



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

3D-malli Ylivieskan keskustan kaavoituksen apu- välineeksi

Mikko Kontinaho

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2016
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka

KONTINAHO MIKKO:

3D-malli Ylivieskan keskustan kaavoituksen apuvälineeksi

Opinnäytetyö 32 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Maaliskuu 2016

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa 3D-malli Ylivieskan kaupungin keskustasta ja samalla tutkia kaupunkimallintamisen menetelmiä. Mallinnus tehtiin asemakaavan ja laserkeilausdatan pohjalta ja tavoitteena oli tuottaa malli, jota voidaan käyttää kaavoituksen suunnittelun tukena. Opinnäytetyö tehtiin Ylivieskan kaupungin maankäyttöyksikön toimeksiannosta.

Osana opinnäytetyötä tutustuttiin asemakaavoitusprosessin kulkuun ja kaavoitukseen liittyvään lainsäädäntöön. Lisäksi käytiin läpi 3D-mallinnuksen perusteita, ja tutkittiin mistä mallit koostuvat ja mitä erilaisia mallinnusmuotoja on olemassa. Mallinnusohjelmistojen osalta selvitettiin käytetyimpien ohjelmistojen perusominaisuuksia.

Pääasiallisena työkaluna mallinnusprosessissa toimi ArchiCAD 19 -ohjelmisto, mutta myös muita mallinnusta tukevia ohjelmia käytettiin hyväksi. Opinnäytetyössä käytiin läpi kohta kohdalta maaston pinnan muodostaminen laserkeilausdatasta ja rakennusten mallintaminen. Prosessi pyrittiin kuvailemaan mahdollisimman yksinkertaisesti ja helpotajuisesti käyttämällä esimerkkejä.

Mallinnusprosessin edetessä huomattiin, kuinka hankalaa pistepilvidatan käsitteleminen on ja kuinka aikaa vievää rakennusten yksityiskohtainen mallintaminen on. Lisäksi tekstuurien tärkeys todentuntuisuuden luomisessa malliin nousi esiin. Työssä myös pohdittiin mallinnuksen merkitystä kaavoituksessa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction engineering
Building construction

KONTINAHO MIKKO:

3D-model of the Ylivieska town centre to aid town planning

Bachelor's thesis 32 pages, appendices 5 pages

March 2016

The aim of thesis was to produce a 3D-model of the Ylivieska town centre and meanwhile research city modeling procedures. The model was made based on town plan and laser scanning data and the goal was to produce a model, which can be used to support designing the town plan. Thesis was commissioned by the Town of Ylivieska.

As a part of the thesis town planning process and legislation regarding town planning were examined. The basics of 3D-modeling, what models are comprised of, and the different ways of modeling were also reviewed. In addition, basic features of the most used modeling software were researched.

The main tool used in the modeling process was ArchiCAD 19 –software, but also other software supporting the modeling was used. In the thesis, the process of creating a surface mesh from a laser scanning data was underwent from point to point and also the modeling of buildings was described. It was pursued to describe the process as detailed as possible and in an easily understandable way by using examples.

During the modeling process it was found out how difficult it is to deal with the point cloud data and also how time consuming it is to model building in high detail. The importance of using textures to create realism in the model was discovered as well. The significance of 3D-modeling in town planning was also speculated in the thesis.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KAAVOITUS.....	6
2.1	Kaavatasot.....	6
2.2	Asemakaavoitus	7
2.2.1	Osallistumis- ja arviointisuunnitelma	7
2.2.2	Kaavamääräykset	8
2.2.3	Rakennusjärjestys.....	8
2.2.4	Rakennustapaohjeet.....	9
3	3D-MALLINTAMINEN	10
3.1	3D-mallintaminen yleisesti	10
3.1.1	3D-mallin tarkkuus.....	10
3.2	Maaston mallintamisen menetelmät	12
3.2.1	Laserkeilaus.....	12
3.2.2	Korkeuskäyrät	12
3.3	Mallinnusohjelmistot	13
3.3.1	Graphisoft ArchiCAD	13
4	YLIVIESKAN KESKUSTA-ALUEEN MALLINTAMINEN.....	15
4.1	Mallinnusprosessi	15
4.2	Maastomallin luonti	16
4.2.1	Pistepilvidatan muokkaus	16
4.2.2	Pintamallin luonti ArchiCAD:ssa	19
4.2.3	Ilmakuvan lisääminen maastoon	21
4.3	Rakennusten mallintaminen.....	22
4.3.1	Seinien mallintaminen.....	22
4.3.2	Kattojen mallintaminen.....	23
4.3.3	Julkisivutekstuurien lisääminen	25
5	POHDINTA.....	26
	LÄHTEET.....	27
	LIITTEET	28
	Liite 1. Esimerkkikuvia mallinnuksesta	28

1 JOHDANTO

Virtuaalimallinnuksen käyttö on yleistynyt kaupunkisuunnittelussa mallinnusohjelmistojen kehittymisen myötä. 3D-mallin avulla on helppo havainnollistaa uusien rakennusten sopimista olemassa olevaan asumisympäristöön tai visualisoida kokonaan uusien asuinalueiden ulkonäköä. Esimerkiksi Tampereella Vuoreksen kaupunginosaa suunniteltaessa on käytetty hyväksi uuden alueen virtuaalimallinnusta. Tietokoneiden laskenta-tehon jatkuvasti lisääntyessä on mahdollista mallintaa laajojakin kaupunkialueita yksityiskohtaisesti.

Kaavoituksessa, etenkin asemakaavaa laadittaessa, vuorovaikutus kaavoitusviranomaisten ja kunnan asukkaiden välillä on erittäin tärkeää. Prosessi helpottuu, jos kaavaa suunniteltaessa voidaan havainnollistaa esimerkiksi virtuaalimallin avulla asukkaille, miltä kaavoitettua alue näyttää rakennettuna. Kolmiulotteista mallia voidaan tarkastella eri suunnista, ja perinteisistä pienoismalleista poiketen mallissa voidaan virtuaalisesti liikkua katutasolla. Mallinnus auttaa luomaan hyvää osallistumis- ja vuorovaikutusmenettelyä, jonka seurauksena kaavasta tehtävät muistutukset ja valitukset vähenevät, ja kaavaprosessi nopeutuu.

Opinnäytetyön ensisijaisena tarkoituksena oli luoda Ylivieskan keskustan alueesta virtuaalimalli käytettäväksi kaavoituksen apuvälineenä. Toissijaisena tarkoituksena oli selvittää, kuinka hyvin ArchiCAD soveltuu kaupunkimallinnukseen, ja tuottaa dokumentointi mallinnusprosessista. Mallinnus laadittiin sellaiseksi, että se on helposti käytettävissä kaavoituksen visualisoinnin työkaluna. Lisäksi tavoitteena oli, että malli olisi helposti muokattavissa myös jatkokäyttöä varten.

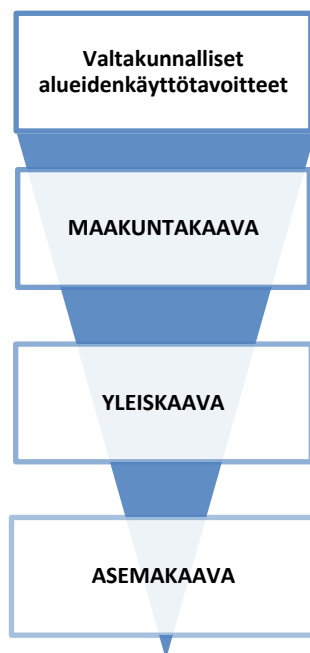
Malli tehtiin ArchiCAD 19 –ohjelmalla käyttäen hyväksi Ylivieskan kaupungin maankäyttöyksiköstä saatua laserkeilausdataa sekä ajantasaista asemakaava-aineistoa. Keskusta-alueen maastosta luotiin pintamalli laserkeilausaineiston pohjalta, jonka jälkeen mallinnettiin asemakaavan perusteella alueen rakennukset. Koska mallin on tarkoitus toimia visuaalisena tukena kaavoituksessa, kyseessä on 3D-malli, joka sisältää ainoastaan kolmiulotteista dataa rakennusten ja maaston geometriasta. Malli on mahdollista tarvittaessa täydentää IFC-yhteensopivaksi tietomalliksi lisäämällä siihen tietoa esimerkiksi vesiputkista, kaduista tai muusta kunnallistekniikasta.

2 KAAVOITUS

Vuodesta 1999 alkaen Suomessa alueiden käyttöä ja rakentamista on ohjannut maankäyttö- ja rakennuslaki. Laki sisältää esimerkiksi kaavoitukseen ja kuntatason rakentamiseen liittyviä säädöksiä sekä painottaa kansalaisten mahdollisuutta osallistua asioiden valmisteluun. Ympäristöministeriön mukaan lain tavoitteena on ”luoda terveellinen, turvallinen ja viihtyisä elinympäristö, joka on sosiaalisesti toimiva ja jossa eri väestöryhmien tarpeet on otettu huomioon” (Ympäristöministeriö 2015a).

2.1 Kaavatasot

Kaavatasot muodostuvat yleispiirteisistä maakunta- ja yleiskaavasta, sekä yksityiskohdaisemmasta asemakaavasta. Valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista sekä kaavatasoista muodostuu hierarkkinen maankäytönsuunnittelujärjestelmä. Kaavoilla tapahtuva sääntely tarkentuu kaavojen suunnittelun edetessä yleispiirteisistä yksityiskohtaisiksi kaavoiksi (MRL 1999/132, 4 §; Ympäristöministeriö 2015b) (KUVA 1).



