

MetaCity Oulu

Havaintoja älykaupungin suunnittelusta

MetaCity Oulu-hanke 2023–2025

28.01.2026



Sisällysluettelo

Yhteenveto	5
1. Johdanto	6
2. MetaCity-teemaan liittyvät säädökset ja ohjelmat (EU ja Suomi)	9
2.1. EU-tasoinen ohjeistus ja säädökset	9
2.1.1. Euroopan datastrategia	10
2.1.2. EU:n datasäädös	11
2.1.3. EU:n Datanhallintosäädös	11
2.1.4. Euroopan komission julkisen sektorin hallussa olevien suojattujen tietojen rekisteri	12
2.1.5. Euroopan Parlamentin ja Neuvoston direktiivi (EU) 2019/1024 avoimesta datasta ja julkisen sektorin hallussa olevien tietojen uudelleenkäytöstä	12
2.1.6. Euroopan unionin tekoälyasetus (EU2024/1689)	12
2.1.7. EU:n yleinen tietosuojasetus eli General Data Protection Regulation (GDPR)	13
2.1.8. INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europa (INSPIRE)	14
2.2. EU digitaalisuuden edistäjänä kunnissa ja kaupungeissa	15
2.3. Kansallisia strategioita ja ohjelmia	17
2.3.1. Teollisuuspoliittinen strategia	17
2.3.2. Elämäntapahtumalähtöinen digitalisaatio	17
2.3.3. Suomen digitaalinen kompassi	18
2.3.4. Suomen digitoimisto	18
2.4. Säästösten vaikutus MetaCityn kaupunkimallin kehittämiseen	19
3. Maankäytön suunnittelu MetaCityssä	21
3.1. Maankäytön suunnittelua koskevat muutokset ja digitalisaatio	21
3.2. Lainsäädännön muutokset	21
3.2.1. Maankäyttöä ja rakentamista koskeva uudistunut lainsäädäntö	21
3.2.2. Valmistelussa olevat maankäyttöä ja rakentamista koskevat lainsäädännön uudistukset	25
3.3. Perinteinen kaavoitus	26
3.4. Tietomallimuotoinen kaupunkisuunnittelu	27
3.4.1. Tietomalli	28

3.4.2. Yleisten alueiden tietomalli	28
3.4.3. Paikkatieto eli Geospatial Information System (GIS)	29
3.4.4. Keskeiset kaupunkisuunnitteluun liittyvät standardit	29
3.4.5. RYHTI-järjestelmä	31
3.4.6. Kaava-aineisto RYHTI-järjestelmässä	35
3.4.7. Tietomalliin liittyvät koodistot	35
3.4.8. Digitaalinen turvallisuus RYHTI-järjestelmässä	36
3.4.9. Kaavojen digitalisointi	37
3.4.10. Kansallinen kaavatietomalli	38
KAATIO-hanke	38
3.4.11. Kaavoituksen ohjelmistot	38
3.5. Tietomallimuotoisen kaavoituksen huomioiminen MetaCityssa	39
3.6. Kaupunkimallit, 3d-kaupunkimallit, ja digitaaliset kaksoset	40
3.6.1. Koneluettava kaupunkimalli	40
3.6.2. 3D- kaupunkimallit ja digitaaliset kaksoset	40
3.6.3. Kansainvälisiä digitaalisen kaksosten toteutuksia	49
3.6.4. Suomalaisia kaupunkimalleja	51
3.6.5. Kaupunkimallien ja digitaalisten kaksosten merkitys MetaCityn kaupunkisuunnittelumallille	56
3.7. Kaupunkirakenteen vyöhykkeet	57
3.7.1. Maanalainen tila	57
3.7.2. Maanpäällinen tila	58
3.7.3. 3D-kiinteistö	58
3.7.4. Ilmailulain mukainen ilmatila	60
3.8. Kaupunkirakentamisen vyöhykkeiden huomioiminen MetaCity-kehityksessä	61
3.9. Maankäytön suunnittelun nykytila ja muutokset MetaCityn alueella	61
3.9.1. Muutos ja pysyvyys kaupunkirakenteessa	61
3.9.2. Asemakaavoituksen kehitys	62
3.9.3. Pysyvyys ja muutos kaupunkitilassa MetaCityn alueella	64
4. Digitaalisuus MetaCityn kaupunkirakenteessa	66
4.1. Sensoreiden hyödyntäminen kaupunkisuunnittelussa	66
4.1.1. Karttasivusto	66
4.2. Digitaalisen infrastruktuurin simulointi	67

4.2.1. Atoll-ohjelman testaus MetaCity-hankkeessa	68
4.2.2. Mobiiliverkkosuunnittelu kaupunkisuunnittelussa (tietomalli)	71
4.3. Metaverse -teknologiat MetaCityssä	72
4.3.1. Metaverse-teknologioista	72
4.3.2. MetaCityn digitaalisista kaksoista	77
4.3.3. Standardeista ja yhteen toimivuudesta	78
4.4. Tiedon hallinta MetaCityssä	80
4.4.1. Data ja sen tuottaminen	80
4.4.2. Oulun kaupungin dataportaali	82
4.4.3. Oulun Dataspace (PoC)	83
4.4.4. RYHTI-järjestelmän data	85
4.4.5. Datapalvelimet ja palvelut	86
5. Dronit MetaCityn kaupunkimallissa - regulaatio ja toimintaperiaatteet	87
5.1. Dronin lennättämistä koskeva regulaatio ja ohjeistus	87
5.1.1. Drooni-luokitus	87
5.1.2. Dronin lennättämistä koskevat etäisyysrajoitukset	88
5.1.3. Dronin lennättämiseen liittyviä käsitteitä	89
5.1.4. Flyk-kartta	90
5.1.5. Vertiportti	91
5.2. Dronin lennättämisessä huomioitavat näkökulmat	93
5.2.1. Dronien erilaisia käyttötapoja	93
5.3. Dronin huomioiminen MetaCityn kaupunkimallissa	94
5.3.1. Dronien hyödyntäminen osana älykaupunkien kehittämistä - pysäköintitilanteen seuranta dronilla pilotti	94
5.4. Dronien ja digitaalisuuden hyödyntäminen uusien palvelujen kehittämisessä	99
6. MetaCityn digitaalisten palveluiden vastaanottamisen kypsyysmalli	100
6.1. Alueiden digitaalisten palveluiden vastaanottamisen kypsyysmalli	100
6.2. Data Space for Smart and Sustainable Cities and Communities eli DS4SSCC- arviointi	103
7. MetaCityn kaupunkisuunnittelumalli	104
7.1. MetaCityssä tunnistetut digitaaliset laitteet sekä niiden hyödynnettävyys	104
7.2. MetaCityn osaprosessit kaupunkisuunnittelun kontekstissa	105
7.3. Älykaupunkisuunnittelun toimija-analyysi	106

7.4. MetaCity -liiketoimintamalli	108
7.5. MetaCity Oulun toimintamalli ja vaiheistamissuunnitelma kaupunkisuunnittelun kontekstissa	110
8. Johtopäätökset ja suositukset	113

Yhteenveto

MetaCity Oulu -hanke (2023–2025) tarkasteli, miten älykaupunkikehitystä voidaan liittää osaksi suomalaista kaupunkisuunnittelua, erityisesti maankäytön suunnittelun ja kaavoituksen prosessien osalta. Hanke keskittyi Oulun Linnanmaan kampusalueen ympäristöön, joka toimii korkean teknologian, tutkimuksen ja koulutuksen keskittymänä. Tavoitteena oli arvioida nykyisten suunnitteluperiaatteiden soveltuvuutta älykaupungin kehittämiseen ja luoda pohjaa uusille digitaalisille, skaalautuville palveluille.

MetaCity-konsepti nähdään sekä fyysisenä että digitaalisena kaupunkiympäristönä, joka mahdollistaa julkisten toimijoiden, yritysten, tutkimuslaitosten ja kaupunkilaisten yhteiskehittämisen. Keskeisiä teemoja ovat kestävä kehitys, digitaalinen tasavertaisuus, osallistaminen ja resilienssi. Hankkeessa korostettiin, että älykaupunkikehityksen haaste ei ole kokeilujen puute, vaan niiden vieminen osaksi arjen palveluita ja kaupunkien pysyviä toimintamalleja. Tätä tukevat avoimet rajapinnat, datankeruu, data-avaruuksien sekä virtuaaliset teknologiat, kuten 3D-kaupunkimallit ja digitaaliset kaksoset.

Raportti kuvaa EU:n ja Suomen sääntely- ja strategista viitekehystä, joka ohjaa MetaCityn kaltaista kehitystä. EU:n datastrategia, datasäädos, datanhallintosäädos, tekoälyasetus ja GDPR muodostavat perustan tiedon hallinnalle, jakamiselle ja hyödyntämiselle. Näiden rinnalla kansalliset ohjelmat, kuten Suomen digitaalinen kompassi ja teollisuuspoliittinen strategia, korostavat digitaalista infrastruktuuria, datataloutta ja kyberturvallisuutta. MetaCityn kehittämisen kannalta keskeistä on sääntelyn tunnistaminen ja hyödyntäminen siten, että innovaatiot ovat mahdollisia julkisen vallan ja kaavoitusmonopolin reunaehtojen mukaisesti..

Maankäytön suunnittelun osalta raportti painottaa käynnissä olevaa laajaa digitalisaatiota ja lainsäädännön uudistusta. Rakennetun ympäristön tietojärjestelmä (RYTJ) ja tietomallimuotoinen kaavoitus muuttavat suunnittelun dokumentaatiota ja tiedonhallintaa kohti koneluettavaa, yhteen toimivaa ja avoimempaa mallia. Tämä luo edellytyksiä MetaCityn kaltaisille kaupunkimalleille, joissa kaavat, 3D-mallit, sensoridata ja simulaatiot voidaan yhdistää päätöksenteon tueksi.

Raportissa tarkastellaan myös digitaalisia kokeiluja, kuten sensoreiden käyttöä, mobiiliverkkojen simulointia, data-avaruuksia ja droonien hyödyntämistä osana kaupunkikehitystä. Lisäksi esitellään digitaalisten palveluiden vastaanottamisen kypsyyssmalli, jonka avulla voidaan arvioida alueiden valmiutta hyödyntää älykaupunkiratkaisuja.

Johtopäätöksenä todetaan, että MetaCityn onnistuminen edellyttää kaupunkisuunnittelun, digitalisaation ja datanhallinnan tiivistä integraatiota. Pelkkä kaavoituksen digitalisointi ei riitä, vaan tarvitaan uusia toimintamalleja, osaamista ja erityisesti joustavampia hankintakäytäntöjä ohjelmisto- ja järjestelmähankinnoissa. MetaCity Oulu toimii kokeilualustana, josta saadut opit ovat hyödynnettävissä laajemmin suomalaisessa ja eurooppalaisessa älykaupunkikehityksessä.

1. Johdanto

Oulun Ritaharju - Teknologiaakylä - Linnanmaa -alueesta on ollut tavoitteena kehittää korkean teknologian, tutkimuksen, tuotekehityksen ja koulutuksen alue, ja Oulun kaupunkistrategiassa edellytetäänkin digitaalisten palveluiden kehittämistä osana kaupunkikehitystä. MetaCity Oulu –hankkeessa tavoitteena oli arvioida nykyisten kaupunkisuunnitteluperiaatteiden sopivuus älykaupungin kehityksessä. Yhtenä kaupunkisuunnittelun osa-alueena kehitettiin digitaalisen infrastruktuurin suunnittelumalleja. MetaCity Oulu -hanke sisältyi Oulun Innovaatioallianssin kohdeala I:een 'Digitalisaatio kaupunkiympäristön muutoksessa'. Siihen sisältyy kolme kärkiohjelmaa 1) MetaCity ja tulevaisuuden tietoverkot, 2) Oulun data-avaruus ja 3) Autonomisten ajoneuvojen ja laitteiden kehitysalusta.

Näiden ohjelmien kanssa toteutettiin valikoitujen liiketoiminta-alojen kokeiluja (Proof of Concept, PoC). Kokeiluihin kutsuttiin mukaan eri toimialojen yrityksiä suuryrityksistä startup-tiimeihin. Tavoitteena oli, että kokeiluista ja innovaatioista voidaan jatkossa tuottaa skaalattavia palveluita kaupunkeihin kansainvälisille markkinoille.

MetaCity Oulu -konseptia voidaan kuvata seuraavilla tavoilla:

- Toteuttaa toimintatapojen ja palvelujen muutoksen hyödyntämään monipuolisesti uudenlaisia digitaalisia mahdollisuuksia
- Nojautuu monitieteiseen tutkimukseen, joka hyödyntää huipputason ICT-teknologiatutkimusta toimien eri hankkeiden yhteiskehittämisen ympäristönä
- Ympäristö, joka kehittyy jatkuvasti ja jossa tutkijat, yritykset, startupit, kaupunkisuunnittelijat ja kansalaiset kohtaavat luoden vaikuttavuutta aikaansaavia ekosysteemejä
- Kokeilualue, jossa voidaan kehittää, pilotoida ja skaalata älykaupungin digitaalisia ja virtuaalisia sovelluksia, palveluita, kokemuksia ja tunteita pohjautuen tutkimuksen ja yritystuntuotekehityksen innovaatioihin
- Menetelmä, joka tuo uuden ulottuvuuden siihen, kuinka digitaalisia ja virtuaalisia sisältöjä koetaan tieteessä, teknologiassa, työssä, vapaa-ajassa ja kulttuurissa
- Konsepti, jonka keskeiset teemat ovat kestävä kehitys, digitaalinen tasavertaisuus, osallistaminen ja resilienssi.

Perinteisen älykaupunkikehityksen ongelmana on usein mainittu vaikeus tuoda tehtyjä kokeiluja varsinaiseen arkiseen käyttöön ja todellisiksi palveluiksi. MetaCityssä lähtökohtana on palveluiden, yhteisöjen ja prosessien tarve löytää uusia innovaatiota. Uusien innovaatioiden kehitys ja kokeilu tulee tehdä laaja-alaisen yhteistyön tuloksena ja hyödyntäen mahdollisuuksien mukaan, ja milloin se on järkevää, virtuaalisia teknologioita (AR/VR/3D -mallit). Kehittämällä digitaalisten ratkaisujen perusteita, kuten datalähteitä (IoT), datan hallintaa (data spaces), avoimia rajapintoja ja tuomalla nämä kaikkien saataville, luodaan pohjaa uusille MetaCity -innovaatioille.

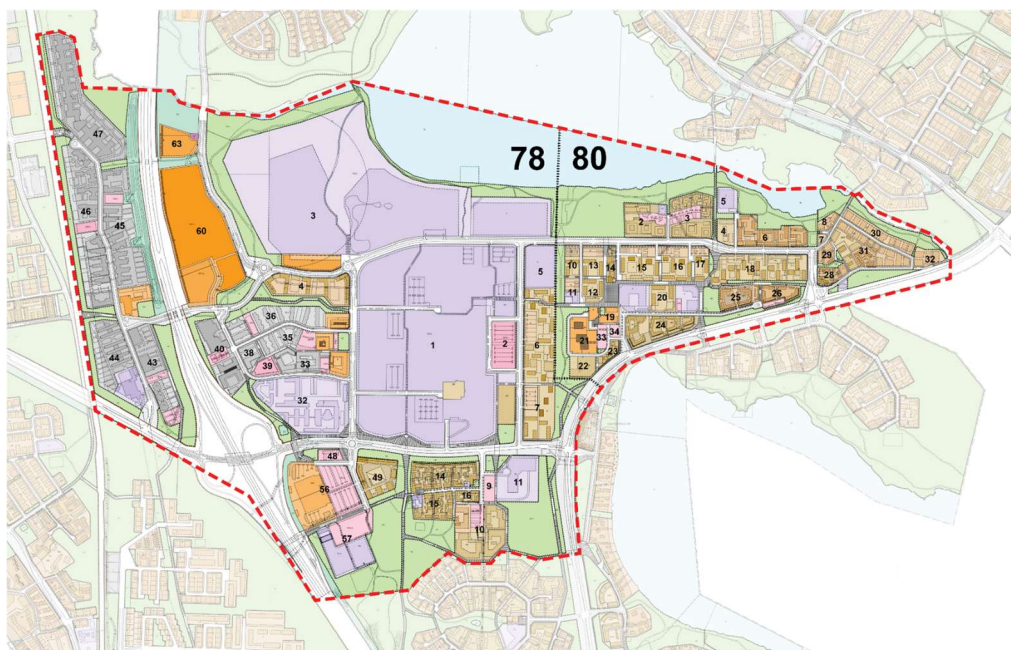
Kaupunkisuunnittelun kontekstissa MetaCityn keskeinen haaste on liittää edellä kuvatut tavoitteet osaksi maankäytön suunnittelun prosesseja, dokumentointia ja arviointia. Suomessa on menossa kokonaisvaltainen maankäytön suunnittelun uudistus, jossa kaavoituksen digitalisaatiota viedään voimakkaasti eteenpäin ja lainsäädäntöä uudistetaan lyhyen ajan sisällä. MetaCityn tulisi olla enemmän kuin kaavoituksen digitalisaatiota, ja siksi tässä MetaCity-hankkeen raportissa on selvitetty MetaCityn -kaupunkimallin rakentamisen periaatteellisia ratkaisuja ja mahdollisuuksia.

Raportti pohjautuu osaltaan Oulun innovaatioallianssin Tulevaisuuden tietoverkot -hankkeessa laaditun MetaCity -selvitystyön sekä IPaWa - Innovatiivinen pysäköinti ja hulevesien hallinta joustavassa ja älykkäässä kaupungissa -hankkeen tuloksien huomioimiseen. Hankkeissa muodostettu kuvaus kohdealueen suunnittelutilanteen ja älykaupunkikehityksen kuvauksesta on poimittavissa tarkemman selvittelyn ja jatkokehityksen pohjalle.

MetaCity-hankealue sijaitsee Oulun kaupungissa Linnanmaan kampuksen ympärillä. Hankealue on rajattu siten, että alueeseen sisältyy monipuolisesti erilaista maankäyttöä (**Error! Reference source not found.** ja **Error! Reference source not found.**).



Kuva 1. Tutkimusalue ilmakuvan päällä.



Kuva 2. MetaCity ajantasa-areen asemakaavan päällä.

Raportin sisältö rakentuu seuraavasti. Johdannon jälkeen kappaleessa 2 kerrotaan älykaupunkien kehitykseen liittyvät kansalliset ja EU-säädökset sekä käynnissä olevat ohjelmat. Kappaleessa 3 kuvataan maankäytön suunnittelun yleiset muutokset ja digitalisaatio, kaupunkirakenteen vyöhykkeet sekä tilanne kohdealueella. Kappale 4 käsittelee digitaalisuutta kaupunkirakenteessa esitellen hankkeessa tehdyt kokeilut. Kappaleessa 5 on esitelty dronien roolia älykaupunkikehityksessä ja kappale 6 sisältää datanhallintakäytännöt. Älykaupungin digitaalisten palveluiden kypsyyksimallia on pohdittu kappaleessa 7, ja kaupunkimalli sekä pohdintoja älykaupungin liiketoimintamallista esitellään kappaleessa 8. Johtopäätökset on esitelty kappaleessa 9.

2. MetaCity-teemaan liittyvät säädökset ja ohjelmat (EU ja Suomi)

Tieto on digitalisaation perusta. Tieto auttaa ja ohjaa ihmisten toimintoja kaupunkirakenteessa. Tietoa kerätään myös erilaisilla sensoreilla ja älylaitteilla, joista kaupunkisuunnittelijat eivät välttämättä ole tietoisia. MetaCity-hankkeessa selvitetään myös älykaupungin kaupunkisuunnittelumallia. Keskeinen kysymys on, *miten tieto/äly liittyy kaupunkirakenteeseen nyt ja millä tavalla kaupunkisuunnittelua älykaupungin viitekehityksessä tulisi digitalisaation näkökulmasta kehittää?*

Tuotamme tietoa monenlaisessa vuorovaikutuksessa ja tiedon kerääminen sekä tallentaminen edellyttää tiedon hallinnan rakenteita. Tietoon liittyy kansainvälistä ja kansallista regulaatiota. Maankäytön suunnittelu, erityisesti kaavoitus, perustuu vahvasti lainsäädäntöön ja siksi on tärkeä tunnistaa, miten maankäytön suunnitteluun liittyvää digitalisaatiota ja tietoa EU:ssa ja Suomessa säädellään ja miten tämä liittyy suomalaiseen maankäytön suunnittelua ohjaavaan regulaatioon.

Euroopan standardisointikomitean (European Committee for Standardization CEN) määritelmät sanoille *data (tieto)*, *data producer (tiedon tuottaja)*, *data provider (tiedon haltija)* ja *dataspace (data-avaruus)* ovat seuraavat:

Data= *re-interpretable representation of information in a formalised manner suitable for communication, interpretation, or processing.*

Data producer= *natural person, legal person, device or any software that generates data*

Data provider= *legal person that has the right or duty to make data available to data users through data products*

Dataspace= *Interoperable framework, based on common governance principles, standards, practices and enabling services, that enables trusted data transactions between participants.*¹

2.1. EU-tasoinen ohjeistus ja säädökset

EU:n tasolla on laadittu datahallintaa koskevaa lainsäädäntöä (Taulukko 1).

Taulukko 1. EU:n datanhallintaa koskeva regulaatio²

EU:n datanhallintaa koskevan lainsäädännön rakenne		
Tietoon liittyvä regulaatio (data-related legislation)	Tekoälysäädös	
	Henkilökohtainen data (personal data)	GDPR ja muut
	Ei henkilökohtainen data (non-personal data)	Avoin data direktiivi, Ei-henkilökohtaisten tietojen vapaan liikkuvuuden sääntely, Korkean

¹ CEN Cenelec workshop agreement on Trusted Data Transaction. https://www.cencenelec.eu/media/CEN-GENELEC/CWAs/RI/2024/cwa18125_2024.pdf, haettu 3.4.2025

² <https://dssc.eu/space/by15e/766066158/Regulatory+Compliance>, haettu 7.4.2025

		arvon tietoaaineistojen täytäntöönpanolaki,
	Uusi dataa koskeva lainsäädäntö	Datasäädös, Eurooppalainen datahallintosäädös, Yhteentoimiva Eurooppa-säädös
Alustaan liittyvä regulaatio	P2B säädökset	
	Digipalvelusäädös	
	Digitaalisia markkinoita koskeva säädös	
Kilpailuun liittyvä regulaatio	Art. 101 TFEU	
	Art. 102 TFEU	
Luottamukseen ja turvallisuuteen liittyvä regulaatio	Kyberresilienssisäädös	
	NIS 2-direktiivi	
	Kyberturvallisuussäädös	
	Euroopan Digitaalista identiteettiä koskeva asetus	
Sektorikohtainen lainsäädäntö	DataSpace-kohtainen lainsäädäntö	Euroopan Terveys Data Space
	Sektorikohtainen lainsäädäntö	
Sopimuslainsäädäntö	Kuluttajalaki	Epäoikeudenmukaiset kaupalliset käytännöt
	Kansallinen lainsäädäntö	

Data-avaruuden näkökulmasta on hyvä tunnistaa esimerkiksi 1) tiedon tyyppi eli hyödynnettävä data, 2) tiedon jakamiseen osallistuvat ja 3) mahdolliset data-avaruus käyttötapaukset, joiden avulla sovellettavaa regulaatiota voidaan rajata.³

2.1.1. Euroopan datastrategia

Euroopan datastrategia on hyväksytty helmikuussa 2020. Euroopan datastrategian avulla EU edistää datan vapaata liikkumista EU:n sisällä sisämarkkinoiden turvin.⁴ Datastrategian avulla EU esimerkiksi:

- Hyväksyy datan hallintaa, saatavuutta ja uudelleenkäyttöä koskevia lainsäädäntötoimenpiteitä.
- Asettaa dataa laajemmin saataville avaamalla arvokkaita julkisesti hallussa olevia data-aineistoja kaikkialla EU:ssa ja sallimalla niiden uudelleenkäyttö maksutta.
- Säättää pilvipalveluja koskevaa sääntökehystä ja edistää pilvipalvelujen hankintaa ja käyttöä.

Strategian tavoitteena on mm. muodostaa Euroopan yhteiset data-avaruudet strategisilla aloilla: terveys, maatalous, valmistusteollisuus, energia, liikkuvuus, rahoitus, julkishallinto,

³ <https://dssc.eu/space/bv15e/766066158/Regulatory+Compliance>, haettu 7.4.2025

⁴ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/strategy-data> haettu 13.12.2024

osaaminen, ja eurooppalaiset avoimen tieteen pilvipalvelut. Datastrategian mukaan data-avaruuksien perustana ovat yhteiset datainfrastruktuurit ja hallintokehykset.⁵ Lisäksi data-avaruuksien tulee olla:

- avoimia kaikille organisaatioille ja yksityishenkilöille
- turvallisia ja yksityisyyttä suojaava infrastruktuuri tietojen hallintaa ja käyttöä varten
- rakenteeltaan selkeitä suhteissa dataan pääsyyn ja sen käyttöön
- EU:n sääntöjen ja arvojen, erityisesti henkilötietojen ja kuluttajansuojan, sekä kilpailulainsäädännön mukaisia
- datan haltijoille annettu mahdollisuus myöntää pääsy tiettyihin henkilötietoihin tai muihin kuin henkilötietoihin tai jakaa niitä.
- mahdollisuus valtuuttaa datan haltijat asettamaan datansa saataville uudelleenkäyttöä varten maksutta tai korvausta vastaan.⁶

2.1.2. EU:n datasäädös

Asetus datan oikeudenmukaista saatavuutta ja käyttöä koskevista yhdenmukaistetuista säännöistä tuli voimaan 11. tammikuuta 2024. Datasäädös on EU:n datastrategian keskeinen osa. Datasäännöksellä EU haluaa⁷

- Parantaa datan tuottamiseen ja kuluttamiseen liittyvää yksityisten ja yritysten oikeusturvaa.
- Tasapuolistaa datan yhteiskäyttöön liittyvää sopimuksellista epätasapainoa, jossa markkina-asetussa vahvempi toimija on asettanut yrityksille kohtuuttomia ehtoja.
- Luoda säännöt, jolla julkiselle toimijalle mahdollistetaan pääsy yksityisen sektorin hallinnoimaan dataan.
- Luoda säännöt, joilla asiakkaat voivat vaihtaa datankäsittelypalvelun tuottajaa.
- Tarkentaa tietokantadirektiiviä *suis generis-tietokantaoikeuden* osalta. Suis-generis oikeus koskee tiettyjen tietokantojen sisällön turvaamista ja ulottaa sen soveltamisen tietokantoihin, jotka on johdettu esineiden internetin (IoT) laitteiden kautta tuotetusta tai hankitusta datasta.

2.1.3. EU:n Datanhallintosäädös

EU:n datahallintosäädöksen avulla halutaan lisätä datan vapaaehtoiseen jakamiseen liittyvää luottamusta. Datan jakamista halutaan edistää, jotta data pohjalta olisi mahdollista kehittää liiketoimintaa ja innovaatioita. Säännöksellä halutaan säädellä julkisen sektorin hallussa olevan ja suojatun datan uudelleenkäyttöä. Tämä edellyttää, että julkisella sektorilla on tekniset valmiudet arvioida tietoa. Teknisiä valmiuksia voivat olla esimerkiksi anonymisointi, pseudonymisointi tai pääsy dataan julkisen sektorin valvomissa suojatuissa käsittely-ympäristöissä ja sopimusperusteiset keinot. Mikäli julkinen sektori ei voi luovuttaa tietoa, tulisi

⁵ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-spaces>, haettu 13.12.2024

⁶ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-spaces>, haettu 13.12.2024

⁷ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-act>, haettu 13.12.2024

sen auttaa datan uudelleen käyttäjää hankkimaan suostumus henkilötietojen uudelleenkäyttöön. Datahallintosäännöksellä halutaan rajata yksinoikeussopimuksiin vetoamista yleistä etua koskevaan toimintaan datan uudelleenkäyttötapauksissa. Datan uudelleenkäyttöä halutaan edistää rajaamalla julkisen sektorin perimät maksut kohtuullisiksi. Tietyissä tapauksissa EU suosittaa maksujen alentamista tai maksuista kokonaan luopumista (tieteellinen tutkimus, pk-yritykset, start-up). Julkisen sektorin tulee 2 kk kuluessa antaa päätös tiedon uudelleenkäyttöpyynnöstä. Lisäksi jäsenvaltioiden on perustettava keskitetty tietopiste.⁸

2.1.4. Euroopan komission julkisen sektorin hallussa olevien suojattujen tietojen rekisteri

Euroopan komission julkisen sektorin hallussa olevien suojattujen tietojen rekisterihakukelpoinen rekisteri on kooste kansallisten keskitettyjen tietopisteiden kokoamista tiedoista, jotta voidaan edelleen helpottaa tietojen uudelleenkäyttöä sisämarkkinoilla ja niiden ulkopuolella.⁹

2.1.5. Euroopan Parlamentin ja Neuvoston direktiivi (EU) 2019/1024 avoimesta datasta ja julkisen sektorin hallussa olevien tietojen uudelleenkäytöstä

Kyseinen direktiivi on annettu 20 päivänä kesäkuuta 2019 ja sillä säännellään julkisen sektorin hallussa olevan julkisen/saatavilla olevan tiedon uudelleenkäyttöä.¹⁰

2.1.6. Euroopan unionin tekoälyasetus (EU) 2024/1689

Euroopan Unionini hyväksyi tekoälysäädöksen (asetuksen) EU 2024/1689 kesäkuussa 2024.¹¹ Säännös tuli voimaan 1.8.2024.¹² Tekoälysäädöksellä halutaan varmistaa, että tekoälyn käyttö on turvallista, eettistä ja luotettavaa.¹³ Tekoälysäädöksessä asetetaan velvoitteita tekoälyteknologioiden tarjoajille sekä säännellään lupamenettelyjä. Tekoälysäädöksessä määritellään myös tekoälyn käyttötarkoitusten neljä riskitasoa (Taulukko 2).¹⁴

⁸ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/fi/policies/data-governance-act-explained> , haettu 13.12.2024

⁹ <https://data.europa.eu/data/datasets?superCatalogue=erpd&locale=fi> , haettu 13.12.2024

¹⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L1024> , haettu 13.12.2024

¹¹ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401689 , haettu 23.4.2025

¹² https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/166199/VM_2025_9.pdf?sequence=1&isAllowed=y , haettu 23.4.2025

¹³ [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2021\)698792](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2021)698792) , haettu 13.12.2024

¹⁴ <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/artificial-intelligence/#0> , haettu 9.4.2025

Taulukko 2. Tekoälysäädöksen mukaiset riskitasot

Riskitaso	Esimerkkejä käyttötarkoituksesta	Säätely tekoälysäädöksessä
Minimaalinen riski tai ei riskiä	Videopelit, roskapostisuodattimet	Ei säännellä tekoälysäädöksessä
Rajoitettu riski	Chatbots	Sovelletaan läpinäkyvyysvelvoitteita
Korkea riski	Käyttö liikenteessä, kokeiden arvioinnissa, rekrytoinnissa, lainojen myöntämisessä.	Asetetaan tiukkoja vaatimuksia ja velvoitteita
Ei hyväksyttävä riski	Kasvotunnistus, sosiaalinen luokittelu.	Kielletään kokonaan EU:ssa

Tekoälysäädöksessä määritellään generatiivisen tekoälyn tuottamalle sisällölle läpinäkyvyysäännöt eli generatiivisten tekoälyjärjestelmien tarjoajien tulee merkitä generatiivisella tekoälyllä tehdyt tuotokset koneluettavalla ja tunnistettavalla tavalla.¹⁵

2.1.7. EU:n yleinen tietosuoja-asetus eli General Data Protection Regulation (GDPR)

EU:n yleisestä tietosuoja-asetusta (GDPR) on sovellettu 25.5.2018 alkaen. Asetuksella suojataan yksityishenkilöitä silloin, kun heidän tietoaan käsitellään julkisella ja yksityisellä sektorilla.¹⁶

Yksilö ja GDPR:

- pääsy omiin tietoihin helpottuu
- oikeus siirtää tietoja järjestelmästä toiseen
- oikeus tietojen poistamiseen
- oikeus saada tietoa tietoturvaloukkauksesta

Yritys ja GDPR:

- EU:n alueella yhteiset tietoturva koskevat säännöt
- tietosuojavastaavat viranomaisiin ja yrityksiin
- yhden luukun periaate
- säännöt EU:n ulkopuolisille yrityksille
- innovaatioita mahdollistavat säännöt
- ilmoituksista luopuminen henkilötietojen siirron osalta (digitaaliset markkinat)
- vaikutusten arviointi tietosuoja koskien
- käsittelyjen kirjaamiseen liittyvät toimintaperiaatteet
- työkaluja tietojen siirtämiseksi EU:n ulkopuolelle¹⁷

GDPR:n mukaan henkilötietojen käsittely on lainmukaista esimerkiksi ainoastaan, jos ja vain siltä osin kuin vähintään yksi seuraavista edellytyksistä täyttyy¹⁸:

a) rekisteröity on antanut suostumuksensa henkilötietojensa käsittelyyn yhtä tai useampaa erityistä tarkoitusta varten;

¹⁵ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/qanda_21_1683, haettu 8.4.2025

¹⁶ <https://eur-lex.europa.eu/FI/legal-content/summary/general-data-protection-regulation-gdpr.html>, haettu 11.4.2025

¹⁷ <https://eur-lex.europa.eu/FI/legal-content/summary/general-data-protection-regulation-gdpr.html>, haettu 11.4.2025

¹⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679>, haettu 11.4.2025

b) käsittely on tarpeen sellaisen sopimuksen täytäntöön panemiseksi, jossa rekisteröity on osapuolena, tai sopimuksen tekemistä edeltävien toimenpiteiden toteuttamiseksi rekisteröidyn pyynnöstä;

c) käsittely on tarpeen rekisterinpitäjän lakisääteisen veloitteen noudattamiseksi;

d) käsittely on tarpeen rekisteröidyn tai toisen luonnollisen henkilön elintärkeiden etujen suojaamiseksi;

e) käsittely on tarpeen yleistä etua koskevan tehtävän suorittamiseksi tai rekisterinpitäjälle kuuluvan julkisen vallan käyttämiseksi;

f) käsittely on tarpeen rekisterinpitäjän tai kolmannen osapuolen oikeutettujen etujen toteuttamiseksi, paitsi milloin henkilötietojen suoja edellyttävät rekisteröidyn edut tai perusoikeudet ja -vapaudet syrjäyttävät tällaiset edut, erityisesti jos rekisteröity on lapsi. Tätä ei sovelleta tietojenkäsittelyyn, jota viranomaiset suorittavat tehtäviensä yhteydessä.

Tilanteita, joissa tunnistamista ei tarvita ovat esimerkiksi:

1. Jos toiminta ei edellytä, että rekisterinpitäjä tunnistaa rekisteröidyn.

2. Jos rekisterinpitäjä pystyy osoittamaan, ettei se pysty tunnistamaan rekisteröityä. Tällöin rekisterinpitäjän on kuitenkin ilmoitettava asiasta rekisteröidylle, jos tunnistaminen on mahdollista.

Laissa rakennetun ympäristön tietojärjestelmistä (431/2023) on huomioitu aineiston keräämisen yhteydessä mahdollisesti syntyvä rekisteri. Suomen ympäristökeskus, kunnat ja maakuntien liitot ovat alueidenkäytön tietovarannon yhteisrekisterinpitäjiä. Suomen ympäristökeskus ja kunnat ovat rakennustietovarannon yhteisrekisterinpitäjiä (Laki rakennetun ympäristön tietojärjestelmistä 1 §), mutta kukin rekisterinpitäjä vastaa luonnollisten henkilöiden suojelusta henkilötietojen käsittelyssä sekä näiden tietojen vapaasta liikkuvuudesta (Laki rakennetun ympäristön tietojärjestelmistä 2 §). Suomen ympäristökeskus vastaa tietojen luovuttamisesta tietovarannoista ja GDPR:n mukaisesta informointivelvollisuudesta, rekisteröidyn oikeudesta saada pääsy omiin tietoihinsa, selosteesta sekä käsittelyn turvallisuudesta. Lisäksi Suomen ympäristökeskus toimii yleisen tietosuojasetuksessa tarkoitettuna rekisteröityjen yhteyspisteinä.

2.1.8. Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europa (INSPIRE)

Direktiivi Euroopan yhteisön paikkatietoinfrastruktuurista on tullut voimaan 14.3.2007. Direktiivin mukaan jäsenvaltioiden paikkatietoinfrastruktuurit olisi suunniteltava niin, että voidaan varmistaa paikkatietojen säilyttäminen, saatavuus ja ylläpito asianmukaisimmalla tasolla.

Yhteisön alueelta eri lähteistä peräisin olevia paikkatietoja olisi voitava yhdistellä johdonmukaisesti ja niiden yhteiskäytön olisi oltava mahdollista useiden käyttäjien ja sovellusten kesken. Yhdellä viranomaistasolla kerättyjen paikkatietojen käytön olisi oltava mahdollista muilla viranomaistasoilla. Paikkatietojen olisi oltava saatavissa ehdoin, jotka eivät aiheuttomasti rajoita tietojen laajaa käyttöä. Saatavissa olevien paikkatietojen olisi löydettävä helposti, niiden soveltuvuus olisi voitava arvioida helposti ja niiden käyttöehdot olisi saatava

helposti selville.¹⁹ Suomessa direktiivi on pantu täytäntöön lailla paikkatietoinfrastruktuurista (421/2009).²⁰

2.2. EU digitaalisuuden edistäjänä kunnissa ja kaupungeissa

Euroopan Unioni kannustaa kaupunkeja tekemään paikallisia digitaalisia kaksosia.²¹

Esimerkiksi EU:n tekoälytoimiston ohjeissa kaupungeille ohjeistetaan kaupunkeja rakentamaan tekoälytyökaluja seuraavasti:

1. *Rakenna digitaalinen kopio, joka tallentaa kaupungin keskeiset ominaisuudet, mukaan lukien 3D-mallit rakennuksista, kaduista ja liikennejärjestelmistä kattavaa kaupunkien edustusta varten.*
2. *Kokoa ja integroi kaupunkitiedot eri lähteistä - kiinteistörekisterit, historialliset tiedot ja reaaliaikaiset syötet (esim. liikennevirta) - vankan perustan luomiseksi simulaatioille.*
3. *Hyödynnä tekoälypohjaisia analytiikkatyökaluja kaupunkidatan käsittelyyn ja simulaatioiden suorittamiseen erilaisten skenaarioiden testaamiseksi.*
4. *Visualisoi ja tulkitse simulaatiotuloksia datavetoisen päätöksenteon tueksi.*

Digitaalisuus edellyttää EU:n näkökulmasta, että kuntien ja kaupunkien suunnitteluperiaatteet ja käytettävät ohjelmat monipuolistuvat ja kaupunkisuunnittelu integroituu selvemmin muuhun datapohjaiseen aineistoon ja tiedontuotantoon.

