

Risto Kärkkäinen

Locus-kantakartasta SketchUp-3D-kaupunki- malli

3D-mallinnus ja visualisointi kunnan suunnittelun tukena

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

13.10.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Risto Kärkkäinen Locus-kantakartasta SketchUp-3D-kaupunkimalli – 3D-mallinnus ja visualisointi kunnan suunnittelun tukena 47 sivua + 1 liite 13.10.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	lehtori Reijo Aalto projektipäällikkö Timo Takanen
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli selvittää 3D-kaupunkimallintamisen toteuttamisen ja käytön mahdollisuuksia kunnan suunnittelutyössä. Työssä pyrittiin selvittämään Locus-kantakartta-aineiston käytettävyyttä SketchUp-3D-kaupunkimallin lähtöaineistona ja tietomallina.</p> <p>Teoreettista pohjaa työlle kerättiin 3D-kaupunkimallintamista käsittelevästä kirjallisuudesta ja artikkeleista eri verkkojulkaisuissa. Käytännön osuudessa toteutettiin erilaisin teknisin ratkaisuin kolmiulotteisia kaupunkimalleja tutkimusalueesta ja sen osista. Lähtöaineisto 3D-kaupunkimalleihin saatiin Locus-järjestelmän tietokannassa olevasta kunnan kantakartasta sekä vapaista ja julkisista aineistoista.</p> <p>Tutkimuksen myötä saatiin arvokasta kokemusta Locus-aineiston soveltuvuudesta 3D-kaupunkimallin tuotantoon sekä SketchUp-sovelluksen soveltuvuudesta luodun mallin jälkikäsitteilyyn ja hyödyntämiseen. Locus- ja SketchUp-sovellukset toimivat hyvin yhdessä. Locus-kantakartta-aineiston ollessa hyväkuntoista oli Locuksella mahdollista suhteellisen tehokkaasti luoda SketchUp-3D-kaupunkimalli.</p> <p>Kyseisten sovellusten yhdistelmä on hyvä vaihtoehto kunnassa, jossa tehdään maankäytön suunnittelutyötä 3D-kaupunkimalleja käyttäen. SketchUp-sovellus on kepeä, mutta silti monipuolinen ja laajennettavissa oleva 3D-mallintamisen sovellus ja Locus tarjoaa nopeakäyttöiset työkalut 3D-kaupunkimallintamiseen. Osassa mallintamisen toiminnoista on tosin vielä joitain ongelmia, ja joitain toimintoja on vielä tulossa lisää syksyn 2016 versiopäivityksessä.</p>	
Avainsanat	3D-kaupunkimalli, SketchUp, Locus, kantakartta, visualisointi, 3D-mallinnus, tietomalli

Author	Risto Kärkkäinen
Title	SketchUp 3D city model from Locus base map – 3D modelling and visualization as a support for town planning
Number of Pages	47 pages + 1 appendice
Date	13 October 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructor(s)	Reijo Aalto, Senior Lecturer Timo Takanen, Project Manager
<p>The aim of this study was to find practises and possibilities for 3D city modelling in town planning. The focus was to find out how Locus base map data would function as the data model for a SketchUp 3D city model.</p> <p>The theoretical base was collected from related literature and articles. Various approaches and solutions were used when developing a 3D city model of the studied town area and its parts. Data for the model came from the Locus system database and from various open source resources.</p> <p>The study gave valuable knowledge on the usefulness of Locus data for the 3D city modelling and on the suitability of SketchUp programme for finishing and use of the produced city model. Locus and SketchUp worked well together. It was relatively easy and cost effective to create a SketchUp 3D city model from well-maintained Locus base map data.</p> <p>The combination is a good choice when doing town planning with 3D city models. SketchUp programme is an easy-to-use and cheap, but still versatile and extendable 3D modelling programme, and Locus provides tools for quick 3D city models. There are a few features that do not operate perfectly yet, and some features are launched with the update in the fall of 2016.</p>	
Keywords	3D city model, SketchUp, Locus, base map, visualization, 3D modelling, data model

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	3D-mallinnus ja visualisointi	2
2.1	3D-kaupunkimalli	3
2.2	LOD-tasot	3
2.3	Semanttinen 3D-kaupunkimalli	4
3	Locus-kantakartta tietomallina 3D-kaupunkimallia luotaessa	6
3.1	Locus	6
3.2	Karttakohteet ja lajit Locuksessa	7
3.3	Maastomalli	9
3.4	Rakennusten 3D-mallinnuksen periaate	10
3.5	Kantakartan eheys	10
4	SketchUp-3D-kaupunkimallin kirjoitus Locuksesta	11
4.1	Esivalmistelut	12
4.1.1	Maastomallin luonti	12
4.1.2	Rasterit	13
4.1.3	Komponentit	14
4.1.4	XML-vastaavuustiedosto	15
4.2	Kirjoituksen asetukset	17
4.3	Automaattinen SketchUp-3D-kaupunkimalli Laukaan kirkonkylän keskustasta	19
5	3D-kaupunkimallin työstäminen SketchUp:lla	21
5.1	Työvälineitä, ideoita ja malleja	21
5.2	Laukaan kirkonkylän keskustan 3D-kaupunkimalli	23
5.2.1	Maanpinta	24
5.2.2	Rakennukset	25
5.2.3	Aluemaiset viivakohteet	31
5.2.4	Pistemäiset kohteet	32
6	3D-mallinnuksen ja -kaupunkimallin tarjoamat mahdollisuudet	33

6.1	Kaavoitus ja maankäytönsuunnittelu	33
6.2	Maa-ainesoton ja -täytön tilavuusarviot	34
6.3	Valoisuus- ja energiatehokkuusanalyysit	35
6.4	Tulvamallinnus	36
7	Yhteenveto	38
	Lähteet	40
	Liite 1. Locuksen SketchUp-kirjoituksen XML-vastaavuustiedosto	

Lyhenteet

3D	eli kolmiulotteisuus on kokemusmaailmaamme vastaava geometrinen tila, jossa kolmen parametrin avulla voidaan määritellä kohteen sijainti.
CAD	Computer Aided Design, on tietokoneavusteista suunnittelua, jollain CAD-pohjaisella piirto-, mallintamis- ja laskentaohjelmistolla.
CITYGML	on OGC:n (Open Geospatial Consortium) ylläpitämä avoimen tiedon XML-pohjainen 3D-kaupunkimallien tallentamiseen ja tiedonsiirtoon tarkoitettu GML (Geography Markup Language) skeema.
LOD	Level Of Detail, on yksityiskohtaisuustaso eli kohteen tai kohteiden toteutustarkkuus.
SKP	on Trimblen SketchUp-sovelluksen tiedostoformaatti.
VRML	Virtual Reality Modeling Language, on 3D-vektoriobjektien tiedostostandardi.
WYSIWYG	What you See Is What You Get, ilmaisee, että lopputuote tulee näyttämään hyvin samankaltaiselta kuin kehitysvaiheen käyttäjänäkymä.
XML	Extensible Markup Language, on World Wide Web Consortiumin kehittämä rakenteellinen kuvauskieli, joka auttaa jäsentämään laajoja tietomassoja.

1 Johdanto

3D-kaupunkimalli on rakennuksista, kaduista, maastosta, kasvillisuudesta, infrastruktuurista yms. digitaalisesti luotu kolmiulotteinen malli. Sen tuotannon vaatimukset sekä toisaalta tarjoamat mahdollisuudet kiinnostavat kuntia ja kaupungeja. Tämä insinöörityökin käynnistyi keskusteluista Laukaan kunnassa maanmittausinsinööri Timo Takasen kanssa 3D-mallintamisen nykytilasta. Kunnassa ei hänen mukaansa ole aiemmin varsinaisesti kokeiltu tai selvitetty 3D-mallintuksen ja visualisoinnin työvälineitä tai toteutusta, mutta halua olisi tietää, miten 3D-mallinnusta voitaisiin käytännössä tehdä, miten nykyinen aineisto taipuu 3D-malliksi ja millaista hyötyä mahdollisesta 3D-kaupunkimallista voitaisiin jo ensi vaiheissa saada. Itselläni on aiemmin jo kertynyt jonkin verran kokemusta 3D-mallintamisesta, mutta aluesuunnittelun kokoluokan kohteiden 3D-mallintaminen ja kantakartta-aineistojen käyttö mallien pohjatietona oli kuitenkin uutta minulle ja siksi tämä työn aihe oli myös lähtökohtaisesti erityisen kiinnostava. Halusin selvittää, mitä 3D-kaupunkimallin laatimiseen yleisesti liittyy, miten Locus- ja SketchUp-ohjelmistoja voi käyttää yhdessä ja millainen 3D-kaupunkimallin laatimisen työprosessi voi olla.

Pienissä kaupungeissa ja kunnissa kokemukset 3D-mallintamisesta ovat yleensä hyvin vähäisiä. Suuremmissa kaupungeissa Suomessa on jo tehty monenlaisia 3D-kaupunkimalliin liittyviä hankkeita, mutta yhtenäisiä käytäntöjä ja tietomalleja ei vielä oikeastaan ole käytössä. Laukaassa otettiin alkuvuodesta 2016 käyttöön Trimblen Locus- paikkatieto- ja kuntarekisterijärjestelmä, josta on mahdollista kirjoittaa kantakartta-aineistosta ulos suoraan 3D-kaupunkimalli tai sen raakaversio skp-muotoisena SketchUp-tiedostona. Tätä on sitten mahdollista jatkojalostaa, muokata ja korjata SketchUp-sovelluksessa. Monessa kaupungissa 3D-kaupunkimallien luomisprosessissa oli myös käytetty SketchUp-sovellusta, ja koska itselläniikin oli jo jonkin verran kokemusta kyseisen sovelluksen käytöstä, päätin tutustua Locusen ja SketchUp-sovelluksen tarjoamiin kaupunkimallintamisen mahdollisuuksiin tarkemmin. Runsailla laajennusosilla varustetun SketchUp-sovelluksen käyttöön kannusti sen yleinen keveys ja helppokäyttöisyys, joka sopii hyvin varsinkin alkuvaiheen 3D-kaupunkimallinnukseen ja visualisointiin. Tässä insinöörityössä käytin työkaluna Laukaan kirkonkylän keskustan 3D-kaupunkimallin toteuttamiseen ilmaista versiota SketchUp Make 2015. Ammattikäyttöön löytyy kuitenkin joitakin satasia lisenssiä kohti maksava toiminnoiltaan ja tiedostoformaattiueltaan laajennettu SketchUp Pro.

Osana tätä insinööriötä toteutin pilottina Laukaan kirkonkylän Locus-kantakartasta ja muista käytettävissä olevista aineistoista keskusta-alueen 3D-kaupunkimallin. Alueen eri kohteissa testasin eri yksityiskohtaisuustasoista (LOD1-LOD3) toteutusta. Pysin myös selvittämään semanttisiin 3D-kaupunkimalleihin liittyviä kysymyksiä, Locuksen tietomallia ja CityGML:n käyttöä semanttisten 3D-kaupunkimallien tallentamiseen ja tiedonsiirtoon sekä sitä, kuinka 3D-kaupunkimallien tuotanto, ylläpito ja hyödyntäminen voitaisiin käytännössä toteuttaa.

2 3D-mallinnus ja visualisointi

3D-mallinnuksen työkaluilla voidaan luoda ja tehdä paljon sellaista, mikä muilla tavoin tulisi kohtuuttoman hintaiseksi tai olisi muuten hankalasti toteutettavissa. 3D-malli poikkeaa muista kuvista syvyydeltään ja muodoltaan. Sillä on perspektiivi. Kokemamme maailma on 4-ulotteinen, ja siinä on kolme perusulottuvuutta. Nämä voi nimetä vaikka leveydeksi, korkeudeksi ja syvyydeksi. Lisäksi neljäntenä ulottuvuutena on aika, joka 3D-malleista puhuttaessa luo kehyksen animaatioille. (1, s. 7–9.)

3D-mallintaminen tarjoaa ihmiselle uudenlaisen tavan kokea ja hahmottaa asioita. Visualisoinnin pohjalta muodostuneen mielikuvan avulla voidaan kohteiden ja alueiden suunnitteluun ja estetiikkaan vaikuttaa jo hyvissä ajoin. Esimerkiksi virtuaalinen arkkitehtuurinen malli keskusta-suunnitelmasta voidaan saattaa kansalaisten nähtäväksi ja kommentoitavaksi jo kehitystyön alkuvaiheessa. 3D-mallista tai siitä otetuista kuvista pystyy maallikkokin hahmottamaan helposti kokonaiskuvan, toisin kuin hankalasti avautuvista rakennuspiirroksista. (1, s. 12–13.) Näin kansalaisten osallisuus kaupunkien ja kuntien kehittämiseen tehostuu, päättäjillä on päätöksentekovaiheessa todennukaisempi kuva hankkeesta ja kokonaisuudessaankin voidaan välttyä suuremmilta yllätyksiltä hankkeen valmistumisvaiheessa.

Visuaalista ulkoasua voidaan myös parantaa korvaamalla mallin pinta kuvatekstuurilla tai valokuvalla. Mikäli malleja halutaan käyttää kohteiden mittaamiseen, tämä asettaa 3D-mallin mittatarkkuudelle kovemmat vaatimukset ja silloin täytyy kerätä tarkempaa aineistoa käyttäen laserkeilausta tai fotogrammetriaa.

Semanttinen malli puolestaan laajentaa perinteisten geometrinen 3D-mallien käsitettä. Semanttiset mallit sisältävät geometrian ja pintatekstuurin lisäksi tietoa kohteiden rakenteesta, ominaisuuksista ja suhteista muihin kohteisiin. (2, s. 4.)

2.1 3D-kaupunkimalli






3D-kaupunkimalli on kolmiulotteisesti toteutettu digitaalinen malli urbaanista alueesta ja sen kohteista. Se kuvaa yleensä maaston, rakennukset, kasvillisuuden, infrastruktuurin yms. kaupunkikohteet tai niiden osia. 3D-kaupunkimallissa voidaan yhdistää kantakarttatieto, rakennusten tietomallit, paikkatieto sekä yhdyskuntarakentamisen ja infrastruktuurin tiedot. (3, s. 2–3.)

2.2 LOD-tasot

3D-mallin yksityiskohtaisuuden määrää kuvataan usein LOD-tasoilla (Level Of Detail) välillä LOD0–LOD4, jossa LOD0 on yksinkertaisin lähinnä 2D-karttaa vastaava taso ja LOD4 kaikkein korkein 3D-mallin yksityiskohtaisuuden taso. LOD-tasot on määritelty tarkemmin taulukossa 1.

LOD-tasojen tarkastelu kytkeytyy pääasiassa rakennusten yksityiskohtaisuuden tarkasteluun. Käytettävä LOD-taso riippuu tarpeesta sekä käytössä olevista resursseista. Mitä yksityiskohtaisempaa mallia halutaan luoda, sitä suuremmat ajalliset ja sitä kautta rahalliset resurssit täytyy mallin toteutukseen varata. Lisäksi suurempi yksityiskohtaisuus ja tarkkuus asettaa lisävaatimuksia lähtömateriaalille. LOD1-taso ei vaadi reunaviivojen ja korkeuksien lisäksi juuri muunlaista dataa. LOD2-tason kohteisiin pitää käytössä jo olla tietoa rakennusten ulokkeista, sisennyksistä, katoksista ja kattomuodoista. LOD3-tason saavuttamiseen tarvitaan jo kattavia kuvatai laserkeilausaineistoja, jotta kohteiden ikkunat, ovet ja muut yksityiskohdat pystytään toteuttamaan. LOD4-tason malli vaatii lisäksi tietoa rakennusten sisustasta. LOD4-tasoa ei kuitenkaan käsitellä enempää tässä insinööriyössä. (4, s. 128.)

