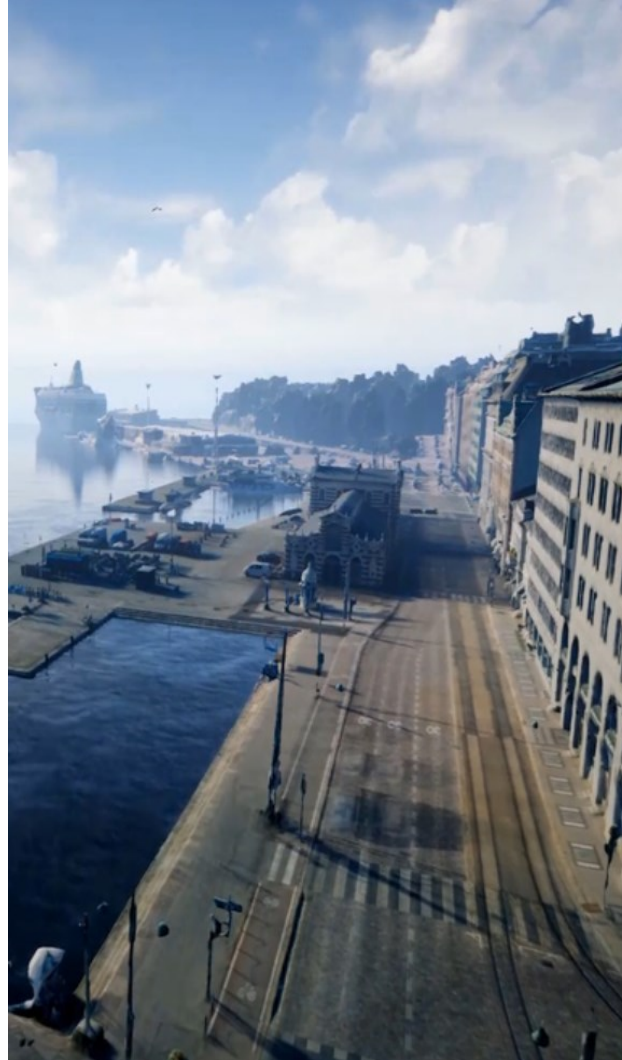
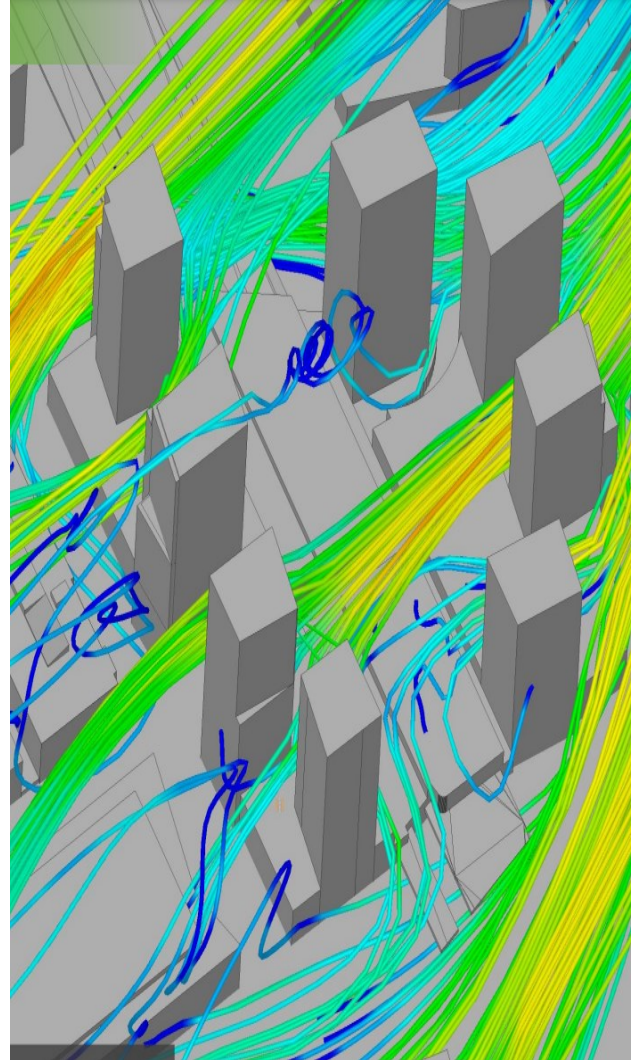




Helsingin kaupunkimallit ja niiden hyödyntäminen



1984
Graafisen ATK:n käyttö
Helsingin sijaintitieto-
järjestelmässä
Diplomityö Pentti Kurki

1987
Urban Data Management
kongressi / Ranska
Helsinki 3D-kärkimaa

1988
Ruoholahden
Kilpailumallit
Ksv / Kmo



1997
Kantakartta 3D-
Kaupunkimalliksi
Projekti / Kmo

1990
3D-aineistot
Kmo-ylläpitoon

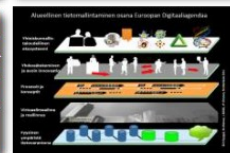
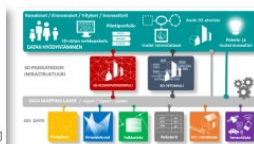
2001
Koko kaupungin 3D-malli
LoD1 Kari Kaisla / Kmo

2002
Yleiskaava
Ksv

2010-
Rakennusten- ja
projektialueiden malleja
Kmo-aineistoja
avoimeksi dataksi
Tesfaye Gabriel / Kmo

2010-
3D-visualisointia
Ksv

2016
CityGML + Reality Mesh
avoimeksi dataksi



1980

1990

2000

2010

2020

1979
Graafinen ATK
TKK:n opetukseen

1983
Digitaalikartta
Kamppi-Töölönlahti

1986
• 3D-mallinnuksen aloitus
PTK-tietokeskus
• Kamppi-Töölönlahti
kilpailumalli / Ksv
• Väritulosteet
• Jollas CAD-kaava

Pioneerit

- Pentti Kurki
- Kari Kaisla
- Tuija Salonen
- Kimmo Soukki
- Matti Siren

1999
Ensimmäinen laserkeilaus
Matti Arponen / Kmo

1992
3D-Tuomiokirkko
Seppo Haikola /
Intergraph



2000
Pistepilvien käsittelyohjelmisto
Terra Scan / Kmo

2000
Töölönlahti
simulaattori
Ksv / Hannu Heinonen
Kmo / Jorma Gröhn

2003
Pasila
simulaattori
Ksv



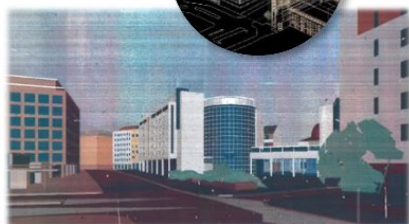
2008
3D-tulosteita
Näyttelyihin
Ksv

2015
Helsinki 3D+
Käynnistyy

Koko kaupungin
viistokuvaus ja keilaus
Helsinki OGC-jäseneksi

2017
Koko kaupungin
viistokuvaus ja keilaus
3D-hyötyprojektit

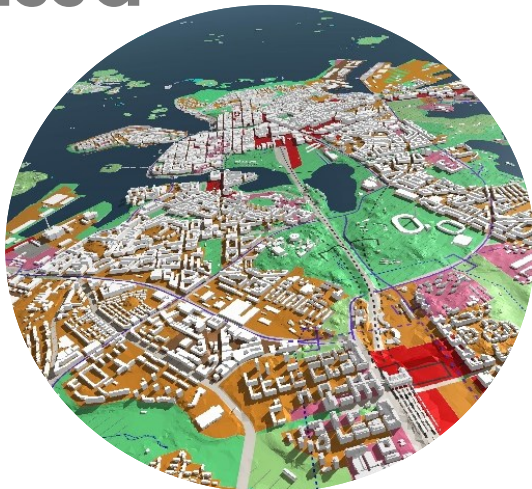
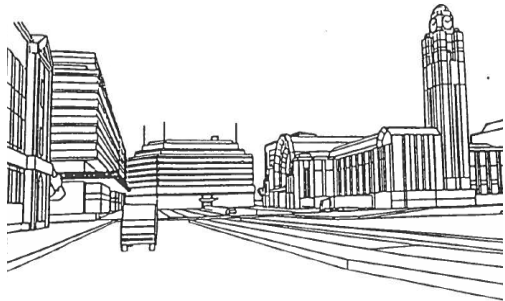
OGC®
Making location count.



3D+
Kari Kaisla / Enni Airaksinen / Jarmo Suomisto

Helsinki

38 vuotta 3D:tä Helsingissä



OGC®
Making location count.



City Model try-outs

Urban Development Models

Entire City 3D CAD

Urban simulators

New Models

Co-innovation

1980

1990

2000

2010

2020

3D workstations

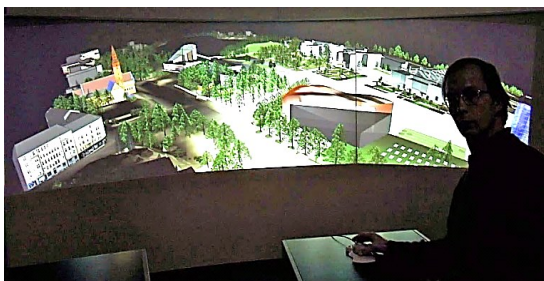
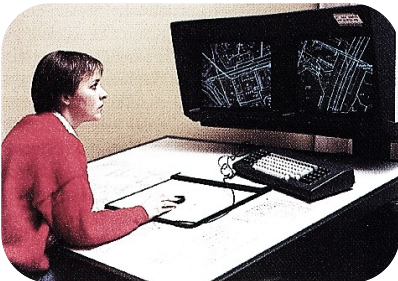
Architectural competitions

Real Time simulator

Helsinki 3D+

Energy Atlas

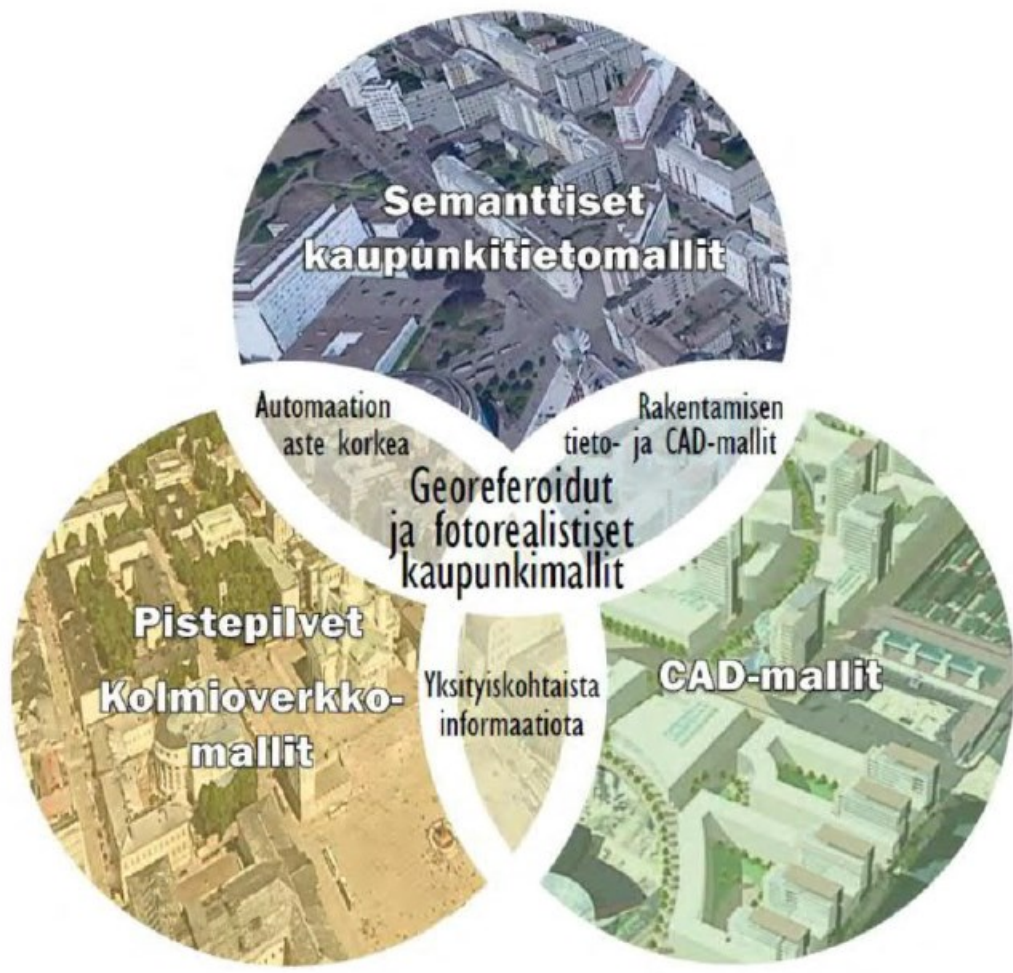
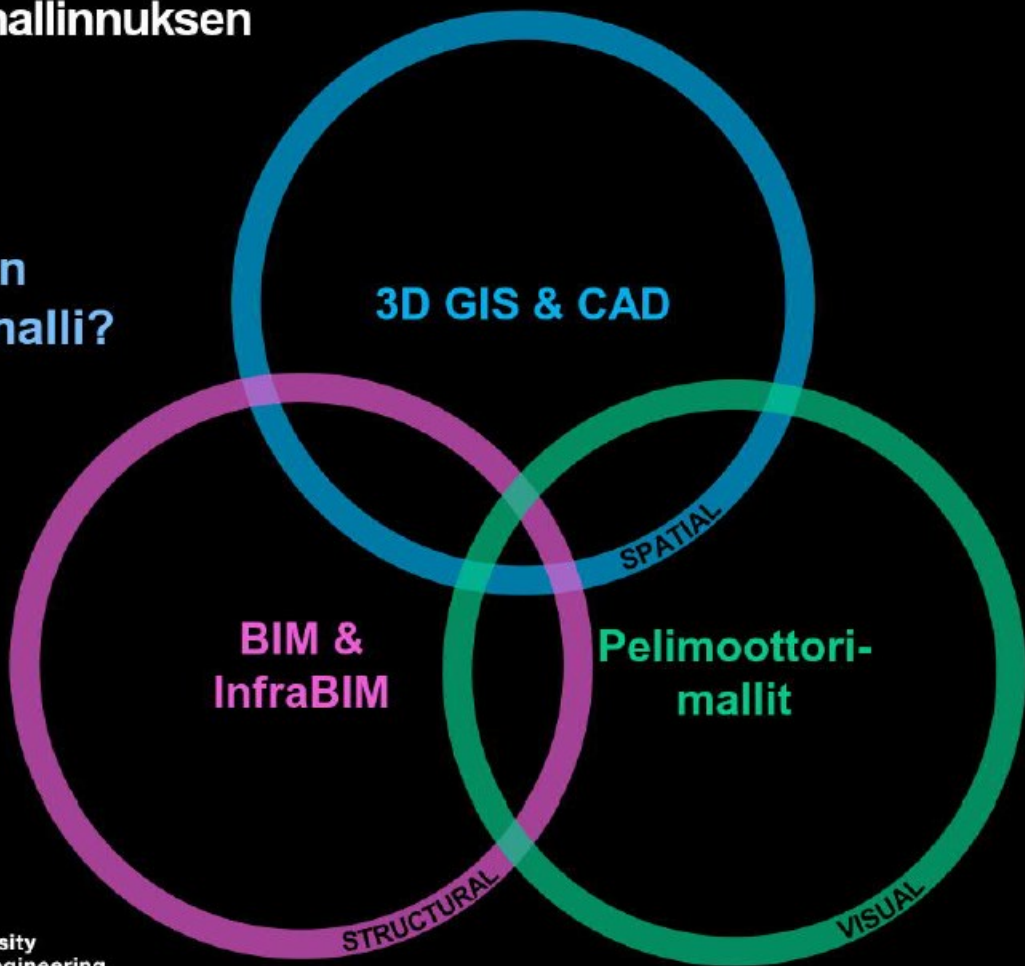
Digital Twin



Helsinki

3D-kaupunkimallinnuksen kokonaiskuva

Mikä on kaupunkimalli?