Euroopan Unionin Living-in.EU -aloitteen avulla eurooppalaiset kaupungit ja kunnat voivat hyödyntää EU:n alueella olevaa osaamista kestäväen kehityksen ja älykaupunkikehityksen osalta. EU:ssa korostetaan yhteisiä arvoja ja Living-in.EU:ssa noudatetaan seuraavia periaatteita:

Kansalaiskeskeisyys, kaupunkilähtöinen lähestymistapa EU-tasolla, kaupunki kansalaisvetoisena ja avoimena innovaatioekosysteeminä, eettinen ja sosiaalisesti vastuullinen tiedon saatavuus, käyttö, jakaminen ja hallinta, teknologiat keskeisinä mahdollistajina sekä yhteentoimivien ekosysteemien käyttöönotto, joka perustuu avoimiin standardeihin ja teknisiin eritelmiin, sovellusohjelmointirajapintoihin (API) ja jaettuihin tietomalleihin.²² (käännös: Microsoft Copilot)

European Data Space for Smart Communities (DS4SSCC-DEP)

European Data Space for Smart Communities (DS4SSCC-DEP) visiossa tavoitellaan hallinnoitua, alueellista ja paikkatietoperustaista data-avaruutta, joka vastaisi EU:n tavoitteisiin. DS4SSCC määrittää älykkäiden yhteisöjen data-avaruuksia koskevat periaatteet ja vision, kuvailee yksityiskohtaisesti osallistujien roolit ja vastuut, ehdottaa hallintorakenteita ja tarkastelee DS4SSCC:n tietojen jakamiseen liittyviä oikeudellisia ja sopimuksellisia puitteita.²³

¹⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0002&from=EN>, haettu 11.4.2025

²⁰ <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadostokokoelma/2009/421>, haettu 11.4.2025

²¹ <https://inventory.ds4sscc.eu/>, haettu 3.2.2025

²²

https://static1.squarespace.com/static/63718ba2d90d0263d7fc1857/t/651ea670a884c256d84f4864/1696507511589/DS4SSCC_D2.2+Multi-stakeholder+governance+scheme.docx.pdf, haettu 23.6.2025

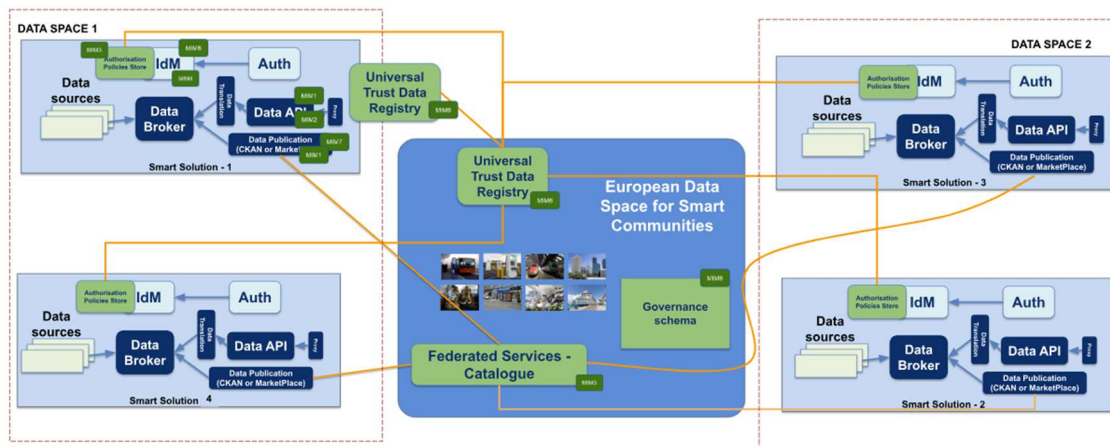
²³ <https://inventory.ds4sscc.eu/multi-stakeholder-governance>, haettu 22.4.2025

Data-avaruudet olisivat mm. kehittäjien ja infrastruktuuritoimijoiden käytettävissä. Data-avaruus mahdollistaisi yhteissuunnittelun (co-creation), standardoinnin, liiketoimintamallien rakentamisen, data-avaruuksien strategiat sekä yhteisen alustan kehittämisen.²⁴

DS4SSCC:n merkitys Euroopan vihreän kehityksen ohjelman toteutuksessa on nähty merkittäväksi. DS4SSCC:ssä paikalliset viranomaiset ja kunnat voivat olla sekä tiedon tuottajia että kuluttajia, koska he tuottavat tärkeää paikallistason kokemusta ja tietotaitoa DS4SSCC:n käyttöön. Kaupunkisuunnitteluun, liikenteeseen, ilmastomuutokseen sopeutumisessa ja energiavirran hallintaan liittyvissä prosesseissa syntyy merkittävää paikallistason tietotaitoa ja dataa.²⁵

Euroopan Data Space Support Centre (DSSC, Kuva 3) määrittää data-avaruudet seuraavasti:

A distributed system defined by a governance framework that enables secure and trustworthy data transactions between participants while supporting trust and data sovereignty. A data space is implemented by one or more infrastructures and enables one or more use cases.²⁶



Kuva 3. European Data Space for Smart Communities (<https://inventory.ds4sscc.eu/>)

European Local Digital Twin Toolbox -hanke

EU:n Local Digital Toolbox-hankkeessa (syyskuu 2023 – syyskuu 2025) tavoiteltiin digitaalista kypsyttä erityisesti sellaisissa kunnissa/kaupungeissa, jotka eivät ole valmistuneimpia digitaaliseen muutokseen. Hankkeen tavoite on kehittää eurooppalaisten paikallisten digitaalisten kaksosten työkalupakki (*European Local Digital Twin eli LDT*), jotta digitaalisten kaksosten käyttäminen olisi helpompaa myös harvaanasutuilla alueilla ja pienissä kunnissa. Hankkeessa on kaksi keskeistä toimijaa: 1) Älykkäiden yhteisöjen verkosto (*Smart Communities Network*) ja 2) älykkäät sekä ketterät kaupungit ja yhteisöt (*Open & Agile Smart Cities & Communities eli OASC*), jossa on jäsenenä 160 kaupunkia yli 35 maasta. Euroopasta mukana

²⁴ <https://inventory.ds4sscc.eu/>, haettu 3.2.2035

²⁵

https://static1.squarespace.com/static/63718ba2d90d0263d7fc1857/t/651ea670a884c256d84f4864/1696507511589/DS4SSCC_D2.2+Multi-stakeholder+governance+scheme.docx.pdf, haettu 23.6.2025

²⁶ <https://docs.google.com/document/d/15x6WHHGS0G4ZuXQw8u3AinpJrgbydriL/edit>, haettu 23.6.2025

ovat Helsinki, Espoo, Tampere, Turku, Oulu ja Vantaa²⁷. Älykkäiden kaupunkien verkostossa on yli 27 kaupunkia EU:n alueelta.²⁸

Hankkeessa huomioidaan yhteentoimivuuden vähimmäismekanismit (*the Minimum Interoperability Mechanisms for the EU eli MIMs Plus*)²⁹, jotka mahdollistavat erilaisten älykkäiden kaupunkien ratkaisujen yhteensovittamisen ja yhdenmukaistamisen. Hankkeessa tuotetaan: 1) yksityiskohtainen digitalisaation tiekartta, 2) online-neuvontapalvelut, 3) digitaalista osaamista tukevat koulutustilaisuudet.

Hankkeen tavoitteena on:³⁰

1. Kartoittaa paikallisten digitaalisten kaksosten tilanne EU:ssa
2. Neuvoa osallistujia yhteissuunnitteluun sekä ohjata paikallisen digitaalisen kaksosten työkalupakin kehittämisessä.
3. Määrittellä erilaisia skenaarioita paikallisen digitaalisen kaksosten käytölle.
4. Ehdottaa teknisiä ominaisuuksia EU:n paikallisen digitaalisen kaksosten työkalupakkiin.
5. Laatia tiekartta EU:n paikallisten digitaalisten kaksosten työkalupakin käytölle.

2.3. Kansallisia strategioita ja ohjelmia

2.3.1. Teollisuuspoliittinen strategia

Työ- ja elinkeinoministeriö on julkaissut teollisuuspoliittisen strategian 4.12.2024. MetaCityn näkökulmasta keskeiset tavoitteet on strategiassa kuvattu seuraavasti:

Kannustamme yrityksiä lisäämään panostuksiaan T&K-toimintaan suuntaamalla valtion lisärahoitusta yritysrelevanttiin yhteistutkimukseen ja T&K-osaamiseen sekä panostamme yhteiskäyttöisiin tutkimus- ja teknologiainfrastruktuureihin, samoin kuin yrityksiä palvelemaan datainfrastruktuuriin sekä suurteho- ja kvanttilaskentaan.

Kehitämme digitaalista infrastruktuuria ja huolehdimme riittävästä palvelin-, laskenta- ja tiedonsiirtokapasiteetista.³¹

2.3.2. Elämäntapahtumalähtöinen digitalisaatio

Valtiovarainministeriö edistää elämäntapahtumalähtöisen digitalisaation kehittämistä julkisessa hallinnossa ja yhteiskunnassa Suomessa. Tavoitteena on tuottaa ihmisten tarpeet kokonaisvaltaisesti paremmin huomioivia palveluja sujuvoittamalla sekä saumattomien palvelupolkujen avulla.³² Elämäntapahtumalähtöisen digitalisaation edistämishjelma perustuu Petteri Orpon hallitusohjelmassa olevaan kirjaukseen digitalisaatiosta.

Valtionvarainministeriön mukaan edistämishjelman tavoitteena on tuottaa ohjelmakauden aikana vähintään 10 elämäntapahtumiin ja liiketoimintatapahtumiin liittyvää toimeenpanokelpoista hankekonseptia. Ohjelmassa myös tuotetaan

²⁷ <https://oascities.org/list-of-cities/finland/>, haettu 22.4.2025

²⁸ <https://oascities.org/european-local-digital-twin-toolbox-project/>, haettu 22.4.2025

²⁹ <https://data.europa.eu/fi/news-events/news/minimal-interoperability-mechanisms-advancing-europes-digital-future>, haettu 22.4.2025

³⁰ <https://living-in.eu/news/co-design-local-digital-twins-ldt-toolbox-technical-specifications-advancing-transformation>, haettu 3.2.2025

³¹ https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165954/TEM_2024_49.pdf?sequence=1&isAllowed=y haettu 13.12.2024

³² <https://vm.fi/elamantapahtumalähtöinen-digitalisaatio>, haettu 22.4.2025

elämäntapahtumalähtöisen digitalisaation pidemmän aikavälin kehityssuunnitelma sekä skaalautuva ja osallistava yhteistyö- ja kehittämismalli palvelukokonaisuuksien kehittämiseksi.³³

2.3.3. Suomen digitaalinen kompassi

Digitaalinen kompassi tarkastelee Suomen haasteita ja mahdollisuuksia digitalisaation ja datatalouden kehittämisessä ja hyödyntämisessä. Digikompassi on vuoteen 2030 ulottuva kansallinen strateginen etenemissuunnitelma ja sen tavoitteet on jaettu neljään ryhmään: 1) digitaalisesti osaava väestö ja työvoima, 2) digitaalinen infrastruktuuri, 3) yritysten digitalisaatio ja 4) digitaaliset julkiset palvelut.³⁴ Suomen digikompassi huomioi EU:n digikompassin tavoitteet.³⁵ Digikompassin mukaan *kybersietokyvyltään vahva kriittinen infrastruktuuri, johon kuuluvat välittömän ICT-infrastruktuurin lisäksi myös ICT:stä riippuvalaiset energia-, liikenne- ja vesihuollon verkot, on yhteiskunnan toimintakyvyn peruspilareita*. Lisäksi digikompassissa todetaan, että *Suomessa on siirryttävä teknologiakeskeisestä ajattelutavasta kohti uusia toiminta- ja liiketoimintamalleja, jotka hyödyntävät globaalisti skaalautuvia asiakas- ja arvokeskeisiä teknologioita*. Digikompassin arvoja ovat: 1) kestävyys, 2) luottamus, 3) ihmiskeskeisyys, 4) osallisuus, 5) uudistuminen ja 6) digitaalinen turvallisuus.³⁶

Suomessa tavoitellaan teknologianeutraalin toimintaympäristön rakentamista digitalisaation edistämiseksi. Palveluja tulisi tarjota yhden luukun periaatteella ja niin, että ihmiset voivat turvallisesti jakaa itseään koskevaa ja hallussaan olevaa dataa. Datatalouden kasvu on Suomelle merkittävä potentiaali ja erityisesti B2B-liiketoiminnassa. Dataoperaattoreiden ja datan välittäjäpalveluja tarjoavien yritysten rooli on muutoskassa; innovointi ja laajemmat palvelukonseptit ovat osa toimenkuvaa. Osallistumista yhteiskunnalliseen toimintaan tulisi tukea ja edistää digitalisaation avulla, joten digitaidot arvioidaan uudeksi kansalaistaidoksi. Digitalisaatio edellyttää sisäänrakennettua digi- ja kyberturvallisuutta sekä resilienssiä. Valtionhallinnon tulosohjaus kytketään digikompassin tavoitteiden toteuttamiseen.³⁷

Digikompassin rinnalla digitalisaation toteutumista seurataan digisalkun avulla. Digisalkku on seurantatyökalu, joka kattaa valtionhallinnon merkittävimmät digitalisaatiohankkeet.³⁸

2.3.4. Suomen digitoimisto

Digitoimisto on digitalisaation ja datatalouden vastuualuetta koskeva ministeriöiden pysyvä yhteistyöryhmä. Digitoimisto koostuu pysyvistä virkahenkilöstöön kuuluvista asiantuntijoista. Kaikilla ministeriöillä on edustaja digitoimistossa. Digitoimiston tehtävänä on mm. edistää Suomen digikompassin tavoitteita.³⁹

³³ <https://vm.fi/elamantapahtumalahtoisien-digitalisaation-edistamisohjelma>, haettu 22.4.2025

³⁴ <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-906-9>, haettu 22.4.2025

³⁵ https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_fi, haettu 22.4.2025

³⁶ <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-906-9>, haettu 22.4.2025

³⁷ <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-906-9>, haettu 22.4.2025

³⁸ <https://vm.fi/digisalkku>, haettu 23.4.2025

³⁹ <https://vm.fi/digitoimisto>, haettu 22.4.2025

2.4. Säästösten vaikutus MetaCityn kaupunkimallin kehittämiseen

MetaCity- hankkeen kannalta on tärkeää 1) tunnistaa, 2) soveltaa ja 3) edistää EU:n älykaupunkikehitykseen ja digitalisaatioon liittyvää regulaatiota, siten kun se kansallisessa järjestelmässä on sovellettavissa. EU edellyttää ja tukee toimia, jotka ovat linjassa EU-tason periaatteiden ja normien sekä regulaation kanssa. Nämä konkretisoituvat lainsäädäntötyössä, hankerahoituksessa sekä yhteistyötavoissa.

MetaCityn kaupunkimalli liittyy olennaisesti kaavoitukseen ja yleisten alueiden suunnitteluun. Suomalaisessa järjestelmässä julkista valtaa voi käyttää vain, mikäli se perustuu lainsäädäntöön. Maankäytön suunnittelussa yleistä etua ja yksityistä etua sekä niiden yhteensovittamista tehdään juuri prosessissa regulaation määrittämässä viitekehityksessä. Maankäytön suunnittelun prosesseja ja dokumentaatiota ohjataan vahvasti kansallisella regulaatiolla, joten ajantasaisilla säädöksillä on merkittävä vaikutus paitsi kaupunkimallin sisältöön sinänsä, myös siihen, miten kaupunkimallia voidaan kehittää voimassa olevan regulaation nojalla tai toisaalta, miten regulaatiota tulisi kehittää tukemaan paremmin MetaCity-kaupunkimallin tavoitteita. Toisaalta kaupunkeja ja kuntia voidaan kehittää innovaatiolähtöisesti regulaation viitekehityksessä. Kansalliset ohjelmat, joilla tuetaan digitalisaatiota, tukevat erilaisissa kehitysvaiheissa olevia kuntia ja kaupunkeja saavuttamaan EU:ssa asetettuja ja kansallisesti määriteltyjä tavoitteita.

Kansallinen maankäytön suunnittelun lainsäädäntö määrittää myös prosessin osalliset ja näiden roolit prosesseissa, joten MetaCityn kaupunkimallin edistämiseksi voi olla tarvetta arvioida esimerkiksi prosessin osapuolia uudella tavalla.

Hankintalaki on erittäin isossa roolissa älykaupunkikehityksen onnistumisessa. Tämänhetkistä hankintalakia (vuosi 2025) ei pidetä erityisen onnistuneena ohjelmistojen ja tietojärjestelmien hankkimiseen, vaikka nämä ovat keskeisessä roolissa digitalisaation ja siten älykaupunkikehityksen onnistumisessa. Lakia pidetään yleisesti epäonnistuneena sekä ostajan, että myyvien taholta. Iso ongelma on, että pitää pystyä ostamaan jotain mitä ei oikein ostohetkellä pystytä määrittelemään. Ja hinnan pitäisi olla kiinteä. Tämä johtaa monenlaisiin ongelmiin, kuten vääränlaisten lopputulosten syntymiseen, todella suuriin muutuskuluihin, ja todella hankaliin toimitusprosesseihin. Lopputulos on monesti tuplasti kalliimpi kuin olisi ollut yksityisen puolen ostossa, ja tulos puolet huonompi. Tämä näkyy toimimattomina järjestelminä ja korkeina veroina kansalaisille.

Itse lain lisäksi puutteita on sen noudattamisessa ja osaamisessa. Hankintalaki sallii ketterämpiä menettelyjä esimerkiksi neuvottelumenettely, mutta aina osaamista näiden kautta ostamiseen ei ole. Lisäksi ohjelmistohankinnoissa korostuu ostavan tiimin osaaminen ja monesti se tyypistyy pisteytysmalliin, johon vaikuttavat tekijöiden osaaminen vuosissa ja tuntihinta. Jokainen ohjelmistoyrityksen myyjä osaa kertoa, että nuo yksinään ovat huono mittari ostettavan tiimin kyvykkyydelle. Monia osa-alueita ei pisteytetä ollenkaan kuten oman eurooppalaisen teollisuuden pärjääminen esimerkiksi yhdysvaltalaisista toimittajaa vastaan (huoltovarmuus) tai toimitettavan ratkaisun 'vihreys'. Hankintaosaamisen kehittämiseen kannattaa siis panostaa, samoin kuin kokeneiden konsulttien käyttöön ostamisessa.

Hankintalain uudistus vastaamaan nykyajan tapoja ostaa ja toimittaa ohjelmistoja ja IT-järjestelmiä olisi kriittistä, jotta älykaupunkikehitys voi edistyä järkevästi kohtuullisilla

kustannuksilla. Tästä vastuu siirtyy eduskunnalle ja vielä tarkemmin kulloinkin vallassa olevalle hallintoneuvostolle. Tänne painetta voi siirtää oman alueen kansanedustajien kautta. Digitalisaatio on Suomessa ja muuallakin vasta ihan alkumetreillä, ja tulevaisuudessa ostettavien ohjelmistojen ja järjestelmien määrä ja kustannusvaikutus on valtava.

3. Maankäytön suunnittelu MetaCityssä

3.1. Maankäytön suunnittelua koskevat muutokset ja digitalisaatio

Digitalisaatio vaikuttaa suomalaiseen maankäytön ja rakentamisen suunnittelujärjestelmään, dokumentaatioon ja tiedon hallintaan. Maankäyttöä ja rakentamista ohjaavaa lainsäädäntöä on uudistettu 2010-luvun loppupuolelta asti aktiivisesti ja keskeinen lainsäädäntö mahdollistaa nopean digiloikan suomalaisessa suunnittelujärjestelmässä.

3.2. Lainsäädännön muutokset

3.2.1. Maankäyttöä ja rakentamista koskeva uudistunut lainsäädäntö

Suomessa maankäyttöä ja rakentamista koskevaa lainsäädäntöä on uusittu säännöllisin väliajoin. Rakennuslaki (370/1958) tuli voimaan 1.7.1959. Rakennuslain kokonaisuudistuksen yhteydessä säädettiin maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999), joka tuli voimaan 1.1.2000. Maankäyttö- ja rakennuslain (MRL) kokonaisuudistus käynnistyi vuonna 2018. Maankäyttö- ja rakennuslain säädöksiä jaetaan seuraaviin lakeihin: 1) rakentamislaki (751/2023, 897/2024), 2) Alueidenkäyttölaki (132/1999), 3) yhdyskuntakehittämislaki ja 4) yhdyskuntarakentamislaki. Lisäksi on säädetty ympäristön tietojärjestelmiä koskeva laki.

Rakentamislaki (751/2023) on tullut voimaan 1.1.2025. Maankäyttö- ja rakennuslain nimi on muuttunut alueidenkäyttölaki 1.1.2025 ja rakentamislakiin on siirretyt säännökset ovat kumoutuneet alueidenkäyttölaista tuolloin. Laki rakennetun ympäristön tietojärjestelmästä (431/2023) on tullut voimaan 1.1.2024.

Laki rakennetun ympäristön tietojärjestelmästä (431/2023, RYTJ-laki)

Tiedon hajanaisuus ja tiedon saatavuus ovat olleet keskeisiä ongelmia erityisesti kaavoituksessa. Digitalisaatio mahdollistaa rakennetusta ympäristöstä tuotetun tiedon keräämisen kootusti ja tieto voidaan jakaa avoimesti. Rakennetun ympäristön tietojärjestelmä palvelee alueidenkäyttöä ja rakentamista koskevia tiedonsaannin tarpeita (2 §). Suomen ympäristökeskus vastaa rakennetun ympäristön tietojärjestelmän perustamisesta, ylläpidosta ja kehittämisestä. Suomen ympäristökeskuksen tehtävänä on lisäksi koota yhteen ja jakaa rakennetun ympäristön tietoja sekä laatia ja ylläpitää rakennetun ympäristön tietojärjestelmään tallennettavista tiedoista tarpeellisia tilastoja (3 §).

Kunnan ja maakunnan liiton tulee 1.1.2029 alkaen toimittaa Suomen ympäristökeskukseen seuraavat tiedot yhteen toimivassa ja koneluettavassa muodossa:

- 1) tieto kaavan vireille tulosta ja suunnittelualueen rajaus;
- 2) kaavan osallistumis- ja arviointisuunnitelma;
- 3) tieto kaavan valmisteluaineiston nähtäville asettamisesta;
- 4) kaavaehdotus;
- 5) tieto kaavaehdotuksen nähtäville asettamisesta;
- 6) hyväksytty kaava;
- 7) tieto kaavaa koskevan päätöksen muutoksenhaun vireilläolosta;

- 8) tieto kaavan tai sen osan voimaantulosta;
- 9) lainvoimainen kaava;
- 10) hyväksytyt kaavan selostus;
- 11) tieto kaavan kumoutumisesta;
- 12) voimaantullut tonttijako sekä tieto tonttijaon kumoutumisesta;
- 13) rakennuskielto sekä tieto kiellon kumoutumisesta tai raukeamisesta;
- 14) rakentamisrajoitus sekä tieto rajoituksen kumoutumisesta tai raukeamisesta;
- 15) toimenpiderajoitus sekä tieto rajoituksen kumoutumisesta tai raukeamisesta;
- 16) suunnittelutarvealue sekä tieto sen kumoutumisesta tai raukeamisesta;
- 17) voimaantullut rakennusjärjestys.

Rakennetun ympäristön tietojärjestelmään toimitettavista rakentamista koskevista tiedoista säädetään rakentamislain (751/2023) 72 ja 73 §:ssä.

RYTJ-laki edistää kaavaprosessien ja rakennushankkeen etenemisen seuranta, aineistojen arviointia sekä helpottaa tiedon saantia kaavaprosessissa ja rakentamishankkeessa tuotetusta tiedosta.

Alueidenkäyttölaki 132/1999

1.1.2025 Maankäyttö- ja rakennuslaki muuttui nimeltään alueidenkäyttölaki. Maankäytön suunnittelu ja alueidenkäyttöön liittyvän tiedon käsittely on muuttunut.

1. Kaavahierarkian (maakuntakaava, yleiskaava, asemakaava) mukaiset kaavat laaditaan valtakunnallisesti yhteen toimivassa tietomallimuodossa.
2. Kaava koostuu kaavakohteista ja kaavamääräyksistä.
3. Kaavakohteet ja -määräykset esitetään valtakunnallisesti vakiomuotoisena kartalla ja tarvittaessa erillisenä asiakirjana.
4. Suomen ympäristökeskus vastaa rakennetun ympäristön tietojärjestelmän perustamisesta, ylläpidosta ja kehittämisestä.
5. Rakennetun ympäristön tietojärjestelmä koostuu alueidenkäytön tietovarannosta ja rakennustietovarannosta.
6. Kunnan ja maakunnan liiton on toimitettava rakennetun ympäristön tietojärjestelmään valtakunnallisesti yhteen toimivassa ja koneluettavassa muodossa alueidenkäyttölaiissa (132/1999) tarkoitetut tiedot.

Rakentamislaki (751/2023, 897/2024)

1.1.2025 voimaan tullessa rakentamislaiissa on kootusti rakentamiseen liittyvät säädökset. Digitalisaation näkökulmasta rakentamislaki tuo mukanaan merkittäviä parannuksia tiedon käsittelyyn, vaikka sähköinen rakennuslupajärjestelmä on jo ollut varsin kauan käytössä ja viimeisetkin kunnat ovat ottamassa sähköisen rakennuslupajärjestelmän käyttöön.

Jatkossa kunnan on toimitettava tiedot aloitusilmoituksesta tai aloituskokouksesta, pohjakatselmuksesta, sijaintikatselmuksesta, osittaisesta loppukatselmuksesta ja loppukatselmuksesta rakennetun ympäristön tietojärjestelmään yhteen toimivassa ja

koneluettavassa muodossa siten, että ne ovat muiden viranomaisten saatavilla rajapintoja käyttäen (Rakentamislaki 72 §).

Kunnan on myös toimitettava rakennuksen tai muu rakennuskohteen rakentamislupapäätös liitteineen, maisematyölupapäätös, purkamislupapäätös, poikkeamislupapäätös, rakennuksen suunnitelmamalli, rakennuksen toteumamalli ja tiedot rakennetun ympäristön tietojärjestelmään yhteen toimivassa ja koneluettavassa muodossa siten, että ne ovat muiden viranomaisten saatavilla rajapintoja käyttäen (Rakentamislaki 73 §).

Rakennusluvassa tulee esittää seuraavat tiedot (Rakentamislaki 61 §):

Rakentamishankkeeseen ryhtyvän rakennuspaikan omistajan tai haltijan on haettava kunnalta rakentamislupaa kirjallisesti. Rakentamislupahakemukseen on liitettävä rakennuskohteesta ja sen laajuudesta riippuen:

- 1) rakennussuunnitelmaan sisältyvät pääpiirustukset, jotka rakennussuunnittelija varmentaa allekirjoituksellaan;*
- 2) rakennuksen rakennussuunnitelmien laadinnassa tehty pääpiirustustasoinen suunnitelmamalli tai tiedot koneluettavassa muodossa taikka muun kuin rakennuksen osalta selvitys rakennuskohteesta ja sen vaikutuksista ympäröivään alueeseen;*
- 3) selvitys siitä, että hakija hallitsee rakennuspaikkaa.*

Rakennusvalvontaviranomainen voi hankkeen laatu ja laajuus huomioon ottaen perustellusta syystä edellyttää, että rakentamislupahakemukseen liitetään myös:

- 1) selvitys rakennuspaikan perustamis- ja pohjaolosuhteista sekä näiden edellyttämästä perustamistavasta ja tarvittavista muista toimenpiteistä;*
- 2) energiaselvitys;*
- 3) rakennustuoteluettelo;*
- 4) selvitys rakennuspaikan terveellisyydestä ja korkeussuhteista;*
- 5) selvitys rakennuksen kunnosta toimenpidealueen osalta, jos kyseessä on korjaushanke;*
- 6) muu kuin 1–5 kohdassa tarkoitettu lupahakemuksen ratkaisemiseksi tarvittava olennainen selvitys.*

Pääpiirustukset sisältävät seuraavat tiedot:⁴⁰

Rakennuslupahakemuksen liitteenä oleviin pääpiirustuksiin on sisällyttävä riittävät tiedot sen arvioimiseksi, täyttävätkö ne rakentamista koskevat säännökset ja määräykset sekä hyvän rakennustavan vaatimukset. Lisäksi pääpiirustuksiin on sisällyttävä tiedot seikoista, joilla voi olla vaikutusta rakennuksen tai rakennuspaikan turvallisuuteen tai terveydellisiin oloihin taikka naapurien asemaan sekä tiedot rakentamisen soveltuvuudesta rakennuspaikalle ja ympäristöönsä.

Kuhunkin piirustukseen on sisällyttävä nimiö, joka sisältää suunnitelman yksilöintitiedot ja tiedot suunnittelijasta. Piirustuksiin on sisällyttävä materiaalimerkinnät ja käytetyt merkinnät on tarvittaessa selitettävä.

Pääpiirustusten on oltava yhtenäisenä asiakirjana. Piirustusten mittakaavan on oltava asian käsittelyn kannalta tarkoituksenmukainen ja piirustusten on oltava ilmoitetun mittakaavan mukaisia.

⁴⁰ Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä (216/2025). Lain 2 §. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150216>, haettu 12.2.2025

Ympäristöministeriön asetuksen rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä (216/2025) 4 §:n mukaan asemapiirroksessa esitetään seuraavat tiedot:⁴¹

Asemapiirroksen on tarvittaessa sisällyttävä seuraavat tiedot rakennuspaikasta:

- 1) rakennuspaikan rajat mittoineen;*
- 2) lähiympäristön kiinteistöjen sekä kaava-alueella korttelin, katualueiden ja muiden alueiden rajat;*
- 3) kiinteistön ja sitä rajoittavien alueiden tunnuksot sekä kaava-alueella katujen ja teiden nimet;*
- 4) kaava-alueella korttelia, tonttia ja olemassa olevia rakennuksia tai rakennelmia koskevat kaavamerkinnot määräyksineen;*
- 5) rakennuspaikan kulmapisteiden ja rajojen suunnitellut ja olemassa olevat korkeusasemat ja korkeussuhteet korkeusluvuin ja korkeuskäyrin sekä lähiympäristön kiinteistöjen korkeussuhteet riittävän laajasti rakennuspaikan ulkopuolella;*
- 6) rakennuspaikalle rakennettavat, siellä olevat ja sieltä purettavat rakennukset ja rakennelmat sekä riittävän laajasti lähiympäristön rakennukset;*
- 7) rakennuspaikan eritelty kerrosalalaskelma ja autopaikkalaskelma, jollei niitä tehdä erillisinä selvityksinä.*

Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus testasivat kumppanuustestaushankkeessa kuntien kanssa tiedon liikkumista rakennetun ympäristön tietojärjestelmän kannalta tarkoituksenmukaisesti. Kumppanuustestaus-hanke kesti loppuvuodesta 2023 maaliskuuhun 2025.⁴²

Ympäristöministeriön asetus maakunta-, yleis- ja asemakaavojen kaavamääräysten ja kaavakohteiden esitystavasta (ns. Katja-asetus)

Ympäristöministeriö on antanut tietomallipohjaista kaavoitusta varten ns. Katja-asetuksen (311/2024), joka tuli voimaan 11.6.2024.⁴³ Asetusta päivitetään vuonna 2025. Asetuksella säädetään maakunta-, yleis- ja asemakaavojen kaavamääräysten ja kaavakohteiden esitystavasta. Asetuksella kumotaan maankäyttö- ja rakennuslain mukaisissa kaavoissa käytettävistä merkinnöistä annettu ympäristöministeriön asetus (Suomen rakentamismääräyskokoelma A5). Kunta ja maakunnan liitto saavat yksittäisen kaavan tai tonttijaon laatimisen yhteydessä soveltaa kumottavaa asetusta vuoden 2028 loppuun, jos ne laativat kaavaa tai tonttijakoa noudattaen niitä maankäyttö- ja rakennuslain säännöksiä, jotka olivat voimassa 31 päivään joulukuuta 2023 (3 §).

Asetuksen liitteissä 1–4 annetaan määräykset 1) kaavamääräyslajin koodistosta, 2) kaavamääräyksen lisätiedon laji –koodistosta, 3) yleiskaavan oikeusvaikutukset -koodistosta, ja 4) kaavamääräysten ja kaavakohteiden esitystavasta.

Katja-asetukseen on tehty muutoksia ja muutokset ovat olleet lausunnolla 16.5. 2025 asti (ns. Katja II). Asetuksella korjattiin teknisiä virheitä, jotka liittyvät yksittäisiin koodiarvoihin, kaavamääräysryhmien muodostamiseen, kaavamääräysten otsikointiin sekä kaavamääräysten

⁴¹ <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150216>, haettu 12.2.2025

⁴² <https://ryhti.syke.fi/esimerkkeja-ja-toteutuksia/kumppanitetaukset-ja-kehitystyohon-osallistuminen/>

⁴³ <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadoksokkoelma/2024/311>, haettu 13.5.2025

esitystapaan. Lisäksi korjattiin lakiin viittaava nimike, kun maankäyttö- ja rakennuslaista on 1.1.2025 alkaen käytetty nimikettä Alueidenkäyttölaki.⁴⁴

3.2.2. Valmistelussa olevat maankäyttöä ja rakentamista koskevat lainsäädännön uudistukset

Alueidenkäyttölain uudistus

Petteri Orpon hallitusohjelmassa on asetettu Alueidenkäyttölakia koskevat kirjaukset.⁴⁵

Hallitus laatii alueidenkäyttölain, joka edistää tarkoituksenmukaista maankäyttöä, hyvää elinympäristöä, kaavoituksen sujuvuutta, kaupunkien ja kuntien kasvua, riittävää asuntotuotantoa, alueiden elinvoimaisuutta, yritysten kilpailukykyä ja Suomen houkuttelevuutta investointikohteena. Varmistetaan maankäyttöä ja rakentamista koskevan lainsäädännön yhteensopivuus. Sitoudutaan siihen, ettei kaavatasojen lukumäärä kasva.

Kevennetään maakuntakaavan yksityiskohtaisuutta ja oikeusvaikutteisuutta osana maankäytön suunnittelujärjestelmää.

Mahdollistetaan yleiskaavan tai osayleiskaavan ja asemakaavan samanaikainen valmistelu.

Sisällytetään alueidenkäyttölakiin mahdollisuus kaavoittaa teollisuuspuistoja, jotka luovat etukäteen tiedossa olevat reunaehdot maankäytölle ja nopeuttavat maankäytön prosessien ohella muutakin ympäristölainsäädäntöön perustuvaa luvitusta.

Alueidenkäyttölakiin kirjataan maanomistajan aloiteoikeus yleis- ja asemakaavalle. Asetetaan kunnille velvollisuus käsitellä aloite laissa säädetyssä määräajassa. Kunnan on annettava ratkaisu kaavoitusaloitteeseen monijäsenisen toimielimen päätöksellä.

Alueidenkäyttölakiin kirjataan prosessi kumppanuuskaavoituksesta, jossa kunta antaa maanomistajalle mahdollisuuden kehittää yleis- tai asemakaavaa kunnan ohjauksessa kunnan kaavoitusmonopolia rikkomatta.

Esitys uudeksi alueidenkäyttölaiaksi oli lausuntokierroksella 11.7. 2025 saakka.⁴⁶ Tavoitteena on, että uusi alueidenkäyttölaki tulee voimaan vuonna 2026.⁴⁷

Alueidenkäyttölaiassa ei muuteta kaavahierarkiaa, mutta kaavojen sujuvoittamista edistetään. Merkittävimpiä muutoksia ovat:

- 1) maakuntakaavan sisältövaatimuksia koskevat muutokset ja ohjausvaikutuksen keventäminen
- 2) vähittäiskaupan suuryksiköiden ohjauksen keventäminen
- 3) kuntien yhteinen yleiskaava korvautuu maakuntakaavan yhdyskuntarakentamisen suunnittelun ohjaamisessa
- 4) yleis- ja asemakaavan yhteiskäsittely ja hyväksyminen samalla päätöksellä
- 5) maanomistajan laahtimisaloite yleis- ja asemakaavan laatimiseksi

⁴⁴ <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=7c2c9c3a-ab70-4ea2-a6b4-3b3a61582cd8&proposalLanguage=da4408c3-39e4-4f5a-84db-84481bafc744>, haettu 3.6.2025

⁴⁵ https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/1da1364f-7d29-41ff-89df-2d81853befbf/b1de6fa8-b327-4707-9b16-f96c60f6ecfc/ASETTAMISPAATOS_20231103113032.PDF, haettu 3.10.2024

⁴⁶ <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=e92c21ba-a798-43a0-9fe1-1ba4b63ca95c&proposalLanguage=da4408c3-39e4-4f5a-84db-84481bafc744>, haettu 30.5.2025

⁴⁷ <https://ym.fi/alueidenkayton-lainsaadannon-uudistus>, haettu 30.5.2025

- 6) tuulivoimaa koskevat etäisyysvaatimukset maakuntakaavassa osoitettujen tv-alueiden ulkopuolella
- 7) yleiskaavan käyttö aurinkovoiman rakentamisen ohjaamiseen

Yhdyskuntarakentamislaki ja Yhdyskuntakehittämislaki

Yhdyskuntarakentamislain ja yhdyskuntakehittämislain valmistelu on käynnistynyt 1.12.2023. Hankkeen aikataulutavoitteen mukaan hallituksenesitykset annettaisiin keväällä 2025 ja eduskuntakäsittely ajoittuisi kevääseen 2026.⁴⁸

Yhdyskuntarakentamislakiin sisältyvät lait ja säännökset:

Maankäyttö- ja rakennuslaki/ Alueidenkäyttölaki (132/1999):

- 12 luku Kadut ja muut yleiset alueet (83–91 §)
- 13a luku Hulevesiä koskevat erityiset säännökset (103a–o §)

Maankäyttö- ja rakennusasetus (895/1999):

- 9 luku Kadut, puistot ja muut yleiset alueet (41–47 §)

Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta (669/1978):⁴⁹

- 1 luku Yleiset säännökset (1–2 §)
- 2 luku Kunnossapito (3–8a §)
- 3 luku Puhtaanapito (9–13 §)
- Erinäiset säännökset (14–21 §)

Yhdyskuntakehittämislakiin sisältyvät maankäyttö- ja rakennuslain/ alueidenkäyttölain (132/1999) kuntien maapolitiikkaa koskevat säännökset⁵⁰.

- 1 luku Yleiset säännökset 5 a § ja
- 2 luku Viranomaiset 20 §:n 1 momentti
- 11 luku Tonttijako (78–82 §)
- 12a luku Kunnalle yhdyskuntarakentamisesta aiheutuvien kustannusten korvaaminen (91 a–p §)
- 13 luku Maan luovuttaminen ja lunastaminen (92–103 §)
- 14 luku Yleiskaavan ja asemakaavan toteuttamisesta johtuva korvaus (104–109 §)
- 15 luku Kehittämialueet (110–112 §)

Viranomaiset, tietovirrat, kehittäminen, valvonta, muutoksenhaku.