Taulukko 1. LOD-tasojen tarkkuuden ja yksityiskohtaisuuden vaatimukset (5, s. 11–12).

	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
Rakennuksen havainnekuva (6)					
Kokoluokan kuvaus	Alueellinen, maasto	Kaupunki, alue	Kaupungin-osat, projektit	Arkkitehtuuralliset mallit, maamerkit	Arkkitehtuuralliset mallit, sisätilat
3D-sijaintitarkkuus	–	5 m	2 m	0,5 m	0,2 m
Yleistys	Suuri yleistys, maankäytön luokittelu	Kohteet yleispiirteiltään. > 6 m x 6 m / 3 m	Kohteet yleispiirteiltään. > 4 m x 4 m / 2 m	Kohteet todellisilta piirteiltään. > 2 m x 2 m / 1 m	Rakenteet ja aukot esitetty.
Kattorakenne	Ei	Tasakatto	Kattotyyppi ja -muoto	Todellinen muoto	Todellinen muoto
Katukalusteet	–	Tärkeät kohteet	Prototyypit	Todellinen muoto	Todellinen muoto
Kasvillisuus	–	Tärkeät kohteet. Alue > 50 m x 50 m	Prototyypit, yli 6 m korkeat. Alue > 5 m x 5 m	Prototyypit, yli 2 m korkeat. Alue < LOD2	Prototyypit, todellinen muoto. Alue < LOD2

2.3 Semanttinen 3D-kaupunkimalli

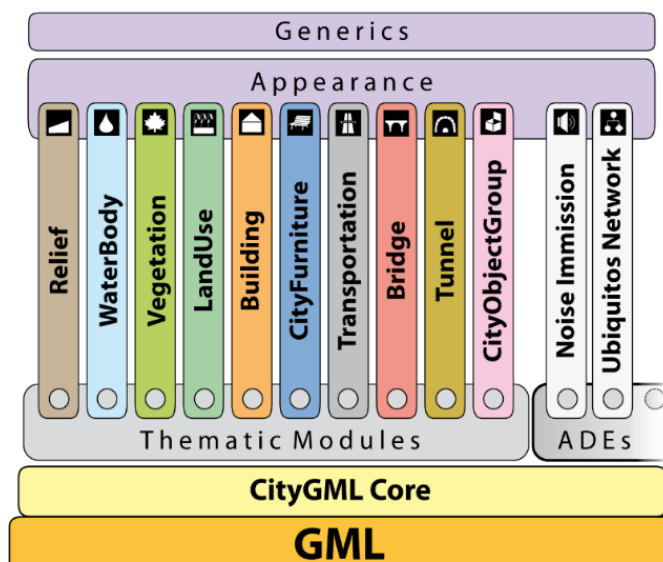
3D-mallit ovat aiemmin usein olleet puhtaasti graafisia tai geometrisia, ja niitä onkin käytetty lähinnä visualisoinneissa. Kuitenkin semantiikan ja topologian huomiotta jättäminen rajoittaa temaattisten kyselyjen sekä paikkatiedon käytön ja analysoinnin hyödyntämistä 3D-kaupunkimallien yhteydessä. (7, s. 2.) Semanttinen kaupunkimalli tuo 3D-kaupunkimalliin mukaan kohteista muodostuvan tietomallin ja topologian, jossa kohteiden tiedot esitetään digitaalisessa muodossa (3, s. 4). Tämä mahdollistaa mallin käytön ja hyödyntämisen monissa sovelluksissa sekä erilaisissa suunnittelu- ja analysointitehtävissä sekä kohteiden tiedon ylläpidossa ja seurannassa (8, s. 2).

Nykyään käytössä alkaa olla yhä enenevässä määrin sovelluksia ja järjestelmiä, jotka hyödyntävät virtuaalista 3D-kaupunkimallia tärkeänä järjestelmän osana (7, s. 2). Trimblen Locus on esimerkiksi tällainen. Se on varsinaisesti paikkatieto- ja kuntarekisterijärjestelmä, mutta sen rakennettu ympäristö on tietomalliperusteinen ja mahdollistaa semanttisen 3D-kaupunkimallin. Locuksessa karttakohteet sisältävät tietokantarakenteen ansiosta kohteiden tiedot, historian, topologian ja

geometrian (9, s. 10–12). Locusta, sen tietomallia ja sen avulla luotavaa 3D-kaupunkimallia käsittelemme tarkemmin myöhemmissä luvuissa.

Myös 3D-kaupunkimallien kuvantamiseen ja tiedon välitykseen löytyy useita vaihtoehtoja. Yksi merkittävä vaihtoehto semanttisten 3D-kaupunkimallien yleiseen mallintamiseen on CityGML. CityGML tarjoaa kaupunkimallien mallintamiseen ja tiedonvälitykseen teknisesti neutraalin eli sovellusriippumattoman XML-pohjaisen standardin. (4, s. 120; 10.) CityGML on semanttinen tietomalli kolmiulotteisen tiedon esittämiseen ja tiedon siirtoon sisältäen tietoa kohteen rakenteesta, topologiasta ja ominaisuuksista sekä kohteiden välisistä suhteista ja hierarkioista. Se ei ole niinkään uusien kohteiden suunnitteluun tarkoitettu mallinnustapa, vaan sitä käytetään yleensä olemassa olevaan tietoon ja laajemmalla alueella. (11, s. 26.) Sen avulla on mahdollista toteuttaa kaupunkikohteiden visualisointia ja suunnittelua sekä erilaisia ympäristöanalyseja ja monimutkaisia simulointeja (10). CityGML:llä on mahdollista muodostaa ja eritellä viisi eri LOD-tasoa. (12, s. 3.)

CityGML pohjautuu GML:ään (Geography Markup Language) ja on sen sovelluskeema. CityGML:ää on kehitetty vuodesta 2002 lähtien SIG 3D:n (Special Interest Group) toimesta ja vuonna 2008 se hyväksyttiin OGC:n (Open Geospatial Consortium) standardiksi (11, s. 26). CityGML rakentuu teemoittaisista moduuleista, kuten rakennukset, liikennealueet, kasvillisuus, vesistöt, maankäyttö ja maanpinta (kuva 1). Jokainen CityGML-mallin kohde voidaan esittää usealla eri LOD-tasolla. (10) CityGML-standardia on myös mahdollista laajentaa käyttäen ns. ADEja (Application Domain Extension), joita on tehty mm. maanalaisiin rakenteisiin, siltoihin ja ympäristömelun arviointiin. (11, s. 26.)



Kuva 1. CityGML:n moduulimalli. (10)

Trimblen on tarkoitus tuoda jollain aikataululla Locukseen tuki CityGML-standardille. Tulevaisuudessa Locuksen tietomallista olisi siis mahdollista kirjoittaa ulos 3D-kaupunkimalli CityGML-muotoisena, jolloin se olisi käytettävissä myös muissa CityGML:ää tukevista järjestelmissä ja sovelluksissa.

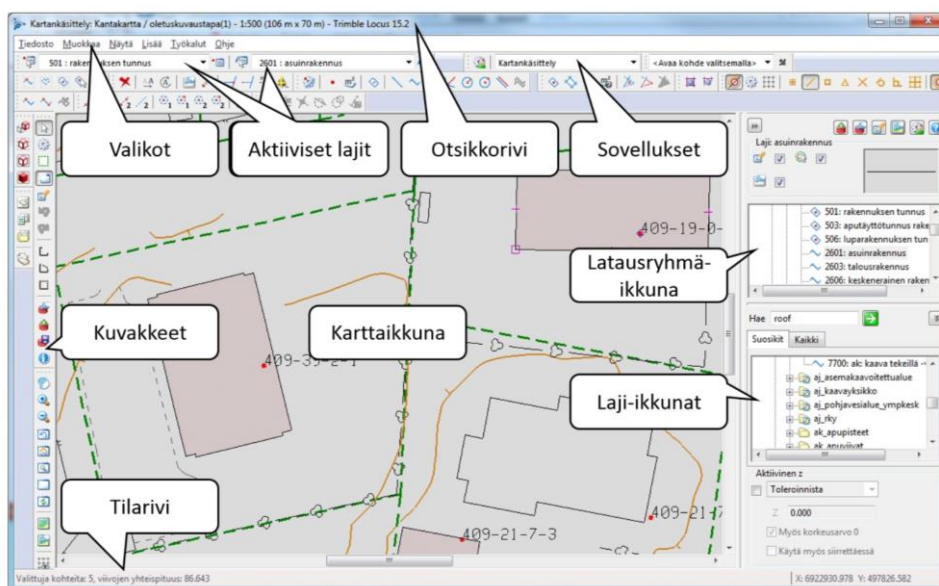
3 Locus-kantakartta tietomallina 3D-kaupunkimallia luotaessa

Locus tarjoaa tietokantapohjaisena paikkatieto- ja kuntarekisterijärjestelmänä hyvät lähtökohdat semanttisen 3D-kaupunkimallin tuottamiseen. Kantakartan kohteet ovat saatavissa tietokannassa eli käytössä on aina ajantasaisin aineisto ja siitä on mahdollista luoda Locuksen SketchUp-kirjoituksen avulla 3D-kaupunkimalli. Syksyllä 2016 on Trimbleltä luvassa Locus-päivitys, jossa 3D-kaupunkimalliin liittyvät toiminnollisuudet ja mahdollisuudet lisääntyvät entisestään.

3.1 Locus

Locus on Trimblen tietokantapohjainen sovellus kaupungin tai kunnan hallinnoimien rakennetun tai luonnon ympäristön sekä yhdyskuntatoimen tehtäviin liittyvien paikka- ja rekisteritietojen tallennukseen ja hallintaan (9, s. 10–12). Locus koostuu viidestä modulaarisesta sovelluksesta ja toiminnallisuudesta, joita ovat kaavoitus, kiinteistönmuodostus, kiinteistöomaisuuden hallinta,

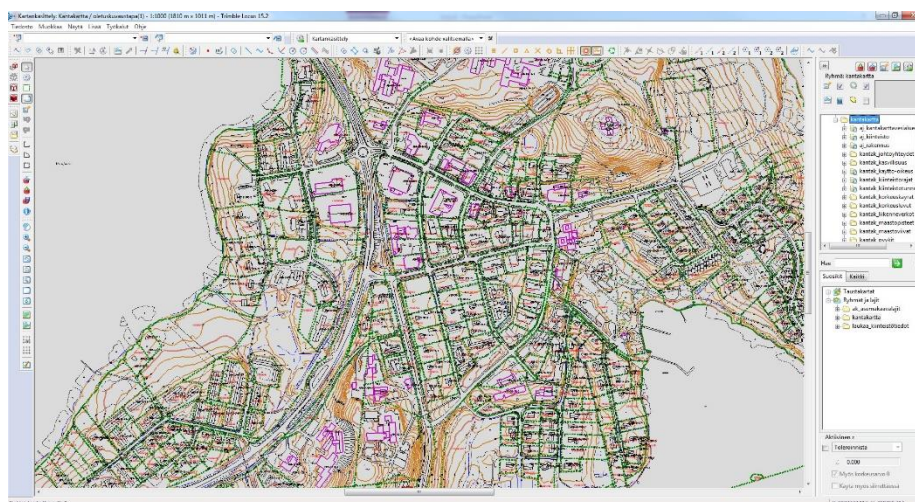
rakennusvalvonta ja ympäristövalvonta. Lisäksi Locuksessa on sisäänrakennettuna työkalut paikkatiedon hallintaan, maastomallin ja 3D-visualisoinnin luomiseen ja käyttöön sekä erilaisten karttojen, kuten kantakarttojen ja opaskarttojen, tuottamiseen. Järjestelmä tukee myös kunnan väestö-, nimistö- ja osoite- sekä yritys- ja toimipaikkarekisterien tietojen ylläpitoa ja selailua. Toiminnallisuudet on integroitu käytettäväksi samalla käyttöliittymällä ja tietokannalla. Peruskäyttöliittymä on esitelty kuvassa 2. Järjestelmän paikkatietopohjaisuus mahdollistaa lisäksi sijainti- ja ominaisuustietojen samanaikaisen käsittelyn. (13)



Kuva 2. Locus-järjestelmän peruskäyttöliittymä.

3.2 Karttakohteet ja lajit Locuksessa

Locuksen kartta-aineisto koostuu kohteista, jotka voivat olla pisteitä, viivoja tai aluetunnuspisteitä (kuva 3). Kaikilla karttakohteilla on sijainti ja laji.



Kuva 3. Kantakartan eri lajisia kohteita Locus-kartalla.

Koska Locus on tietokantapohjainen paikkatieto- ja kuntarekisterijärjestelmä, eivät karttakohdet ole pelkästään geometriaa, vaan jokaisella karttakohteella on myös lajin mukaista ominaisuuksitietoa, kuten kuvassa 4 Rakennuksen tunnus -pisteellä. (14, s. 32–36.)

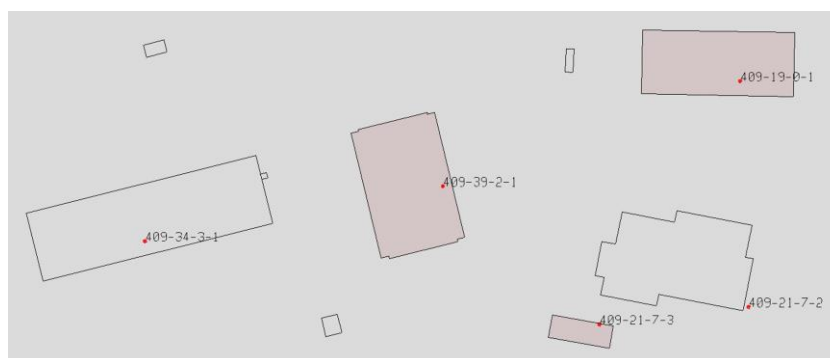
Rakennuksen sijaintipiste			
Perustiedot 3D Käyttötarkoitus Riskikartoitus			
Pysyvä rakennustunnus	1021259361	Rekisteritila	1-Valmis rakennus
Kiinteistö ja rakennusnumero	410-409-1-145		1
Lupatunnus		Luvan rakennus	0
Laji	501	Lajin nimi	rakennuksen tunnus
Pinta-ala	0.00	Tekstin suunta	0.0000 gon
x	6922851.899	Tekstin siirtymä dx	0.000 m
y	497696.949	dy	0.000 m

Kuva 4. Rakennuksen tunnus -pistekohteen ominaisuuksitiedot Locuksessa.

Locuksessa lajeja käytetään erilaisten karttakohneiden luokitteluun. Laji määrittää esimerkiksi sen, mitä ominaisuuksia kohteella voi olla ja miltä se näyttää kartalla, eri käyttöympäristöissä tai tulosteissa. Esimerkiksi asuinrakennusten ja julkisten rakennusten rajaviivat on mahdollista kuu- lua eri lajeihin, ja ne esitetään kartalla eri värein. Lajeista voidaan muodostaa nimettyjä lajiryhmiä. Lajiryhmä voi sisältää lajien lisäksi myös toisia lajiryhmiä. Lajiryhmät on muodostettu

yleensä lajeista, jotka liittyvät jollain tavalla toisiinsa ja muodostavat jonkinlaisen kokonaisuuden. Esimerkiksi erilaiset rakennusten rajaviivat voidaan koota yhdeksi ryhmäksi. Lajiryhmien on tarkoitus helpottaa karttakohteiden valintaa, esittämistä ja käyttöä Locuksessa. (14, s. 55.)

