

HELSINGIN KAUPUNGIN 3D-KAUPUNKIMALLI

Veijalainen Sami

Opinnäytetyö

Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2025

Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Sami Veijalainen	Vuosi	2025
Ohjaaja	Janne Matilainen		
Toimeksiantaja	Lapin ammattikorkeakoulu		
Työn nimi	Helsingin kaupungin 3D-kaupunkimalli		
Sivumäärä	35 + 0		

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua Helsingin kaupungin 3D-kaupunkimallirakennusten tekoprosessiin eli rakennusten matkaan mittauksesta kaupunkimalliin Helsingin kaupunkimittauksen näkökulmasta sekä kaupunkimallin käyttötarkoituksiin yleisesti. Haluttiin saada aikaan dokumentti, jota Helsingin kaupunki pystyy käyttämään perehdytysmateriaalina.

Tässä työssä tutkittiin Helsingin kaupungin kaupunkimallirakennusten tekoa sekä Helsingin kaupunkimallia yleisesti sen historiasta nykypäivän sovellutuksiin. Helsingin kaupunki on tehnyt lukuisia kokeiluja hyödyntäen omaa kaupunkimalliaan, joten kaikkia kokeiluja ei tässä työssä käydä läpi. Tämän työn lähteinä käytettiin suurimmalta osalta Helsingin kaupungin sisäisiä prosessi- ja työohjedokumentteja.

Itse olen työskennellyt Helsingin kaupungilla 2018–2025 osana kaupunkimallirakennusten tekoprosessia. Opinnäytetyössä olen päässyt tutustumaan laajemmin, kuinka prosessi toimii ja miten Helsingin kaupunki on hyödyntänyt kaupunkimalliaan.

Degree programme in Land Surveying
Bachelor of Engineering

Author	Sami Veijalainen	Year	2025
Supervisor	Janne Matilainen		
Commissioned by	Lapland University of Applied Sciences		
Title	3D city model of the City of Helsinki		
Number of pages	35 + 0		

The purpose of this thesis study was to explore the journey of the 3D city model buildings in the City of Helsinki from the perspective of the Helsinki city survey, as well as the general uses of the city model. The aim was to create a document that the City of Helsinki could use as orientation material.

This study examined the creation of the Helsinki City Model Buildings and the Helsinki City Model in general, from its history to its present-day applications. The City of Helsinki has conducted numerous experiments utilizing its own city model, so not all experiments will be reviewed in this work. The sources used for this study were mostly the City of Helsinki's internal process and work instruction documents.

The author worked for the City of Helsinki from 2018 to 2025 in the urban model-building process. This thesis study provided an opportunity to learn more about how the process works and how the City of Helsinki has utilized its urban model.

Keywords

Three-dimensional imaging, urban patterns, data models

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KAUPUNKIMITTAUSPALVELUT	8
3	HISTORIA.....	9
4	3D-RAKENNUSTEN LUOMINEN NYKYÄÄN	12
4.1	Maastomittaus	12
4.2	Karttatiedot	14
4.3	Paikkatietotuki	19
5	KAUPUNKIMALLIN KÄYTTÖ JA HYÖDYT	22
5.1	Yleistä.....	22
5.2	Tuulisimulaatio.....	22
5.3	Aurinkosimulaatio	24
5.4	Kaupunkitietomalli	26
6	LAINSÄÄDÄNTÖ JA JHS	29
6.1	Lakia ja säädöksiä	29
6.2	Suositukset ja standardit.....	30
7	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET.....	33

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

PTY:	PTY (Paikkatietoydin) on jatkuvasti ylläpidettävä aineisto, johon kerätään Helsingin alueella sijaitsevat rakennukset ja rakennelmat aluegeometriamuodossa sekä niihin liittyviä ominaisuustietoja.
LOD-tasot	Level of Detail, mallin yksityiskohtaisuustaso, kertoo 3D-rakennusten yksityiskohtaisuuden tason.
FME	Feature Manipulation Engine. Safe Softwaren ohjelmisto paikkatietoaineistojen monipuoliseen muuntamiseen, muokkaamiseen, yhdistämiseen ja jakamiseen.
CityGML	avoin dataformaatti, joka on tarkoitettu kaupunkitietomallin kohteiden siirtämiseen ja tallentamiseen.
BIM	Building Information Model. Rakennuksen tietomalli on kopio tai suunnitelma oikeasta rakennuksesta ja sen elinkaaresta.
Tiili	Tässä työssä tarkoitetaan FME-ohjelmalla tuotettua kansiorakennetta mallinnettavista rakennuksista.
Microstation	Microstation on CAD (Computer-Aided Design) pohjainen ohjelmisto kaksi ja kolmiulotteiseen piirtämiseen ja suunnitteluun.
BRec	BuildingReconstruction (BRec) on Virtual City Systemin kehittämä kaupunkimallirakennusten mallinnusohjelma.
JHS	Julkisen hallinnon suositukset.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua Helsingin kaupungin 3D-kaupunkimallirakennusten tekoon ja kaupunkimallin käyttöön. Työstä syntyy dokumentti, josta selviää rakennuksen matka mittauksesta kaupunkimalliin ja kuinka kaupunkimallia on hyödynnetty. Työssä tutustutaan siihen, kuinka 3D-rakennukset nykyään syntyvät Helsingin kaupunkimittauksen näkökulmasta.

3D-rakennusten mallinnus on jaettu kolmeen osaan, joista vastaavat Helsingin kaupunkimittauksen eri tiimit. Ensimmäisestä osasta vastaa Helsingin kaupunkimittauksen maastoyksikkö, joka on jaettu länsi- ja itäpiiriin. Tässä vaiheessa rakennukset mitataan, ja näitä mittauksia käytetään pohjana 3D-rakennuksille.

Toisesta osasta vastaa karttatiedot, jossa rakennusmittaukset viedään kartalle ja rakennukset mallinnetaan. Kolmannesta osasta vastaa paikkatietotuki, joka hoitaa rakennusten loppuprosessoinnin.

Koska 3D-rakennusten mallinnus on hajautettu useampaan osaan, sen kokonaisuuden hahmottaminen voi olla hankalaa. Kaupunkimallin hyödyt eivät myöskään ole monille kovinkaan tuttuja, vaikka mallit ovat hyvin yleisiä nykypäivänä. Tarkoitus on koota kaupunkimallirakennusten matka yhdeksi dokumentiksi ja esitellä joitakin kaupunkimallin käyttömuotoja. Dokumenttia voidaan käyttää prosessin kehittämisessä tai perehdytysmateriaalina.

3D-kaupunkimallit ovat yleistyneet hurjaa vauhtia viimeisen parinkymmenen vuoden aikana. Uusia käyttömuotoja ja säädöksiä näiden rakennusten ja mallien hyödyntämiseen kehitetään jatkuvasti. Tämän vuoksi prosessin ylläpitäminen ja kehittäminen on hyvin tärkeää. Insinöörityössä perehdytään siihen, kuinka 3D-rakennukset muodostuvat Helsingin kaupungilla ja kuinka kaupunki on hyödyntänyt omaa kaupunkimalliaan. Tietoa kerätään eri tiimien prosessidokumenteista ja työhohjeista.

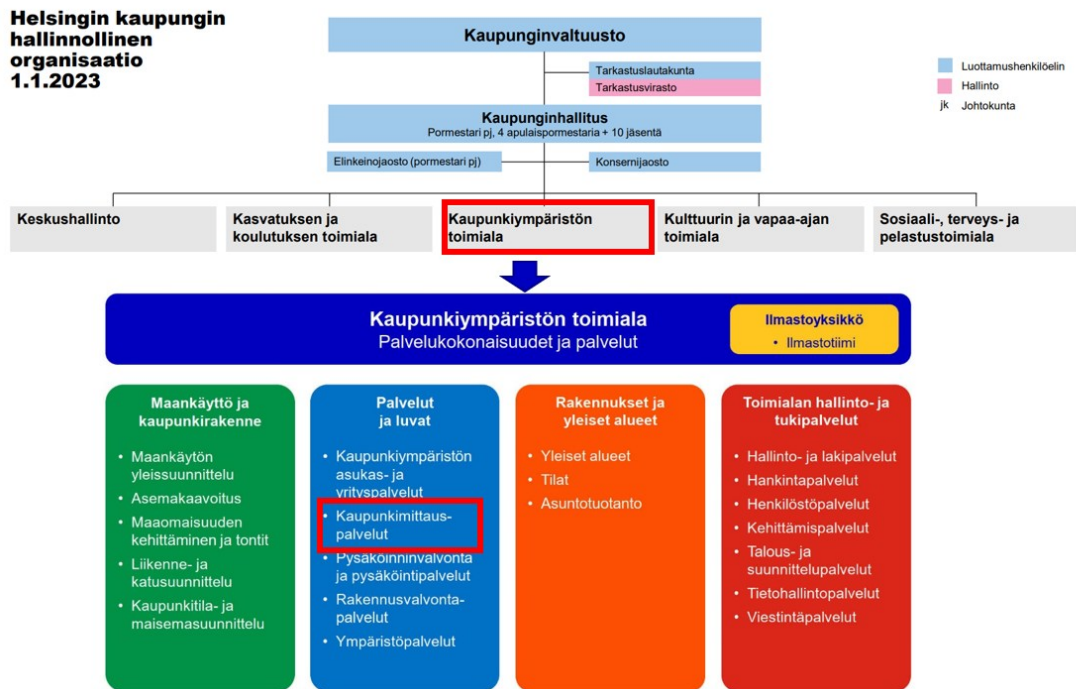
Ennen tämän työn aloittamista olen työskennellyt kuuden vuoden ajan karttatietotiimissä osana Helsingin kaupunkimallirakennusten prosessia. Aluksi toimin

kolme vuotta kartan ylläpitotehtävissä, jolloin siirsin rakennusmittaustietoja kartalle. Sen jälkeen työskentelin kolme vuotta 3D-rakennusten mallinnustehtävissä, joissa mallinsin rakennuksia kaupunkimalliin.

2 KAUPUNKIMITTAUSPALVELUT

Kaupunkimittauspalvelut ovat osana Helsingin kaupungin hallinnollista organisaatiota ja kuuluu palvelut ja luvat kokonaisuuteen (kuvio 1).

”Kaupunkimittauspalvelut (Kami) huolehtii kaupungin kiinteistömuodostamis- ja rekisteröintitehtävistä, osoitepäätöksistä, mittauspalveluista sekä paikkatieto- ja kartastotehtävistä. Kaupunkimittauspalvelut tuottaa kaupungin keskeisimmät kartta- ja paikkatietoaineistot sekä tukee näihin pohjautuvien verkkopalvelujen tuottamista.” (Helsingin kaupunki 2025a.) Kaupunkimittauspalveluihin kuuluu monenlaisia yksiköjä, jotka vastaavat kaupungin eri prosesseista. Tässä työssä perehdytään kaupunkimalli rakennusten prosessissa mukana oleviin tiimeihin.