3.3. Perinteinen kaavoitus

Ns. perinteisessä kaavoituksessa kaava laaditaan kaavan tehtävä ja tarkoitus huomioiden rajatulle kaava-alueelle. Kaavasta laaditaan alueidenkäyttölaissa (9 §) mukaiset selvitykset. Kaavakartta tulostetaan pdf-muotoon ja hyväksytty pdf-muotoinen kaavakartta on

⁴⁸ <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM074:00/2023>, haettu 3.10.2024

⁴⁹ https://maankaytto.fi/wp/wp-content/uploads/2024/03/mmp2024_varila_irenen_sihvonon_taru.pdf, haettu 3.10.2024

⁵⁰ https://maankaytto.fi/wp/wp-content/uploads/2024/03/mmp2024_varila_irenen_sihvonon_taru.pdf, haettu 3.10.2024

oikeusvaikutukset saava dokumentti. Kaava voidaan viedä kunnan karttapalveluun tai mahdollisesti kaavaa laativan konsultin järjestelmiin sähköisesti tai digitoimalla. Kaavakartta voidaan laatia paikkatieto-ohjelmalla tai vektoripohjaisella suunnitteluohjelmalla. Esimerkiksi Oulun kaupungin karttapalvelussa (<https://kartta.ouka.fi/ims>) voimassa olevan asemakaavan voi hakea kaavarajauksen avulla (Kuva 4). Kaavaan liittyvä pdf-aineisto avautuu kaava-aluerajaukseen liitettynä lisätietona pdf-muodossa.



Kuva 4. Kuvakaappaus Oulun kaupungin karttapalvelusta

Kuntien karttapalveluihin liitettävien kaava-aineistojen määrä vaihtelee merkittävästi. Usein karttapalveluun tallennetaan vain kaavakartta ja mahdollisesti kaavamääräykset. Kaavaselostuksen tallentaminen ei ole yleistä, eikä kaavaa varten laadittuja selvityksiä yleensä tallenneta karttapalvelun liiteaineistoon.

Kuntien tulee tiedottaa kaavoituksen vireilletulosta sähköisesti, tilaisuuden varaamisesta mielipiteen esittämiseen kaavaa valmisteltaessa sekä kaavaehdotuksen nähtäville asettamisesta. Kaavaehdotus on mahdollisuuksien mukaan julkaistava myös sähköisesti. Prosessissa olevat ja lainvoimaiset kaavat löytyvät kuntien verkkosivuilta ja aktiivisessa vaiheessa olevat kaavat ovat kuntien verkkosivuilla varsin kattavasti. Sen sijaan lainvoimaisten kaavojen osalta kuntien toimintatavoissa on vaihtelua. Oulun kaupungin kaavoituksen sivuilta (<https://www.ouka.fi/kaavoitus/asekaavat> ja <https://www.ouka.fi/kaavoitus/yleiskaavat>) voi löytää vireillä olevat ja voimassa olevat yleis- ja asemakaavat. Vireillä olevien kaavojen osalta kuvataan prosessi sekä prosessin aikana tuotettu aineisto pdf-muodossa.

Perinteissä kaavoituksessa tuotettavan ja tallennettavan aineiston laatu ja määrä vaihtelee kunta- ja kaavakohtaisesti.

3.4. Tietomallimuotoinen kaupunkisuunnittelu

Tietomallimuotoinen kaavoitus ja rakennussuunnittelu edistävät osaltaan rakennetun ympäristön digitalisaatiota. Kaavoituksen ja rakentamisen tietomallit poikkeavat jossain määrin toisistaan ja vaativat yhteensovittamista. Tietomallin avulla kaavasta tulee

koneluettava ja siitä tuotetaan ihmisluettava kaavakartta kaavaprosessin tarpeisiin. Tietomallimuotoinen kaavoitus mahdollistaa valtakunnallisesti yhteensovitettavan ja koneluettavan tiedon tuottamisen, tallentamisen ja jakamisen.

3.4.1. Tietomalli

Tietomallimuotoinen rakennussuunnittelu (Building Information Modeling BIM)

Yhdysvalloissa toimiva General Services Administration (GSA) määrittelee BIM:n seuraavasti:

Building Information Modeling is the development and use of a multi-faceted computer software data model to not only document a building design, but to simulate the construction and operation of a new capital facility or a recapitalised (modernised) facility. The resulting Building Information Model is a data-rich, object-based, intelligent and parametric digital representation of the facility. From this, views appropriate to various users' needs can be extracted and analysed to generate feedback and improvement of the facility.⁵¹

Autodesk määrittelee BIM:n seuraavasti:

Building information modeling (BIM) is the holistic process of creating and managing information for a built asset. Based on an intelligent model and enabled by a cloud platform, BIM integrates structured, multi-disciplinary data to produce a digital representation of an asset across its lifecycle, from planning and design to construction and operations.⁵²

Nordic BIM Group määrittelee OpenBIM:n seuraavasti:

OpenBIM, Open Building Information Modeling, on transformatiivinen lähestymistapa rakennusten yhteistoiminnalliseen suunnitteluun, toteutukseen ja käyttöön. OpenBIMin erottuu lupauksella yhteistyöpotentiaalista. Perinteisissä, suljetuissa BIM-ympäristöissä ohjelmistojen yhteensopimattomuus voi haitata tiedonvaihtoa, mikä johtaa tehottomuuteen, virheisiin ja projektien viivästymiseen. OpenBIM tarjoaa kuitenkin yhteisen kielen ja muodon, jonka avulla kaikki projektin sidosryhmät voivat tehdä yhteistyötä tehokkaasti riippumatta siitä, minkä ohjelmiston he ovat valinneet. Tietojen jakamisen ja ylläpidon helpottuminen yleisesti saatavilla olevien formaattien avulla kannustaa avoimesti yhtenäisempään lähestymistapaan rakennusten suunnittelussa ja hallinnassa, ja vähentää myös kalliiden virheiden mahdollisuutta.⁵³

3.4.2. Yleisten alueiden tietomalli

Yleisen alueen suunnitelman (YAS) tietomallin (RYHTI-YAS) toteutusprojektissa on tarkoitus luoda Ryhti-tietojärjestelmän tulevaa jatkokehitystä varten yhtenäiset, koneluettavat määrittelyt kuntien katu-, puisto- ja muille yleisen alueen suunnitelmille. Yleisen alueen suunnitelma = hallinnollisen vaiheen katu- ja/tai puistosuunnitelma tai muu yleisen alueen hallinnollinen suunnitelma. Työssä tiedon rakenteet kuvataan loogisen tietomallin mukaisina tietokomponentteina. Koneluettavat ja tietomallimuotoiset määrittelyt on esitetty

⁵¹ Race, S (2019). BIM Demystified, 2nd Edition. An architect's guide to Building Information Modelling/Management (BIM). RIBA Publishing. O'Reilly Online Learning: Academic/Public Library Edition

⁵² <https://www.autodesk.com/solutions/aec/bim>, haettu 8.1.2025

⁵³ <https://www.nordicbim.com/fi/openbim>, haettu 10.3.2025

tietokomponentteineen ja attribuutteineen Yhteentoimivuusalustan⁵⁴ Tietomallit-työkalussa. Attribuutteihin liittyvät koodistot esitetään Koodistot-työkalussa.⁵⁵

Yleisen alueen suunnitelman tietomallissa (RYHTI-YAS) olevien tietokomponenttien nimet ovat: 1) alueidenkäyttöpäätös, 2) päätös yleisen alueen suunnitelmasta, 3) lähtötietoaineisto, 4) vuorovaikutustapahtuma, 5) käsittelytapahtuma, 6) asiakirja, 7) alueidenkäyttöasia, 8) yleisen alueen suunnitelma, 9) kaava, 10) sijainti, 11) suunnittelukohde, 12) suunnitelmaselostus ja 13) suunnitelmien ajantasaisuus.⁵⁶

3.4.3. Paikkatieto eli Geospatial Information System (GIS)

Paikkatieto on tietoa kohteesta, jonka sijainti tunnetaan ja se sisältääkin aina viittauksen tiettyyn paikkaan tai alueeseen. Paikkatieto voi kuvata myös mitä tahansa toimintaa tai ilmiötä, jolla on sijainti. Paikkatieto on sijaintitiedon ja kohteen tai ilmiön ominaisuuksia kuvaavan ominaisuustiedon muodostama tietokokonaisuus.⁵⁷

GIS is a technology that is used to create, manage, analyze, and map all types of data. GIS connects data to a map, integrating location data (where things are) with all types of descriptive information (what things are like there). This provides a foundation for mapping and analysis that is used in science and almost every industry. GIS helps users understand patterns, relationships, and geographic context. The benefits include improved communication, efficiency, management, and decision-making.⁵⁸

Paikkatietoa käytetään maankäytön suunnittelussa monella tavalla: 1) visualisoinnissa, 2) maankäytön analysoinnissa, 3) paikkatietopohjaisten ennusteiden laatimisessa sekä 4) kaavoituksessa. Paikkatietopohjaisia suunnitteluohjelmia, esimerkiksi QGIS, ArcGIS, MapInfo Pro, käytetään yleisesti kaavoituksessa.

3.4.4. Keskeiset kaupunkisuunnitteluun liittyvät standardit

CityGML

The CityGML standard defines a conceptual model and exchange format for the representation, storage and exchange of virtual 3D city models. It facilitates the integration of urban geodata for a variety of applications for Smart Cities and Urban Digital Twins, including urban and landscape planning; Building Information Modeling (BIM); mobile telecommunication; disaster management; 3D cadastre; tourism; vehicle & pedestrian navigation; autonomous driving and driving assistance; facility management, and; energy, traffic and environmental simulations.

CityGML 3.0 is an evolution of the previous versions 1.0 and 2.0 of CityGML. While the previous versions standardised a GML exchange format, CityGML 3.0 standardises the underlying information model, and can be implemented in a variety of technologies including GML. The CityGML 3.0 Conceptual Model Standard describes a common semantic information model for the representation of 3D urban objects. The primary function of the model is to define the human interpretation of modelled data objects as well as their geometric representation and relationships. As such

⁵⁴ <https://dvv.fi/yhteentoimivuusalusta>, haettu 16.5.2025

⁵⁵ <https://tietomallit.suomi.fi/model/ryhti-yas?ver=0.0.5> haettu 13.5.2025

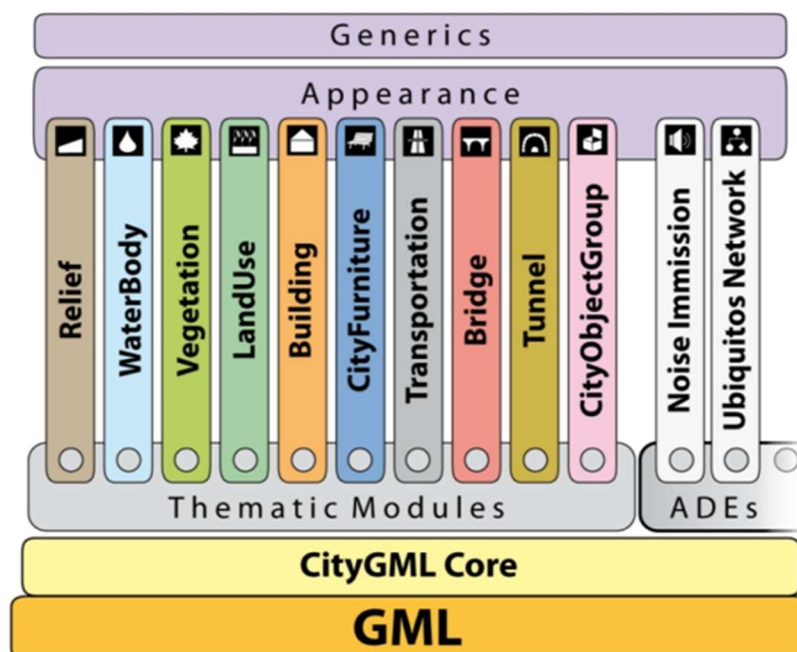
⁵⁶ <https://tietomallit.suomi.fi/model/ryhti-yas?ver=0.0.5> haettu 13.5.2025

⁵⁷ <https://stat.fi/meta/kas/paikkatieto.html> haettu 8.1.2025

⁵⁸ <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview> haettu 8.1.2025

the CityGML 3.0 Conceptual Model provides a framework for integrating, storing, and exchanging 3D geospatial data.

CityGML 3.0 allows data to be encoded in GML/XML, but also in JSON or database schemas. Additional benefits compared to previous versions include much better integration with BIM, the ability to represent indoor spaces in different Levels of Detail (LOD), support for dynamic data provided by sensors and simulations, and the capability to extend the information model into Application Domain Extensions using Model Driven Architecture tools.⁵⁹



Kuva 5. CityGML-moduulit (<http://www.citygml.org>)

Industry Foundation Classes (IFC)

*Industry Foundation Classes (IFC) are a set of standardized, digital descriptions of the built asset industry. It is an open, global standard published under a Creative Commons license, and as ISO 16739. IFC provides machine interpretability of information and thereby enables automation of workflows. It is vendor-neutral and available to everyone.*⁶⁰

*IFC on OpenBIM-perusstandardi, joka määrittelee rakennushankkeisiin tarvittavat tiedot. Se on avoin ja neutraali – suunniteltu varmistamaan yhteentoimivuus eri BIM-ohjelmistotyökalujen välillä. IFC tallentaa rakennuselementteihin, kuten seiniin, lattioihin ja kattoihin, sekä muihin komponentteihin, kuten oviin, ikkunoihin ja sähköjärjestelmiin, liittyviä tietoja. Sen avulla erilaiset BIM-työkalut voivat vaihtaa tietoja saumattomasti, mikä parantaa yhteistyötä ja minimoi virheet.*⁶¹

Building Collaboration Format (BCF):

BCF on muoto, jota käytetään viestintään rakennusprojektien ongelmista ja muutoksista. Se tarjoaa jäsennellyn kehysten projektin sidosryhmille, ongelmien poistamiseksi, seuraamiseksi ja ratkaisemiseksi tehokkaasti. BCF:n avulla sidosryhmät voivat raportoida ongelmista ja keskustella

⁵⁹ <https://www.ogc.org/publications/standard/citygml/> , haettu 8.1.2025

⁶⁰ <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/#learn-more> haettu 8.1.2025

⁶¹ <https://www.nordicbim.com/fi/openbim> , haettu 10.3.2025

niistä standardoidulla tavalla, jotta ongelmat ratkaistaan nopeasti. Se helpottaa viestintää eri BIM-ohjelmistotyökalujen välillä, parantaa yhteistyötä ja vähentää projektien viivästyksiä.⁶²

Construction Operations Building Information Exchange (COBie):

COBie on tiedonvaihtomuoto, joka on erityisesti räätälöity rakennusresursseja koskevien tietojen keräämiseen ja jakamiseen. Se tallentaa rakennuksen osiin, kuten laitteisiin ja järjestelmiin, liittyviä tietoja sekä tietoja takuista ja huoltovaatimuksista. COBie varmistaa, että kaikilla projektin sidosryhmillä on käytettävissään johdonmukaista ja ajantasaista tietoa rakennusomaisuudesta. Kuten IFC ja BCF, COBie tukee tiedonvaihtoa eri BIM-ohjelmistotyökalujen välillä ja edistää yhteistä ymmärrystä omaisuuden rakentamisesta.

Nämä OpenBIM-standardit antavat projektin sidosryhmille mahdollisuuden vaihtaa tietoja saumattomasti ja tehdä tehokasta yhteistyötä. Luomalla yhteisen kielen ja tietomuodon BIM-tiedoille OpenBIM-standardit lisäävät yhteentoimivuutta ja auttavat vähentämään virheitä ja viiveitä rakennusprojekteissa. Tämä yhdenmukaistettu lähestymistapa tiedonvaihtoon edistää sujuvampaa viestintää ja johtaa viime kädessä tehokkaampiin ja onnistuneempiin rakennusprosesseihin.⁶³

Level of Detail (LOD)

Tietomallin tarkkuustason määrittelyllä pyritään siihen, että mallinnustarkkuus ja tietomallin tietosisältö olisi juuri sopiva käyttötarkoitukseen nähden. Yleiset Tietomallivaatimukset (YTV 2012) asettaa seuraavat vaatimukset eri tarkkuustasoille (1–4):

- Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein.
- Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden kokonaisuudet selviävät mallista. Rakenteet elementoidaan.
- Mallinnetaan tyyppielementit, -rakennusosat ja -paikallavalut geometrian ja sijainnin osalta oikein liittymiseen, raudoitteeseen ja valutarvikkeeseen. Teräskokoonpanoista tehdään betonielementtejä vastaavat mallikokoonpanot liitoksineen (liittopilareihin myös raudoitteet). Muut osat mallinnetaan geometrian ja sijainnin osalta oikein liittymiseen ja valutarvikkeeseen.
- Mallinnetaan elementit, rakennusosat ja paikallavalut geometrian ja sijainnin osalta toteutuskelppoiselle tasolle liitoksineen, raudoitteeseen ja valutarvikkeeseen. Teräskokoonpanot mallinnetaan konepajatasolle (liittopilareihin myös raudoitteet).⁶⁴

3.4.5. RYHTI-järjestelmä

1.1.2024 on otettu käyttöön Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämä RYHTI rakennetun ympäristön tietojärjestelmä (Kuva 6). Kuntien tulee toimittaa rakennetun ympäristön tietojärjestelmään rakentamista koskevat tiedot viimeistään 1.1.2029 alkaen. Kunnilla on kuitenkin velvollisuus tehdä tietomallimuotoisia rakentamislupia jo vuoden 2026 alusta lähtien.⁶⁵

⁶² <https://www.nordicbim.com/fi/openbim>, haettu 10.3.2025

⁶³ <https://www.nordicbim.com/fi/openbim>, haettu 10.3.2025

⁶⁴ <https://www.tekla.com/fi/ajankohtaista/artikkelit/lod-level-of-detail> haettu 8.1.2025

⁶⁵ <https://ryhti.syke.fi/ohjeet-ja-tuki/usein-kysytyt-kysymykset/#aikataulu>, haettu 13.3.2025



Kuva 6. Rakennetun ympäristön tietojärjestelmän kytkennät muihin keskeisiin järjestelmiin
(<https://ryhti.syke.fi/tietoa-jarjestelmasta/miten-tieto-liikkuu/>, haettu 13.3.2025)

Tietomallimuotoisessa kaavoituksessa kaava-aineistoa voidaan hyödyntää monella tavalla. Valtakunnallisesti yhteensovittettava tietomallin ja RYHTI- kaavatietojärjestelmän pohjalta laaditusta kaava-aineistosta on mahdollista tuottaa perinteisen ihmislueuttavan kaavakartan (2D) lisäksi myös erilaisia teemapohjaisia tai 3d-esityksiä. Tuotettua aineistoa voidaan analysoida monipuolisesti. Osallisen ei tarvitse paneutua pdf-muotoiseen kaavakarttaan ja -selostukseen, vaan tietoa voidaan esittää esimerkiksi karttapalvelussa joustavammin. Tietomallissa tuotettavaa aineistoa voidaan myös tarkastella yksittäistä kaava-aluetta laajempina kokonaisuutena.⁶⁶

Ryhti koostuu yhteisesti sovituista tiedonrakenteista, lainsäädännöstä ja siitä, että tiedot ovat saatavilla yhdestä paikasta. Ryhti-järjestelmän aineistolle tunnusomaista on

1. Semanttinen yhteentoimivuus

Informaation sisältö ja merkitys säilyy muuttumattomana, kun tietoa siirretään eri organisaatioiden välillä.

Semanttisella yhteentoimivuudella tarkoitetaan tilannetta, jossa tieto säilyy samanlaisena sen siirtyessä organisaatiosta toiseen ja että lähettäjä ja vastaanottaja ymmärtävät tiedon sisällön ja merkityksen samalla tavalla. Jotta tämä olisi mahdollista, tarvitaan yhteisesti sovittuja käytäntöjä, koodistoja ja termejä, joilla tietoa voidaan kuvata. Tavoitteena on, että termit ymmärretään ilman tarpeettomia muunnoksia, jotka voivat vahingoittaa tai vääristää tietosisältöä.⁶⁷

2. Koneluettavuus

Tietosisällön esittäminen rakenteellisessa muodossa, esimerkiksi taulukoissa. Koneluettavuudella pyritään yksinkertaistamaan tulkinnanvaraisia asioita sekä yhtenäistämään tiedon muotoa.

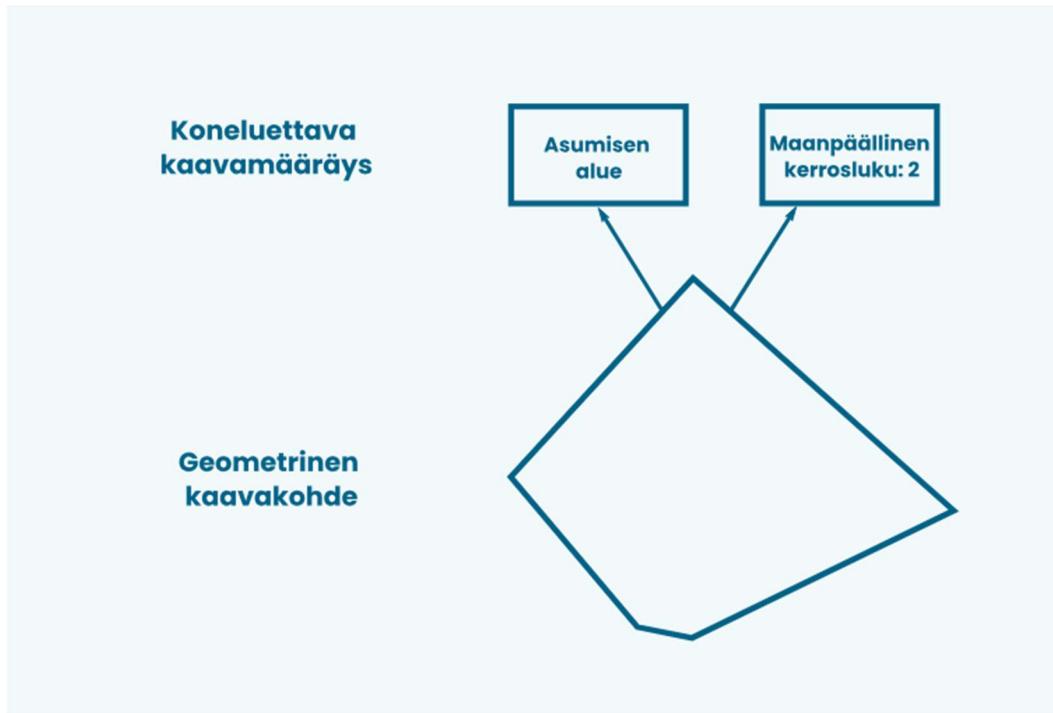
⁶⁶ Tietomallimuotoinen kaavoitus - Ryhti (syke.fi) haettu 16.8.2024

⁶⁷ <https://ryhti.syke.fi/ohjeet-ja-tuki/ryhti-sanasto/#yhteentoimivuus>, haettu 12.3.2025

Tietojärjestelmissä konemuotoista tietoa voidaan yhdistellä olemassa olevaan tietosisältöön, jossa monisanaiset tai tulkinnanvaraiset tietokohteet on korvattu yksiselitteisillä merkinnöillä, koodeilla tai niihin verrattavilla ilmaisuilla. Koneluettavuus on tiedon rakenteellistamista taulukoihin tai muuten jaoteltuihin tiedostoihin, joista ohjelma on helpompi poimia samaan kohteeseen tai asiaan liittyvää tietoa. Oleellista konemuodossa on eri lähteistä tulevien tietojen yhdisteleminen ja yhtenäinen muoto.⁶⁸

3. Ihmisluettavuus

Ihmisten käyttötarkoituksiin luotua tietoa. Esimerkiksi kaksiulotteiset kartat, piirrokset ja sanalliset selostukset. Käytetään kuvaamaan tiedon muotoa, josta voi lukea suoraan ja ymmärrettävästi asioiden merkityksen.⁶⁹



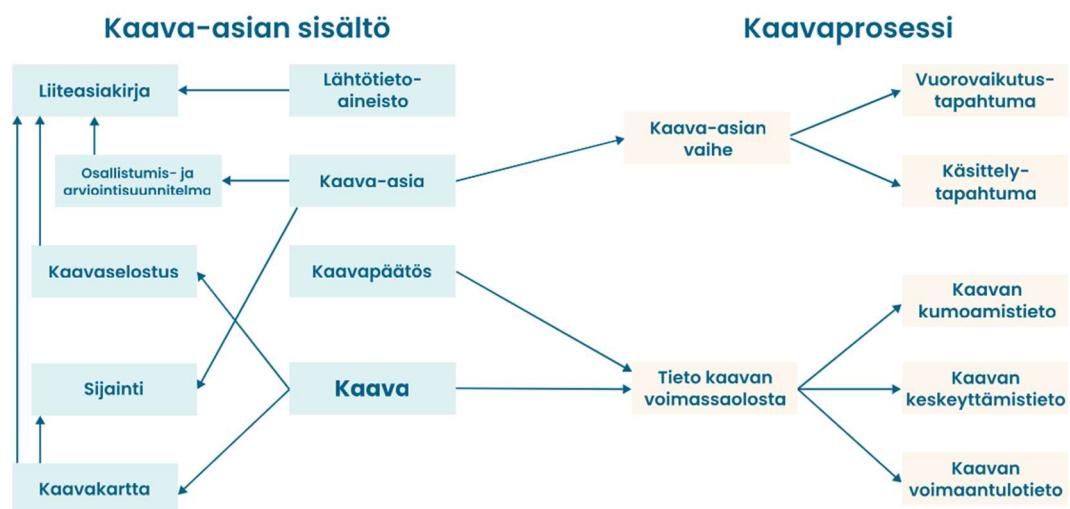
Kuva 7. Koneluettavan kaavan sisältö Ryhti-hankkeen mukaan (kuva: <https://ryhti.syke.fi/alueidenkaytto/tietomallimuotoinen-kaavoitus/>)

⁶⁸ <https://ryhti.syke.fi/ohjeet-ja-tuki/ryhti-sanasto/#koneluettava>, haettu 12.3.2025

⁶⁹ <https://ryhti.syke.fi/ohjeet-ja-tuki/ryhti-sanasto/#koneluettava>, haettu 12.3.2025



Kuva 8. Esimerkkikuva ihmisluettavasta kaavasisällöstä (kuva: <https://ryhti.syke.fi/alueidenkaytto/tietomallimuotoinen-kaavoitus/>)



Kuva 9. Kaavatietomallin keskeiset käsitteet (kuva: <https://ryhti.syke.fi/alueidenkaytto/tietomallimuotoinen-kaavoitus/>)

3.4.6. Kaava-aineisto RYHTI-järjestelmässä

Ryhti-järjestelmä vastaanottaa kansallisen kaavatietomallin (eli yhteentoimivuusalustan loogisen tason kaavatietomallin) mukaisesti määriteltyä kaavatietoa.⁷⁰

Tietojärjestelmän rajapintaratkaisu on REST/JSON. Tuettu paikkatietoformaatti on GeoJSON. Järjestelmään toteutetaan OGC Api Features -rajapinta sekä WMS-rasterirajapinta. Kaavat otetaan vastaan kunnilta myös GeoTIFF-muodossa, joista muodostetaan WMTS tai OGC API-tiles tiilitetyt rajapinnat.

Rajapintojen vaatimukset voivat tarkentua teknisen toteutuksen edetessä. Kunnat ja järjestelmätoimittajat ovat keskeisessä roolissa järjestelmän toimivuuden ja toiminnallisuuden testaamisessa.

Tietoa luovutetaan rakennetun ympäristön tietojärjestelmään ja vastaanotetaan koordinaatistoissa EPSG:3067 (valtakunnallinen koordinaatisto) sekä EPSG:3873–3885. Tiedon toimituksen yhteydessä tallennetaan tieto koordinaattijärjestelmästä ja korkeusjärjestelmästä (N2000), jossa tieto toimitettu. Tietoa luovutetaan myös koordinaatistoissa EPSG:4326, WGS84 (käytössä myös IFC-malleissa) sekä EPSG:3857 (Google Web Mercator).

Jos käyttäjä pyytää aineistoa muussa koordinaatistossa, saa hän silloin tiedon alkuperäisestä koordinaatistosta. Koordinaattimuutoksessa tiedon tarkkuus voi kärsiä. Tiedosta pystyy kuitenkin tarkistamaan alkuperäisen koordinaatiston. Tietojen toimittamiseen Rakennetun ympäristön tietojärjestelmään käytetään Suomi.fi (opens in a new tab) -palveluväylää.⁷¹

3.4.7. Tietomalliin liittyvät koodistot

Tietomallipohjaisessa kaavoituksessa koodistoilla määritellään Ryhti-järjestelmässä, mistä kaavasta on kyse. Koodistot esitetään suomi.fi-palvelussa. Tiedot tallennetaan ryhti-palvelut.fi-osoitteeseen. Koodistot koskevat kaavalajia⁷², kaavamääräyslajista⁷³, kaavamääräyksen lisätiedon lajista⁷⁴, sanallisen kaavamääräyksen lajista⁷⁵ ja tarvittaessa teemasta⁷⁶. Kaavaprosessin vaiheista annetaan erilliset koodistot⁷⁷. Lisäksi koodistoja annetaan vuorovaikutustapahtumista⁷⁸, kaavan elinkaaren tilasta⁷⁹ sekä kaavapäätöksen nimestä⁸⁰. Tiedot ryhti-järjestelmään voi viedä kunta, kun se on hakenut luvan alueidenkäytön tietojen tallentamiseksi Ryhti-järjestelmään. Kunnan tulee myös antaa työntekijälleen tai konsulttiyritykselle suomi.fi-valtuutus. Kaavat tallennetaan järjestelmään JSON-tiedostona tai lomakkeella.⁸¹

⁷⁰ <https://ryhti.syke.fi/alueidenkaytto/tietomallimuotoinen-kaavoitus/kaavatietomallin-elinkaari-ja-laatusaannot/>, haettu 20.2.2025

⁷¹ <https://www.eoppiva.fi/kurssit/rakennetun-ympariston-tietojarjestelma-mika-muuttuu/#/lessons/6h5r49tYdxUeMy8GpE638NPGsTAjqJ6Y>, haettu 16.5.2025

⁷² https://koodistot.suomi.fi/codescheme;registryCode=ryti;schemeCode=RY_Kaavalaji, haettu 18.2.2025

⁷³ https://koodistot.suomi.fi/codescheme;registryCode=ryti;schemeCode=RY_Kaavamaarayslaji, haettu 18.2.2025

⁷⁴ https://koodistot.suomi.fi/codescheme;registryCode=ryti;schemeCode=RY_Kaavamaarayksen_Lisatiedonlaji, haettu 18.2.2025

⁷⁵ https://koodistot.suomi.fi/codescheme;registryCode=ryti;schemeCode=RY_Sanallisen_Kaavamaarayksen_Laji, haettu 18.2.2025

⁷⁶ <https://koodistot.suomi.fi/codescheme;registryCode=ryti;schemeCode=kaavoitusteema>, haettu 18.2.2025

⁷⁷ <https://koodistot.suomi.fi/codescheme;registryCode=ryti;schemeCode=kaavakastap>, haettu 18.2.2025

⁷⁸ https://koodistot.suomi.fi/codescheme;registryCode=ryti;schemeCode=RY_KaavanVuorovaikutustapahtumanLaji, haettu 18.2.2025

⁷⁹ <https://koodistot.suomi.fi/codescheme;registryCode=ryti;schemeCode=kaavaelinkaari>, haettu 18.2.2025

⁸⁰ <https://koodistot.suomi.fi/codescheme;registryCode=ryti;schemeCode=kaavpaatnimi>, haettu 18.2.2025

⁸¹ <https://www.youtube.com/watch?v=KYIJJynwY54>, haettu 18.2.2025

Koodiston avulla määritellään kaavan tietoluokalle annettava **kaavan laji**, joka kertoo minkä tyyppisestä kaavasta on kyse. Valtakunnallisen kaavatietomallin mukaan jokaiselle kaavalle tulee aina antaa Kaavalaji-koodiarvo.

Kaavamääräyslaji-koodiston avulla varmistetaan kaavamääräysten keskeisen tietosisällön luokittelu valtakunnallisesti yhteentoimivasti. Kaavakohteeseen liittyvä kaavamääräyksen laji kertoo koneluettavassa muodossa, mikä on määräyksen antamisen peruste. Kaavamääräyksen antamisen perusteena voi olla esimerkiksi määrittäminen käyttötarkoituksesta tai tietystä arvosta, kuten nimestä tai rakennusoikeuden määrästä. Valtakunnallisen kaavatietomallin mukaan jokaiselle kaavatietomallin kaavamääräykselle tulee aina antaa Kaavamääräyslaji-koodiarvo. Kaavamääräyslaji-koodina määriteltävä koneluettavaa tietoa kaavamääräyksen perusteesta tulee täydentää muilla tietomallimuotoisen kaavamääräyksen tiedoilla, kuten kaavamääräysryhmän otsikolla.

Kaavamääräyksen lisätiedon laji -koodiston avulla voidaan antaa koneluettavassa muodossa kaavamääräyksen lajia täydentävää tietoa kaavamääräyksellä määrittävän asian ominaisuuksista tai kaavamääräyksen ohjausvaikutuksesta. Kaavamääräyksen lisätiedon laji -koodiarvo annetaan kaavamääräykselle tarvittaessa.

Koodiston avulla määritellään **kaavamääräyslajia "sanallinen määräys"** kuvaava sanallisen määräyksen laji. Valtakunnallisen kaavatietomallin mukaan jokaiselle sanalliselle kaavamääräykselle tulee antaa vähintään yksi Sanallisen kaavamääräyksen laji -koodiston koodiarvo. Sanallisen kaavamääräyksen laji -koodiston koodiarvoilla voidaan luokitella sanalliset määräykset niiden tyyppin mukaan tai niiden sisällön mukaan.

Koodiston avulla voidaan ilmaista, mihin **teemaan** kaavamääräys liittyy.

Koodiston avulla kuvataan, **minkälainen käsittelytapahtuma** tapahtuu kaavaprosessin aikana. Koodistoa käytetään kaikkien kaavalajien kanssa (asemakaava, yleiskaava & maakuntakaava).

Koodiston avulla kuvataan kaavan **vuorovaikutustapahtuman** laji.

Koodisto kertoo, missä **elinkaaren tilassa** kaava on. Koodistoa käytetään kaikilla kaavoituksen tasoilla (asemakaava, yleiskaava ja maakuntakaava).

Koodisto kertoo, minkä tyyppinen **kaava-asian päätös** on kyseessä.

Koodisto helpottaa kaavoituksen yhteydessä tuotetun tiedon käsittelyä, hakemista ja vertailua, koska koodisto on yhdenmukainen kaikissa kunnissa.

3.4.8. Digitaalinen turvallisuus RYHTI-järjestelmässä

RYHTI-järjestelmässä noudatetaan kuntien tiukimpia turvallisuusohjeita, jaetaan viranomaiskäyttöön tarvittavaa tietoa suomi.fi-palveluväylän kautta ja vain osa tallennettavasta datasta on avoimesti jaettavaa dataa. RYHTI-järjestelmän turvallisuutta on kehitetty kansallisen auditointikriteeristön mukaisesti ja yhteistyössä Kyberturvallisuuskeskuksen kanssa. Järjestelmän toteutustapa on turvallisuusauditoitu vuonna 2023 (OWASP ASVS L2 -auditointi) ja järjestelmälle on laadittu DPIA eli Data Protection Impact Assessment.⁸²

⁸² <https://ryhti.syke.fi/tietoa-jarjestelmasta/digitaalinen-turvallisuus/>, haettu 19.2.2025

3.4.9. Kaavojen digitalisointi

VOOKA-hanke⁸³

Suomen ympäristökeskuksen mukaan *kaavojen digitalisoinnissa muunnetaan voimassa olevat kaavat ja kaavanosat älykkääseen, rakenteelliseen muotoon. Rakenteellista tietoa voidaan analysoida automaattisesti ja yhdistellä kunnan muiden aineistojen, kuten väestö-, kiinteistö-, rakennus- ja ympäristötietojen kanssa.*⁸⁴ Kunnan tulee pitää yllä ajantasaista asemakaavaa ja koota yleiskaavoitusta koskevat tiedot yhteen. Viranomaiset, kuten verottaja kerää kaavoitustietoa kaavayksikköinä. Kiinteistötietojärjestelmään (KTJ) tietoa voivat tuottaa kunta tai Maanmittauslaitos, kuitenkin niin, että KTJ on Maanmittauslaitoksen ylläpitämä.

Tavoitteena on siirtää voimassa olevat kaavat RYHTI-järjestelmään. Tietoa liitetään kaavayksikköön.

*Kaavayksikkö on asemakaavan tai erillisen tonttijaon perusteella muodostettava yksikkö, jota käytetään teknisenä yksilöinnin apuvälineenä tietyn alueen kaavan toteuttamiseen ja maaomaisuuden hallintaan liittyvissä toimenpiteissä.*⁸⁵

Kaavojen laadinnassa on käytetty erilaisia tiedostoformaatteja.

Vektori- ja rasterimuotoisia aineistoja voi olla erilaisissa tiedostoformaateissa. Rasteriaineistot ovat joko (geo)tiff- tai PDF-muodossa. Tiff-formaatti on tarkempi mutta tiedostot ovat sen takia suuria. Yleisin tiedostomuoto on PDF ja erityisesti sen arkistokelpoinen versio PDF/A.

*Vektorimuotoiset aineistot ovat tyypillisesti CAD-pohjaisilla ohjelmilla tuotettuna dwg-, dxf tai dgn-formaatissa. Vektorimuotoisia aineistoja voi olla myös paikkatietoaineistoina (esim. TAB). Muita mahdollisia formaatteja ovat esimerkiksi KuntaGML, Shapefile ja TAB.*⁸⁶

JSON (Javascript Object Notation)

*CityJSON on OGC:n hyväksymä yhteisöstandardi, jossa määritellään kolmiulotteisten kohteiden tietomalli ja JSON-muotoinen tiedostoformaatti. CityJSON-tietomalli on suppeampi kuin CityGML-tietomalli, mutta siten yhteensopiva, että CityJSON voidaan aina esittää myös CityGML-muodossa. Maanmittauslaitos käyttää CityJSON-tiedostomuotoa 3D-rakennuksille. Käyttäjä voi vapaasti valita joko CityJSON- tai CityGML-tiedostomuodon, koska 3D-rakennusten tietomallissa on mukana vain näiden molempien tukemia elementtejä. CityJSON-tiedostojen käsittelyyn tarvitaan erityinen 3D-ohjelmisto.*⁸⁷

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

Kansalliseen kaavatietomalliin voi tutustua *Tietomallit* -palvelussa⁸⁸.