KÄSITTEITÄ

Helsinki

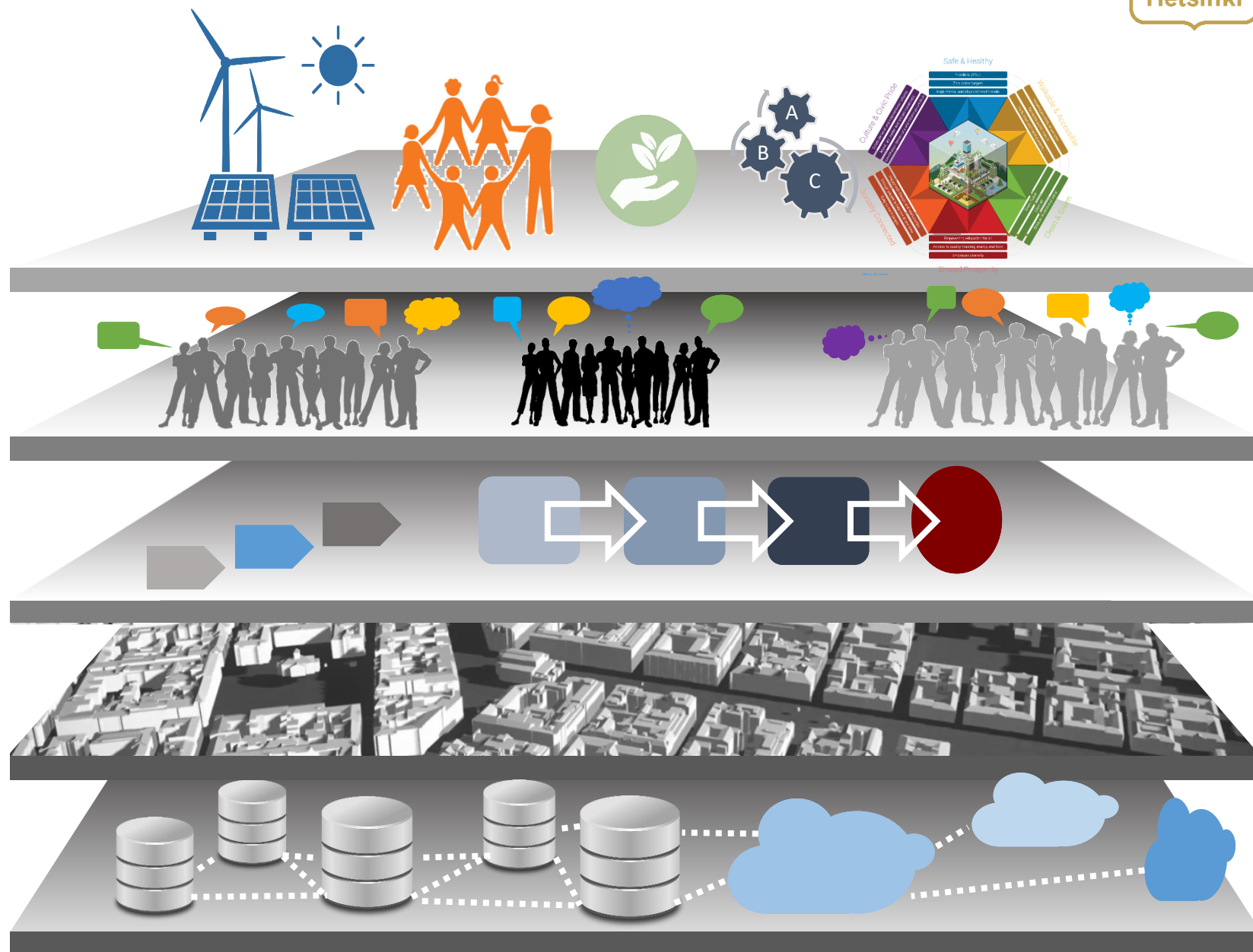
STRATEGISET TAVOITTEET

AVOIN DATA

PROSESSIT & PALVELUT

3D MALLIT

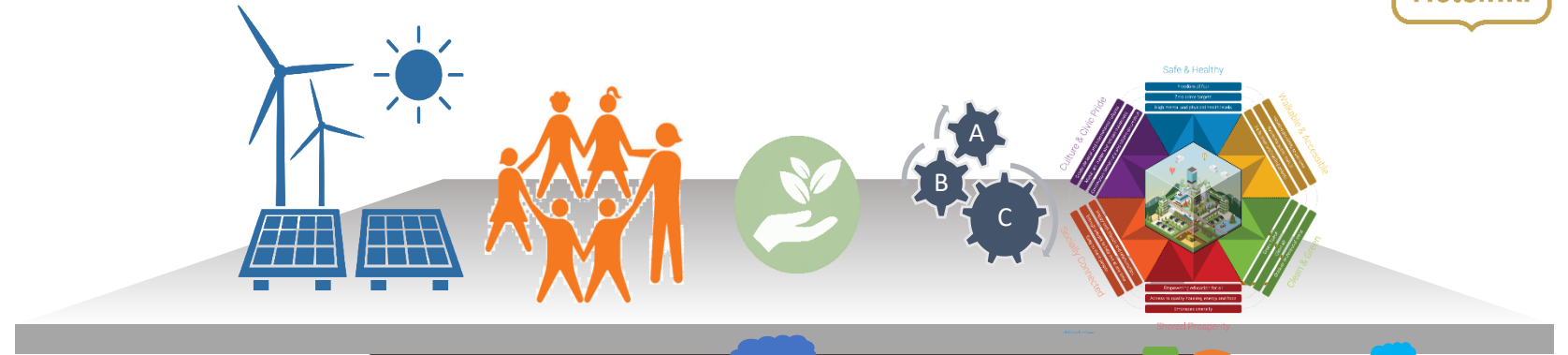
DATA



KÄSITTEITÄ

Helsinki

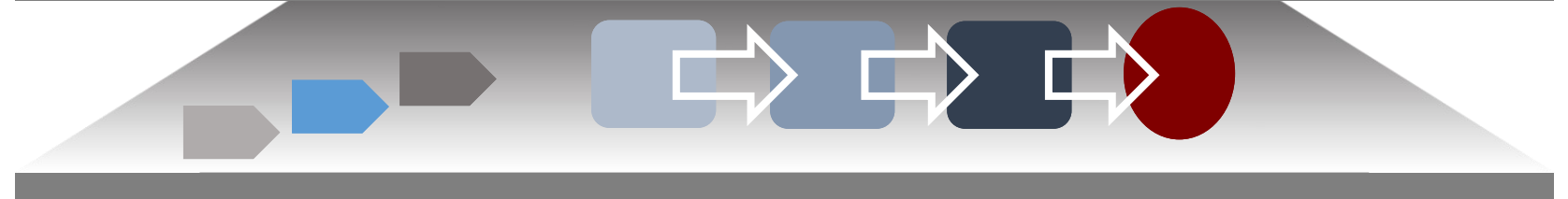
STRATEGISET TAVOITTEET



AVOIN DATA



PROSESSIT & PALVELUT



3D MALLIT

KAUPUNKITIETOMALLI
CITY INFORMATION MODEL – DIGITAL CITY

DATA



KÄSITTEITÄ

Helsinki

STRATEGISET TAVOITTEET

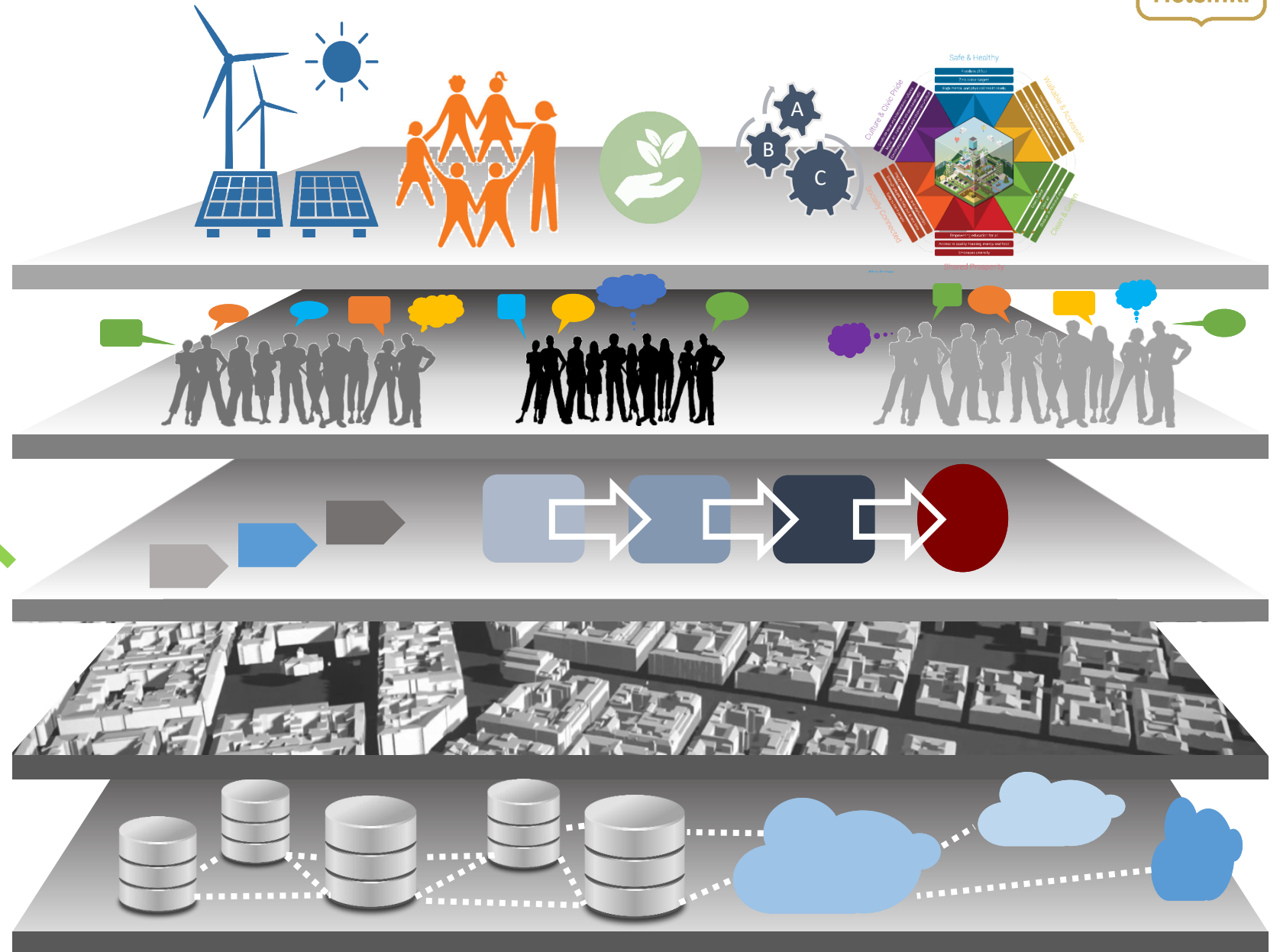
AVOIN DATA

PROSESSIT & PALVELUT

DIGITAALINEN KAKSONEN
DIGITAL TWIN

3D MALLIT

DATA



KÄSITTEITÄ

Helsinki

STRATEGISET TAVOITTEET

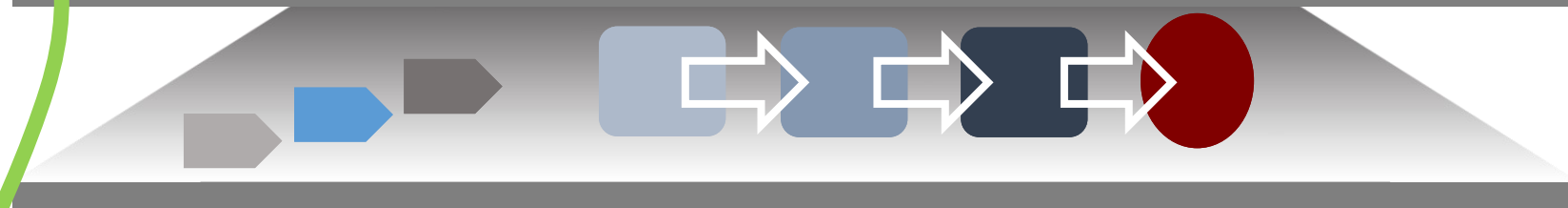


AVOIN DATA

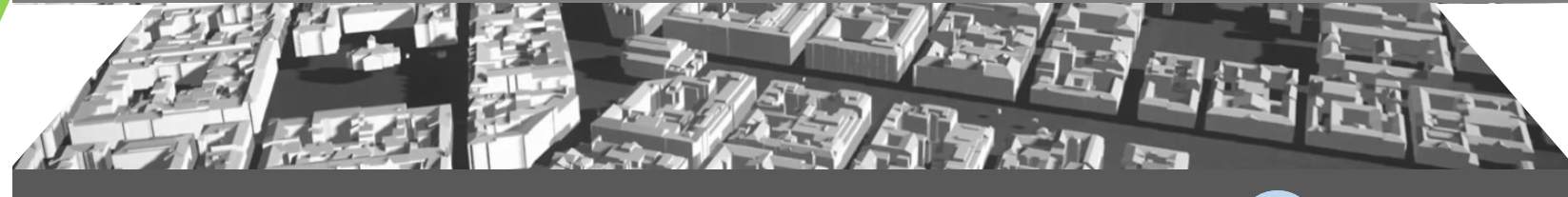


AVOIN INNOVAATIOALUSTA