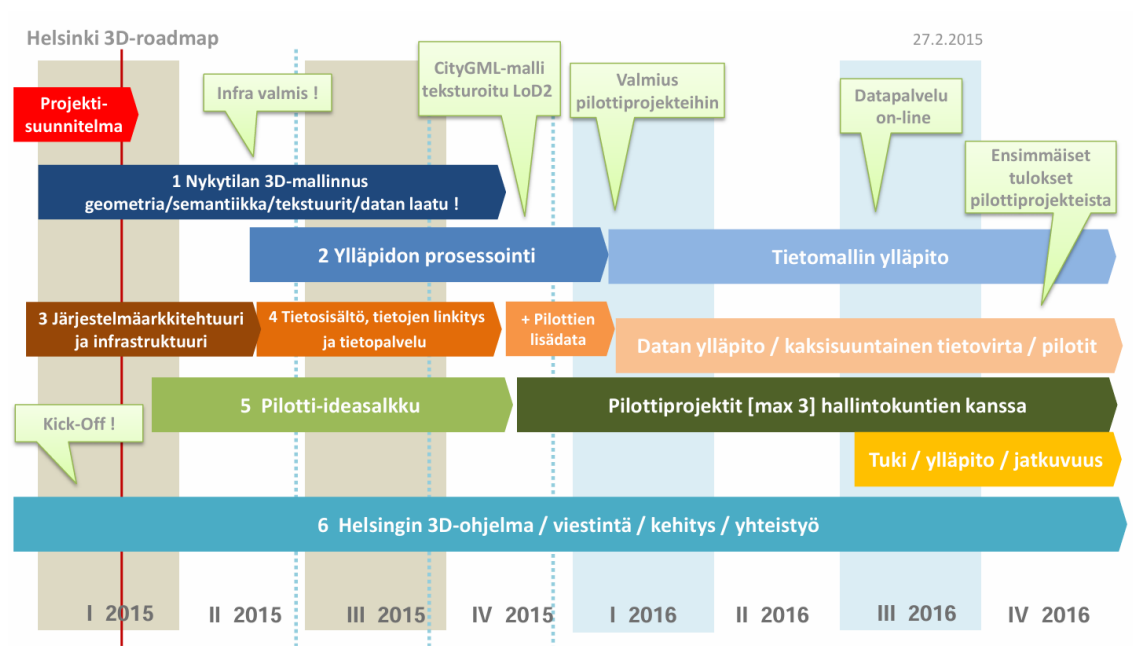
Kuvio 1. Helsingin kaupungin hallinnollinen organisaatio, jossa esitetty kaupunkimittauksen paikka organisaatiossa (Helsingin kaupunki 2024b)

3 HISTORIA

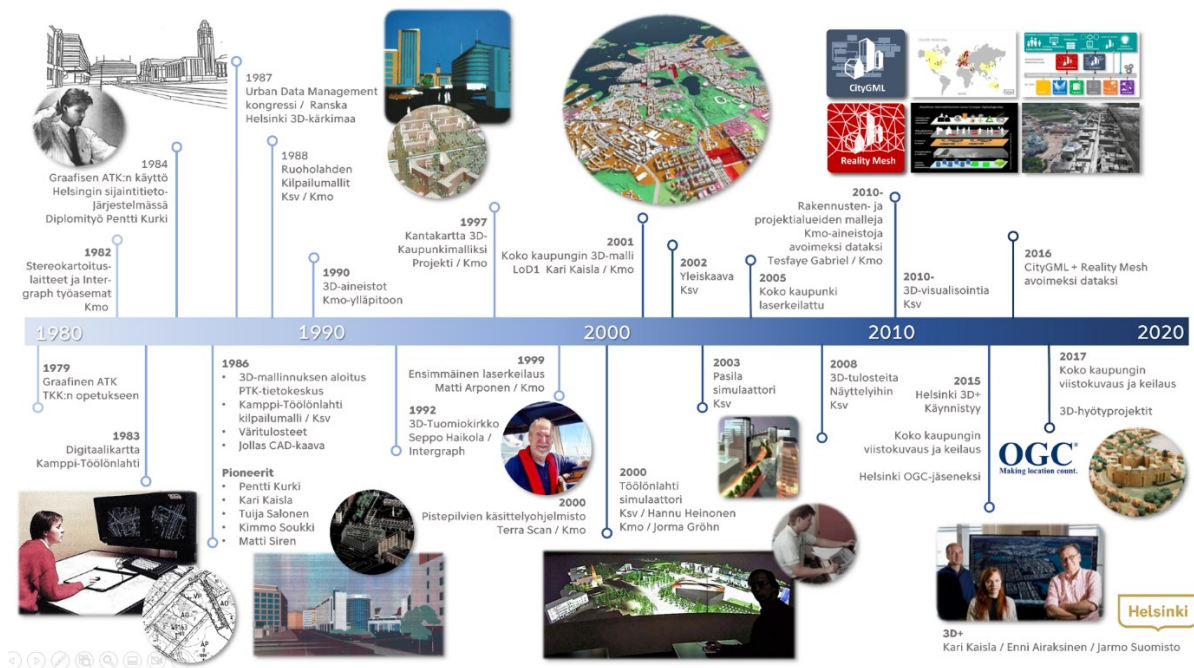
Helsingin kaupungilla on mallinnettu rakennuksia kymmeniä vuosia. Vanhimmat mallinnuskokeilut aloitettiin jo 1980-luvulla. Aluksi kaupunkimallin teko oli hyvin työlästä, koska kaikki tehtiin manuaalisesti ja tietojen käsittely oli monimutkaista. Tuohon aikaan työntekovälineet eivät myöskään olleet tarpeeksi tehokkaita, joten mallinnuksessa jouduttiin käyttämään kalliita tehotyöasemia. Tämän takia mallinnus oli tuolloin pääosin kokeilutoimintaa.

Helsingissä kaupunkimallinnus alkoi laajemmin 1980-luvulla pidetyn Kampin–Töölön ideakilpailun myötä. Ensimmäisiä 3D-mallinnettuja rakennuksia olivat Sokos Vaakunahotelli, Pääposti, Kansallismuseo ja Rautatieasema. Myöhemmin Töölönlahden suunnittelun tueksi kaupunkisuunnitteluvirasto toteutti virtuaalimallin Töölönlahden alueesta vuonna 1999. Kyseinen malli tuli julkiseksi yleisölle vuonna 2000 vapaan liikkumisen mahdollistavana simulaationa. 2000-luvulta lähtien kaupunkimallinnusteknologia lähti voimakkaaseen kasvuun. Voimakkaan kasvun mahdollistivat mittaustekniikoiden kehitys, muun muassa laserkeilaus, pistepilvien käsittely ja viistoilmakuvauksen sekä mallinnuksen nopea kehitys. Ensimmäiset automaattiset rakennusmallinnukset mahdollistivat kaupunkimallinnuksen hyötykäytön kehityksen. Open Geospatial Consortiumin (OGC) tekemä standardointi ohjasi kaupunkimallinnusta 2010-luvulla. CityGML:stä tuli vakio kansainvälinen kaupunkimallistandardi, ja standardoitujen kaupunkimallien käyttö yleistyi nykyaikaisten selainpohjaisten työkalujen ansiosta. Vuonna 2015 aloitettiin kolmivuotinen 3D-tietomallihanke, jonka tarkoituksena oli tehdä 3D-kaupunkimalli koko Helsingin alueesta ja rakentaa mallidatan jakelun edellyttämä tietojärjestelmä (kuvio 2). (Helsinki 3D+ 2016a 4–6.)

Helsingin kaupunkimallirakennusten ylläpitoa jatkettiin rakentamisen myötä vuoteen 2020 saakka (kuvio 3). Vuoden 2020 jälkeen Helsingin kaupunki alkoi tehdä kaupunkimallilla erilaisia kokeiluja. Kokeiluissa pyrittiin selvittämään mihin kaupunkimallia voitaisiin hyödyntää ja kuinka sen tuotantoa pystyttäisiin tehostamaan (kuvio 4). (Helsinki 3D+ 2020a.)



Kuvio 2. 2015 aloitetun 3D-tietomalli hankkeen projekti suunnitelma (Helsinki 3D+ 2015a)



Kuvio 3. Helsingin kaupunkimallin historian aikajana (Helsinki 3D+ 2020b)

Kokeilu 1: Hyödynnetty 3D-kaupunkimalli (10/2019 – 12/2020). Vaaramo-palvelu ja 3D-kaupunkimalli.

Kokeilu 2: Tehokas 3D-kaupunkimalli (4/2020 – 12/2020). Moniaineistosen 3D-kaupunkimallin automatisoitu tuotanto.

Kokeilu 3: Älykäs 3D-kaupunkimalli (9/2020 – 9/2021). Fotorealistisen 3D-kaupunkimallin rikastaminen semantiikalla. Perustuu pääosin kokeilussa 2 kerättyihin aineistoihin.

Kokeilu 4: Pelillinen 3D-kaupunkimalli (12/2020 – 9/2021). Peliteknologian hyötykäyttö 3D-kaupunkimallinnuksessa. Perustuu pääosin kokeilussa 2 kerättyihin ja kokeilussa 3 rikastettuihin aineistoihin.

Kuvio 4. Vuoden 2020 kaupunkimalli kokeilujen edistyminen (Helsinki 3D+2020c)

Kaupunkimallin tuotannon kehittäminen toi kuitenkin omat ongelmansa päivittäisen tuotannon näkökulmasta. Tuotannon automatisoinnin toteuttamiseksi rakennusten mallinnus jouduttiin lopettamaan toistaiseksi vuoden 2022 kesällä. Mallinnuksen pysäytys kesti kaksi vuotta, joiden aikana rakennuksia ei mallinnettu. Kahden vuoden mallinnuspysäytyksestä jääneet rakennukset laitettiin projektijonoon. Uusien ja projektijonossa olevien rakennusten mallinnusta päästiin jatkaamaan vuoden 2024 kesästä lähtien.

4 3D-RAKENNUSTEN LUOMINEN NYKYÄÄN

4.1 Maastomittaus

Mittaustöistä vastaa Helsingin maastomittausyksikkö. Helsingin maastomittausyksikkö on jaettu kahteen alueeseen: läntiseen ja itäiseen maastopiiriin (kuvio 5), jotka huolehtivat kaupungin mittaustarpeista. Maastomittaukseen kuuluvat myös stereokartoittajat, jotka mittaavat kohteita ilmakuvista.