⁸³ <https://ryhti.syke.fi/wp-content/uploads/sites/2/2024/03/Ohjeistus-voimassa-olevien-kaavojen-kaavatietomallimuotoisen-aineiston-tuottamiseen.pdf>, haettu 20.2.2025

⁸⁴ https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/Voimassa_olevien_kaavojen_digitalisointiohje_2024_valmis_v2_sav_Optimized.pdf, haettu 25.1.2025

⁸⁵ <https://sanastot.suomi.fi/terminology/rakymp?page=4>, haettu 21.1.2025

⁸⁶ https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/Voimassa_olevien_kaavojen_digitalisointiohje_2024_valmis_v2_sav_Optimized.pdf, haettu 21.1.2025

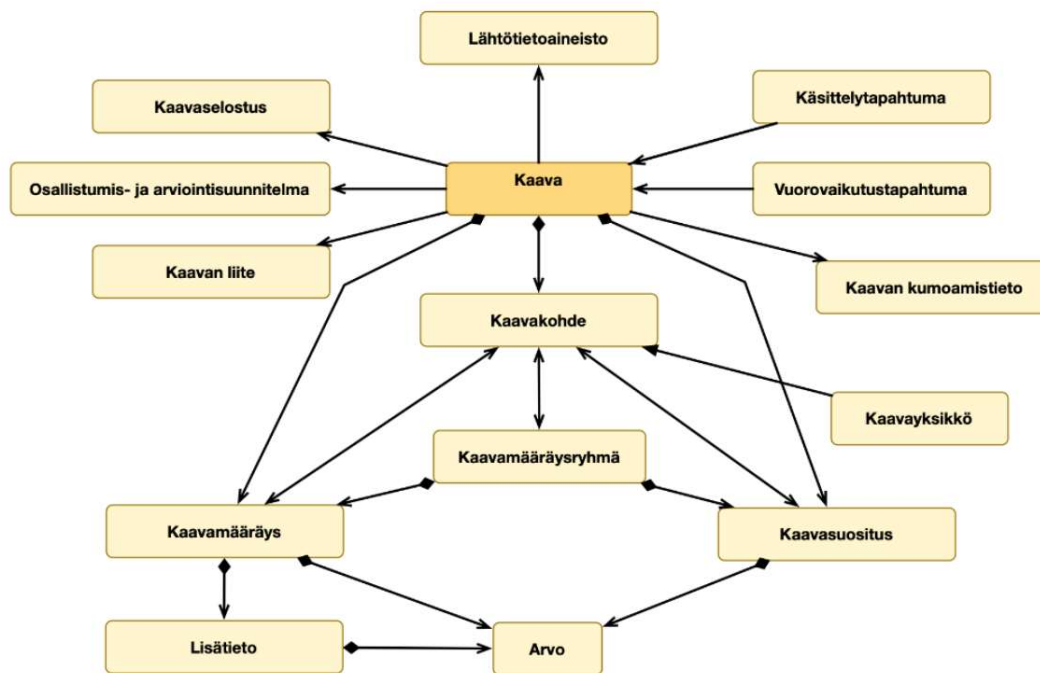
⁸⁷ <https://www.maanmittauslaitos.fi/paikkatietoaineistojen-formaatit>, haettu 18.2.2025

⁸⁸ <https://tietomallit.suomi.fi/model/rytj-kaava/association/vastuutaho?ver=1.0.2>

3.4.10. Kansallinen kaavatietomalli

KAATIO-hanke

Oulun kaupunki on vetänyt Valtionvarainministeriön vuosina 2021–2023 rahoittamaa KAATIO-hanketta⁸⁹, jossa on kehitetty ratkaisuja tietomallipohjaiseen kaavoitukseen. Hankkeessa oli Oulun lisäksi Espoon kaupunki, Hyvinkään kaupunki, Kirkkonummen kunta, Lahden kaupunki, Lappeenrannan kaupunki, Lohjan kaupunki, Paimion kaupunki, Pihtiputaan kunta, Porvoon kaupunki, Raaseporin kaupunki, Tampereen kaupunki, Tyrnävän kunta, Uudenkaupungin kaupunki, Vantaan kaupunki ja Viitasaaren kaupunki.⁹⁰



Kuva 10. Kaavatietomallin v. 1.1.1 käsittekaavio KAATIO-hankkeen mukaan⁹¹

3.4.11. Kaavoituksen ohjelmistot

Kaatio-hankkeessa mukana olleet ohjelmatoimittajat toteuttivat toiminnallisuudet tietomallin mukaisen kaavatiedon tuottamiseen, rakenteisessa muodossa olevien kaavamääräysten tuottamiseen sekä tiedon viennin ja tuonnin XML(GML)-formaattissa.⁹²

- AS Area Planning (ent. Novapoint), toimittaja Arkance Systems Finland Oy
- FactaMap, toimittaja CGI Suomi Oy
- Fiksu, toimittaja Symetri Oy

⁸⁹ Oulu kehittämässä tietomallipohjaista kaavoitusta - Ympäristöministeriö

⁹⁰ Selvitykset, ohjelmat ja seminaarit | Kaavoitus | Oulun kaupunki (ouka.fi).

⁹¹ Microsoft Word - Liite 3 Tekninen vaatimusmäärittely (wordpress.com)

⁹² <https://kaatio.wordpress.com/wp-content/uploads/2023/10/kaatio-loppuraportti-2023-10-30-yhdistetty.pdf>, haettu 21.1.2025

- Kauko (ent. QAAVA), toimittajat Gispo Oy ja Sitowise Oy
- LocusCloud, toimittaja Trimble Oy
- MATTI-järjestelmä (myös dmCity), toimittaja ESRI Finland Oy
- YTCAD, toimittaja Sweco Oy

Hankkeessa toteutettiin yksi avoimen lähdekoodin ohjelmistoratkaisu, Gispon ja Sitowisen Kauko-sovellus, joka on QGIS-ohjelmiston lisäosa. Sovellus on saatavilla GitHubissa osoitteessa: <https://github.com/sitowise/Kauko>.

BIM-työkalut

1. Graphisoft Archicad: Käyttäjätasoisesta käyttöliittymästään ja tehokkaista mallinnusominaisuuksistaan tunnettua Archicadia käytetään laajalti arkkitehtisuunnittelussa.
2. Autodesk Revit: Revit on kattava BIM-alusta, joka kattaa arkkitehtuurin, suunnittelun ja rakentamisen, ja se on hyvä valinta monille ammattilaisille.
3. Trimble Tekla: Tekla tunnetaan rakennemallinnustaidoistaan, ja sitä käytetään yleisesti rakennus- ja suunnittelualalla.⁹³

BIM-yhteistyön työkalut

1. BIMcloud: BIM-yhteistyöhön ja tiedonhallintaan suunniteltu alusta, joka on erityisen hyödyllinen suurissa projekteissa.
2. BIM 360: Autodeskin pilvipohjainen ratkaisu, jonka avulla monialaiset tiimit voivat tehdä yhteistyötä ja hallita projekteja.
3. Trimble Connect: Yhteistyöympäristö, joka tukee openBIM-työprosesseja ja jonka avulla tiimit voivat käyttää ja jakaa projektitietoja.
4. Asite: Pilvipohjainen yhteistyöalusta, joka yksinkertaistaa projektitietojen jakamista ja dokumenttien hallintaa.⁹⁴

3.5. Tietomallimuotoisen kaavoituksen huomioiminen MetaCityssa

Maankäyttö- ja rakennuslain pilkkominen useampaan erillislakiin ja kaavoituksen digitalisaatio jäsentävät maankäyttöön liittyviä suunnitteluprosesseja uudella tavalla. Maankäytön suunnittelu perustuu hyvin vahvasti voimassa olevaan lainsäädäntöön, jossa määritellään prosessi, prosessiin kuuluvat viranomaiset ja osalliset sekä heidän roolinsa, kaavahierarkia, kaavatasojen erot ja oikeusvaikutukset, kullakin kaavatasolla tuotettava aineisto ja kaavojen hyväksyminen ja muutoksenhakukeinot. Laissa säädetään minimitaso, jonka kaavan tulee täyttää. Laadukkaampi kaavahanke on aina mahdollinen.

Koska minimitaso määrittää sen, mitä ainakin kaavassa on esitettävä, on regulaatiolla keskeinen vaikutus siihen, kuuluvatko MetaCityn älykaupunkiin liittyvät ominaisuudet laissa säädelyyn minitasoon vai ovatko älykaupunkia määrittävät prosessit ja kaavaan liitettävät

⁹³ <https://www.nordicbim.com/fi/openbim>, haettu 10.3.2025

⁹⁴ <https://www.nordicbim.com/fi/openbim>, haettu 10.3.2025

ominaisuudet kokonaan regulaation ulkopuolella. Tällöin älykaupunkikaavoitus olisi erityinen projekti, jonka skaalautumista olisi vaikea perustella.

Tietomallimuotoinen kaavoitus on itsessään merkittävä digiloikka suomalaisessa suunnittelujärjestelmässä. Tietomallimuotoinen kaavoitus mahdollistaa tiedon skaalaamisen kuntarajoista huolimatta RYHTI-järjestelmään liitettävän avoimen tiedon avulla. Toisaalta koneluettavuus mahdollistaa rajapintojen käytön, mikä helpottaa oikean ja spatiaalisesti sidotun tiedon hallintaa. Mikäli tietomallimuotoisessa kaavoituksessa ei tunnisteta älykaupungin elementtejä tietomallipohjaisen kaavoituksen elementteinä, eivät ne myöskään tallennu tietomallimuotoiseen kaavoitukseen.

MetaCity -kaupunkisuunnittelukonseptin kehittäminen edellyttää, että maankäytön suunnittelun kannalta olennainen tieto sidotaan kussakin tietomallipohjaisessa kaavaprosessissa esimerkiksi koodistoon. Tiedolle tulee olla oma koodistonsa, jonka koneluettava kaavoitus tunnistaa. Jotta tiedolla on maakäytön kontekstissa merkitystä tulee myös tunnistaa tiedon spatiaalinen ulottuvuus: sijainti, vaikutusalue, vaikutuksen suunta. Lisäksi tulee tunnistaa tiedon /datan pysyvyys, luotettavuus ja omistajuus.

MetaCityssä tietomallimuotoiselle kaavoitukselle tulee määritellä datan spatiaalinen ulottuvuus ja datan liittyminen kansalliseen kaavatietomalliin ja koodistoon.

3.6. Kaupunkimallit, 3d-kaupunkimallit, ja digitaaliset kaksoset

3.6.1. Koneluettava kaupunkimalli

Vuonna 2018 käynnistyi t&k –hanke, jossa laadittiin kansainväliseen CityGML-formaattiin perustuva koneluettava kaupunkimallin jakelumuoto. T&K-hankkeen tilaajina oli Kehto-forumissa toimivia kaupunkia. Hankkeen päätyttyä tietosisältöä ja tietopalvelutoiminnallisuutta koskevien määrittelyjen ja kuvausten kaikki oikeudet siirtyivät Kuntaliitolle ja sen jäsenkunnille.

Projektin tarkoituksena oli vakioida kaupunkimallin muoto. Hankkeessa ennakoitiin, että kaupunkimalli voi toimia totuttua käyttöä laajemmin rakennetun ympäristön kehittämishankkeissa. 3Dkaupungin määritykset koskivat rakennuksia, katuja ja aukioita, viheralueita, kasvillisuutta ja varusteita. Hankkeen aikana mallinnukseen tarvittavaa ja mahdollisesti soveltuvaa lähtötietoaineistoa arviotiin toimijalähtöisesti.⁹⁵

3.6.2. 3D- kaupunkimallit ja digitaaliset kaksoset

Digitaaliset kaksoset voidaan luokitella seuraavasti:

1. *Digital Twin Instance* (DTI): Kaikki monitoroidut muutokset fyysisessä vastinparissa vaikuttavat digitaaliseen kaksoseen.

⁹⁵ 3Dkunta - koneluettava kaupunkimalli | Yhteentoimivuusalusta (suomi.fi)

2. *Digital Twin Prototype (DTP)*: Tuotteen valmistuksessa kerätään ja tallennetaan tärkeitä tietoja fyysisestä vastinparista ja ne vaikuttavat tuotteen kehittämiseen. DTP soveltuu simulointiin, validointiin ja testaukseen.
3. *Performance Digital twin (PDT)*: Älykkäitä ominaisuuksia yhdistämällä PDT voi analysoida ja seurata fyysistä vastinpariaan realistisemmin ja ennakoivasti.⁹⁶

H. Xia et al. (2021) mukaan **City Digital Twin (CDT, myös Digital Twin City, DTC)** on digitaalinen kopio (*replica*) kaupungissa olevista järjestelmistä (*systems*) ja kehittämisprojekteista (Wan et al, 2024).⁹⁷ Digitaalisissa kaksoissa käytetään kaupunkitietomallinnusta (*City Information Modeling, CIM*), joka sisältää mallinnuksen, seurannan, analyysin ja simuloinnin. CIM-tekniologia edustaa kaupunkilaajuista esitystä esineiden internet (*IoT*)-tekniologiasta, joka on johdettu pilvipalveluista, big datasta ja viestintätekniologioista (vapaa käännös). CIM-tekniologia koostuu GIS-aineistosta (Geographic Information System), BIM-aineistosta (Building Information Modeling) sekä IoT (Internet of Things) sensoreiden tuottamasta aineistosta. BIM kohdentuu arkkitehtuuriin, insinöörisuunnitteluun ja rakentamiseen (ACE, Architecture, Engineering, Construction) ja sen tuottama tietomäärä on aivan liian suuri hallittavaksi BIM:n tuottamaa tietoa rakennuskohdetta laajemmalla tasolla. GIS mahdollistaa tiedon käsittelyn aluetasolla. GIS kohdentuu spatiaalisen tiedon käsittelyyn. Kaupungin digitaalinen kaksonen on *tekniologia*, jolla voidaan hallita laajoja rakennettuun ympäristöön liittyviä tietoaineistoja.⁹⁸

Marai et al (2020) mukaan tarkoitamme älykkäämmällä kaupungilla sellaista, jossa jokainen kohde (esimerkiksi rakennukset, tehtaat ja autot) kykenee toimimaan turvallisesti itsenäisesti, tekemään päätöksiä, sopeutumaan muuttuviin olosuhteisiin sekä viestimään ja vaihtamaan tietoa muiden toimijoiden kanssa oikea-aikaisesti. (Tekoälyavusteinen käännös).⁹⁹

Digitaalisessa kaksoosessa on kolme keskeistä osaa: fyysinen rakenne, virtuaalinen rakenne ja näiden välisiä yhteyksiä ylläpitävät rakenteet.

Tianhu et al (2021) mukaan kaupunkien digitaaliset kaksoiset (Digital Twin City, DTC) pyrkivät parantamaan logistiikan, energiankulutuksen, viestinnän, kaupunkisuunnittelun, katastrofien hallinnan, rakennushankkeiden ja liikenteen tehokkuutta ja kestävyyttä. Tässä osiossa (Taulukko 3) luetellaan useita keskeisiä teknologioita DTC:ssä: kartoitus- ja mittaustekniologia, rakennuksen tietomallinnus (BIM), esineiden internet (IoT), 5G, yhteislaskenta, lohkoketju ja simulointi. (Tekoälyavusteinen käännös).¹⁰⁰

⁹⁶ Anad, A; Sardana, A; Kumar, A; Kumar Mohapatra, S; Gupta, S. (toim.) 2024. Simulation Techniques of Digital Twin in Real-time Applications. Design Modeling and Implementation. Shriver Publishing, Wiley.

⁹⁷ Wan, Li; Ying, Jin, Echenique, Marcial; Batty, Michael; Wegener, Michael. From urban modelling to city digital twins – Reflections from the applied urban modelling (AUM) symposia. Julkaisussa: Urban Analytics and City Science, 2024, Vol. 0(0) 1–8. (<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/23998083241279601>, haettu 19.12.2024)

⁹⁸ Haishan Xia, , Zishuo Liu, Maria Efremochkina, Xiaotong Liu, Chunxiang Lin. Study on city digital twin technologies for sustainable smart city design: A review and bibliometric analysis of geographic information system and building information modeling integration. Julkaisussa: Sustainable Cities and Society. Volume 84, September 2022, 104009 <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104009>, haettu 7.1.2025)

⁹⁹ Marai, Oussama El ; Taleb, Tarik ; Song, Jae Seung ; Roads Infrastructure Digital Twin: A Step Towards Smarter Cities Realization, Institute of Electrical and Electronics Engineers 2020, <https://www.urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021060333336>, retrieved 27.11.2024

¹⁰⁰ Deng, Tianhu ; Zhang, Keren ; Shen, Zuo-Jun (Max). A systematic review of a digital twin city: A new pattern of urban governance toward smart cities. Julkaisussa: Journal of management science and engineering (Online) 2021-06, Vol.6 (2), p.125-134, <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.03.003> , retrieved 29.11.2024

Taulukko 3. Kaupungin digitaalisen kaksosen systeemimalli. Lähde: (Deng, Tianhu ; Zhang, Keren ; Shen, Zuo-Jun (Max). A systematic review of a digital twin city: A new pattern of urban governance toward smart cities. Julkaisussa: Journal of management science and engineering (Online) 2021-06, Vol.6 (2), p.125-134, haettu 29.11.2024)

Sovellukset	Yhden luokun palvelu/ keskitetty palvelu	Hallinto	Kaupunkisuunnittelu
	Liikenteen mallintaminen, ilmasaasteiden hallintaan liittyvä alusta, jätteen hallintaan liittyvä alusta, tietomalli, kaupungin digitaalinen malli, yhteisön palveluihin liittyvä alusta, hätätilanteisiin liittyvä resurssien lähetys- ja hallinta-alusta, hätätilanteiden simulaatioon liittyvä alusta, asuntopuunnittelun optimointiin liittyvä alusta, lohkokehityspohjaiseen kauppaan liittyvä alusta.		
Älykaupungin ohjausjärjestelmä	Älykäs sovellustenhallintajärjestelmä		
	Kaupungin integroitu tietovarantoalusta		
	BIM- ja Gis-pohjainen kaupungin paikkatietomalli		
	Infrastruktuuriin liittyvän tiedon hallinnointi	Infrastruktuuriin liittyvän tiedon palaute	
Infrastruktuuri	Tietojenkäsittely	Reunalaskenta, superpilvilaskenta	Uusi automatisoitu kartoitusteknologia
	IoT, 5G	Langaton, valokuituverkko, 5G-laitteistot	
	Sensorit	Sensorit, toimilaitteet, yleisälykkäät IoT-järjestelmät	

City Digital Twin (CDT) tai **Digital Twin City (DTC)** vaati laadukasta ja kontekstiin sopivaa dataa. Mallinnus nähdään helposti yleisenä, järjestelmä- ja mittakaavariippumattomana teknologiana, jota tukevat big data ja koneoppimistekniikat (machine learning, ML). Digitaalisen kaksosen käyttäminen kaupunkirakenteessa edellyttää laajempaa kokonaisuuden ymmärtämistä ja teoreettista pohjaa. Mallin tulee pystyä selittämään kausaalisuutta, minkä vuoksi on välttämätöntä ymmärtää kaupunkirakenteen monimutkainen rakenne ja toimintojen sekä ympäristön väliset suhteet. Ilman ymmärrystä kausaalisuudesta ja teoreettista kytkentää digitaalinen kaksonen kuvastaa kaupunkirakennetta passiivisesti ja yleispiirteisesti. Monimutkaisessa kaupunkirakenteessa voi tapahtua yllättäviä muutoksia, joihin vaikuttavat mm. politiikka ja toimijat (stakeholders) sekä ympäristöolosuhteet. Kaupunkien digitaalisia kaksosia kehitettäessä tulisi huomioida kalibrointi-validointi-sykli, jotta mallin validiteetti voidaan varmistaa, teoriaa voidaan tarkentaa ja uutta tietoa voidaan löytää. *Reaaliaikaisia tietoja hyödyntävät CDT-algoritmit keskittyvät yleensä kaavojen tunnistamiseen (ominaisuuksien suunnittelu) ja/tai tulevien trendien ennustamiseen sen sijaan, että ne arvioisivat tietoja teoreettista vertailukohtaa vasten (vapaa käänös).*

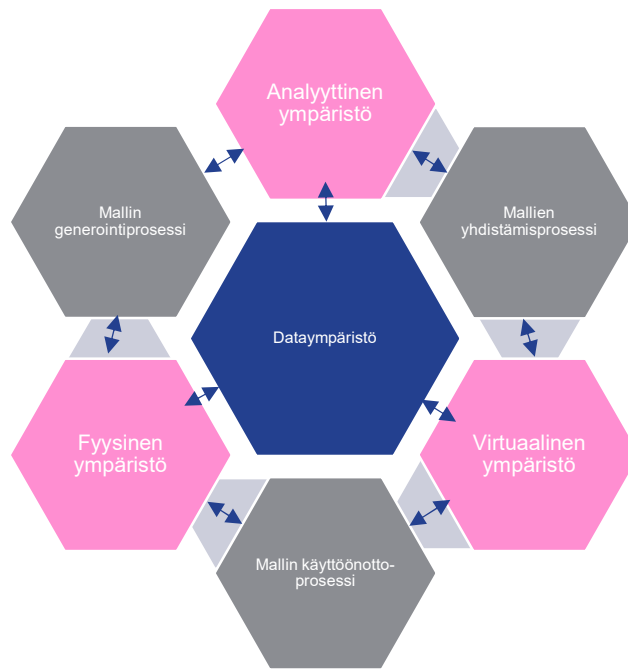
Kaupunkisuunnittelussa digitaalinen kaksonen poikkeaa teollisesta digitaalisesta kaksosesta siinä, että kaupunkirakenteessa digitaalisella kaksosella on ennen kaikkea strateginen merkitys (H.Xia et al., 2022).¹⁰¹

Digitaalinen kaksonen (Digital Twin, DT) edustaa reaali maailmassa olevaa ympäristöä (Physical Twin, PT), jota kuvannetaan mallien, simulaatioiden, etänä tehtyjen havaintojen, kontekstin tulkinnan ja ymmärtämisen sekä vuorovaikutuksen keinoin. Digitaalisen kaksosen rinnalla tutkitaan myös konseptia, jossa digitaalinen kaksonen upotetaan fyysiseen ympäristöön (PT) paikkatietoisien analytiikan avulla muodostaen yhdistettyjä kaksosia (Fused Twins, FTs)¹⁰². Digitaalista kaksoset parhaimmillaan palvelevat hallintoa ja kaupunkisuunnittelua, mutta voivat jäädä etäiseksi kaupunkisuunnitteluorganisaation ulkopuolella. Ongelmana nähdään se, että kaupunkirakenteessa toimivat eivät pääse tietoihin paikan päällä. Yhdistetyt kaksoset (FTs) parantavat saavutettavuutta laajennetun todellisuuden (XR) sovellusten avulla. *Lopulta vain silloin, kun tiedot ovat saatavilla siellä, missä niitä eniten tarvitaan, ja ymmärrettäviä niille, jotka niitä käyttävät, voivat digitaaliset kaksoset täyttää lupauksen, johon IoT yksin ei pystynyt: älykaupunkien kehityksen edistäminen yhdistämällä fyysiset ja virtuaaliset ympäristöt* (vapaa käännös) (Grübel et al, 2022)¹⁰³.

¹⁰¹ Haishan Xia, , Zishuo Liu, Maria Efremochkina, Xiaotong Liu, Chunxiang Lin. Study on city digital twin technologies for sustainable smart city design: A review and bibliometric analysis of geographic information system and building information modeling integration. Julkaisussa: Sustainable Cities and Society. Volume 84, September 2022, 104009 <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104009>, haettu 7.1.2025)

¹⁰²Grübel, et al (2022). The Hitchhiker's Guide to Fused Twins: A Review of Access to Digital Twins In Situ in Smart Cities. https://mdpi-res.com/remotesensing/remotesensing-14-03095/article_deploy/remotesensing-14-03095-v2.pdf?version=1656678424 , haettu 19.12.2024

¹⁰³ Ibid. s. 2



Kuva 11. Digitaalisen kaksojen rakenne Grüber et al (2022) mukaan. Lähde: Grüber et al (2022). The Hitchhiker's Guide to Fused Twins: A Review of Access to Digital Twins In Situ in Smart Cities. https://mdpi-res.com/remotesensing/remotesensing-14-03095/article_deploy/remotesensing-14-03095-v2.pdf?version=1656678424, haettu 19.12.2024.

Kaupunkien digitaaliset kaksoet mahdollistavat kokonaisvaltaisen älykaupunkikehityksen, jossa digitaalinen kaksoinen liittyy olennaisesti kaupunkien johtamiseen, hallintoon ja vapaa-aajan kehittämiseen. Kaupungin johtaminen koostuu päätöksenteosta, kaupunkisuunnittelusta ja viestinnästä sekä muusta suhdetoiminnasta. Hallinto käsittää ylläpitoon, rakentamiseen ja strategisten suunnitelmien ja linjausten toteuttamiseen liittyvät tehtävät. Viitteeseen ja vapaa-aikaan liittyvät mm. turismiin, kulttuuriin ja taiteisiin liittyvät tehtävät.¹⁰⁴

Digitaalisessa kaksoessa nähdään myös vahva liiketoimintapotentiali (WEF, 2022).¹⁰⁵

¹⁰⁴ Grüber, et al (2022). The Hitchhiker's Guide to Fused Twins: A Review of Access to Digital Twins In Situ in Smart Cities. https://mdpi-res.com/remotesensing/remotesensing-14-03095/article_deploy/remotesensing-14-03095-v2.pdf?version=1656678424, haettu 19.12.2024

¹⁰⁵ Digital Twin Cities: Framework and Global Practices. INSIGHT REPORT. APRIL 2022. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Digital_Twin_Cities_Framework_and_Practice_2022.pdf, haettu 28.1.2025

Taulukko 4. Digitaalisen kaksosen yleisimmät elementit WEF:n mukaan. Lähde: Digital Twin Cities: Framework and Global Practices. INSIGHT REPORT.APRIL 2022. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Digital_Twin_Cities_Framework_and_Practice_2022.pdf, haettu 28.1.2025.

Kaupungin digitaalinen kaksosen			
Visiot	Kaupungissa tapahtuva tuotanto on intensiivistä ja tehokasta.	Kaupunkitila on elinvoimainen ja miellyttävä.	Kaupunkiympäristö on kestävä.
↑	↑	↑	↑
Ulkoiset elementit	Sisäiset elementit		
Strategia ja mekanismit	Datan lähteet	Sovelluskohteet: Tehokas tuotanto, miellyttävä elämä, viherympäristö	
Sidosryhmät		↑	
Rahoitus ja liiketoimintamallit		Alustan kapasiteetti: täydellinen digitaalinen esitysmuoto, paikkatietoanalyysi ja tietojenkäsittely, laajamittainen innovaatiotoiminta ja sen laajentuminen, havinnollistaminen, todellisen ja virtuaalisen yhdistäminen ja vuorovaikutus, itseoppiminen ja automaattisesti kehittyvä, IoT havainnointi ja ohjaus, tietojen integroitu tarjonta, simulointi ja ekstrapolointi. Kaupunkitason digitaalisen kaksosen alusta.	
Evaluaatio ja standardit		↑	
Kyber turvallisuus		Infrastruktuuri: 1) Sensori-infrastruktuuri, 2) yhteysinfrastruktuuri, 3) tallennusinfrastruktuuri, 4) tietojenkäsittelyn infrastruktuuri, 5) yhdistetty infrastruktuuri.	

Digitaaliseen kaksoseen liitetään sensoreita, joskin niiden integrointi esimerkiksi CityGML-standardiin voi aiheuttaa haasteita. CityGML 2.0-versiossa ei ole suoraan määritelty sensoreita, ja 3.0- versiossa sensorit luokitellaan kalusteiksi (*City Furniture*). Sensorit voidaan määrittellä myös geneeristen objektien luokkaan (*Generic City Object*). Diakite et al. (2022) totesivat oman projektin osalta seuraavaa:

*A wide range of IoT sensors is already deployed and functional in the test site of the project, covering different themes (e.g. environment, transport, etc.) and accessible through an open data portal API. While the sensed data themselves do not need to be explicitly stored in our DT database, unless necessary (e.g., very resource consuming analysis), only the sensors (physical location) and their metadata need to be integrated in our city model. This enables management of explicit information about the sensor devices, their properties and spatial location, which allows efficient spatial analysis with the sensed data.*¹⁰⁶

¹⁰⁶ Diakite, A. A.; Ng, L.; Barton, J.; Rigby, M.; Williams, K.; Barr, S.; Zlatanova, S. LIVEABLE CITY DIGITAL TWIN: A PILOT PROJECT FOR THE CITY OF LIVERPOOL (NSW, AUSTRALIA), Julkaisussa: ISPRS annals of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences 2022-10, Vol.X-4/W2-2022, p.45-52 <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-4-W2-2022-45-2022> , haettu 22.1.2025

Digitaalista kaksosta voidaan visualisoida esimerkiksi QGIS:n tai CesiumJS:n avulla¹⁰⁷.

Taulukko 5. Digitaalisen kaksosen perustoimintoja

Digitaalisen kaksosen älylaitteiden periaatteelliset toiminnot ¹⁰⁸		
Surveying	<ul style="list-style-type: none"> • Topography, environment, and spatial structure of the city 	Photography, unmanned aerial vehicle (UAV), 3D laser scanning, and global positioning system (GPS).
Mapping	<ul style="list-style-type: none"> • Information into an integrated system based on geographic information system (GIS) 	Real-world 3D reconstruction technology and multi-source geographic data processing technology.
Asset and Infrastructure Management	<ul style="list-style-type: none"> • Identity information • Digital identification • Indexing, positioning, related information 	BIM
Data collection and feedback	<ul style="list-style-type: none"> • Acquisition control and the perception process • Dynamic data and relaying feedback • Aggregate and process the information collected by the sensors and upload it to the ubiquitous sensing and intelligent facility management platform 	IoT: Sensors: Location sensors (e.g., GPS, active badges), optical/vision sensors (e.g., photo-diode, color sensors, IR, and UV sensors), light sensors (e.g., photocells, photodiodes), image sensors (e.g., stereo-type camera, infrared), sound sensors (e.g. microphones), temperature sensors (e.g., thermometers), heat sensors (e.g., bolometer), electrical sensors (e.g., galvanometer), pressure sensors (e.g., barometer, pressure gauges), motion sensors (e.g., radar gun, speedometer, mercury switches, tachometer), orientation sensors (e.g., gyroscope), physical movement sensors (e.g., accelerometers), biosensors (e.g., pulse, galvanic skin response measure), vital sign processing devices (heart rate, temperature), wearable sensors (e.g., accelerometers, gyroscopes, magnetometers), and identification and traceability sensors (e.g., RFID, NFC). 5G
Trust mechanism of transactions, logistics, and human behavior	<ul style="list-style-type: none"> • A combination of concepts, including peer-to-peer protocols, hashing algorithms, cryptographic primitives, such as public-key cryptography, and distributed consensus algorithms • Large-scale data management systems • Records behavioral information between digital twins, guaranteeing the value, security, right, and ownership of the data 	Blockchain
Real-time response	<ol style="list-style-type: none"> 1. Collaborative computing with the combination of large-scale cloud computing centers and small-scale edge nodes for light-weight processing 	Collaborative computing with 5G.
Policy support, planning, and early warning mechanisms		Simulation technology.

¹⁰⁷ CesiumJS is an open source JavaScript library for creating world-class virtual 3D globes. For more than 10 years, Cesium provides the best-in-class performance, precision, visual quality, and ease of use. Used by developers across industries, from aerospace to smart cities to drones, to create interactive web apps for sharing dynamic geospatial data. <https://cesium.com/platform/cesiumjs/> haettu 23.1.2025

¹⁰⁸ <https://doi.org/10.1016/j.imse.2021.03.003>. haettu 17.1.2025

Digitaalisen kaksosen sovellettavuuteen liittyviä haasteita

Digitaalinen kaksonen rakennetaan yleisesti *tiettyä tarkoitusta* varten. Tavoitteena on kerätä tietoa, joka soveltuu hyödynnettäväksi ennalta määrättyissä käyttötarkoituksissa. Yleisimmissä jo toteutuneissa digitaalisissa kaksosissa on käytetty kansainvälistä 3D-mallia eli CityGML-standaria. Sen arvioidaan olevan tähän mennessä käyttökelpoisin kuvaamaan virtuaalisen mallin komponentteja.¹⁰⁹ Digitaalinen kaksonen tulee siis rakentaa tarkoitukseensa sopivista standardeista ja ohjelmista.

Digitaalisen kaksosen tulisi kohdentua vaikutusten nopeaan arviointiin, eikä niinkään painottua pitkän tähtäimen tilanteen kuvaukseen, kuten kaavoitetun alueen rakentamisen ja toteuttamisen visualisointiin. Esimerkiksi Atlantan kaupunki korostaa seuraavaa:

Traditional models used by Metropolitan Planning Organizations (MPOs) typically focus on future changes in areas like transit, demography, and land use. These models prioritize long-term predictions, where the experimental features of a digital twin might hinder effectiveness. In contrast, a digital twin is designed to observe the immediate impacts of complex systems and the sequence of changes, rather than measuring long-term growth.¹¹⁰

Maailman talousfoorumin (World Economic Forum) mukaan suurimmissa kaupungeissa (esim. Shanghai, Hongkong, Singapore) digitaalista kaksosta käytetään kaupunkisuunnittelussa ja tulevaisuuden palvelujen tuottamisessa (WEF 2022)¹¹¹. Kaupunkisuunnittelijoita digitaalinen kaksonen voi auttaa esimerkiksi lämpösaarekeilmiön, ilmaaasteiden, ilmaston muutoksen, energian käytön ja muiden reaaliaikaisten toimintojen seurannassa, mahdollistaa eri alueille kohdistuvien resurssien erojen tunnistamisen ja siten mahdollistaa tietoon pohjautuvan päätöksenteon.

WEF:n mukaan¹¹² eri sovellusten prosenttiosuudet kaupunkien digitaalisissa kaksosissa ovat:

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Julkinen hallinto ja palvelut (55,6 %) | 9. Koulutus (18,5 %) |
| 2. Kuntakehittäminen (44,4 %) | 10. Avoin data (14,8 %) |
| 3. Älykkäät rakennukset (40,7 %) | 11. Vesi (11,1 %) |
| 4. Ympäristö (40,7 %) | 12. Hygienia (11,1 %) |
| 5. Liikenne (37,0 %) | 13. Jätehuolto (7,4 %) |
| 6. Energia (37,0 %) | 14. Logistiikka (7,4 %) |
| 7. Muut (25,9 %) | 15. Elintarviketurva (3,7 %) |
| 8. Rikoksen ja onnettomuuden torjunta (25,9 %) | |

¹⁰⁹Diakite, A. A. ; Ng, L. ; Barton, J. ; Rigby, M. ; Williams, K. ; Barr, S. ; Zlatanova, S. LIVEABLE CITY DIGITAL TWIN: A PILOT PROJECT FOR THE CITY OF LIVERPOOL (NSW, AUSTRALIA).

Julkaisussa: ISPRS annals of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences 2022-10, Vol.X-4/W2-2022, p.45-52 <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-4-W2-2022-45-2022> , haettu 22.1.2025

¹¹⁰ ARC. Emerging Technologies Roundtable. Digital Twin. Whitepaper August 2024.

¹¹¹ Digital Twin Cities: Framework and Global Practices. INSIGHT REPORT. APRIL 2022. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Digital_Twin_Cities_Framework_and_Practice_2022.pdf, haettu 28.1.2025

¹¹² Digital Twin Cities: Framework and Global Practices. INSIGHT REPORT. APRIL 2022. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Digital_Twin_Cities_Framework_and_Practice_2022.pdf, haettu 28.1.2025

Digitaalisen kaksosen (CDT) rakentamiseen tulee varata aikaa ja resursseja useiksi vuosiksi sekä toiminnan tulee olla hallinnoitua ja organisoitua.

Digitaalisen kaksosen soveltamisessa on tunnistettu ainakin seuraavia haasteita (vapaa käännös):

- 1) Digitaalisen kaksosen simulaation ja todellisuuden augmentoinnin roolia digitaalisessa kaksosessa vähätellään.
- 2) Tiedostomuotoja tulee sekä standardisoida että suojata, jotta luottamus digitaaliseen kaksoseen säilyy ja jotta CDT:tä voidaan käyttää osallistamiseen
- 3) Digitaalisten kaksosten tietoa tuottavien lähteiden välillä olevat formaatit eivät aina ole yhteensopivia.
- 4) Paine käyttää CDT:tä julkiseen osallistamiseen ja päätöksentekoon vaikuttaa laajojen CDT:n kehittämiseen, koska alustalle tulee voida integroida vuorovaikutuksesta syntyneitä tietoja sekä tutkimustietoa päätöksenteon tueksi.¹¹³
- 5) Digitaalisen kaksosen skaalaaminen on haastavaa pinta-alan kasvaessa. Esimerkiksi Singapore, jossa on tehty edistyksellinen CDT, on pinta-alaltaan vain noin 735 neliökilometriä.
- 6) Hallinto ja IoT- infrastruktuurin laatu ja kattavuus vaikuttavat CDT:n kokonaisuuteen.¹¹⁴

Issossa-Britanniassa *the Centre for Digital Built Britain* on laatinut laajojen digitaalisten kaksosten kehittämiseksi kansalliset digitaalisen kaksosen periaatteita koskevat ohjeet (*The National Digital Twin Principles guidelines*).¹¹⁵

Ohjeissa korostetaan seuraavia teemoja (vapaa käännös):

1. *Tuota arvoa, joka osoitetaan mitattavien ja konkreettisten hyötyjen kautta.*
2. *Kehitä ja edistä avoimia, uudelleenkäytettäviä resursseja, jotka julkaistaan asteittain.*
3. *Edistä rehellisyyden ja läpinäkyvyyden kulttuuria.*
4. *Aseta etusijalle saavutettavuus ja osallisuus.*

Kyseisissä ohjeissa edellytetään myös, että digitaalinen kaksonen on 1) turvallinen (*safe*), 2) turvattu (*secure*), 3) luotettava (*trustworthy*), 4) eettinen (*ethical*), 5) kestävä (*sustainable*), 6) mukautuva (*adaptable*), 7) yhteentoimiva (*interoperable*).

¹¹³ Digital Twin Cities: Framework and Global Practices. INSIGHT REPORT. APRIL 2022. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Digital_Twin_Cities_Framework_and_Practice_2022.pdf, haetti 28.1.2025

¹¹⁴ ARC. Emerging Technologies Roundtable. Digital Twin. Whitepaper August 2024.

¹¹⁵ <https://www.gov.uk/government/publications/what-a-digital-twin-is-and-how-you-can-contribute/national-digital-twin-programme-ndtp-principles>, haettu 29.1.2025

3.6.3. Kansainvälisiä digitaalisen kaksosten toteutuksia

Digitaalisia kaksosia käytetään jo varsin laajasti useissa maissa ja varsinkin isoissa kaupungeissa. Tässä hankkeessa tunnistettiin ainakin seuraavat ulkomaiset kaupungit, joilla on jonkintasoinen digitaalinen kaksonen: Barcelona, Rotterdam, Ottawa, Tallinna, Amsterdam, Madrid, Tukholma, Zürich, Docklands Dublin, Sofia ja Singapore.

Lisäksi hankkeessa tarkasteltiin WEF (2022)¹¹⁶ luetteloja digitaalista kaksosta hyödyntävistä kaupungeista (Taulukko 6).

Taulukko 6. Digitaalisia kaksosia hyödyntäviä kaupunkeja.