KUVA 1 Alueiden käytön suunnittelujärjestelmän kaavahierarkia

2.2 Asemakaavoitus

Asemakaava on kaavoituksen yksityiskohtaisin kaava, jonka tehtävä on ohjata rakentamista ja muuta maankäyttöä. Asemakaavassa on määritetty alueiden käyttötarkoitukset, rakennusten koko sekä sijainti. Asemakaava koostuu kaavakartasta, kaavamerkinnoistä ja -määräyksistä sekä selostuksesta. (Ympäristöministeriö 2015c.)

Kaavan laatimisesta ja toteutuksesta vastaa kunta. Asemakaavoituksen alkuvaiheessa laaditaan osallistumis- ja arviointisuunnitelma (OAS) sekä kuulutetaan kaavoituksen vireille tulosta. Valmisteluvaiheessa laaditaan yleensä kaavaluonnos, joka laitetaan julkisesti nähtäville kunnanvaltuuston hyväksytyä sen. Osalliset, eli ne joiden oloihin tai etuihin muutokset voivat vaikuttaa, voivat esittää kaavaluonnoksesta mielipiteensä sen ollessa nähtävillä. Osallisia ovat esimerkiksi kaava-alueen maanomistajat, asukkaat ja muut ympäristön käyttäjät. (MRA 1999/895, 27 §, MRL 1999/132 62 §)

Ehdotusvaiheessa palautteet käsitellään ja laaditaan kaavaehdotus, joka asetetaan nähtäville 30 vuorokaudeksi, tai merkitykseltään vähäiset kaavat 14 vuorokaudeksi. Kaavan nähtävillä olon aikana kaavaehdotuksesta voi tehdä muistutuksen, johon kaavoitusviranomaisen laatii sitten vastineen. Jos kaavaehdotukseen tehdään merkittäviä muutoksia nähtävillä olon jälkeen, tulee se asettaa uudestaan nähtäville. (MRL 1999/132, 65 §)

Hyväksymis- ja vahvistamisvaiheessa kunnanvaltuusto hyväksyy kaavan ja päätös kaavan hyväksymisestä asetetaan julkisesti nähtäville. Niille, jotka ovat sitä kaavaehdotuksen nähtävillä olon aikana pyytäneet, ilmoitetaan kaavan hyväksymisestä. Hyväksytyyn kaavan nähtäville asettamisesta alkaa 30 päivän valitusajka. Jos valituksia ei ole tullut, valitusajan jälkeen kaava astuu lainvoimaiseksi. Valitukset ratkaistaan hallinto-oikeudessa tai korkeimmassa hallinto-oikeudessa. (Ympäristöministeriö 2003, 16–17)

2.2.1 Osallistumis- ja arviointisuunnitelma

Riittävän aikaisessa vaiheessa kaavoitusprosessia on laadittava osallistumis- ja arviointisuunnitelma (OAS), jonka avulla varmistetaan että kaavoitus on avointa ja vuorovaihteista. Osallistumis- ja arviointisuunnitelman tulisi antaa perustiedot kaavahankkeesta ja sen valmisteluprosessista, jotta osalliset voivat arvioida kaavan merkitystä ja tar-

vetta osallistua sen valmisteluun. Maankäyttö- ja rakennuslakiin ei sisälly yksityiskohdaisia OAS:n sisältöä koskevia säännöksiä. Periaatteena on, että suunnitelma laaditaan kaavan laajuuden ja vaikutusten vaatimalla tavalla. Osallistumis- ja arviointisuunnitelmaa laadittaessa asioiden esittäminen tarkoituksenmukaisesti, ymmärrettävästi sekä selkeästi on tärkeintä. (MRL 1999/132, 63§.)

OAS:n olisi hyvä sisältää ainakin perustiedot hankkeesta kuten kaava-alue ja sen sijainti sekä kaavoituksen lähtökohdat ja tavoitteet. Lisäksi siitä olisi hyvä selvittää myös vuorovaikutusmenettelyt, tehdyt ja tarvittavat selvitykset, arvioitavat vaikutukset, kaavaprosessin etenemisaikataulu sekä palautteenantomahdollisuudet. Suunnittelun aikana voidaan tarvittaessa muuttaa tai tarkentaa osallistumis- ja arviointimenettelyjä. Muutoksista on tiedotettava osallisille, jos menettelyjä muutetaan olennaisella tavalla. (MRL 1999/132 63§, Ympäristöministeriö 2007, 36.)

2.2.2 Kaavamääräykset

Kaavamääräykset täydentävät kaavakartan merkintöjä osana asemakaavaa sekä toimivat rakentamisen ja alueiden käytön ohjaajana. Kaavamääräykset esitetään kirjallisessa muodossa kaavakartan yhteydessä. Niillä voidaan säädellä yksityisten ja julkisen vallan välisiä oikeussuhteita. Kaavamääräysten tulee kuitenkin liittyä rakentamiseen tai alueen käyttämiseen. Määräykset eivät saa olla ristiriidassa ylemmän asteisten säännösten kanssa, kuten lain tai asetuksen kanssa. (Ympäristöministeriö 2003, 20–22.)

Asemakaavoituksen yhtenä tavoitteena on säilyttää luonnon ja rakennetun ympäristön arvot, ja kaavamääräyksillä on tässä keskeinen merkitys. Suojelumääräyksiä voidaan antaa silloin, kun aluetta tai rakennusta on suojeltava maiseman, luonnonarvojen, rakennetun ympäristön tai kulttuurihistoriallisten arvojen vuoksi. Suojelumääräysten tulee olla maanomistajille kohtuullisia. (Ympäristöministeriö 2003, 24–25.)

2.2.3 Rakennusjärjestys

Rakennusjärjestyksessä annetaan paikallisista oloista johtuvat määräykset, jotka ovat suunnitelmallisen ja sopivan rakentamisen, kulttuuri- ja luonnonarvojen huomioimisen ja hyvän elinympäristön säilyttämisen kannalta tarpeellisia. Rakennusjärjestyksen määräykset voivat koskea rakentamista ja rakennettua ympäristöä koskevia seikkoja, kuten

rakennuspaikkaa, rakennuksen kokoa ja sen sijoittumista sekä rakennuksen sopeutumista ympäristöön. Lainsäädännöllisesti rakennusjärjestys on asemakaavan, yleiskaavan ja rakentamismääräyskokoelman alapuolella, eli jos jossain edellä mainituista on määrätty asiasta toisin kuin rakennusjärjestyksessä, rakennusjärjestyksen määräyksiä ei sovelleta. (MRL 1999/132 14 §.)

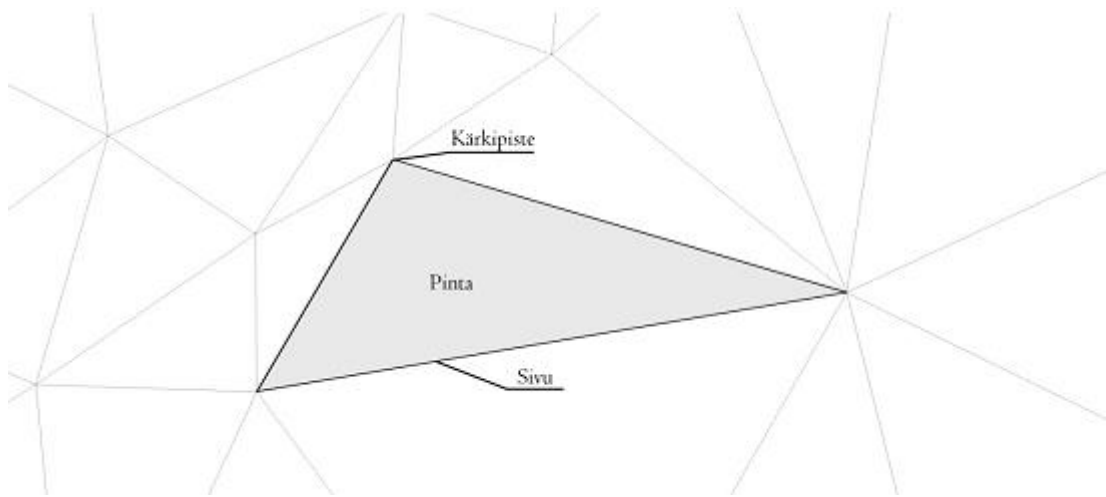
2.2.4 Rakennustapaohjeet

Kunta voi ohjata rakentamista myös rakennustapaohjeiden avulla. Ne toimivat rakennusvalvonnan, rakentajan ja suunnittelijan tukena ja täydentävät asemakaavan määräyksiä ja merkintöjä. Rakennustapaohjeissa voidaan antaa ohjeita tai määräyksiä rakennusten suunnitteluun tai rakennusten ulkonäköön, esimerkiksi rakennusten väriytyksiin liittyen. Rakennustapaohjeet ovat velvoittavia, kun ne hyväksytään asemakaavan yhteydessä.