Locuksessa tärkeän kokonaisuuden muodostavat aluejaot. Kukin aluejako koostuu tietyn tyyppisistä alueista. Esimerkiksi rakennukset muodostavat aluejaon, jossa jokainen rakennus on yksi alue. Alueet koostuvat sulkeutuvista rajaviivoista ja niiden sisään jäävistä tunnusasteista sekä näiden liittämistä yhteen. Esimerkiksi kun asuinrakennusviivalajin sulkeutuva ja ehjä viiva sulkee sisäänsä rajoihin liitetyn rakennustunnuksen, muodostuu aluejako (kuva 5). Aluejakoja muodostavat lajit kootaan lajiryhmäksi, jotka nimetään usein alkuliitteellä aj_. Esimerkiksi rakennuksille on Locuksessa käytössä lajiryhmä aj_rakennus. (14, s. 50–53.)



Kuva 5. Aluejakojen täyttö vain ehjillä, sulkeutuvilla ja rakennustunnuksen kytketyillä kohteilla.

Locuksessa on myös käytössä aluejaon muodostamattomia erillisaluejakokohteita. Toisin kuin aluejaot, nämä erilliset alueet voivat olla osittain tai kokonaan toistensa sisällä. Niitä käytetään mm. rasitteille, rakennuskielloille ja rajoituksille. Erillisten alueiden lajiryhmät nimetään yleensä alkuliitteellä eaj_. (14, s. 50–54.)

3.3 Maastomalli

Locuksen Maastomalli ja Visualisointi -sovelluksen avulla voidaan luoda laserkeilatusta maanpinnan pistepilviaineistosta maastomalli monenlaisia käyttötarkoituksia varten. Maastomalli on pinnan kuvaamiseen käytetty laskennallinen malli, jossa pinta on kuvattu kolmioverkkona mitattujen pisteiden toimiessa kolmioiden kärkipisteinä. Mallista voidaan esim. interpoloida kor-

keuksia ja leikkauksia. Tämä maastomalli on myös mahdollista lisätä 3D-kaupunkimallin maanpinnaksi. Samalla maanpinnan pintamateriaaliksi on mahdollista projisoida jokin Locuksen taustakarttaeditorilla luotu taustakartta tai taustakarttayhdistelmä. (15, s. 1147.)

3.4 Rakennusten 3D-mallinnuksen periaate

Locuksessa voidaan korkeus-, rakennus- ja ominaisuustietojen perusteella luoda 3D-malleja dynaamisesti. Jokaisella rakennustunnuksella on Locus-tietokannassa rakennus- ja huoneistorekisteristä ladattuna tietoja rakennuksesta, mm. kerrosten lukumäärä, rakennusmateriaalit ja käyttötarkoitus. Rakennusten 3D-mallinnus voidaan yksinkertaisimmillaan hoitaa seinäviivojen sijainnin ja rakennusten korkeustietojen tai kerroslukumäärien avulla, jolloin rakennukset kuvaus-
tuvat tasakattoisina laatikoina, ns. massamalleina. Visualisoinnissa voidaan lisäksi hyödyntää räystäs- ja harjaviivoja 3D-kattomuotojen aikaansaamiseksi sekä julkisivukuvia, erillisiä 3D-malleja ja materiaalitietoja. (15, s. 1148–1154.)

3.5 Kantakartan eheys

3D-mallinnukseen käytettävien kohteiden ja ominaisuuksien tarkkuus ja laatu parantavat myös mallin laatua. Jotta Locus-järjestelmässä olevasta kantakartasta saadaan muodostettua 3D-kaupunkimalli kustannustehokkaasti, tulee kantakartta-aineiston olla ehjää. Puutteet kantakartan tietomallin eheydessä on mahdollista korjata muodostettuun SketchUp-3D-kaupunkimalliin SketchUp-sovelluksessa, mutta hyvä ja tarkka kanta-kartta-aineisto ja tietomalli säästävät käsitöihin vaadittavaa aikaa ja rahaa.

Kantakartta on luonteeltaan jatkuvasti päivittyvä ja uusiutuva tietomalli. Karttakohteet muuttuvat kunnan kehityksen mukana ja aineistoa muokataan, tarkennetaan ja korjataan jatkuvasti. Myös 3D-kaupunkimallin tulisi pysyä muutoksessa mukana. Tätä tavoitetta palvelee mahdollisimman automaattinen 3D-kaupunkimallin päivittämis- tai luomisprosessi. Tämä taas onnistuu, kun muokatessa, tarkennettaessa tai korjatessa kantakartta-aineistoa on tiedossa ja huomioituna Locus-järjestelmän 3D-kaupunkimallin kirjoittamisen eheysvaatimukset.

Rakennusten eheys tarkoittaa käytännössä aluejaon muodostumista rakennustunnukselle ja -viivoille. Esimerkiksi kuvassa 5 oli nähtävissä sekä ehjiä muodostuneita että rikkonaisia muodostumattomia aluejakokohteita. Aluejako ei muodostu, jos rakennusviiva ei sulkeudu ja/tai rakennustunnus ei sijaitse sulkeutuvan rakennusviivan sisällä. Vain aluejaon muodostaneista rakennuksista voidaan muodostaa SketchUp-kirjoituksessa 3D-massamalleja. Rakennuksen katon muotoa vastaavien kohteiden eheyteen puolestaan vaikuttavat räystäs- ja harjaviivat. Jotta rakennuksen massamallilla olisi tasakatosta poikkeava kattomuoto, tulisi räystäs- ja harjaviivojen sijaita absoluuttisessa korkeudessa muodostaen ehjän, sulkeutuvan, ikään kuin 3D-rautalankamallin katosta sekä olla lisäksi kytkettynä rakennustunnukseen. (15, s. 1148–1154.)

Eheysvaatimukset pistemäisten kohteiden osalta koskevat lähinnä sijaintitietoa. Muutoin pistemäiset kohteet, kuten puut ja katuvalaisimet, saadaan korvattua helposti lajeittain komponenteilla SketchUp-kirjoituksen yhteydessä. Kohteen sijainti saadaan suoraan Locus-kannasta. Mikäli korkeussijainti ei ole käytettävissä, kohteet voidaan joko projisoida kirjoitusvaiheessa pintamallin pinnalle, jos sellainen oli jo kirjoitusvaiheessa käytettävissä, tai tiputtaa ne jälkikäteen SketchUp-sovelluksessa luodun pintamallin pinnalle. (14, s. 459–462.)

4 SketchUp-3D-kaupunkimallin kirjoitus Locusesta

Trimble Locus -järjestelmässä olevasta aineistosta on mahdollista kirjoittaa 3D-malliksi tai 3D-mallin pohjaksi skp-päätteisiä SketchUp-tiedostoja, jotka voidaan myöhemmin avata muokattavaksi Trimble SketchUp -ohjelmassa (14, s. 459).

SketchUp-tiedoston kirjoitus muodostuu seuraavista periaatteista (14, s. 461–462):

- Trimble Locus -ryhmien kohteet kirjoitetaan omille tasoilleen ja lisäksi luodaan oletustasot "Maanpinta" ja rakennusten massamallitaso. Mikäli kohteella ei ole korkeusarvoa, se kirjoitetaan joko käytössä olevan maanpintamallin tasoon, maanpintamallin puuttessa nolatasoon tai käyttäjän määrittämään korkoon.
- Viivojen ja mahdollisten aluetäyttöjen värit tuodaan Trimble Locus -ohjelmasta ja viivojen kuvauksessa käytetään jatkuvaa viivaa. Kohteiden värit voidaan määrittellä myös kirjoitusvaiheen XML-vastaavuustiedostossa.

- Trimble Locus -ohjelmassa käytössä oleva taustarasterikuva voidaan tuoda mahdollisen maanpinnan tekstuuriksi.
- Pistemäisiltä kohteilta voidaan tarvittaessa kirjoittaa ominaisuustiedot. Nämä määritellään myös XML-vastaavuustiedoston avulla.

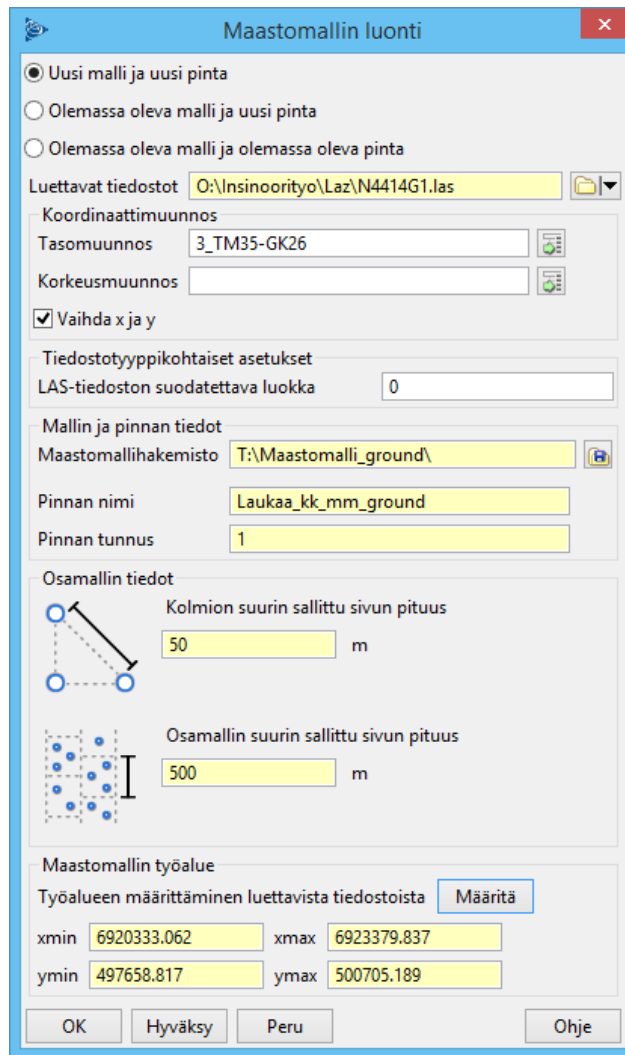
4.1 Esivalmistelut

SketchUp-3D-kaupunkimallin kirjoittaminen Locusesta vaatii joitakin esivalmisteluja ja etukähteistoimia, jotta mallista saadaan halutun mukainen. SketchUp-3D-kaupunkimallia varten täytyy määritellä vähintään kirjoituksen asetukset, ja sen lisäksi mitä enemmän kohdetyypppejä malliin tulee, sitä enemmän esivalmisteluja luonnollisesti tarvitaan.

4.1.1 Maastomallin luonti

Locus-sovelluksessa on mahdollista perustaa pistepilviaineistoista alueellisia 3D-maastomalleja. Näitä maastomalleja voidaan sitten käyttää mm. tietokantaan tuotavien ja uusien kohteiden korkeuksien määrittämisessä, korkeuskäyrien laadinnassa sekä pituusleikkauksien teossa (15, s. 1147). Maastomalli on myös mahdollista asettaa Locusesta luotavan 3D-kaupunkimallin maanpinnaksi, jolloin kaupunkimalliin kirjoitettavat kohteet voidaan projisoida sen pinnalle, kohteiden tietokannassa olevasta korkeustasosta huolimatta (14, s. 459–461).

Maastomalli on kolmioitu pintamalli ja se voidaan luoda las-, laz-, xyz- tai gt-tiedostojen 3D-aineistoista. Koska Laukaan Locus-aineisto on GK26-koordinaattijärjestelmässä, täytyy aineiston luvussa huomioida mahdollisen tasomuunnoksen tarve. Uuden maastomallin nimi ja asetuksen määrittellään Locusen Maastomalli ja 3D-visualisointi -sovelluksen Maastomallin luonti -ikkunassa, joka on esitettyä kuvassa 6. (15, s. 1159–1161.)



Kuva 6. Maastomallin luonti las-tiedoston pistepilvestä.

4.1.2 Rasterit

Rastereiden käytöllä voidaan lisätä mallien näyttävyyttä, eikä tekstuurien käyttö oikein toteutettuna kuormita laitteistoa yhtä paljon kuin yksityiskohtien lisääminen muotojen avulla. 3D-kaupunkimallissa käytettävien pintamateriaalien on hyvä kuitenkin olla kooltaan ja laskentatehovaatimuksiltaan mahdollisimman kevyitä, joten myös värit ovat selkeytensä ja käyttökevytensä puolesta materiaaleina aivan varteenotettava vaihtoehto. Materiaalirasterit ja -värit sekä julkisivurasterit pitää olla joka tapauksessa etukäteen suunniteltu ja tehty, jotta kirjoituksen automaattisuudesta saadaan täysi hyöty irti.

Locus-järjestelmän 3D-mallinnuksessa käytetään rastereja tekstuureina monella tavalla. Maanpintaan voidaan projisoida mikä tahansa taustakarttana tai taustakarttayhdistelmänä käytössä

oleva rasterikuva, kuten esimerkiksi ortoilmakuva (15, s. 461). Lisäksi syksyn 2016 Locus-päivityksessä julkisivurasterien käyttö tulee mahdolliseksi 3D-kaupunkimallin luonnissa. Rakennuskohteiden seinäviivoille tulee olemaan mahdollista asettaa julkisivurasterikuva tekstuuriksi jo Locus-tietokannassa. Julkisivukuvat ovat tällöin SketchUp-kirjoituksessa rakennusten julkisivupintoina automaattisesti ja Locus venyttää ne pinnan suhteiden mukaisesti. (15, s. 1149–1151.) Tällä hetkellä mahdolliset julkisivukuvien lisäykset on kuitenkin vielä tehtävä jälkikäteen SketchUp-sovelluksen työkaluilla.

Mikäli SketchUp-kirjoituksen yhteydessä maanpintamallin pintamateriaaliksi halutaan asettaa ilmakuva, suunnitelmakuva tai jokin muu tekstuuri, se täytyy luoda etukäteen Locusen taustakartaksi tai taustakarttayhdistelmäksi Locusen taustakarttaeditorilla. Tämän jälkeen sen käyttö maanpintamallin pintarasterina toimii WYSIWYG-periaatteella (What You See Is What You Get), eli taustakarttarasteri näkyy pintamallissa samoin kuin se asetustensa mukaisesti näkyy Locusessa. Haluttu rasterikuva on myös mahdollista istuttaa maanpintamallin pintamateriaaliksi jälkeensä SketchUp-sovelluksessa tehtävän kaupunkimallin viimeistelyn yhteydessä.

4.1.3 Komponentit

Pistemäisten kohteiden SketchUp-tiedostoon kirjoitusta varten täytyy etukäteen luoda niitä 3D-kaupunkimallissa kuvaavat SketchUp-3D-komponentit ja esitellä niiden sijaintipolku XML-vas-taavuustiedostossa. Komponentit voivat olla täysin geneerisiä, koska kaikki saman pistelajin kohteet korvautuvat samalla komponentilla. Komponenttia luotaessa on kuitenkin syytä kiinnittää huomiota komponentin tiedostokokoon sekä kuvauksen keveyteen. Koska pistekohteita voi 3D-kaupunkimallissa olla runsaastikin, on niiden syytä olla toteutukseltaan, piirrettävyydeltään ja kooltaan keveitä.