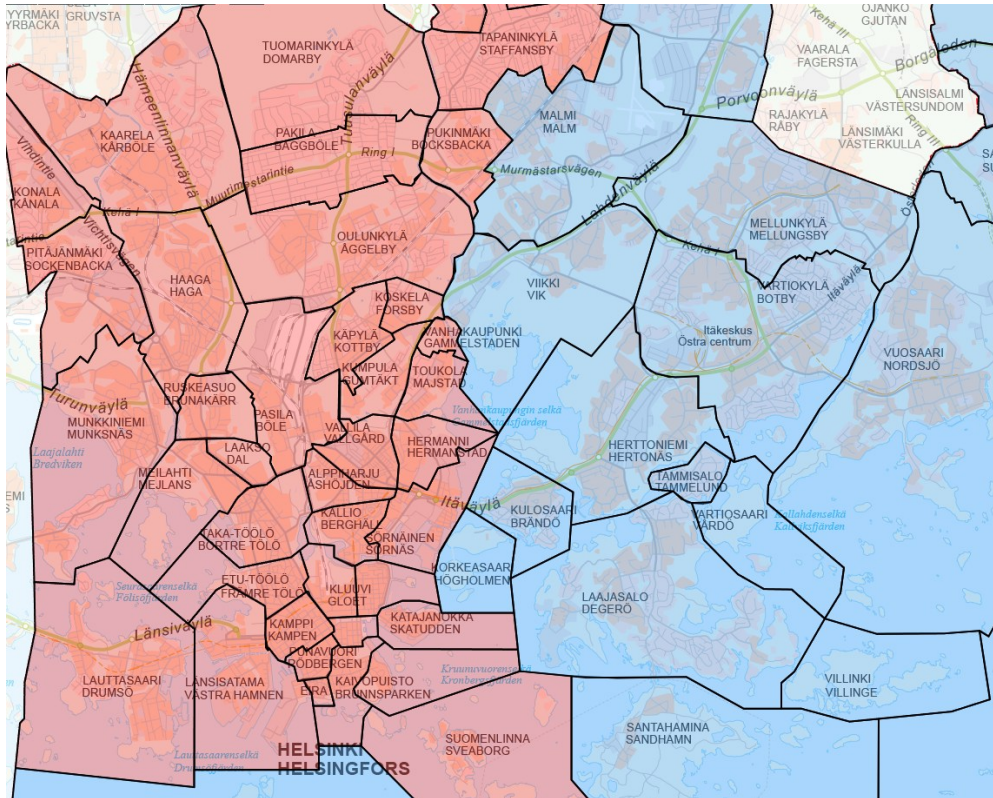
Rakennukset mitataan joko takymetrimittauksilla maastomittajien toimesta tai ilmakuvista stereokartoittajien toimesta. Rakennusten mittauksessa on kaksi eri tapautta: joko rakennuksen kartoitus tai sijaintikatselmus.

Sijaintikatselmus on toimenpide, jossa tarkastetaan, että rakennus tai rakennelma sijaitsee rakennusluvan edellyttämässä paikassa. Sijaintikatselmus suoritetaan asiakkaan tilauksesta rakennuksen perustusten valmistuttua, ja se tehdään aina takymetrimittauksena.

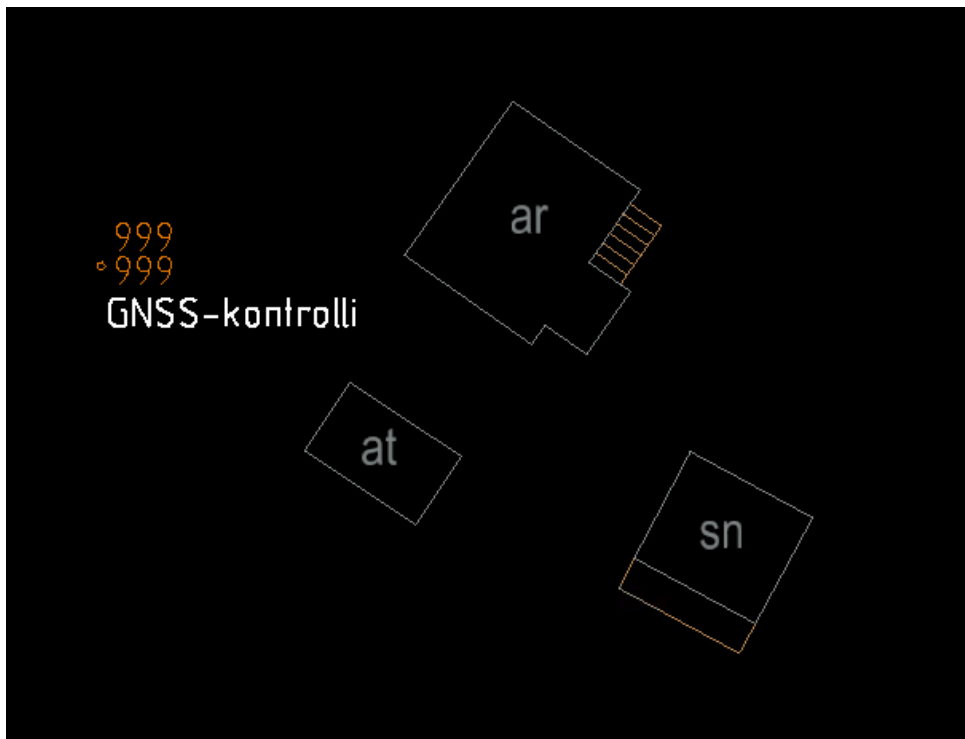
Rakennuksen kartoituksella tarkoitetaan koordinaatistomuunnoksen ulkopuolelle jääneiden (Euref-konversioon) tai muuten sijaintitiedoiltaan virheellisten rakennusten uudelleenmittaamista. Tällaisten kohteiden mittaaminen voi tapahtua takymetri- tai ilmakuvamittauksilla.

Isommat rakennukset mitataan aina takymetrimittauksina, mikä on hitaampaa mutta tarkempaa. Pienemmät ja vähäpätöisemmät rakennukset, kuten vajat ja varastot, voidaan mitata ilmakuvamittauksena, joka on nopeampaa mutta epätarkempaa.





Molemmissa tapauksissa mittaja piirtää DGN-tiedoston mittausten perusteella (kuvio 6), joka viedään työkansioon ja lisätään työvihkoon (kuviot 7 ja 8). (Helsingin kaupunki 2025a.)



Kuvio 5. Helsingin kaupungin maastopiirien vastuualueet: punaisella länsipiiri ja sinisellä itäpiiri (Helsingin kaupunki 2025b)



Kuvio 6. Kartoittajan mittaama ja piirtämä DGN-tiedosto rakennuksista. Lyhenteet: ar=asuinrakennus, at=autotalli, sn=sauna. (Helsingin kaupunki 2025c)

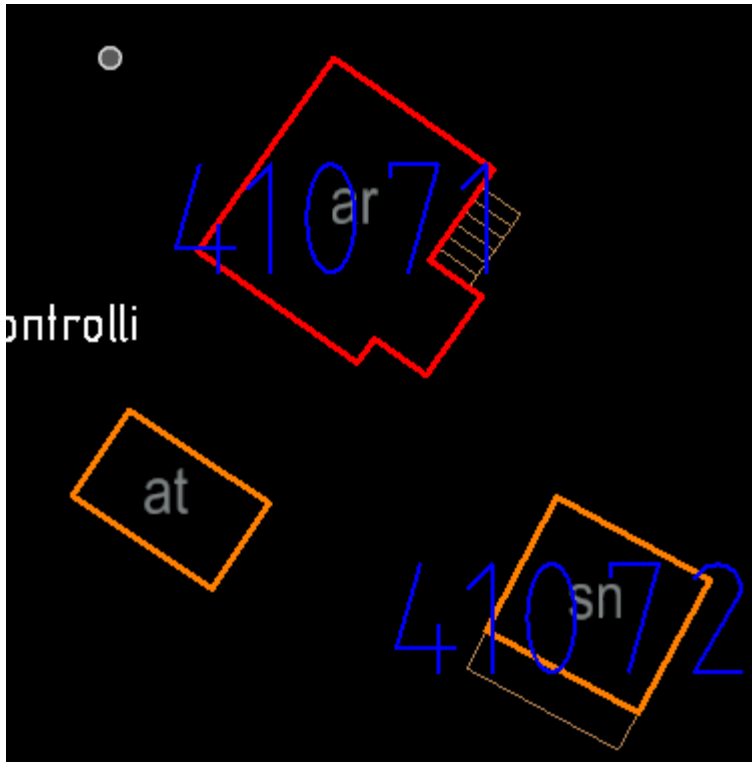
Nimi	Muokkauspäivä	Tyyppi	Koko
 54201.dgn	5.2.2025 8:56	Bentley MicroStati...	53 kt
 58117sa1.dgn	10.1.2025 10:03	Bentley MicroStati...	44 kt
 Ahdekaunokintie 4.dgn	26.3.2025 13:06	Bentley MicroStati...	45 kt
 Aidasmäentie32_mr.dgn	27.3.2025 15:12	Bentley MicroStati...	57 kt

Laji	Tiedosto	Huomio / ilmoittaja
Kartoitus	Ahdekaunokintie 4.dgn	ar, tr, at

Kuvio 7 & 8. Työkansioon ja työvihkoon viedyt työtiedostot. Työtiedostot nimetään yleensä joko osoitteen tai kiinteistötunnuksen mukaan (Helsingin kaupunki 2025d)

4.2 Karttatiedot

Maastomittauksen tuoma työtiedosto otetaan karttatiedot-tiimissä tehtäväksi. Mitattu rakennus piirretään MicroStation-ohjelmalla PTY-rakennukset-tietokantaan maastomittauksen mukaisesti. Rakennusta tehtäessä sille annetaan tarvittavat tiedot, kuten käyttötarkoitus, rakennustunnus sekä rakennuksen muut metatiedot. Pienemmät rakennukset, jotka eivät vaadi rakennuslupaa, eivät saa rakennustunnusta, kuten alla olevan kuvan autotalli. Rakennukset saavat tietokantaan eri värin riippuen niiden käyttötarkoituksesta (kuvio 9). (Helsingin kaupunki 2025e.)

