

Opinnäytetyö (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

2024

Markku Iltanen

Pistepilvidatan hyödyntäminen 3D-ympäristöjen luomisessa



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Tieto- ja viestintäteknikka

9.6.2024 | 31 sivua

Markku Iltanen

Pistepilvidatan hyödyntäminen 3D-ympäristöjen luomisessa

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka tosielämän sijainteja voidaan mallintaa tarkasti oikeissa mittakaavoissa laserkeilatun maaston pistepilvidataa hyödyntämällä. Toimeksiantajan antama tavoite oli löytää erilaisia menetelmiä, joilla tosielämän sijainteja saa mallinnettua oikeissa mittakaavoissa. Työssä tutkittiin eri toimintatapoja ja sovelluksia, joilla tosielämän maaston visualisointia voi toteuttaa. Sovelluksia ja niiden työkaluja testattiin ja vertailtiin yksinkertaisen SWOT-analyysi taulukon avulla, joka esittää neljän harkitusti valitun työkalun tai sovelluksen heikkouksia ja vahvuuksia. Vertailun tulokset ovat hyödyllisiä erityisesti mallinnettaessa realistisia maastoja esimerkiksi peleihin, elokuvaan tai muihin visuaalisiin projekteihin. Opinnäytetyö saavutti tavoitteensa esittämällä neljä eri sovellusta tai työkalua maastonmallinnukseen ja tekemällä niistä selvän helppolukuisen vertailun käyttäjän käyttötarpeiden mukaan. Toimeksiantajalle laadittiin selkeä raportti sovellusten havainnoista ja toimintaohjeet sovellusten käyttämiseen. Jatkotutkimus on kuitenkin suositeltavaa, sillä työ tutkii sovelluksia melko pintapuolisesti. On myös huomioitava, että on olemassa monia muita työkaluja ja toimintatapoja maastonmallinnukseen, joita ei työssä käsitelty.

Asiasanat:

pelinkehitys, 3D-mallinnus, 3D-grafiikka, laserkeilaus, Unreal engine, Cesium, maanmittaus, Blender, Gaea, Ympäristön 3D-mallinnus

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Information and Communications Technology

2024 | 31 Pages

Markku Iltanen

Utilizing point cloud data in the creation of 3D-environments

The primary goal of this thesis was to investigate how real-world locations can be accurately modeled in correct scales using point cloud data from laser-scanned terrain. The goal given by the client was to identify various methods for modeling real-world locations in accurate scales. The study examined different approaches and applications for visualizing real-world terrain. These applications and their tools were tested and compared using a simple SWOT analysis table, which highlights the strengths and weaknesses of four carefully selected tools or applications. The results of the comparison are particularly useful for realistic terrain modeling for purposes such as games, movies, or other visual projects. The thesis successfully achieved its initial goal by presenting four different applications or tools for terrain modeling and providing a clear, easy-to-read comparison based on user's needs. A detailed report on the findings and operational guidelines for using the applications was provided to the client. However, further research is recommended, because the study examined the applications at a relatively superficial level. Additionally, it should be noted that there are many other tools and methods for terrain modeling that were not covered in this thesis.

Keywords: game development, 3D-modeling, 3D-graphics, laser scanning, Unreal engine, Cesium, surveying, Blender, Gaea, Environmental 3D-modeling

Sisällysluettelo

1 Johdanto	6
2 Sovelluksien ja työkalujen valitseminen	7
2.1 Blender ja sen lisäosat	7
2.2 Unreal Engine ja Cesium -lisäosa	8
2.3 Gaea	8
3 BlenderGIS-lisäosa	10
3.1 BlenderGIS SWOT-analyysi	12
4 Blender Blosm-lisäosa	15
4.1 Blosm SWOT-analyysi	19
5 Unreal Engine Cesium -ohjelmisto	21
5.1 Cesium SWOT-analyysi	23
6 Gaea-maastonmallinnusohjelma	25
6.1 Gaea SWOT-analyysi	28
7 Pohdinta	30
8 Yhteenveto	31
Lähteet	32

Kuvat

Kuva 1 Mt Wilder, Washington, Yhdysvallat	11
Kuva 2. Hawaji, Yhdysvallat	11
Kuva 3. Linnanmäki Helsinki OSM-datan tuonti BlenderGIS lisäosalla	12
Kuva 4. Turku, teksturoidut OSM-rakennukset	13
Kuva 5. Blosm työkalu ikkuna	16
Kuva 6. Linnanmäki Helsinki OSM-datan tuonti Blosm lisäosalla	17

Kuva 7. Linnanmäki Helsinki, Googlen 3D-data	18
Kuva 8. Blosm Tahkovuori	19
Kuva 9. Unreal Engine-pelimoottoriin tuotu Turun kartta.	22
Kuva 10. Unreal Engine-pelimoottoriin tuotu Linnanmäen huvipuisto, Helsinki	23
Kuva 11. Maanmuodon maski	26
Kuva 12. Gaeassa luotu Vuorimaisema tuotu Blender sovellukseen	26
Kuva 13. Solmukartta, jolla kuvan 13 vuorimaisema on luotu	27
Kuva 14. Monimutkaisempi solmukartta	27
Kuva 15. Monimutkaisemman solmukartan tulos	27

Sanasto

Blender	Ilmainen ohjelma 3D-grafiikan tuottamiseen.
Blosm	Lisäosa Blender-sovellukseen
Cesium	Alusta 3D-paikkatietojen reaaliaikaiseen visualisointiin
GIS	Paikkatietojärjestelmä
Laserkeilaus	Maaston mittaustapa lasersäteiden avulla
Monikulmio	3D-mallissa usein neliöstä muodostunut suljettu alue
Muunnin	Operaatio, joka muuttaa 3D mallin muotoa
OSM	Open street map karttapalvelu
Renderöinti	Kuvan lataaminen ja esittäminen näytöllä
Unreal Engine 5	Pelimoottori

1 Johdanto

Kolmiulotteisia ympäristöjä luodaan jatkuvasti moniin eri tarkoituksiin. 3D-ympäristöjä luodaan esimerkiksi peleihin, elokuvaan, animaatioihin ja markkinointitarkoituksiin. Tosielämän kohteita voidaan myös mallintaa maaston laserkeilauksesta saadun datan avulla. Laserkeilauksella saadaan tiheää laserpistedataa ympäristön muodoista, kuten rakennuksista tai maaston muodoista. Laserpistepilvidatasta voi luoda tosielämän ympäristöstä kolmiulotteisia malleja oikeissa tarkoissa mittakaavoissa, ja näitä malleja hyödynnetään muun muassa kaupunkisuunnittelussa, metsänhoidossa ja navigointipalveluissa. (Maanmittauslaitos, i.a.) Ympäristön luomiseen on käytettävissä paljon erilaisia työkaluja sekä toimintatapoja. Jos halutaan luoda kolmiulotteinen ympäristö jostain tosielämän kohteesta, kuten vuoresta tai kaupungista, tarvitaan laserkeilatun pistepilvidatan lukemiseen ja muuttamiseen tarkoitettu ohjelma tai työkalu. Ympäristöjen, kuten maaston ja kaupunkien luomisessa hyödynnetään mitattua ja laserkeilattua korkeusdataa, joka viedään 3D-mallintamiseen tarkoitettuun ohjelmaan tai pelimoottoriin. Ohjelman avulla luodaan korkeusdatan pohjalta haluttu ympäristö. Pistedatan tarkkuus mahdollistaa sen, että ympäristön mitat ovat tarkkoja. Myös Googlen 3D-ympäristöt saa tuotua 3D-mallinusohjelmien ja pelimoottoreiden sisään. Opinnäytetyön tarkoituksena on verrata eri maaston- ja ympäristöluonnin työkaluja ja ohjelmia sekä selvittää, miten näitä työkaluja voidaan hyödyntää kolmiulotteisten ympäristöjen luomisessa. Opinnäytetyön toimeksiantaja on suomalainen pelinkehitykseen keskittynyt yritys MiTale Oy.

2 Sovelluksien ja työkalujen valitseminen

Opinnäytetyön tavoitteena on verrata harkitusti valittujen maaston- ja ympäristöluonnin työkalujen ja ohjelmien ominaisuuksia ja eroavaisuuksia, sekä selvittää miten näitä työkaluja voidaan hyödyntää kolmiulotteisten ympäristöjen luomisessa. Vertailussa otetaan huomioon toimintatapojen heikkouksia ja vahvuuksia ja ne tuodaan esiin SWOT-analyysin avulla. Tarkoituksena on listata ja verrata erityisesti sovellusten ja työkalujen nopeutta, ominaisuuksia, hintaa sekä sitä, millaisia mahdollisuuksia työkaluilla ja sovelluksilla on korkeusdatan hyödyntämisessä ympäristön luomisessa. Tässä luvussa esitellään lyhyesti neljä sovellusta tai työkalua, jotka ovat keskeisessä roolissa opinnäytetyön tutkinnassa ja vertailussa. Sovellukset ja vertailun tutkimustulokset esitetään tarkemmin sovellusten omissa luvuissaan.