3D-kaupunkimallin luonnissa tapahtuva massamallirakennuksen korvaaminen 3D-objektilla on myöskin toiminto, joka on tulossa syksyn 2016 Locus-päivityksessä. Tällöin, kun halutaan kuvata jokin yksittäinen 3D-kaupunkimallin rakennus, kuten merkittävä maamerkki, etukäteen tehdyllä esim. yksityiskohtaisemmalla rakennusmallilla, pitää Locusessa esitellä VRML-mallitiedosto 3D-symbolin vapaissa attribuuteissa. Tällainen VRML-mallitiedosto on mahdollista tehdä esimerkiksi SketchUp-komponentista SketchUp Pro:lla käyttäen Export 3D Model -toimintoa. Massamallirakennuksen korvaava 3D-objekti sijoitetaan rakennuksen taitepistettä VRML-mallissa vastaavaan taitepisteeseen ja skaalataan 3D-symbolin mukaisesti. (15, s. 1151.) Tällä hetkellä

Locuksen muodostaman massamallirakennuksen korvaaminen halutulla 3D-objektilla on kuitenkin tehtävä jälkikäteen 3D-kaupunkimallin viimeistelyssä SketchUp-sovelluksessa komponentin Reload-toiminnolla. Tätä mahdollisuutta käsittelem lisää luvussa 5.2.2.

4.1.4 XML-vastaavuustiedosto

Kohteiden SketchUp-tiedostoon kirjoituksen tarkempi määrittely tehdään Locuksessa XML-notaation muotoisella SketchUp-vastaavuustiedostolla, jonka sisältöä ja muotoa on esitelty taulukossa 2.

Taulukko 2. SketchUp-kirjoituksen XML-vastaavuustiedoston määrittelyt (14, s. 462–464).

Määriteltävä asia	Esimerkkimäärittely tiedostossa
<p>APPSETTINGS</p> <p>Oletushakemisto, josta tekstuuri- tai mallitiedostot haetaan, jos tiedostonimessä ei käytetä täydellistä polkua.</p> <p>Lajit, jotka huomioidaan kattopintaa muodostettaessa.</p> <p>SketchUp-tiedostolle voidaan asettaa uusi origo.</p>	<pre><appSettings> <add key="PresentationDefaultFolder" value="O:\SKP_materiaali\"/> <add key="AcceptRoofClassIds" value="2619, 2620"/> <add key="OverrideOrigin" value="6896000.000 477000.000"/> </appSettings></pre>
<p>MATERIALS</p> <p>Materiaalit voidaan määrittää RGB-värinä tai tekstuuritiedostona.</p> <p>Name: Materiaalin nimi on pakollinen.</p> <p>Color: Väriarvo heksadesimaaliesityksenä.</p> <p>tai</p> <p>Src: Polku kuvatiedostoon.</p>	<pre><Materials> <Material Name="Aita" Color="#FFFFFF"/> <Material Name="Tiili" Src="tiili.jpg"/> </Materials></pre>
<p>MODELS</p> <p>Pistekohteet korvaavat mallit määritellään SketchUp-tiedostoina.</p> <p>Name: Mallin nimi on pakollinen.</p> <p>Src: Polku SketchUp-tiedostoon.</p>	<pre><Models> <Model Name="Valaisin" Src="valai- sin.skp"/> </Models></pre>
<p>ATTRIBUTE MAPS</p> <p>Pistemäisten kohteiden, kuten rakennustunnusten, ominaisuustiedot voidaan koostaa attribuuttikartaksi.</p> <p>Name: Attribuuttikartan nimi on pakollinen.</p> <p>key: Ominaisuuden nimi on pakollinen.</p> <p>Value: Ominaisuuden arvo.</p>	<pre><AttributeMaps> <AttributeMap Name="Rakennuksen ominaisuudet"> <Add key="Rakennustunnus" Value="\$(BuBuilding.BUILDINGLABEL)"/> <Add key="kerrosluku" Value="\$(Bu- Building.FloorCount)"/></pre>

	<pre><Add key="korkeus" Value="\$(CALCULATE(EDBUILDINGHEIGHT))"/> <Add key="sijainti" Value="\$(x/Des=1)\$(y/Des=1)"/> </AttributeMap> </AttributeMaps></pre>
<p>CLASSREFERENCES</p> <p>Lajivastaavuuksien määrittely:</p> <p>ClassId: Lajinumero (pakollinen)</p> <p>Material: Alueen kirjoituksessa viittaus Materials-osioon, oletuksena kohteen kuvaustekniikka. Viivakohteelle voidaan määrittää väri.</p> <p>Model: Pistekohteella viittaus Models-osioon.</p> <p>Layer: Määrittää kohteen SketchUp-tason nimen, jossa ByGroup (Oletus) Locuksen latausryhmän tai ByClass Locuksen lajin mukaan.</p> <p>IsFence: Viivakohde, joka muodostetaan aitamaiseksi pystypinnaksi.</p> <p>FenceHeight: Aidan korkeus metreinä.</p> <p>Putkimaisten kohteiden määrittely:</p> <p>IsPipe="true"</p> <p>PipeDiameter: Putken halkaisija.</p> <p>PipeInnerDiameter: Putken sisähalkaisija. Mikäli puuttuu, on putki umpinainen.</p> <p>RelativeZ: Kohteen korkeusmuutos suhteessa maanpintaan.</p> <p>Massamallimateriaalien määrittely:</p> <p>MassModelMaterial: Materiaali rakennuksen massamallille.</p> <p>§-määrittelyllä voidaan hyödyntää Locus-tietokannan Rakennuksen RaHu-tietoja, kuten esim. Käyttötarkoitus (IntentedUse)</p> <p>MassModelRoofMaterial: Materiaali rakennuksen massamallin katopinnalle.</p> <p>AttributeMap: Viittaus AttributeMaps-osioon.</p>	<pre><ClassReferences> <ClassReference ClassId="2601" Layer="ByGroup" Material="Tiili"/> <ClassReference ClassId="1501" Layer="ByClass" Model="Valaisin"/> </ClassReferences> <ClassReference ClassId="2631" IsFence="true" FenceHeight="1.5" Material="Aita"/> <ClassReference ClassId="20504" IsPipe="true" RelativeZ="-2" PipeDiameter="0.2"/> <ClassReference ClassId="66000" Layer="\$(BuBuilding.IntendedUse/CodeExpl=BuIntendedUse) " MassModelMaterial="\$(BuBuilding.IntendedUse/CodeExpl=BuIntendedUse) " MassModelRoofMaterial="\$(BuBuilding.BearingStructure/CodeExpl=BuBearingStructure) " AttributeMap="Rakennuksen ominaisuudet"/></pre>
<p>SURFACES</p> <p>Mahdollisen maanpintamallin määrittely.</p> <p>Surface Id: Pinnan Id on pakollinen.</p> <p>UseActiveBackgroundMap: Aktiivinen taustakartta on mahdollista asettaa pinnan tekstuuriksi (true/false).</p> <p>IncludeVectorMaterial: Rasteroitu vektorimateriaali pinnan tekstuuriksi (true/false).</p> <p>Material: Viittaus Materials-osioon.</p>	<pre><Surfaces> <Surface Id="111" UseActiveBackgroundMap="true" IncludeVectorMaterial="false" Material="Maanpinta"/> </Surface></pre>

4.2 Kirjoituksen asetukset

Kun Locuksen kartta-aineistosta halutaan kirjoittaa ulos SketchUp-tiedostomuodossa oleva 3D-kaupunkimalli, valitaan Tiedosto -> Kirjoita -> SketchUp. Tällöin avautuu erillinen SketchUp-kirjoitus -ikkuna, jollainen on esitetty kuvassa 7. Aluksi SketchUp-kirjoitusta varten täytyy asetuksissa määrittää kaksi tiedostoa. Muodostettava skp-päätteinen tiedosto, johon kohteet kirjoitetaan, nimetään Kirjoitettava tiedosto -kenttään ja aiemmin luotu SketchUp-kirjoitusta ohjaava XML-pohjainen vastaavuustiedosto Vastaavuustiedosto-kenttään. (14, s. 459.)

Seuraavaksi asetetaan kirjoitettavan SketchUp-tiedoston georeferenssi. Muodostettavan SketchUp-3D-mallin koordinaattijärjestelmälle tehdään muunnos valitsemalla kohdekoordinaattijärjestelmäksi WGS84. (14, s. 459) Tällöin SketchUp-sovelluksen toiminnot ja Google-työkalut toimivat oikein.

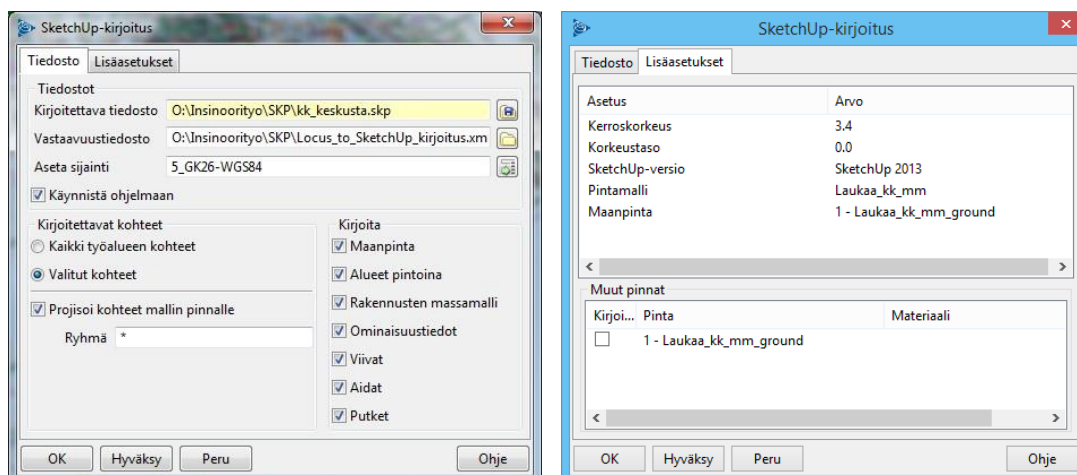
Asetuksissa on myös mahdollista määrittää muodostetun tiedoston suora avautuminen SketchUp-ohjelmassa. Tällöin merkitään Käynnistä ohjelmaan -asetus valituksi (14, s. 460).

SketchUp-tiedoston kirjoitusasetuksissa määritetään myös kirjoitettavat kohteet. Mikäli käytössä on Locuksen Maastomalli ja 3D-visualisointi -sovellus ja sillä maanpinnan pistepilviaineistosta laadittu maastomalli, voidaan halutessa valita asetus Projisoi kohteet mallin pinnalle. Ryhmä-kentän avulla voidaan valita kirjoitettava lajiryhmä tai lajiryhmät. Tässä tähtimerkki (*) tarkoittaa kaikkia lajiryhmiä. (14, s. 460.)

Tämän jälkeen valitaan, mitä kirjoitetaan. Tässä tehdyt valinnat käyttävät hyväksi vastaavuustiedoston määrittelyä. (14, s. 460.)

- Valittaessa Maanpinta voidaan lisäasetukset-välilehdellä asettaa haluttu tulostiedostoon kirjoitettava pintamalli. Pintamallin ulkoasu voidaan määrittellä vastaavuustiedostossa. Lisäksi tällöin pitää asetuksista valita Alueet pintoina, koska maanpinta kirjoitetaan aluepiirtoryhmien mukaan. Mikäli pintamallia ei ole käytössä, voidaan pintamalli rakentaa korkeuskäyristä SketchUp-sovelluksen työkaluilla. Tästä lisää luvussa 5.2.1.

- Valittaessa Rakennusten massamalli muodostetaan rakennuksista massamalli, joka perustuu rakennusviivan ja rakennustunnuksen yhdessä muodostamaan alueeseen. Korkeustieto rakennukselle saadaan rakennustunnuksen 3D-tiedoista. Mikäli tiedossa on kerroslukumäärä, kerroskorkeuden oletuksena käytetään Lisäasetukset-välilehdellä asetettua metrimäärää. Mikäli kerroslukumäärä on 0, käytetään arvoa 1. Jos rakennuksen aluetunnukseen on kytketty viivakohteita, joille on määritetty z, muodostuu kattopinta näitä käyttäen. Muutoin rakennuksen kattomuodon oletuksena käytetään tasakattoa.
- Valittaessa Ominaisuustiedot kirjoitetaan pistekohteille vastaavuustiedostossa määritellyt ominaisuustiedot.
- Valittaessa Viivat kirjoitetaan viivakohteet SketchUp-tiedostoon. Viivakohteiden ulkoasu muodostuu joko oletuksena kohteen kuvaustekniikan värin mukaisesti tai vastaavuustiedoston määritysten mukaisesti.
- Valittaessa Aidat kirjoitetaan aitoina vastaavuustiedostossa aidaksi määritetyt viivakohteet korkeusmäärittelyjensä mukaisesti.
- Valittaessa Putket kirjoitetaan putkina vastaavuustiedostossa putkiksi määritetyt viivakohteet halkaisija-, sisähalkaisija- ja korkeussijaintimäärittelyjensä mukaisesti.
- Lisäasetuksissa voidaan määrittää oletuksina käytettävät Kerroskorkeus ja kohteiden Korkeustaso, muodostuvan tiedoston SketchUp-versio sekä mahdollisesti käytettävät Pintamalli ja Maanpinta.



Kuva 7. SketchUp-kirjoituksen asetukset Locuksessa.

4.3 Automaattinen SketchUp-3D-kaupunkimalli Laukaan kirkonkylän keskustasta

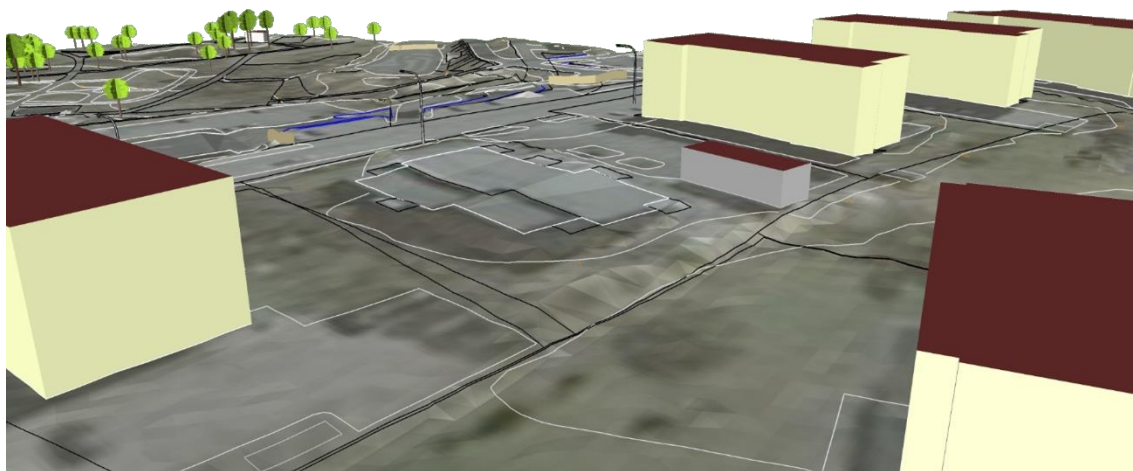
Mahdollisimman pitkälle automatisoitu 3D-kaupunkimallien luonti tekee mallien käytöstä pitkässä juoksussa tehokkaampaa ja paremmin hyödynnettävää. 3D-kaupunkimallin luominen manuaalisesti käsityönä on mahdollista pienemmän mittakaavan hankkeissa, mutta mitä suuremaksi mallinnettava alue kasvaa niin pinta-alaltaan kuin kohdemääriltäänkin, sitä tärkeämpää on automatiikka 3D-kaupunkimallin luomisessa ja käsittelyssä. (7, s. 2.) Tämä tarkoittaa käytännössä mahdollisimman kattavaa tietomallia rakennetusta ympäristöstä ja semanttista 3D-kaupunkimallia. Kunnan kantakartan tulisi sisältää kaikki se tieto, josta 3D-kaupunkimalli rakentuu. Näin myös muutokset rakennetussa ympäristössä tai aineiston tarkennukset saadaan normaallilla aineiston päivityksellä mukaan 3D-kaupunkimalliin.