3 3D-MALLINTAMINEN

3.1 3D-mallintaminen yleisesti

3D-malli tarkoittaa tietokoneavusteisesti muodostettua virtuaalista esitystä fyysisestä objektista. 3D-malli muodostuu yleensä monikulmioverkosta (engl. *mesh*), joka koostuu pinnoista, sivuista sekä kärkipisteistä (KUVA 2). Verkko määrittää kappaleen pinnan muodot ja koostuu monikulmioista eli *polygoneista*, jotka ovat yleensä, mutta eivät aina, kolmion muotoisia. 3D-mallin monimutkaisuutta kuvataan usein sen sisältämien monikulmioiden määrällä (engl. *polygon count*). Paljon polygoneja sisältävän malli on tarkempi ja yksityiskohtaisempi, mutta sen muodostaminen vaatii tietokoneelta enemmän laskentatehoa.



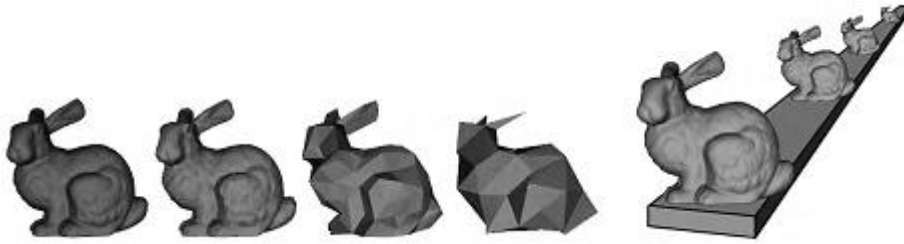
KUVA 2 Monikulmioverkon osat

Objekti voidaan mallintaa myös kiinteänä (engl. *solid*), jolloin koko kappaleen tilavuus on määritetty mallissa kiinteäksi aineeksi. Siinä missä mesh -kappaleessa on mallinnettu kappaleen pinta, solid -kappaleet ovat läpi asti mallinnettuja. Solid -mallinnusta käytetään apuna esimerkiksi lääketieteessä, 3D-tulostuksessa sekä CNC-koneistuksessa.

3.1.1 3D-mallin tarkkuus

3D-mallinnuksessa on laajasti käytössä tarkkuustaso-, eli LOD-järjestelmä (engl. *level of detail*). Tietokoneen luodessa 3D-mallia tiheän verkon laskeminen vaatii suuren määrän laskentatehoa. Laskentakuorman keventämiseksi objekteille voidaan määrittää tietty esitystarkkuus katseluetäisyys huomioiden. Pienissä, kaukana sijaitsevista tai muuten vähemmän tärkeissä kohteissa voidaan esittää vähemmän yksityiskohtia havaitun tark-

kuuden juurikaan kärsimättä (KUVA 3). Esimerkiksi tietokonepeleissä LOD-tasojen luonti ja valinta tapahtuvat automaattisesti virtuaalimaailmassa liikuttaessa.

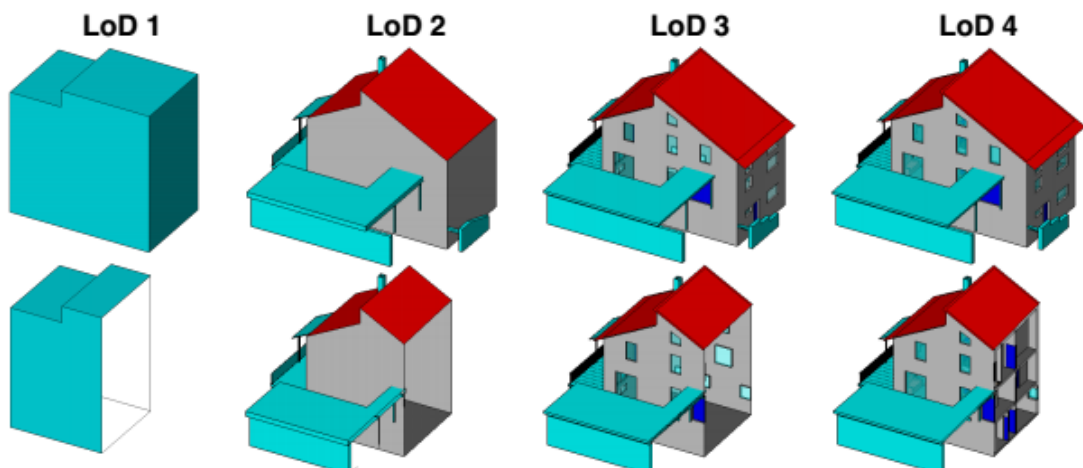


KUVA 3 Esimerkki LOD-tasojen vaikutuksesta mallin tarkkuuteen (Biljecki 2013, 12)

Kaupunkimalleissa LOD-tasojen määrittämiseen on olemassa useita eri standardeja. Käytetyimpiä on CityGML-standardi, joka jakautuu viiteen eri tarkkuustasoon. Standardissa on määritetty tarkasti, mitkä osat rakennuksista ja niiden geometriasta tulee esittää eri tasoissa.

CityGML-standardin mukaiset LOD-tasot ovat:

- LOD0, karkein taso, jossa alueesta on esitetty lähinnä ilmakuva, johon on mallinnettu korkeuseroja
- LOD1, jossa rakennukset on esitetty yksinkertaisina laatikkoina, joissa voi olla pintatekstuuri
- LOD2, jossa rakennusten kattomuodot on esitetty tarkasti ja myös muita rakennukselle ominaisia muotoja voi olla esitetty
- LOD3, jossa on mallinnettu lisäksi rakennusten katto- ja seinärakenteet sekä ikkunat ja ovet
- LOD4, tarkin taso, jossa rakennusten mallintamista on jatkettu sisäpuolisiin tiloihin, huonekaluihin ja portaisiin. (Biljecki 2013, 15)



KUVA 4 CityGML:n LOD-tasot (Karlsruhe Institute of Technology)

3.2 Maaston mallintamisen menetelmät

3.2.1 Laserkeilaus

Laserkeilauksessa mittakeilain lähettää lasersäteitä automaattisesti tiheänä rasterina. Rasterin tiheyttä voidaan säätää, tiheimmillään se voi olla alle 10 mm. Säteen kimmoessa esteestä keilain mittaa etäisyyden ja säteen intensiteetin muutoksen ja laskee näiden perusteella pisteen koordinaatit. Katvealueiden välttämiseksi kohde keilataan yleensä useammasta suunnasta. Keilaukset yhdistetään yhdeksi tiedostoksi, ja tuloksena on *pistepilvi*, jossa voi olla miljoonia, jopa miljardeja yksittäisiä pisteitä. Pistepilvidata pitää ensin luokitella, karsia ja kolmioida ennen kuin sitä pystyy hyödyntämään mallin-
nusohjelmistossa. (Maanmittauslaitos 2015)

Laserkeilaus otettiin käyttöön Suomessa maaston korkeusmittauksissa laajamittaisesti 2000-luvun alkupuolella. Maastomittauksissa käytetään lentokoneeseen tai helikopteriin sijoitettuja kaukokeilaimia, joita kutsutaan myös optisiksi kaukokartoituslaitteiksi (LiDAR, Light Detection And Ranging). Kaukokeilaimet mittaavat kohteen etäisyyden lähettämällä kohteeseen laservalopulssin ja laskemalla ajan, joka siltä kuluu kohteesta palaamiseen. Täyden aaltomuodon laserkeilauksessa sensori tallentaa pulssista useamman kuin yhden paluukaiun. Tämä mahdollistaa tarkempia luokittelumahdollisuuksia sekä maaston että puuston ominaisuuksien suhteen. (Narinen 2014, 18)

3.2.2 Korkeuskäyrät

Maastoa voidaan mallintaa myös korkeuskäyrien pohjalta joko automaattisesti tai käsin piirtämällä. Esimerkiksi Trimblen Sketchup –ohjelmisto osaa luoda pinnanmuodot ohjelmaan tuodusta korkeuskäyrät sisältävästä DWG –kuvasta automaattisesti. Myös Graphisoftin ArchiCAD –ohjelmistoon on saatavilla CiGraphin kehittämä ArchiTerra -lisäosa, joka tarjoaa saman ominaisuuden. Vaihtoehtoisesti käyrät voidaan piirtää yksitellen käsin, mutta suurempia alueita mallinnettaessa käsin piirtäminen on aikaa vievää ja tehotonta.

3.3 Mallinnusohjelmistot

Suunnitteluprojektin alkuvaiheessa eräs tärkeimmistä päätöksistä on käytettävän mallinnusohjelmiston valinta. Kaupunkisuunnittelun tarpeita palvelevia mallinnusohjelmistoja on markkinoilla monia, joista jokaisella on omat vahvuutensa. Lähes kaikki yleisesti käytetyt ohjelmistot ovat tietomallipohjaisia, eli malliin voidaan syöttää rakennusten geometrian lisäksi myös muuta tietoa.

Yleisimmin kaupunkisuunnittelussa käytettävät mallinnusohjelmat ovat:

- Autodesk Civil 3D
- Novapoint Virtual Map
- Trimble Sketchup
- Graphisoft ArchiCAD

Ohjelmistovalintaan vaikuttavat useat eri seikat, kuten suunniteltavan alueen pinta-ala, mallilta vaadittu tarkkuus, realistisuus ja mahdolliset yhteensopivuudet muihin ohjelmistoihin. Ohjelmistolisenssit ovat kalliita ja varsinkin pienissä yrityksissä lisenssien ostaminen on melko suuri investointi, joten käytettävien ohjelmistojen valitseminen on tärkeä päätös. Myös ohjelmiston käyttäjän kannalta on tärkeää että valittu ohjelmisto on oikeanlainen, jotta käyttäjä pystyy hyödyntämään sitä tehokkaasti ja kehittämään ammattitaitoaan mallintajana.