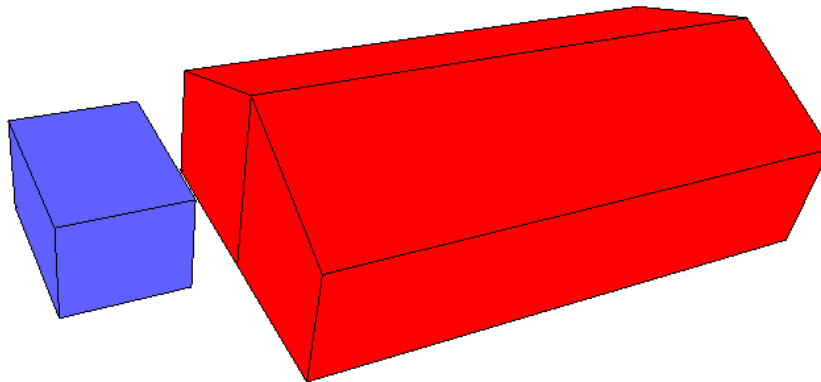


Kuvio 9. MicroStationilla maastomittauksen mukaan piirretyt rakennukset (Helsingin kaupunki 2025f)

Kun rakennukset on tehty ja lähetetty tietokantaan, yöllä FME-ohjelmalla tehty automaatio muodostaa piirretyistä rakennuksista tiilen eli kansiorakenteen mallinnusta varten. Kansioista löytyy rakennuksen lähtötiedot ja geometria, jota käytetään mallinnuksen perustana (kuvio 10). Rakennusten kattojen mallinnus tapahtuu BuildingReconstruction (BRec) -ohjelmalla. Yhdessä mallinnustiedostossa on joko yksi tai useampi rakennus, ja näiden mallinnettujen rakennusten tarkkuustaso on joko LOD1 tai LOD2 (kuvio 11). Mallinnus tehdään laserpisteiden tai itse annettujen korkeusarvojen perusteella. Uudet rakennukset mallinnetaan käyttäen apuna rakennuksen lupapiirustuksia, joista katsotaan rakennuksen tuleva korkeus, koska uusista rakennuksista ei ole vielä pistepilviaineistoa. Vanhemmat rakennukset mallinnetaan pistepilvistä. Pistepilvet hankitaan konsultilta, ja kaupunki muokkaa niitä omiin tarpeisiinsa. Helsingin kaupunki kilpailuttaa ilmakuvauksen ja laserkeilauksen kerran vuodessa, ja tätä dataa käytetään muun muassa mallinnuksen lähtöaineistona. Suurin osa rakennusten mallinnuksesta tehdään käyttäen pistepilviä. (Helsingin kaupunki 2021.)

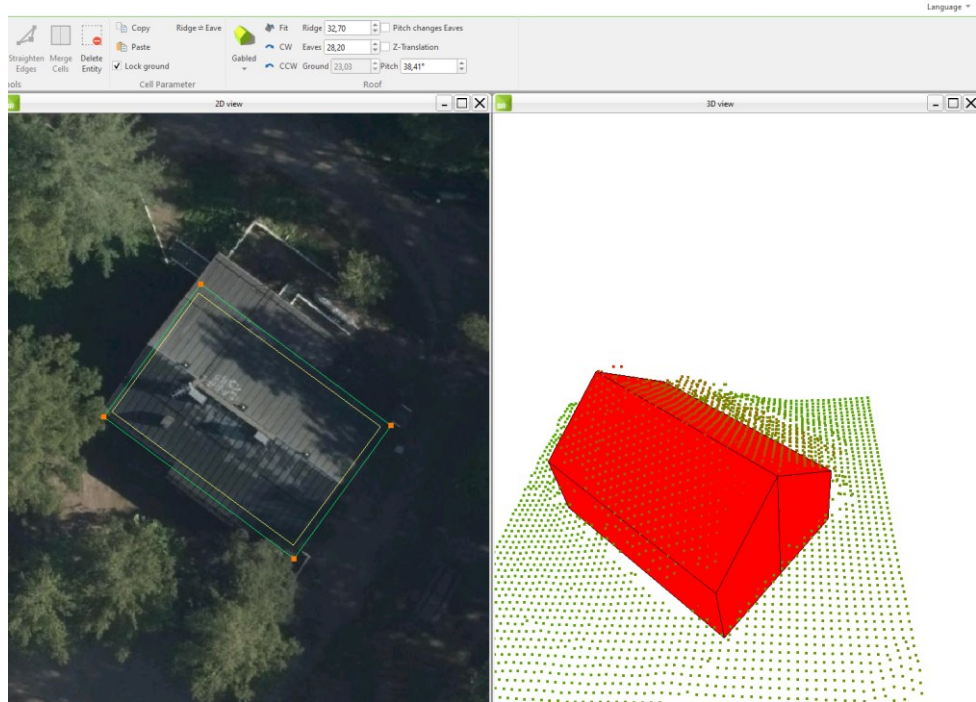
Nimi	Muokkauspäivä	Tyyppi	Koko
Input	19.2.2025 13:37	Tiedostokansio	
Output	24.1.2025 19:33	Tiedostokansio	
20250124_1_001.savx	20.2.2025 16:30	BuildingReconstru...	71 kt

Kuvio 10. Tiilen sisältä löytyvät tiedot. Tiilestä löytyy Input-kansio, jossa on mallinnuksen lähtöaineisto, sekä Output-kansio, jonne uusi mallinnettu rakennus tai rakennukset tulevat mallinnuksen jälkeen. Kansioista löytyy myös savx-loppuinen tiedosto, jossa itse mallinnus tapahtuu. (Helsingin kaupunki 2025g)



Kuvio 11. LOD1-rakennukset ovat hyvin yksinkertaisia; ne kuvataan suorakulmaisina ja tasakattoisina, kuvassa sininen rakennus. LOD2-luokan rakennukset ovat tarkempia, niissä rakennuksissa kuvataan myös kattojen eri muodot, kuvassa punainen rakennus.

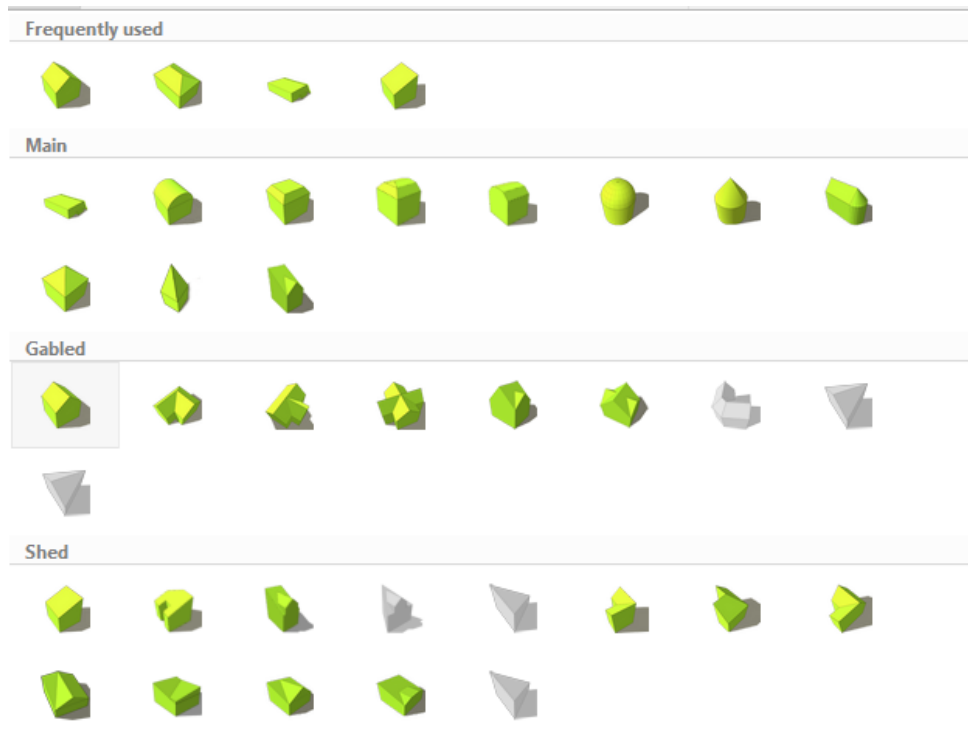
Mallinnus alkaa avaamalla savx-tiedosto BRec-ohjelmaan ja katsomalla, onko rakennus uusi vai vanha. Mallinnuksessa on siis käytännössä kaksi tapaa, jolla sitä tehdään: mallinnus pistepilvestä tai mallinnus lupakuvista. Pistepilven avulla mallinnus on useimmissa tapauksissa hyvin suoraviivaista (kuvio 12). Tällaisia rakennuksia ovat vanhat, uudelleen mitatut rakennukset, eli rakennuksen kartoitukset. Toinen tapa, eli lupakuvista tehtävä mallinnus, tapahtuu hakemalla Lupapistteestä rakennuksen lupapiirustukset, kuten julkisivu- ja leikkauskuvat (kuvio 13). Tällaisia tapauksia ovat sijaintikatselmuksessa mitatut kohteet, koska mittaus tehdään perustusten valmistuttua, joten koko rakennusta ei ole vielä olemassa. Mallinnuksessa on myös joitain tapauksia, jolloin joudutaan käyttämään oletuskorkeutta. Oletuskorkeus on kolme metriä jokaista rakennuskerrosta kohti, ja nämä rakennukset ovat tarkkuustasoa LOD1. Tällaisia tapauksia ovat pienet rakennukset, joihin pistepilven pisteet eivät osu, kuten puiden alle jääneet rakennukset. Molemmissa tapauksissa mallinnusohjelma voi myös tuoda omat haasteensa, koska ohjelmasta löytyy vain tietynlaisia kattomuotoja, joilla mallinnusta tehdään, ja ne voivat rajoittaa mallinnusta (kuvio 14). Kun rakennuksen mallinnus on saatu tehtyä, työ tallennetaan ja tiili siirretään valmiit työt -kansioon. Valmiista kansioista mallinnetut rakennukset lähtevät kaupunkimalliin yöllä tapahtuvan FME-ohjelmalla tehdyn automaattisen tiedonsiirron seurauksena.