2.1 Blender ja sen lisäosat

Ensimmäiseksi sovellukseksi valikoitiin ilmainen 3D-mallintamiseen tarkoitettu ohjelma Blender. Blender on avoimen lähdekoodin 3D-mallinnukseen ja suunnitteluun tarkoitettu ohjelmisto. Blender-ohjelmistoa käytetään laajasti muun muassa videopelien, animaatioiden ja mainonnan tuottamisessa. Blender-ohjelmiston yhteisö on aktiivinen ja kehittää sovellusta jatkuvasti. Blenderiin voi ladata sekä virallisia että yhteisön luomia lisäosia. Vertailussa käytetään yhteisön luomia ulkopuolisia lisäosia BlenderGIS sekä Blosm, joista molemmat on kehitetty paikkatiedotuksen tuomiseen ja käsittelyyn.

BlenderGIS-lisäosa mahdollistaa maantieteellisen datan tuomisen Blenderiin, josta ohjelmisto luo automaattisesti 3D-mallin datan perusteella. Lisäosa tukee muun muassa GeoTIFF formaattia, joka on ”TIFF-kuvatiedosto, jonka sisään on tallennettu kuvien paikkatietokäyttöä varten tarvittavat metatiedot.”

(Maanmittauslaitos, i.a.) GeoTIFF-kuvatiedostoja saa ladattua muun muassa Suomen Maanmittauslaitoksen sivuilta ilmaiseksi. (Maanmittauslaitos, i.a)

Lisäksi lisäosaan on rakennettu sisäinen valikko maantieteellisen datan

tuomisen, jossa käyttäjä voi valita haluamansa alueen suoraan karttakuvasta. Korkeusdatan tarjoaa tässä tapauksessa käyttäjän valinnan mukaan joko OpenTopographyn verkkopalvelu tai Marine Geoscience Data System.

Blosm on Blenderin-lisäosa, joka keskittyy Googlen 3D-datalaattojen ja OpenStreetMap (OSM) -datan integroimiseen. Blosm on kehitetty erityisesti kaupunkimallien luomiseen. OpenStreetMapin tarjoaman palvelun avulla saadaan mallinnettua kaupungin rakennukset, tiet ja muut kaupungin alueet. Myös Google Earthin 3D-mallit saadaan tuotua ohjelmaan käyttäjän haluamalta alueelta. Alueita voivat olla esimerkiksi kaupungit tai maasto, kuten esimerkiksi metsät ja tunturit. Googlen datan tuominen edellyttää API-avaimen luomista Google platforms alustalla. Googlen datan käyttämisessä tulee huomioida Googlen lisenssiehdot ja mahdolliset API -avaimen kustannukset.

2.2 Unreal Engine ja Cesium -lisäosa

Kolmas vertailtava menetelmä on Unreal Engine -pelimoottorin ilmainen lisäosa Cesium for Unreal. Unreal Engine on Epic Gamesin kehittämä pelimoottori, jota käytetään erityisesti pelien, animaatioiden ja erikoistehosteiden kehittämisessä. Cesium for Unreal-lisäosa käyttää Cesium-ionin tarjoamaa avointa ja kaupallista geospaatialista dataa (Cesium, i.a.). Myös Googlen datan tuominen Unreal Engineen on mahdollista Cesiumin avulla. Tämä vaatii myös Google Platformsin API-avaimen luomista.

2.3 Gaea

Neljäs ja vertailun viimeinen sovellus on QuadSpinnerin Gaea ilman lisäosia. Gaea on realististen maastojen luomiseen kehitetty työkalu. Gaea on erityisen hyödyllinen työkalu pelien ja elokuvien kehittämiseen tilanteissa, joissa tarvitaan realistisia laadukkaita maastomalleja. Gaea tarjoaa useita solmupohjaisia työkaluja maaston mallintamiseen, kuten geologiset maaston muodot, eroosio ja muut maaston simulaatiot. Gaea on hyvin käyttäjäystävällinen ohjelmisto

solmupohjaisen proseduraalisen työnkulun ja helppokäyttöisen käyttöliittymän ansiosta.

Kaikki edellä mainitut sovellukset ja lisäosat on tarkoitettu ympäristöjen visualisoimiseen ja simulointiin. Sovellusten valintaperusteena oli myös niiden kyky luoda tosielämän ympäristöjä, kuten kaupunkeja tai maastoa.

3 BlenderGIS-lisäosa

BlenderGIS on Blender -ohjelmiston epävirallinen lisäosa, jolla mahdollistetaan maantieteellisten korkeuskarttojen tuominen ja visualisointi Blenderin sisällä.

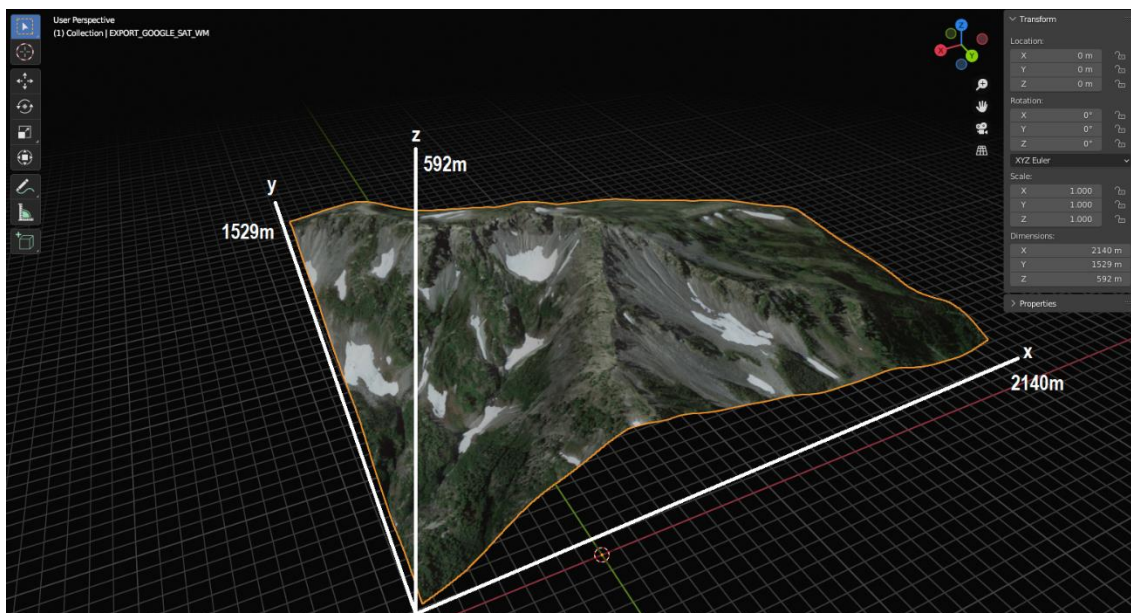
Lisäosa on ladattavissa ilmaiseksi lisäosan kehittäjän GitHub -sivulla.