Country	City	Platform	Operations
China	Xiong'an New Area	BIM, https://www.51vr.com.au/ ?	1) master planning 2) detailed control planning 3) scheme design 4) construction supervision 5) completion and acceptance 6) operation monitoring
China	Kunming	https://www.alibabacloud.com/en?_p_lc=1&f-8DC992C756BA=	Urban traffic database to enable urban traffic managers to observe and control the city's traffic operations.
China	Shenzhen, Mawan Smart Port	https://www.51aes.com/	To create a 1:1 realistic recreation of static port scenes and a data-driven simulation of dynamic port operations, offering such functions as all-round real-time dynamic recreations of port operations, flexible switching of equipment operation perspectives, visualization of trailer operation paths, search and positioning of equipment and containers, 3D spatial management of yard and container services, and statistical analysis of operational efficiency. Artificial intelligence, 5G applications, the BeiDou Navigation Satellite System, automation, smart ports, blockchain and other technologies.
Malaysia	Georgetown	CAICT https://gsacom.com/associate/caict/	Tourism. To collect and aggregate large and diverse sets of data from public and private domains, including planning schemes,

¹¹⁶World Economic Forum, (2022) Digital Twin Cities: Framework and Global Practices. INSIGHT REPORT.APRIL 2022, https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Digital_Twin_Cities_Framework_and_Practice_2022.pdf, haettu 28.1.2025

			ecological statistics, information on street facilities, energy and water consumption, and building and population data. Continuous monitoring and visualization of public properties such as roads and bridges through integrated sensor data assists in city maintenance, threat monitoring (both natural or man-made threats such as fire, earthquakes, surface temperature increases and flooding), and prediction of the impact of multiple types and levels of risk to the city. Enables city stakeholders to predict and solve problems such as potential hazards, congestion, urban overheating, waste emissions and unemployment. Furthermore, it can provide interactive services for local residents, such as immersive shopping experiences, to improve urban livability.
USA	New Mexico	<p>Cityzenith/ SmartWorldPro and Mapalyze https://cityzenith.com/</p> <p>To overcome the difficulty of integrating data from different sources such as BIM, GIS and IoT, SmartWorldPro has significantly expanded and upgraded its data import and integration capabilities, providing the ability to import hundreds of data types into a common dashboard.</p>	Mapalyze provides users with AI-based analysis such as solar analysis, viewpoint analysis, sociological analysis, traffic studies and climate impact simulations. In addition, SmartWorldPro offers a variety of deployment methods, including customized solutions, software as a service (SaaS) and software development kits (SDKs).
France	Rennes	Dassault Systèmes Metropolis Rennes	To collect and merge, share and analyse city-scale data to develop a 3D model of the metro through a design and simulation approach. The model can show both more macroscopic information such as the topography of the land around the metro station, as well as more detailed information such as rooftop solar panels, emergency evacuation routes and shaded pathways. At the same time, it is able to simulate the impact of metro construction on traffic signals, foot traffic in bus stations, commuting

			times and changes in community architecture.
Australia	New South Wales	The New South Wales (NSW) Government Data61 department of the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) NSW Spatial Collaboration Portal	A complete, real-time, accurate and reliable 4D framework model that projects a physical environment that can enable realtime spatial-based data sharing and collaboration to help policy planners and project developers better design and manage the future of cities. Integrates digital engineering assets, building information models and real-time application programming interfaces (APIs) for managing assets, public transport, air quality and energy production. For example, using the digital twin platform and blockchain technology, NSW puts information on building design approval, data verification and construction management on the blockchain, which provides the basis for subsequent smart asset management.

USA:ssa yliopistojen ja kaupunkien välinen yhteistyö on aktiivista erityisesti digitaalisten kaksosten kehittämisessä. Atlanta, New York City, Pittsburg, Phoenix ja Albuquerque esimerkiksi kehittävät digitaalisten kaksosten avulla infrastruktuuriin liittyviä palveluja käyttökustannusten vähentämiseksi, tuottavuuden kasvattamiseksi ja päästöjen vähentämiseksi.

3.6.4. Suomalaisia kaupunkimalleja

Digitaalisia kaupunkitietomalleja on jo varsin monessa suomalaisessa kaupungissa ja kunnassa. MetaCity-hankkeessa on kartoitettu isoimpien kaupunkien kaupunkimallien erityispiirteitä ja hyödyntämistapoja.

1. Helsingin kaupunki

Helsingin kaupunki on kehittänyt 3D-kaupunkimallia useissa eri vaiheissa. Kaupungin verkkosivuilla on saatavilla seuraavat 3D-kaupunkimallin (digitaalisen kaksosen) osakokonaisuudet avoimena datana:¹¹⁷

- A. Älykäs semanttinen kaupunkimalli
- B. Kolmioverkkomalli

¹¹⁷ <https://hri.fi/data/fi/dataset/helsingin-3d-kaupunkimalli>, haettu 31.7.2025

- C. Energia- ja ilmastoatlas
- D. Kalasataman digitaaliset kaksoset (KIRA digi-hanke).

Helsingin kaupungin kaupunkitietomallin oleellinen osa on tietokanta, johon malligeometria, tekstuurikuvat, semanttinen rakenne ja ominaisuustiedot on tallennettu. Tietomallin rakenne määritellään avoimessa CityGML-standardissa. CityGML-tietomalli sisältää kaikki Helsingin alueella olevat rakennukset enintään LoD2-tarkkuustasoisina.¹¹⁸ 3D kaupunkimallin aineisto on saatavilla verkossa (<http://kartta.hel.fi/3d/>) ja ladattavissa WFS-paikkatietorajapintapalveluna (<https://kartta.hel.fi/3d/citydb-wfs/wfs>). Aineisto on jaettu tietopaketteihin 2 km x 2 km karttalehtijaon mukaan. Aineisto ei kata koko kaupungin aluetta.

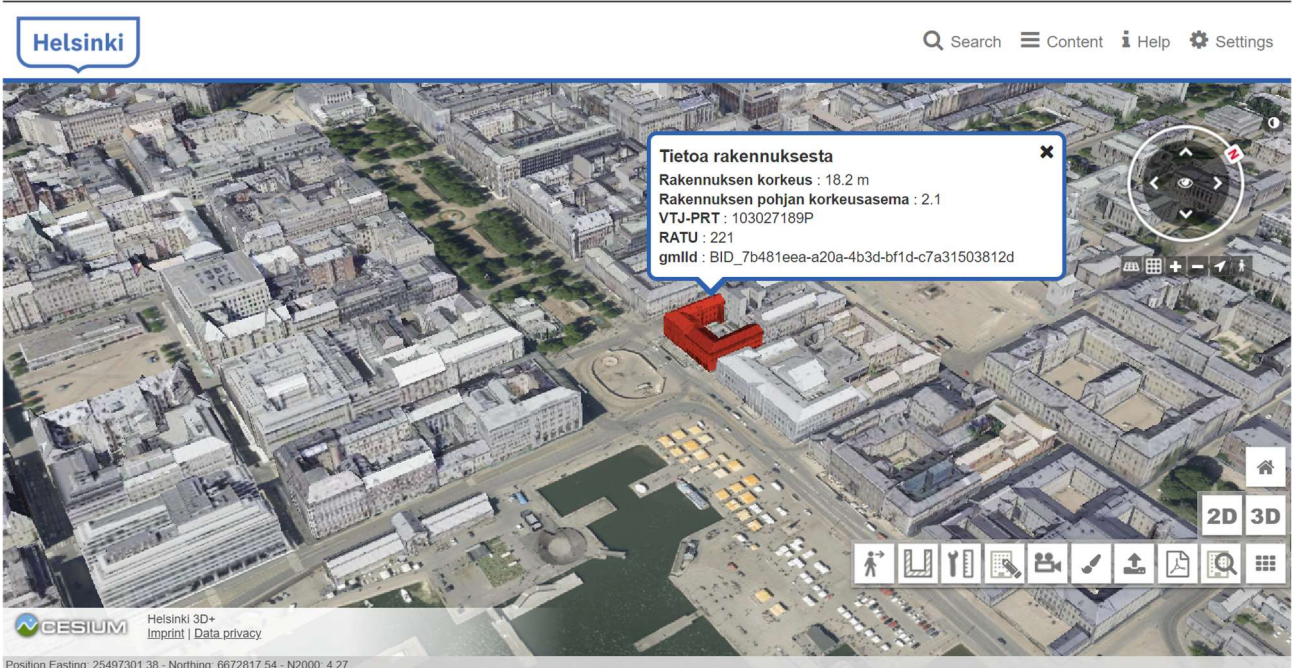
Kolmioverkkomalli on fotorealistinen kaupunkimalli ja se perustuu ilmavalokuvista tietokonelaskennalla muodostettuun 3D-malliin. Mallissa esitellään kuvaushetkellä paikalla olevat kohteet, kuten pienetkin rakennelmat, puut ja pysähtyneet autot. Kolmioverkkomalli kattaa koko kaupungin. Kolmioverkkomallin maastoerotuskyky on noin 7,5 cm/pikseli (2017 kuvaus). Mallista on saatavilla OBJ-muotoinen aineisto, joka sisältää erikseen jokaisen yksityiskohtaisuustason, eli *Type of Level of Detail (LoD): Adaptive tree*.¹¹⁹

KIRAdigi-hankkeen (5/2018–1/2019) yhteydessä Helsingin kaupunki laati Kalasatamasta mahdollisimman tarkat digitaaliset kaksosmallit CityGML-standardin mukaisena semanttisena mallina sekä kolmioverkkomallina. Hankkeelle asetettiin viisi osatavoitetta: 1) kaksosmallien tuotanto, 2) kaksosmallit avoimena datana, 3) kaksosmallit smart-kehitysalustana, 4) kaksosmallit simulaatioalustana, 5) kaksosmallit kaupungin prosessissa.¹²⁰ Helsingin kaupungin 3D -mallia päivitetään Helsingin kaupunkimittauksessa. Päivitettyä aineistoa voi tarkastella selainnäkyssä (Kuva 12).

¹¹⁸ <https://www.helsinkikanava.fi/fi/series/224831402>, haettu 31.7.2025

¹¹⁹ <https://hri.fi/data/fi/dataset/helsingin-3d-kaupunkimalli>, haettu 31.7.2025

¹²⁰ https://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/kira-digi_raportti_280319.pdf, haettu 31.7.2025



Kuva 12. Kuvakaappaus Helsingin kaupunkitietomallista (<https://kartta.hel.fi/3d/#/> haettu 11.10.2024)

Helsingin kaupunki on kehittänyt digitaalista kaksosta liikkumisen ja liikenteen tarpeisiin. Tietoa kerätään eri tietolähteistä ja sensoreista. Digitaalinen kaksonen on vielä kuitenkin lähinnä ympäristön 3D-malli.¹²¹

2. Espoon kaupunki

Espoon kaupungin 3D-kaupunkitietomallia ylläpidetään Trimble Locus tietojärjestelmässä ja geometrinen sekä visuaalinen ylläpito tapahtuu yhdessä perinteisen kantakartta ja infra-omaisuudenhallinnan kanssa, joista saadaan sekä perinteiset paikkatieto- ja kartta-aineistot että uudet tietomalliaineistot. 3D-kaupunkitietomalli kattaa lähes kaikki CityGML-standardin kohdetyytit (ei taitorakenteisia siltoja ja tunneleita) ja on yhteensopiva OGC CityGML 2.0:n kanssa.¹²²

Aineisto on saatavilla WFS-rajapintapalveluna (Kuva 13).¹²³

¹²¹ <https://forumvirium.fi/esittely/data/>, haettu 4.2.2025

¹²² <https://kartat.espoo.fi/3d/citymodel.html>, haettu 1.8.2025

¹²³ <https://www.avoindata.fi/data/dataset/espoo-3d-kaupunkimalli>, haettu 1.8.2025



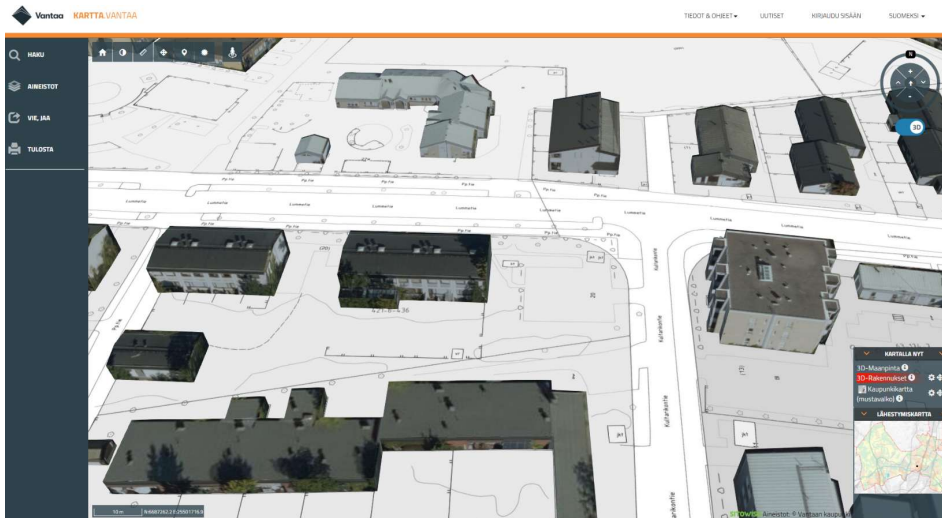
Kuva 13. Kuvakaappaus Espoon 3d-kaupunkimallista. Lähde:
<https://kartat.espo.fi/IMS/?layers=Kaupunkimalli&cp=6676983,25481022&z=2>

3. Vantaa

Vantaa tarjoaa 3D-muotoisia rakennukset ja maanpinnan (Kuva 14), mutta kokonaisvaltaista 3D-kaupunkimallia ei ole.

Vantaan kaupungin 3D-rakennusten karttataso perustuu vuoden 2016 laserkeilaukseen kuten myös maanpinnan 3D-aineisto. Vantaan karttapalvelun mukaan *laserkeilauksesta luodaan kolmiulotteiset mallit LOD2 tarkkuustasolle, jossa kattomuodot pyritään mallintamaan mahdollisimman hyvin. Rakennusten seinät alkavat rakennuksen katon ulkoreunasta, ja mallintuvat kohtisuoraan maanpintaan. Mallit teksturoidaan (eli pintoja visualisoidaan realistisemmiksi) orto -ja viistoilmakuvauksista. Teksturointiin vaikuttaa oleellisesti kuvausten ajankohta, jonka myötä etenkin seinäpinnoilla saattaa esiintyä olemassa olevaa kasvillisuutta ja osa seinäpinnoista saattaa vaikuttaa tummilta.*¹²⁴

¹²⁴ <https://kartta.vantaa.fi/?setlanguage=fi#>, haettu 1.8.2025



Kuva 14. Kuvakaappaus Vantaan kaupungin karttapalvelus 3D-aineistosta. Lähde: <https://kartta.vantaa.fi/?setlanguage=fi#>

4. Turku

Turun kaupunki on laatinut 3D-kaupunkimallin avoimena datana. Malli on laadittu CityGML-formaatissa ja on saatavilla WFS-rajapintapalveluna.¹²⁵ Tiedostopohjainen aineisto on mahdollista ladata Turun kaupungin karttapalvelusta, jossa rakennukset, maanpinta ja pistepilvi on esitetty 3D-muotoisina (Kuva 15).¹²⁶



Kuva 15. Kuvakaappaus Turun kaupungin karttapalvelusta. Lähde: <https://turku.asiointi.fi/IMS/>

¹²⁵ <https://www.avoindata.fi/data/dataset/turun-kaupungin-kaupunkitietomalli>, haettu 1.8.2025

¹²⁶ <https://turku.asiointi.fi/IMS/>, haettu 1.8.2025

5. Oulu

Oulun kaupunki on uudistanut 3D-kaupunkimallin. Mallit perustuvat Oulun kaupunkimittauksen paikkatietojärjestelmän tietoihin. Kaupunkitietomalli toimii suunnittelun lähtötietomallina mahdollistaen tehokkaamman ja nykytilan paremmin huomioon ottavan suunnittelun ja päätöksenteon. Rakennusmallinnus perustuu pistepilveltä poimituihin kattomuotoihin. Rakennusmalleja ei enää julkaista avoimena datana, vaan luovutetaan projektikohtaisesti.

Kaupunkitietomallin geometrinen ja visuaalinen ylläpito tapahtuu yhdessä perinteisen kantakartta ja infra-omaisuudenhallinnan kanssa, joista saadaan sekä perinteiset paikkatieto- ja kartta-aineistot että uudet tietomalliaineistot.

Tuetut tiedostomuodot ovat SketchUp, AutoCAD DWG ja CityGML.

Kaupunkitietomalli kattaa kaikki CityGML-standardin sisältämät ja siinä kuvatut kohdetyyppit lukuun ottamatta ns. taitorakenteisia siltoja ja tunneleita. Rakennusmalleja on saatavilla eri tarkkuustasoilla (Level Of Detail) 0–2.5 (Kuva 16).



Kuva 16. Tarkkuustasot (LOD) rakennuksilla

LOD1 tasossa rakennukset on nostettu kerroskorkeuteen "laatikkomalleina" ilman kattomuotoja. LOD2 tason mallit sisältävät osin pistepilvimateriaalin perusteella tuotettuja kattomuotoja. LOD2.5 tason mallit sisältävät räystäät.

Kaikki mallit sisältävät myös maastomallin, joka perustuu Oulun kaupungin keilausaineistoon. Oulun kaupunki ei vastaa mallien virheellisyydestä eikä käytön mahdollisesti aiheuttamista haitoista. Tekstuurit kaupunkimalliin ovat tulossa myöhemmin.¹²⁷

3.6.5. Kaupunkimallien ja digitaalisten kaksosten merkitys MetaCityn kaupunkisuunnittelumallille

Tässä hankkeessa tunnistetut kansainväliset ja kansalliset kaupunkitietomallit ovat varsin monen tasoisia. GIS ja BIM muodostavat pohjan digitaalisten kaksosten kehittämiseksi. Yhdysvalloissa digitaalisia kaksosia kehitetään aktiivisesti kaupunkien ja yliopistojen yhteistyönä. Kiinassa digitaaliset kaksokset ovat edistyneitä, ja niitä käytetään monipuolisesti analyysissä, vaikutustenarvioinnissa ja päätöksenteon tukena. Kotimaiset kaupunkimallit ovat

¹²⁷ Oulun kaupunki GIS-tuki, sposti 30.6.2025

usein yksinkertaisempia 3D-malleja, joiden avulla erityisesti liikennettä ja kaupunkirakennetta voidaan analysoida.

Tietomallimuotoinen kaavoitus mahdollistaa koneluettavaa tietoa, jota tarvitaan kaupunkimallien ja erityisesti digitaalisten kaksosten kehittämisessä. Digitaalinen kaksonen on kaupunkimallia kehittyneempi, sillä siihen liittyy sensorointi, tiedon käsittely ja visualisointi. Digitaaliset kaksoset tulee suunnitella tapauskohtaisesti tarkoitustaan varten, joten tämä voi vaikeuttaa skaalautumista. Toistaiseksi suomalaiset kaupungit ovat vielä varsin varhaisessa kehitysvaiheessa verrattuna kansainvälisiin esimerkkeihin ja on todennäköistä, etteivät digitaaliset kaksoset ole saavutettavia pienemmille kunnille ja kaupungeille eikä digitaalisille kaksosille ole olemassa kansallisesti erityisregulaatiota. Digitaaliset kaksoset voivat toimia alustoina maankäytöllisten erityisteemojen esille nostamiseksi ja selvittämiseksi. Tehokkaimmillaan ne toimivat alueellisesti rajattuina, mutta tällöin kunnan/kaupunginkin alueen sisällä skaalautuvuus on haastavaa. Suomessa ei ole vielä suunnitelmallista keinoa, millä sensorointiin liittyvää tietoa sidotaan maankäytön prosesseihin.

MetaCityn kaupunkimallissa EU:ssa korostetut ihmisvaikutukset sekä ihmisten kyky hallita kokonaisuuksia, tietoa ja tunnistaa oma roolinsa 3D malleissa ja digitaalisissa kaksosissa on välttämätöntä ja haastavaa.

3.7. Kaupunkirakenteen vyöhykkeet

Kaupunkirakenne on kolmiulotteinen ja monitasoinen. Moninaistuva ja älykäs kaupunkitilan käyttö voi tapahtua eri kaupunkirakenteen tasoilla ja siksi on tärkeä tunnistaa eri tasot, ja niihin liittyvä suunnittelutapa ja suunnitelmat MetaCityn alueella. MetaCityssa kaupunkirakenteeseen on tullut uusia SmartCity toimintoja, joita hallitaan tai ohjataan älylaitteilla. Nämä laitteet ovat perinteiselle kaupunkisuunnittelulle vielä jossain määrin vieraita, eikä niille ole suunnittelunormistoa maankäytön suunnittelun kontekstissa. Älykaupunkikehitys on alkanut toimijälähtöisesti; älylaitteilla halutaan hallita käyttäytymistä, tietoa ja suunnitteluakin. Kaupunkisuunnittelu ei laitteita tunnista prosessisisään eikä tunnista laitteiden tarvitsemia olosuhdevaatimuksia. Älylaitteet voivat myös operoida monissa eri kaupunkirakenteen vyöhykkeissä ja niiden toiminta voi olla luonteeltaan pysyvää tai tilapäistä.

Tässä raportissa tarkastelemme tarkemmin kolmea kaupunkirakenteen vyöhykettä: 1) maanalainen tila, 2) maanpäällinen tila, ja 3) ilmatila.

3.7.1. Maanalainen tila

Maanalainen tila on tunnistettu kaavoituksessa ja kiinteistönmuodostuksessa (katso myös **3d-kiinteistö**, kappale 3.7.3). Asemakaava laaditaan yleensä koskemaan maanpäällisiä tiloja, mutta kaava voidaan laatia myös pelkästään maanalaisia tiloja varten. Kaava voidaan laatia myös ohjaamaan maanpäällisten ja maanalaisen tilojen rakentamista. Pelkästään maanalainen asemakaava voi mahdollistaa maanpäällisistä kiinteistörajoista poikkeavan ratkaisun (metrot, tunnelit yms.).

Suomalaisessa kaavoitusjärjestelmässä perusajatuksena on, että rakennuksen alle saa rakentaa enintään yhden pääasiassa maanalaisen tilan (kellari) ilman, että siitä tulee määrätä

asemakaavassa. Mikäli mahdollistetaan useamman kuin yhden kellarin rakentaminen, tulee se ratkaista asemakaavassa. Maanalaisia autopaikkoja voidaan rakentaa kiinteistöllä rakennuksen ulkopuolelle kaavan mukaisille aluevarauksille. Katualueet ovat tärkeitä infran rakentamisen kannalta, sillä katujen alla tai yhteydessä on LVS- ja kaapelivetoja.

Alueidenkäyttölaissa (132/1999) 56 §:ssä säädetään asemakaavan laatimisesta maanalaisia tiloja varten seuraavasti:

Jos maankäytön yksityiskohtainen suunnittelu on tarpeellista vain maanalaisten tilojen rakentamista tai muuta käyttöä varten, asemakaava voidaan laatia myös vaiheittain niin, että se käsittää vain maanalaisia alueita. Alueella, jolla asemakaava käsittää vain maanalaisia tiloja, sovelletaan asemakaavoittamatonta aluetta koskevia maanpäällistä maankäyttöä ohjaavia tämän lain tai muiden lakien säännöksiä.

HE 101/1998 56 §:n yksityiskohtaiset perustelut:

Pykälään ehdotetaan säännöstä mahdollisuudesta laatia asemakaava vain maanalaista rakentamista varten. Alueella, jonka asemakaava käsittää vain maanalaisia tiloja, sovellettaisiin asemakaavoittamatonta aluetta koskevia maanpäällistä maankäyttöä ohjaavia säännöksiä.

3.7.2. Maanpäällinen tila

Maanpäällinen kiinteistö määritellään kiinteistönmuodostamislaisissa (554/1995) 2 § 1) kohdassa seuraavasti:

[...] kiinteistöllä sellaista itsenäistä maanomistuksen yksikköä tai muuta yksikköä, joka kiinteistörekisterilain (392/1985) nojalla on merkittävä kiinteistönä kiinteistörekisteriin, ja muulla rekisteriyksiköllä muuta sanotun lain nojalla kiinteistörekisteriin merkittävää erillistä yksikköä; kiinteistö käsittää siihen kuuluvan alueen, osuudet yhteisiin alueisiin ja yhteisiin erityisiin etuuksiin sekä kiinteistölle kuuluvat rasiteoikeudet ja yksityiset erityiset etuudet (kiinteistön ulottuvuus)[...]

3.7.3. 3D-kiinteistö

3D-kiinteistö, joka on rajoiltaan kolmiulotteisesti määritelty tila, voi olla yhden tai useamman peruskiinteistön alueella. Kiinteistörekisterissä 3D-kiinteistön tiedot poikkeavat 2D-kiinteistöstä ja sillä ei ole pinta-alaa, mutta sillä on ulottuvuustiedot. 3D-kiinteistöstä tallennetaan tietokantaan 3D-malli.¹²⁸

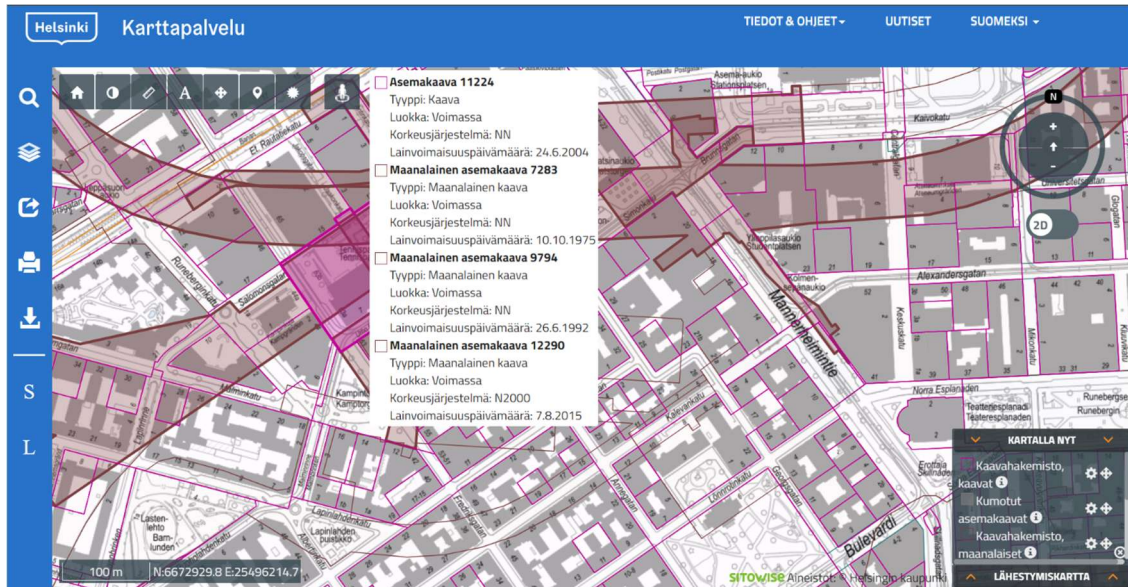
3D-kiinteistöjä voi syntyä vain asemakaava-alueilla. Lisäksi tonttien osalta edellytetään sitovaa kolmiulotteista tonttijakoa. Myös vanhat asemakaavat voivat toimia 3D-kiinteistönmuodostamisen pohjana. Asemakaavasta pitää

¹²⁸ https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2018/09/3D-kiinteist%C3%B6muodostaminen.avaus_.ppsx, haettu 11.10.2024

pystyä johtamaan käyttötarkoitus eri korkeusasemiin sekä rakennusoikeuden määrä eri käyttötarkoituksille. Rakennusoikeus pitää olla ilmaistuna asemakaavassa kokonaislukuna.¹²⁹

Asemakaavan vaikutus:

3D- kohteita voi olla vain asemakaava-alueella. 3D- kiinteistö voi olla asemakaavan ja tonttijaon mukainen tontti tai asemakaavan mukainen yleinen alue (tai lunastusyksikkö).



Kuva 17. Kuvakaappaus Helsingin kaupungin karttapalvelusta Kampin alueelta. Alueella on useita päällekkäin olevia asemakaavoja (maalalaisia ja maanpäällinen), jotka ohjaavat alueen maankäyttöä. Asemakaava pohjautuu lähtökohtaisesti kiinteistöjaottelun mukaiseen alueiden varaukseen. Maanalaisilla asemakaavoilla on varmistettu logistisesti tärkeiden yhteyksien huomiointi, kuten metro ja Pisara-rata. (haettu 11.10.2024 <https://kartta.hel.fi/?setlanguage=fi#>)

Helsingin kaupunki ohjeistaa esitettävän tonttijakokartoilla 3D-kiinteistöt seuraavasti: ¹³⁰

1. Kiinteistöjen rakennusoikeus
2. Maanpintaan projisoitu pinta-ala
3. Suhde peruskiinteistöön (ylä- vai alapuolinen tai itse peruskiinteistö)
4. Ylin ja alin korkeusasema N2000-järjestelmässä
5. Rajapisteiden x, y ja z-koordinaatit
6. Tonttijakokartan pohjalta tuotettava toimituskartta, josta saadaan KTKii-tietokantaan tallennettava CITYGML-malli

¹²⁹ Kolmiulotteinen kiinteistönuodostus | Maanmittauslaitos, haettu 11.10.2024

¹³⁰ <https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2018/09/3D-kiinteist%C3%B6nuodostaminen.3D-tonttijako.ppsx>, haettu 11.10.2024

3.7.4. Ilmailulain mukainen ilmatila

Ilmatilaa määritellään ja siellä tapahtuvaa toimintaa säädetään ensisijaisesti seuraavien säädösten avulla:

- Ilmailulaki (864/2014)
- ASM -toimintakäsikirja¹³¹ (ASM = AirSpace Management)
- Valtioneuvoston asetus ilmailulta rajoitetuista alueista (13.11.2014/930)
- Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 2019/947
- U-spacea koskeva EU-asetus (EU) 2021/664 on astunut voimaan 26.1.2023

Ilmatilan käsitettä määrittävät ilmailua koskevat määräykset.

Lentoestelupa tarvitaan ilmailulain 158 §:n mukaan silloin kun pystytettävä kohde

- 1) ulottuu yli 10 metrin korkeuteen maan- tai vedenpinnasta ja sijaitsee lentopaikan, kevytlentopaikan tai varalaskupaikan kiitotien ympärillä olevan suorakaiteen sisällä, jonka pitkät sivut ovat 500 metrin etäisyydellä kiitotien keskilinjasta ja lyhyet sivut 2 500 metrin etäisyydellä kiitotien kynnyksistä ulospäin;*
- 2) ulottuu yli 30 metrin korkeuteen maan- tai vedenpinnasta ja sijaitsee 1 kohdassa tarkoitetun alueen ulkopuolella mutta kuitenkin enintään 45 kilometrin etäisyydellä 75 §:ssä tarkoitetun lentoaseman mittapisteestä;*
- 3) ulottuu yli 30 metrin korkeuteen maan- tai vedenpinnasta ja sijaitsee 1 kohdassa tarkoitetun alueen ulkopuolelta, mutta kuitenkin enintään 12 kilometrin etäisyydellä varalaskupaikan tai muun lentopaikan kuin 75 §:ssä tarkoitetun lentoaseman mittapisteestä;*
- 4) ulottuu yli 60 metrin korkeuteen maan- tai vedenpinnasta ja sijaitsee 1–3 kohdassa tarkoitettujen alueiden ulkopuolella;*
- 5) läpäisee lentoesterajoituspinnan; tai*
- 6) esteellä on vaikutusta lentomenetelmien estevarakorkeuteen.*

Ilmatilassa lentoesteet tulee merkitä lentoestevaloilla. Lentoestevaloja edellytetään rakenteilta, jotka:

- lävistävät tai ovat hyvin lähellä lentopaikan lentoesterajoituspintoja
- ovat kiertolähestymisalueella ja korkeampia kuin 45 m maanpinnasta (kiertolähestymisalue noin 10 km säde lentoaseman ympärillä)
- ovat muualla ja korkeampia kuin 70 m maanpinnasta (Traficom 1.9.2020).¹³²

¹³¹ [ASM-toimintakäsikirja 2.4 lausuntokierros.pdf](#), 08.12.2025

¹³² https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/FAQ_lentoesteet_01SEP2020.pdf

3.8. Kaupunkirakentamisen vyöhykkeiden huomioiminen MetaCity-kehityksessä

Tietomallimuotoinen kaavoitus on kolmiulotteista, kaupunkimallit perustuvat kaupunkirakenteen 3d visualisointiin, digitaaliset kaksoset keräävät/ esittävät tietoa 3D mallissa ja sensorit (stabiilit, mobiilit) operoivat kolmiulotteisessa tilassa.

Mikäli MetaCity kaupunkimallin suunnitteluperiaate tukeutuu ensisijaisesti kaavoitukseen, tulee jopa tietomallipohjaisessa kaavoituksessa haasteita kolmiulotteisuuden liittyvän regulaation hallinnassa. Esimerkiksi Alueidenkäyttölaki (132/1999) ei säätele kolmiulotteisen tilan suunnittelua ja käyttöä siten, kuten sensoroinnin maankäytöllinen ohjaus edellyttäisi. Kiinteistöt voivat olla 3D kiinteistöjä, dronit lentävät maanpinnan ja ilmatilan välillä, jolloin ohjausmekanismit vaihtuvat sen mukaan, missä ulottuvuudessa droni on.

MetaCityn kaupunkimalli ei ole pelkästään kaavoituksen ohjauksen keinoin mahdollista, ellei maankäytön suunnittelun keinovalikoimaan rakenneta kolmiulotteisten operaatioiden hallintaan ja ohjaamiseen sekä toimintojen yhteensovittamiseen sopivia työkaluja, jotka limittyisivät joustavasti erityislainsäädännöllä ohjattaviin operaatioihin luontevasti.

MetaCity on maan alla, maanpäällä ja ilmatilassa oleva älykkäiden palvelujen kokonaisuus, joka voidaan maankäytön keinoin integroida rakennetun ympäristön suunnitteluun, vaikutusten arviointiin ja toteutukseen. Tietomallimuotoinen kaavoitus on askel tätä kohti, joskin se askel jää ottamatta, ellei tuotettu data ole osa maankäytön suunnittelua ja tuotettavan aineiston sisältöä.

3.9. Maankäytön suunnittelun nykytila ja muutokset MetaCityn alueella

3.9.1. Muutos ja pysyvyys kaupunkirakenteessa

Kaupunkisuunnittelun näkökulmasta maankäytön pysyvyydellä ja muutoksilla on merkitystä alueelle integroitavien uusien toimintojen näkökulmasta. MetaCityn kaupunkisuunnittelumallissa tunnistetaan kaavoituksen näkökulmasta 1) varsin pysyvät maankäyttöluokat, 2) muutosalttiit maankäyttöluokat, joissa älylaitteiden toimintaympäristö voi olla aktiivisessa muutoksessa, 3) älylaitteille luontevat vyöhykkeet, joilla on yhtymäpintoja kaupunkisuunnitteluun, mutta joita maankäytön suunnittelujärjestelmät eivät tunnista.

Maankäytön suunnittelulla (tässä kaavoitus, yleisten alueiden suunnitelmat, katusuunnitelmat) ohjataan tulevaa kehitystä asetetun tavoiteajankohdan suhteen. Lähtökohtaisesti maankäytön suunnittelua tehdään mahdollistamaan tavoitevuodeksi tavoiteltu kehitys niin, että intressiryhmillä on hyvä käsitys tapahtuvasta muutoksesta ja maankäytön prosesseissa on huomioitu suunnitelmien toteuttamisen vastuut ja velvollisuudet. Toisaalta suunnitteluprosessissa kohtuuttomia ratkaisuja ei tule tehdä muusta kuin erityisen pakottavasta syystä ja kohtuuttomuudesta aiheutuu tällöin korvausvelvollisuus.

Lähtökohtaisesti maankäytön suunnittelu on systemaattista ja tavoitteellista sekä pitkäjänteistä. Toisaalta suunnitelmia voidaan muuttaa hyvinkin nopeasti, mikäli suunnitteluun liittyvä tarkoitus ja tavoite muuttuvat aiemmasta. Nopeasti muuttuvilla alueilla uusien toimintojen integraatio vaatii ajantasaista tietoa olemassa olevasta tilanteesta, käsitystä alueelle kohdistuvista muutoksista ja mahdollisista toteuttamiseen liittyvistä epävarmuuksista.

Maankäytön suunnittelu ja erityisesti kaavoitus (yleis- ja asemakaavoitus) on mahdollistava ja ei siten edellytä välittömästi kaavaa toteuttavia toimenpiteitä. Yleisten alueiden yksityiskohtaisempi suunnittelu perustuu lainvoimaiseen asemakaavaan, joten kaavoituksella määritellään suunnittelun reunaehdot. Asemakaavan mukaisille rakennuksille voidaan myöntää rakentamislupa (RAK 42 §) ja tällöin hankkeen sijoittamisen edellytykset arvioidaan asemakaavan perustella (RAK 44 §). Voimassa olevilla rakentamisluvat ovat voimassa, kunnes on tarve hakea uusi rakentamislupa, joka saa prosessin päätyttyä lainvoiman. Eli voimassa olevan luvan korvaa vain uusi lainvoimainen lupa.

Kaupunkisuunnittelussa on tunnistettavissa selkeästi seuraavat vaiheet:

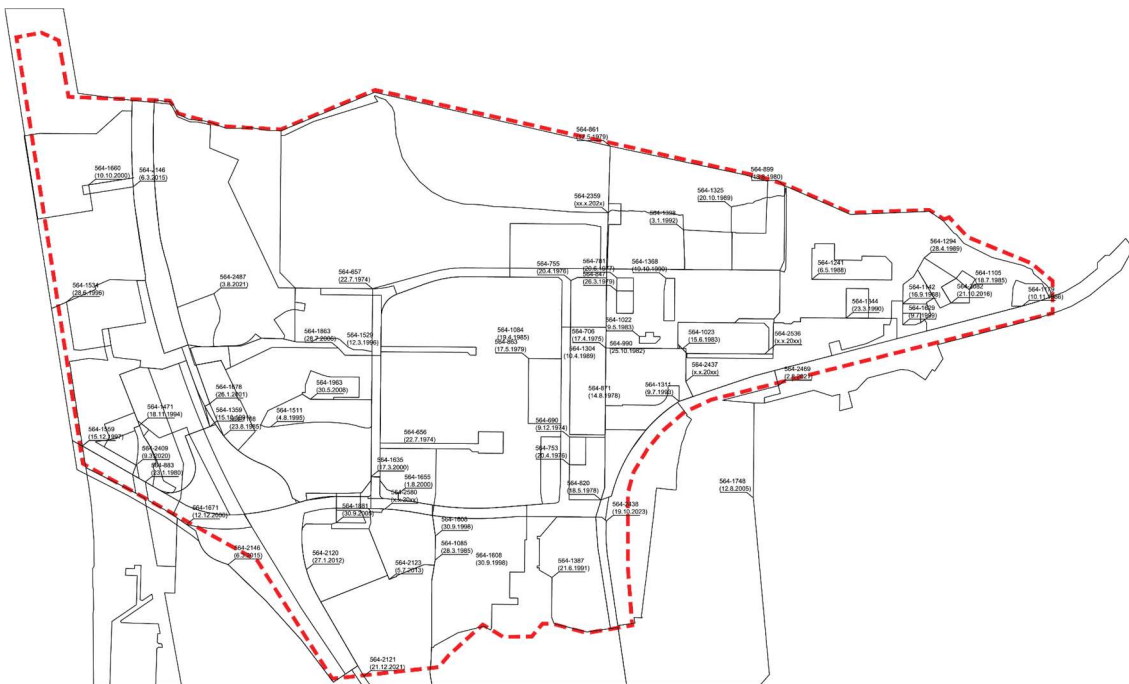
- 1) ideointivaihe (ei tarvetta hakea lupia tai muuttaa lainvoimaisia suunnitelmia), jolloin erilaiset uudet ideat syntyvät ja tarve muuttaa olemassa olevaa kaupunkirakennetta hahmottuu,
- 2) luvittava vaihe (kaavoitus, katusuunnittelu, yleisten alueiden suunnittelu), jolloin muutostarpeet viedään tarvittavaan suunnitteluprosessiin muutoksen mahdollistamiseksi,
- 3) toteuttava vaihe (aluetta rakennetaan ja käytetään), jolloin alue kehittyy voimassa olevien kaavojen ja lupien pohjalta hankkeiden kannalta sopivassa aikataulussa eikä tarvetta uusien prosessien käynnistämiseen ole.