Kuvio 12. BRec-ohjelman mallinnusikkuna, jossa on pistepilven avulla mallinnettava rakennus. Oikealla 3D-mallinnusikkuna ja vasemmalla 2D-ilmakuva rakennuksesta sekä rakennuksen pohjageometria. (Helsingin kaupunki 2025h)



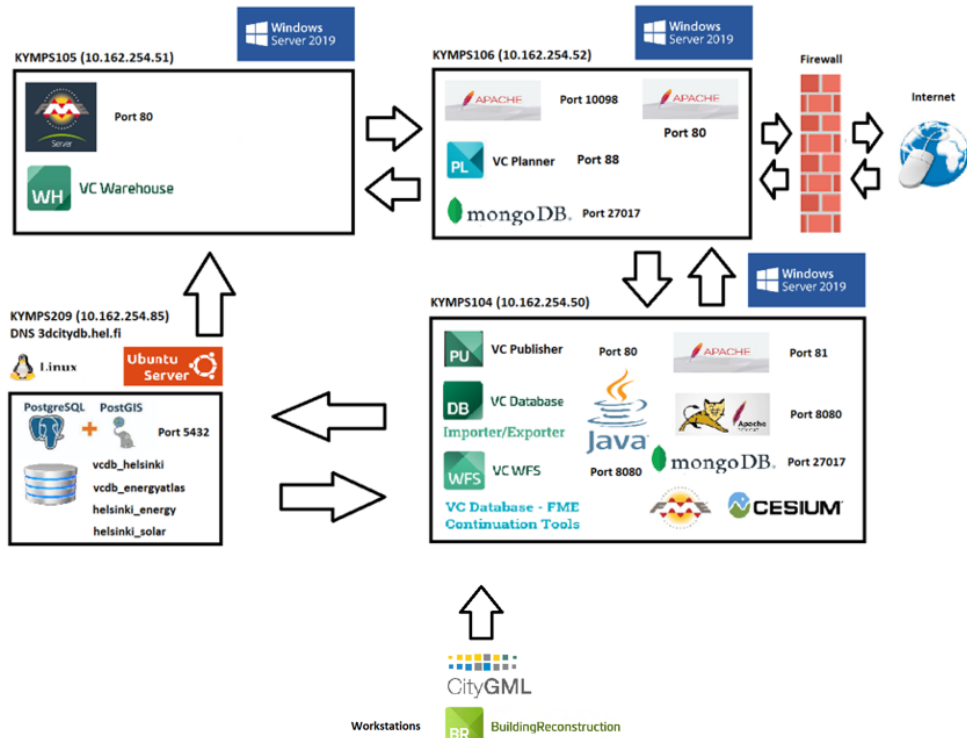
Kuvio 13. Lupapisteestä haettu rakennuksen julkisivupiirustus, jonka korkojen ja muotojen pohjalta uudisrakennus mallinnetaan (Lupapiste 2025)



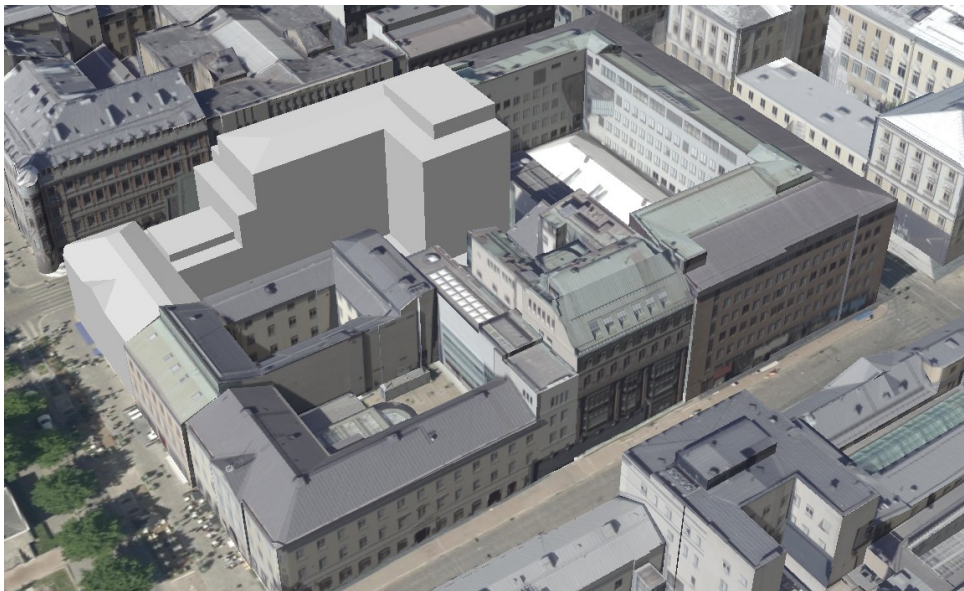
Kuvio 14. BRec-mallinnuksessa käytettävät kattomuodot (Helsingin kaupunki 2025i)

4.3 Paikkatietotuki

Paikkatietotukihoitiimi hoitaa kaupunkimallin rakennusten loppuprosessoinnin ja pitää huolen, että kaikki automaatio pysyy toiminnassa. Tiimissä pidetään huolta myös kaupunkimallipalvelinten ympäristöstä. Kaupunkimalli ympäristö perustuu vahvasti Virtualcitysystems GmbH -yrityksen ohjelmistoihin, avoimeen 3DCityDB/VirtualcityDB -tietokantaskeemaan sekä avoimeen Cesium JavaScript -kirjastoon 3D-visualisointiin web-ympäristössä (kuvio 15). (Helsingin kaupunki 2022a.) Lopputuloksena saadaan CityGML-standardin mukainen tietomalli Helsingin rakennuksista. Malli saa myös teksturoinnin, joka perustuu ilmavalokuviin (kuvio 16). Helsingin kaupunki ei itse tee teksturointia, vaan se on ulkoistettu konsultille. Kaikki tieto tulee tietokannoista, joissa niitä ylläpidetään, kuten malligeometria, tekstuurikuvat, semanttinen rakenne ja ominaisuustiedot. Paikkatietotuki vastaa myös purettujen rakennusten päivittämisestä malliin (kuvio 17).



Kuvio 15. Kuvassa paikkatietotukitiimin ylläpitämät palvelimet, niille asennetut ohjelmistot ja palvelut sekä yhteydet (Helsingin kaupunki 2022b)



Kuvio 16. Helsingin kaupungin tietomalli: vanhat teksturoidut ja yksi uusi teksturoidun rakennus (Helsingin kaupunki 2025j)

Rakennusten ylläpito

	>	>	>	>	
Työvaihe	Muuttuneet rakennustiilet	Mallinnus BREC	Kantaan vieminen	Purettujen rakennusten päivittäminen	3D Tiles päivitys
Vastuu	KAMI PTUKI	KAMI KAPA	KAMI PTUKI	KAMI PTUKI	KAMI PTUKI

Kuvio 17. Kaupunkimallirakennusten ylläpidon työvaiheet ja kuka niistä vastaa. KAMI PTUKI = kaupunkimittaus paikkatietotuki, KAMI KAPA = kaupunkimittaus kartat ja paikkatieto (Helsingin kaupunki 2025k)

5 KAUPUNKIMALLIN KÄYTTÖ JA HYÖDYT

5.1 Yleistä

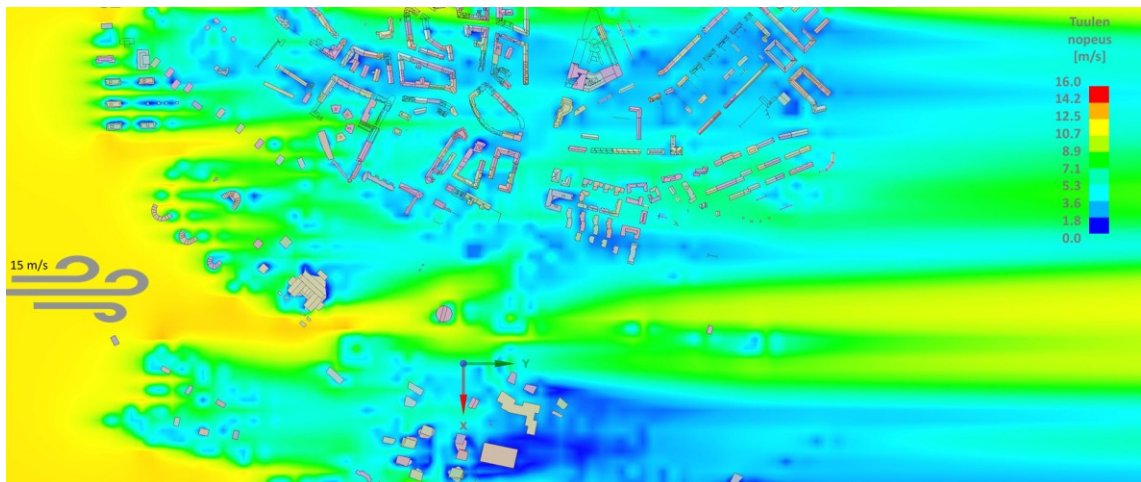
Helsingin kaupunkimalli on tuonut uusia mahdollisuuksia kaupungin toimintojen sekä suunnittelun ja rakentamisen hallintaan. Monet kaupungin toimialat pystyvät hyödyntämään avointa kaupunkimallidataa omiin suunnitelmiinsa. Tällaisten mallien avulla kaupungin omassa tuotannossa ja palveluissa saadaan suurimmat konkreettiset säästöt. Esimerkiksi mallin avulla tehdyillä analyyseillä voidaan vähentää virheitä, jolloin saadaan suoria säästöjä. Myös kaupungilla toimivat konsulttitoimijat saavat käyttöönsä ajan tasaisen mallialustan, jolloin resurssit voidaan käyttää varsinaiseen työhön. Malli toimii myös päätöksenteon tukena, kun pystytään tekemään tarkkoja analyysejä, joiden pohjalta erilaisia päätöksiä voidaan tehdä. (Helsinki 3D+ 2016b 3–4.)

Erilaiset rakennusten tietomallit ovat olleet käytössä rakennusalalla jo pitkään Suomessa. Nämä mallit antavat huomattavaa hyötyä suunnittelun, kustannuslaskennan ja informaationhallinnan osalta. Hyvällä suunnittelulla pystytään säästämään aikaa ja rahaa. Kaupungin CityGML-tietomallit tuottavat samoja hyötyjä eri aloille kaupungilla. Tällaiset älykkäät kaupunkimallit antavat alustan uusien työtapojen kehittämiseen. Todelliset säästöt saadaan toimintojen kehittämisen kautta. Tietomalli edistää suunnittelua 3D-ominaisuuksiensa sekä analyysi- ja kyselyominaisuuksiensa ansiosta. Käyttämällä tätä alustaa voidaan edistää prosessien sujuvoittamista ja uusien työtapojen kehittämistä. Helsingin kaupunki on käyttänyt kaupunkimalliaan erilaisissa pilottiprojekteissa. Nämä projektit ovat osoittaneet myös muille kaupunkimallin monipuoliset mahdollisuudet. (Helsinki 3D+ 2016c 9.)