BlenderGIS tukee muun muassa Shapefile ja GeoTIFF tiedostomuotojen tuomisen. Lisäosa tarjoaa myös oman valikon, jossa käyttäjä voi valita minkä tahansa sijainnin satelliitti kuvasta ja tuoda sen ohjelmistoon. Kun käyttäjä valitsee alueen satelliittikuvasta, voi hän tuoda maaston korkeusdatan suoraan ohjelman sisällä helposti yhdellä painikkeella. (domlysz, i.a)

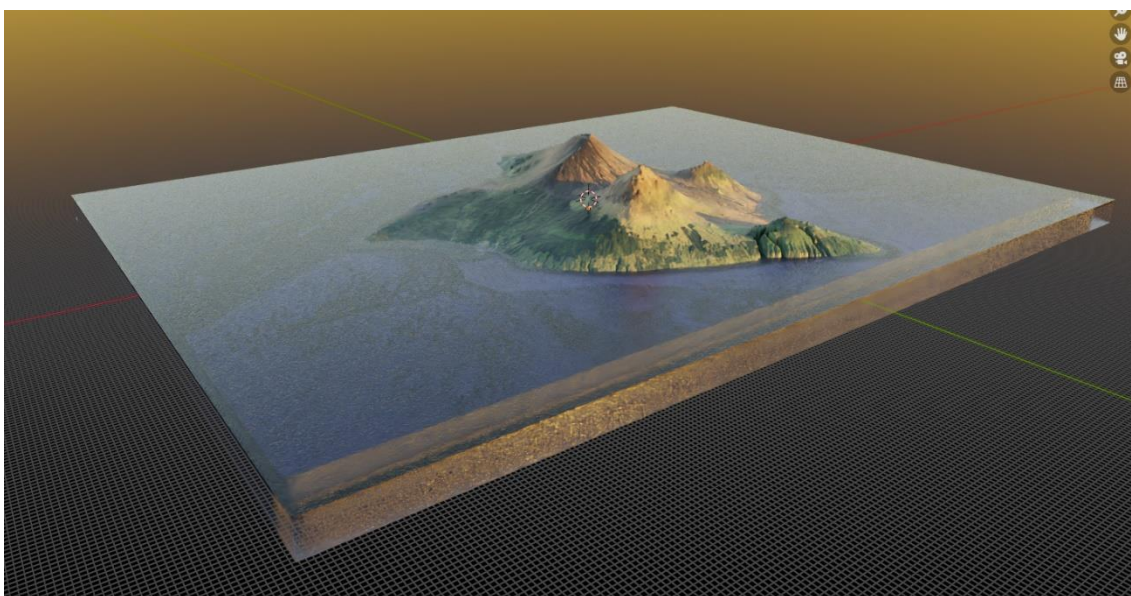
BlenderGIS -lisäosalla voidaan luoda korkeusdatan pohjalta korkeuskartta Blenderin sisällä. Tätä korkeuskarttaa voi muuttaa vapaasti Blenderin muuntimilla, esimerkiksi korkeuskartan voimakkuutta säätämällä. Näin voidaan muuttaa luodun 3D-mallin korkeusarvoja. Lisäosa luo automaattisesti siirtymä (engl. displacement) ja pintajaottelu (engl. subdivision surface) muuntimet. Siirtymämuuntimen tarkoitus on verrata korkeuskartan korkeusvaihtelua ja luoda sen perusteella korkeusmalli. Pintajaottelumunnin taas jakaa 3D-mallin pinnat useampaan osaan, antaen 3D-mallille enemmän sileyttä ja tarkkuutta.

Kuvassa 1 on Mount Wilder, joka on vuori Washingtonissa Yhdysvaltojen pääkaupungissa. Vuori tuotiin BlenderGIS -lisäosan sisäisen Google Maps satelliittikuvavalikon avulla. Ensiksi luodaan satelliittikuvasta yksi tasainen taso, jossa satelliittikuvan tekstuuri on tason päällä. Tasaisella tasolla ei ole vielä tässä vaiheessa korkeutta, vaan korkeuden saa tuotua lisäosan verkon geodata-valikosta. Korkeusdatan tarjoaa SRTM, (Shuttle Radar Topography Mission) joka on NASAn tarjoama topografinen data maapallon maanmuodoista (NASA, i.a.). Lisäosa tuo korkeusdatan automaattisesti satelliittikuvan päälle Blenderin muuntimia hyödyntäen. Muokkaamattoman 3D-mallin mitat ovat tarkkoja, kuvassa 1 vuoren mitat piirrettynä. Myös suurempien alueiden

tuominen on mahdollista, esimerkiksi kuvassa 2 Hawajin saari on mallinnettu työkalun avulla. Malli on pituudeltaan ja leveydeltään yli 200 kilometriä.



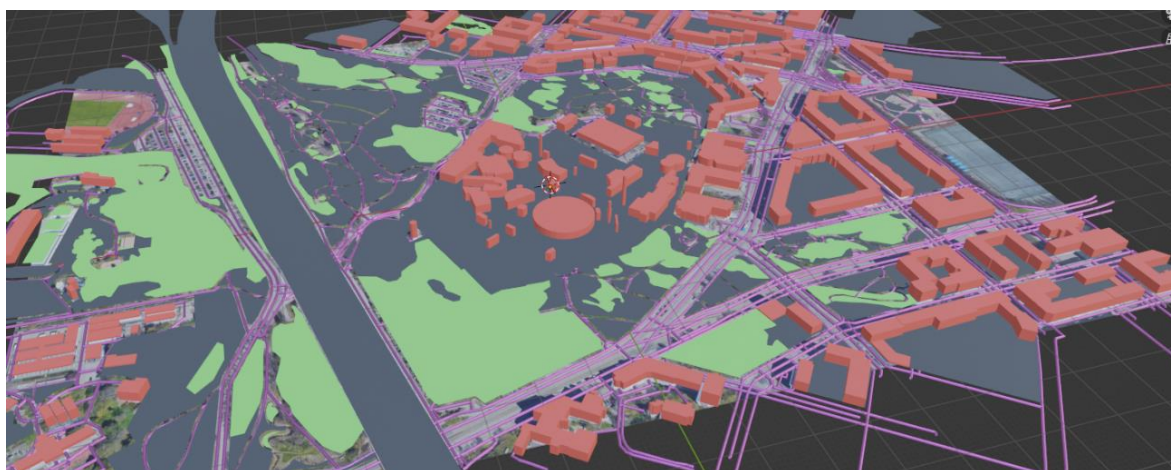
Kuva 1 Mt Wilder, Washington, Yhdysvallat



Kuva 2. Hawaji, Yhdysvallat

Lisäosa tukee myös OSM (Open Street Map) datan tuomisen. OSM-valikosta saadaan valittua käyttäjän haluamat alueet, kuten rakennukset, tiet ja

luonnolliset alueet. Alueet on värjätty selkeyden vuoksi eri väreillä. Myös tiet ja rautatiet saa näkyviin lisäosan avulla. Tieverkosto kuvan 3 kaupunkimallikuvassa on mallinnettu violetiksi. “OpenStreetMap on avointa dataa: palvelua saa käyttää vapaasti mihin tahansa, kunhan OpenStreetMap tekijöineen mainitaan” (OpenStreetMap, i.a.)



Kuva 3. Linnanmäki Helsinki OSM-datan tuonti BlenderGIS lisäosalla

3.1 BlenderGIS SWOT-analyysi

Vahvuudet:

Lisäosa mahdollistaa yksinkertaisen ja helppokäyttöisen maaston korkeusdatan tuomisen tarkoissa mitoissa Blender-sovellukseen. Se tarjoaa myös monipuolisesti mahdollisuudet esimerkiksi kaupunkimallien luomiseen OSM-dataa hyödyntämällä. Lisäosan tarjoamat korkeuskartat ja OSM-data on käyttäjälle vapaasti käytettävissä.

Heikkoudet:

Työkalulla ei voi luoda kaupunkimalleja, jossa rakennukset olisivat teksturoitu. Open Street Mapin tarjoamiin rakennus malleihin saa aseteltua rakennusmaiset tekstuurit, mutta se on hyvin aikaa vievää eikä lopputulos kuvaa tosielämän rakennusten ulkonäköä. Kuvassa 4 OSM-datan rakennukset asetettu tarkan maastonmallin päälle. Rakennuksiin on lisätty rakennuksia muistuttavat

tekstuurit. Heikkoutena on myös riippuvuus Blenderin käytöstä. Vaikka työkalu on helppokäyttöinen, voi Blender sovelluksen oppiminen olla haastavaa uudelle käyttäjälle.

Mahdollisuudet:

Avoin data on nimensä mukaisesti vapaasti käytettävissä ilman lisenssikustannuksia. Myös teknologian kehittyminen voi helpottaa avoimen datan käyttämistä tulevaisuudessa. Parempi käytettävyys ja avoin data kasvattaa käyttäjäkuntaa, jonka seurauksena muun muassa työkalun oppimateriaali lisääntyy.

Uhat:

Saatavilla on useita erilaisia työkaluja samaan tarkoitukseen. On mahdollista, että toinen ohjelma tarjoaa kattavampia ominaisuuksia. On myös mahdollista, että kehittäjä lakkauttaa lisäosan päivittämisen. Tätä uhkaa ei kuitenkaan pidetä todennäköisenä.