OPEN CO-INNOVATION

PROSESSIT & PALVELUT



3D MALLIT



DATA



KÄSITTEITÄ

STRATEGISET TAVOITTEET

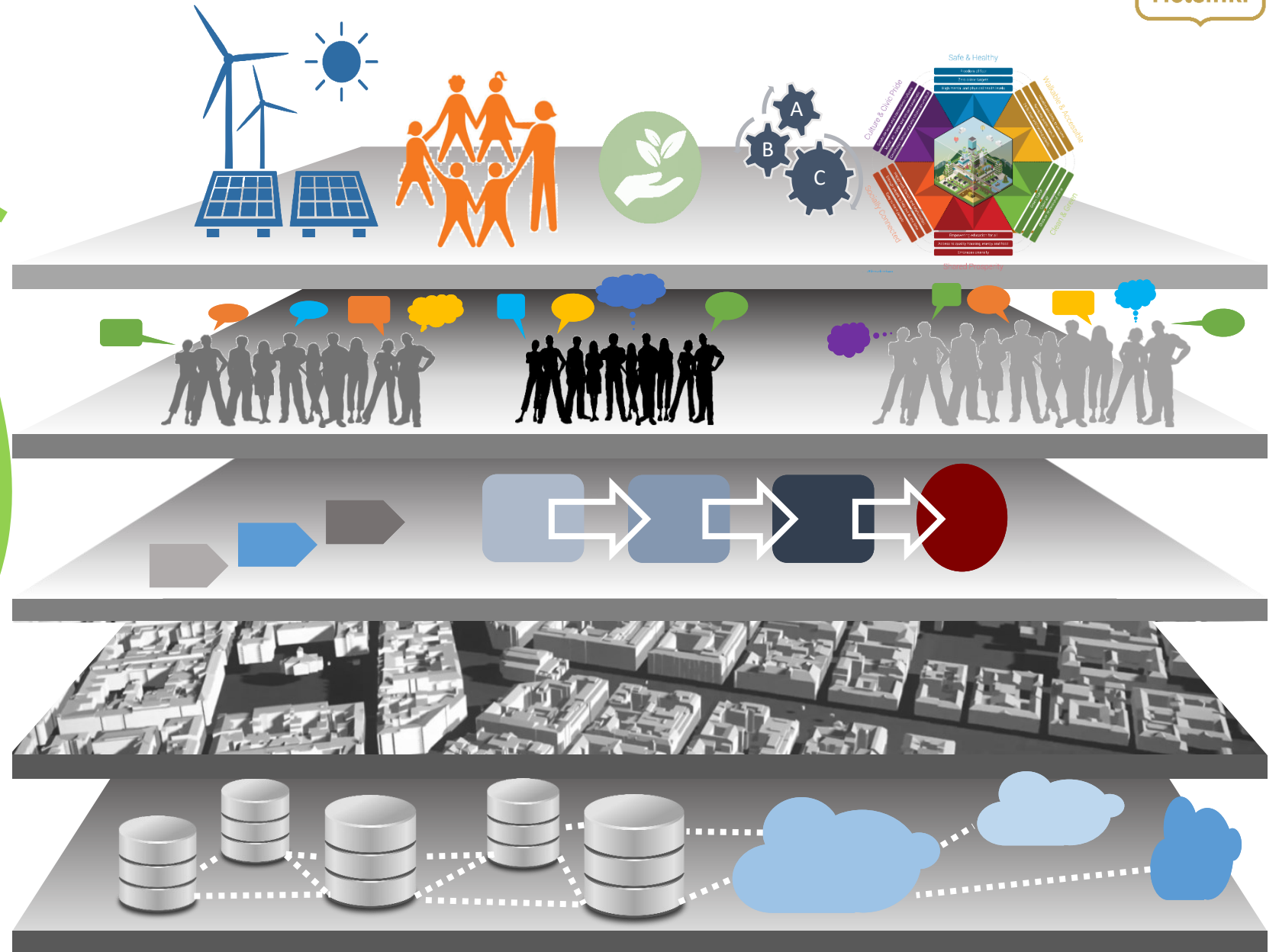
ÄLYKAUPUNKI
SMART CITY

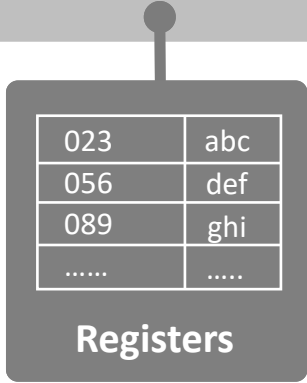
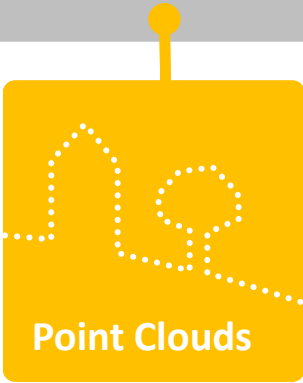
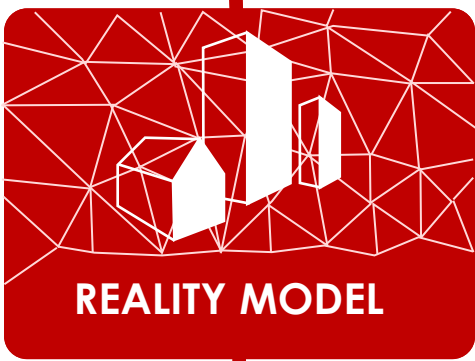
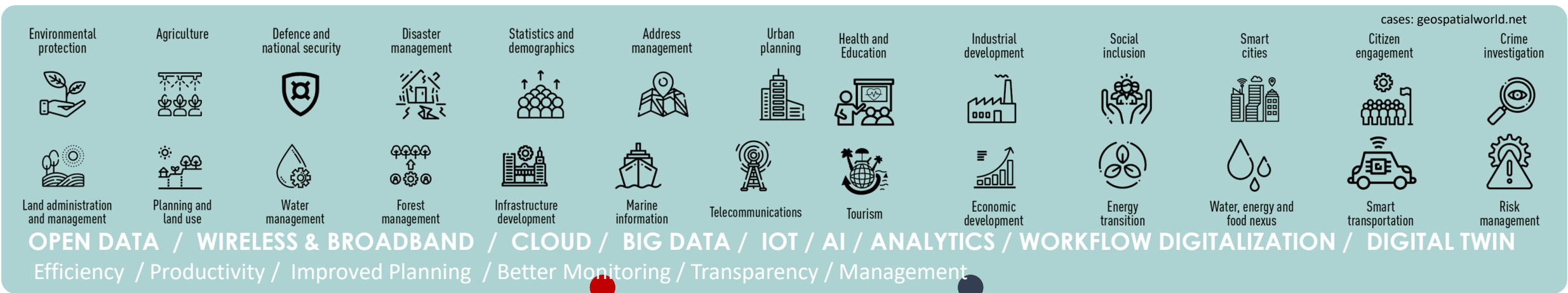
AVOIN DATA

PROSESSIT & PALVELUT

3D MALLIT

DATA





Kolmioverkkomalli



Kaupunkitietomalli / CityGML

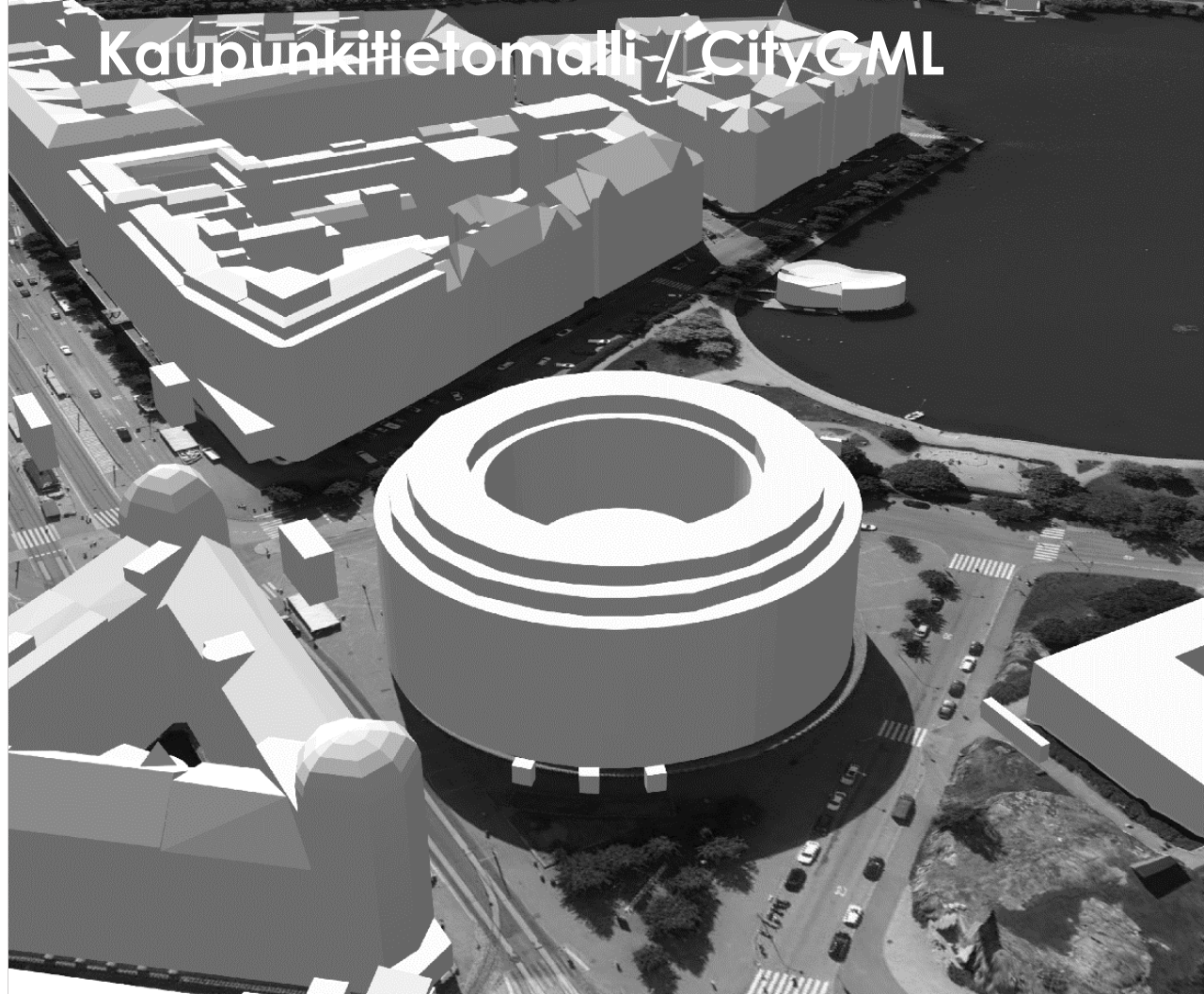


Ulkoasu

Kolmioverkkomalli



Kaupunkitietomalli / CityGML

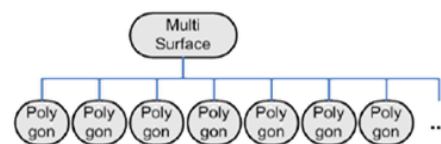


... konepellin alla

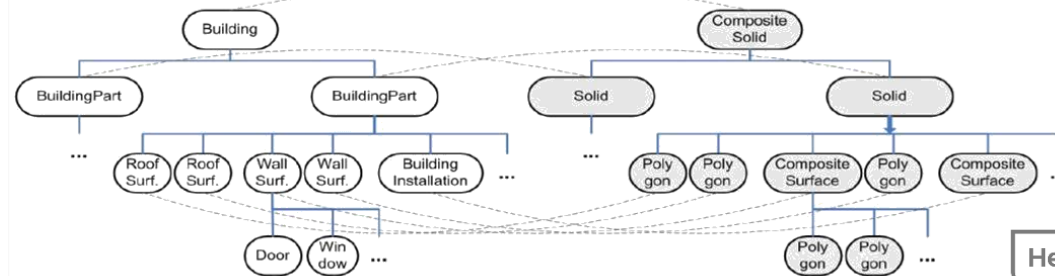
Semantics

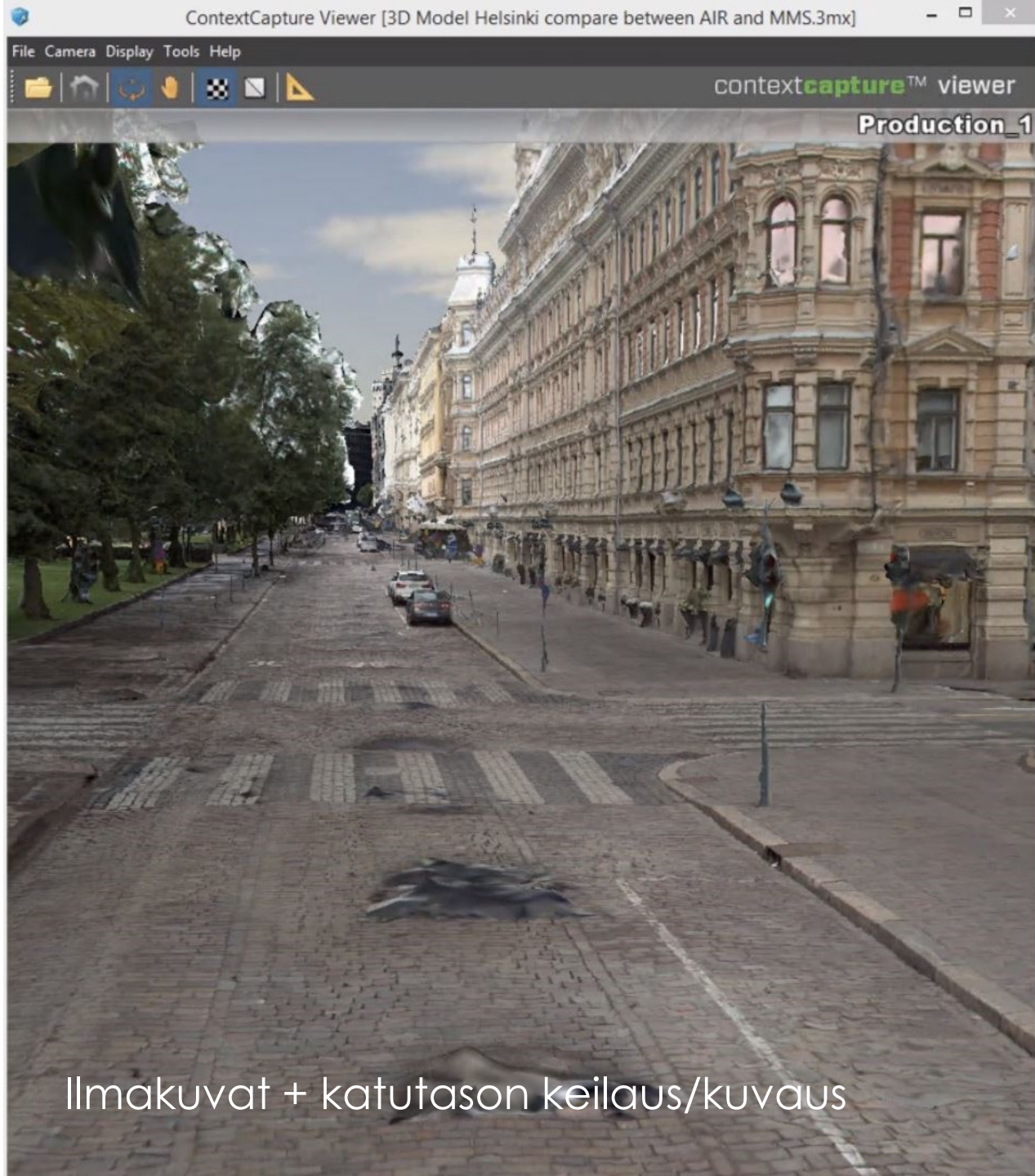
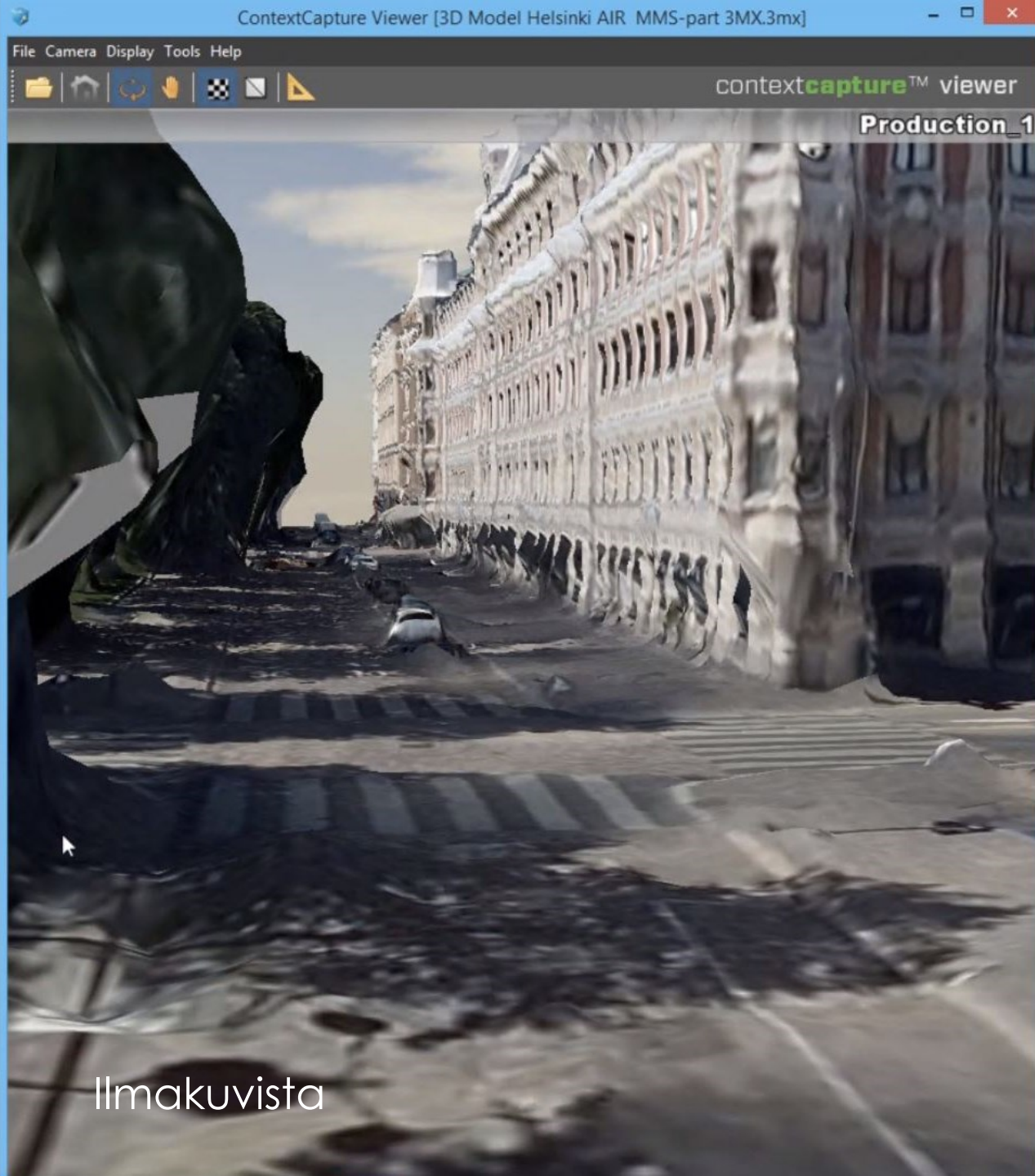