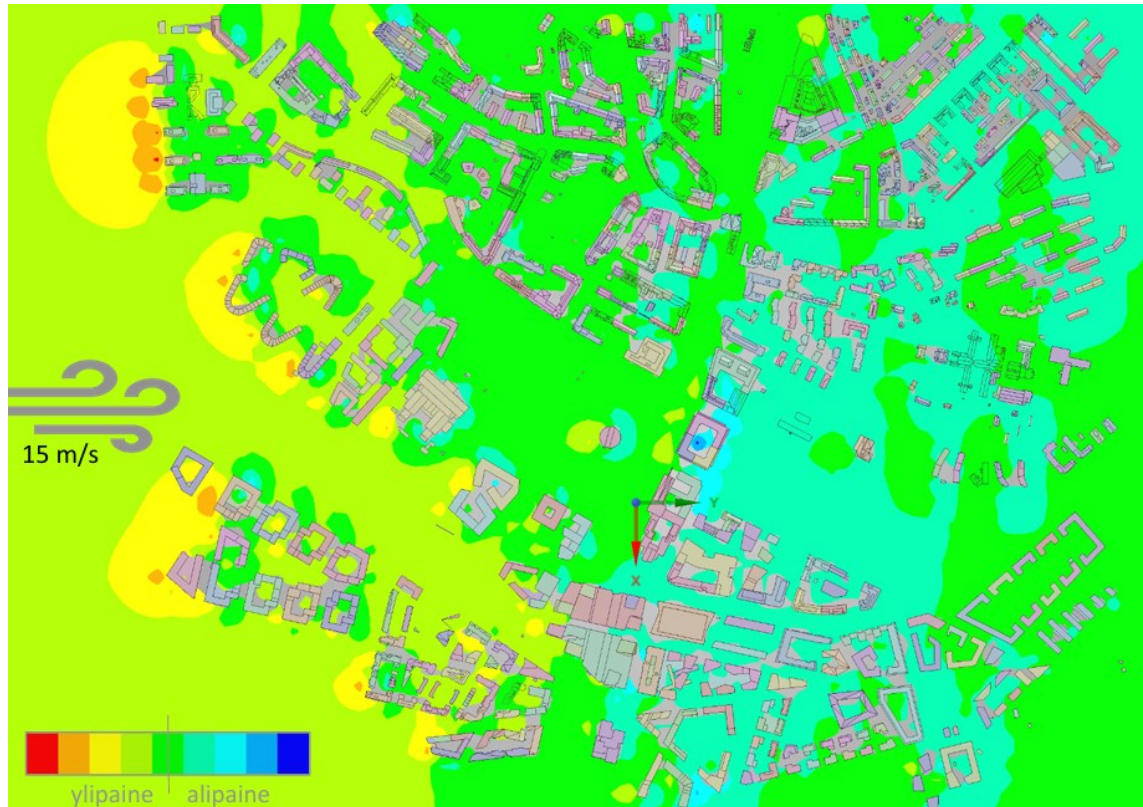
5.2 Tuulisimulaatio

Kaupunkimallia käytettiin hyödyksi Helsingin kalasataman Tuulisimulaatioiden tekemisessä. *“Tuulisimulaatiot ovat tarpeen erityisesti silloin, kun suunnitellaan merellisiä tehokkaan rakentamisen alueita. Yhä suuremmat rakennetut kokonaisuudet ja korkeat rakennukset voivat lisätä tuulen negatiivisia vaikutuksia kaupungissa. Tuulella on merkittäviä vaikutuksia katuympäristön ja*

jalankulkualueiden pienilmastolle, viihtyvyydelle ja turvallisuudelle. 3D virtuaalimallit mahdollistavat tuulen vaikutusten tutkimisen nykytilassa sekä tulevaisuuden suunnitelmien yhteydessä.” Tuulisimulaatioiden avulla pystytään suunnittelemaan turvallinen ja viihtyisä elinympäristö (kuvio 18). Tuulisimulaatiolla voidaan myös tutkia ilmavirtojen aiheuttamaa ilmanpaineen vaihtelua. Suuret ilmanpaine-erot tuovat ongelmia kaupunkirakentamiseen, sillä niin yli- kuin alipaineella on negatiivisia vaikutuksia rakennusten kunnan säilymiseen. Ilmanpaineiden tarkastelu ilman tämänkaltaisia analyyseja on hyvin hankalaa (kuvio 19). Havaintona todettiin *“Tuulisimulaatiokokeilulla tuli osoitettua, kuinka kaupunkimalleja olisi mahdollista käyttää suunnittelutyön tukena. Digitaaliset kaksosmallit parhaimmillaan toteuttavat tätä ajatusta, että suunnitellaan, testataan ja rakennetaan ensin digitaalisesti.”*(Helsinki 3D+ 2019a 39–48.)



Kuvio 18. Kalasataman rakennukset ylhäältä katsottuna tuulennopeuksien leikkauksessa etelätuulen puhaltaessa kuvan vasemmasta laidasta (Helsinki 3D+ 2019b 43)

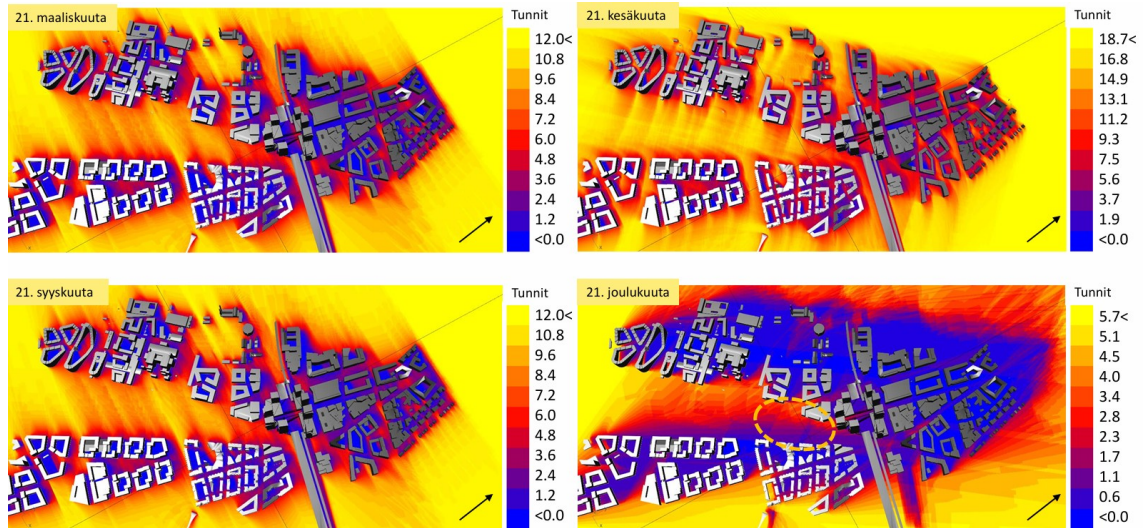


Kuvio 19. Kalasataman rakennukset ylhäältä päin katsottuna, jossa esitetään il-mavirran aiheuttaman paineen jakautuminen katutasossa etelätuulen puhalta-essa (Helsinki 3D+ 2019c 44)

5.3 Aurinkosimulaatio

Kaupunkimallin avulla on kokeiltu myös aurinkosimulaatioita, joilla on testattu, kuinka auringon valo käyttäytyy rakennetussa ympäristössä. Hankkeessa kokeiltiin kahta simulaatiota: aurinkotuntianalyysiä ja varjoanalyysiä. Aurinkotuntianalyysissä testattiin, kuinka monta tuntia aurinko paistaa Kalasataman alueelle eri vuodenaikoina (kuvio 20). Koska aurinkotuntien määrällä on suuri merkitys ihmisten elämänlaatuun, tällaiset simulaatiot ovat hyvänä apuna rakennettujen alueiden suunnittelussa. Simulaation avulla saatiin myös selville auringonsäteilyn hyödyntämismahdollisuuksia energiantuotannossa. Havaintoina huomattiin *”Aurinkotuntien ja auringonsäteilyn tulokulman vaihtelu vuodenaikaan nähden on suurta. Kesäisin aurinkotunteja on enemmän ja talvisin vähemmän, minkä huomioonottaminen jo suunnitteluvai-*

heessa on mahdollista tämänkaltaisilla aurinkotuntianalyysillä. Kuten analyysistä huomaa, rakennusten varjot kantavat hyvin kauas kuukausina, jolloin aurinko paistaa hyvin matalalta. Näin ollen ei voida tarkastella ainoastaan muuttaman suunnitellun rakennuksen varjoja, vaan analyysiin tulee ottaa mukaan mahdollisimman paljon jo rakennettua ympäröivää aluetta.” (Helsinki 3D+ 2019d 49.)



Kuvio 20. Aurinkotuntianalyysit Kalasataman keskustan alueelta neljänä eri vuodenaikana vuonna 2019 (Helsinki 3D+ 2019e 50)

Varjoanalyysin tavoitteena oli tarkastella Kalasataman alueelle suunniteltujen uusien rakennusten tuottamia varjoja eri vuodenaikoina. Suunnittelumallin avulla tutkittiin suunnittelurakennusten tuottamia varjoja valittuina päivinä ja kellonaikoina. Näiden analyysien perusteella pystyttiin toteamaan, että oleellimmat tarkastelun ajankohdat olivat vuoden keskimääräisesti valoisin ja pimein päivä (kuviot 21 ja 22). Havaintona huomattiin, että ”laadukkaasti toteutetulla kaupunkimallilla ja tarkoitukseen sopivalla sovelluksella saadaan kevyellä työmäärällä selville konkreettinen varjojen käyttäytyminen. Kaupunkitietomallilla varjoisuuden tutkiminen on hyödyllistä ja kustannustehokasta etenkin, kun tutkitaan suunnitelmarakennusten vaikutusta olemassa oleviin rakennuksiin, esimerkiksi täydennysrakentamisen yhteydessä” (Helsinki 3D+ 2019f 52–53.)