Kuva 4. Turku, teksturoidut OSM-rakennukset

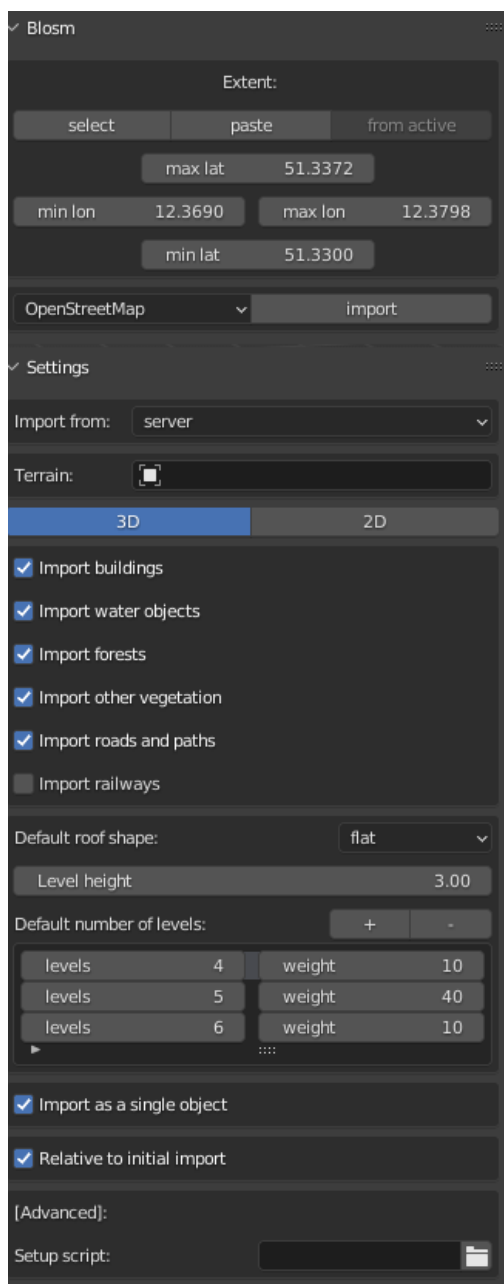
<p>Vahvuudet (sisäiset)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Helppokäyttöisyys • Näyttävät ja tarkat maastonmallit • Monipuolisuus • Datan vapaa käyttö 	<p>Heikkoudet (sisäiset)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ei mahdollisuutta teksturoitujen kaupunkimallien luomiseen • Vaatii Blenderin käyttöä
<p>Mahdollisuudet (ulkoiset)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avoimen datan saatavuus • Teknologian kehittyminen • Yhteisön kasvaminen 	<p>Uhat (ulkoiset)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kilpailevat sovellukset tai työkalut • Päivitysten lakkautuminen

Taulukko 1. BlenderGIS SWOT-analyysi

4 Blender Blossm-lisäosa

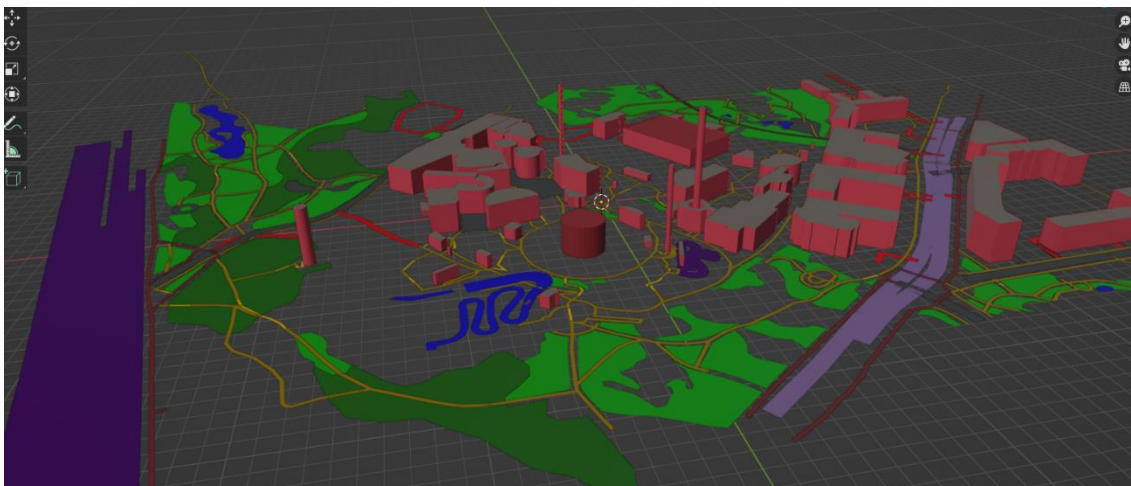
Blossm on ilmainen lisäosa Blender-sovellukseen. Sen on kehittänyt nimimerkki "vvoovv" ja lisäosan perusversio on ladattavissa ilmaiseksi hänen GitHub sivullaan. Lisäosasta on myös Premium-versio, jonka verollinen hinta on 22,07 \$ eli noin 20,31 €. Opinnäytetöissä kuitenkin käytetään Blossmin ilmaista perusversiota. Lisäosan nimi "Blossm" tulee sanoista "Blender-OSM", jossa "OSM" viittaa lyhenteeseen "Open Street Map" (vvoovv, i.a.). "OpenStreetMap on vapaaehtoisten luoma maailmankartta, jota voi käyttää vapaasti avoimella lisenssillä." (OpenStreetMap. i.a.) Ohjelma mahdollistaa yksinkertaisen ja nopean tavan tuoda Googlen 3D kaupunki-, OpenStreetMap- ja maastonkorkeus datan Blender-sovellukseen.

Blossmin työkaluikkunasta voi valita haluamansa alueen koordinaattivalikon avulla. Kun käyttäjä valitsee alueen, avautuu OSM-kartta auki selaimen, jossa käyttäjä voi valita haluamansa neliön muotoisen alueen haluamastaan sijainnista. Valinnan jälkeen käyttäjä saa kopioitua koordinaatit Blossm-lisäosan valikkoon. Kuvassa 5 Blossomin työkaluikkuna.



Kuva 5. Blosm työkalu ikkuna

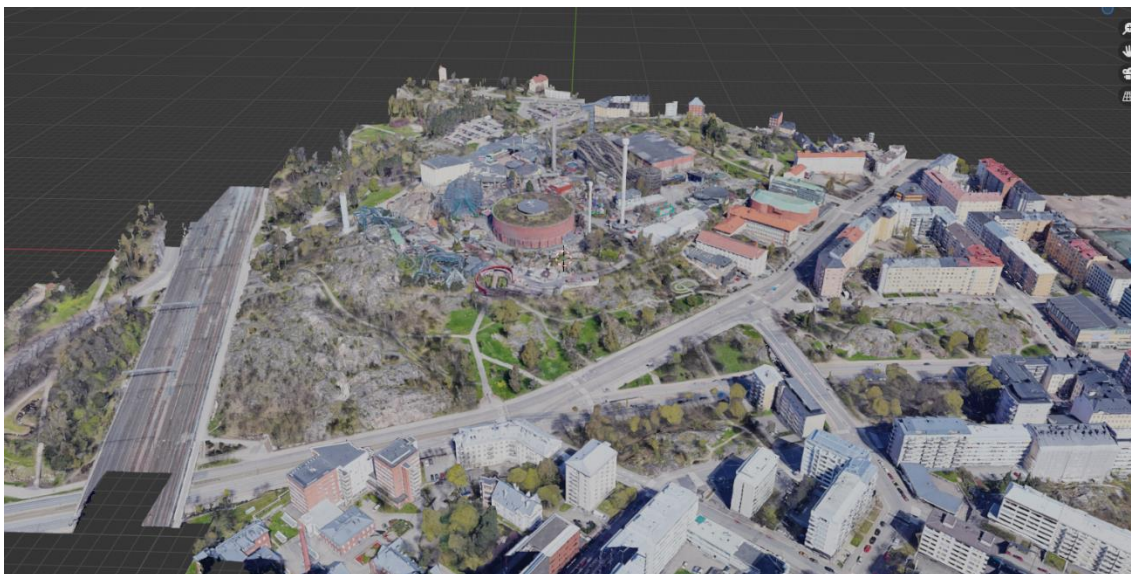
Kuvassa 6 on Linnanmäki, joka on monelle tuttu huvipuisto Helsingissä. Alue on valikoitunut tutkimukseen sen monimutkaisten muotojen sekä alueen tunnistettavuuden takia. Kuvaan on tuotu kaikki saatavissa oleva OSM-data alueelta, muun muassa rakennukset, tiet ja puistot. Nämä alueet ovat värjätty eri väreillä. Esimerkiksi kävelytiet on merkitty kuvassa keltaisella, rakennukset punaisella ja metsät/kasvusto vihreällä.