3.3.1 Graphisoft ArchiCAD

Graphisoft:n ArchiCAD –ohjelma on suunnattu pääasiallisesti arkkitehtisuunnittelun työkaluksi. ArchiCAD on oliopohjainen, ja sen kehitys perustuu ajatukselle rakennuksen tietomallista (engl. BIM, Building information model). Ohjelmalla on mahdollista suunnitella ja mallintaa rakennukset tarvittaessa hyvinkin yksityiskohtaisesti GDL-objektikirjastoja hyväksi käyttäen. ArchiCAD:ia käytetään pääosin arkkitehtisuunnittelussa ja visualisoinnissa, mutta se on saavuttamassa myös muita suunnittelualoja.

Ohjelma soveltuu erittäin hyvin myös kaupunkisuunnitteluun hieman laajemmassa mittakaavassa. Viitetiedostojen lisääminen on yksinkertaista, ja ohjelma tukee maastonpienan sijoittamista suoraan maanmittauspisteiden mukaan, mikä nopeuttaa mallintamista

huomattavasti. Lisäksi Maxonin Cinerender –renderöintimoottorilla on mahdollista tarvittaessa tuottaa hyvälaatuisia havainnekuvia mallista.

ArchiCAD 19:n uutena ominaisuutena on myös pistepilvidatan liittäminen suoraan malliin. Varsinaisesti kaupunkisuunnittelussa ominaisuus ei kuitenkaan ole erityisen hyödyllinen, sillä tavoiteltavampaa on saada pistepilvi suoraan pintamalliksi, joka jo aikaisemminkin onnistui edellä mainitun pistepinnaksi -ominaisuuden avulla. Esimerkiksi korjauskohteissa mahdollisuus tuoda pistepilvi malliin on kuitenkin hyödyllinen ominaisuus.

4 YLIVIESKAN KESKUSTA-ALUEEN MALLINTAMINEN

4.1 Mallinnusprosessi

Mallinnettava alue sijaitsee Ylivieskan keskustassa ja rajoittuu rautatiehen, Savontiehen, Valtakatuun ja Kalajokeen. Mallin on tarkoitus toimia kaavoituksen visualisoinnin tukena, ja se on myös mahdollista täydentää myöhemmin tietomalliksi. Mallinnusta tehtäessä käytössä oli Ylivieskan kaupungin maankäyttöyksiköltä saatu laserkeilausaineisto, korkeuskäyräkartta, ajantasainen asemakaava, pohjakartta sekä ilmakehän kuva alueesta. Mallinnus tehtiin CityGML LOD2-tarkkuudella käyttäen ArchiCAD -ohjelmistoa. (KUVA 5). Lisää kuvia mallista on nähtävissä liitteessä 1.

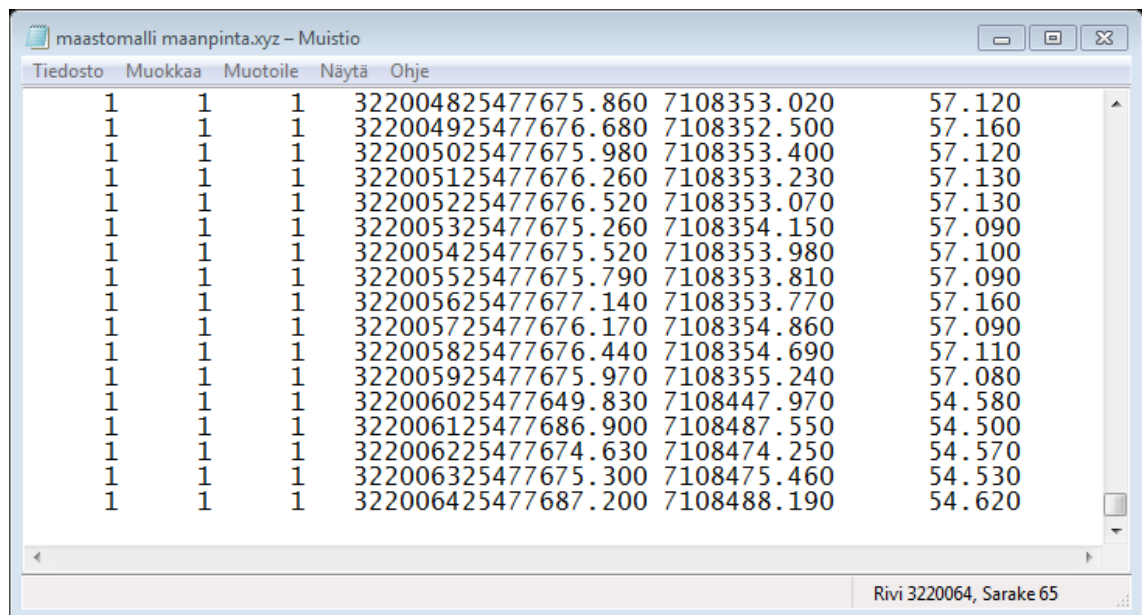


KUVA 5 Valmis malli

4.2 Maastomallin luonti

4.2.1 Pistepilvidatan muokkaus

Maastonpinnasta oli saatavilla alkuperäinen laserkeilausdata Trimblen .t00 -formaattissa, joka oli valmiiksi muunnettu myös .xyz -pistepilvitiedostoksi. ArchiCAD osaa muodostaa automaattisesti kolmioverkkopinnan .xyz- pistepilvitiedostosta, mutta tiedoston tulee olla sellaisessa muodossa, että ohjelma osaa sitä lukea. Saatu aineisto oli ETRS GK25 –koordinaattijärjestelmässä. ArchiCAD ei pysty käsittelemään suuria numeroita koordinaateissa, joten pisteiden x-koordinaateista tulisi vähentää 25 000 000, jotta pinnan muodostus onnistuisi. Lisäksi pisteiden määrää tulisi karsia, jotta muodostuva pinta ei olisi liian raskas renderoida. Alkuperäisessä datassa pisteitä oli yli 3 200 000 (KUVA 6). Pistepilvidatan muokkaaminen sopivaan muotoon onnistuu millä tahansa maastomittausdataa käsittelevällä sovelluksella, esimerkiksi Tampereen Ammattikorkeakoulun käytössä oleva 3D-Win pystyy tekemään kaikki tarvittavat muunnokset dataan.



Tiedosto	Muokkaa	Muotoile	Näytä	Ohje		
1	1	1	322004825477675.860	7108353.020	57.120	
1	1	1	322004925477676.680	7108352.500	57.160	
1	1	1	322005025477675.980	7108353.400	57.120	
1	1	1	322005125477676.260	7108353.230	57.130	
1	1	1	322005225477676.520	7108353.070	57.130	
1	1	1	322005325477675.260	7108354.150	57.090	
1	1	1	322005425477675.520	7108353.980	57.100	
1	1	1	322005525477675.790	7108353.810	57.090	
1	1	1	322005625477677.140	7108353.770	57.160	
1	1	1	322005725477676.170	7108354.860	57.090	
1	1	1	322005825477676.440	7108354.690	57.110	
1	1	1	322005925477675.970	7108355.240	57.080	
1	1	1	322006025477649.830	7108447.970	54.580	
1	1	1	322006125477686.900	7108487.550	54.500	
1	1	1	322006225477674.630	7108474.250	54.570	
1	1	1	322006325477675.300	7108475.460	54.530	
1	1	1	322006425477687.200	7108488.190	54.620	

