esimerkillisesti sen, että ongelmat kannattaa korjata heti kun ne huomataan eikä antaa niiden muodostaa yhtä isoa ongelmaa. Lihashuoltovasaran kannalta ongelmia ei muodostunut ja oli hyvin helppo verrattuna aikaisempaan kohteeseen.

Tulevaisuudessa samanlaista tehtävää varten muuttaisin muutamia asioita: Komponenttien luominen erikseen omina tiedostoinaan, jotka voidaan siirtää myöhemmin yhteen isoon tiedostoon. Näiden yksityiskohtien sijoittaminen

tehdään vasta viimeisenä, joka helpottaa pääkohteen mallintamista ja ehkäisee ongelmia.

Haasteena oli myös oikeanlaisten pluginien löytäminen. SketchUpissa ja WordPressissä olevat pluginit ovat riippuvaisia siitä, mitä versioita näistä ohjelmista käytät, ovatko suunnittelijat kiinnostuneita päivittämään näitä ohjelmia usein ja onko lisäosa sitä mitä käyttäjä tarvitsee.

Vertaillen SketchUpin ja WordPressin pluginien käyttömahdollisuuksia, SketchUpilla on plugineissa paljon aktiivisemmat suunnittelijat eikä ohjelmaa tarvitse päivittää aina uusimpaan versioon, mikä antaa joustavuutta versioita valitessa. Valitettavasti WordPressin 3D valikoima oli paljon hankalampi, sillä suunnittelijat eivät päivitä plugineja samaan tahtiin kuin WordPress päivittyy. Uusia versioita tulee tiheämpään tahtiin ja se voi rikkoa pluginien toimivuuden.

WordPress osion aikana tuli totuttua siihen, että aina kaikki työvälineet eivät ole toimivia tai ovat aikarajoitteisia. Joskus työtä tehdessä ulkopuoliset tekijät vaikuttavat urakan etenemiseen ja pahimmassa tapauksessa estävät minkäänlaisen edistymisen. Näissä tapauksissa kannattaa pitää pää kylmänä ja keskittyä muuhun osa-alueeseen työssä tai suunnitella seuraavaa askelta. Hyvällä suunnitelmalla ja aikataululla ottaen huomioon ulkopuoliset tekijät saadaan tehtyä tehokasta työtä. Jälkiviisautena olisin alkanut tarkistamaan milloin WordPress saa päivityksiä, jolloin olisin voinut keskittyä aiheisiin missä näiden häiriötekijöiden vaikutuksen olisi voinut minimoida.

Työ opetti paljon siitä, kuinka työtä kannattaa tehdä pienissä palasissa ja välillä ottaen askeleen taaksepäin ja tarkastaen isomman kuvan kannalta mitä ollaan tekemässä. Myös ulkopuolisten tekijöiden huomioiminen ja aikataulun rakentaminen näiden ympärille tuli yllättävänä haasteena, joista suoriuduin hyvin.

## LÄHTEET

Common 3d Printing Materials. s.a. 3Dalt. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.3dalt.com/common-materials> [viitattu 25.10.2021].

History. Blender. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.blender.org/about/history/> [viitattu 31.10.2021].

Kinsta. s.a. What Is WordPress? Explained for Beginners. WWW-dokumentti. Päivitetty 27.4.2021. Saatavissa: <https://kinsta.com/knowledgebase/what-is-wordpress/> [viitattu 5.10.2021].

Kuska, A. 2020. How 3D Modeling Has Impacted the Architecture and Design Industry throughout the Last 30 Years. Cadcrowd. WWW-dokumentti. Päivitetty 15.12.2020. Saatavissa: <https://www.cadcrowd.com/blog/how-3d-modeling-has-impacted-the-architecture-and-design-industry-throughout-the-last-30-years/> [viitattu 21.10.2021].

Level of Detail (LOD). 2012. Technopedia. WWW-dokumentti. Päivitetty 29.10.2012. Saatavissa: <https://www.techopedia.com/definition/11791/level-of-detail-lod> [viitattu 27.10.2021].

PCMag. s.a. Render. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/render> [viitattu 1.3.2022].

Prus, I. 2016. What Is 3d Modeling? Things You've Got To Know Nowadays. Archicgi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://archicgi.com/product-cgi/3d-modeling-things-youve-got-know/> [viitattu 19.10.2021].

Sketchpad – Complete History of the Sketchpad Computer Program. 2021. History-computer. WWW-dokumentti. Päivitetty 15.7.2021. Saatavissa: <https://history-computer.com/software/sketchpad-complete-history-of-the-sketchpad-computer-program/> [viitattu 19.10.2021].

Turbosquid. s.a. About Turbosquid. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.turbosquid.com/AboutTurboSquid> [viitattu 30.3.2022].

Vaughan, W. 2012. Digital Modeling. Berkeley: New Riders.

Woodford, C. 2007. Virtual Reality. WWW-dokumentti. Päivitetty 29.8.2021. Saatavissa: <https://www.explainthatstuff.com/virtualreality.html> [viitattu 29.1.2022].