Kuvio 21. Varjoisuusanalyysi Kalasataman keskustan alueella kesäkuussa (Helsinki 3D+ 2019g 52)



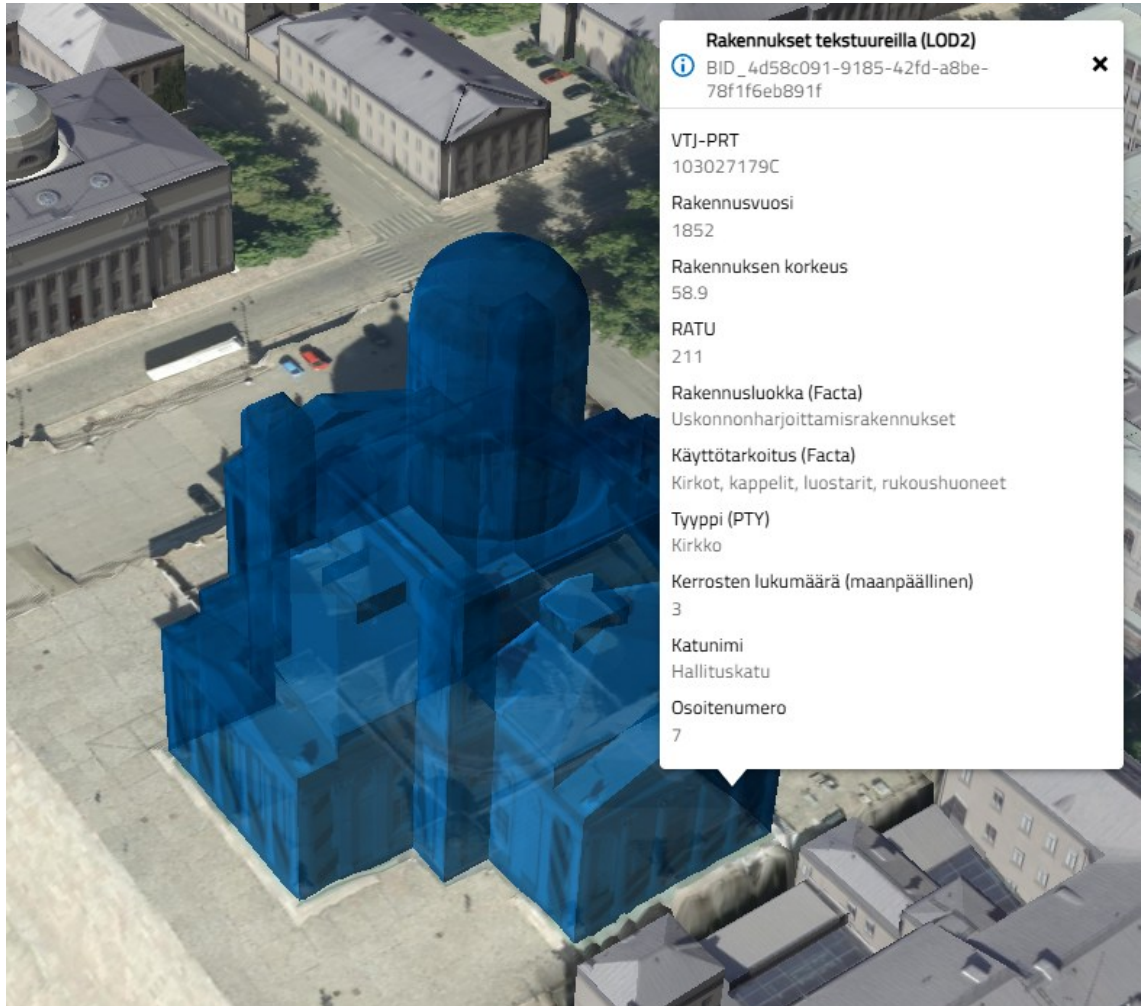
Kuvio 22. Varjoisuusanalyysi Kalasataman keskustan alueella joulukuussa. Tällä Analyysillä huomattiin, että Kalasataman puisto (ympyröity kohde) saa valoa myös vuoden pimeimpään aikaan keskipäivällä. (Helsinki 3D+ 2019h 53)

5.4 Kaupunkitietomalli

“Kaupunkitietomallit ovat paljon enemmän, kuin kolmiulotteinen näkymä kaupungista. Kaupunkitietomallissa keskeinen ominaisuus on semantiikka, joten mallin kohteet sisältävät myös ominaisuustietoa tietokoneen ymmärtämässä muodossa. Tällaisen mallin oleellisena osana on tietokannat, jonne erilaiset tiedot kohteista on tallennettu. Helsingin kaupungin tietomallissa on tällä hetkellä rakennukset, mutta tulevaisuudessa tarkoituksena on saada lisättyä muitakin aineistoja.” (Avoindata.fi 2025.)

“Helsingin Kaupunkitietomalli perustuu kaupungin kartta- ja paikkatietoaineistoihin, rekistereihin, laserkeilauksella saatuihin pistepilviin, ilmakuviin ja rakentamisen tietomalleihin. Vaikka Helsingin kartta-aineistot ovat vielä osin kaksiulotteisia, niitä voidaan hyödyntää 3D-kaupunkimallissa.

Tietomallissa ovat tällä hetkellä esitettyinä rakennukset ja maaston muodot (kuvio 23). Jatkossa tietomalliin tullaan lisäämään uusia luokkia, kuten vesistö, sillat ja puut.“ (Helsingin kaupunki 2025.)



Kuvio 23. Helsingin kaupungin tietomallissa jokaisella rakennuksella on ominaisuuksiedot. Tällä hetkellä mallista löytyy vain rakennukset, mutta myöhemmin uusia 3D-tasojä tullaan lisäämään, kuten vesistöt, puut ja sillat (kartta.hel.fi 2025)

Helsingin kaupunki teki kokeiluja vuonna 2022, joissa kokeiltiin kaupunkimallin uusia soveltamistapoja eri suunnitteluprosesseissa. Haluttiin löytää systemaattinen tapa hyödyntää kaupunkimallia kaavaprosessissa. Tässä kokeilussa tuotettiin kaksi ajankohtaisiin asemakaavaprojekteihin liittyvää kaupunkitietomallipilottia, joissa havainnollistettiin ehdotettuja suunnitteluratkaisuja. Asemakaavatiedon visualisointia jatkettiin Helsingin kaupunkitietomallissa vuonna 2023. Asemakaavan tietomalli otettiin käyttöön

vuoden 2023 aikana, ja myös kaavadokumenttien laatimisessa siirryttiin tietomallipohjaisen työkalun käyttöön. Lisäksi näiden pilottien tarkoituksena oli myös kehittää koko kaupunkiympäristön toimialaa hyödyttäviä menetelmiä kaupunkitietomallin ylläpitämiseksi. (Mehtonen & Ylönen 2025.)

Tietomallinnuksen yhtenä suurimpana tavoitteena ja hyötynä on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden ja elinkaari-prosessin tukeminen. Tietomallia pystytään hyödyntämään rakennuksen koko elinkaaren ajan suunnittelusta käyttöön ja ylläpitoon saakka. Tietomallinnuksen avulla rakennusten infraomaisuutta pystytään hallinnoimaan hyvin tehokkaasti koko rakennuksen elinkaaren ajan. (YTV 2012.) Kun tietomallinnus yhdistetään kaupunkimalliin, pystytään hallinnoimaan koko kaupunkirakennetta hyvin tehokkaasti.

6 LAINSÄÄDÄNTÖ JA JHS

6.1 Lakia ja säädöksiä

3D-kaupunkimallista ei ole ohjaavaa lainsäädäntöä. Vaikka 3D-kaupunkimallinnuksesta ei välttämättä ole erityisiä oikeudellisia ohjeita, sen voi sisällyttää esimerkiksi paikkatietoinfrastruktuurilakiin.

”Tämän lain tarkoituksena on parantaa viranomaisten hallussa olevien paikkatietoaineistojen saatavuutta ja käyttöä luomalla yhtenäinen paikkatietoinfrastruktuuri ja saattamalla sen palvelut yleisesti käytettäväksi.” (Laki paikkatietoinfrastruktuurista 2009/421 § 1:1).

Samoin paikkatiedon tuotantoa, yhteistoimivuutta ja käyttöä koskevat määräykset voivat sisältää 3D-kaupunkimallinnusta monella tasolla. Koska kaupunkimallin rakennuksiin sisältyy paljon erilaista tietoa, joita säätelevät eri lakipykälät, näitä tietoja käsiteltäessä tulee olla erityisen huolellinen. Tämä koskee esimerkiksi viranomaisten hallussa olevia julkisia paikkatietoaineistoja ja niihin liittyviä tietoja.

”tilastointiyksiköt, rakennukset, maannos, maankäyttö, väestön terveys ja turvallisuus, yleishyödylliset ja muut julkiset palvelut, ympäristön tilan seurantalaitteet ja -paikat, tuotanto- ja teollisuuslaitokset, maatalous- ja vesiviljelylaitokset, väestöjakauma, aluehallinnan, rajoitusten ja sääntelyn piiriin kuuluvat alueet ja raportointiyksiköt, luonnonriskialueet, ilmakehän tila ja ilmaston maantieteelliset ominaispiirteet, merentutkimuksen maantieteelliset ominaispiirteet, merialueet, eliömaantieteelliset alueet, elinympäristöt ja biotoopit, lajin levinneisyys, energia- varat ja mineraalivarat.” (2015/1502 § 3:4.)

”Tätä lakia sovelletaan kunnan hallussa tai kunnan puolesta toisen hallussa oleviin paikkatietoaineistoihin vain, jos kunnalla on lakiin tai asetukseen perustuva velvollisuus kyseisten paikkatietojen keruuseen tai levittämiseen.” (2015/1502 § 3:5.)

Suomen lainsäädännössä on viime vuosina alettu yhä enemmän huomioidaan 3D-mallit. Tällaisten tietomallien hyödyntämistä on alettu vaatia esimerkiksi rakennuslupakäsittelyssä. Koska tällainen lainsäädäntö velvoittaa kaikkia käyttämään malleja, niitä voidaan alkaa hyödyntää kaupunkimallin päivittämisessä.

”Rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijoiden on toimitettava rakennusvalvontaviranomaiselle rakennuksen rakentamista koskevat rakennussuunnitelmat ja erityissuunnitelmat tietomallimuotoisina tai muutoin koneluettavassa muodossa. Rakennuksen korjaus- ja muutostyön rakennussuunnitelmat ja erityissuunnitelmat on toimitettava rakennusvalvontaviranomaiselle tietomallimuotoisina tai muutoin koneluettavassa muodossa korjaus- ja muutostyötä koskevien tietojen osalta.” (Rakentamislaki 2023/751 § 60:3.)

6.2 Suositukset ja standardit

JHS 210 -dokumentissa kuvataan 3D-geometrioiden muodostamisohjeet. Näiden valtakunnallisten ohjeiden tarkoituksena on varmistaa, että eri organisaatioiden tuottama paikkatietoaineisto on yhdenmukaista ja laadukasta koko Suomessa.