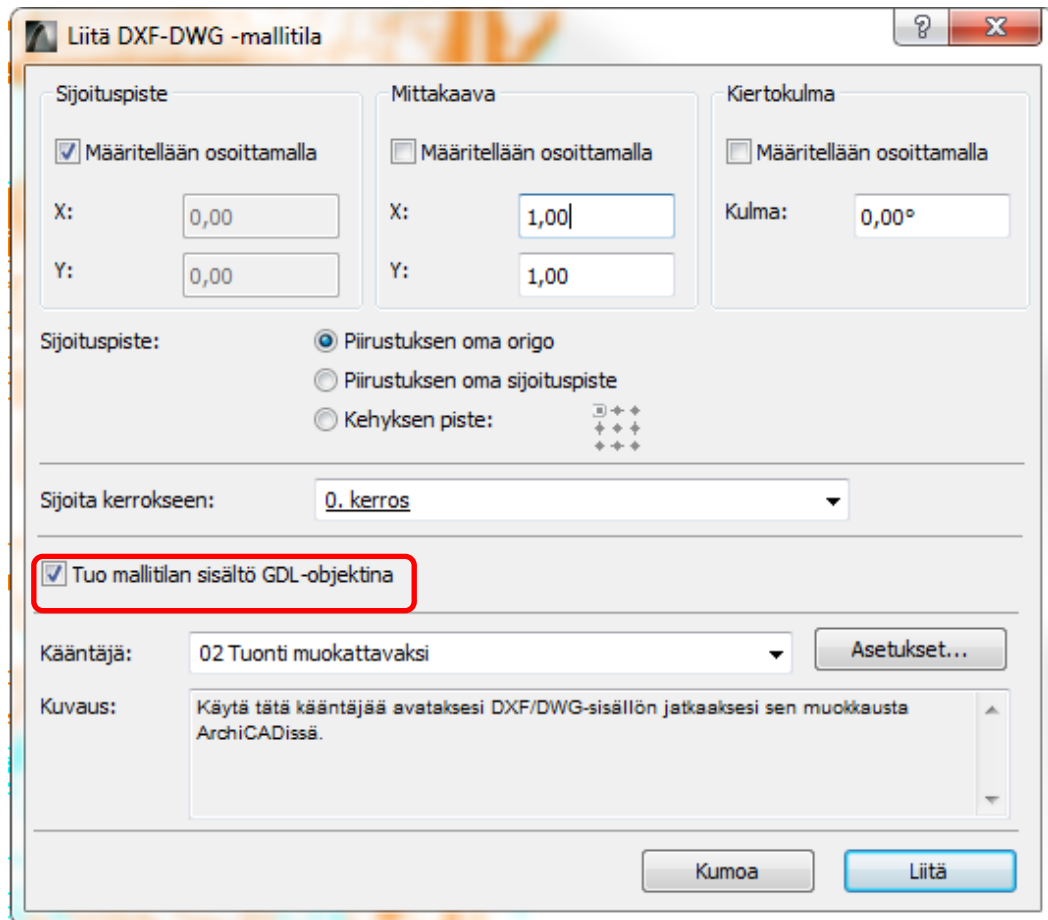
Rivi 3220064, Sarake 65

KUVA 6 Alkuperäinen .xyz -tiedosto muistiossa avattuna

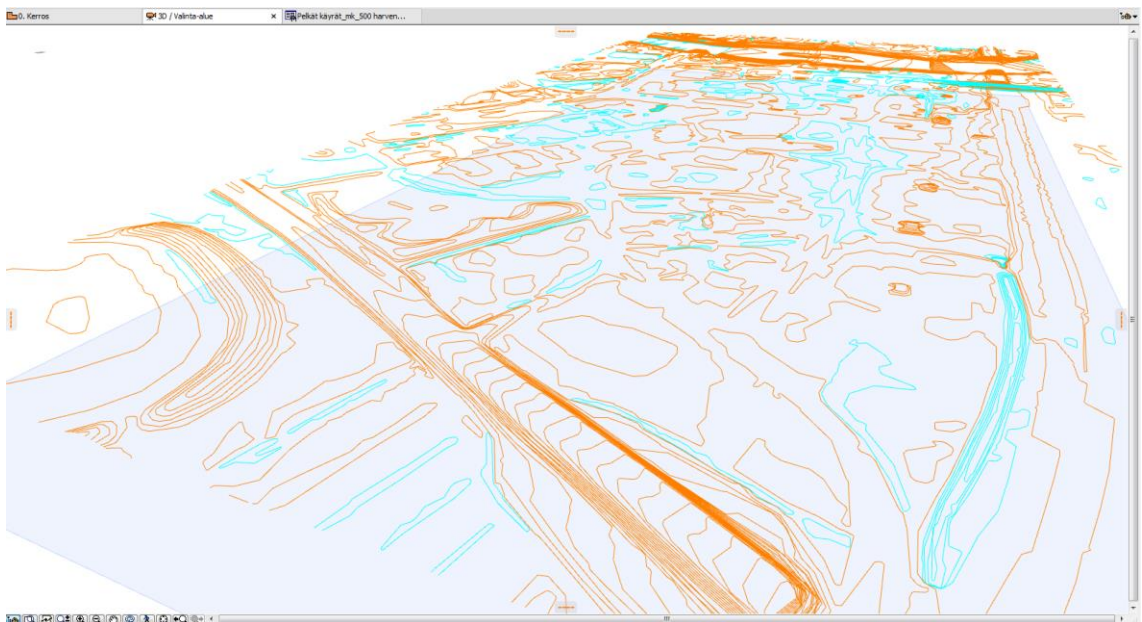
Koska pistepilvestä oli saatavilla valmiiksi maanmittausohjelmistolla laserkeilauksen pohjalta muodostetut korkeuskäyrät, kokeilun vuoksi pistepilven harvennus tehtiin tällä kertaa toisella tavalla, hyödyntäen korkeuskäyriä. Menetelmän etuna on, että sitä voi käyttää, vaikka maastosta olisi käytössä vain .dwg -muotoiset korkeuskäyrät maastosta.

Korkeuskäyrät sisältävä .dwg -tiedosto liitettiin ArchiCADiin GDL -objektina, jonka jälkeen pisteiden koordinaatit voitiin lukea tuodun objektin tiedoista. DWG -piirustusta

liitettäessä on tärkeää että ”*Tuo mallitilan sisältö GDL –objektina*” -valintaruutu on valittuna, jotta koordinaattien luku onnistuu (KUVA 7). Korkeuskäyrien tulisi näkyä 3D-näkymässä, jotta GDL -objektin luonti on onnistunut (KUVA 8).

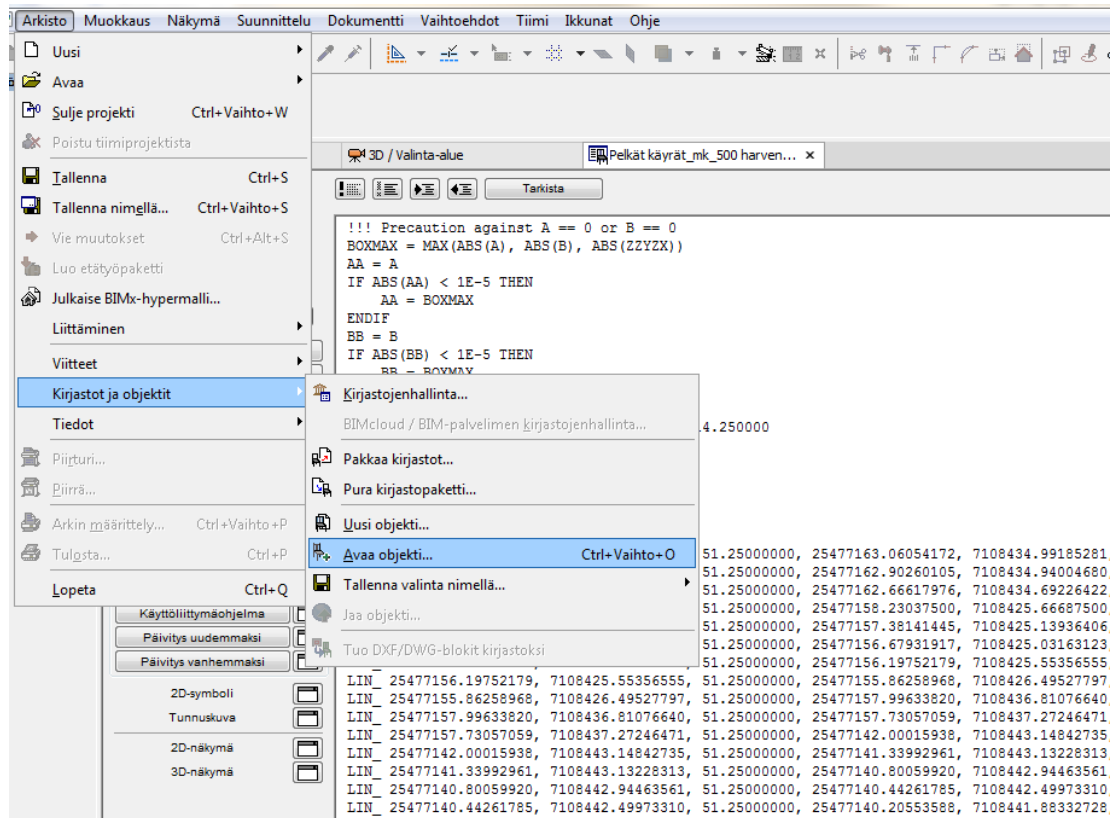


KUVA 7 Korkeuskäyrätiedoston liittäminen GDL –objektina



KUVA 8 Korkeuskäyrät GDL-objektina ArchiCAD:n 3d –näkymässä

GDL -objektin luonnin jälkeen objekti avattiin editorissa (KUVA 9). Objektieditorin kohdasta *3D-ohjelma* löytyvät korkeuskäyrien pisteiden koordinaatit kopioitiin tyhjiin .txt -tekstitiedostoon. GDL -objektia luodessaan ArchiCAD lisää koordinaattien eteen ”LIN_” -tekstin, joka pitää poistaa, jotta dataa voidaan hyödyntää. Tämä onnistuu esimerkiksi käyttämällä Exceliä tai muuta vastaavaa taulukkolaskentaohjelmaa.



KUVA 9 Koordinaattien lukeminen objektin tiedoista

Koordinaatit sisältävä tekstitiedosto avattiin Excelissä, jonka jälkeen käytettiin *etsi ja korvaa* -toimintoa poistamaan kaikki ylimääräiset ArchiCAD:n lisäämät tekstit tiedostosta (KUVA 10). Lisäksi siirrettiin kolmen viimeisen sarakkeen sisältämät koordinaatit tiedoston loppuun. ArchiCAD jakaa koordinaatit kuuteen sarakkeeseen luodessaan objektia, joten kolme viimeistä saraketta tulee siirtää manuaalisesti listan jatkoksi, jotta tiedosto on sellaisessa muodossa, että maastonpinnan luonti myöhemmässä vaiheessa onnistuu.