Minkä tasoinen SketchUp-3D-malli on Laukaan kunnassa mahdollista toteuttaa tämän hetkestä aineistosta suoraan eli ilman SketchUp-sovelluksessa tehtäviä korjauksia? Millainen on kohteiden LOD-luokitus? Saadaanko kattavasti LOD1-tasoa oleva 3D-kaupunkimalli, entä mitä lisävaatimuksia aineistolle asettaa se, että saataisiin kattava LOD2-tason 3D-kaupunkimalli?

Seuraavan SketchUp-3D-kaupunkimallin toteutin hyödyntäen Laukaan kunnan Locus-järjestelmässä olevaa kantakartta-aineistoa. Laukaan koko Locus-aineisto ja täten myös kantakartta on ETRS-GK26FIN koordinaattijärjestelmässä ja N2000-korkeusjärjestelmässä. Malliin on kirjoitettu kantakartan rakennukset, kadut, korkeuskäyrät, katuvalaisimet, puut ja aidat sekä Locuksessa

muodostettu maastomalli, johon on pintamateriaaliksi projisoitu ortoilmakuvarasteri. Maastomallin muodostin Maanmittauslaitoksen latauspalvelusta lataamastani laserkeilausaineiston pistepilvestä, josta siivosin 3D-Win-sovelluksella pois kaikkien muiden paitsi maanpinnan tason (2-Ground) pisteet. Maastomallin pintaan projisoitu rasteri on Locuksen taustakarttaeditorilla tekemäni taustakarttayhdistelmä, johon käytin Maanmittauslaitoksen ortoilmakuvia Laukaan kirkonkylän keskustan alueelta. Katuvalaisimille ja puille loin aiemmin SketchUp-komponentit. Kirjoituksen asetukset määrittelin kuvan 7 mukaisesti sekä liitteen 1 mukaisessa XML-vastaavuustiedostossa.

Kuvassa 8 on Locuksen automaattisesti SketchUp-3D-kaupunkimalliin kirjoittamia kohteita. Kaikki 3D-komponenttikohteet, eli rakennukset, puut ja valaisimet, projisoituvat maastomallin pinnalle. Maastomallin pintaan on myös projisoitunut muuta viivamaista aineistoa, kuten katualueiden rajat, kiinteistöjen rajat ja korkeuskäyrät. Näiden kirjoittamista ja kuvantumista voidaan kontrolloida XML-vastaavuustiedoston avulla, ja mikäli ne kirjoitettu omille SketchUp-tasolleen, voidaan niiden näkyvyyttä säätää helposti myös SketchUp-sovelluksessa. Maastomallin pintamateriaalina on Locukseen aiemmin luomani maanmittauslaitoksen ortoilmakuvista tehty taustakarttayhdistelmä.



Kuva 8. Näkymä Locuksen automaattisesti luomasta SketchUp-3D-kaupunkimallista.

Rakennuskohteiden massamallien materiaalit on määritelty XML-vastaavuustiedostossa (liite 1). Seinäpinnat ovat rakennuksen käyttötarkoituksen mukaiset eli asuinrakennukset ovat keltaisia ja talousrakennukset harmaita. Huomioitavaa on, että keskellä oleva rakennus ei ole muodostu-

nut lainkaan massamalliksi. Tämä rakennus ei siis muodosta rakennusviivojen ja rakennustunnuksen kanssa ehjää aluejakoa, jolloin maastomallin pintaan on projisoitunut vain rakennuksen kantakartassa 0-korkeudessa olevat rakennusviivat. Kattomallit eivät ole muodostuneet yhteenkään rakennukseen harja ja räystäsviivojen avulla, koska tällaista toimivaa aineistoa ei ole tällä hetkellä olemassa Laukaan kantakartassa. Kattomuotojen muodostumisessa on myös tällä hetkellä jonkinlaista ongelmaa Locuksessa, eikä kattoharjojen muodostaminen toimi, joten en ole panostanut enempää kattojen 3D-mallintamiseen Locuksen SketchUp-kirjoituksessa.

5 3D-kaupunkimallin työstäminen SketchUp:lla

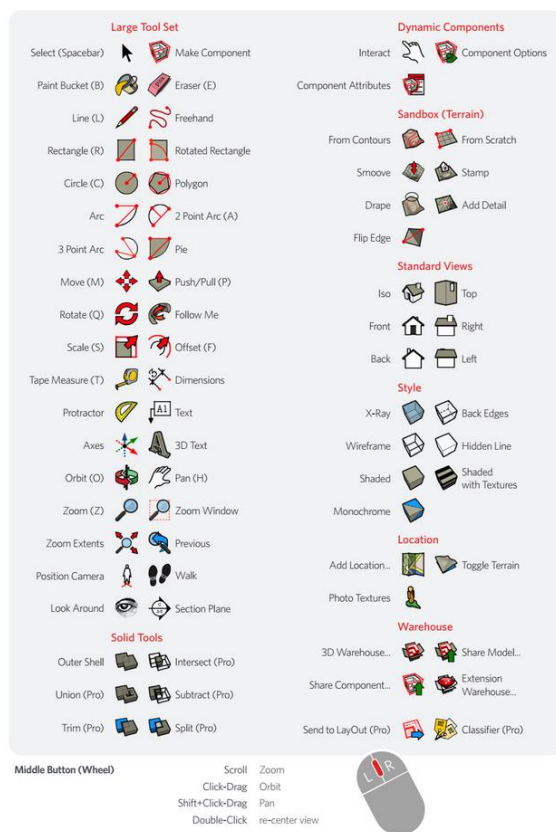
SketchUp on helppokäyttöinen 3D-mallintamiseen tarkoitettu pintamallinnusohjelma, jolla on varsin helppoa ja nopeaa havainnollistaa suunnitelmia. SketchUp on suunniteltu siten, että se sopii niin arkkitehtoniseen luonnosteluun, tilasuunnitteluun, tuotesuunnitteluun kuin vaikka kolmiulotteisten kappaleiden tulostamiseenkin. Myös 3D-kaupunkimallien käsittely on mahdollista. Vaikka kunnan kantakartta-aineistossa ja sen eheydessä olisi vielä puutteita, voi SketchUpissa tehdä 3D-kaupunkimalliin vielä paljon korjaustöitä ja viimeistelyä joko käsityönä tai puoliautomaattisesti.

5.1 Työvälineitä, ideoita ja malleja

SketchUp sisältää jo perusominaisuuksiltaan monipuolisen kokoelman perustyökaluja ja toimintoja, joiden avulla on mahdollista luoda tai muokata moninaisia 3D-malleja. Kuvan 9 esittämässä SketchUp Pro 2016:n työkalujen viittauskortissa on lyhyet kuvaukset perustyökaluista. Samat työkalut ovat käytössä myös ilmaisessa SketchUp Make -sovelluksessa sekä sen 2015-versiossa, jota käytin Laukaan kirkonkylän keskustan 3D-kaupunkimallin tekemiseen.

SketchUp Pro Quick Reference Card | Windows

SketchUp Pro 2016



Tool	Operation	Instructions
2 Point Arc (A)	Bulge Radius Segments	specify bulge amount by typing a number and Enter specify radius by typing a number, the R key, and Enter specify number of segments by typing a number, the S key, and Enter
Circle (C)	Segments Radius	lock current inferences specify radius by typing a number and Enter specify number of segments by typing a number, the S key, and Enter
Eraser (E)	Ctrl Shift Ctrl+Shift	softer/smooth (use on edges to make adjacent faces appear curved) hide unsofter/unsmooth
Follow Me	Alt <i>Expert Tip!</i>	use face perimeter as extrusion path first Select path, then choose the Follow Me tool, then click on the face to extrude
Line (L)	Shift Arrows Length	lock in current inference direction lock direction; up = blue, right = red, left = green, and down = parallel/perpendicular specify length by typing a number and Enter
Look Around	Eye Height	specify eye height by typing a number and Enter
Move (M)	Ctrl Shift Alt Arrows Distance External Copy Array Internal Copy Array	move a copy hold down to lock in current inference direction auto-fold (allow move even if it means adding extra edges and faces) lock direction; up = blue, right = red, left = green, and down = parallel/perpendicular specify move distance by typing a number and Enter n copies in a row: move first copy, type a number, the X key, and Enter n copies in between: move first copy, type a number, the / key, and Enter
Offset (F)	Double-Click Distance	apply last offset amount to selection specify an offset distance by typing a number and Enter
Orbit (O)	Ctrl Shift	hold down to disable "gravity-weighted" orbiting hold down to activate Pan tool
Paint Bucket (B)	Ctrl Shift Ctrl+Shift Alt	fill material - paint all matching adjacent faces replace material - paint all matching faces in the model replace material on object - paint all matching faces on the same object hold down to sample material
Push/Pull (P)	Ctrl Double-Click Distance	push/pull a copy of the face (leaving the original face in place) apply last push/pull amount to this face specify a push/pull amount by typing a number and Enter
Rectangle (R)	Dimensions	specify dimensions by typing length, width and Enter ie. 20, 40
Rotated Rectangle	Shift Alt Angle, Dimensions	lock in current direction/plane lock drawing plane for first edge (after first click) click to place first two corners, then type angle, width and Enter ie. 90, 20
Rotate (Q)	Ctrl Angle Slope	rotate a copy specify an angle by typing a number and Enter specify an angle as a slope by typing a rise, a colon (:), a run, and Enter ie. 3 : 12
Scale (S)	Ctrl Shift Amount Length	hold down to scale about center hold down to scale uniformly (don't distort) specify a scale factor by typing a number and Enter ie. 1.5 = 150% specify a scale length by typing a number, a unit type, and Enter ie. 10m
Select (Spacebar)	Ctrl Shift Ctrl+Shift	add to selection add/subtract from selection subtract from selection
Tape Measure (T)	Ctrl Arrows Resize	toggle create guide or measure only lock direction; up = blue, right = red, left = green, and down = parallel/perpendicular resize model: measure a distance, type intended size, and Enter
Zoom (Z)	Shift	hold down and click-drag mouse to change Field of View

Kuva 9. SketchUp Pro 2016 Quick Reference Card (16).

Lisää työkaluja on mahdollista ladata SketchUp-laajennusten jakamiseen tarkoitetusta Extension Warehouse -palvelusta. Extension Warehouse sisältää laajennusosia piirtämiseen, arkkitehtuuriin, suunnitteluun, rakentamiseen jne. liittyen ja niitä on mahdollista etsiä nimen ja toiminnallisuuden mukaan. Extension Warehouse laajentaa SketchUpilla tehtävien töiden mahdollisuuksia entisestään. (16) Laukaan kirkonkylän keskustan 3D-kaupunkimallin korjauksissa, muokkauksissa ja viimeistelyssä käytin työkaluja taulukon 3 mukaisista laajennusosista.

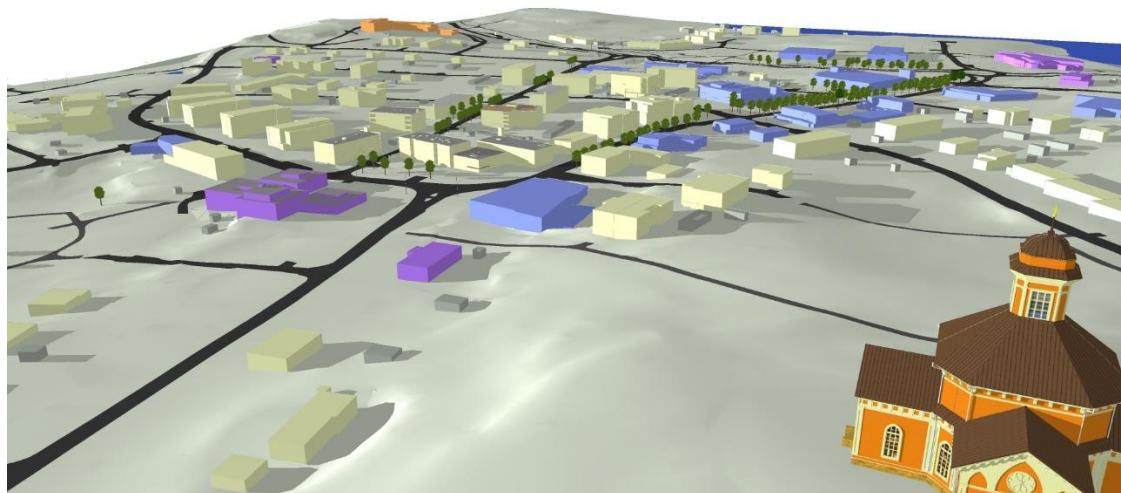
Taulukko 3. Insinööriyössä käyttämäni SketchUp-laajennusosat sekä niiden sisältämät työkalut.

Laajennusosa	Kuvaus	Työkalut
DropGC	Komponenttien ja ryhmien tiputukseen mallin pinnalle	<ul style="list-style-type: none"> • Drop Groups and/or Components to geometry below
Edge Tools ²	Työkalukokoelma reunojen yksinkertaistamiseen, aukkojen sulkemiseen, siivoamiseen yms.	<ul style="list-style-type: none"> • Split faces into multiple pieces • Inspect and close edge gaps • Close all edge gaps • Erase stray curves • Simplify selected curves • Make vertices colinear from start to end • Make vertices colinear in the X axis • Make vertices colinear in the Y axis • Make vertices colinear in the Z axis
Make Face	Pintojen tekoon valituille reunoille.	<ul style="list-style-type: none"> • Make Face
Projections and guide tools	Ohjaus- ja projektiotyökaluja piirtoprosessin helpottamiseksi.	<ul style="list-style-type: none"> • Erase Projection Guides or SketchUp guides, or both • Insert guide points • Guides through lines • Insert a guide perpendicular to face, through a point • Guides at intersections of faces • Guides by division • Guides at measured intervals • Radial guides • Rectangular guides • Project guide point perpendicularly to line or face • Project lines/guides as guide points on faces • Project lines perpendicularly on faces • Project faces perpendicularly on faces • Project faces on faces along a vector • Push-pull along a vector • Extrude lines along vector
Shadow Analysis	Rakennetun ympäristön aurinkoisuuden analysointiin annettuna päivänä ja aikavälinä.	<ul style="list-style-type: none"> • Shadow Analysis

5.2 Laukaan kirkonkylän keskustan 3D-kaupunkimalli

Laukaassa on kevään 2016 aikana käyttöönotettu Locus kunnan paikkatieto- ja rekisterijärjestelmäksi. Osana tätä insinööriyötä olen muodostanut Laukaan kirkonkylän keskustan Locus-kantakartasta SketchUp-kirjoituksella eri tavoin toteutettuja 3D-kaupunkimalleja niin koko keskustan alueelta kuin sen pienemmiltä osa-alueiltakin. Näitä malleja olen sitten korjannut ja viimeistellyt SketchUp-sovelluksessa. Kaupunkimalleissa on ollut kuvattuna maanpinta, rakennukset, kadut, katuvalaisimet, puusto ja järvet.