3.9.2. Asemakaavoituksen kehitys

MetaCity-hankkeessa tarkastellaan MetaCity-alueen kaavoituksen kehitystä ensisijaisesti pysyvyyden ja muutoksen näkökulmasta.

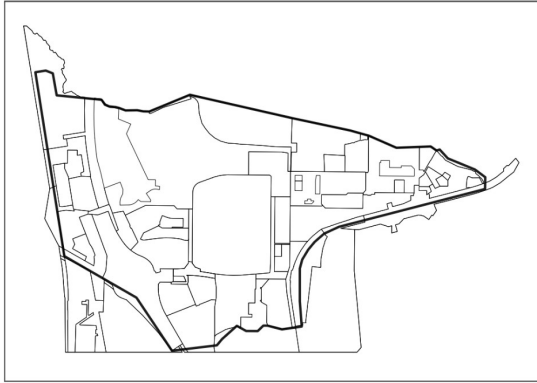


Kuva 18. Lainvoimaiset kaavat suunnittelualueella.



Kuva 19. Voimassa olevien kaava-alueiden rajaukset suunnittelualueella

Kaavoituksen historiallista kehitystä on mahdollista seurata alan arkistoista löytyvistä suunnittelualueen kaavoista menneiltä vuosikymmeniltä. Valmis alue on esitetty Kuva 20.



Kuva 20. Voimassa olevien asemakaavojen kaava-alueajat

3.9.3. Pysyvyys ja muutos kaupunkitilassa MetaCityn alueella

MetaCityn alue on varsin pysyvä niiltä osin, missä muutos on vaikea ja muutossykliit ovat pitkäaikaisia: katuverkko, tiet. Kaavoituksen pohjalta toteutettava yleisten alueiden verkosto on luonteeltaan pysyvä, ja se sopii luontevasti sellaisen älyn alustaksi, joka edellyttää pysyvyyttä ja ei siedä muutoksia. Toisaalta pysyvillä alueilla voidaan myös rakentaa esimerkiksi sensoriverkostoa, jossa eri sensoreiden vaikutuksia toisiinsa voidaan systemaattisesti arvioida, koska muutokset tapahtuvat usein yleisten alueiden sisällä ja alueelle luontevien toimintojen kautta (esimerkiksi risteyskiin tulee katuvalot).

Korttelialueet ovat kohtuullisen muuttuvia, sillä esim. asumisen, työpaikka-alueen ja palvelun tarpeet vaihtelevat varsin kohtuullisessa ajassa, mutta kuitenkin nopeammin kuin yleisillä alueilla. MetaCityn pysyvyyden kannalta muutosherkillä alueilla tulisikin aktiivisemmin ohjata älyn/datan kytkeytymistä suunnitteluprosessiin, vaikka suunniteltaisiin vain esimerkiksi tehokkuuden nostoa (kerrosalan lisääminen) tontin sisällä. Tällaisellakin muutoksella on vaikutuksia paitsi tontin sisällä, myös sen ulkopuolella olevaan datainfraan ja sensorointiin. Kaavan mahdollistama uusi rakennusmassa voi heikentää muiden älylaitteiden rakentamista tai käyttöä.

Älykaupunkien kehitykseen kuuluu olennaisena osana monimuotoisen datan tuottaminen eri lähteistä. Kerätyn ja jalostetun datan pohjalta voidaan kehittää hallinnon tai kaupunkilaisten tarpeisiin erilaisia palveluita ja sovelluksia, joista osa voi perustua jopa reaaliaikaiseen dataan. Tämä edellyttää digitaalisen infrastruktuurin kehittämistä kaupunkeihin. Digitaalinen infrastruktuuri voi käsittää monenlaista teknologiaa, kuten sensoreita, tutkia, kameroita, langattomia verkkoja, tekoälyä ja ns. reunalaskentaa eli tehokasta datan prosessointia. Menneinä vuosina erilaisia antureita ja kameroita on asennettukin kaupunkeihin ja näiden lukumäärän uskotaan lisääntyvän merkittävästi. Esimerkkinä voi toimia liikenne, jossa pysäköintipalvelua voidaan kehittää kerättyyn reaaliaikaiseen tietoon perustuen. Tai vesijohtoverkoston voidaan integroida erilaisia sensoreita veden laadun tai jakeluhäiriöiden valvomiseksi. Kaupunkilaisille suunnattujen palvelujen ohella myös infrastruktuurien kunnossapito voi hyödyntää eri datalähteiden tuottamaa tietoa kunnossapitotoimenpiteiden oikea-aikaiseksi

kohdentamiseksi ja resurssien optimoimiseksi. Osa datasta voi olla luonteeltaan sensitiivistä. Digitaalisen infrastruktuurin rakentamiseksi tarvitaan tilavarauksia jo hyvissä ajoin ennen uuden verkoston rakentamista ja luontevaa olisi tehdä tilavaraukset kaavoituksessa. Pysyvimvät kaupunkirakenteen osat eli yleiset alueet ovat houkuttelevia sijoituspaikkoja erilaisille kaapeleille ja muille digitaalisen infrastruktuurin tarvitsemille rakenteille. Yleisten alueiden käyttämisen vaikeutena on se, että lainsäädäntö ohjaa varsin tarkasti yleisten alueiden suunnittelua, hallinnointia ja toteuttamista, mutta digitaalisen infrastruktuurin liittyminen yleisen alueen toteuttajan vastuulle on eri toimijoiden näkökulmasta epäselvä. On mahdollista, että digitaalisen infrastruktuurin ja siihen perustuvien palveluiden toteuttamiseksi ja kehittämiseksi syntyy eri sidosryhmien muodostamia ekosysteemejä, joissa kullakin toimijalla on oma roolinsa ja motivaationsa toimia yhteisössä. Sidosryhmistä on keskusteltu laajemmin jäljempänä liiketoimintamalleja esiteltäessä.

Kaupunkien ja kuntien tulee olla proaktiivisia ja ennakkoluulottomia, jotta MetaCityn kaupunkimallin tarvitsemalle infralle voidaan kaavaprosessin monipuolisessa ja avoimessa prosessissa osoittaa varauksia, määritellä yhteensovittavan suunnittelun vaikutuksia sekä antaa suunnittelua ohjaavia määräyksiä. Tulee siis suunnitella toimenpiteitä, joita ei vielä ehkä tunnisteta kaupunkisuunnittelun osaksi. Erittäin tärkeää on huomata tulevaisuuden ennustamisen vaikeus ja se, että iso osa nyt esitetyistä tulevaisuuden skenaarioista on väärä. Siksi on olennaista rakentaa organisaatiota ja toimintaprosesseja, jotka ovat nopeita sopeutumaan eteen tuleviin yllättäviin teknisiin kehityskulkuihin (strategic agility¹³³).

¹³³ T. Clauss, M. Abebe, C. Tangpong and M. Hock, "Strategic Agility, Business Model Innovation, and Firm Performance: An Empirical Investigation," in *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 68, no. 3, pp. 767-784, June 2021, doi: 10.1109/TEM.2019.2910381.

4. Digitaalisuus MetaCityn kaupunkirakenteessa

Digitaalisuus ja ICT-teknologiat kaupunkirakenteessa muodostavat keskeisen elementin MetaCityn kehitystä. Tässä kappaleessa annetaan kaksi esimerkkiä digitaalisista työkaluista, joilla voidaan toisaalta konkreettisesti kartoittaa digitaalisten palveluiden kattavuutta ja toisaalta suunnitella uusien palveluiden rakentamista alueelle. Työkalut ovat projektissa laadittu MetaCity-alueen sensorikartta ja kaupallinen Atoll-simulaattori, jolla havainnollistetaan matkapuhelinverkkojen kuuluvuusalueita. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan lisäksi hankeen varsinaisten PoC-kokeilujen tuloksista.

Käsite kaupunkien kaukokartoitus (*Urban remote sensing*) voidaan kuvata seuraavasti:

Urban remote sensing has been considered as an important branch of remote sensing science and technology, associated with urban science, and is consistently taken as cross-disciplinary in international society and communities. Therefore, urban remote sensing has become one of the most valuable tools for monitoring and analyzing urban changes on landscapes, urbanization processes and their evolution, and furthermore to extract information about the ecological environment response and socioeconomic factors both explicitly and implicitly from multiple sources and at multiple scales, using active/passive remotely sensed image data. ¹³⁴

Kaukokartoitukseen tarvitaan sensoreita ja detektoreita, joilla tietoa kerätään joko erillään kohteesta tai kohteen osana.

4.1. Sensoreiden hyödyntäminen kaupunkisuunnittelussa

Tässä raportissa esitellään MetaCity Oulu -projektin yhteydessä toteutettavan karttasivuston kehitystyötä ja prosessia. MetaCity Oulu -on Oulun yliopistoa ympäröivä alue, jossa pyritään tekemään erilaisia projekteja ja hankkeita tuomaan digitaalisuus osaksi kaupunkikuvaa ja kaupunkikehitystä. Karttasivusto on suunnattu olemaan visualisointi- ja suunnittelutyökalu auttamaan kaupungin suunnittelua pohjautuen tietoa kerääviin sensoreihin. Näiden sensoreiden esittely kartalla on tärkeä osa suunnitteluprosessia, ja se auttaa suunnittelijoita näkemään helposti, millä alueella tapahtuu mittausoperaatiota, ja minkä tyyppisiä sensoreita olisi hyvä asetella mihinkin päin kaupunkia.

4.1.1. Karttasivusto

Karttasivuston avulla pystytään helposti visualisoimaan MetaCity -alueella olevat sensorit, niiden mittaustarkoitukset sekä sensoreista vastaavat tahot. Oulun kaupunki on asettanut jo erilaisia sensoreita kaupunkitilaan, mutta näistä on ollut vastuussa eri tahot, eikä niistä ole tehty koostettua listausta. Tämän sivuston tarkoituksena on toimia visualisointityökaluna

¹³⁴ Quoging Zhou (2020). Urban High-Resolution Remote Sensing. Algorithms and Modeling. CRC Press, NewYork.

havainnollistamaan eri sensoreiden sijainnin kaupunkiympäristössä, ja antamaan niistä lisätietoa käyttäjälle. Sivuston tarkoituksena ei ole toimia tietokantana tai portaalina sensoreiden tuottamalle datalle, ja sivusto on riippuvainen siitä, että sensoreista vastaavat tahot ylläpitävät niitä. Sensorit ja niiden tiedot haetaan säännöllisesti sivuston tietokantaan sensoreiden rajapinnasta, kun se on mahdollista. Osa sensoreista ei ole rajapinnan takana, minkä takia kyseiset sensorit on lisätty manuaalisesti tietokantaan.

Kehitystyössä käytettiin mahdollisimman paljon avoimen lähdekoodin teknologioita niiden laajan dokumentaation ja ulkoisista tekijöistä riippumattomuuden takia (Taulukko 7). Tämän ansiosta sivuston tulisi olla käytettävissä pitkään ilman aktiivista ylläpitoa tai kehitystyötä.

Taulukko 7. Karttasovelluksen kehitystyössä käytetyt teknologiat

Angular	Angular on Googlen kehittämä avoimen lähdekoodin ohjelmistokehys, joka perustuu TypeScript-ohjelmointikieleen. Sitä käytetään erityisesti yksisivuisten sovellusten (SPA, Single Page Application) rakentamiseen. Angular tarjoaa valmiit työkalut ja rakenteet komponenttipohjaiseen kehitykseen, mikä helpottaa suurten ja monimutkaisten sovellusten hallintaa ja ylläpitoa. Angular on suosittu valinta yrityssovelluksissa sen vakauden, skaalautuvuuden ja aktiivisen kehittäjäyhteisön ansiosta.
Leaflet	Leaflet on kevyt ja tehokas avoimen lähdekoodin JavaScript-kirjasto interaktiivisten karttojen luomiseen verkkosivuille. Se on suunniteltu yksinkertaiseksi, mutta laajennettavaksi, ja toimii hyvin sekä mobiililaitteilla että työpöytäselaimissa.
.NET	.NET on Microsoftin kehittämä avoimen lähdekoodin ohjelmistokehys, jota käytetään monipuolisesti erilaisten sovellusten rakentamiseen, kuten verkko-, työpöytä-, mobiili- ja pilvipalveluihin.
GitHub	GitHub on suosittu verkkopohjainen alusta ohjelmistokehityksen versionhallintaan. Se perustuu Git-versionhallintajärjestelmään ja tarjoaa kehittäjille työkalut koodin tallentamiseen, jakamiseen ja yhteistyöhön. GitHub tukee avoimen lähdekoodin projekteja sekä yksityisiä yrityssovelluksia.

4.2. Digitaalisen infrastruktuurin simulointi

Digitaalinen infrastruktuuri on joko kaupungin tai sen kumppanien omistamaa ja hallinnoimaa. Datanhallintajärjestelmät ovat usein eri hallintoyksiköiden tai kaupungin liikelaitosten omistuksessa ja he vastaavat myös niiden hallinnoinnista. Hallinnointi on voitu myös ulkoistaa palvelutoimittajille. Datan omistus voi edelleenkin olla monitahoinen asia, vaikka siihen on vuosien myötä kehitetty erilaisia malleja. Datan siirtoon sensoreilta käytetään joko kiinteitä tai langattomia yhteyksiä. Langattomien yhteyksien odotetaan lisääntyvän entisestään erilaisia

tekniikoiden avulla (WLAN, NB-IoT, 4G/5G). Yleinen käytäntö on hyödyntää kaupallisia mobiiliverkkoyhteyksiä, jotka ovat valtakunnallisten teleoperaattoreiden omistamia ja hallinnoimia.

Matkaviestinoperaattorit käyttävät erilaisia suunnittelujärjestelmiä varmistaakseen kuuluvuuden eri käyttötarpeisiin. Mobiiliverkkojen rakentaminen vaatii tavallisesti lupaprosessin verkon tukiasemien sijoituspaikoista riippuen. Tässä projektissa on pilotoitu tutkimuskäytössä olevaa Atoll-suunnittelujärjestelmää digitaalisen infrastruktuurin suunnitteluun. MetaCityn alueelle on suunniteltu sensoreita ja 5G -mobiiliverkko datan tuottamiseksi ja siirtämiseksi. Tällä tarkastelulla selvitetään digitaalisen infrastruktuurin ja kaupunkisuunnittelun yhdistämistä, jonka myötä esim. mobiiliverkkojen suunnitelmat tulisivat osaksi kaupunkisuunnittelua. Tällaisella käytännöllä voitaisiin mahdollisesti helpottaa vuoropuhelua ja kehittää verkkojen rakentamisprosessia.

Atoll -ohjelmisto on edistynyt radioverkkosuunnittelu- ja optimointiohjelmisto, jota käytetään laajasti langattoman viestinnän alalla verkkojen suunnitteluun ja analysointiin. Se yhdistää maantieteelliset tiedot, signaalin etenemismallit ja verkon parametrit mahdollistaen yksityiskohtaisia ennusteita verkon kuuluvuudesta, laadusta ja kapasiteetista. Ohjelmisto tukee moniteknologia- ja monitaajuussuunnittelua, mahdollistaa tukiasemien asentamisen, antennien konfiguroinnin, signaalin etenemisympäristöjen määrittämisen sekä erilaisten simulaatioiden suorittamisen. Atoll -ohjelmisto mahdollistaa myös verkon suorituskyvyn arvioinnin ja vertailun eri tilanteissa, tehden siitä tehokkaan alustan teknisten parametrimuutosten vaikutusten arvioimiseen todellisiin käyttöönottilanteisiin.

Atoll -suunnittelujärjestelmän toimintaperiaatteena on suunnitella kohdealueelle mobiiliverkko perustuen digitaaliseen kartta-aineistoon ja laskennalliseen radiosignaalin etenemiseen eri maankäyttöluokissa. Digitaalinen kartta-aineisto käsittää maastotyytit, sijainnin, maastonkorkeuden sekä rakennetun ympäristön. Mobiiliverkon tukiaseman lähettämä radiosignaali käyttäytyy (vaimenee) eri tavoin riippuen signaalin kulkutiestä. Tällä menetelmällä voidaan simuloida tukiasemien laskennallinen kuuluvuusalue. Tavoitteena on suunnitella yhtenäinen kuuluvuus langattomien palveluiden mahdollistamiseksi missä tahansa MetaCityn alueella. Valtakunnallisten operaattoreiden toimesta on tällä vuosikymmenellä alettu rakentaa 5G-teknologiaan perustuvia verkkoja. Näiden kuuluvuusalueet voivat olla vielä rajallisia, eivätkä niihin perustuvat palvelut ole saatavana kaikkialla. 5G-verkkoja on rakennettu myös eri tahojen toimesta esim. tehtaisiin, satamiin ja sairaaloihin. Nämä ovat tavallisesti suljettuja verkkoja ja suunnattu ainoastaan ko. kiinteistöjen tai alueiden sidosryhmille.

4.2.1. Atoll-ohjelman testaus MetaCity-hankkeessa

Atoll -ohjelmisto tukee monia erilaisia, mm. rasterimuotoisia paikkatietoaineistoja. Tämän ansiosta useita avoimesti saatavilla olevia paikkatietoaineistoja on mahdollista hyödyntää Atollissa, joko suoraan tai paikkatieto-ohjelmistossa (esimerkiksi ArcGIS Pro) tapahtuvan esikäsittelyn kautta.

Atollin ja avoimesti saatavilla olevien paikkatietoaineistojen pohjalta on tehty tähän mennessä kokeiluja, joiden tavoitteena on luoda kohdealueen pintamalli, sisältäen maaston topografian lisäksi maan pinnalla olevat kohteet.

Maanmittauslaitos tarjoaa avoimena aineistona koko Suomen kattavan, 2m x 2m resoluutiolle lasketun korkeusmallin. Kyseinen korkeusmalli esittää kuitenkin vain maaston topografiaa. Maanmittauslaitos ei tarjoa avoimena aineistona pintamallia, eli maaston ylimmälle korkeustasolle (lähinnä metsän latvuston ja rakennusten kattojen tasolle) laskettua pintaa. Tämä on kuitenkin mahdollista laskea paikkatieto-ohjelmistossa.

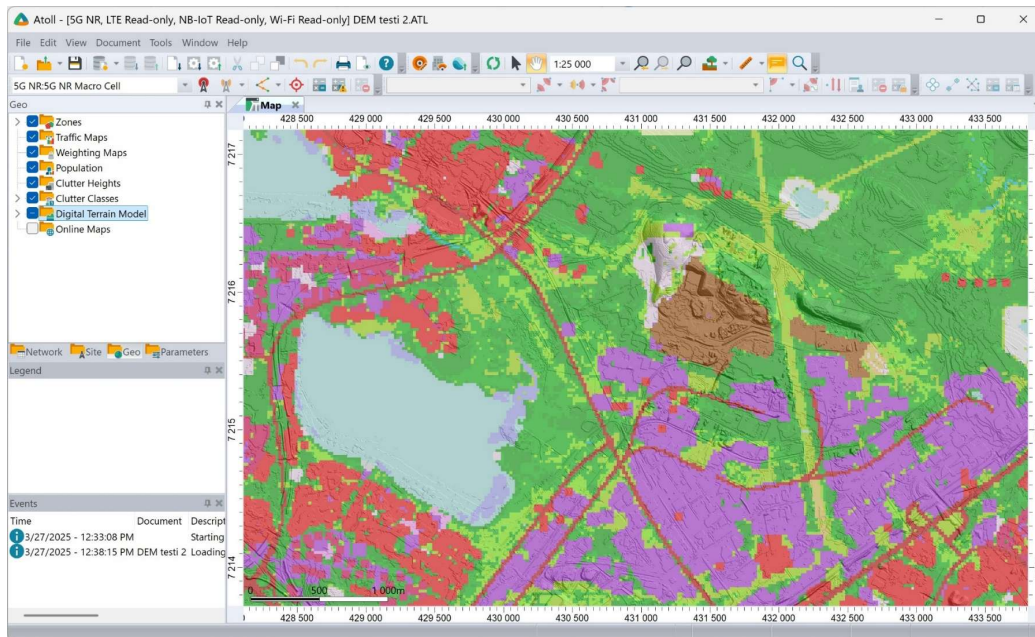
Maanmittauslaitoksen avoimen laserkeilaus-pistepilviaineiston pohjalta toteutettu kartta-aineisto on Atoll -ohjelmistoon yhteensopivassa muodossa. Maanmittauslaitos tarjoaa avoimesti pistepilviaineiston, jossa keskimääräinen pistetiheys on 0,5 pistettä neliömetrillä. Pistetiheys luonnollisesti rajoittaa laskettavissa olevan pintamallin tarkkuutta: käytännössä mielekäs tarkkuus on korkeintaan 2m x 2m. Avoimesta pistepilviaineistosta on olemassa kaksi eri versiota: vuosina 2008–2019 tuotettu koko Suomen kattava aineisto, jonka alkuperäinen pistetiheys on 0,5 pistettä neliömetrillä, sekä vuodesta 2020 lähtien tuotettu aineisto, jossa pistetiheys on harvennettu 5 pisteestä 0,5 pisteeseen nelilömetrillä. Kyseinen aineisto täydentyy nykyisen laserkeilausohjelman edetessä, mutta se joka tapauksessa kattaa tällä hetkellä jo suurimman osan maasta. Myös alkuperäinen tiheämpi, keskimäärin 5 pistettä neliömetrillä sisältävä pistepilviaineisto olisi saatavissa käyttöön, mutta kyseessä on maksullinen ja luvanvarainen aineisto, jonka käyttöön liittyy paljon ehtoja.

Tähän mennessä Maanmittauslaitoksen avoimesta pistepilviaineistosta on tuotettu Atollia varten testimielessä 2 m x 2m resoluutiolle laskettu pintamalli Oulusta, Ruskon alueelta. On huomattava, että rajallisen pistetiheyden takia rakennusten muodot eivät piirry pintamallissa realistisesti. Malli saattaa kuitenkin olla riittävän tarkka radiosignaalien etenemistä koskevien ennusteiden kannalta. Rakennusten osalta pintamallia voidaan pyrkiä tarkentamaan hyödyntämällä Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta avoimesti saatavilla olevia rakennusten vektorimuotoisia 2D-pohjatietoja ("footprint"). Näiden avulla voidaan laskennallisesti muodostaa 3D-kohteita, joskin rakennusten korkeus olisi tässäkin tapauksessa laskettava pistepilven tietojen perusteella rakennusten tarkempien korkeustietojen puuttuessa. Lisäksi kattojen muotoja tässäkin tapauksessa ei olisi mahdollista mallintaa tarkemmin. Rakennusten tarkat 3D-vektorit ovat tulossa avoimesti saataville osana Kansallista maastotietokantaa (KMTK), mutta toistaiseksi aineistoa on saatavilla vasta muutamilta esimerkkialueilta.

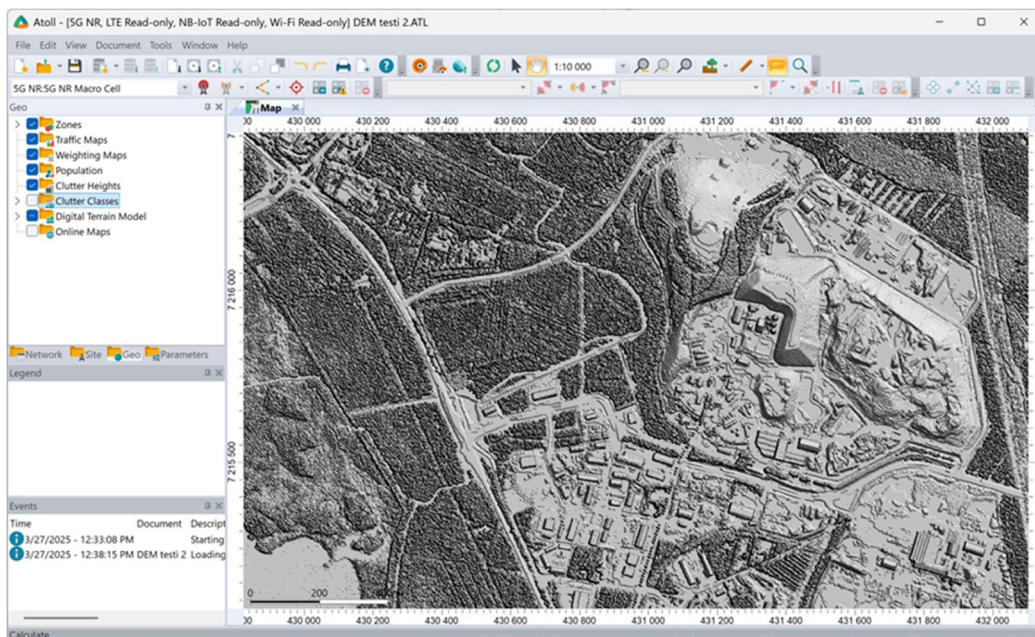
Atolliin on kokeilumielessä tuotu myös muita avoimia rasterimuotoisia aineistoja, kuten maankäyttöä ja maanpeitettä kuvaava Corine 2018 -aineisto (Suomen ympäristökeskuksen avointa aineistoa).

Paikkatietoaineistoilla suoritetuissa kokeiluissa havaittiin, että Atoll -ohjelmistossa ei ole sisäänrakennettuja määrittäjiä Suomen nykyiselle tasokoordinaattijärjestelmälle (ETRS-TM35FIN). Kyseinen puute ei ole aiheuttanut ongelmia tähän mennessä tehtyjen kokeilujen yhteydessä muuten kuin siltä osin, ettei Atolliin ole ollut mahdollista tuoda aineistoa kansallisista WMS-rajapinnoista (Web Map Service). Asia on joka tapauksessa syytä pitää

mielessä, kun paikkatietoaineistojen pohjalta lähdetään toteuttamaan radiosignaalien etenemistä koskevia ennusteita. Ratkaisuna mahdollisiin ongelmiin voivat olla paikkatieto-ohjelmiston puolella valmiiksi tehtävät muunnokset sellaiseen koordinaattijärjestelmään, jonka Atoll tunnistaa.¹³⁵



Kuva 21. Corine-aineisto ja taustalla 2m x 2m korkeusmalli Atoll -ohjelmassa.



Kuva 22. Kuvakaappaus laserkeilaus-pistepilvestä tuotetusta pintamallista, jossa erottuu maaston topografian lisäksi myös metsät ja rakennukset.

¹³⁵ Harri Antikainen, Oulun yliopisto / Maantieteen laitos

4.2.2. Mobiiliverkkosuunnittelu kaupunkisuunnittelussa (tietomalli)

Testauksen päätavoitteena oli suunnitella mobiiliverkon kuuluvuusalueita ja erityisesti simuloida Oulun yliopiston olemassa olevan 5G-testiverkon kuuluvuutta. Kokeilu sisälsi maantieteellisten aineistojen valmistelun ja kuuluvuussimulaatioiden suorittamisen Atollilla. Julkiset kartat hankittiin Suomen ympäristöinstituutilta (SYKE) ja kansalliselta maanmittauslaitokselta, jotka tarjoavat yksityiskohtaista ympäristö- ja maankäyttötietoa realistiseen verkostomallinnukseen. Koska nämä aineistot eivät ole suoraan yhteensopivia Atoll -ohjelmiston kanssa, ne käsiteltiin ja muunnettiin QGIS:n avulla sopivaan muotoon, joka voitiin tuoda suunnittelutyökaluun. Karttojen perustamisen ja tarvittavien verkkoparametrien konfiguroinnin jälkeen suoritettiin kuuluvuussimulaatioita. Tuloksia analysoitiin ja verrattiin eri parametriasetuksilla, jotta voidaan tutkia niiden vaikutusta verkon suorituskykyyn ja peiton laatuun. Tämä työ tarjosi arvokasta käytännön kokemusta Atoll -järjestelmästä, tiedonkäsittelystä radioverkon suunnittelussa sekä verkkojen suorituskyvyn arviointia käytännön ympäristössä. ¹³⁶

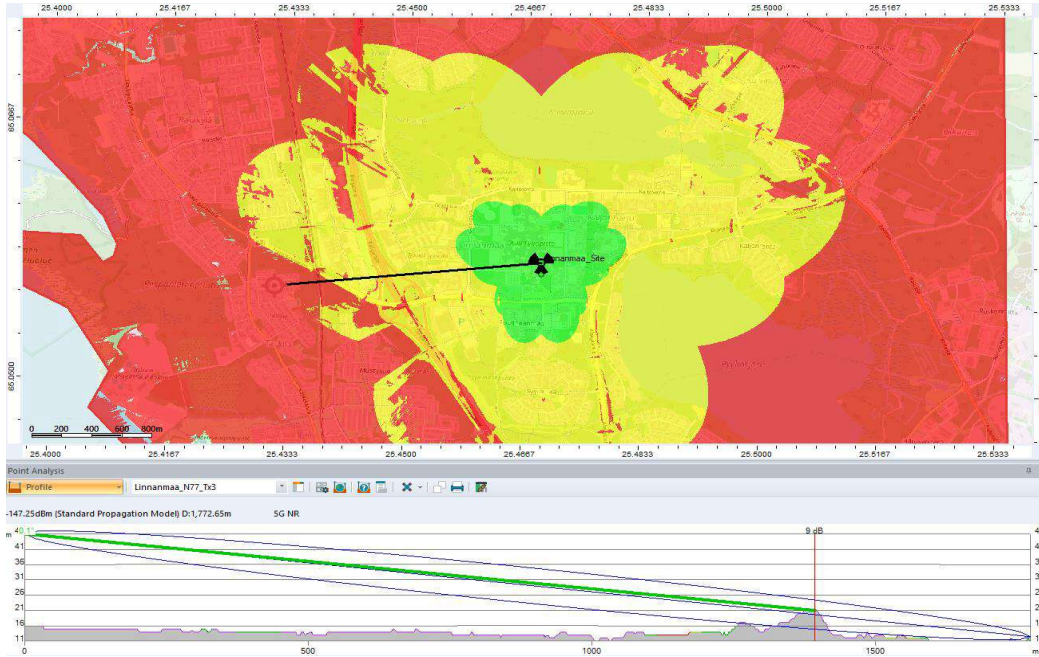
Ympäristöaineistojen valmistelun ja integroinnin jälkeen seuraava vaihe oli konfiguroida simulaatioiden suorittamiseen tarvittavat 5G-testiverkon parametrit. Nämä parametrit määrittelevät verkon tekniset ominaisuudet ja vaikuttavat suoraan suunnittelutulosten tarkkuuteen. Järjestelyihin kuului käytettävien taajuuskaistojen määrittely, antennimallien valinta ja ympäristöön sopivien signaalien etenemismallien määrittely. Lisäksi yksityiskohtaiset sijainti- ja soluverkon parametrit, kuten lähettimen teho, antennin korkeus, suunta ja kallistuskulma, konfiguroitiin realististen käyttöönotto-olosuhteiden jäljittelemiseksi. Näiden parametrien konfigurointi varmisti, että kuuluvuus-, laatu- ja kapasiteettisimulaatiot heijastivat käytännön tilanteita ja tarjosivat merkityksellisiä näkemyksiä suorituskyvyn arviointiin.

Verkon parametrien konfiguroinnin jälkeen Atoll -ohjelmistolla suoritettiin simulaatioita kohdealueen suorituskyvyn arvioimiseksi. Analyysi keskittyi kolmeen keskeiseen osaluueeseen: 1) kuuluvuus 2) laatu ja 3) kapasiteetti. Lisäksi vertailuja tehtiin eri parametriasetuksilla niiden vaikutusten tutkimiseksi verkon suorituskykyyn.

Pidemmälle viedyllä simulaatioilla tarkkuutta on mahdollista parantaa, mutta kokeilu-aika oli rajallinen tässä hankkeessa. Lisäksi on huomioitava, että simulaatiot tehtiin vapaasti saatavana olevalla kartta-aineistolla, joka voi tuoda rajoituksia simulointien tarkkuuteen.

Verkkosuunnittelukokeilu herätti keskustelua siitä, kuinka tiiviisti verkko-operaattoreiden ja kaupunkisuunnittelun tulisi olla yhteistyössä. Yhteistyötä tehdäänkin, mutta tulevaisuuden 6G-verkot vaativat todennäköisesti tiheimmän verkkorakenteen ja verkon elementtejä integroidaan mahdollisesti rakennettuun ympäristöön (esim. tukiasemat, antennit, heijastavat pinnat). Lisäksi olisi huolehdittava, että langattomat verkkopalvelut olisivat käytettävissä tasapuolisesti kaikille. Edellä mainitut seikat voivat vaatia kaupunkisuunnittelun ja verkkotoimijoiden yhteistyön kehittämistä.

¹³⁶ Zaid Basharat, Opinnäytetyö, Oulun yliopisto



Kuva 23. Atoll -järjestelmän simulaatio verkon kuuluvuudesta

4.3. Metaverse -teknologiat MetaCityssä

4.3.1. Metaverse-teknologioista

Metaverse-teknologian standardisointi ja vastaavasti MetaCityn palveluiden toteutukset erilaisilla metaverse-alustoilla on keskeinen kysymys, joka on ratkaistava, jotta voitaisiin suunnitella MetaCityn käyttötapauksia. Valittavan alustan pitäisi tarjota laajasti tuki erilaisille toimijoille, päätelaiteille, sovelluksille, datalähteille jne. Käyttäjien identiteetin pitäisi säilyä eri sovellusten välillä siirryttäessä (vrt. kirjautuminen Suomi.fi -palvelussa eri viranomaisten toteuttamiin palveluihin).

Kartoitetaan seuraavaksi mitä metaversellä tarkoitetaan ja mitä sitä tukevalta alustalta odotetaan.

Suomen Metaverse strategia viimeisteltiin vuoden 2024 aikana.¹³⁷ Strategiassa määritellään metaversen keskeiset ominaisuudet seuraavasti:

The Metaverse is a collective virtual shared space that encompasses and transcends physical, digital, and augmented realities.

Metaverse is often considered a combination of virtual and real worlds (digital twin) and also next iteration of Internet.

Metaverse has two distinct qualities: virtuality and immersiveness.

¹³⁷ Initiative | Finland Metaverse Strategy (2.12.2025)

Extended reality (XR) is an umbrella term referring to all the immersive technologies on the spectrum of real and virtual worlds: e.g. AR, MR, AV, VR, 360 video.

XR is expected to replace or complement smartphones by smart glasses by 2030.

Toisen esimerkin Metaverseen liitettyistä ominaisuuksista tarjoaa Steve Benford (2021)¹³⁸:

1. **Virtuaalinen/Meta-maailma:** Maailma, jota voi tutkia tietokoneen, kännykän, tabletin, pelikoneen tai jonkin puettavan teknologisen laitteen avulla, kuten VR-, AR- ja XR-lasien avulla.
2. **Virtuaalitodellisuus:** Mahdollista käyttää virtuaalilaseja mahdollisimman immersiiivisen kokemuksen luomiseksi virtuaalisessa maailmassa.
3. **Muut ihmiset:** Metaverse on sosiaalinen alusta, jossa esiinnyttään erilaisina realistisina 3D-hahmoina (avatar).
4. **Pysyvyys:** Virtuaalimaailma on aina saatavilla ja kaikki muutokset ovat pysyviä.
5. **Yhteys oikeaan maailmaan:** Virtuaaliset asiat virtuaalimaailman sisällä edustavat vastakappaleitaan oikeasta maailmasta. On esimerkiksi mahdollista ohjata virtuaalitodellisuuden puolelta lennokkia oikeassa elämässä.

Tekoälyltä kysyttäessä vastaus perustuu esim. Wikipediaan ja sanakirjan (Britannica.com) määrittelyihin ja tiivistää suurelta osin edellä esitetyt teemat muutamaan lauseeseen:

Metaverse on virtuaalinen maailma tai digitaalinen ekosysteemi, joka koostuu pysyvistä, jaetuista 3D-virtuaalituloista. Näissä tiloissa käyttäjät voivat vuorovaikuttaa toistensa ja digitaalisten objektien kanssa reaaliaikaisesti. Metaverse yhdistää virtuaalitodellisuuden (VR), lisätyn todellisuuden (AR) ja muita teknologioita luodakseen immersiiivisen ja interaktiivisen ympäristön.

Metaversen keskeisiä ominaisuuksia ovat siis:

- **Käyttäjien läsnäolo:** Tunne siitä, että käyttäjät ovat toistensa läheisyydessä, vaikka he voivat olla fyysisesti kaukana toisistaan.
- **Sosiaalinen vuorovaikutus:** Mahdollisuus keskustella, viestiä ja vuorovaikuttaa muiden käyttäjien kanssa.
- **Virtuaalinen talous:** Käyttäjät voivat ostaa ja myydä digitaalisia tavaroita ja palveluita.
- **Luominen ja muokkaaminen:** Käyttäjät voivat rakentaa ja suunnitella virtuaalisia ympäristöjä ja sisältöjä.

Metaverse teknologian ”tasot” voidaan määritellä esimerkiksi seuraavasti:

3D- mallien tuotanto

¹³⁸ [Metaverse: five things to know – and what it could mean for you](#) (2.12.2025)

- **3D-mallinnus ja -renderointi:** Nämä teknologiat ovat keskeisiä metaversen visuaalisen sisällön luomisessa. Ne mahdollistavat realististen ja yksityiskohtaisten virtuaalisten ympäristöjen ja objektien luomisen ja ylläpitämisen reaaliaikaisesti ja samanaikaisesti kaikille käyttäjille.
- Olisi toivottavaa että mallien tuotantoon olisi formaatteja, jotka olisivat alustariippumattomia, jolloin aineisto olisi siirrettävissä alustasta toiseen. Osa formaateista (glTF, OBJ, USD) onkin riippumattomia alustasta eli ovat siirrettävissä ja käytettävissä erilaisissa ympäristöissä. Toisaalta merkittävimmillä toimijoilla on omat ohjelmistostandardit ja -kielet, joista tulee omat vaatimuksensa malleille ja niiden tuotannolle.

Metaverse ”pelialustat”

- **Pilvipalvelut:** Pilvipalvelut tarjoavat tarvittavan laskentatehon ja tallennustilan metaversen ylläpitämiseksi ja skaalautumiseksi. Ne mahdollistavat myös reaaliaikaisen datan käsittelyn ja jakamisen
- **Tekoäly (AI):** AI-teknologiat parantavat metaversen vuorovaikutusta ja käyttäjäkokemusta. Ne voivat esimerkiksi luoda realistisia virtuaalisia hahmoja ja ympäristöjä, sekä tarjota älykkäitä avustajia ja palveluita
- Metaversen käyttöön ja toteutukseen on olemassa useita tärkeitä **alustoja**, jotka tarjoavat erilaisia ominaisuuksia ja mahdollisuuksia. Tässä muutamia merkittävimpiä:
 - o Meta (entinen Facebook): Meta on yksi suurimmista toimijoista metaversen kehittämisessä. Heidän Horizon Worlds -alustansa tarjoaa käyttäjille mahdollisuuden luoda ja tutkia virtuaalisia maailmoja sekä osallistua erilaisiin sosiaalisiin aktiviteetteihin.
 - o Roblox: Roblox on suosittu alusta, joka mahdollistaa käyttäjien luoda omia pelejä ja virtuaalisia kokemuksia. Se on erityisen suosittu nuorten keskuudessa ja tarjoaa laajan valikoiman käyttäjien luomia sisältöjä.
 - o Decentraland: Decentraland on hajautettu virtuaalimaailma, joka perustuu Ethereum-lohkoketjuun. Käyttäjät voivat ostaa, myydä ja kehittää virtuaalista maata sekä luoda omia kokemuksiaan ja sovelluksiaan.
 - o Sandbox: Sandbox on toinen lohkoketjuun perustuva virtuaalimaailma, jossa käyttäjät voivat luoda, jakaa ja myydä omaa sisältöään. Se tarjoaa myös mahdollisuuden ansaita rahaa luomuksillaan.
 - o Unity: Unity on suosittu pelimoottori, jota käytetään laajalti metaversen kehittämisessä. Se tarjoaa työkaluja ja resursseja virtuaalisten maailmojen ja kokemusten luomiseen.
 - o NVIDIA Omniverse: NVIDIA Omniverse on alusta, joka mahdollistaa yhteistyön ja yhteensopivuuden eri 3D-sovellusten välillä. Se on suunniteltu erityisesti ammattilaisille, jotka työskentelevät 3D-mallinnuksen ja simulaation parissa.
 - o Epic Gamesin Unreal Engine (5), myös suosittu pelimoottorialusta.
 - o Sova3D (Studio of Virtual Architecture) alusta on Kunta3D palvelun pohjana ja lienee laajimmin Suomen kuntien käytössä oleva yhteinen alusta.