	A	B	C	D	E	F
1	LIN_25477155.95625222	7108426.92152845	51.25000000	25477154.97955367	7108427.13614422	51.25000000
2	LIN_25477144.84732207					1.25000000
3	LIN_25477164.46602150					1.25000000
4	LIN_25477184.06445098					1.25000000
5	LIN_25477212.51255577					1.25000000
6	LIN_25477271.45272195					1.25000000
7	LIN_25477220.25566474					1.25000000
8	LIN_25477163.63283373					1.25000000
9	LIN_25477163.54268244					1.25000000
10	LIN_25477163.45179036					1.25000000
11	LIN_25477163.23834740					1.25000000
12	LIN_25477163.06054172	7108434.99185281	51.25000000	25477162.90260105	7108434.94004680	51.25000000
13	LIN_25477162.90260105	7108434.94004680	51.25000000	25477162.77445790	7108434.83417683	51.25000000

KUVA 10 Ylimääräisten tekstirivien poistaminen Excelissä

Kun tiedostosta oli siivottu ylimääräiset tekstirivit, tallennettiin se Excelissä edelleen tekstitiedostona eli .txt -päätteisenä. Tiedoston tulisi sisältää pisteiden x-, y- ja z-koordinaatit, siten että yhdellä rivillä on yhden pisteen koordinaatit erotettuna joko sarakkeella tai pilkulla (KUVA 11). Tässä tapauksessa lopullisessa tiedostossa oli noin 41 000 pistettä, mikä osoittautui siedettäväksi määräksi laskentatehon kannalta pintamallia muodostettaessa.

Tiedosto	Muokkaa	Muotoile	Näytä	Ohje
25477227.00196970	7107490.49607343	58.75000000		
25477226.39577055	7107489.62941402	58.75000000		
25477223.86473221	7107488.20376787	58.75000000		
25477206.08017103	7107490.89279519	58.75000000		
25477194.09274433	7107501.99246908	58.75000000		
25477193.30384170	7107505.40208047	58.75000000		
25477193.79227696	7107507.58224323	58.75000000		
25477196.42326155	7107511.31635791	58.75000000		
25477196.96105406	7107511.67462776	58.75000000		
25477199.72546098	7107511.75103246	58.75000000		
25477203.12069854	7107509.91015597	58.75000000		

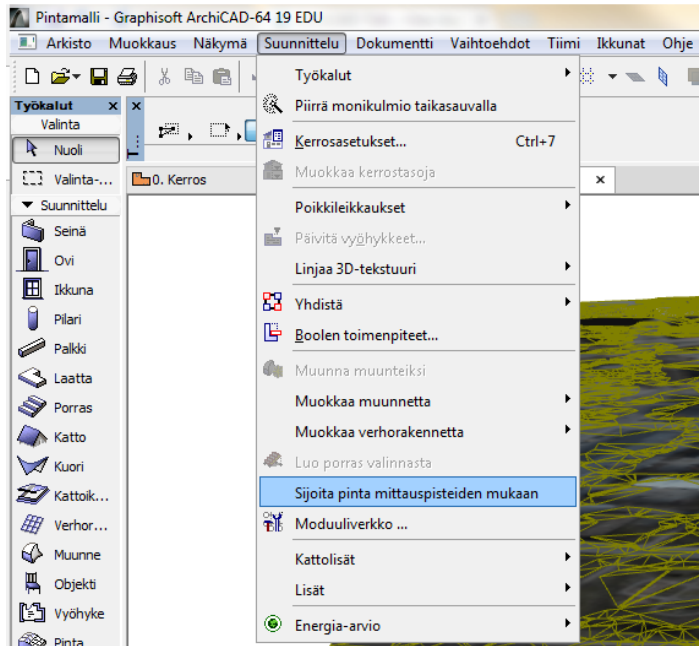
Rivi 41377, Sarake 1

KUVA 11 Karsittu pistepilvidata muistiossa avattuna

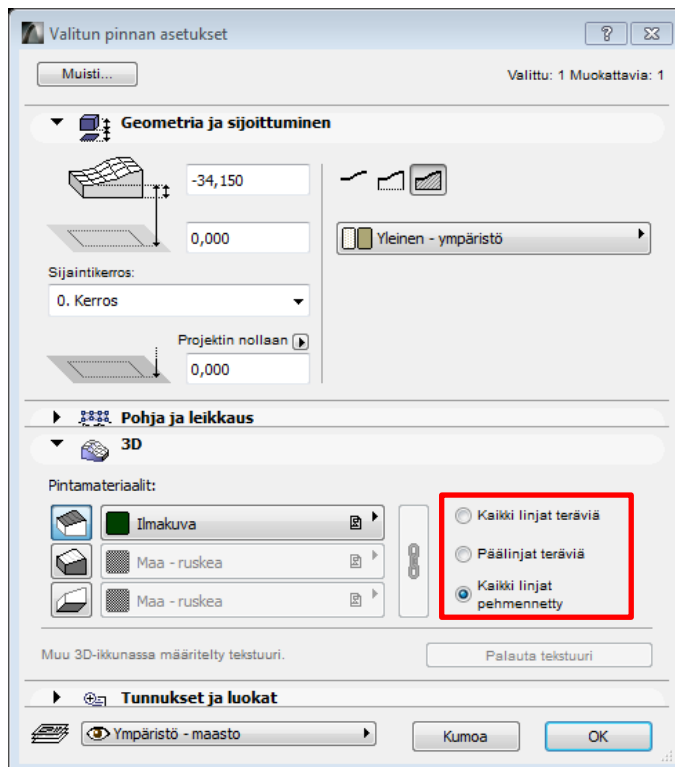
4.2.2 Pintamallin luonti ArchiCAD:ssa

Kun pistepilvidata on saatu muokattu sellaiseen muotoon, että ArchiCAD osaa tulkita sitä, voidaan sen pohjalta luoda maastonpinta automaattisesti käyttämällä *suunnittelu-*valikon alta löytyvää *sijoita pinta mittauspisteiden mukaan* -toimintoa (KUVA 12). Ohjelma pyytää osoittamaan .txt- tai .xyz -muotoisen pistepilvitiedoston sijainnin, jonka jälkeen käyttäjällä on mahdollisuus määrittää mittauspisteiden yksikkö, projektin nolla-

taso merenpinnan yläpuolella sekä pinnan sijoitustapa; joko osoittamalla tai alkuperäiseen sijaintipaikkaan. Tämän jälkeen ohjelma muodostaa pisteistä pinnan. Siirtyessä ensimmäistä kertaa 3D-näkymään ohjelma saattaa renderoida näkymää hyvinkin kauan johtuen laskettavien pisteiden suuresta määrästä. Jos maasto näyttää 3D-näkymässä epätasaiselta ja kulmikkaalta, kannattaa pinnan asetuksista vaihtaa päälle *kaikki linjat pehmenetty* -vaihtoehto (KUVA 13).



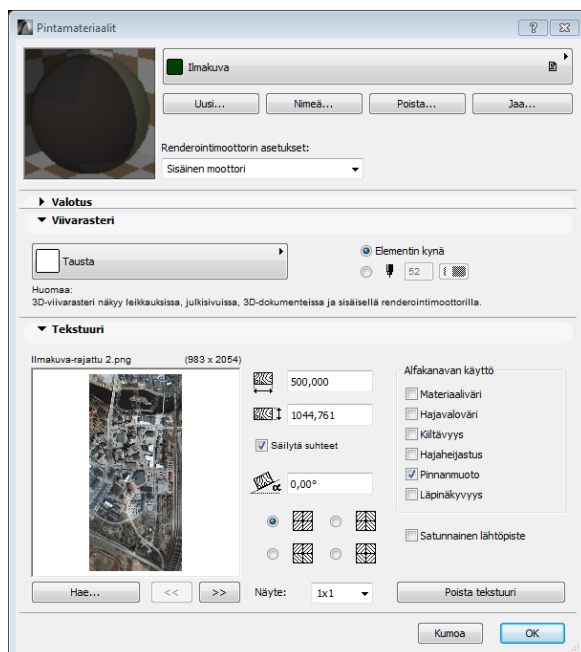
KUVA 12 Sijoita pinta mittauspisteiden mukaan -toiminnon sijainti suunnittelu -valikossa



KUVA 13 Pinnan linjojen pehmennys

4.2.3 Ilmakuvan lisääminen maastoon

Maastonpinnan visuaalista näyttävyyttä voidaan helposti parantaa lisäämällä sen päälle tekstuurina ilmakuva alueesta. Tätä varten täytyy luoda uusi pintamateriaali *vaihtoehdot – attribuutit – pintamateriaalit* -valikon kautta. Aluksi luodaan uusi pintamateriaali, pohjaksi kannattaa monistaa joku olemassa olevista ArchiCADin maanpinnan materiaaleista, esimerkiksi *ruoho* tai *asfaltti*. Tämän jälkeen lisätään materiaalin tekstuuriksi alueen ilmakuva ikkunan alareunasta löytyvällä *Hae...* -napilla (KUVA 14). Pintamateriaalin luonnin jälkeen se tulee vain valita pinnan asetuksista *Pintamateriaalit* -kohdasta.