Geometry



Semantics





Ilmakuvat + katutason keilaus/kuvaus



Kaupunkitietomalli

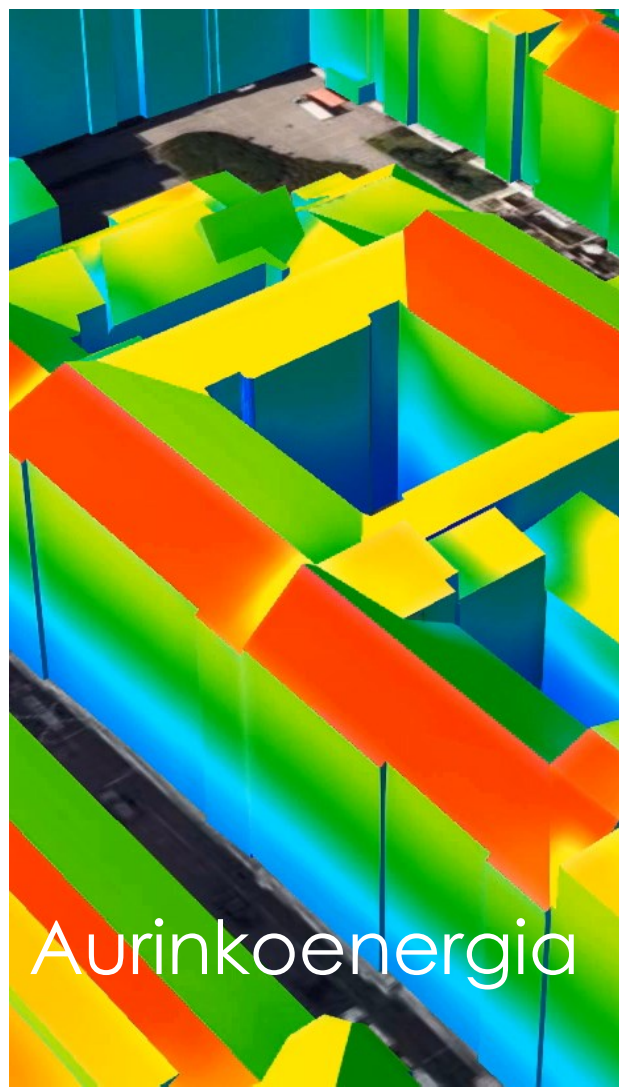


Helsingin Energia- ja Ilmastoatlas

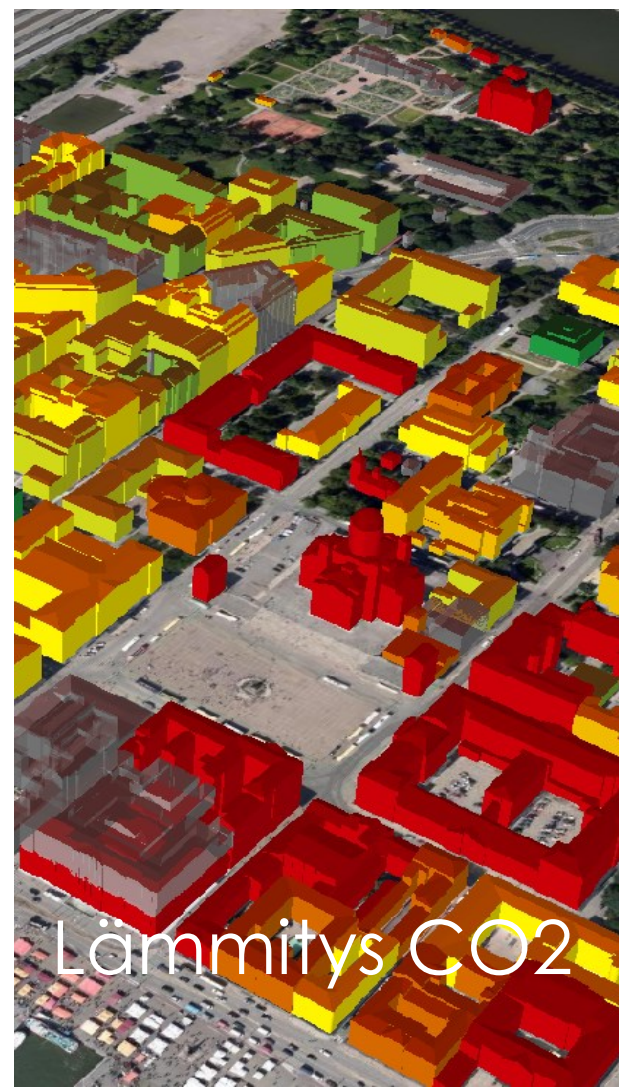
hel.fi/3D



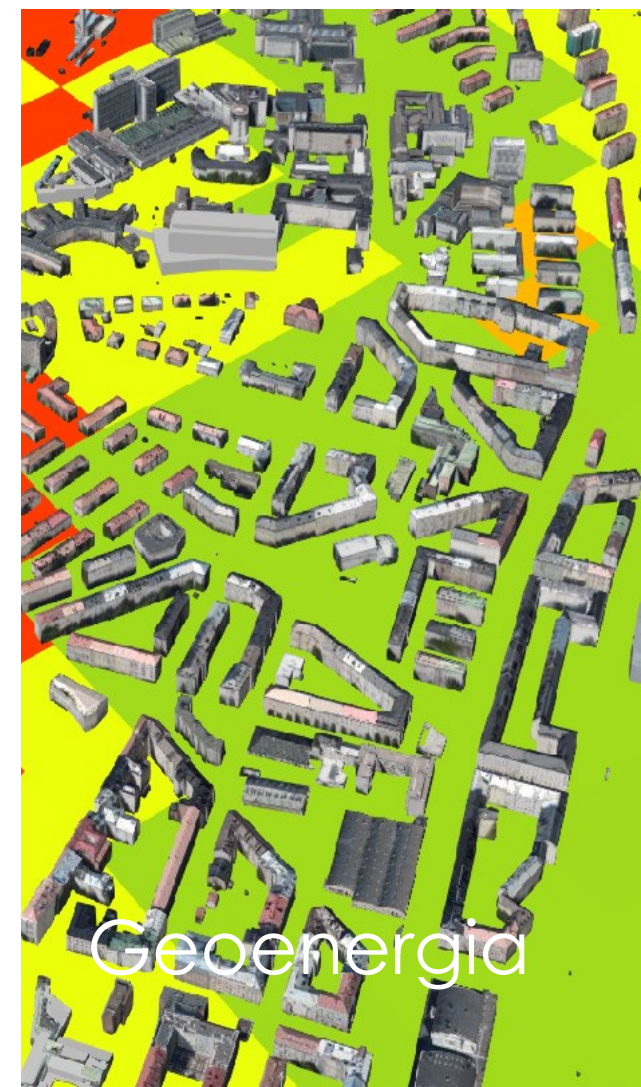
Perustiedot



Aurinkoenergia



Lämmitys CO2



Geoenergia

Content



Aurinkoenergiataskenta: kartta.hel.fi/3d/solar

Helsingin 3d-kaupunkitietomalli: kartta.hel.fi/3d

☒ Kartat ja 3d-mallit



Rakennusaineistot

☒ Rakennusten perustietoja



☒ Rakennusten energia- ja korjaustietoja



☒ Rakennusten kulutustietoja



Create PDF

Create Link

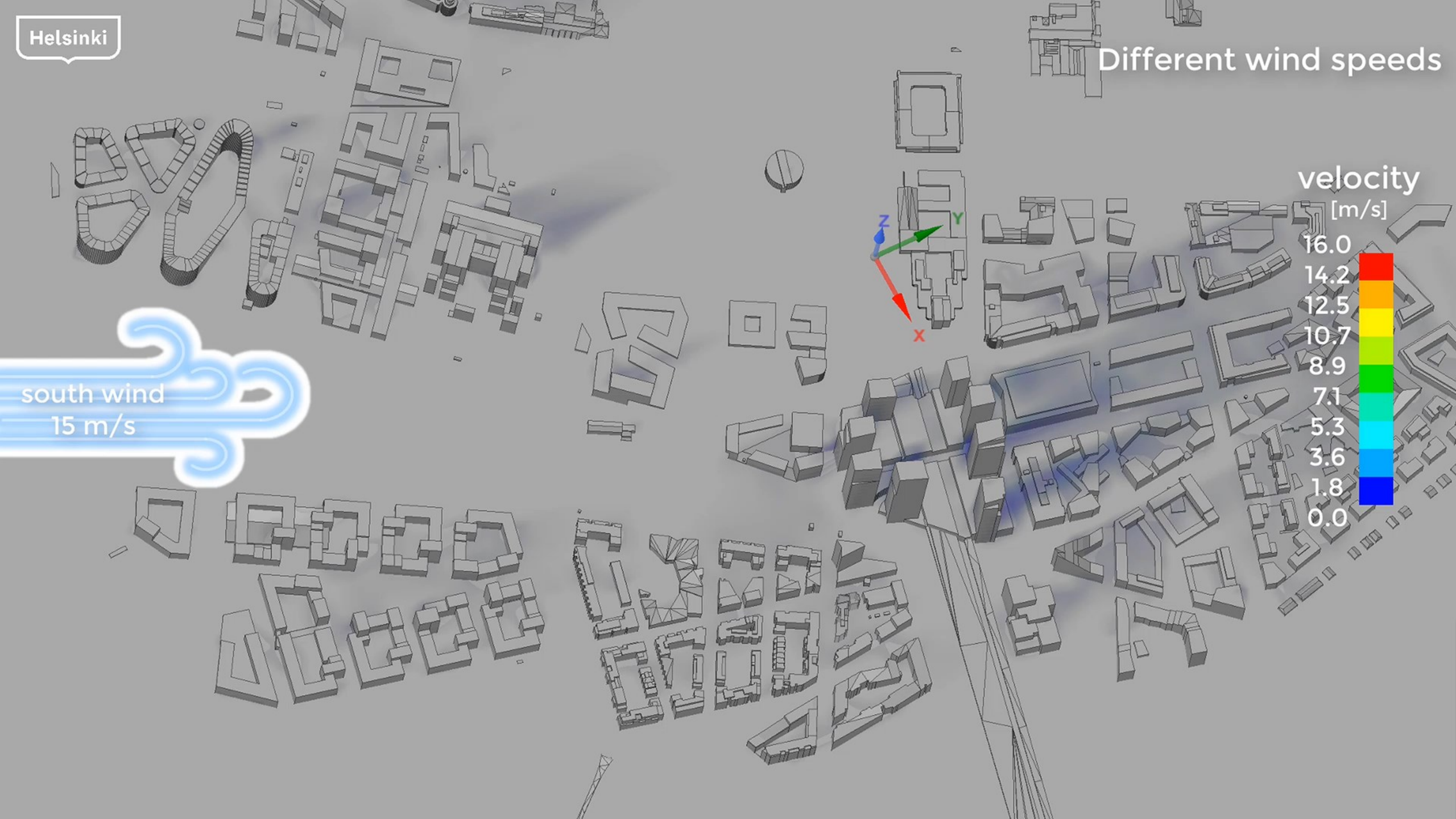
Reset settings

Helsinki Energy and Climate Atlas



Helsinki

Different wind speeds



velocity

[m/s]

16.0

14.2

12.5

10.7

8.9

7.1

5.3

3.6

1.8

0.0

south wind
15 m/s

STRATEGISET TAVOITTEET

AVOIN DATA

PROSESSIT & PALVELUT

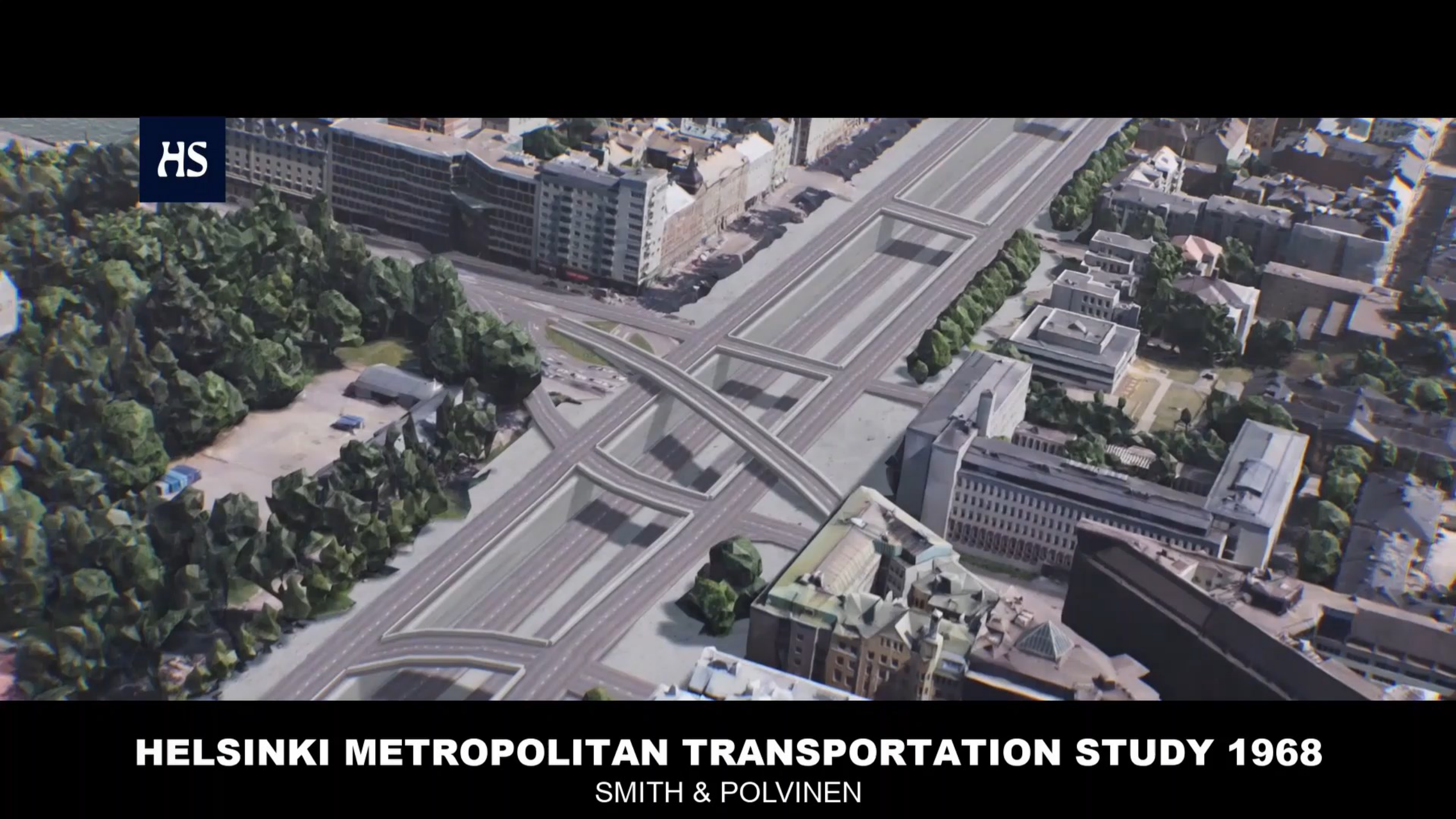
3D MALLIT

DATA



Helsingin Datastrategian visio

Helsingin tuottama data on maailman käytettävintä ja käytetyintä kaupunkidataa vuoteen 2025 mennessä

An aerial photograph of a complex highway interchange in Helsinki, Finland, from 1968. The image shows multiple lanes of asphalt with white lane markings, including a large overpass structure. The highway is flanked by dense green trees on the left and a mix of urban buildings, including multi-story apartment blocks and commercial structures, on the right. The overall scene depicts a major transportation hub in a city environment.