Kuvan 10 mukaisessa koko keskustan käsittävässä 3D-kaupunkimallissa pääosan rakennuksista kuvasin LOD1-tasolla. Keskuskadun ensimmäisen korttelin kuvasin LOD2-tasolla ja C.L. Engelin suunnitteleman vuonna 1835 rakennetun Laukaan kirkon (17) tärkeänä alueen maamerkinä kuvasin LOD3-tasolla. LOD2- ja LOD3-tasoisten kohteiden yksityiskohtaisemman mallintamisen tein SketchUp-sovelluksessa valokuvamateriaalien avulla. 3D-kaupunkimallin eri kohteiden SketchUp-mallintamistyötä käsittelem seuraavaksi.



Kuva 10. SketchUp-sovelluksella viimeistelemästani Laukaan kirkonkylän keskustan 3D-kaupunkimalli.

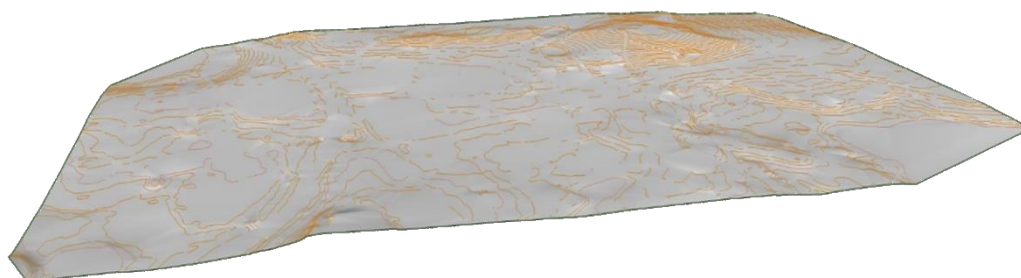
5.2.1 Maanpinta

Tein maanpintamallin myös SketchUp-sovelluksessa kuvassa 11 näkyvien kantakartan korkeuskäyrien avulla koko Laukaan kirkonkylän keskustan alueelta. Korkeuskäyrät olin tuonut Locuksen kannasta, mutta saman toteutuksen voi tehdä muistakin lähteistä tuoduista korkeuskäyristä, kuten esim. CAD-pohjaisesta kantakartasta. Lopputulos näkyy kuvassa 12. Maanpintamallia varten toin korkeuskäyrä- ja johtokäyrälajien (Locus-lajit: 2706 ja 2707) viivakohteet mukaan Locuksen SketchUp-kirjoituksen yhteydessä. Nykyiset N2000-korkeusjärjestelmän mukaiset korkeuskäyrät oli toteutettu Laukaan Locus-kantakarttaan vuoden 2016 alussa. Ne on laadittu Jyväskylän kaupungin toimesta Maanmittauslaitoksen Laukaan kirkonkylän alueella vuosina 2012 ja 2014 toteuttamien laserkeilausten maanpintaluokitellusta pistepilviaineistosta. Korkeuskäyrien Locus-viivakohteet ovat luonnollisesti oikeassa korkeudessa sisältäessään myös z-tiedon.



Kuva 11. Laukaan kirkonkylän keskustan kantakartan korkeuskäyrät SketchUp-sovelluksessa.

Korkeuskäyristä voidaan muodostaa pintamalli Sandbox tools – From Contours -työkalun avulla. Työkalu laskee käyristä kolmioidun ja viivoiltaan pehmennetyn ns. Mesh-pintamallin ja tekee tästä uuden SketchUp-ryhmän. Kun maanpintamalli tehdään SketchUp-sovelluksessa korkeuskäyristä, ei Locuksen Sketchup-kirjoituksen yhteydessä voi käyttää kohteiden projisointia maanpintaan, vaan se on tehtävä jälkikäteen SketchUp-sovelluksen työkaluilla.



Kuva 12. Korkeuskäyristä muodostettu pintamalli SketchUp-sovelluksessa.

5.2.2 Rakennukset

Eri käyttötyyppiset rakennukset (Locus-lajit: asuinrakennus, liikerakennus, julkinen rakennus, teollisuusrakennus ja talousrakennus) on kuvattu viivojen ja pintojen osalta eri värein ja lajiteltu eri SketchUp-tasolle niiden käsittelyn ja värien hallinnan helpottamiseksi. Mainitut värit ja tasot on kuvattu Locus-lajeittain Liitteen 1 Locuksen SketchUp-kirjoituksen XML-vastaavuustiedostossa.

Laukaan kantakartassa lähes kaikki rakennusviivat sijaitsevat 0-korkeudessa, joten myös Locuksen SketchUp-kirjoituksessa muodostuneessa kaupunkimallissa rakennusten massamallit ja rakennusviivat sijaitsivat lähes kaikki 0-korkeudessa. Muutaman tästä poikkeavan korkeuden korjasin SketchUp-sovelluksessa samaan 0-tasoon muiden rakennusten ja rakennusviivojen kanssa. Kun olin saanut muodostettua kaikki rakennukset yksitellen joko ryhmäksi tai komponentiksi, pystyin tiputtamaan ne aiemmin tekemäni maanpinnan päälle DropGC-laajennustyökalun avulla. Rakennukset pitää tätä tiputusta varten ensin siirtää normaalilla Move-työkalulla maanpintamallin yläpuolelle, koska DropGC-työkalu perustuu tiputukseen eli se siirtää kaikki komponentit tai ryhmät kohti pintamallia, kunnes kunkin komponentin tai ryhmän sitä vasten ensimmäisenä tulevan pinnan keskipiste koskettaa sitä.

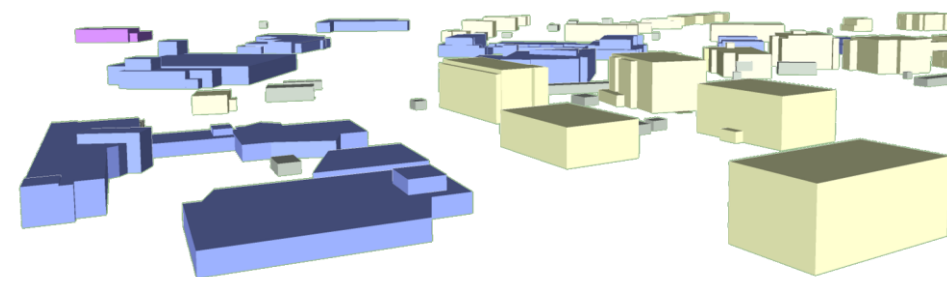
LOD1

Osa rakennuksista muodostui jo Locuksen SketchUp-kirjoituksessa massamallisiksi LOD1-tasoisiksi komponenteiksi. Rakennukset, joista ei ollut muodostunut massamallia, kuvautuivat SketchUp-3D-kaupunkimallissa kantakartan mukaisina rakennusviivoina. Kuvassa 13 näkyy Locuksen SketchUp-kirjoituksen yhteydessä maanpintaan projisoitaviin kohteisiin liittyvä ongelma. Jos jotkin rakennukset eivät muodostu 3D-massamalleiksi, kuvautuvat ne silloin rakennusviivoina, jotka vastaavasti projisoidaan maanpintaan. Tämän jälkeen näistä rakennusviivoista on kuitenkin vaikea muodostaa 3D-massamalleja, koska viivat eivät ole enää tasossa vaan seuraavat maanpinnan muotoja. Eli jos aineisto ei ole rakennusten osalta ehjää, kannattaa kohteet jättää projisoimatta maanpintaan, käsitellä rakennukset massamallisiksi 0-tasossa ja tiputtaa ne kaikki sitten joko Locuksesta tuodun maastomallin tai korkeuskäyristä SketchUp-sovelluksessa muodostetun pintamallin maanpintaan DropGC-laajennusosan avulla. Samaa menettelyä voidaan myös käyttää esim. CAD-pohjaisista kantakartoista toteutettaviin 3D-kaupunkimalleihin tuomalla rakennusten seinäviiva-aineisto SketchUp-sovellukseen käsiteltäväksi.



Kuva 13. Jos rakennukset eivät muodostu massamalleiksi, ne kuvautuvat rakennusviivoina.

Koska Laukaan kirkonkylän keskustan alueen rakennukset eivät olleet Locuksessa aluejaon muodostumiseltaan kokonaisuudessaan ehjiä, kirjoitin kohteet aluksi SketchUp-3D-kapunkimallin 0-tasoon. Tämän jälkeen muodostin kaikki viivamuotoisiksi jääneet rakennukset LOD1-tasoisiksi massamalleiksi SketchUp-sovelluksen normaaleilla sekä Edge Tools- että Make Face -laajennusosien työkaluilla. Rakennusten korkeudet laskin joko Google Earth Street View -sovelluksen rakennuksen perustan ja räystään korkeustietojen erotuksesta tai Maanmittauslaitoksen ilmakuvista varjojen pituuksia vertailemalla. Valmiita 3D-rakennuksia on nähtävissä kuvassa 14.

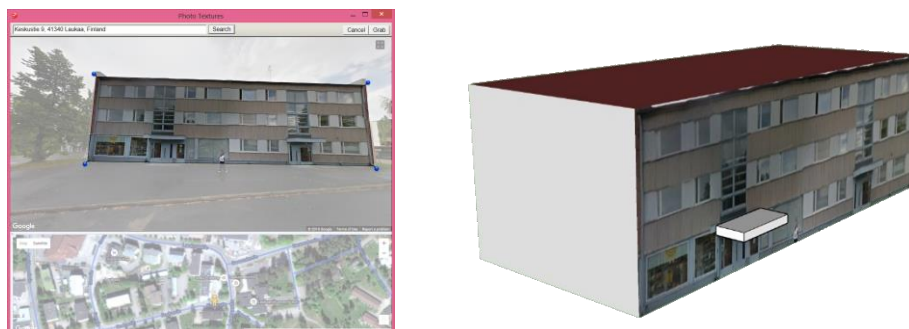


Kuva 14. LOD1-tasoisia rakennuksia Laukaan kirkonkylän keskustan SketchUp-3D-kaupunkimallista.

LOD2

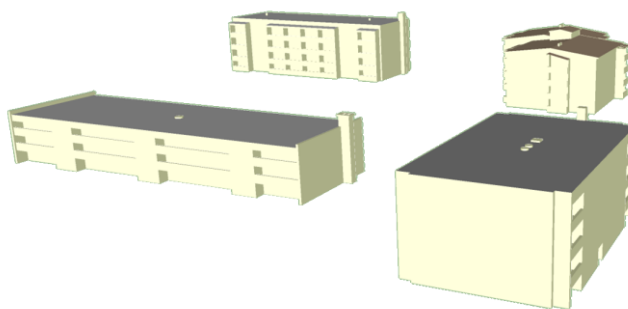
LOD2-tasoiset kohteet tarkensin valituista mallin LOD1-tasoisista rakennuksista. Tarkennuksia varten muodostin valitsemistani LOD1-rakennuksista ensin komponentteja ja tallensin ne erillistä työstämistä varten. Kun rakennus on muodostettu komponentiksi, se voidaan myöhemmin korvata parannelulla mallilla komponentin Reload-toiminnolla.

LOD2-tason tarkennusten työstöä varten, avasin kunkin tallentamani rakennuskomponentin aina uuteen SketchUp-sovellukseen. Aluksi sijoitin Googlen Street View -julkisivukuvat rakennuksesta kyseisen rakennuksen seinäpinnoiksi SketchUp-sovelluksen Google-työkalujen Photo Textures -työkalun avulla (kuva 15). Tämän jälkeen rakennuksen ulokkeet ja sisennykset pystyi tekemään julkisivukuvien avulla varsin tarkasti normaaleilla SketchUp-sovelluksen työkaluilla. Julkisivukuvat on myös mahdollista jättää rakennuksiin tunnistettavuuden helpottamiseksi, mutta nyt asetin rakennusten värit aiemmin kirjoitusvaiheen vastaavuustiedostossa määriteltyjen lajien materiaalien mukaisiksi väreiksi.



Kuva 15. Photo Texture -työkalun avulla Googlen Street View -kuva rakennuksen seinäpintaan.

Kattojen materiaalien ja yksityiskohtien työstämisessä käytin hyväksi Maanmittauslaitoksen alueella vuosina 2012 ja 2014 ottamia ortoilmakuvia. LOD2-tasoisien tarkennusten jälkeen päivitin aina kunkin rakennuskomponentin Laukaan kirkonkylän keskustan kaupunkimalliin avaamalla kaupunkimallin SketchUp-sovellukseen ja valitsemalla kyseiselle rakennukselle Reload-toiminnolla tallentamaani rakennuskomponenttia vastaava skp-tiedosto. Valmiita LOD2-tasoisia rakennuksia on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. LOD2-tasoisia rakennuksia Laukaan kirkonkylän keskustan SketchUp-3D-kaupunkimallissa.

LOD3

LOD3-tasoisena toteutin Laukaan kirkon. Toteutus on periaatteiltaan hyvin samankaltaisesti kuin LOD2-tasoisten kohteiden työstö, mutta huomattavasti isotöisempi. Kirkon tarkempaa mallintamista varten kävin ottamassa kirkosta valokuvia eri puolilta (kuva 17). Nämä valokuvat sijoitin sitten kirkon rakennusviivoista tekemääni LOD1-tasoiseen malliin. Tämän jälkeen mallinsin rakennuksen yksityiskohdat valokuvien perusteella SketchUp-sovelluksen normaaleilla työkaluilla. Valokuvista sain myös seiniä, ikkunoita, ovia, karmeja ja kattoa varten materiaalitekstuurit.



Kuva 17. C.L. Engelin suunnittelema vuonna 1835 valmistunut Laukaan kirkko.

Tallensin kirkon erilliseksi SketchUp-komponentiksi uuteen tiedostoon ja tein muokkaus työt erillisenä työnä. Koska kirkko on ristinmuotoinen ja lähes symmetrinen joka suunnalta, oli eri siivet mahdollista kopioida, peilata ja kääntää kokonaisen kirkon aikaansaamiseksi vähemmällä työllä. Silti tämän tasoinen 3D-malli vaatii äkkiä helposti parin päivän työn.



Kuva 18. LOD3-tasoinen SketchUp-3D-malli Laukaan kirkosta.

Kun kirkon malli on valmis (ks. kuva 18), sitä voidaan käyttää kaupunkimallissa LOD1-tasoiseen kohteen komponentin korvaamiseen Reload-toiminnolla. Kuvassa 19 näkyy, kuinka olen esimerkiksi korvannut Laukaan kirkon LOD1-tason mallin LOD3-tason mallilla Locuksen automaattisesti kirjoittamaan SketchUp-3D-kaupunkimalliin.



Kuva 19. Kirkon massamallirakennuksen korvaus SketchUp-komponentilla.

5.2.3 Aluemaiset viivakohteet

Aluemaiset viivakohteet, kuten kadut, tiet, kevyen liikenteen väylät, kiinteistöt, kaavayksiköt jne., voivat tapauskohtaisesti olla tärkeitä 3D-kaupunkimallissa esitettäviä kohteita. Ne voivat olla juuri suunnitelman havainnollistamisen kannalta oleellisia kohteita. Usein ne myös auttavat 3D-kaupunkimallissa sijainnin havainnollistamisessa ja hahmottamisessa muodostaen yhdessä rakennusten kanssa merkittävän osan tunnistettavasta rakennetusta ympäristöstä.