Käyttäjäkokemus

- Virtuaalitetodellisuus (VR): VR-teknologiat mahdollistavat immersiiivisen kokemuksen, jossa käyttäjä voi astua täysin virtuaaliseen maailmaan. Tämä saavutetaan käyttämällä

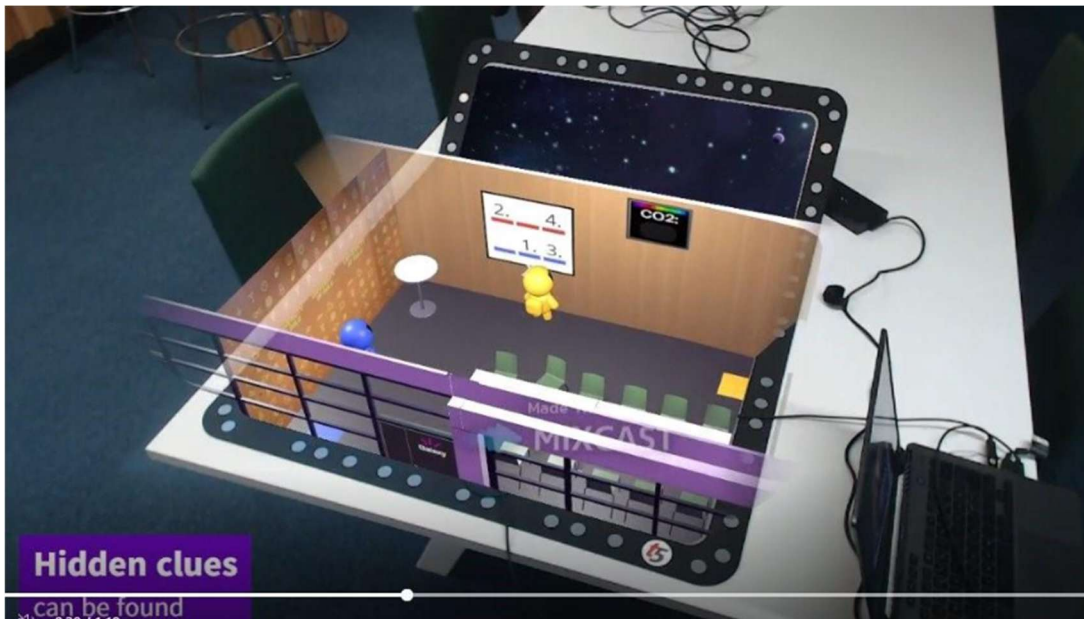
- VR-laseja ja muita laitteita, jotka seuraavat käyttäjän liikkeitä ja tarjoavat visuaalisen ja auditiivisen vuorovaikutuksen
- Lisätty todellisuus (AR): AR-teknologiat yhdistävät digitaalisen sisällön reaali maailmaan. Käyttäjät voivat nähdä virtuaalisia objekteja ja tietoja reaali maailman ympäristössä, yleensä älypuhelimien tai AR-lasien avulla
 - Sekatodellisuus (MR): MR-teknologiat yhdistävät VR:n ja AR:n ominaisuudet, jolloin käyttäjät voivat olla vuorovaikutuksessa sekä virtuaalisten että reaali maailman objektien kanssa samanaikaisesti
 - Laajennettu todellisuus (XR): XR on kattotermi, joka sisältää VR:n, AR:n ja MR:n. Se viittaa kaikkiin teknologioihin, jotka laajentavat todellisuuden kokemusta digitaalisten elementtien avulla

Identiteetin hallinta

- Blockchain ja kryptovaluutat: Blockchain-teknologiat tarjoavat turvallisen ja hajautetun tavan hallita digitaalista omaisuutta ja identiteettiä metaversessa. Kryptovaluutat mahdollistavat virtuaalisten tuotteiden ja palveluiden kaupankäynnin

Yllä listattiin joitain metaversen sovelluksia, tuotteita ja arkkitehtuureja. MetaCityn alustaksi emme varmaankaan voi löytää yhtä ainoa oikeaa ratkaisua, mutta voimme analysoida nykytilannetta, kokeilla erilaisia ratkaisuja, tutkia vaihtoehtoja ja päätellä mitä pitäisi tehdä, jotta päästäisiin sopuun yhteisestä ratkaisusta Suomessa, Euroopassa ja maailmalla. Voimme kuitenkin jo nykyisiä ratkaisuja monipuolisesti hyödyntämällä ja kokeilemalla luoda uusia tapoja päästä yhteiskunnan ja yritysten palveluihin ja siten valmistautua tulevaan metaversen vallankumoukseen. Erilaisten alustojen tekninen toteutus ei muuta sitä asiaa, että palveluissa on loppujen lopuksi oltava integroituna useita erillisiä elementtejä kuten digikaksoset, käyttäjien tunnistautuminen, datan hallinta ja tuottaminen, kaikki yhdistettynä sujuvaan ja miellyttävään käyttäjäkokemukseen.

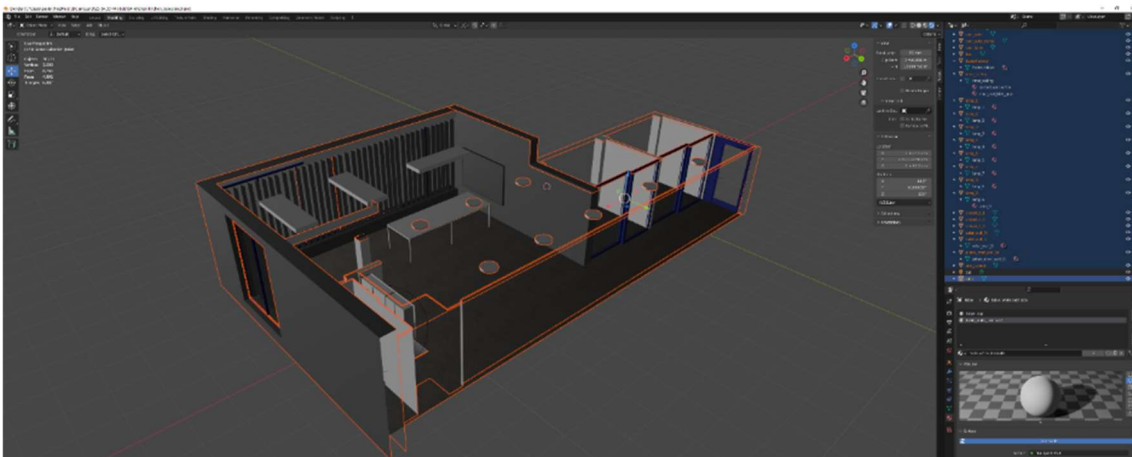
Alla kuvissa Kuva 24 Kuva 27 on esimerkkejä virtuaalisista 3D-malleista.



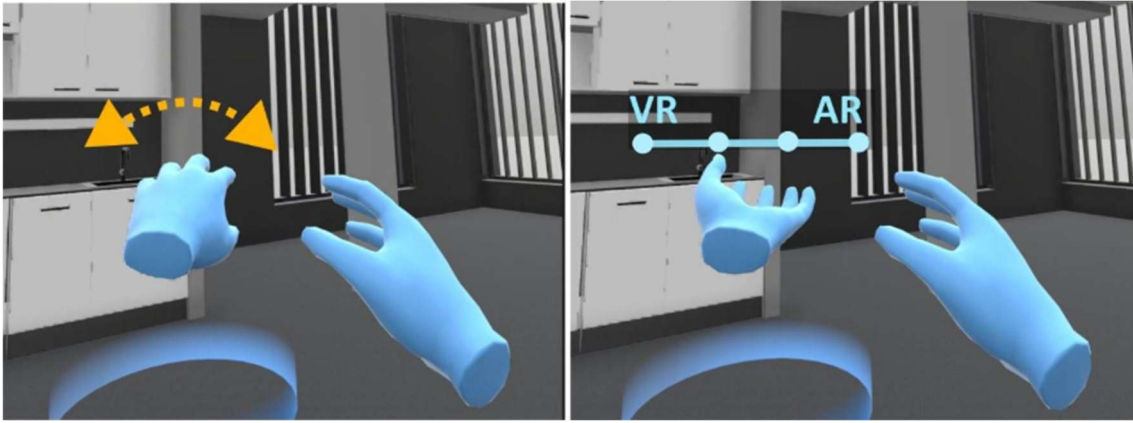
Kuva 24. Esimerkki AR-alustalle (Tilt5) tehdystä pelisovelluksesta. Monen pelaajan peliin on yhdistetty ympäristösensoreiden tuottamaa dataa. (Emeta-projekti, Oulun yliopisto, 2024)



Kuva 25. Esimerkki yliopiston FabLabin digitaalisesta kaksosesta. Mallin toimii Unity-peliympäristössä. (Oulun yliopisto).



Kuva 26. OIA Oikkari -tilan digitaalinen malli kuvattuna Blender-kehitysympäristössään. (Emeta-projekti, Oulun yliopisto, 2024)



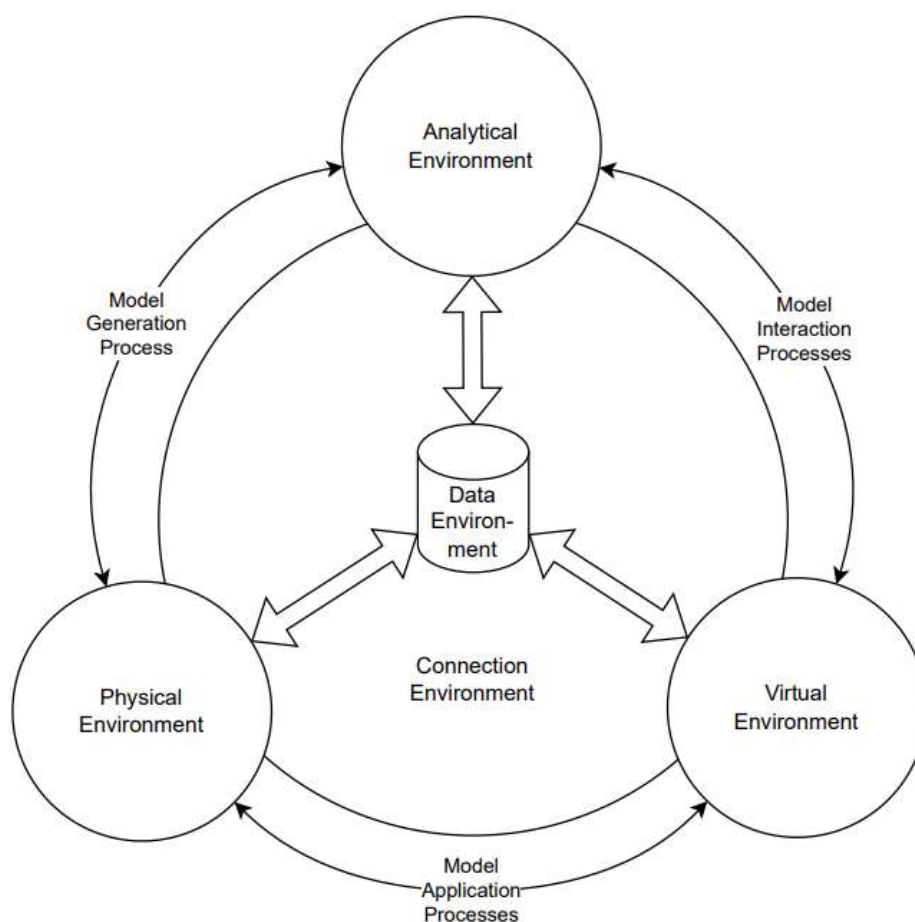
Kuva 27. Esimerkki virtuaalisen tilan käyttöliittymästä. (Emeta-projekti, Oulun yliopisto, 2024)

4.3.2. MetaCityn digitaalisista kaksosista

Digitaaliset kaksoset ovat keskeinen työkalu, kun mietitään metaverse -teknologian soveltamista. Kyseessä on nimensä mukaisesti jonkin reaalisen objektin, olion, prosessin tms. digitaalinen kopio, joka i) mallintaa reaalisen objektin käyttötarkoitukseen sopivalla tarkkuudella, ii) tarjoaa rajapinnan ohjata ja/tai monitoroida reaalimaailman kaksosta (PT = Physical Twin) antureiden ja ohjainlaitteiden kautta iii) seuraa ja toisintaa PT:ssa tapahtuvat muutokset.

Grübel et al.¹³⁹ keskustelevat digitaalisten kaksosten roolista mm. älykaupunkiympäristössä laajassa katsauksessa ja mm. tarkentavat digikaksosten toiminnan kannalta oleellisten elementtien rooleja Kuva 28 mukaisesti. He käyttävät kokonaisuudesta termiä "Fused Twin". Kokonaisuuden muodostavat reaalimaailman "Fyysinen ympäristö" (PE) ja sen "Virtuaalinen kopio" (VE), "tiedon hallinnan järjestelmä" (DE) sekä "datan analyysin järjestelmä" (AE). Kiinnostavana komponentina näitä yhteenliittävänä elementtinä mallissa on vielä "konnektiviteetti järjestelmä" (CE).

¹³⁹ Grübel J, T. Thrash, L. Aguilar, M. Gath-Morad, J. Chatain, R. W. Sumner, C. Hölscher, and V. R. Schinazi, "The Hitchhikers's Guide to Fused Twins: A Review of Access to Digital Twins In Situ in Smart Cities", *Remote Sensing*, 2022, 14, 3095. <https://doi.org/10.3390/rs14133095>



Kuva 28. Digitaalisten kaksosten keskeiset elementit (Grüdel et al. 2022).

Lähteessä viitataan pariin otteeseen digikaksosten ”yhteentoimivuuteen” ja mahdollisuuteen rakentaa erillisistä elementeistä tarpeisiin mukautuvia kokonaisuuksia. Tämä on mahdollisesti hyvinkin oleellinen tekijä, kun mietitään teknologia skaalautuvuutta vaikkapa älykaupunkien tapauksessa. Vaatimuksena tällaisille toteutuksille on tietenkin mainittu yhteentoimivuus ja vaatimukset täyttävä kommunikaatio erillisten komponenttien välillä.

Toinen mielenkiintoinen huomio liittyy digitaalisten kaksosten mahdollisuuteen hyödyntää (tai jopa riippuvuuteen) data-analyysiä (Analytical Environment). Tämä tarkoittaa sitä, että itse asiassa digitaalinen kaksonen voi pitää sisällään abstrakteja elementtejä, joilla ei ole suoraan (tai ainakaan helposti mitattavaa) vastinetta todellisessa (fyysisessä) kaksoessa. Esimerkiksi älykaupungin tapauksessa digitaalinen kaksonen voi tuottaa analyysin avulla arvion kaupungin tai sen osan/prosessin ”kestävyydestä” (sustainability).

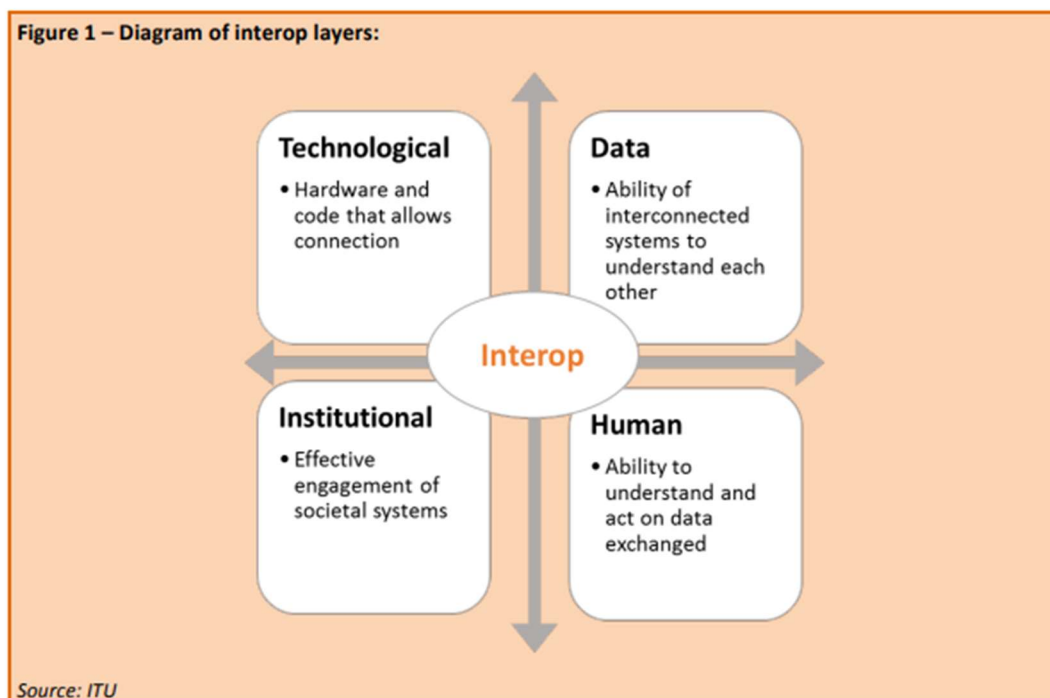
4.3.3. Standardeista ja yhteen toimivuudesta

Metaversen AR ja VR teknologioiden toteuttaminen ja siihen liittyvää standardisointia harjoittavia organisaatioita ja yhteenliittymiä ovat ainakin seuraavat:

- *Metaverse Standards Forum*, edistää metaversen avoimuutta ja yhteentoimivuutta.

- *Open Metaverse Alliance (OMA3)*, web3 -alustat
- *Open Metaverse Foundation (OMF)*, Foorumi avoimen lähdekoodin tekijöille
- Spatial Web Foundation (IEEE)
- IEEE P2874 Spatial Web Protocol, arkkitehtuurin ja hallinnan standardit
- Open AR Cloud (OARC, open ar cloud) ja sen sisällä Open Spatial Computing Platforms (OSPC)

Metaverse -teknologioiden yhteentoimivuuden suhteen pitää pohtia mitä ylipäätään tarkoitetaan yhteen toimivuudella (interoperability). Tutkimuskirjallisuudessa asiaa on pohdittu yleisesti digitaalisten ekosysteemien osalta (Gasser, 2015)¹⁴⁰ sekä erityisesti mitä termi tarkoittaa metaversen osalta. Gasser luokittelee yhteentoimivuuden määrittelyn neljään eri ulottuvuuteen tai kategoriaan, jotka ovat: Teknologia (Technological), Data, Institutionaalinen (Institutional) ja Inhimillinen (Human). Kuva 29 selventää näitä ulottuvuuksia.



Kuva 29. Yhteentoimivuuden ulottuvuudet (Gasser, 2015).

Näitä tasoja hyödyntäen Yang et al. (2024)¹⁴¹ analysoivat perusteellisesti metaverse-teknologia yhteensopivuuden nykytilaa kirjallisuusanalyysin kautta. He listaavat lisäksi kolme metaversumille relevanttia tasoa, joilla kysymystä voi tarkastella, siis Gasserin ulottuvuuksien lisäksi ja ohella: 1. Laitetason yhteentoimivuus eli kuinka käyttäjät kokevat tarjolla olevan sisällön eri laitteiden kautta. 2. Alustatason yhteentoimivuus eli kuinka käyttäjät voivat siirtyä ominaisuuksineen ja omistuksineen alustalta toiselle eri metaverse ympäristöihin. 3. Fyysisen

¹⁴⁰ U. Gasser, "Interoperability in the digital ecosystems", ITU: Global Symposium for Regulators GSR15 Discussion Papers, Research Publication No. 2015-13, 2015

¹⁴¹ L. Yang, S.-T. Ni, Y. Wang, A. Yu, J.-A. Lee, and P. Hui, "Interoperability of the Metaverse; A Digital Ecosystem Perspective Review", [arXiv:2403.05205 \[cs.CY\]](https://arxiv.org/abs/2403.05205), 2024

ja virtuaalisen yhteentoimivuus, eli kuinka saumaton on metaversumin avulla toteutettu kokemus näiden kahden välillä.

4.4. Tiedon hallinta MetaCityssä

4.4.1. Data ja sen tuottaminen

Data on keskeinen elementti MetaCity -konseptissa. Siihen liittyy useita teknisiä haasteita. Luotettavilla sensoreilla tai muilla tietolähteillä on tuotettava mahdollisimman virheetöntä dataa. Tuotettu data on siirrettävä aika- ja luotettavuusvaatimuksen huomioiden, yhdistettävä mahdollisesti muihin datavirtoihin sekä analysoitava kyseessä olevan älykkään järjestelmän tarpeita vastaavasti. Lopulta data on tallennettava mahdollista myöhempää käyttöä, kuten tekoälyagenttien opettamista varten, turvallisesti.

Älykkään järjestelmän tarvitsema tai tuottama data voi olla monimuotoista. Tämä käy ilmi esimerkiksi MetaCity -projektissa kartoitetuista ja osittain hyödynnetyistä datalähteistä:

- Mittausdata ympäristöstä ”pistemäisistä” lähteistä eli yksittäisistä kiinteistä sensoreista, jotka tuottavat aikasarjadataa vaihtelevalla aikaresoluutiolla mahdollisesti useista suureista. Tyypillisesti vaikkapa ilman lämpötila, kosteusprosentti, äänentaso, CO² tasot.
- Kiinteästi rakenteisiin asennetut (liikennemäärä)laskurit (eivät tuota aikasarjadataa).
- Kuvadata ympäristöön asennetuista kiinteistä kameroista ja tutkista. Tie- ja kelikamerat esimerkkinä.
- Liikkuvat sensorit ovat ajoneuvoihin, ihmisiin ja vaikkapa drooneihin asennettuja sensoreita ja kameroita, jotka tuottavat dataa ympäristöstä (eivät siis omaa statusdataa). Näissä yhdistyvät paikkasidonaisuus (ts. jokaiseen mittauspisteeseen pitää liittyä paikkakoordinaatti jollain tarkkuudella) ja mahdollinen aikasarjaluonne.
- Mittausalustojen itsestään tuottama analytiikkatieto (esim. pariston tila, vikakoodit) tukevat sovellusten tuottamista ja niiden ylläpitoa.

Erilaisia älykaupunkien datalähteitä voisikin olla hyödyllistä kategorisoida tyypeittäin. Yksi tällainen on lähteestä Orchi et al. 2025¹⁴² (Kuva 30).

¹⁴² Orchi et al.: “A Contemporary Survey on Multisource information Fusion for Smart Sustainable Cities: Emerging Trends and Persistent Challenges”, Information Fusion 114 (2025) 102667, <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2024.102667>.

Kategoria	Esimerkit
Antureihin perustuvat tietolähteet	Liikenneanturit (kamerat, GPS-laitteet), Ympäristöanturit (ilmanlaatu, melu), Älymittarit (sähkö, vesi), Sääasemat
Digitaaliset ja verkkopohjaiset tietolähteet	Verkkopalvelut ja alustat (verkkokauppa, suoratoisto), Internet-liikenteen lokit, API-rajapinnat
Käyttäjien tuottamat tietolähteet	Mobiililaitteet (GPS), Kuntoilulaitteet ja terveyssovellukset, Älykotilaitteet, Kansalaisten palaute ja joukkoistetut raportit
Yhdistetyt ja integroidut tietolähteet	Sensoridatan ja osallistuvan datan yhdistelmät (esim. ympäristömittaukset + käyttäjien havainnot, liikennetiedot + navigointisovellukset)
Erikoistuneet lähteet kaupunkisovelluksiin	Satelliittikuvat, Videovalvontajärjestelmät, Hätäviestintäjärjestelmät, Hallinnolliset rekisterit

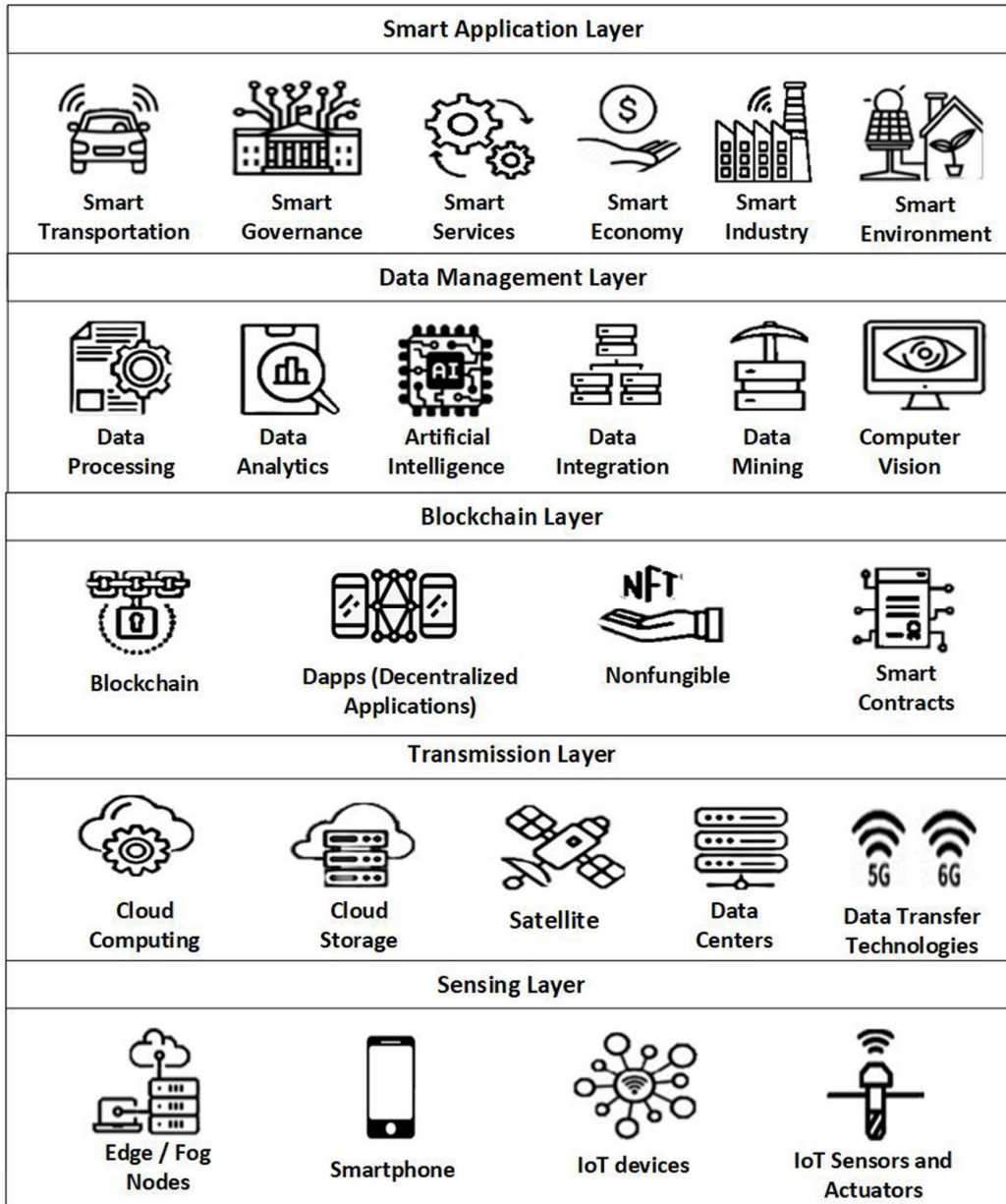
Kuva 30. Älykaupungin datalähteiden luokittelu Orchin et al. mukaan (suomennos Copilot).

Lisäksi voi ajatella näitä täydentäviä ”epäsuoria” datalähteitä:

- Tilastolliset kyselyt ja rekisterit; esimerkiksi kaupunginosan tai alueen asukas- tai asiakasmäärät.
- Reaaliaikaiset palvelu- ja laitetiedot; esimerkiksi tiedot palvelujen käyttäjämääristä
- Perinteiset tietovarastot ja relaatiotietokannat;

Lähes aina todelliset käyttötapaukset ja palvelut hyödyntävät useampaa kuin yhtä datalähdettä. Tällöin eri datalähteiden tuottama monimuotoinen (multimodaalinen) data pitää yhdistää eli fuusoida jollakin tavalla järkevästi ja loogisesti. Multimodaalisen datafuusion ongelmaa älykaupunkikontekstissa on käsitelty laajasti edellä mainitussa artikkelissa (Orchi et al., 2025). Yksi esitys datafuusion tasoista on esitetty Kuva 31 **Error! Reference source not found..**

Error! Reference source not found.



Kuva 31. Älykaupungin datafuusion tasot (Orchi et al. 2025).

Seuraavassa mainitaan muutamia teknisiä ratkaisuja ja konsepteja, joilla tuotettua dataa voidaan tallentaa ja hallitusti jakaa käyttäjille. Alla mainitut ovat kaikki MetaCity Oulu hankkeessa konkreettisesti esiin nousseita ja jopa kokeiltuja ratkaisuja.

4.4.2. Oulun kaupungin dataportaali

Oulun kaupunki on kehittänyt avoimen datan saatavuutta, ajatellen esimerkiksi älykaupungin palveluiden kehittämistä. Oulun kaupungin dataportaaliin kootaan avoimesti jaettavaa dataa sekä sovelluksia. Tietoa voidaan hyödyntää rajapinnan kautta (Kuva 32)¹⁴³.



Kuva 32. Oulun kaupungin dataportaali

4.4.3. Oulun Dataspace (PoC)

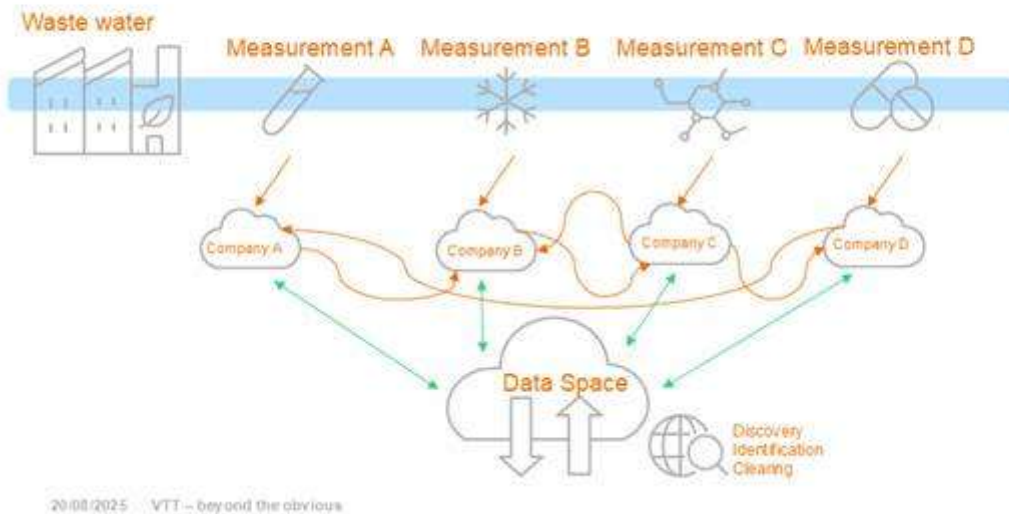
MetaCity Oulu -hankkeessa toteutettiin Oulu Dataspace (Data-avaruus) kokeilu yhdessä kumppaneiden kanssa. Data-avaruuksien kehittäminen nivoutuu yhteen EU:n Data Act – regulaation kanssa, jossa halutaan varmistaa datan saatavuus käyttäjälle. Data-avaruudet ovat yksi mahdollinen työkalu Data Actin antamaan vaatimukseen, jossa hajautettu data on omistajien hallussa, mutta siihen pääsyä voidaan kontrolloida data-avaruuden infrastruktuurikomponenteilla. Data Actin vaatimus yhteentoimivuudesta voidaan näin toteuttaa.¹⁴⁴

Oulun Vesi yhteistyössä Oulun rakentaa Arctic Water Testbedin Oulun Ervastinrantaan, jossa yritykset voivat tulla testaamaan omia prosessejaan, välineitään jne. Yhteistyössä MetaCity Oulu -projektin kanssa Ervastinrannan Testbediin on rakennettu myös data-avaruus, jossa osapuolet voisivat jakaa mittaamaansa dataan toistensa välillä. Konseptin yleiskuvaus on Kuva 33Error! Reference source not found..

¹⁴³ <https://data.ouka.fi/fi/>

¹⁴⁴ <https://internationaldataspaces.org/how-the-eu-data-act-will-shape-data-spaces/>

Oulu Water Testbed & Oulu Data Spaces



Kuva 33. Yleiskuva jätevesidata-avaruudesta ja sen osapuolista.

Data-avaruudessa jokainen osapuoli hallitsee omaa dataansa ja liittyy yhteiseen data-avaruuteen konektorilla, joka asennetaan osapuolen omalle palvelimelle. Myös connector-as-a-service -tyylinen liittyminen on mahdollista, jossa kolmas osapuoli hallinnoi konektoria. Osapuolten konektorit kirjautuvat yhteiseen katalogiin, joka on kuvaus saatavilla olevista datoista, osapuolista ja ehdoista miten dataan pääsee käsiksi. Tämä katalogi on VTT:n ylläpitämä (kunnes toinen osapuoli siihen löytyy). Identifikaatiokomponentti huolehtii jokaisen osapuolen tunnistamisesta oikeaksi osapuoleksi. Tämä komponentti on myös VTT:n ylläpitämä. Clearing-järjestelmää ja datasta maksamista ei ole konseptiin suunniteltu.

Konsepti liittyy myös Oulu Innovation Alliancessa (OIA) kehitettyyn Oulu Data Spaces -konseptiin, jonka ensimmäinen implementaatio jätevesidata-avaruus on. Data-avaruuksia ODS:ssä voi olla useampiakin ja ne noudattavat pitkälle samoja periaatteita, toki muokkaus on mahdollista riippuen datan jakamisen tarpeista ja toimijoista.

Proof-of-Concept pyrki varmistamaan, että konsepti toimii Oulun Veden järjestelmän kanssa ja tekninen toteutus on tarpeeksi kypsä, jotta data saadaan liikkeelle data-avaruudessa. Oulun Veden tiukka tietoturvapolitiikka on haaste konektorin asentamiseen sekä sen käyttöön, niin ettei tietoturvapolitiikkaa ei rikota, mutta data saadaan kulkemaan.

Toteutukseksi valittiin uudempi EDC-toteutus, jonka minimissään pystyy asentamaan ajettavana JAVA-moduulina, kun taas muut toteutukset vaativat toteutuksen virtualisoinnin ja kääntämisen itse palvelimella. Oulun Veden palvelimelta sallittiin yhteydet valittuihin toisten osapuolten konektorit sisältäviin palvelinosoitteisiin, jotka pystyvät julkaisemaan ja jalostamaan tietoa eteenpäin. Tiedonsiirron identiteettihallinta ja tietoturva toteutettiin JWT-perusteknologialla.

Oulun Veden palvelimille asennettiin EDC-konnektori, joka pystyy lähettämään palvelimen sisäisessä rajapinnassa tarjolla olevaa dataa eteenpäin ja siltä pystytään pyytämään ja siirtämään dataa sallituista palvelimista konnektorin kontrolli- ja datansiirto protokollien avulla. Kehitystä tehtiin asennuspaketin luomiseen, jotta sen pystyi asentamaan ja toimimaan rajatulla ulkoyhteydellä. Data saadaan kuvattua ja siirtymään data-avaruudessa. Oulun Yliopistolle ei jaeta dataa, koska sille ei nähty tutkimuskäyttöä substanssin puolesta. Data itsessään ei ole todellista dataa Ervastinrannasta, koska se oli vielä remontin alla.

4.4.4. RYHTI-järjestelmän data

Jo aiemmin esitettyyn kaavoituksen RYHTI-tietojärjestelmään liittyy myös datan avoimia rajapintoja ja muita palveluita (Kuva 34).

Avoimet palvelut

Ryhti-karttapalvelu	+
Alueidenkäyttötietojen paikkatietorajapinnat	+
Rakennustietojen paikkatietorajapinta	+
Rakennusten ja osoitteiden INSPIRE-tietotuotteet	+

Toteutus vielä kesken

Kaavojen INSPIRE-tietotuotteet	+
--------------------------------	---

Viranomaiskäyttöön rajatut palvelut

Rakennustietojen perustietopalvelu ja muutostietopalvelu	+
Rakennustietojen yksittäisen kohteen kyselyrajapinta	+

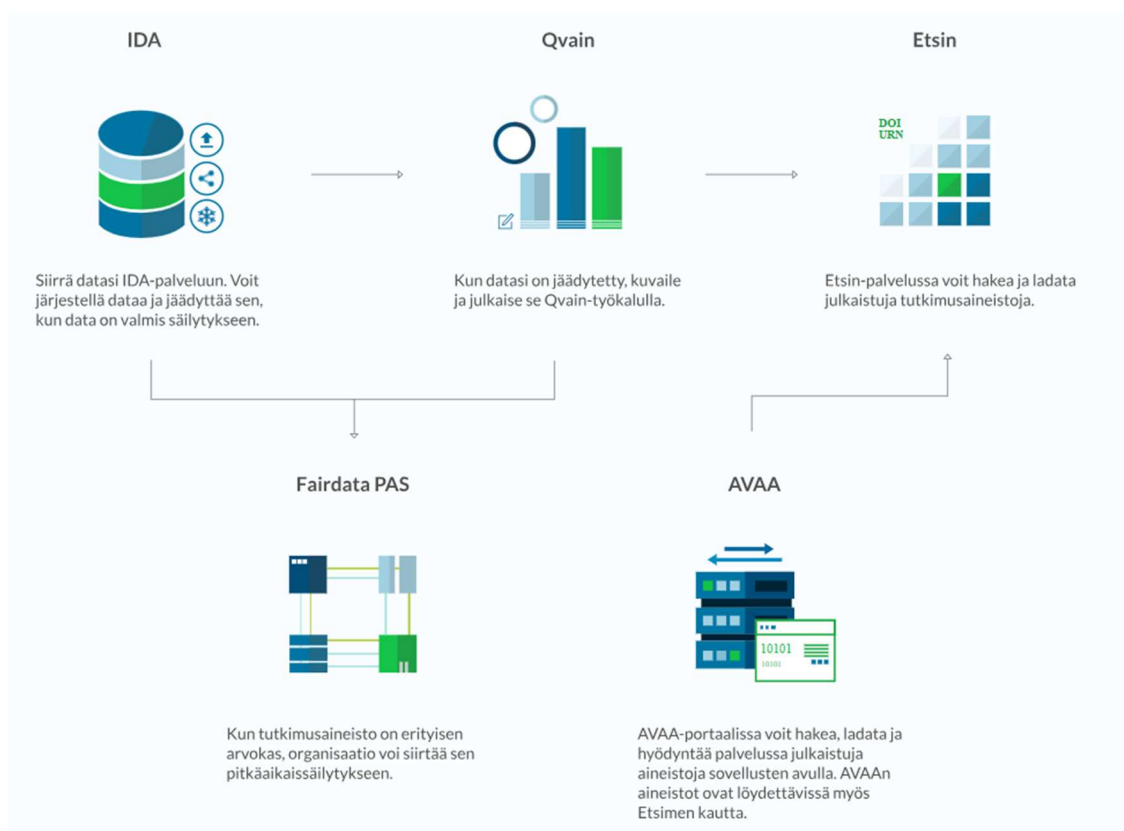
Kuva 34. RYHTI-järjestelmän tarjoamia palveluja ulkopuolisille käyttäjille

MetaCityn kannalta siis on oleellista, että datan ulkopuoliselle käyttäjälle, esimerkiksi AR-sovellukselle, on RYHTI-järjestelmään määritelty rajapinnat, joiden kautta data on haettavissa. Se kuinka hyödyllistä esim. rakennetun ympäristön data on näille sovelluksille, riippuu itse sovelluksista. **Jatkokehityksen kannalta mielenkiintoinen kysymys on, mitä kaikkea älykkyyteen liittyvää dataa RYHTI-tietokantaan voidaan rakennusten ja muun infran osalta lisätä.** Tuleeko sinne esim. rakennusten automaatioon ja valvontaa liittyvien laitteiden ja sensoreiden rajapinnat (vaikkakin suurelta osin suljettuna). Liitetäänkö mukaan kaikki muu ympäristöön tuotu älykäs infra?