Kuva 6. Linnanmäki Helsinki OSM-datan tuonti Blosm lisäosalla

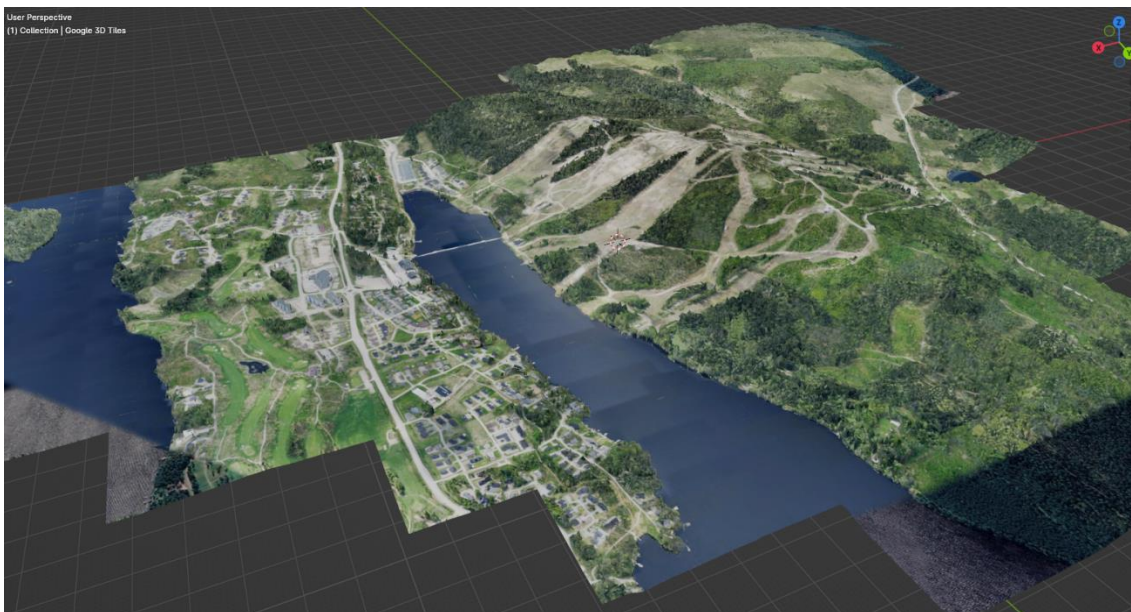
Vaikka Blosm-lisäosa on kehitetty OSM-datan tuomiseen, on myös Googlen 3D-data tuotavissa. Käyttäjältä vaaditaan projektin luomista Google Maps Platforms -alustalle ja API-avaimen hankkimista. Googlen 3D-datan tuominen Blenderiin vaatii käyttäjältä Googlen lisenssiehtojen ja rajoitusten noudattamista. On myös huomioitava, että API-avaimen käyttöön voi liittyä kustannuksia esimerkiksi suuren käyttömäärän vuoksi. (Google Maps Platform, i.a)

Kuvassa 7 on esitetty Googlen 3D-datan mallinnus Helsingin Linnanmäestä korkeimmalla laatuasetuksella. Kuvasta voidaan huomata, että malli on hyvin realistinen ja hyvälaatuinen. Malli ei ole täysin ajan tasalla, sillä siitä puuttuu muun muassa vuonna 2019 Linnanmäelle rakennettu vuoristorata Taiga. Mallia on myös vaikeasti muokattavissa verrattuna OSM-datan tuomiin yksinkertaisiin rakennuksiin. Malli on yksi iso kokonaisuus, jonka vuoksi esimerkiksi yksittäisten rakennuksien siirtäminen tai poistaminen on haasteellista.



Kuva 7. Linnanmäki Helsinki, Googlen 3D-data

Myös maastoa voidaan visualisoida Googlen-3D datan avulla. Kuvassa 8 on mallinnettuna Kuopion Nilsiässä sijaitseva Tahkovuori. Myös Blosm hallitsee suurien alueiden tuomisen, mutta etenkin suuremmilla laatuasetuksilla mallin luomisessa voi kestää useita minuutteja. 3D-mallinnusohjelmisto ei kuitenkaan hidastu mallin valmistuessa, eli aluetta voi tutkailla vapaasti ilman ongelmia. Googlen -3D datan avulla saadaan luotua hyvin näyttäviä ja selkeitä malleja niin kaupungeista kuin esimerkiksi tuntureistakin. Käyttäjän on kuitenkin noudatettava Googlen käyttöehtoja Googlen 3D-datan käytössä.



Kuva 8. Blosm Tahkovuori

4.1 Blosm SWOT-analyysi

Vahvuudet:

Lisäosa tarjoaa monipuoliset mahdollisuudet niin OSM-datan kuin Googlen 3D-datan tuomisen Blenderiin. Tämä on erityisen hyödyllistä, kun halutaan mallintaa kaupunkeja. Lisäosa on hyvin helppokäyttöinen ja yksinkertainen. OSM-datan käyttö on avoimen lähteen dataa, joka mahdollistaa käyttäjälle sen vapaan käytön. Lisäosa on hyvin samankaltainen BlenderGIS-lisäosan kanssa. Blosm ei kuitenkaan mahdollista realistisia maastomaisemia kuten vuoria ilman Googlen 3D-datan käyttämistä. Blosm toisin kuin BlenderGIS-lisäosa kuitenkin mahdollistaa Googlen 3D-datan käyttämisen.

Heikkoudet:

Blosm on BlenderGIS-työkalun tapaan Blenderin lisäosa, joka toimii vain Blender-ohjelmiston sisällä. Tästä syystä käyttäjän tulee opetella lisäosan lisäksi Blenderin käyttämistä. Vaikka Googlen 3D-datan avulla saadaan näyttäviä malleja, tulee käyttäjän seurata tarkasti Googlen käyttöehtoja ja rajoituksia. Sen lisäksi Googlen 3D-mallit eivät ole ajan tasalla. Jos käyttäjä

haluaa esimerkiksi kaupunkimalliinsa vasta rakennetun rakennuksen, se ei ole tuotavissa Googlen 3D-datan avulla.

Mahdollisuudet:

Mahdollisuudet ovat BlenderGIS-lisäosan kanssa samat. Molemmat lisäosat käyttävät avointa dataa, jonka saatavuus ja käyttö voi tulevaisuudessa kasvaa. Myös teknologia kehittyy jatkuvasti. Lisäosa voi tulevaisuudessa hyödyntää tulevaisuuden teknologian mahdollisuuksia. Myös kasvava yhteisö voi tulevaisuudessa lisätä lisäosan oppimateriaalia ja mahdollisuuksia.

Uhat:

Samoin kuin BlenderGIS-lisäosan kohdalla, uhkiin ovat muut sovellukset tai työkalut, joiden avulla voidaan paremmin mallintaa tosielämän sijainteja. Nämä sovellukset voivat sisältää kattavampia ominaisuuksia. On myös mahdollista, että lisäosaa ei tulevaisuudessa päivitetä kehittäjän toimesta. Vaikka lisäosa on helppokäyttöinen, voi etenkin Googlen 3D-datan käytössä olla paljon opeteltavaa. Käyttäjä joutuu myös lisäosan lisäksi opettelemaan Blenderin käyttöä, joka saattaa olla uudelle käyttäjälle haastavaa.