KUVA 14 Pintamateriaalit -valikko

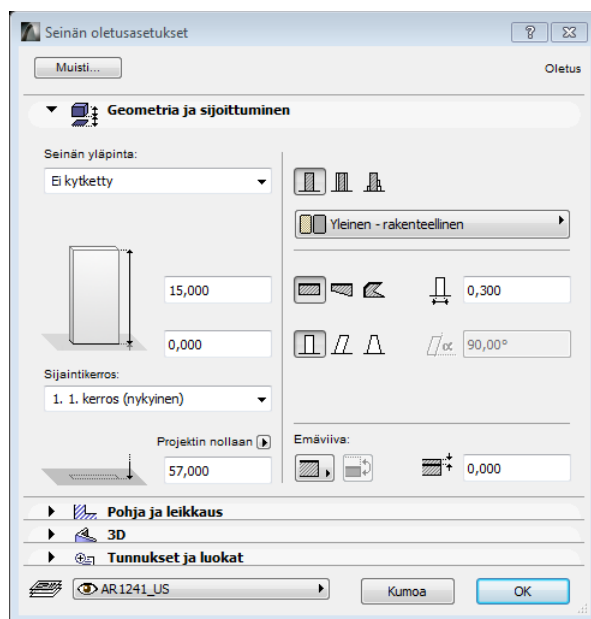
Ilmakuvan tulee olla rajattu etukäteen kuvankäsittelyohjelmalla niin, että ainakin kuvan vasen alareuna osuu samalle kohdalle pinnan vasemman alareunan kanssa. ArchiCAD käyttää tekstuurien origona projektin origoa, eli jos pinnan vasen alareuna sijaitsee origossa, tekstuuri asettuu automaattisesti oikealle kohdalle, kunhan sen koko on määritetty oikein. Jos tekstuuri ei kuitenkaan asetu automaattisesti, voi sen paikan määrittää käyttämällä *Suunnittelu* -valikosta löytyvää *Linjaa 3D-tekstuuri* -työkalua. Työkalun avulla tekstuurin origo voidaan määrätä osoittamalla näytöltä.

4.3 Rakennusten mallintaminen

4.3.1 Seinien mallintaminen

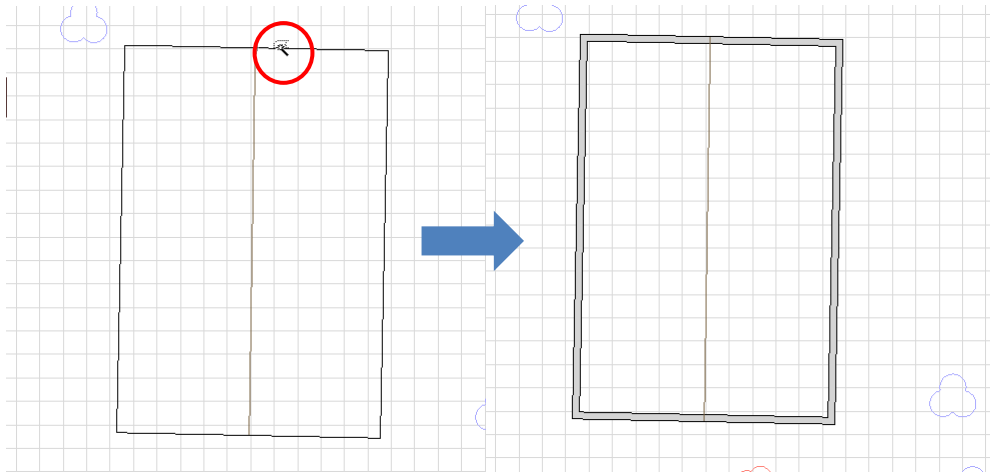
Rakennukset mallinnettiin erilliseen tiedostoon, johon maastonpinta lisättiin viitetiedostona, jolloin maastoa pystyi vielä muokkaamaan omana kokonaisuutenaan. Rakennukset mallinnettiin käyttäen ArchiCAD:n seinä- ja kattotyökaluja. Rakennusten mallinnusprosessi aloitettiin sijoittamalla viitteeksi mallinnettavan alueen pohjakartta, josta selviää rakennusten ulkoseinien paikat sekä kattomuodot.

Seinät mallinnettiin projektin 1. kerrokseen hieman maan pinnan alapuolelta alkaen, jolloin rakennuksia ei ollut tarvetta erikseen istuttaa maastoon. Korkeudet mallinnettavalla alueella olivat pieniä, joten yksinkertaisinta oli mallintaa seinät alkamaan samasta korosta ja määrittää rakennusten korkeudet säätämällä vesikaton korkoa. Seinät mallinnettiin aluksi reilusti rakennusten harjalinjaa korkeammaksi ja ylimääräinen osa leikattiin myöhemmässä vaiheessa käyttäen Boolean toimenpiteitä (ks. 4.3.2).



KUVA 15 Seinän asetukset

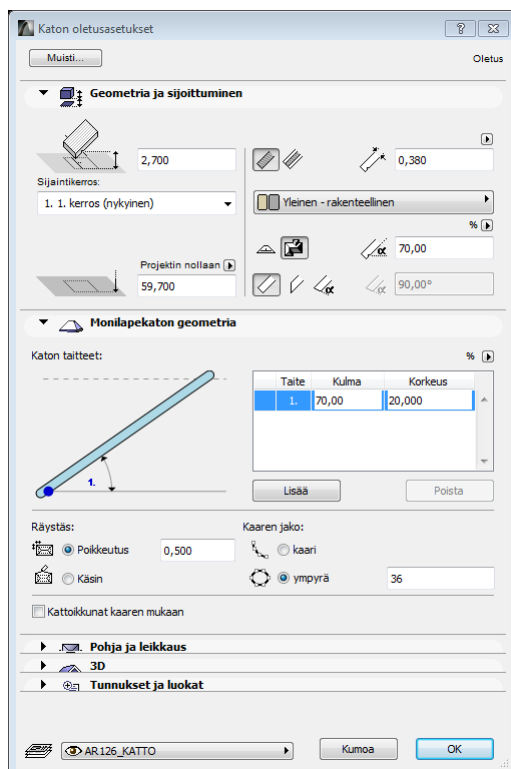
Seinien piirtämistä voi nopeuttaa käyttämällä taikasauva -ominaisuutta. Painamalla väli-lyöntiä seinä-työkalun ollessa valittuna ja osoittamalla mitä tahansa viivaa näytöllä, hiiren kursori muuttuu taikasauvaksi, jolloin napsauttamalla hiiren oikeaa näppäintä ohjelma piirtää seinän koko viivan matkalle (KUVA 16).



KUVA 16 Seinien sijoittaminen taikasauvan avulla

4.3.2 Kattojen mallintaminen

Rakennusten katot mallinnettiin omaan kerrokseensa, jolloin alapuolisen kerroksen pystyi asettamaan taustalle häämökuvaksi piirtämisen helpottamiseksi. Käytettävällä kattorakenteella ei ole varsinaisesti merkitystä, tässä tapauksessa käytettiin ArchiCAD:n yleistä rakennetyypiä (KUVA 17). Kattorakenteen paksuutta säätämällä voidaan vaikuttaa räystäään otsalaudan paksuuteen.

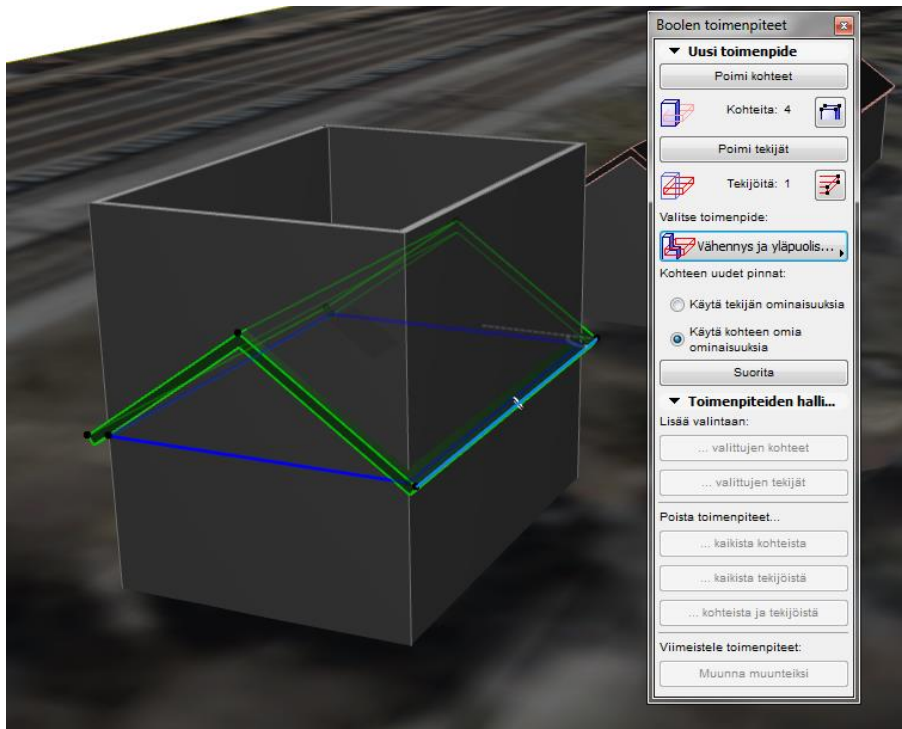


KUVA 17 Katon asetukset

Esimerkiksi harjakattojen piirtäminen onnistui helpoiten käyttämällä piirtotapana monilapekattoa, ja valitsemalla piirteeksi kierretyn harjakaton. Tällöin kattotyökalulla voitiin piirtää harjakatto yksinkertaisesti osoittamalla rakennuksen nurkkapisteet, jolloin ohjelma sijoitti harjalinjan automaattisesti. Monimutkaisemmat katot, esimerkiksi monilapaiset aumakatot, pystyttiin piirtämään käyttämällä taikasauvaa, mutta lapheet jouduttiin silti säätämään käsin paikoilleen.