HS

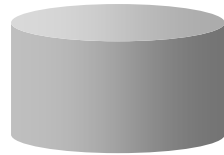
HELSINKI METROPOLITAN TRANSPORTATION STUDY 1968

SMITH & POLVINEN

DIGITAALISESTI ENSIN !

Kaupungin digitaalinen kaksonen yhteentoimivien datojen ja järjestelmien kokonaisuus.
Se tietää eri datojen olemassaolosta mahdollistaen yhdistelyn ja jatkokäsittelyn.

Kaupunkimalli
Paikkatietoaineistot
Rekisterit



Sensoritieto, simulaatiot & suunnitelmat

Digitaalisesti ensin:

Suunnittele koko elinkaari ennen toteutusta
Simuloi vaikutukset ennen muutoksia

Parempi ymmärrys → Paremmat päätökset → Parempi kaupunki → Hyvä elämä



Helsinki

HELSINKI SMART DIGITAL TWIN 2025

Helsingin älykäs tietomalli 2025

*Increasing the knowledge and
utilization of urban 3D models*



Aalto University
School of Engineering



Aalto University
School of Engineering

Co-innovation with Aalto University

- Helsinki Smart Digital Twin 2025 Project
- Helsinki Innovation Fund 2019 – 2021
- Modeling / Use Cases / Know-how / Business Base

Kalasadaman digitaaliset kaksoiset

KIRA-digi-kokeiluhankkeen loppuraportti



HANKKEEN TAVOITTEET

Hankkeen **päätaavoitteena** oli tuottaa Kalasataman aluerakentamiskokonaisuudesta digitaaliset kaksoset –kaupunkimallit. Mallit toimivat rakennetun ympäristön koko elinkaaren prosessien sekä Smart-kaupunkikehityksen suunnittelu-, testaus, sovellus- ja palvelualustana. Hankkeen edistyminen on jaettu viiteen välitavoitteeseen, joista **ensimmäinen välitavoite** oli tuotannollinen.

Digitaalisten kaksosmallien jakaminen avoimena datana oli hankkeen **toinen välitavoite**. Kaupunkimalleilla on satoja potentiaalisia käyttökohteita, mutta kehityksen yhtenä pullonkaulana on ollut sopivan kokoisten ja tasalaatuisten kaupunkimallialustojen saatavuus hyötykäytön kehitystyöhön. Tämän hankkeen toisena välitavoitteena oli poistaa tämä este ja mahdollistaa mallialustan rakentaminen myös open source –välineillä.

Kolmas välitavoite kohdistui pääyhteistyökumppanin, Fiksu Kalasatama –hankkeen kanssa tehtyyn yhteistyöhön. Digitaaliset kaksoset toimivat osaltaan Fiksu Kalasataman projektien innovaatio- ja kehitysalustana. Myös Fiksu Kalasataman verkkopalvelussa toiminnan ja projektien esittely sekä vuorovaikutus asukkaiden kanssa rakentui tämän hankkeen myötä 3D-mallialustoille.

Hankkeessa **neljäntenä tavoitteena** oli kokeilla uusia teknologioita 3D-kaupunkimallien hyödyntämisessä. Erityisesti CityGML-kaupunkitietomallien avulla tehtävät simulaatiot ja analyysit ovat voimakkaassa kehitysvaiheessa. Tässä välitavoitteessa kiteytyy digitaalisten kaksosten perusajatus: ”suunnittele, testaa ja rakenna ensin digitaalisesti.”

Viidentenä tavoitteena oli edistää digitaalisten kaksosten hyödyntämistä kaupungin prosesseissa ja palvelutuotannossa. Tarkka ajantasainen malli olemassa olevasta ja tulevasta kaupungista mahdollistaa 3D-teknologiaan perustuvan prosessien, toimintatapojen ja palveluiden kehittämisen.

1 KAKSOSMALLIEN TUOTANTO

2 KAKSOSMALLIT AVOIMENA DATANA

3 KAKSOSMALLIT SMART-KEHITYSALUSTANA

4 KAKSOSMALLIT SIMULAATIOALUSTANA

5 KAKSOSMALLIT KAUPUNGIN PROSESSEISSA

Kuva 2 Kalasataman digitaaliset kaksoset –hankekokonaisuuden välitavoitteet.

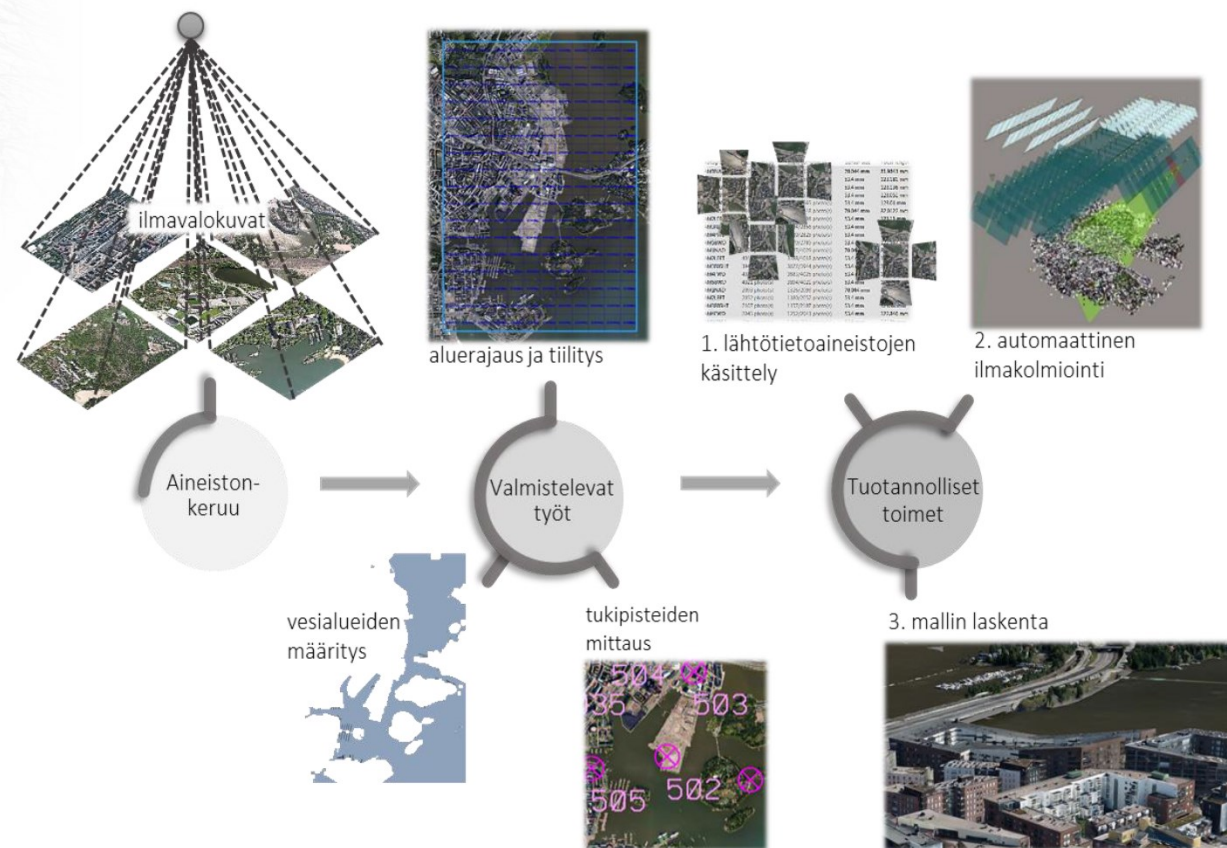


Kolmioverkkomalli

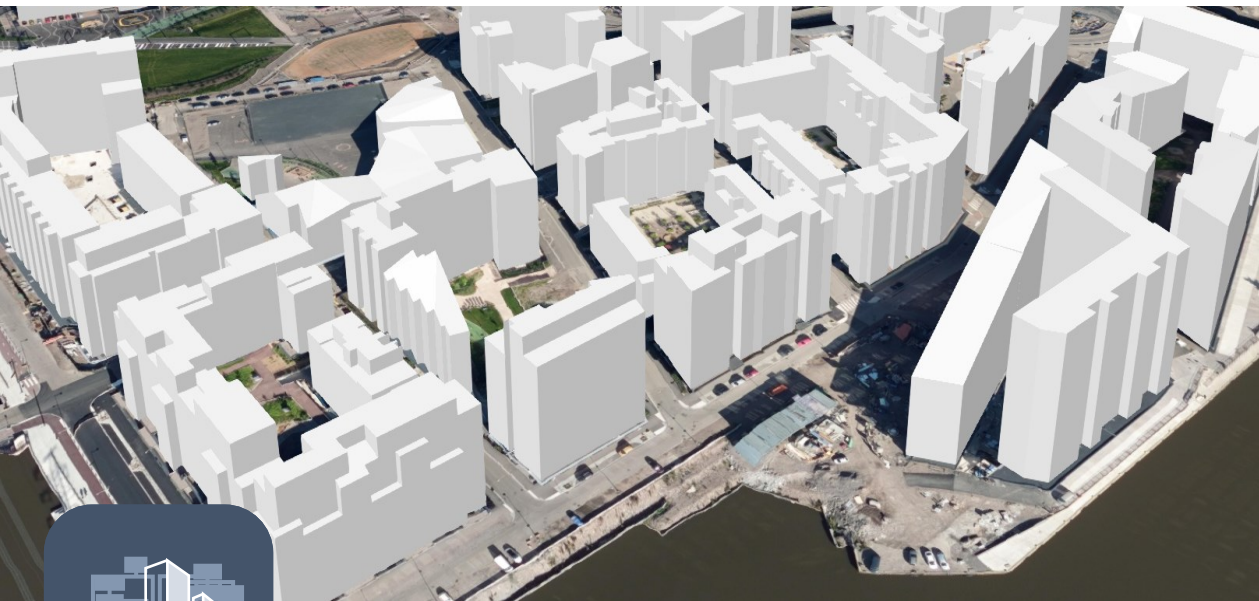
Kolmioverkkomalli eli yhdenlainen mesh-malli tarkoittaa kolmioverkosta rakennettua mallia. Itsessään mesh tarkoittaa geometrisen mallin esitystapaa, joka voidaan toteuttaa joko kolmioiden, neliöiden tai monikulmioiden muodostaman yhtenäisen verkon avulla. Kolmioverkko muodostuu kolmioiden tasopinnoista, jotka puolestaan koostuvat kolmioiden tahkoista ja kärkipisteistä. Jokaisen tasopinnan kärkipiste kuuluu myös viereiselle tasopinnalle, jolloin koko kolmioverkko luo yhden yhtenäisen pinnan. Kolmioverkkomalli on approksimaatio todellisen kohteen muodosta tietyllä tarkkuudella. Kolmioverkkomallin muodon tarkkuus riippuukin kolmioverkon tiheydestä ja siten myös kolmioiden koosta. Mitä pienemmistä kolmioista malli koostuu, sitä tarkemmasta mallista on kyse.

Tyypillisesti kolmioverkkomalleja käytetään eri mallintamisohjelmissa mallinnettavan kohteen muotojen luomiseen ja esittämiseen. Kolmioverkkomalleja hyödynnetään yleensä myös silloin, kun on tarve visualisoida kohdetta tai tuottaa pohjamalli kohteen suunnitteluprosessiin.

Kolmioverkkomallin laskennassa lähtötietoaineistona toimivat pääasiassa useat osittain päällekkäiset valokuvat mallinnettavasta kohteesta ja lopputuloksena syntyvä malli näyttää hyvinkin todelliselta, minkä vuoksi voidaan puhua sekä fotogrammetrisesta että fotorealitisesta mallista. Kolmioverkkomallin tuottaminen voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: aineistonkeruuseen, valmisteleviin töihin ja tuotannollisiin toimiin.



Kuva 3 Kolmioverkkomallin tuottamisen työvaiheet.



CityGML-kaupunkitietomalli

CityGML on OGC:n (Open Geospatial Consortium) asettama avoin, kansainvälinen standardi kaupunkien 3D-tietomallinnukseen, tallentamiseen ja siirtämiseen.

Linkki voimassa olevaan standardiin: <https://www.opengeospatial.org/standards/citygml>.

Semanttinen 3D-kaupunkitietomalli antaa perinteisille kaksiulotteisille kartta-, rekisteri- ja paikkatietoaineistoille lisäulottuvuuden. Tietomallintaminen on myös askel kohti älykkäitä digitaalisia kaksosia, joihin pelkästään ”perinteisillä” geometriamalleilla ei ylltetä.

CityGML-kaupunkitietomallissa kohteeseen liittyy geometria, topologia, semantiikka ja ulkoasu. Kohteen geometria voi koostua pisteistä, viivoista ja monikulmioista sekä näiden yhdistelmästä. Topologia, tietosisältö ja ulkoasu ovat semanttisia piirteitä, jotka kuvaavat kohdetta erillisenä geometriasta.

Kuitenkin myös näillä voi olla geometrisiä ominaisuuksia ja yleensä semantiikka onkin linkitetty yhteen geometrian kanssa. **Geometrian ja semanttisen tiedon on oltava yhteensopivia silloin, kun ne kuvaavat samaa kohdetta.** Esimerkiksi jos semantiikan puolella rakennuksen seinä sisältää kaksi ikkunaa, täytyy sama ominaisuus päteä myös geometriatiedoissa.

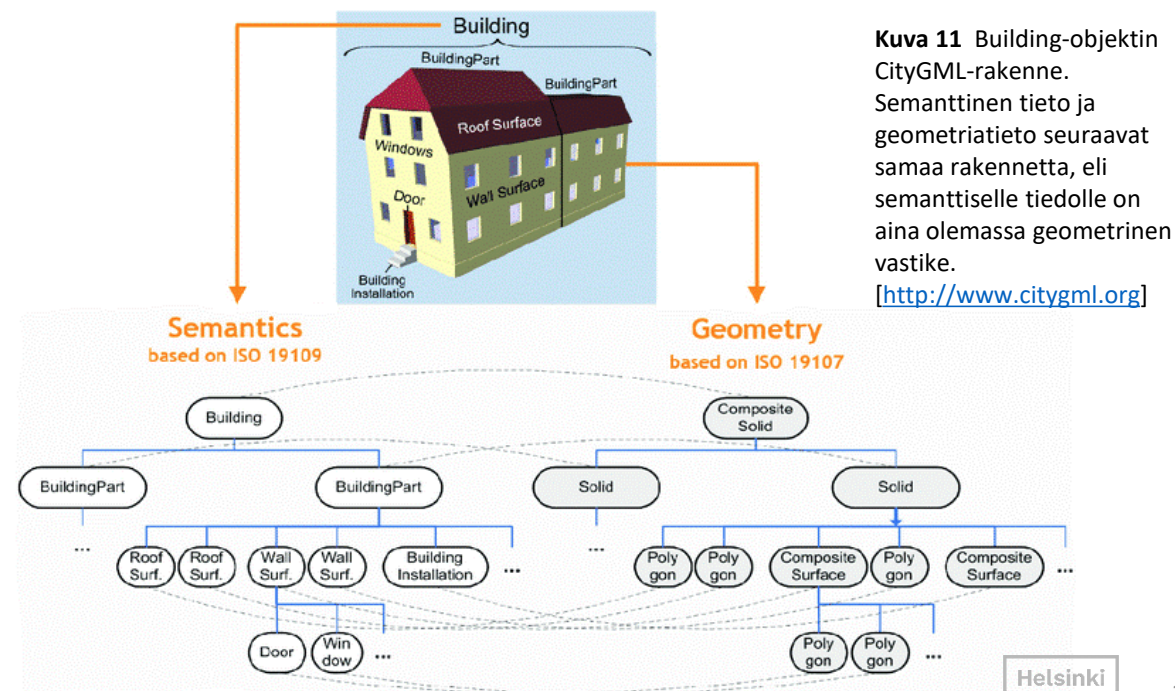
OGC hyväksyi standardin 2.0-version maaliskuussa 2012. Vuoden 2019 alkupuolella hyväksytty standardi CityGML-tietomallista on edelleen 2.0-versio. Tämän rinnalla seuraavan, 3.0-version, kehitystyö on käynnissä. **CityGML-standardin uusi päivitetty 3.0-versio tulee laajentamaan kaupunkitietomallinnuksen mahdollisuuksia useiden parannusten, laajennusten sekä uusien toimintojen myötä.**

CityGML 3.0-versiosta löytyy tietoa muun muassa seuraavilta sivuilta:

<https://github.com/opengeospatial/CityGML-3.0>,

<https://www.gis.bgu.tum.de/en/projects/citygml-30/>

ja tulevaisuudessa tietenkin myös täältä: <http://www.citygml.org/>.