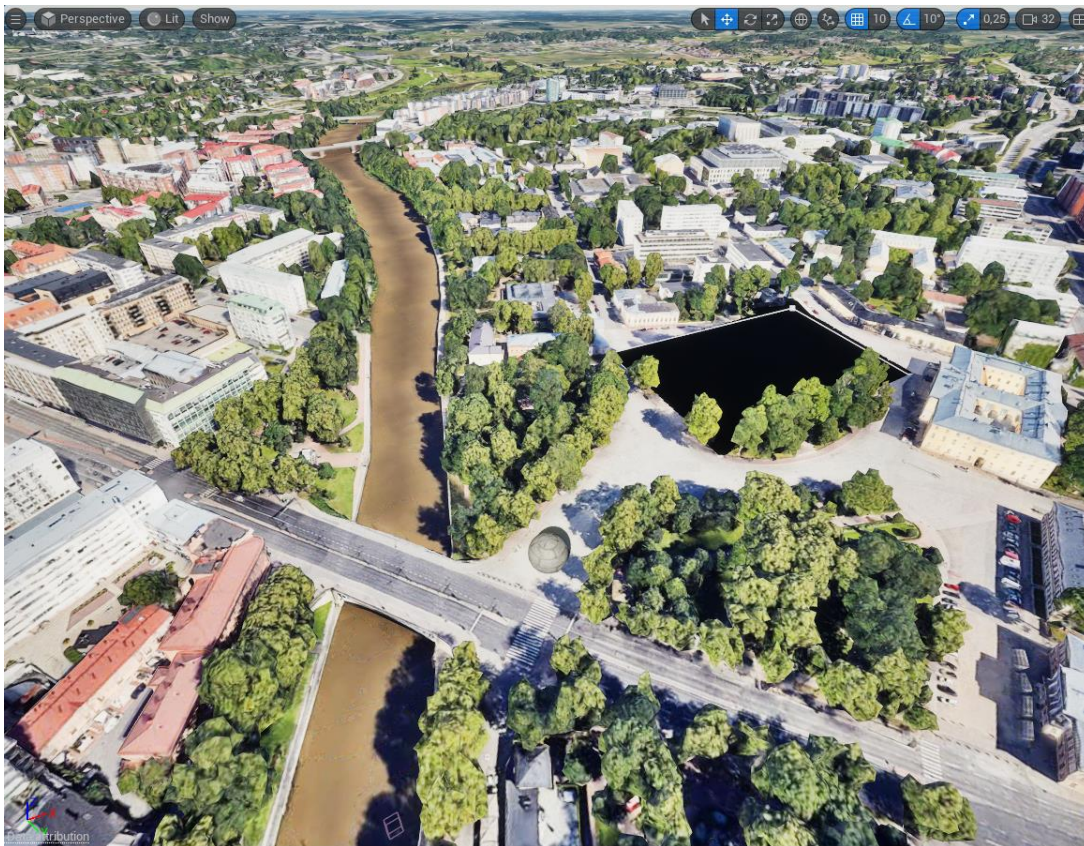
Vahvuudet (sisäiset) <ul style="list-style-type: none"> • Monipuolisuus • Helppokäyttöisyys • Avoin käyttö • Googlen 3D-datan käyttö 	Heikkoudet (sisäiset) <ul style="list-style-type: none"> • Vaatii Blenderin käyttöä • Vanhentuneet 3D-mallit • Googlen 3D-data sisältää käyttöehtoja ja rajoituksia
Mahdollisuudet (ulkoiset) <ul style="list-style-type: none"> • Avoimen datan saatavuus • Teknologian kehittyminen • Yhteisön kasvaminen 	Uhat (ulkoiset) <ul style="list-style-type: none"> • Kilpailevat sovellukset • Päivitysten lakkautuminen • Oppimiskäyrä

Taulukko 2. Blossm SWOT-analyysi

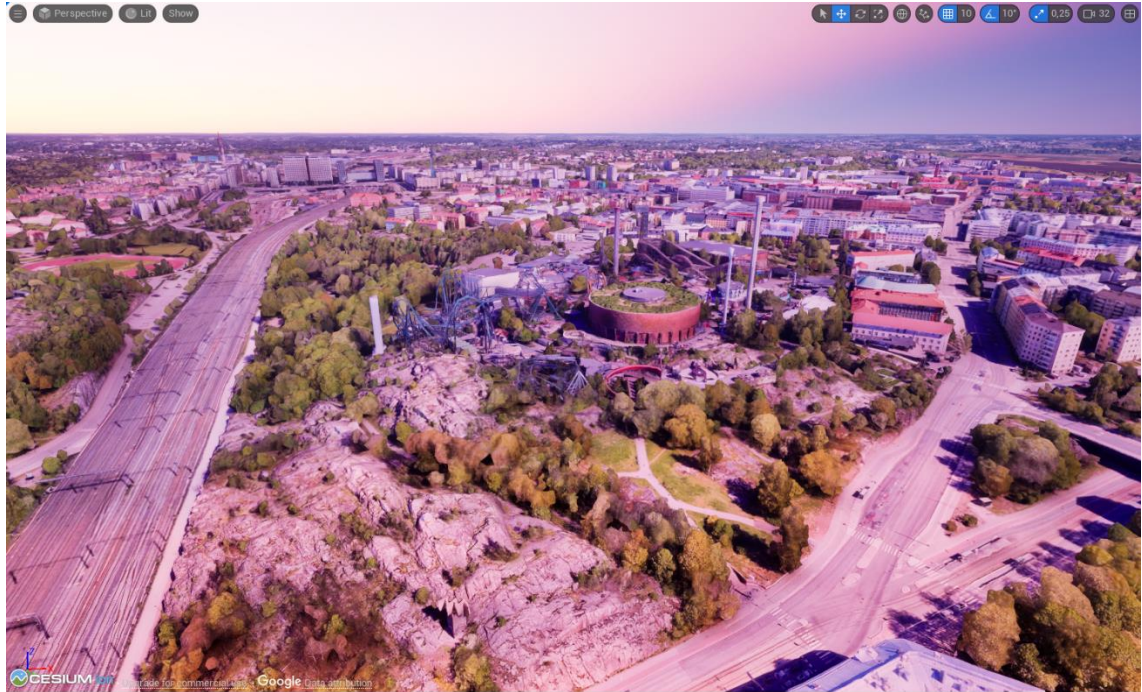
5 Unreal Engine Cesium -ohjelmisto

Unreal Engine on Epic Games:in kehittämä ilmainen pelimoottoriohjelmisto, jota käytetään pääsääntöisesti pelien ja elokuvien kehittämiseen. Cesium on ilmainen avoimen lähdekoodin vapaasti käytettävä lisäosa Unity- ja Unreal Engine-pelimoottoreihin. Pelimoottoreiden lisäksi Cesiumia voi käyttää Javascriptissä, NVIDIA:n Omniversessä sekä Open 3D Engine:ssä (O3DE). Cesium työkalu mahdollistaa maantieteellisten simulaatioiden ja visualisointien luomisen reaaliaikaisesti. Maaston visualisointi tai simulointi on erityisen hyödyllistä esimerkiksi kaupunkisuunnittelussa, paikkatietojärjestelmissä ja koulutussimulaatioissa. Työkalu hyödyntää avointa Cesium ion -alustaa, joka tarjoaa kattavan 3D-aineiston käytön, johon kuuluvat muun muassa satelliittikuvat ja rakennusmallit. (Cesium. i.a.)

Tutkimuksessa vertailun kohteena toimii Unreal Engine-pelimoottorin Cesium lisäosa. Valinta perustuu muun muassa tehtävänantajan suositukseen sekä Unreal Enginen kykyyn tuottaa tarkkaa realistista grafiikkaa. Kuvassa 9 on Turun kartta tuotuna ohjelmistoon. Kuvassa Turun tuomiokirkko on maskeerattu näkyvistä. Alueiden kuten rakennusten piilottaminen on yksinkertaista Cesiumin avulla. Rakennuksien 3D-malleja ei kuitenkaan voi muokata tai siirtää. Kuvassa 10 on Linnanmäen huvipuisto Cesiumiin tuotuna vertailun vuoksi.



Kuva 9. Unreal Engine-pelimoottoriin tuotu Turun kartta.



Kuva 10. Unreal Engine-pelimoottoriin tuotu Linnanmäen huvipuisto, Helsinki

5.1 Cesium SWOT-analyysi

Vahvuudet:

Unreal Engine on tunnettu sen korkealaatuisesta renderöintimoottoristaan. Tämä mahdollistaa realististen tosielämän sijaintien mallintamisen. Cesium on avoimen lähdekoodin projekti, joka edistää yhteisöllistä kehitystä ja tarjoaa käyttäjille ilmaisen työkalun. Cesium tarjoaa laajan dokumentaation ja sen käyttöön löytyy useita yhteisön oppaita ja opetusvideoita.

Heikkoudet:

Cesiumin ja Unreal Enginen käyttäminen vaatii merkittävää teknistä osaamista. Erityisesti uusille käyttäjille oppimiseen voi kulua paljon aikaa. Cesium tarjoaa paljon monimutkaisia ominaisuuksia, joiden oppiminen voi olla haastavaa. Unreal Enginen korkealaatuisuuteen liittyy myös haittapuolia, sillä se vaatii tietokoneelta huomattavaa laskentatehoa. Vaikka Cesiumin käyttö on avointa ja

ilmaista, kaupalliseen käyttöön voi liittyä maksuja Cesiumin hintasuunnitelmien mukaan. Esimerkiksi kaupallisen käytön lisenssi maksaa 149 \$ kuukaudessa.