Rakennusten kattomuodot pystyttiin pääosin päättelemään pohjakartasta, monimuotoisempien kattojen määrittämisessä käytettiin apuna Google Street View:n valokuvia. Katot säädettiin tässä vaiheessa oikeaan korkoon, rakennusten korkeudet arvioitiin asemakaavan kerroslukumäärän mukaan. Pientalojen kerroskorkeudeksi arvioitiin 3 - 3,2 metriä, asuinkerrostalojen ja toimistorakennusten kerroskorkeutena puolestaan käytettiin 3,4 - 3,8 metriä. Rakennusten korkeuden arvioinnin tukena käytettiin Google Street View:n materiaalia.

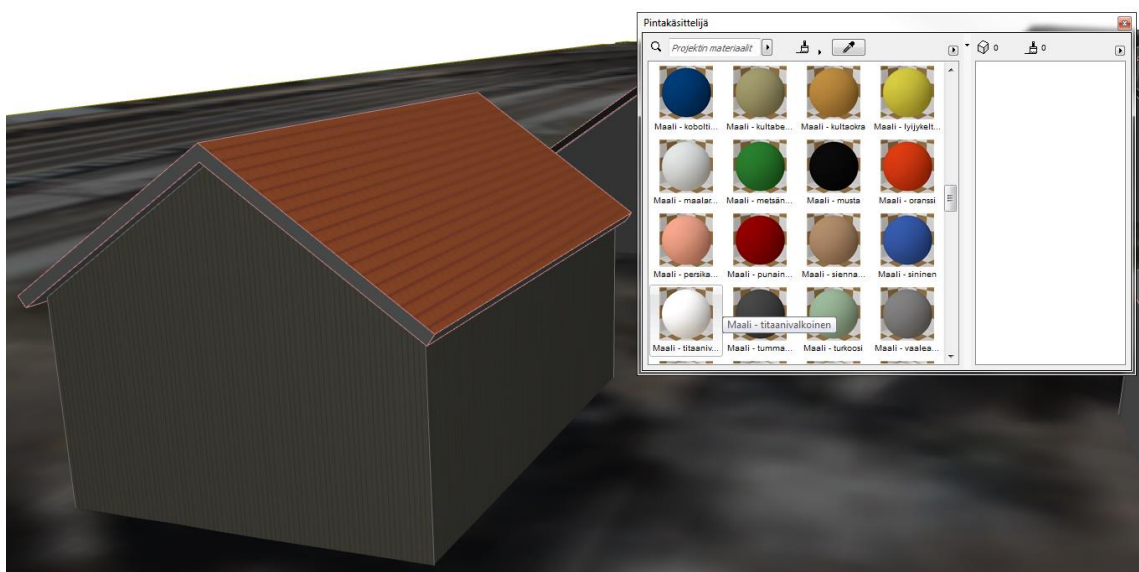
Kun katto on mallinnettu ja oikeassa korossa, voidaan seinät rajata ulottumaan kattopinnaan käyttämällä *Suunnittelu* -valikosta löytyviä *Boolean toimenpiteitä*. Valitaan toimenpiteeksi *vähennys ja yläpuolisen osan poisto*, jonka jälkeen valitaan katkaistavat seinät ja napsautetaan *poimi kohteet* -painiketta (KUVA 18). Seuraavaksi valitaan rajaava katto ja napsautetaan *poimi tekijät* -painiketta, jonka jälkeen painetaan *suorita*. Tässä vaiheessa seinien katon yläpuolisen osan pitäisi hävitä. Boolean toimenpiteet sitoo elementit yhteen, joten seinät leikkaantuvat katon alapintaan, vaikka katon korkoa muuttaisikin.



KUVA 18 Seinien rajaus katolla käyttäen Boolean toimenpiteitä

4.3.3 Julkisivutekstuurien lisääminen

Malliin on helppo saada näyttävyyttä lisäämällä rakennusten julkisivuihin tekstuurit. Tekstuurien lisääminen on nopeinta käyttämällä *Dokumentti – Visualisointi* -valikon alta löytyvää *Pintakäsittelijä* -toimintoa. Pintakäsittelijän avulla valikosta valitaan haluttu tekstuuri ja yksinkertaisesti osoitetaan ja klikataan haluttua pintaa, jolloin ohjelma asettaa tekstuurin pintaan.



KUVA 19 Pintakäsittelijän käyttö 3D-näkymässä

5 POHDINTA

Laajojen alueiden mallintaminen yksityiskohtaisena vaatii paljon aikaa, eikä kunnilla välttämättä ole mahdollisuutta investoida aikaa mallin tekemiseen. Tämä lienee pääasiallinen syy, miksi kaupunkimallinnusta ei ole vielä monessa kunnassa otettu käyttöön. Muutamia mallinnusprojekteja on tehty opinnäytteinä, esimerkiksi Mikkelin keskustasta on tehty 3D-malli käyttäen Trimblen Sketchup -ohjelmistoa.

Asemakaavaa laadittaessa on tärkeää, että kaava voidaan esittää havainnollisella tavalla, jotta kunnan asukkaat saavat hyvän käsityksen kaavan vaikutuksista alueeseen. Virtuaalimallin avulla kaava voidaan esitellä perinteisiä pienoismalleja havainnollisemmin, sillä virtuaalimaailmassa voidaan kävellä katutasolla jolloin rakennusten mittasuhteet ja esimerkiksi korkeudet on helpompi hahmottaa. Tämän ansiosta asukkailla on paremmat mahdollisuudet huomata epäkohdat kaavassa ja esittää mielipiteensä niistä, jolloin valitusten määrä vähenee ja prosessin kokonaisaika lyhenee.

Mallinnusprosessissa maaston pinnan muodostaminen vaati odotettua enemmän työtä, sillä laserkeilausdataa piti muokata huomattavan paljon. Pistepilvi täytyi ensinnäkin muokata sellaiseen muotoon, että ArchiCAD osaa luoda siitä pinnan muodot. Datasta täytyi lisäksi poistaa suuri määrä pisteitä, jotta muodostuva pinta ei olisi liian raskas laskea. ArchiCAD ei osaa itse vähentää pisteiden määrää pinnassa ilman kallista Archi-Terra -lisäosaa, joten raan pistepilviaineiston muuttaminen maaston pintamalliksi vaatii paljon työtä ja myöskin perehtymistä asiaan.

ArchiCAD soveltuu hyvin kaupunkimallinnukseen. Kunhan maaston pinnan on saanut tuotua ohjelmaan, rakennusten mallintaminen on kohtalaisen helppoa ja myös melko nopeaa. Mallinnusta suunniteltaessa lähtökohtana oli, että mallista tehtäisiin melko yksinkertainen, jotta se pysyisi kevyenä pyörittää ja mallintamiseen ei kuluisi niin paljon aikaa. Lisäksi ajatuksena oli, että myöhemmin mallia voidaan tarvittaessa täydentää yksityiskohtaisemmaksi. Tässä suhteessa mallinnus onnistui hyvin, lopullinen malli pysyi kevyenä ja tekstuurien avulla siitä saatiin tehtyä myös visuaalisesti näyttävä.

LÄHTEET

MRL 132/1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.

MRA 895/1999. Maankäyttö- ja rakennusasetus 10.9.1999/895.

Ympäristöministeriö. 2003. Asemakaavamerkinnot ja -määräykset. Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000 –sarjan opas 12.

Ympäristöministeriö. 2015a. Maankäyttö ja rakentaminen. Luettu 18.12.2015.
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen

Ympäristöministeriö. 2015b. Maankäytön suunnittelun ohjaus – tavoitteena hyvinvoiva elinympäristö. Luettu 15.12.2015. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Maankayton_suunnittelun_ohjaus

Ympäristöministeriö. 2015c. Asemakaavoitus. Luettu 18.12.2015
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Maankayton_suunnittelujarjestelma/Asemakaavoitus

Ympäristöministeriö. 2007. Ympäristöhallinnon ohjeita - Osallistuminen yleis- ja asemakaavoituksessa.

Biljecki, F. 2013. The concept of level of detail in 3D city models. OTB Research Institute for the Built Environment. Väitöskirjasuunnitelma.

Maanmittauslaitos. 2015. Laserkeilaustekniikka. Luettu 29.12.2015
<http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/kaukokartoitus/laserkeilaussaineistot/laserkeilaustekniikka>

Narinen, M. 2014. Maanmittauslaitoksen laserkeilaussaineiston hyödyntäminen yhdyskuntatekniikassa. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

LIITTEET

Liite 1. Esimerkkikuvia mallinnuksesta

1(5)