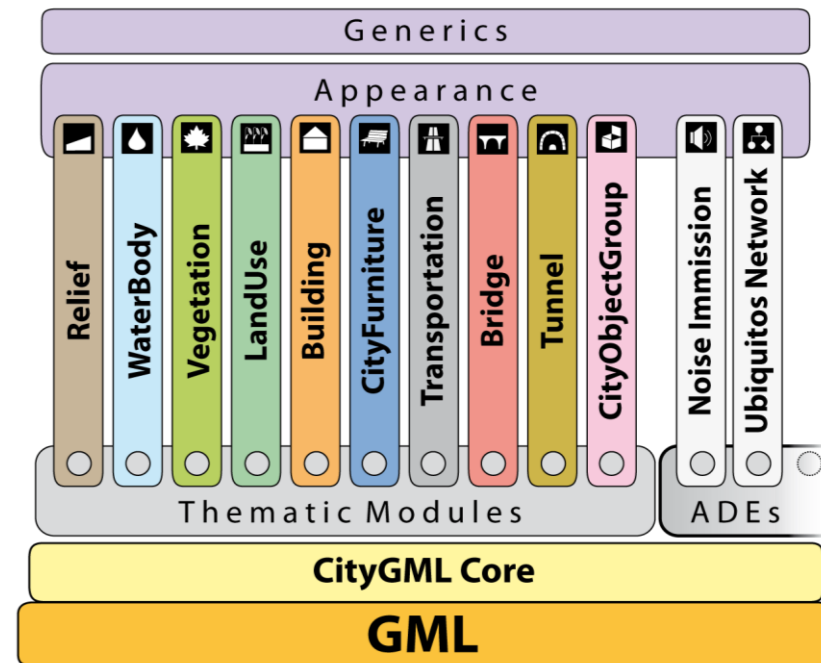
CityGML-moduulit, teemat/kohdeluokat

CityGML-standardi sisältää kaupunkimallille tärkeimpien kohteiden ja niiden luokkien määritelmät. CityGML-tietomalli koostuu kahdesta eri temaattisesta osasta: ydinmoduulista (*core module*) ja laajennusmoduuleista (*extension modules*). Ydinmoduuli sisältää CityGML-tietomallin peruskäsitteet ja -komponentit. Laajennusmoduulien avulla voidaan tietomallille lisätä uusia temaattisia luokkia.

Kaupunkimallille tärkeimmät kohteet on jaettu ominaisuuksiensa mukaan eri temaattisiin moduuleihin. Näitä CityGML-kielellä mallinnettavia temaattisia kohteita ovat esimerkiksi **maastomallit, rakennukset, sillat, vesi- ja liikennealueet, kasvillisuus ja katukalusteet**. Kolmiulotteisille kaupunkimallikohteille voidaan lisätä ulkoasu (*appearance*), joka voi olla mikä tahansa visualisointitapa. Ulkoasulla voi visualisoida kohteita pinnanmuotojen, tekstuurien, materiaalien tai teemojen mukaan. CityGML-tietomallin Application Domain Extension (ADE) on laajennusominaisuus, jolla voi lisätä tietomalliin uusia kohteita tai ominaisuuksia. ADE:n avulla voidaan lisätä rakennuksille esimerkiksi energiatietoja.

Helsingin kaupunkitietomallin ensimmäisessä vaiheessa mallinnettiin kaikki Helsingin alueella olevat rakennukset CityGML-muodossa. Seuraavissa vaiheissa kaupunkitietomalliin voidaan lisätä CityGML-moduulien avulla muita kaupunkimallikohteita, kuten sillat, puusto, vesistö, maanpintamalli ja eri maankäyttöalueet. Lisäksi ADE-laajennusominaisuuksien käyttö on jatkossa mahdollista.

Kalasataman tietomallissa CityGML-tietokantaan on viety nykyiset, rakenteilla olevat ja suunnitellut rakennukset sekä sillat. Lisäksi maanpinta (maastomalli) ja vesialueet mallinnettiin CityGML-yhteensopiviksi.



Kuva 12 CityGML-moduulit

[<https://www.virtualcitysystems.de/en/citygml-training/3dcitydb-workshop>].

CityGML 2.0 –tarkkuustasot LoD (Level of Detail)

CityGML mahdollistaa kohteiden geometristen, topologisten, semanttisten ja visuaalisten ominaisuuksien kuvaamisen **viidellä eri tarkkuustasolla**. LoD0-tasolla kohteet on kuvattu kaksiulotteisina, mutta ne voidaan esittää oikeassa korkeusasemassa (2,5D). LoD1-tasolla rakennukset on kuvattu suorakulmioina ja tasakattoisina. LoD2-tason rakennuksilla erottuvat kattojen erilaiset muodot ja pinnat. LoD3-tason rakennukset sisältävät arkkitehtuurisia piirteitä ulkokatoista ja -seinistä, kuten ikkunat ja ulko-ovet. Tarkimmalla LoD4-tasolla rakennusten sisätilat ja hyvin pienetkin yksityiskohdat on mallinnettu. Vastaavat tarkkuustasot on määritetty myös muille kaupunkimallikohteille, mutta määrytykset eivät ole yhtä täydelliset kuin rakennusten osalta.

LoD0-taso on karkein esitystaso. Rakennukset esitetään horisontaalisina polygoneina, joista voi erottua talon kivijalka tai katon raja. Kaksiulotteiset mallit on näin ollen helppo muuntaa LoD0-tason malleiksi antamalla niille korkeustaso esim. maastomallin avulla. Maastomallissa tekstuurina voi toimia esim. ilmakuva tai pohjakartta.

LoD1-taso esittää kohteet laatikkomallisina, eli esimerkiksi rakennukset tasakattoisina ja sillat yleistäen. Malli on voidaan tuottaa pohjapolygonista. Rakennusten osalta korkeudeksi määritetään yleensä räystään ja harjan keskiarvo.

LoD2-tasolla voidaan esittää tarkemmin rakennuksen katon muotoja ja muita ulkoisia piirteitä. Kohteille voidaan antaa myös pintatekstuuri. LoD2-tasoiin kaupunkimalleihin tuodaan yleisesti myös muita kohteita/teemoja, kuten kasvillisuutta.

LoD3-taso on edellisiä yksityiskohtaisempi tarkkuustaso, jossa esimerkiksi rakennuksesta esitetään ovet ja ikkunat sekä pienemmät ulokkeet ja syvennykset. Lisäksi kaikille pinnoille voidaan antaa tarkka tekstuurit. LoD3-tasoon kuuluvat myös kuvaukset liikenteeseen liittyvistä rakenteista ja kasvillisuudesta.

LoD4-tasolla rakennuksista esitetään sisätiloja. *Room*-luokka erottelee rakennuksen sisätilat käyttötarkoitusten mukaan, sillä luokka voi sisältää tiedot *class*, *function* ja *usage*

Tarkkuustaso tulisi valita aina tarpeen ja käyttötarkoituksen mukaan. Koko kaupungin laajuinen 3D-mallinnus on kannattavaa tehdä joko LoD1- tai LoD2-tarkkuustasolla, koska tällöin pystytään parhaiten hyödyntämään puoliautomaattista 3D-mallinnusta ja jo olemassa olevia kartta- ja paikkatietoaineistoja. **Jopa 70 % mallinnettavista rakennuksista onnistutaan muodostamaan oikein täysin automaattisesti.** LoD3- tai LoD4-tasoisien koko kaupungin laajuisten mallien tuottaminen ei ole nykyhetkellä järkevää, sillä tarkempi kohteiden mallintaminen vaatii yksityiskohtaisempaa informaatiota mallinnettavista kohteista. LoD2-tasoisien mallien tarkkuustaso riittää yleisimpiin ja keskeisimpiin kaupunkianalyyseihin ja -simulaatioihin



Kuva 13 CityGML-tarkkuustasot [<http://filip.biljecki.com/phd.html>].

CityGML-standardin päivittyessä uudempaan 3.0-versioon uudistetaan myös edellä esitelty käsite tarkkuustasoista ja niiden käytöstä. [Kutznerin ja Kolben \(2018\) julkaisussa](#) kerrotaan lyhyesti, kuinka muun muassa tarkkuustasokonseptia tullaan mahdollisesti päivittämään standardin kehitystyössä. Julkaisussa mainitaan, että LoD4-taso, jota käytetään sisätilojen esittämiseen, poistettaisiin, ja vain LoD 0–3 pysyisivät. Sen sijaan sisäosien esitystapa integroitaisiin suoraan tarkkuustasoille LoD 0–3. CityGML v3.0:n tarkkuustasoja koskevasta ehdotuksesta löytyy lisää tietoa [Löwner et al. \(2016\) tutkimuksesta](#).

Rakennusten mallintaminen

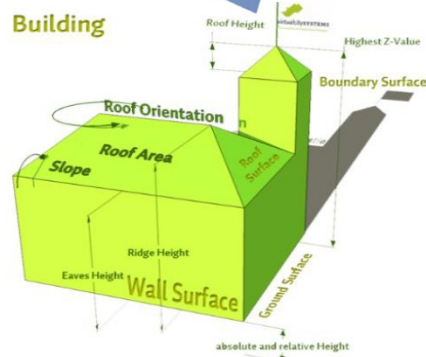
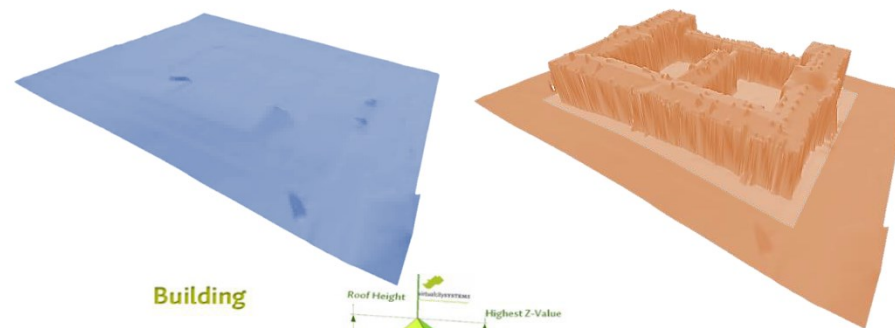
Rakennusten mallintamisen lähtöaineistona ovat rakennuksen pohjakuvio (kivijalkapolygoni) ja pistepilvistä tuotetut maastomalli (DTM) ja pintamalli (DSM). Pistepilvet (nykytila) perustuvat ilmalaserkeilaukseen (ALS). Näistä tarkemmin sivulla 28.

Maastomallia käytetään rakennuksen pohjakuvion korkeusaseman määrittämiseen. Kantakartta ja suunnitelmätiedot eivät välttämättä sisällä suoraan korkeustietoa. Pintamallista tunnistetaan rakennuksen korkeus ja kattomuoto.

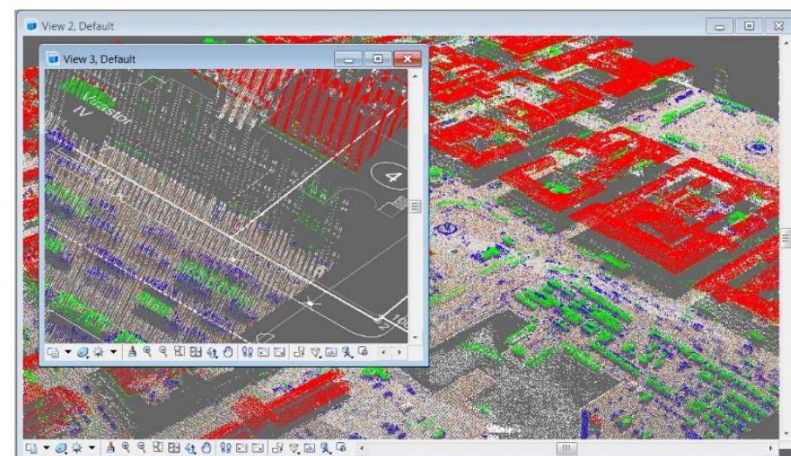
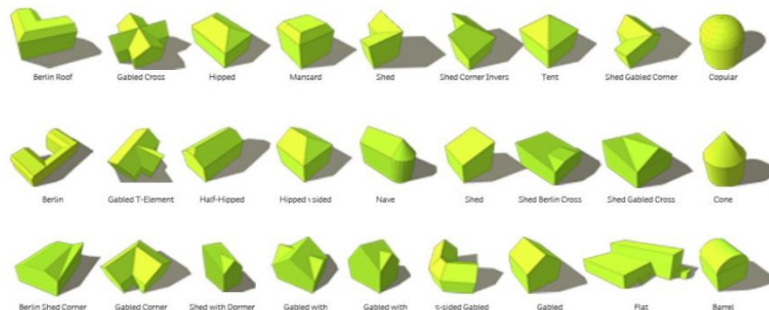
Tietomallin rakennusten kivijalat ovat identtisiä asemakaavan pohjakartan, eli kantakartan ja 2D-suunnitelmien rakennusten kivijalkavektorien kanssa.

Kuva 16 → ↓ (kuvatekstit luetaan vasemmalta oikealle, ylhäältä alas)

Pinta- ja maastomallien käsitekuvaus,
Kartta- ja pistepilviaineistoa,
Yhden rakennuksen alueelta maasto- ja pintamallit,
Rakennusten kattomuodot pistepilvestä,
Rakennuksen semantiikkaa ja kattomuotokirjasto,
Rakennusten kaupunkitietomalligeometriaa.