Mahdollisuudet:

Teknologian kehittyminen ja erityisesti Cesiumin kehitys voi tarjota laajoja uusia mahdollisuuksia tulevaisuudessa. Cesiumin kehittyessä myös yhteisö kasvaa mahdollistaen työkalun entistä laajemman kehityksen ja opastuksen.

Uhat:

Heikkouksissa mainittiin jo työkalun jyrkkä oppimiskäyrä. Jos esimerkiksi yritys haluaa hyödyntää Cesiumia, voi työkalun kouluttamisessa ja oppimisessa kestää kauan aikaa. Koska Cesium on ulkoinen lisäosa, voivat palveluehdot tai lisäosan saatavuus muuttua tulevaisuudessa.

Vahvuudet (sisäiset) <ul style="list-style-type: none"> • Korkealaatuisuus • Avoimen lähdekoodin työkalu • Kattava dokumentaatio • Reaaliaikainen data 	Heikkoudet (sisäiset) <ul style="list-style-type: none"> • Oppimiskäyrä • Monimutkaisuus • Resurssivaatimukset • Kaupallisessa käytössä maksullinen
Mahdollisuudet (sisäiset) <ul style="list-style-type: none"> • Teknologian kehitys • Cesiumin kehitys • Kasvava yhteisö 	Uhat (ulkoiset) <ul style="list-style-type: none"> • Hankala käyttöönotto • Palveluehtojen muuttuminen

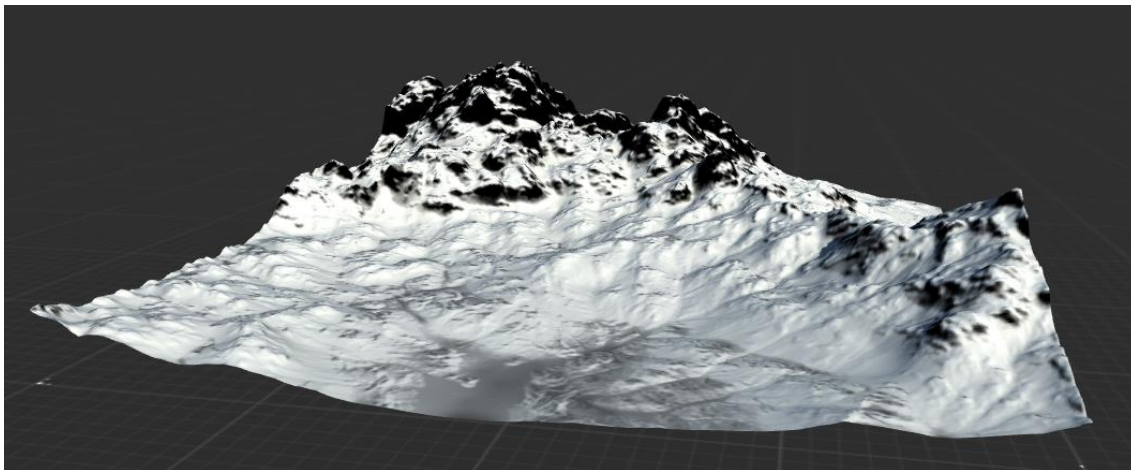
Taulukko 3. Cesium SWOT-analyysi

6 Gaea-maastonmallinnusohjelma

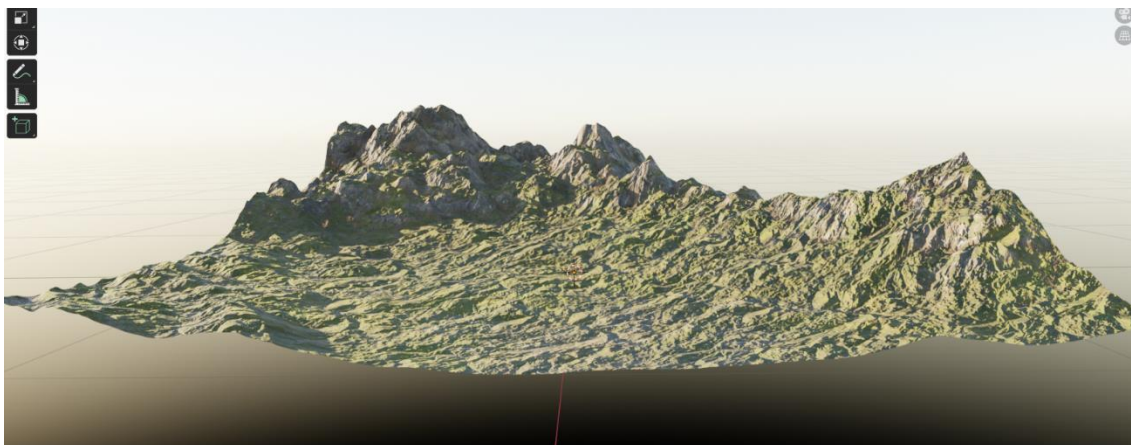
Gaea on QuadSpinnerin prosessuaalinen maastonmallinnusohjelma, joka mahdollistaa tehokkaan ja yksinkertaisen 3D-maastomallin luomisen virtuaalisiin ympäristöihin, kuten peleihin tai elokuvaan. Ohjelma hyödyntää solmu (engl. node) -pohjaista visuaalisenohjelmoinnin -alustaa, joka helpottaa maaston luomista ja eri maaston arvojen muokkaamista vapaasti jälkikäteen. Gaea tarjoaa monta solmupohjaista työkalua, kuten maastonmuodon mallintamista, tekstuureja, värikarttoja ja maskeja. Gaea mahdollistaa monipuolisen maaston luomisen, kuten laaksojen, vuorien ja muiden ympäristöjen luomisen. Gaeaan voi myös suoraan tuoda korkeusdatatiedostoja, kuten maanmittauslaitoksen laserkeilattua korkeusdataa.

Maskeilla pystyy määrittämään, mitä kohtia maanmuodon mallista halutaan maskeerata. Maskit ovat musta valkoisia värikarttoja, jotka mahdollistavat tiettyjen alueiden muokkaamisen tai muokkaamatta jättämisen eristämällä ne muista osista. Toisin sanoen maskit toimivat eräänlaisena peitteenä, jotka estävät käyttäjää muokkaamasta peitetyjä alueita. Kuvassa 11 maskin valkoinen alue kuvaa mihin kohtaan vuorta tulee kasvustoa ja musta alue kuvaa mihin ei tule lainkaan kasvustoa. Eli tässä tapauksessa maski "peittää" mustan alueen, ettei käyttäjä lisää siihen tekstuuria. Ruohotekstuuri tulee kivitekstuuriin päälle siten, että kasvusto peittää valkoisilla alueilla kiven ja kivi jää näkyviin mustille alueille. Lopputuloksena saadaan malli, jossa kivitekstuuria on vain maskin mustilla alueilla ja ruohoa valkoisilla alueilla.

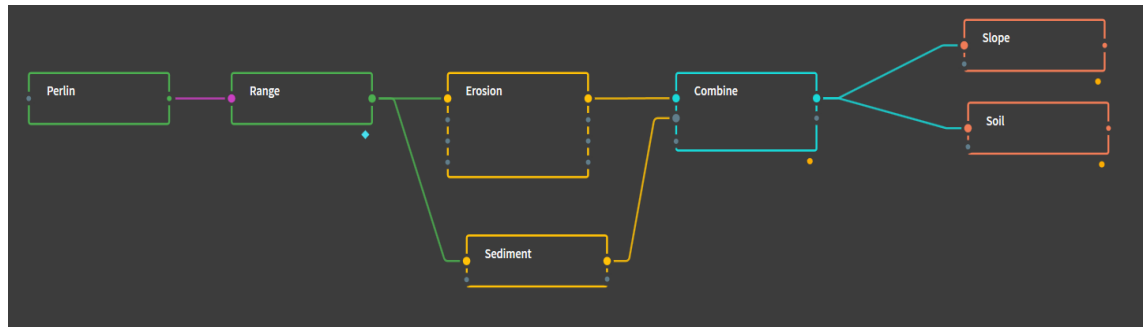
Kuvassa 13 on yksinkertainen Gaean solmukartta, jolla kuvan 12 vuori on luotu. Solmukartta luo maastonmallin solmujen perusteella vasemmalta oikealle. Esimerkiksi solmu "perlin" luo automaattisesti tietynmallisen osittain satunnaisen maastonmuodon. Suuremmissa projekteissa solmukarttojen monimutkaisuus kasvaa, esimerkkinä kuvan 14 solmukartta, joka on huomattavasti monimutkaisempi kuin esimerkin 13 kuvassa. Solmukartta luo lumisen kraatterimaisemman, joka on nähtävissä kuvassa 15.