Vain rakennukset muodostavat Locuksen aluejakokohteina 3D-kaupunkimalliin massamalleja. Muut aluejakokohteet siirtyvät pelkästään viivatietona. Osa Locuksen viivalajeista, esimerkiksi liikenneväylät, eivät ole edes aluejakotyyppisiä lajeja, joten nekin siirtyvät luonnollisesti pelkästään viivatietona. Jos kantakartta on esim. CAD-muotoisena, voidaan vastaavalla tavalla sen viivakohteet tuoda SketchUp-sovellukseen.

Vaihtoehtoja aluemaisten viivakohteiden esittämiseen pelkkien viivojen sijasta on SketchUp-3D-kaupunkimallissa käytännössä kolme:

1. Maanpinnan pintamalliin projisoidaan jokin rasterikuva, joka sisältää myös aluemaiset viivakohteet, esim. liikenneväylät tai asemakaavan kaavayksiköt.
2. Reunaviiva-aineistot suljetaan SketchUp-sovelluksessa pinnoiksi, projisoidaan ne maanpinnan pintamalliin ja käytetään jotain materiaalia pinnan värjäykseen.
3. Joidenkin aluemaisten viivakohteiden luomista varten on olemassa SketchUp-laajennusosia. Esimerkiksi liikenneväylät voidaan luoda katutyypeittäin SketchUp-laajennusosilla esim. teiden keskilinjaa seuraten. Tällaiset liikenneväylien luomiseen tarkoitetut laajennusosat ovat toteutuksen visuaalisuudeltaan ja malliltaan monipuolisia ja samalla laajennusosina suurehkoja. Näistä syistä ne ovatkin yleensä maksullisen lisenssin vaativia.

Kuvassa 20 olen esimerkiksi toteuttanut Laukaan kirkonkylän keskustan 3D-kaupunkimallin liikenneväylät katujen osalta vaihtoehdolla 2 eli sulkemalla kantakartasta kirjoitetut reunaviivat pinnoiksi SketchUp-sovelluksessa normaalien työkalujen sekä laajennusosien avulla. Tämän jälkeen projisoin kadut pintamalliin ja muutin katualueiden pinnat asfaltinvärisiksi.



Kuva 20. Laukaan kirkonkylän keskustan katuverkostoa maanpinnan pintamalliin projisoituna.

5.2.4 Pistemäiset kohteet

Pistemäiset kohteet tuli korvatuksi Locuksen SketchUp-kirjoituksen yhteydessä jo aiemmin tekemilläni komponenteilla. Mikäli tulee tarvetta, komponentit on mahdollista korvata myöhemmin uusilla komponenteilla Reload-toiminnon avulla. Sama korvaaminen onnistuu myös, jos kantakartta on esim. CAD-muotoisena. Tällöin sen pistemäiset kohteet voidaan tuoda SketchUp-sovellukseen lajeittain identtisinä komponentteina ja korvata ne sitten halutuilla lajikomponenteilla Reload-toimintoa käyttäen.

Jotkin pistemäisten kohteet, kuten valaisimet, ovat kantakartassa suunnattuja. Tämä suuntaustieto ei kuitenkaan siirry Locuksesta 3D-kaupunkimalliin SketchUp-kirjoituksessa, vaan aina kaikki saman lajin kohteet korvaantuvat identtisillä ja pohjoissuuntaisilla komponenteilla. Kohteiden kierto oikeaan suuntaan on tehtävä käsin SketchUp-sovelluksessa (kuva 21).



Kuva 21. Puut ja valaisimet ovat pistemäisiä kohteita. Valaisten suuntaus on kierretty käsin.

6 3D-mallinnuksen ja -kaupunkimallin tarjoamat mahdollisuudet

3D-kaupunkimalli tarjoaa niin asukkaille, päättäjille, yrityksille kuin suunnittelijoillekin kokonaisvaltaisemman kuvan urbaanien alueiden, ympäristön ja liikenteen suunnittelusta ja hallinnasta (3, s. 3). Digitaalista 3D-mallia on helppo muokata eri käyttötarkoituksia varten. Sen värejä, tekstuureja, valaistusta, kuvakulmaa, taustoja ym. on nopea vaihtaa ja tuloksen näkee heti. 3D-malli voidaan esittää sellaisenaan, upottaa valokuvuihin tai siitä voidaan tehdä animaatioita. Toteutus tekniikka ei ole ratkaiseva, vaan on mietittävä, mikä on milloinkin toimivin tapa tiedon visualisointiin. (1, s. 14.)

6.1 Kaavoitus ja maankäytönsuunnittelu

Kaupungit ja kunnat rakentuvat aikakausittain ja kerroksittain. Osa kaavoituksesta ja maankäytöstä tapahtuu uusille alueille, mutta iso osa kaavoituksesta ja maankäytön suunnittelusta tapahtuu jo aiemmin rakennetulle alueelle tai sen yhteyteen. Alueesta laadittu 3D-kaupunkimalli tarjoaa hyvän pohjan suunnitelmien ja hankkeiden havainnollistamiseen niin suunnittelijoille itselleen, kuin päättäjille ja kansalaisillekin (kuva 22).

3D-kaupunkimallipohjaista visualisointia voidaan hyödyntää monessa Nurmen ja Riipisen mainitsemassa kaavoituksen ja maankäytön suunnittelun vaiheessa (18, s. 16–17):

- Uusien kohteiden sovittaminen ja sijoittaminen alueelle sen identiteettiin sopivaksi
- Aurinkoisuuden, ikkunanäkymien ja avautumisilmansuuntien hahmottaminen
- Pihojen, puistojen ja torien rajaukset rakentamisella
- Maastonmuotojen huomiointi ja energiatehokkuus
- Maisemanäkymät ja maamerkkirakennukset



Kuva 22. Esimerkki uudiskohteiden lisäämisestä 3D-kaupunkimalliin hankkeiden havainnollistamiseksi.

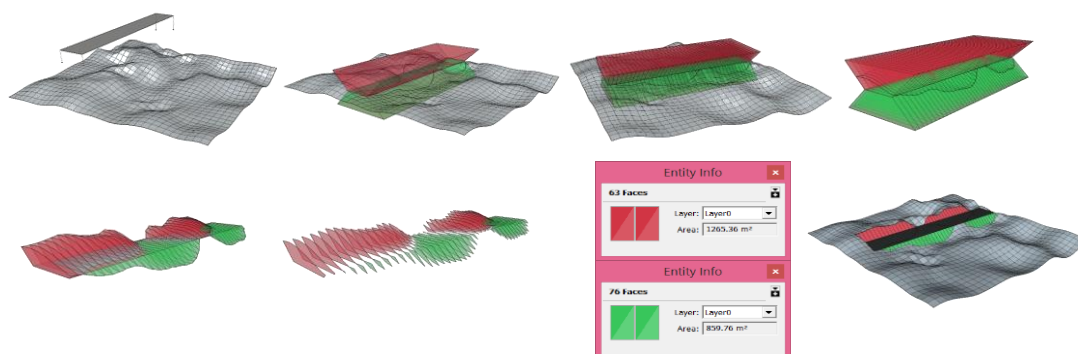
SketchUp-sovelluksen normaaleilla ja laajennusosien työkaluilla voidaan toteuttaa monipuolisesti visualisointia suunnittelun tarpeisiin. SketchUp-sovelluksessa on myös animointiin tarkoitettuja työkaluja, joilla on mahdollista tehdä kamera-ajoihin perustuvia animaatioita havainnollisuuden lisäämiseksi.

6.2 Maa-ainesoton ja -täytön tilavuusarviot

Arvioitaessa rakennushankkeen vaatimia maansiirtomääriä ja sitä kautta kustannuksia, tai maa-aineksen ottolupien yhteydessä tilavuuksia, voidaan laskennassa hyödyntää 3D-kaupunkimallin luonnin yhteydessä muodostettua maanpintamallia. Tilavuusarviot on mahdollista tehdä SketchUp-sovelluksessa tietyn korkeuden ja profiilin omaaville kohteille käyttämällä tasavälisiä poikkileikkauksia maanpintamallin ja halutun maansiirtoprofiilin leikkauksesta.

Kuvassa 23 on esitetty vaiheet esimerkkinä käyttämäni tiealueen vaatimien maansiirtomäärien laskennasta SketchUp-sovelluksessa. Asetin tien aluksi oikeaan korkoon maanpintamalliin ja merkitsin punaisella värillä tien yläpuolisen poistettavan maamassan ja vihreällä lisättävän. Intersect with Selection -toiminnolla sain muodostettua tiealueen maansiirron profiilin ja maanpintamallin yhteisen leikkausgeometrian. Sen jälkeen se oli mahdollista siivuttaa poikkileikkauksiksi. Poikkileikkausten poistettavien punaisten pinta-alojen ja lisättävien vihreiden pinta-alojen erotuksesta sain poikkileikkausten välimatkoilla kertomalla tarvittavan maansiirron suuruuden

ja sen onko hankkeen maansiirtotöissä kokonaisuudessaan tarvetta maantäytölle vai -poistolle. Viimeisessä vaihekuvasa näkyy, kuinka muodostunut tiealue leikkauksineen ja täyttöineen sijoittuisi maanpintamalliin.



Kuva 23. Maa-ainessiirtojen tilavuusarvio poikkileikkausten pinta-alojen ja välimatkojen avulla.

6.3 Valoisuus- ja energiatehokkuusanalyysit

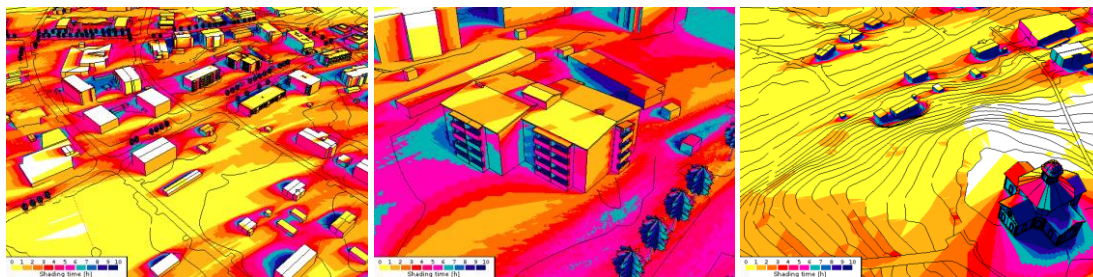
Kestävän kehityksen kannalta on tärkeää mahdollistaa rakentamisen energiatehokkuus jo kaavoitusvaiheessa. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (2010/31/EU) määrittää tavoitteeksi hiilidioksidipäästöjen vähentämisen rakennusten energiatehokkuutta parantamalla (19, s. 13).

Suomi on ollut muiden EU:n jäsenmaiden tapaan allekirjoittamassa Kioton ilmastopimusta, jonka keskeisiksi tavoitteiksi on sovittu päästöjen rajoittaminen sekä energian tehokas, harkittu, järkevä ja kestävä käyttö. Energiankulutuksesta rakennukset muodostavat noin 40 prosentin osuuden ja rakennuksista puhuttaessa suurimman energian kuluerän muodostavat valaistus, lämmitys, lämmin vesi ja jäähdytys. (19, s. 13–14.)

Kaavoitettaessa ja suunniteltaessa uusia alueita tai täydennysrakentamista voidaan 3D-kaupunkimallin avulla suorittaa nopeasti laajojenkin alueiden valoisuuden ja varjoisuuden analyysejä ja näin miettiä valaistuksen sekä lämmityksen ja jäähdytyksen eli kokonaisuudessaan energiatehokkuuden kannalta rakennusten sijoittelua, korkeuksia ja suuntauksia.

Tein malliksi Laukaan kirkonkylän keskustan osalta 3D-kaupunkimalliin joitain varjoisuusanalyysijä SketchUp-sovelluksen Shadow Analysis -laajennusosalla. Kuvassa 24 on esitetty eräiden kirkonkylän keskustan kohteiden varjoisuus värein skaalattuna varjoisan kokonaisajan mukaan, ja

kuten kuvasta voi nähdä, kaikki SketchUp-3D-kaupunkimallin kohteet vaikuttavat varjoisuuden määrään ympärillään. Analyysiesimerkin ajankohdaksi valitsin kevätpäiväntasauksen 21.3. välillä klo 07–18.



Kuva 24. Alueen varjoisuusanalyysit 21.3. klo 07–18 Shadow Analysis -SketchUp-laajennusosalla.

6.4 Tulvamallinnus

Ilmastonmuutoksen myötä myös sään ääri-ilmiöt ovat lisääntyneet ja tulevat lisääntymään entisestäänkin. Suomessa sademäärät ja täten tulvahuiput tulevat kasvamaan tulevina vuosina ja vuosikymmeninä. Jotta suuremmilta tulvavahingoilta voitaisiin välttyä, on maankäytön suunnittelussa tärkeää hahmottaa tulvien kannalta riskialueet.

Laukaan kirkonkylän keskusta ei kuitenkaan ole varsinaisesti tulvariskialuetta. Tein SketchUpissa siksi mallin, jossa sekä lännenpuoleisen Vuojärven että idänpuoleisen Saraveden pinnat nousisivat liioitellusti jopa 5 metriä. Tämä reilu muutos havainnollistaa selkeämmin tulvamallinnuksen mahdollisuuksia yleisemmälläkin tasolla (ks. kuva 25). Tulvamallinnukset on myös mahdollista tehdä esimerkiksi portaittain ja veden nousun korkeutta väreillä skaalaten.



Kuva 25. Tulvamalli Laukaan kirkonkylän keskustasta, jos vedet nousisivat 5 metriä.

7 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli selvittää mahdollisuuksia käyttää kunnan kantakartta-aineistoa 3D-kaupunkimallin toteuttamisessa. Millainen aineisto on toimivaa ja millaisia työvaiheita toteutukseen liittyy? Työssä keskityttiin lähinnä Trimblen Locus -paikkatieto- ja kuntarekisterijärjestelmän sekä sen kantakartta-aineiston käyttöön 3D-kaupunkimallin luomisessa. Lisäksi perehdyttiin Trimblen SketchUp-sovelluksen käyttöön 3D-kaupunkimallin viimeistelyssä ja hyödyntämisessä. Mitä vaatimuksia tällainen toteutusmalli tuo ja mitä mahdollisia etuja se tarjoaa?

Insinööriyössä Locus- ja SketchUp-sovellusten käyttöön keskittynyt 3D-kaupunkimallintaminen antoi arvokasta tietoa kyseisten sovellusten ominaisuuksista, mahdollisuuksista ja käytön vaatimista resursseista. 3D-kaupunkimallinnuksessa nousi esiin monia erilaisia käytettyihin sovelluksiin ja aineistoihin liittyviä haasteita, jotka yhtäältä vaativat vastaavasti erilaisia ratkaisuja, mutta toisaalta myös tuottivat erilaisia mallinnuksen lopputuloksia.

Työssä ilmeni, että Trimblen Locus tarjoaa tietokantapohjaisena ja kunnan keskeisenä tietojärjestelmänä oivallisen tietomalliratkaisun 3D-kaupunkimallia varten. Locus myös hyödyntää hyvin Trimblen SketchUp-sovellusta, ja sillä pystytään jo automaattisesti tuottamaan laadukkaasta kantakartta-aineistosta käyttökelpoinen SketchUp-3D-kaupunkimalli. Automaattisesti tuotettavan mallin yksityiskohtaisuuteen voidaan vaikuttaa normaalilla kunnan kantakartta-aineiston ylläpito- ja kunnostustyöllä, mutta myös huomioimalla 3D-kaupunkimallin muodostamisen vaatimukset aineistoa käsiteltäessä.