- CityGML semantic
- SHP & CityGML attributes



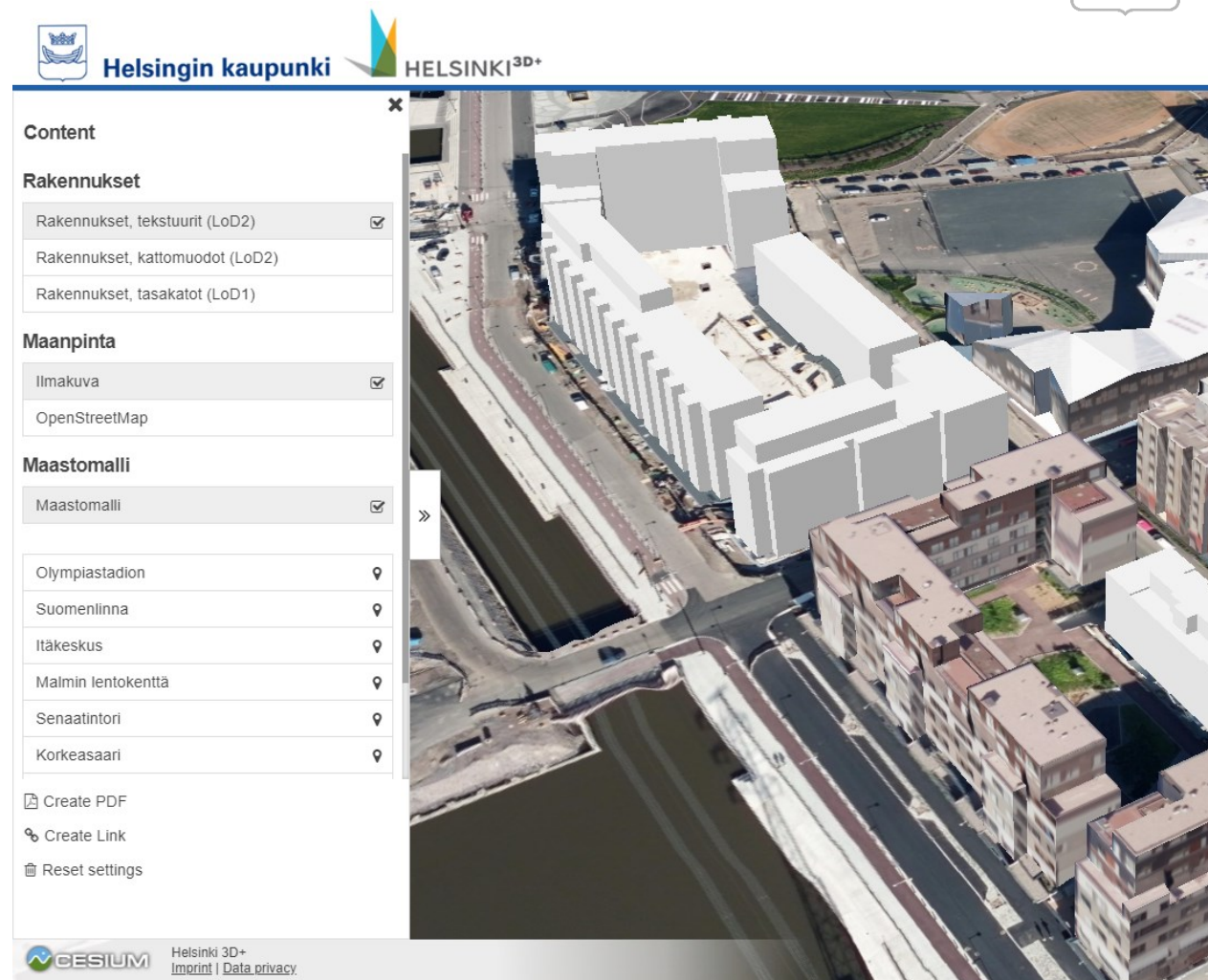
CityGML-rakennusten ylläpitotyö Helsingin Kaupunkimittauksessa

Helsingin 3D-kaupunkitietomallin CityGML-rakennusten ylläpito- ja päivitystyötä tehdään Helsingin Kaupunkimittauksessa. Rakennukset mallinnetaan CityGML-muotoon kantakartan rakennusten kivijalkavektoreiden ylläpidon yhteydessä alla kuvatulla tavalla.

Kantakartalle viedään uudisrakennuskohteista sokkelimittauksissa rakennuksen kivijalan sijainti ja ulottuvuus. Kantakarttaa muokataan myös silloin, kun rakennus esimerkiksi puretaan. CityGML-rakennusten mallintaminen alkaa kantakartan lukemisella. Kantakartalta etsitään kaikki rakennusten kivijalkavektorit, joihin on tehty muutoksia. Rakennusten kivijalkavektorit paikannetaan automaattisesti, ja näistä kivijalkavektoreista muodostetaan myös automaattisesti BuildingReconstruction (BRec)-sovelluksen lähtötietoaineistot. Lähtötietoaineistot avataan suoraan BRec-sovelluksella, jolla operoija mallintaa rakennuksen manuaalisesti CityGML-muotoon. Lähtötietoaineistoina käytetään kaikkia mahdollisia rakennukseen kohdistuvia tietoja. Mikäli kyseessä on uudisrakennus, rakennuksen muoto ilmenee rakennusluvan erinäisistä liitteistä. Rakennus mallinnetaan niin tarkasti kuin vain mahdollista olemassa olevien tietojen perusteella.

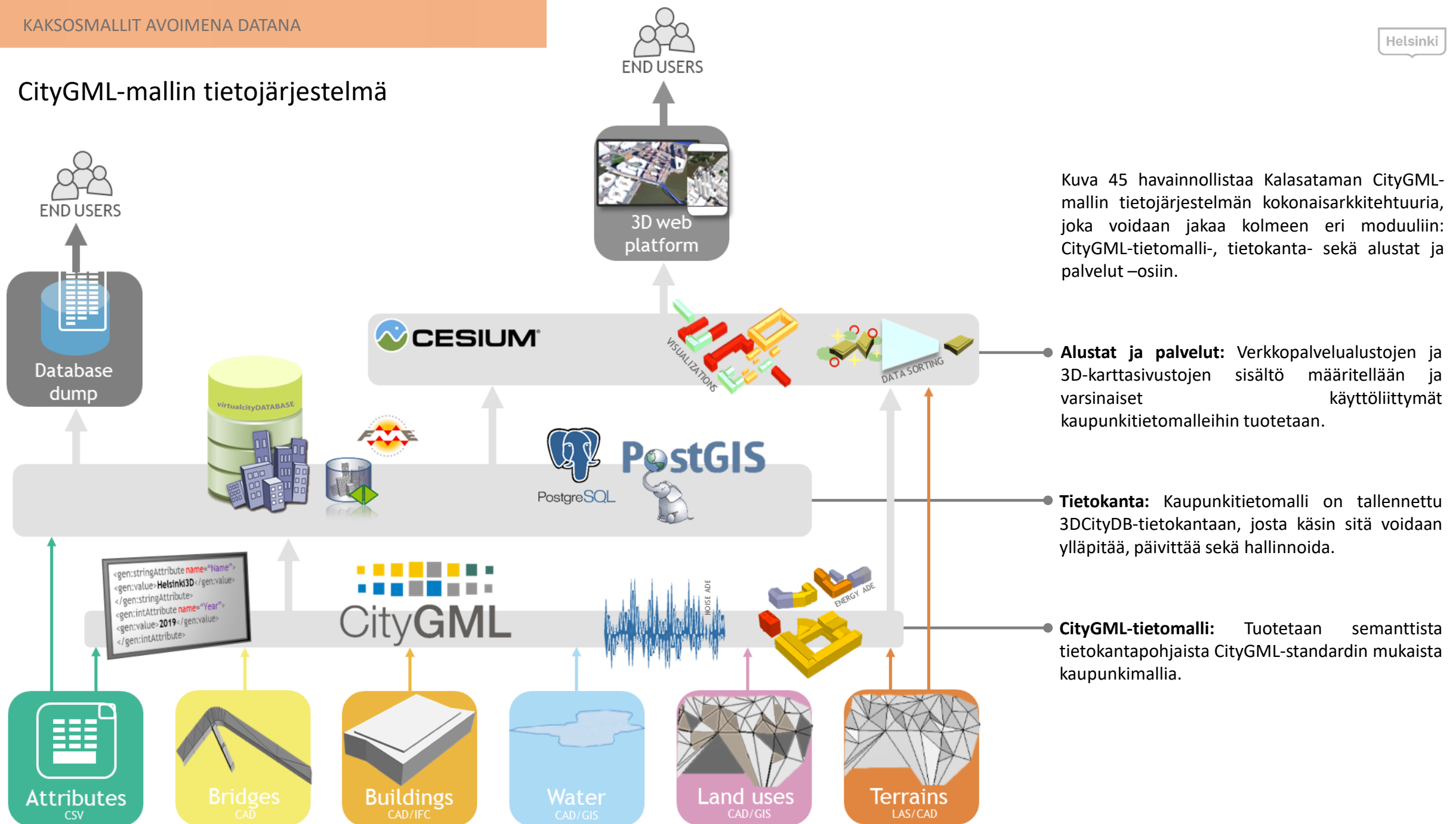
Kuten kuvassa 27 näkyy, kaupunkitietomalliin tuodut uudet rakennukset ovat aluksi ilman valokuvatekstuuria. Tällä hetkellä kaikki kaupunkitietomallin rakennusten tekstuurit ovat peräisin lentokoneella suoritetusta ilmavalokuvauksesta, mutta myös muita valokuvauskeinoja voitaisiin hyödyntää. Teksturointi tehdään niille rakennuksille, jotka ovat kuvaushetkellä olleet vähintään rakenteilla.

Havainnot: Koska BRec-sovellus tuottaa vain LoD1- ja LoD2-tasoisia rakennuksia, niin lopputuloksena syntynyt CityGML-rakennus voi olla suurestikin eriävä rakennuslupakuviin verrattuna. Vaikka kantakartan ylläpito-, kartoitus- ja piirto-ohjeet eivät tällä hetkellä suoraan sovi 3D-mallinnukseen, on tarkoituksenmukaista, että ylläpitotyö on sidoksissa kantakartan päivitystahtiin ja että mallinnetut CityGML-rakennukset ja kantakartan rakennusten kivijalkavektorit ovat yhdenmukaisia. Kaupunkitietomallin ylläpitotyö on tärkeää, ja on tarkoituksenmukaista, että uudet, muokatut tai puretut rakennukset saadaan heti kiinni kantakartan päivityksen yhteydessä.



Kuva 27 Selainnäkö kartta.hel.fi/3d-sivustolta, jonne 3D-kaupunkitietomallia päivitetään.

CityGML-mallin tietojärjestelmä



Kuva 45 CityGML-mallin tietojärjestelmän kokonaisarkkitehtuuri.

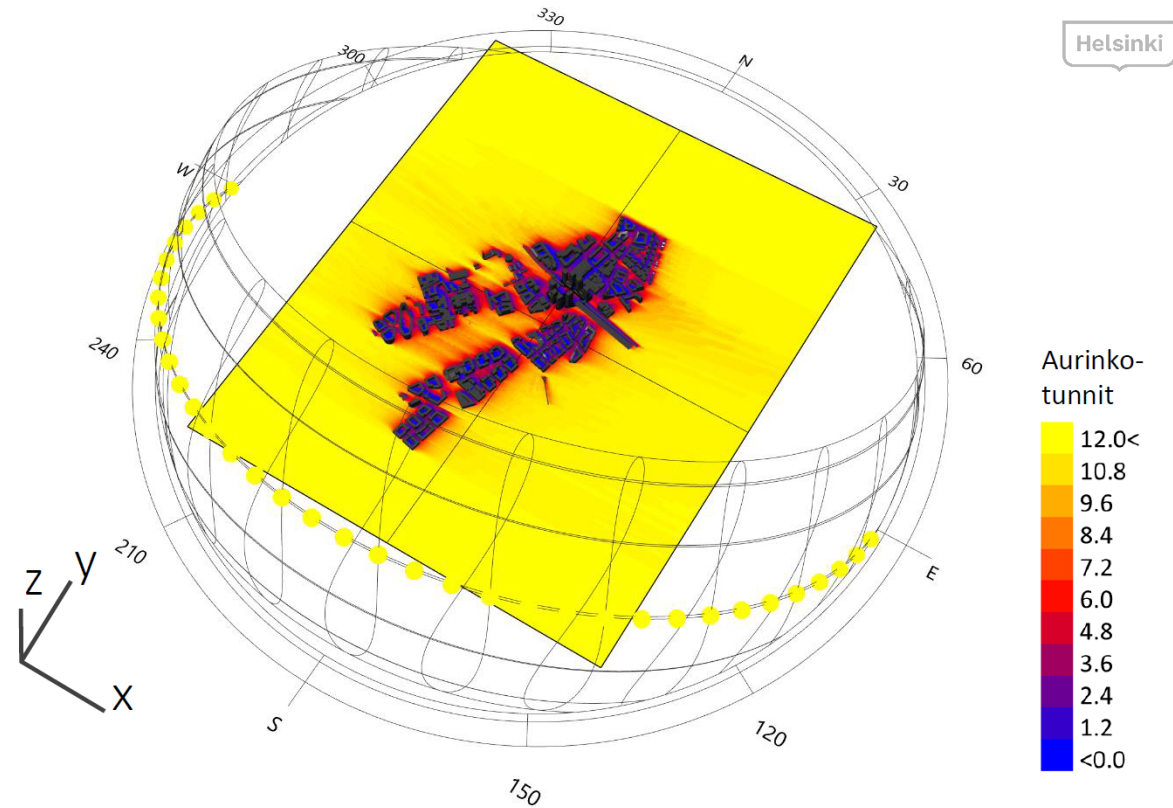
Aurinkotuntianalyysi

Aurinkosimulaatioiden tavoitteena oli kokeilla uusia tapoja tarkastella auringon valon käyttäytymistä rakennetussa ympäristössä. Tässä hankkeessa kokeiltiin kahta simulaatiota: aurinkotuntianalyysia ja varjoanalyysia. Aurinkotuntianalyysillä tutkittiin, kuinka monta tuntia aurinko paistaa Kalasataman alueelle. Varjoanalyysillä taas tutkitaan, millaisia varjoja rakennetut kohteet aiheuttavat. Analyysit toteuttavat digitaalisten kaksosten perusajatusta, eli suunnittele, testaa ja rakenna ensin digitaalisesti.

Suomen kaltaisessa pohjoisessa maassa aurinkotuntimäärällä on erittäin suuri merkitys niin ihmisten elämänlaatuun vaikuttavana tekijänä kuin myös auringonsäteilyn hyödyntämismahdollisuuksiin energiantuotannossa. Kalasatama sijaitsee leveyspiirillä 60° pohjoista leveyttä, joten auringonsäteilyn tulokulma vaihtelee vuodenaikaan nähden suuresti.

Kalasataman CityGML-kaupunkitietomallin avulla tutkittiin aurinkotuntien määrää, eli aikaa, jolloin esimerkiksi maanpinnalle tai rakennusten sisäpihoille saadaan auringonsäteilyä. Aurinkotuntianalyysi ja siihen liittyvät kuvat tehtiin Rhino-sovelluksella ja sen Grasshopper-työkalulla asettamalla auringolle leveyspiirin mukainen rata (kuva 62).

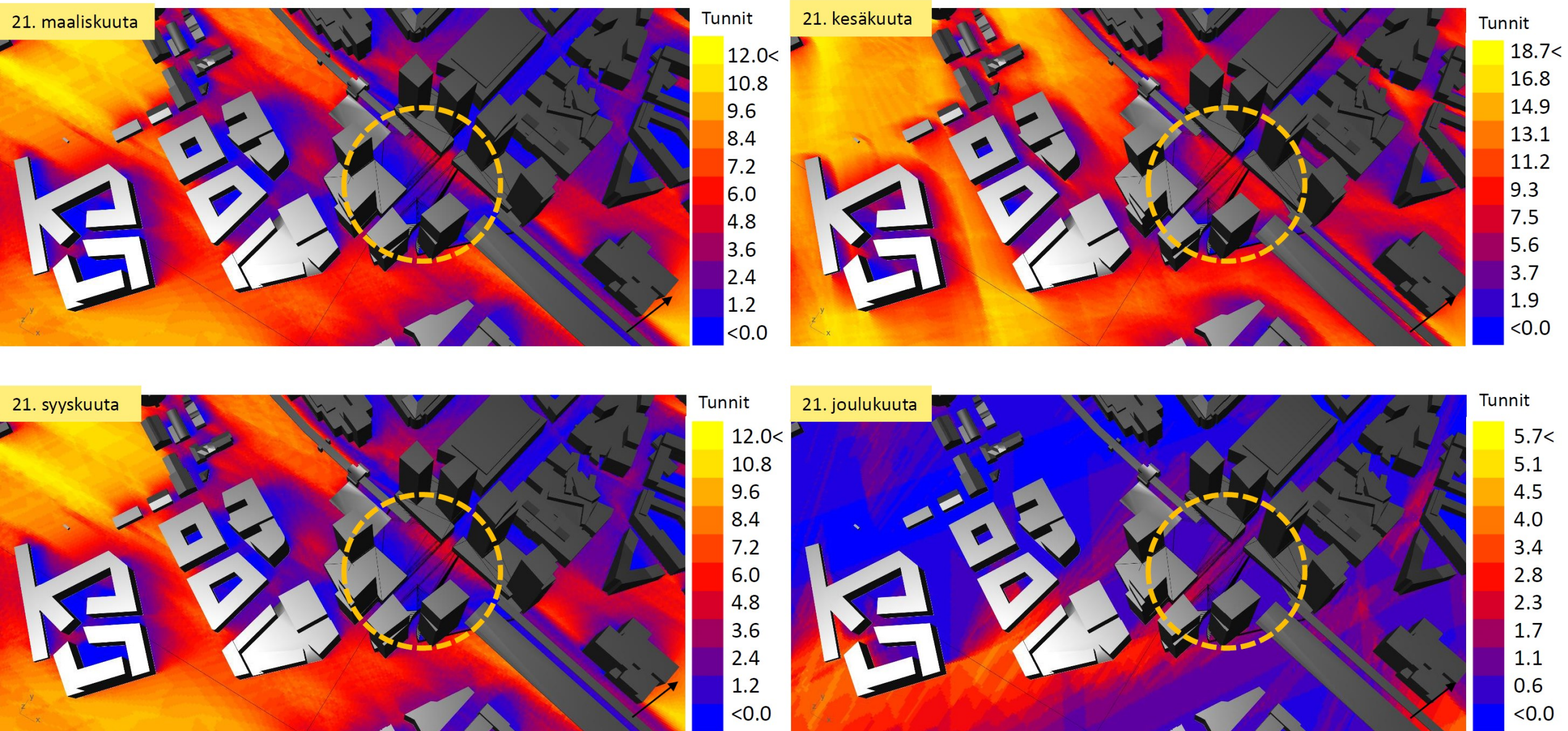
Analyyseissa huomioidaan siis ainoastaan maanpinnan tai sisäpihojen saama auringonsäteily. Kalasatamassa kuitenkin tärkeänä virkistysalueena toimii kauppakeskus REDI:n katolle (viidenteen kerrokseen) rakennettu puisto. Tästä syystä aurinkotuntianalyysijä tuottaessa REDI:n rakennus poistettiin mallista, jotta nähdään, paljonko aurinkotunteja rakennuksen kohta saa (kuva 64). Kuvat analyyseista ovat kahdella seuraavalla sivulla ja video analyyseista on nähtävissä seuraavasta linkistä: <https://youtu.be/3AhcdA900dQ>.