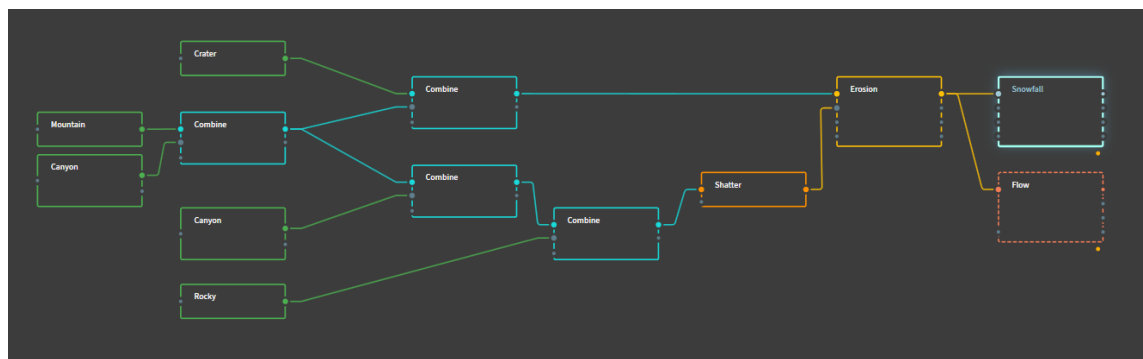
Kuva 11. Maanmuodon maski



Kuva 12. Gaeassa luotu Vuorimaisema tuotu Blender sovellukseen



Kuva 13. Solmukartta, jolla kuvan 13 vuorimaisema on luotu



Kuva 14. Monimutkaisempi solmukartta



Kuva 15. Monimutkaisemman solmukartan tulos

6.1 Gaea SWOT-analyysi

Vahvuudet:

Gaea on hyvin käyttäjäystävällinen. Ohjelma tarjoaa proseduraalisen solmu pohjaisen maastonmallintamisen, jonka avulla käyttäjä pystyy luomaan korkealaatuisia ja realistisia maastoja helposti. Gaea tarjoaa myös laajan dokumentaation ja hyvät oppimismahdollisuudet.

Heikkoudet:

Vaikka Gaeen käyttöönotto on helppoa, on monimutkaisempien solmukarttojen luominen ja ymmärtäminen haastavaa. Gaean korkealaatuiset mallit voivat myös vaatia tehokkaan tietokoneen käyttöä. Vaikka Gaeaan on saatavilla ilmaisversio, ohjelmiston täysimittaiseen käyttöön, vaaditaan maksullinen lisenssi. Maksullinen versio mahdollistaa esimerkiksi korkealaatuisemman maastonmallinnuksen.

Mahdollisuudet:

Gaea-ohjelmistoa on aktiivisesti parannettu, ja sen kehittäjä QuadSpinner suunnittelee Gaealle 2.0-versiota, joka lisää Gaeaan uusia hyödyllisiä ominaisuuksia. Teknologian kehittyminen voi myös lisätä Gaean käyttö- ja kehittämismahdollisuuksia tulevaisuudessa.

Uhat:

Gaea ohjelmistoon ei liity merkittäviä uhkia. On kuitenkin mahdollista, että QuadSpinner keskeyttää Gaean kehittämisen esimerkiksi taloudellisten syiden takia. Gaean jatkuvan menestyksen vuoksi tätä ei kuitenkaan pidetä todennäköisenä uhkana.

<p>Vahvuudet (sisäiset)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Helppo käyttöönotto • Proseduraalinen maastonmuokkaus • Laaja dokumentaatio • Korkealaatuisuus 	<p>Heikkoudet (sisäiset)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oppimiskäyrä • Resurssivaatimukset • Maksulliset versiot
<p>Mahdollisuudet (ulkoiset)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teknologian kehittyminen • Gaea ohjelmiston kehittyminen 	<p>Uhat (ulkoiset)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mahdolliset ohjelmiston kehitykseen liittyvät ongelmat

Taulukko 4. Gaea SWOT-analyysi

7 Pohdinta

Työn tarkoituksena oli löytää erilaisia menetelmiä, työkaluja ja sovelluksia maastonmallintamisen tarkoituksiin. Työssä selvitettiin erityisesti pistepilvidatan hyödyntämistä tarkkojen tosielämän maastojen luomiseen. Tutkimus oli toimeksiantajalle hyödyllinen, sillä tosielämän maastoja ei saada tarkoissa mitoissa mallinnettua ilman työkaluja.

Opinnäytetyö onnistui tavoitteessaan löytää työkaluja tai sovelluksia tosielämän maastonmallintamiseen, sekä vertailemaan niitä selkeästi toisiinsa.

Opinnäytetyössä esitetyt sovellukset ja työkalut soveltuvat kaikki toimeksiantajan pyytämään käyttötarkoitukseen. Opinnäytetyö huomioi sovellusten ja työkalujen eroavaisuudet eikä suosi mitään tiettyä sovellusta tai työkalua yli toisen. Menetelmien hyödyllisyys riippuu käyttäjän käyttötarpeista ja tarkoituksesta. Esimerkiksi BlenderGIS-lisäosa mahdollistaa tarkkojen maastonmallien luomisen, mutta ei sovellu realististen kaupunkien luomiseen. Opinnäytetyössä olisi voinut huomioida tarkemmin sovellusten ominaisuuksista ja käyttöehdoista. Etenkin monimutkainen Cesium-ohjelmisto kattaa paljon ominaisuuksia ja mahdollisuuksia, joita työssä ei ehditty selvittämään.

8 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli löytää erilaisia menetelmiä, työkaluja ja sovelluksia maastonmallintamisen tarkoituksiin. Työssä selvitettiin erityisesti pistepilvidatan hyödyntämistä tarkkojen tosielämän maastojen luomiseen. Tutkimus oli toimeksiantajalle hyödyllinen, sillä tosielämän maastoja ei saada tarkoissa mitoissa mallinnettua ilman työkaluja. Opinnäytetyö onnistui tavoitteessaan löytää työkaluja tai sovelluksia tosielämän maastonmallintamiseen, sekä vertailemaan niitä selkeästi toisiinsa. Opinnäytetyössä esitettiin neljä eri sovellusta tai työkalua maastonmallinnukseen. Sovelluksilla ja työkaluilla on omat heikkoutensa ja vahvuutensa sekä käyttötarkoituksensa. Opinnäytetyö huomioi sovellusten ja työkalujen eroavaisuudet eikä suosi mitään tiettyä sovellusta tai työkalua yli toisen. Menetelmien hyödyllisyys riippuu käyttäjän käyttötarpeista ja tarkoituksesta. Esimerkiksi BlenderGIS-lisäosa mahdollistaa tarkkojen maastonmallien luomisen, mutta ei sovellu realististen kaupunkien luomiseen. Opinnäytetyön kirjoittaja suosittelee jatkotutkimusta maastonmallinnukseen käytettävistä sovelluksista ja työkaluista.

Lähteet

Cesium. *Cesium ion*. <https://cesium.com/platform/cesium-ion/>

Cesium. *Pricing plans - Cesium*. <https://cesium.com/platform/cesium-ion/pricing/>
domlysz. *BlenderGIS*. Github. <https://github.com/domlysz/BlenderGIS>

Earthdata, *NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*.

<https://www.earthdata.nasa.gov/sensors/srtm>

Google Maps Platform *Terms of Service*. (5.6.2020).

<https://cloud.google.com/maps-platform/terms/>

Maanmittauslaitos. *Maanmittauslaitoksen paikkatietoaineistojen formaatit*.

<https://www.maanmittauslaitos.fi/paikkatietoaineistojen-formaatit>

Maanmittauslaitos. *Ympäristön 3D-mallinnus*.

<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/ympariston-3d-mallinnus>

National land survey of Finland. *National Land Survey open data licence - version 1.0*. (1.5.2012). <https://www.maanmittauslaitos.fi/en/opendata-licence-version1>

OpenStreetMap. *about*. [https://www.openstreetmap.org/aboutOpenStreetMap.Licence/Licence and Legal FAQ](https://www.openstreetmap.org/aboutOpenStreetMap.Licence/Licence%20and%20Legal%20FAQ).

https://osmfoundation.org/wiki/Licence/Licence_and_Legal_FAQ

OpenStreetMap. *Tekijänoikeus ja lisenssi*.

<https://www.openstreetmap.org/copyright>

vvoovv. *Blosm for Blender: OpenStreetMap, Google 3D cities, terrain*. Github.

<https://github.com/vvoovv/blosm>