Jos Locuksen kantakartta-aineisto on ehjää ja kunnossa, tarjoaa Locus aluejaon muodostavien rakennusten massamallien ja maanpinnan pintamallin sekä pistemäisten kohteiden SketchUp-komponenteilla korvaamisen kanssa nopean ja tehokkaan tavan tuottaa automaattisesti SketchUp-tiedostomuotoinen 3D-kaupunkimalli. Tuotetussa mallissa rakennuskohteet ovat joko LOD1- tai LOD2-tasoisia riippuen siitä, onko ehjää räystäs- ja harjaviivatietoa käytettävissä kattomuotojen mallintamiseen. Kattomuotojen mallintamisessa olevien ongelmien ratkaisuun kannattaisi kunnassa panostaa ja aineistoa kehittää alue kerrallaan niin, että räystäs- ja harjaviivojen mukaiset kattomuodot saataisiin mukaan 3D-kaupunkimallin toteutukseen.

LOD3-tasoisien kohteiden mallintaminen täytyy käytännössä toteuttaa SketchUp-sovelluksessa sen työkaluilla. Tulevassa syksyn 2016 Locus-versiossa voidaan LOD3-tason SketchUp-malleista

muodostetut VRML-objektit liittää automaattisesti massamallisten rakennusten tilalle Locuksen SketchUp-kirjoituksessa. Tämä onnistuu määrittelemällä käytettävä VRML-mallitiedosto Locus-tietokantaan rakennustunnuksen attribuutteihin. Saman versiopäivityksen myötä voidaan myös rakennusviivojen attribuuteilla määritellä massamallisten rakennusten julkisivuille pintamateriaaleiksi kuvarasteritiedostot. Tätä ominaisuutta kannattaakin tulevaisuudessa harkita hyödyntää, sillä kuvien automaattinen lisääminen julkisivuihin lisäisi rakennusten tunnistettavuutta ja 3D-kaupunkimallin visuaalisuutta entisestään.

Haasteitakin insinööriyössä tuli vastaan. Kantakartta-aineisto ei aina välttämättä ole 3D-mallintamisen kannalta kattavasti kunnossa. Mikäli käytössä ei ole maastomallia maanpinnasta, rakennukset eivät muodosta aluejakoja tai räystäs- ja harjatietoa ei ole olemassa, voidaan 3D-kaupunkimalli korjata ja viimeistellä jälkikäteen SketchUp-sovelluksessa. Samalla tavoin myös pelkätään viiva- ja pistetietoa sisältävästä esim. CAD-pohjaisesta kantakartasta voidaan muodostaa käsityönä 3D-kaupunkimalli SketchUp-sovelluksen normaaleilla ja laajennusosien työkaluilla. Käsityön määrällinen lisääntyminen kuitenkin luonnollisesti kasvattaa kustannuksia.

Insinööriyössä SketchUp-sovelluksen selväksi eduksi osoittautui sen yhteentoimivuus Locus-järjestelmän kanssa. SketchUp-sovelluksen vahvuksina ovat myös sen edullisuus, monipuoliset 3D-mallintamisen toiminnot lisälaajennusosineen ja varsin helposti omaksuttava käyttöliittymä. Myös pienemmätkin kunnat voivat näin hyödyntää SketchUp-sovellusta 3D-kaupunkimallintamiseen oli niillä sitten käytössä Locus-järjestelmä tai ei. SketchUp voi parhaimmillaan tarjota kohtalaisella panoksella kantakartasta muodostettavan 3D-kaupunkimallin, jota voidaan hyödyntää suunnittelun tarpeisiin erilaisten mallista tuotettujen analyysien ja visualisointien sekä kuvien ja animaatioiden avulla.

Lähteet

- 1 Lehtovirta Pekka, Nuutinen Kari. 2000. 3D-sisältötuotannon peruskirja. Jyväskylä: Docendo.
- 2 Erving Anna. 2006. Paikkatiedosta kaupunkimalleihin: CityGML selvitystyö. Helsinki: Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen laboratorio, Teknillinen korkeakoulu.
- 3 Lammi Hannu. 2015. Kaupunkimallit ja CityGML – Smart cities nyt ja huomenna. SITO. SFS-seminaari 14.4.2015.
- 4 El-Mekawy Mohamed, Östman Anders, Hijazi Ihab. 2012. A Unified Building Model for 3D Urban GIS, ISPRS International Journal of Geo-Information.
- 5 Gröger Gerhard, Kolbe Thomas H., Czerwinski Angela. 2006. Candidate OpenGIS CityGML Implementation Specification. Open Geospatial Consortium Inc.
- 6 Biljecki Filip. 2016. Level of detail in 3D city modelling, PhD research. Delft University of Technology, Faculty of Architecture and the Built Environment. <<http://filbiljecki.com/research/phd.html>> Päivitetty 6.5.2016. Luettu 12.5.2016.
- 7 Döllner Jürgen, Kolbe Thomas H., Liecke Falko, Sgouros Takis, Teichmann Karin. 2006. The virtual 3D city model of Berlin - Managing, integrating and communicating complex urban information, Proceedings of the 25th International Symposium on Urban Data Management UDMS 2006 in Aalborg, Denmark.
- 8 Kokko Petri, Kukkola Jarkko, Rautiainen Juhana, Jokinen Olli. 15.9.2014. Verkkodokumentti. SITO. Kaupunkien tietomallinnuksen sanasto.
- 9 Von Wehrt Mike. 2015. Trimble – Tietomallinnuksesta, Trimble. SKOL tapaaminen 29.10.2015.
- 10 Solutions, CityGML. 2016. VirtualcitySYSTEMS. <<http://www.virtualcitysystems.de/en/solutions>>. Luettu 12.5.2016.
- 11 Reini Jani. 2011. CityGML mallintaa kaupungin kolmiulotteisena. Positio 4/2011.
- 12 Lappalainen Pasi. 2016 CityGML ja KuntaGML skeemat kaupunkimallien tiedonvälityksessä, Nosto Consulting, Kuntien 3D-kaupunkimalli- ja paikkatietoseminaari 9.-10.2.2016.
- 13 Trimble. 2016. Verkkodokumentti. Trimble Locus – Paikkatietotoiminnallisuus ja standardi tuotemalli rakennetun ympäristön tietojen hallintaan. <<http://kunnat.trimble.fi/trimble-locus.html>>. Luettu 24.5.2016.

- 14 Trimble Locus, Perusteet & Kartankäsittely – Käyttäjän käsikirja, Versio 15.2. Tekla Corporation.
- 15 Trimble Locus, Sovellukset – Käyttäjän käsikirja, Versio 15.2. Tekla Corporation.
- 16 Trimble. 2016. SketchUp Help Center. <<http://help.sketchup.com>> Luettu 5.6.2016
- 17 Laukaan kirkko. 2016. Verkkodokumentti. Laukaan seurakunta. <http://www.laukaaskirkko.fi/tilat/laukaan_kirkko> Luettu 3.6.2016.
- 18 Nurmi Juha, Riipinen Jouko. 2009–2010. Rakennetun alueen kaavoitus – Luentomoniste. Metropolia
- 19 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, annettu 19 päivänä toukokuuta 2010, rakennusten energiatehokkuudesta (uudelleenlaadittu), Euroopan unionin virallinen lehti. Julkaistu 18.6.2010.

Liite 1. Locuksen SketchUp-kirjoituksen XML-vastaavuustiedosto

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Reference xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
          xsi:noNamespaceSchemaLocation="C:\sketchup\SketchUpReference.xsd">

<appSettings>
<add key="AcceptRoofClassIds" value="2619"/>
<add key="AcceptRoofClassIds" value="2620"/>
<add key="PresentationDefaultFolder" value="O:\Insinoorityo\SKP\"/>
</appSettings>

<Materials>
<Material Name="Asuin" Color="#F9FFC4"/>
      <Material Name="Muut kerrostalot" Color="#F9FFC4"/>
      <Material Name="Yhden asunnon talot" Color="#F9FFC4"/>

<Material Name="Talous" Color="#B1B1B1"/>
      <Material Name="Talousrakennukset" Color="#B1B1B1"/>

<Material Name="Julkinen" Color="#B77CFF"/>
      <Material Name="Kirjastot ja arkistot" Color="#B77CFF"/>
      <Material Name="Kirkot, kappelit, luostarit" Color="#B77CFF"/>

<Material Name="Teollisuus" Color="#FFB562"/>
      <Material Name="Teollisuus" Color="#FFB562"/>

<Material Name="Liike" Color="#8FA2FF"/>
      <Material Name="Liike" Color="#8FA2FF"/>

<Material Name="Toimisto" Color="#7C6BDD"/>
      <Material Name="Toimisto" Color="#7C6BDD"/>

<Material Name="Maatalous" Color="#00FF99"/>
<Material Name="Vapaaajan" Color="#33FFFF"/>

<Material Name="Musta" Color="#000000"/>
<Material Name="Valkea" Color="#FFFFFF"/>
<Material Name="Harmaa" Color="#BEBEBE"/>
<Material Name="Violetti" Color="#D02090"/>
<Material Name="Sininen" Color="#0000FF"/>
<Material Name="Turkoosi" Color="#00CED1"/>
<Material Name="Aita" Color="#BDB085"/>
<Material Name="Savupiippu" Color="#BDB085"/>
```


Liite 1.

```
<Material Name="Tukimuuri" Color="#000000"/>
<Material Name="Maanpinta" Color="#E0F8E6"/>

<Material Name="Puu" Color="#79604C"/>
<Material Name="Betoni" Color="#777777"/>
<Material Name="Tiili" Color="#7E2E1F"/>
<Material Name="Teräs" Color="#444444"/>
<Material Name="Muu" Color="#8FFFFFFF"/>
<Material Name="Katto" Color="#7A3939"/>
</Materials>

<Models>
<Model Name="Valaisin" Src="Valaisin.skp"/>
<Model Name="Lehtipuu" Src="Lehtipuu.skp"/>
<Model Name="Havupuu" Src="Manty.skp"/>
</Models>

<ClassReferences>
<ClassReference ClassId="221" Layer="ByClass" Material="Musta"/>
    <!-- maarek.yks.raja-->
<ClassReference ClassId="2601" Layer="ByClass" Material="Valkea"/>
<ClassReference ClassId="2603" Layer="ByClass" Material="Harmaa"/>
    <!-- talous-->
<ClassReference ClassId="2612" Layer="ByClass" Material="Violetti"/>
    <!-- julkinen -->
<ClassReference ClassId="2613" Layer="ByClass" Material="Keltainen"/>
    <!-- teollisuus -->
<ClassReference ClassId="2614" Layer="ByClass" Material="Sininen"/>
    <!-- liike -->
<ClassReference ClassId="2615" Layer="ByClass" Material="Sininen"/>
    <!-- toimisto -->
<ClassReference ClassId="2617" Layer="ByClass" Material="Turkoosi"/>
    <!-- maatalous -->
<ClassReference ClassId="2618" Layer="ByClass" Material="Turkoosi"/>
    <!-- vapaa-ajan -->

<ClassReference ClassId="2706" Layer="ByGroup"/><!-- korkeuskäyrä,N2000 -->
<ClassReference ClassId="2707" Layer="ByGroup"/><!-- johtokäyrä,N2000 -->

<ClassReference ClassId="2502" Layer="ByClass"/><!-- katu,asf reuna -->
<ClassReference ClassId="2510" Layer="ByClass"/><!-- asf reuna tontilla -->
```

Liite 1.

```

<ClassReference ClassId="2511" Layer="ByClass"/><!-- silta -->
<ClassReference ClassId="2521" Layer="ByClass"/><!-- katu, päällystämätön -->
<ClassReference ClassId="2521" Layer="ByClass"/><!-- kevytväylä -->
<ClassReference ClassId="2526" Layer="ByClass"/><!-- kevytväylä, asf -->

<ClassReference ClassId="1220" Layer="ByGroup" Model="Havupuu"/>
<ClassReference ClassId="1222" Layer="ByGroup" Model="Havupuu"/>
<ClassReference ClassId="1223" Layer="ByGroup" Model="Havupuu"/>
<ClassReference ClassId="1225" Layer="ByGroup" Model="Havupuu"/>
<ClassReference ClassId="1226" Layer="ByGroup" Model="Lehtipuu"/>
<ClassReference ClassId="1227" Layer="ByGroup" Model="Havupuu"/>
<ClassReference ClassId="1230" Layer="ByGroup" Model="Lehtipuu"/>
<ClassReference ClassId="1242" Layer="ByGroup" Model="Lehtipuu"/>

<ClassReference ClassId="1501" Model="Valaisin" Layer="ByClass"/>

<ClassReference ClassId="501"
Layer="$(BuBuilding.IntendedUse/CodeExpl=BuIntendedUse) "
MassModelMaterial="$(BuBuilding.IntendedUse/CodeExpl=BuIntendedUse) "
MassModelRoofMaterial="Katto" AttributeMap="Rakennuksen ominaisuudet"/>

<ClassReference ClassId="503"
Layer="$(BuBuilding.BearingStructure/CodeExpl=BuBearingStructure) "
MassModelMaterial="$(BuBuilding.BearingStructure/CodeExpl=BuBearingStructure) "
MassModelRoofMaterial="Katto" AttributeMap="Rakennuksen ominaisuudet"/>

<ClassReference ClassId="2628" IsFence="true" FenceHeight="5"
Material="Tukimuuri"/>
<ClassReference ClassId="2629" IsFence="true" FenceHeight="2"
Material="Tukimuuri"/>
<ClassReference ClassId="2630" IsFence="true" FenceHeight="2"
Material="Tukimuuri"/>
<ClassReference ClassId="2631" IsFence="true" FenceHeight="1.5"
Material="Aita"/>
<ClassReference ClassId="2632" IsFence="true" FenceHeight="1.5"
Material="Aita"/>
<ClassReference ClassId="2642" IsFence="true" FenceHeight="3"
Material="Tukimuuri"/>
<ClassReference ClassId="2643" IsFence="true" FenceHeight="3"
Material="Tukimuuri"/>

</ClassReferences>

```

Liite 1.

```
<Surfaces>
<Surface Id="1" UseActiveBackgroundMap="true" IncludeVectorMaterial="false"
      Material="Maanpinta"/>
</Surfaces>

<AttributeMaps>
<AttributeMap Name="Rakennuksen ominaisuudet">
  <Add key="Rakennustunnus" Value="$ (BuBuilding.BUILDINGLABEL) "/>
  <Add key="Osoite" Value="$ (table=BuBuilding.AddAddress[Serial-
    Number=1]) $ (AddPlaceName.NameLang1) $ (AddressNumber), $ (Post-
    alCode) $ (PostalCode/PostOffice) $ (tableend) "/>
  <Add key="käyttötarkoitus" Value="$ (BuBuilding.In-
    tendedUse/CodeExpl=BuIntendedUse) "/>
  <Add key="kerrosala" Value="$ (BuBuilding.GrossArea/Des=1) "/>
  <Add key="kokonaisala" Value="$ (BuBuilding.To-
    talFloorArea/Des=1) "/>
  <Add key="tilavuus" Value="$ (BuBuilding.Volume/Des=1) "/>
  <Add key="kerrosluku" Value="$ (BuBuilding.FloorCount) "/>
  <Add key="korkeus" Value="$ (CALCULATEDBUILDINGHEIGHT) "/>
  <Add key="sijainti" Value="$ (x/Des=1) $ (y/Des=1) "/>
</AttributeMap>
</AttributeMaps>

</Reference>
```