“ Suositus on tarkoitettu paikkatietoaineistojen tuottajille ja käyttäjille. Paikkatietoaineistojen tuottajia ja käyttäjiä voivat olla useat julkishallinnon ja yksityisen sektorin organisaatiot sekä yksittäiset ihmiset. Paikkatietoaineistoja voidaan käyttää mm. seuraavissa toiminnoissa: karttatuotteiden valmistus, tieteellinen tutkimus, turvallisuusalan toiminta, maanpuolustus, poliittinen keskustelu ja päätöksenteko, kiinteistöveroitus, kiinteistöliiketoiminnan suunnittelu, liikennesuunnittelu, maankäytön suunnittelu ja rakentamisen suunnittelu. Suositusta voidaan hyödyntää mm. ohjeistuksena paikkatiedon tuottamisessa, käsikirjana tuotetun paikkatiedon ymmärtämiseksi sitä käytettäessä, pohjana fyysisen tietomallin ja tiedonsiirtoskeemojen kehittämisessä ja tarjouspyynnön liitteenä, kun paikkatiedon tuottaminen toteutuu ostettuna palveluna.” (JHS 210 2020.)

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua Helsingin kaupungin 3D-kaupunkimallirakennusten luontiin ja siihen, millä tavoin mallia on kaupungilla hyödynnetty. Käytännössä käydään läpi 3D-rakennusten matka mittauksesta kaupunkimalliin ja kuinka Helsingin kaupunki on malliaan hyödyntänyt. Tietoa kerättiin Helsingin kaupungilta saaduista erilaisista prosessi- ja työohjedokumenteista.

Aluksi käytiin läpi historiaa, koska on hyvä ymmärtää, mistä on lähdetty liikkeelle. Helsingin kaupungilla on harrastettu 3D-mallinnusta jo kymmeniä vuosia. Ensimmäiset kokeilut alkoivat jo 1980-luvulla, ja niiden tekoa on edistetty siitä lähtien. Tästä voidaan huomata, kuinka nopeasti mallinnus on kehittynyt lyhyen ajan sisällä. Aluksi tällaisten mallien teko oli hyvin kallista ja manuaalista, joten monilla ei ollut varaa tehdä kokeiluja niiden avulla. Helsinki on ollut hyvin onnekaassa asemassa, koska isolla kaupungilla on paljon resursseja verrattuna pieniin. Kaupunkimalleja päästiin kokeilemaan ja kehittämään hyvin varhaisessa vaiheessa. Teknologian kehittymisen myötä mallien teosta on tullut halvempaa, joten ne on saatu yhä useammalle käyttöön. Helsingin kaupungin kokeiluista on myös muille hyötyä, kun muut voivat ottaa mallia jo hyväksi todetusta tekotavasta. Tällöin myös mallien kehitystä jatketaan tulevaisuudessa.

Käytiin läpi myös 3D-rakennusten nykyinen luonti, eli kuinka rakennukset syntyvät. Ensimmäisenä rakennuksen pohja käydään mittaamassa, ja se toimii rakennuksen mallinnuksen perustana. Rakennus piirretään kartalle, josta se siirtyy mallinnettavaksi. Rakennuksen mallinnus tehdään BRec-ohjelmalla joko pistepilven tai rakennuslupakuvien avulla. Lopuksi rakennukset lähetetään kaupunkimalliin FME-ohjelmistolla tehdyn automaation toimesta.

Oikein käytettynä kaupunkimallien avulla tehtyjen analyysien avulla saadaan huomattavia säästöjä. Tekemällä erilaisia analyysejä ja testejä mallin avulla pysytään välttämään virheitä. Kuten sanotaan: hyvin suunniteltu on puoliksi tehty. Helsingin kaupunki on tehnyt vuosien mittaan kymmeniä eri kokeiluja ja analyysejä kaupunkimallinsa avulla. Tässä työssä käydään läpi kaksi Helsingin kaupungin tekemää simulaatiota.

Kaupunkimallien lainsäädäntö on vielä jokseenkin lapsenkengissä. Kuten tekstissä todettiin, 3D-kaupunkimallilla ei ole ohjaavaa lainsäädäntöä. Monet lait kuitenkin koskevat kaupunkimallia ja sen osia eri tavoin. Toivottavasti tulevaisuudessa tällaiset mallit saavat tarkemman lainsäädännön niiden yleistyessä. Epäselvä lainsäädäntö voi olla kynnyksenä kaupunkimallin käyttöönotolle.

Opinnäytetyön pohjalta voidaan todeta, että kaupunkimallit tuottavat huomattavaa hyötyä niiden käyttäjille. Erilaisia uusia käyttömuotoja ja käyttökohteita keksitään koko ajan. Tämän takia kaupunkimallin sekä sen prosessin kehitys ja kokeilut ovat tärkeitä. Mitä useammat ovat siinä mukana, sen parempi, jotta saadaan enemmän kokeiluja aikaan.

LÄHTEET

Avoindata.fi 2025. Helsingin 3D-kaupunkimallit. Kaupunkitietomalli. Viitattu 28.4.2025 <https://www.avoindata.fi/data/fi/dataset/helsingin-3d-kaupunkimalli>.

Helsinki 3D+ 2015. Ohjausryhmän kokouskalvot 27.2.2015. Ei julkinen.

Helsinki 3D+ 2016. Uuden sukupolven 3D-kaupunkimallit Helsinkiin. Viitattu 1.4.2025 <https://www.hel.fi/static/kanslia/Helsinki3D/Uuden-sukupolven-kaupunkimallit-Helsinkiin.pdf>

Helsinki 3D+ 2019a 39–48. KIRA-digi kokeiluhankkeen loppuraportti. Viitattu 15.4.2025 https://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/kira-digi_raportti_280319.pdf.

– 2019b 43. KIRA-digi kokeiluhankkeen loppuraportti. Viitattu 15.4.2025 https://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/kira-digi_raportti_280319.pdf.

– 2019c 44. KIRA-digi kokeiluhankkeen loppuraportti. Viitattu 15.4.2025 https://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/kira-digi_raportti_280319.pdf.

– 2019d 49. KIRA-digi kokeiluhankkeen loppuraportti. Viitattu 16.4.2025 https://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/kira-digi_raportti_280319.pdf.

– 2019e 50. KIRA-digi kokeiluhankkeen loppuraportti. Viitattu 16.4.2025 https://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/kira-digi_raportti_280319.pdf.

– 2019f 52–53. KIRA-digi kokeiluhankkeen loppuraportti. Viitattu 16.4.2025 https://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/kira-digi_raportti_280319.pdf.

– 2019g 52. KIRA-digi kokeiluhankkeen loppuraportti. Viitattu 16.4.2025 https://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/kira-digi_raportti_280319.pdf.

– 2019h 53. KIRA-digi kokeiluhankkeen loppuraportti. Viitattu 16.4.2025 https://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/kira-digi_raportti_280319.pdf.

Helsinki 3D+ 2020a. Ohjausryhmän kokouskalvot 5.2.2020. Ei julkinen.

– 2020b. Helsingin kaupunki. Helsingin kaupunkimallinuksen aikajana. Ei julkinen.

– 2020c. Ohjausryhmän kokouskalvot 5.2.2020. Ei julkinen.

Helsingin kaupunki 2016a. Uuden sukupolven 3D-kaupunkimallit Helsinkiin. Viitattu 15.4.2025 <https://www.hel.fi/static/kanslia/Helsinki3D/Uuden-sukupolven-kaupunkimallit-Helsinkiin.pdf>.

– 2016b 9. Uuden sukupolven 3D-kaupunkimallit Helsinkiin. Viitattu 15.4.2025 <https://www.hel.fi/static/kanslia/Helsinki3D/Uuden-sukupolven-kaupunkimallit-Helsinkiin.pdf>.

Helsingin kaupunki 2021. Kaupunkimallin ylläpito työohje. Ei julkinen.

Helsingin kaupunki 2022a. Kaupunkimallipalvelinten asentamisen ja hallinnoinnin työohje. Ei julkinen.

– 2022b. Kaupunkimallipalvelinten asentamisen ja hallinnoinnin työohje. Paikkatietotiimin ylläpitämät palvelimet. Ei julkinen.

Helsingin kaupunki 2024a. KAMI_yleisesittely_20241211.

– 2024b. KAMI_yleisesittely_20241211. Kuva Helsingin kaupungin organisaatio rakenteesta. Ei julkinen.

Helsingin kaupunki 2025a. Maastomittauksen työohjeet.

– 2025b. Paikkatietovipunen. Sisäverkko. Ei julkinen.

– 2025c. Maastossa mitattu aineisto MicroStation-ohjelmassa.

– 2025d. Työtiedostot työkansiossa ja työ Excelissä.

– 2025e. PTY-rakennukset työohje. Ei julkinen.

– 2025f. Maastomittauksen mukaan piirretyt rakennukset PTY-tietokannassa.

– 2025g. Kaupunkimallitiilen sisältä löytyvät tiedot.

– 2025h. BRec-ohjelman mallinnusikkuna.

– 2025i. BRec-mallinnuksessa käytettävät kattomuodot.

– 2025j. Helsingin kaupungin tietomalli. Viitattu 10.4.2025 <https://kartta.hel.fi/3d/>.

– 2025k. Oikea muoto on Kaupunkimallin prosessi - PowerPoint-esitys. Ei julkinen.

– 2025l. Kaupunkitietomalli. Viitattu 28.4.2025 <https://www.hel.fi/en/decision-making/information-on-helsinki/maps-and-geospatial-data/helsinki-3d>.

JHS 210 15.1.2020. JHS 210 Paikkatiedon mallintaminen: Rakennukset ja rakennelmat. Viitattu 18.4.2025 <https://docs.google.com/document/d/1nXAYzl-kJ1LJXLLyQwddfKOJpXrFtOui/edit?tab=t.0>

kartta.hel.fi 2025. Viitattu 28.4.2025 <https://kartta.hel.fi/3d/>.

Laki paikkatietoinfrastruktuurista 17.6.2009/421. Viitattu 17.4.2025 <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2009/421>

Laki paikkatietoinfrastruktuurista 7.12.2015/1502a. Viitattu 17.4.2025 <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2009/421>

– 7.12.2015/1502b. Viitattu 17.4.2025 <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2009/421>

Lupapiste 2025. Lupapisteestä ladattu rakennuksen julkisivun PDF-tiedosto. Ei julkinen.

Mehtonen, T. & Ylönen, L. 2025. Tietomallit kaupunkisuunnittelun ja rakentamisen ohjauksen uudistajana. Asemakaavatieto Helsingin kaupunkitietomallissa. Viitattu 28.4.2025 bit.ly/43sBrkZ

Rakentamislaki 1.1.2025/751. Viitattu 18.4.2025 Rakentamislaki | 751/2023 | Lainsäädäntö | Finlex

YTV 2012. Yleiset tietomallivaatimukset, osa 1: yleinen osuus. Viitattu 29.4.2025 <https://drive.buildingsmart.fi/s/7FPE7tGocYZw8BY>