Kuva 62 Aurinkotuntianalyysin tulokset päivälle 21. maaliskuuta. **Kuvaa klikkaamalla** avautuu selaimessa video, jossa näytetään neljän eri päivän aurinkotuntianalyysin tulokset.

Havainnot: Aurinkotuntien ja auringonsäteilyn tulokulman vaihtelu vuodenaikaan nähden on suurta. Kesäisin aurinkotunteja on enemmän ja talvisin vähemmän, minkä huomioonottaminen jo suunnitteluvaiheessa on mahdollista tämänkaltaisilla aurinkotuntianalyyseilla. Kuten analyyseista huomaa, rakennusten varjot kantavat hyvin kauas kuukausina, jolloin aurinko paistaa hyvin matalalta. Näin ollen ei voida tarkastella ainoastaan muutaman suunnitellun rakennuksen varjoja, vaan analyysiin tulee ottaa mukaan mahdollisimman paljon jo rakennettua ympäröivää aluetta.

Laadukkaan kaupunkitietomallin avulla analyyseiden toteuttaminen ei vaadi mallien kokonaan uudelleenrakentamista, vaan kaupunkitietomallista voidaan ottaa vain tarvittava osa, lisätä siihen suunnitelmarakennukset ja/tai poistaa purettavat rakennukset, ja toteuttaa simulaatio tarkoitukseen sopivalla sovelluksella.



Kuva 64 Aurinkotuntianalyysit Kalasataman keskusn alueelta lähempää katsottuna. Erikoistarkastelussa kauppakeskus REDI:n alueen saamat aurinkotunnit. Kuten aikaisemmin mainittiin, REDI:n rakennus on poistettu mallista, jotta alueen aurinkotunnit voidaan laskea.

TULOKSET: HAVAITUT HYÖDYT, VAIKUTTAVUUS JA KEHITTÄMISTARPEET

Havaitut hyödyt

Hankkeen kohdistaminen Kalasataman alueelle, jossa on käynnissä useita muitakin kokeiluprojekteja tuottaa synergiahyötyjä.

Avoimen datan hyödyt kumuloituvat pitemmällä aikavälillä. Käynnissä olevista avointa dataa hyödyntävistä projekteista ei ole tällä hetkellä kattavaa tietoa.

Kaupunkimallin kytkentä Fiksu Kalasatama –kaupunkikehitykseen ja projekteihin on ollut jo ensivaiheessa hyödyllistä.

Pelimoottoristriimaus tuo uusia kehittäjäryhmiä ja käyttömahdollisuuksia mallidatalle.

Tuulianalyysivälineen käyttökokemukset ja tulokset ovat erittäin myönteisiä; tarve työkalulle jo aluesuunnitteluvaiheessa on tunnistettu monella taholla.

Tuulisimulaatiota voidaan soveltaa myös haitallisten päästöjen ja tulipalojen savukaasujen leviämisen ennakointiin.

Kaupunkitietomallin ylläpitämisessä voidaan hyödyntää pienille alueille suunnattuja UAV-lennoilla kerättyjä pistepilviaineistoja. Toimintamalli on kustannustehokas ja alueiden muutoksiin voidaan reagoida nopeammin.

Vaikuttavuus

Työhön on kohdistunut jo tekovaiheessa suuri kotimainen ja kansainvälinen kiinnostus: kaupunkimallin kytkentä Smart-kaupunkikehitykseen on uutta.

Kysynnän vuoksi raportti käännetään myös englanniksi: kaupunkikehityksen haasteet ovat globaaleja, joten avoin yhteistyö on perusteltua.

Työ vaikutti suoraan Helsingin Digitalisaatio-ohjelmaluonnoksen sisältöön ja digitaalinen kaksonen on yksi ohjelman kärkihankkeista.

Työn vaikuttavuus on pitkäaikainen: käytännöllistä raporttia kaupunkimallitason digitaalinen kaksonen –kokeilusta ei ole toistaiseksi ollut saatavana.

Avoimen datan ja avoimen CityGML-tietokantadumpin vaikuttavuus on pitkäaikainen, erityisesti datan käyttö koulutuksessa tuottaa kertautuvia hyötyjä.

Digitaalinen kaksonen –toimintamallin laajentaminen kaupunkitasolle käytännön esimerkein generoi mahdollisesti kokonaan uutta toimintakulttuuria.

Parhaimmassa tapauksessa koko yhdyskuntarakentamisen arvoketjun toimijat pohtivat ja innovoivat uusia digitaalisen kaksosen käyttömahdollisuuksia omassa toiminnassaan.

Kehittämistarpeet

Mallinnusteknologiat sekä CityGML että kolmioverkkomalleissa kaipaavat sujuvampia sovelluksia ja toimintaketjuja.

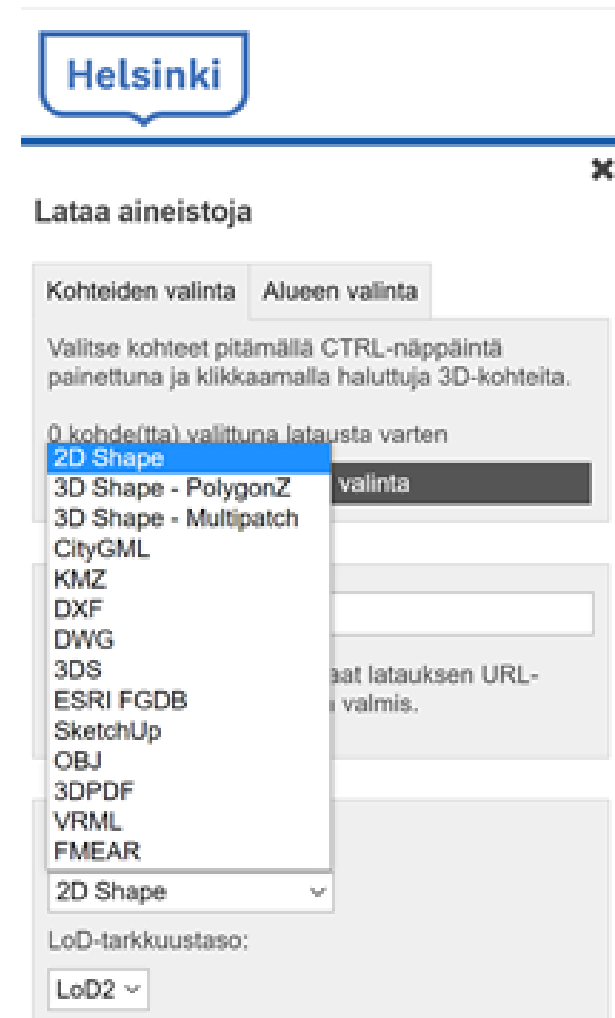
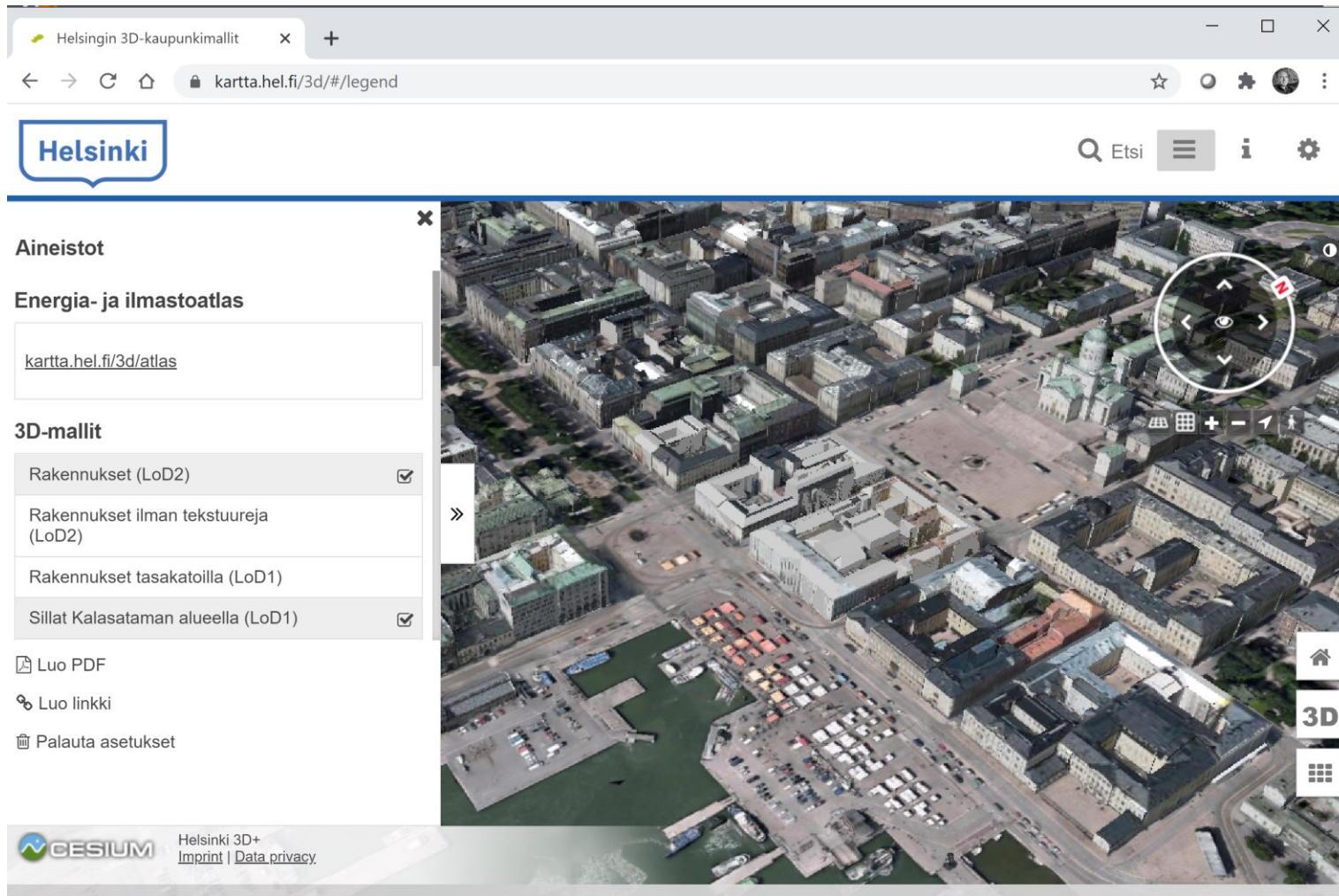
Samoin mallien ylläpidon teknologiat, standardisointityö sekä BIM- ja GIS-ympäristöjen saumaton yhteensovittaminen edellyttävät vielä vuosien kansainvälistä kehitystyötä.

Kansallisella tasolla CityGML-kaupunkitietomallikoulutus tulisi saada yliopistojen koulutusohjelmiin. Ilman vankkaa perusosaamista ei ole mahdollista kehittää kansainvälisessä

kilpailussa menestyviä tuotteita ja palvelukonsepteja.

Työryhmän toiveena on, että tämä raportti on osaltaan edistämässä yhdyskuntarakentamisen ja -ylläpidon arvoketjun kokonaisvaltaista digitalisaatiokehitystä, jossa hyötyjä saavutetaan kumuloituvasti tästä eteenpäin.

Tietoa Helsingin kaupunkimalleista <https://www.hel.fi/3d/>



Kaupunkitietomallien katselu- ja latauspalvelu
<https://kartta.hel.fi/3d/> (CityGML-tietomalli, kolmioverkkomallit)
<https://kartta.hel.fi/3d/mesh/> (kolmioverkkomallit)

virtual history



From scale model to virtual model

virtual history



- Scale model 2m x 5m
- 4000 images
- Processing at office

Tietoa kaupunkimalleista <https://www.hel.fi/3d>

Kaupunkimallipalvelu <https://kartta.hel.fi/3d>

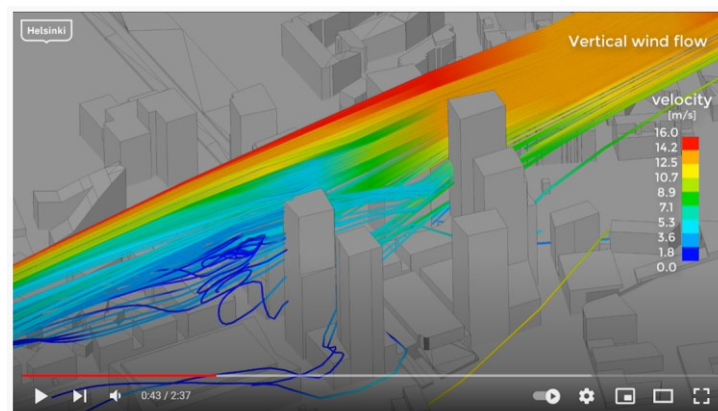
Energia- ja ilmastoatlas <https://kartta.hel.fi/3d/atlas>

Paikkatietopalvelu <https://kartta.hel.fi>

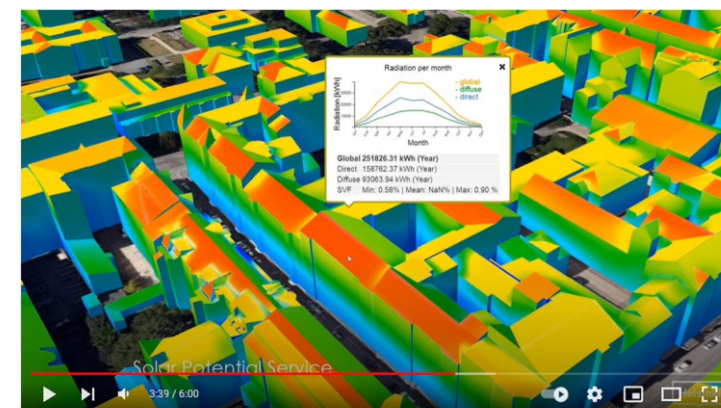
Helsinki3D+ Youtubessa



Helsinki in Minecraft



Wind flow simulation of Kalasatama area



Use Cases of Helsinki 3D+ City Models

Kari Kaisla, kari.kaisla@hel.fi

Helsinki