4.4.5. Datapalvelimet ja palvelut

Esimerkkinä datapalvelimista mainitsemme Suomessa toimivan ja erityisesti tutkimusmaailmaa palvelevan CSC:n palvelun. Vastaavia palveluita, dataportaaleja ja pilvipalveluita on lukuisia muitakin, mutta yhteydessä tässä ei ole tarkoituksenmukaista listata niitä laajasti.

Suomessa Tieteen tietotekniikan Keskus Oy, CSC (Centre for Scientific Computing), tarjoaa varsinaisen laskentakapasiteetin ja siihen liittyvien palveluiden lisäksi myös tieteellisen datan tallennukseen ja jakoon liittyviä palveluita ns. FAIR-periaatteella (Findable, Accessible, Interoperable ja Reusable). Fairdata-palvelukokonaisuus¹⁴⁵ tarjoaa tilaa datan säilytykseen (IDA), mahdollisuuden kuvata tallennetun ja tarjottavan datan metatietoa (QVAIN), Data-aineistojen selailuun (ETSIN) ja lisäksi portaalin, jonka kautta datoihin pääsee käsiksi (AVAA). Fairdata -palvelukokonaisuus on esitetty alla (Kuva 35)**Error! Reference source not found.****Error! Reference source not found..**



Kuva 35. CSC:n Fairdata -palvelukokonaisuus (CSC, www.fairdata.fi, 12.12.2025)

¹⁴⁵ [Fairdata | Huolehdi tutkimusaineistoistasi](#)

5. Dronit MetaCityn kaupunkimallissa - regulaatio ja toimintaperiaatteet

MetaCityn alueella dronit voivat olla osa uusia palveluja tai palveluketjuja, ja siksi ne on huomioitu tässä hankkeessa. Tässä kappaleessa tarkastellaan dronin lennättämiseen liittyviä säädöksiä sekä niiden liittymistä MetaCityn kaupunkimalliin. Lisäksi kappaleessa esitellään dronilla toteutettu pilotointi ja sen tulokset.

5.1. Dronin lennättämistä koskeva regulaatio ja ohjeistus

EU:n droni-asetukset eli a) *Komission delegoitu asetus miehittämättömistä ilma-alusjärjestelmistä ja kolmansien maiden miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien käyttäjistä*¹⁴⁶ ja b) *Komission täytäntöönpanoasetus säännöistä ja menetelmistä miehittämättömien ilma-alusten käytössä*¹⁴⁷ yhdistävät lennokkien ja miehittämättömien ilma-alusten sääntelyä. Jako kaupallisen ja harrastetoiminnan välillä on poistunut. Sädeltävää lentokorkeutta on laskettu myös 150 m:stä 120 m:iin.¹⁴⁸ Lisäksi dronin lennättämistä ohjaavat seuraavat säädökset ja ohjeet:

- Ilmailulaki (864/2014)
- ASM-toimintakäsikirja
- Valtioneuvoston asetus ilmailulta rajoitetuista alueista (13.11.2014/930)
- U-spacea koskeva EU-asetus (EU) 2021/664 on astunut voimaan 26.1.2023

Suomalaisten droni-käyttäjien tulee rekisteröityä droni-toimijarekisteriin. Rekisteröinti ei kuitenkaan koske seuraavia:

- Alle 250 g painavat dronit, joissa ei ole kameraa tai muuta henkilötietojen tallennukseen kykenevää anturia,
- miehittämättömät ilma-alukset, jotka ovat direktiivissä 2009/48/EY tarkoitettuja leluja,
- Alle 1 kg painavat siimalennokit.¹⁴⁹

Käyttäjän tulee merkitä operaattorin rekisteritunnus droniin, ja käyttäjän tulee kuljettaa mukanaan kauko-ohjaajatunnusta (sähköinen tai paperinen versio).¹⁵⁰

5.1.1. Droni-luokitus

Dronia koskevat säädökset ja ohjeet kohdennetaan luokittain seuraavasti:

- Avoin kategoria, joka jakaantuu alaluokkiin A1-A3 ja dronin C-luokitus vaikuttaa käytettävään alakategoriaan.

¹⁴⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:02019R0945-20200809>, haettu 26.3.2025

¹⁴⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947&from=EN%C2%A0>, haettu 26.3.2025

¹⁴⁸ <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/koko-eun-kattavat-drone-asetukset-julkistettu>, haettu 26.3.2025

¹⁴⁹ <https://www.droneinfo.fi/fi/rekisteroityminen-ja-teoriakoe>, haettu 26.3.2025

¹⁵⁰ <https://www.droneinfo.fi/fi/rekisteroityminen-ja-teoriakoe>, haettu 26.3.2025

C0, C1 ja C2 luokan droneilla saa lentää A1/A2-alkategorian mukaisesti lähellä ihmisiä tai turvallisella etäisyydellä ihmisistä noudattaen drooniasetuksen rajoituksia. C3- ja C4-luokan droneilla saa lentää vain A3-alkategorian mukaisesti turvallisella etäisyydellä asuin- liike-, teollisuus- ja virkistysalueista alueella, jossa kauko-ohjaaja voi kohtuudella olettaa, että lennätyksestä ei aiheudu vaaraa ulkopuolisille ihmisille.

1. Lennokkikerhoilla on mahdollisuus hakea lupaa poiketa edellä kuvattuja kategorioita koskevista säädöksistä.
 - Erityisen kategorian vaatimukset tulee täyttää, mikäli operointi ei ole mahdollista avoimessa kategoriassa. Erityisessä kategoriassa operaattorin tulee rekisteröityä ja operaattorilla pitää olla toimintalupa. Toimintalupaa haetaan EASA:n julkaiseman ennakkoriskiarvion (PDRA) tai oman SORA-riskiarvioinnin pohjalta. Erityinen-kategoriassa on mahdollista toimia myös EASA:n julkaiseman vakioskenaariota (STS, Standard Scenario) mukaisesti. UAS-toimijat voivat tehdä niiden mukaisia ilmoituksia 1.1.2024 alkaen.¹⁵¹

5.1.2. Droonin lennättämistä koskevat etäisyysrajoitukset

Droonin lennättämiseen liittyvät etäisyysrajoitukset määritellään alakategorioittain. Etäisyysvaatimukset tulee ottaa huomioon myös MetaCityn kaupunkimallissa.

Taulukko 8. Droonien lennättämisen alakategoriat ja niihin liittyvät ohjeet.

Alakategoria A1	Alakategoria A2	Alakategoria A3	Erityinen kategoria
C0: Lennättäminen sallittu satunnaisten ihmisten, mutta ei ihmisjoukkojen päällä.	C2: Lennättäminen sallittu turvallisella etäisyydellä (30 m, tai 5 m hidaslentomoodi aktivoituna) toimintaan osallistumattomista ihmisistä.	C2, C3, C4: Lennot turvallisella etäisyydellä ihmisistä ja asutuksesta: vähintään 150 metriä asuin-, liike-, teollisuus- tai virkistysalueilta.	Jos toimintaan liittyy ihmisjoukkojen päällä lentämistä, ihmisten kuljettamista tai vaarallisten aineiden kuljettamista, toiminta tulee toteuttaa sertifiokitukategoriassa, jonka osalta EU-lainsäädäntö on vielä keskeneräinen. Sertifioitu-kategoriaan liittyviä standardeja ei ole vielä julkaistu, joten luvan saaminen tähän kategoriaan ei ole vielä käytännössä mahdollista.
C1: Lennoilla tulee välttää satunnaisten ihmisten yli lentämistä, lentäminen	C2: UAS-ilmatilavyöhykkeet ja muut ilmailun kielto-,	C2, C3, C4: Operaattorin tulee varmistaa, että kaikille lennätysalueella oleville toimintaan	Sertifioitu-kategoria: Toiminta luokitellaan kategoriassa

¹⁵¹ <https://www.droneinfo.fi/fi/luvanvarainen-toiminta-erityinen-kategoriassa?toggle=Ennakkoriskiarvion%20%28PDRA%29%20perustuva%20toimintalupa>, haettu 26.3.2025

satunnaisten ihmisten lähellä on sallittua.	rajoitus- ja vaara-alueet tulee huomioida	osallistuville henkilöille on ilmoitettu riskeistä ja he ovat nimenomaisesti ilmaisseet suostumuksensa osallistumiseen: etäisyys lennätysalueella ohikulkeviin, toimintaan osallistumattomiin henkilöihin oltava vähintään 30 m, mutta ei vähempää kuin laitteen lentokorkeus tai laitteen 2 sekunnin aikana kulkema matka enimmäisnopeudella.	'sertifioitu' harjoitettavaksi toiminnaksi, kun kyseessä on: 1) Ihmisten kuljetus, 2) Vaarallisten aineiden kuljetus, 3) Ihmisjoukkojen yllä tapahtuvat lennot isommilla miehittämättömillä ilma-aluksilla (>3 m).
UAS-ilmatilavyöhykkeet ja muut ilmailun kielto-, rajoitus- ja vaara-alueet tulee huomioida		UAS-ilmatilavyöhykkeet ja muut ilmailun kielto-, rajoitus- ja vaara-alueet tulee huomioida	

5.1.3. Droonin lennättämiseen liittyviä käsitteitä

Droonin lennättämiseen liittyy toimintaa ohjaavia ja kuvaavia käsitteitä, joilla voi olla vaikutusta droonin lennättämiseen ja jotka mahdollisesti tulee huomioida MetaCityn kaupunkimallissa.

- VLOS eli Visual Line Of Sight eli suora näköyhteys droonin lennättämisen aikana.
- NOTAM eli Notice to Airmen, on sähköinen julkaisu ilmatilassa toimiville.
- AIP eli *Aeronautical Information Publication* on ilmailukäsikirja, jota julkaisee Suomessa Fintraftic ANS:n Ilmailutiedotuspalvelu.
- AIP Supplement sisältää tärkeitä, väliaikaisia tiedotteita mm. ilmatilarajoituksista ja karttaliitteen alueesta.
- Geo-aita on virtuaalinen ilmatilarajoitusalueella oleva alue, jonne drooni ei saa mennä.
- Geo-häkki on virtuaalinen tila, jossa droonin tulisi olla.
- FLYK-karttaan tehdään ilmoitus drooni-lennosta. Kartalla näkyy myös mahdolliset lennättämistä koskevat rajoitukset.
- VTOL (vertical take-off and landing) eli pystysuoraan nousevat ja laskeutuvat lentokoneet, joita kutsutaan myös lentotakseiksi¹⁵². VTOL-alukset käyttävät useampaa kuin kahta työntövoimayksikköä, jolloin käytetään nimitystä hajautettu työntövoima. Esim. helikopterit käyttävät yhtä työntövoimaa.¹⁵³ VTOL-laitteita luokitellaan kuljetettavan henkilömäärän ja toimintasäteen mukaan.¹⁵⁴
- Vertiportti kuvataan teknisesti *maa- tai vesialueeksi tai rakenteeksi, jota käytetään tai aiotaan käyttää VTOL-lentokoneen nousu- ja laskupaikkana.*

¹⁵² <https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/vertical-take-and-landing-vtol>, haettu 31.3.2025

¹⁵³ <https://www.easa.europa.eu/fi/light/topics/vertical-take-and-landing-vtol>, haettu 31.3.2025

¹⁵⁴ https://www.youtube.com/watch?v=e_fsqWIEI&list=PLTfS24aKkIn63dwU2mF0nX4kUtr9QFeU&index=6, haettu 31.3.2025

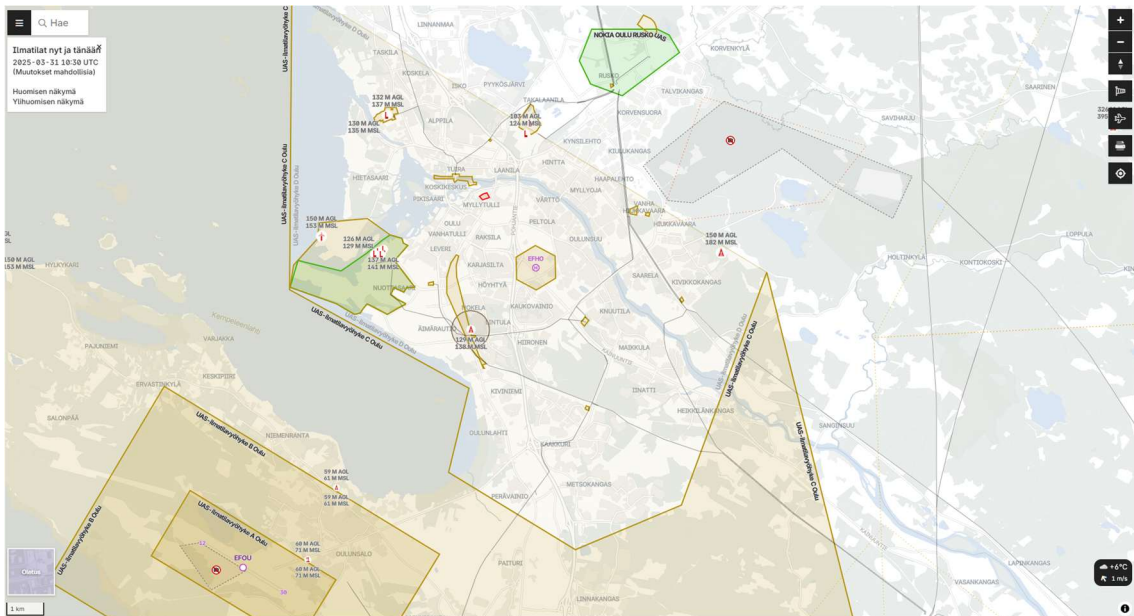
Vertiportit suunnitellaan alueiksi, jotka soveltuvat turvallisiin kaupallisiin matkustaja- tai tavarakuljetuksiin VTOL-lentokoneella kaupunkiympäristössä.¹⁵⁵

5.1.4. Flyk-kartta

FLYK-kartassa (Kuva 36, Kuva 37, ja Kuva 38) esitetään ilmatilassa olevat laitteet sekä ilmatilaan liittyvä oleellista olosuhdetietoa, kuten säätila.



Kuva 36. Kuvakaappaus FLYK-kartasta. Ilmatila kuvakaappaushetkellä (31-3-2025). Lähde: <https://flyk.com/map?drone&lang=fi#p=4.66/65.69/26>, haettu 31.3.2025



Kuva 37. Tarkennettu kuvakaappaus FLYK-kartasta Oulun seudulta. <https://flyk.com/map?drone&lang=fi#p=11.04/64.9908/25.5374>, haettu 31.1.2025

¹⁵⁵ <https://www.easa.europa.eu/fi/light/topics/vertiports-urban-environment>, haettu 31.3.2025

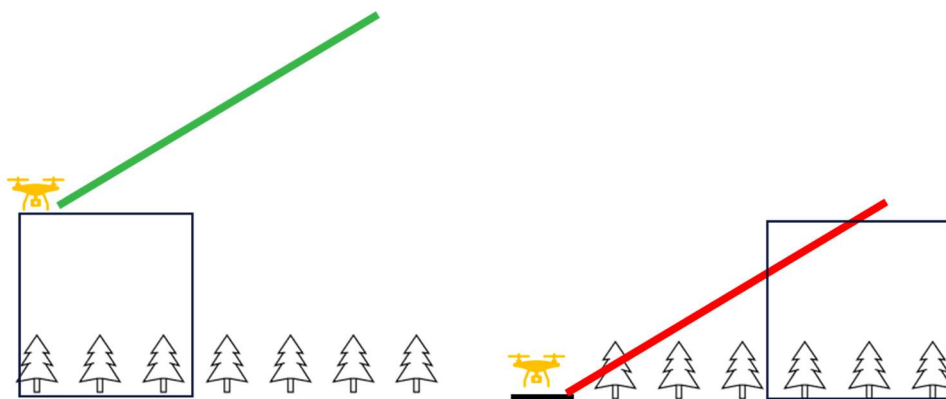


Kuva 38. FLYK- kartalla näkyvä säätila.

Lähde:<https://flyk.com/map?drone&lang=fi#p=4.41/64.78/25.18&metar=2>, haettu 31.3.2025

5.1.5. Vertiportti

Vertiportit ovat alueita, joista VTOL-laitteet nousevat ilmaan ja jonne ne laskeutuvat. The European Union Aviation Safety Agency (EASA) on tehnyt ensimmäisen vertiportin suunnitteluohjeen, joka ei kuitenkaan ole standardi.¹⁵⁶ Vertiportit voivat sijoittua maan pinnalle tai olla esimerkiksi rakennusten katoilla. Vertiportin sijoittamiseen vaikuttaa VTOL-koneen lentorata. MetaCity kaupunkimallissa kolmiulotteiset vertiportit tulee tarvittavassa määrin huomioida tilapäisinä tai pysyvinä ratkaisuinä.



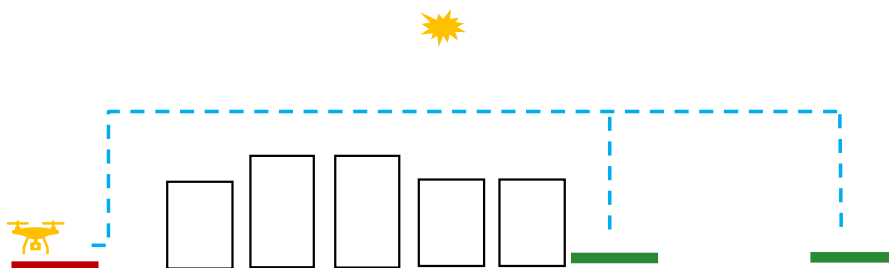
Kuva 39. VTOL-laitteen lentoradan merkitys vertiportin sijainnin suunnittelussa. Lähde:

<https://www.easa.europa.eu/fi/light/topics/vertiports-urban-environment>

¹⁵⁶ <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/press-releases/easa-issues-worlds-first-design-specifications-vertiports>, haettu 31.3.2025

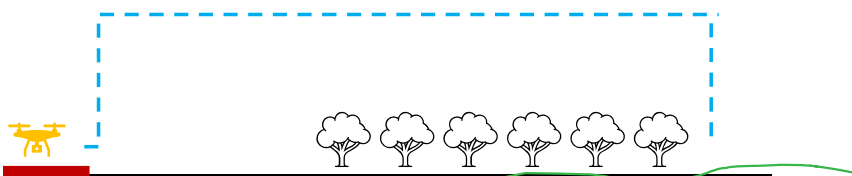
Laajennettu vaatimusluokka

VTOL- laitteen tulee pystyä lentämään turvallisesti vaativassa ja ruuhkaisessa kaupunkitilassa niin, että se voi laskeutua vertiportiin. Perusluokassa VTOL-laite voi tehdä hätälaskun ruuhkattomilla alueilla.



Kuva 40. Droonin laajennettu vaatimusluokka. Lähde: <https://www.easa.europa.eu/fi/light/topics/vertiports-urban-environment>

Perusluokka



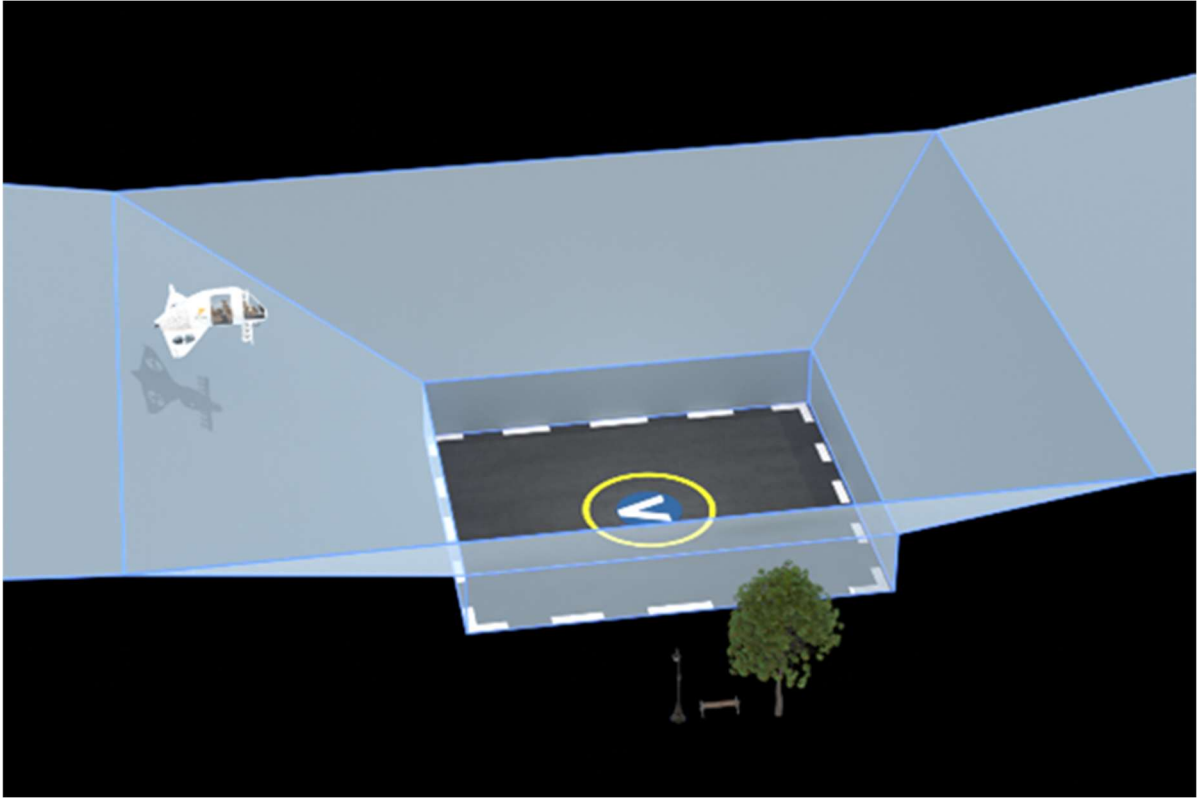
Kuva 41. Droonin perusluokka. Lähde: <https://www.easa.europa.eu/fi/light/topics/vertiports-urban-environment>

EASAn suppilomallinen vertiportti ja sen sijoittaminen kaupunkiympäristöön

Easan ideoima suppilon muotoinen vapaa ilmatila, jossa VTOL-laite voi luotettavasti operoida vertiportin kautta, mahdollistaa vertiporttien integroinnin ilmatilaan.¹⁵⁷ Suppilo edellyttää vapaata tilaa kaupunkirakenteessa ja tämän vuoksi suppilomainen vertiporttia voitaisiin sijoittaa esimerkiksi isoon puistoon tai muulle avoimelle, yleiselle alueelle.¹⁵⁸

¹⁵⁷ <https://www.easa.europa.eu/fi/light/topics/vertiports-urban-environment>, haettu 31.3.2025

¹⁵⁸ EASA on julkaissut ideasta videoita, jotka havainnollistavat hyvin toimintaperiaatteen. <https://www.youtube.com/watch?v=MqgRoJQw238>



Kuva 42. EASAn kehittämä vertiporttia ympäröivä virtuaalinen suppilo.

<https://www.easa.europa.eu/fi/light/topics/vertiports-urban-environment>, haettu 31.3.2025

5.2. Droonin lennättämisessä huomioitavat näkökulmat

Droonin lennättämiseen liittyy edellä kuvatun regulaation ja ohjeistuksen lisäksi myös käytännössä esille tulleita asioita, joilla voi olla vaikutusta lennättämiseen. Lennättämisessä tulee huomioida maastossa olevat esteet, kuten isot sähkölinjat, jotka voivat aiheuttaa kompassihäiriötä. Rakennusten lähellä voi syntyä turbulenttista tuulta, joka vaikeuttaa lennättämistä. Droonin lennättämisessä säätila on merkittävä tekijä; tuulinen ja sateinen sää vaikeuttavat lentämistä.¹⁵⁹

5.2.1. Droonien erilaisia käyttötapoja

Drooneilla on useita erilaisia käyttökohteita, kuten:

- ZIPLINE (Afrikassa ja USA:ssa toimiva kuljetuspalvelu).¹⁶⁰
- MANNA (Irlantilainen yritys, tulossa pääkaupunkiseudulle).¹⁶¹
- Lääkärit ilman rajoja: lääkkeiden kuljetus.
- Sotatilanteet: Ukrainan sota.

¹⁵⁹Henri, Hinkula ja Aleksu Kärnä, OAMK, suullinen tieto 24.3.2025

¹⁶⁰ <https://www.zipline.com/>

¹⁶¹ <https://www.manna.aero/>

5.3. Dronin huomioiminen MetaCityn kaupunkimallissa

Metacityn näkökulmasta dronin käyttö voi vaikeutua seuraavista syistä:

Lähtökohtaisesti kielto- ja rajoitusalueet koskevat kaikkea ilmailua (pl. viranomaistoiminta), joten myös miehittämätön ilmailu on kiellettyä näillä alueilla ilman erillistä lupaa. Ilmailua on rajoitettu kieltoalueilla (P-alue) ja rajoitusalueilla (R-alue).¹⁶²

- UAS- ilmatilavyöhykkeet voivat olla kieltäviä, rajoittavia tai sallivia.¹⁶³
- Dronia ei voida käyttää kuvaamiseen ilmailulta pysyvästi rajoitetuilla alueilla. Ilmakuvausta rajattavat puolustusvoimien asettamat määräykset. Ilmakuvauslupa haetaan puolustusvoimilta.¹⁶⁴
- Eri droni-kategorioille on määritelty toimintaa ohjaavia määräyksiä ja rajoituksia.¹⁶⁵
- Yli 250 g dronin lennättäminen edellyttää operaattorin rekisteröitymistä (Traficom).
- U-space vaatimukset voivat vaikeuttaa dronin käyttöä.¹⁶⁶

5.3.1. Dronien hyödyntäminen osana älykaupunkien kehittämistä - pysäköintitilanteen seuranta dronilla pilotti

Dronien käyttö on yleistynyt nopeasti osana älykaupunkien infrastruktuuria, tarjoten uusia mahdollisuuksia liikenteen hallintaan, ympäristön seurantaan sekä palveluiden automatisointiin. Droniteknologia avaa uusia mahdollisuuksia paitsi tehokkaampaan tiedonkeruuseen, myös reaaliaikaisen tilannekuvan sekä päätöksenteon tueksi.

Oulussa Linnanmaan kampusalue on ruuhkainen ja paikoitusaste korkea, mikä tekee pysäköinnistä haastavaa. Metacity Oulu -hankkeen pilotoinnin tavoitteena oli kartoittaa autojen sijoittumista kampuksen pysäköintialueille dronikuvantamisen avulla eri vuorokauden- ja vuodenaikoina. Kerätyn datan avulla pyrittiin arvioimaan pysäköintialueiden täyttöasteita ja tunnistamaan mahdollisia kehityskohteita liikenteen sujuvoittamiseksi.

Paikoituskuvaukset tehtiin DJI Mini 4 Pro-dronilla. Droni valikoitui pilotointiin kevyen painonsa (249 grammaa) ja matalan riskin C0-luokituksensa vuoksi, mikä on eduksi erityisesti urbaanilla alueella. Laitteen etuina ovat 4K-kamera ja yli 30 minuutin lentoaika. Laitteen käyttökelpoisuudelle aiheuttaa kuitenkin haasteita siitä puuttuva RTK-vastaanotin, joka mahdollistaisi senttimetritarkan paikkatiedon saamisen. Kyseisellä dronilla joudutaan siis tyytymään muutamien metrien tarkkuuteen. Yleisesti tarkkuus on kuitenkin riittävän hyvä tämän tyyppisiin kuvauksiin. Toinen puute on lentoreittien suunnittelu, jossa dronin lentoreitti

¹⁶² <https://droneinfo.fi/fi/missa-ei-saa-lennata?toggle=Helsingin%20keskustan%20kieltoalueet&toggle=Muu%20pysyv%C3%A4%20kieltoalueet&toggle=Turun%20%C3%A4heisydess%C3%A4%20oleva%20kieltoalue>

¹⁶³ <https://traficom.fi/fi/saadokset/ops-m1-29-uas-ilmatilavyohykkeet>

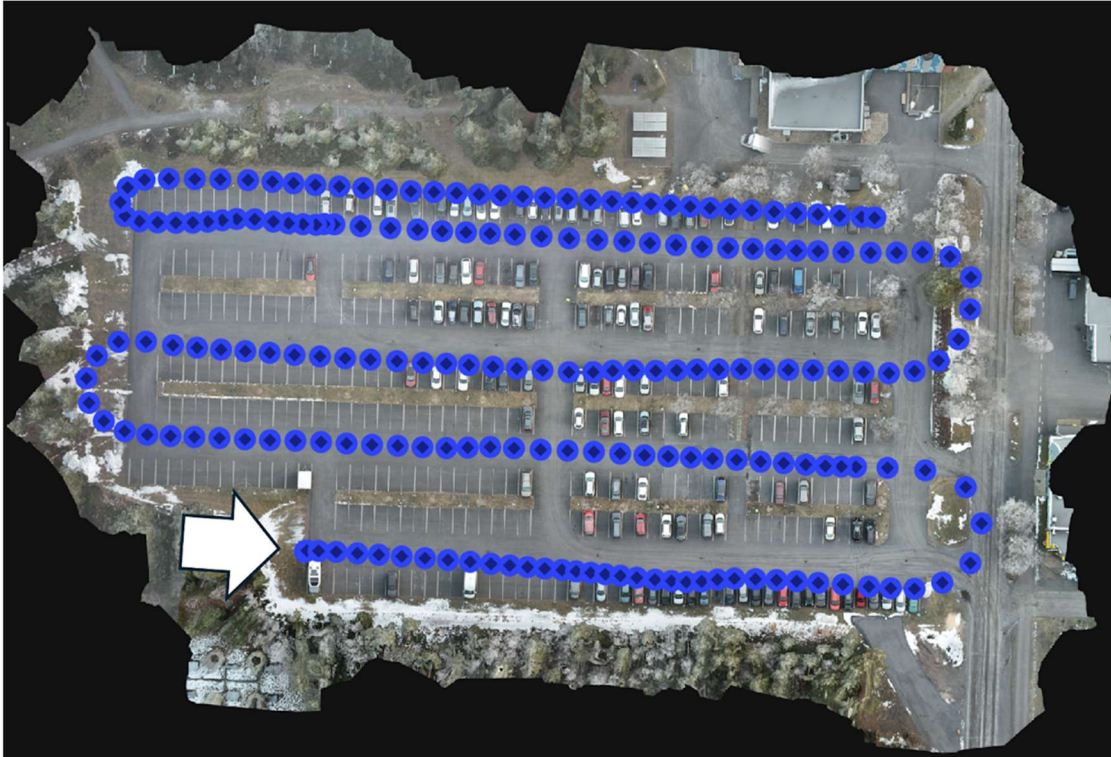
¹⁶⁴ <https://puolustusvoimat.fi/ilmakuvauslupa>

¹⁶⁵ <https://www.droneinfo.fi/fi/lennattaminen-avoimessa-kategoriassa>

¹⁶⁶ <https://www.droneinfo.fi/fi/uas-ilmatilavyohykkeet/u-space?toggle=Tarkempi%20kuvaus%20palveluista>

ja kuvaamiseen liittyvät toimenpiteet voitaisiin laatia ennakkoon. Tässä pilotoinnissa lennot toteutettiin käsin ohjaten, eli droonia operoiva henkilö lennätti sitä kauko-ohjaimella.

Droonilentoja toteutettiin kolme kertaa kuvauspäivää kohden (Kuva 43). Droonilentoihin valittiin 15 minuutin kuvausväli, koska parkkitilanteen katsottiin muuttuvan kyseisen ajan kuluessa. Operaatiossa käytettiin 50 metrin lentokorkeutta, jonka todettiin olevan riittävän korkealla parkkipaikkatiedon keräämiseen, mutta samalla tarpeeksi matalalla laadukkaan kuva-aineiston varmistamiseksi. Kuvien määrä vaihteli hieman eri kuvausten välillä, ollen 200 ± 20 kuvaa. Kuvanottotiheys oli kaksi sekuntia, ja lentonopeus neljä metriä sekunnissa.



Kuva 43. Droonin lentoreitti Linnanmaan kampuksen P8-parkkipaikalla ortokuvan päällä. Siniset pisteet ovat kuvanottopisteitä, ja aloituspiste on merkitty valkoisella nuolella (kuvakaappaus PIX4D Matic-ohjelmistosta).

Droonilentojen jälkeen kuva-aineistot siirrettiin muistikortilta tietokoneelle PIX4D Matic-ohjelmiston prosessoitavaksi. Datasetin kaikki kuvat saatiin kalibroituja, mikä on täydellinen suoritus. Tyypillisesti vähintään muutama prosentti jää kalibroimatta, mikä johtuu joko liian harvoista lentolinjoista, tai liian suuresta kallistuskulmasta. Aineistoista prosessoitiin ortokuvia, eli yksittäisten ilmakuvien perusteella prosessoituja ilmakuvia (Kuva 44). Kooltaan näin pienen alueen kuva-aineiston prosessointiin kesti noin 12 minuuttia. Suurien alueiden prosessointiin kuluu tyypillisesti muutamia tunteja, joissakin tapauksissa useita vuorokausia.



Kuva 44. Dronikuvauksen perusteella prosessoitu ortokuva Linnanmaan kampuksen P8-parkkipaikasta syksyllä 2024 (kuvakaappaus PIX4D Matic-ohjelmistosta).

Dronikuvauksesta tuotettu ortokuva analysoitiin konvoluutioneuroverkkoja hyödyntävällä Faster R-CNN -mallilla. Malli opetettiin tunnistamaan autojen piirteitä ortokuvasta, ja tulokset osoittivat, että suurin osa autoista, noin 70 %, tunnistettiin onnistuneesti. Kuitenkin virrehavaintojakin ilmeni: malli tunnsti autoksi esimerkiksi kaivon kannen ja jätti osan ajoneuvoista kokonaan tunnistamatta. Tunnistamattomat kohteet olivat lähinnä autoja, jotka sijaitsivat vierekkäin. Käytetty malli tunnsti myös hieman heikosti autoja, joissa maa sekä auto oli luminen. Tämä korostaa mallin jatkokehityksen ja parametrien hienosäädön tarvetta tarkkuuden parantamiseksi. Faster R-CNN -mallia käyttävä analysointi tehtiin opinnäytetyönä.

Havainnot ja tulevaisuus

Kokeilu osoitti, että pienelläkin kuluttajaluokan dronilla voidaan kartoittaa alueita ja saada tietoa ympäristöstä. Pilotoinnissa hyödynnetty Faster-CNN -malli osoittautui tehokkaaksi kohteentunnistuksessa. Dronin keräämän kuva-aineiston prosessointi tehtiin paikallisesti, ja se vaati tehokkaan tietokoneen sekä lisenssimaksullisen laskentaohjelmiston. Kooltaan pienen dronin käyttö toi mukanaan myös rajoitteita, kuten heikomman tuulensietokyvyn. Toisaalta dronin kevyen rakenteen ansiosta akunkesto oli hyvä. Tulevaisuudessa dronien kehittyessä voidaan odottaa entistä monipuolisempia sovelluksia, joissa yhdistyvät keveys, älykäs sensoriteknologia ja automaattinen datankäsittely¹⁶⁷.

Jatkuvasta parkkiseurannasta löydettiin myös kehityskohteita. Automatisoituun parkkitilanteen seurantaan esimerkiksi kampusalueella tarvittaisiin dronille oma ilmatila.

¹⁶⁷ Lehti, R., Maanavilja, M., & Turpeinen, M. (2021). *Oulu Hartaanselänranta: Älykkäät liikenteen ja pysäköinnin ratkaisut. Loppuraportti*. Taival Advisory & 1001 Lakes. https://www.ouka.fi/media/4760/download_ym., 2021

Lisäksi reunalaskennasta, eli dronissa olevasta laskentakapasiteetista olisi hyötyä. Se mahdollistaisi reaaliaikaisen parkkitilanteen muodostamisen, jonka voisi lähettää nopeasti 5G-verkon kautta järjestelmään, ja tätä kautta infonäytölle parkkipaikkaa etsivän autoilijan tiedoksi.¹⁶⁸ Tietyissä tilanteissa voi olla järkevää asentaa kiinteitä parkkisensoreita parkkipaikoille. Dronilla on kuitenkin paikkansa kuvauksessa, mikäli halutaan visuaalinen kuva parkkitilanteesta, sekä esimerkiksi tilapäiseen ja liikkuvaan valvontaan, mihin sensoreita ei olisi mielekästä tai edes mahdollista asentaa.

Droonipohjaisen pysäköinnin seurannan palvelukehitys kytkeytyy useisiin sidosryhmiin, joiden yhteistyö on edellytys toimivalle ratkaisulle. Keskeisiä toimijoita ovat kiinteistön omistajat tai pilotoinnin tapauksessa kampusalueen hallinto, jotka vastaavat pysäköintialueiden käytöstä ja kehittämisestä, sekä pysäköinninvalvonta, joka hyödyntää dataa operatiivisessa ohjauksessa ja valvonnassa. Teknologia toimittajat, kuten droonivalmistajat, kuvantamisen ja analytiikan ohjelmistot sekä tekoälymallien kehittäjät, mahdollistavat keruun ja prosessoinnin. Tietoliikenneoperaattorien rooli on olennainen reaaliaikaisen tilannekuvan siirrossa. Lisäksi autoilijat ja alueen käyttäjät muodostavat loppukäyttäjärühmän, joka hyötyy ajantasaisesta pysäköintitiedosta, kun taas kaupunki ja älykaupunkihankkeet tarjoavat kehittämisympäristön ja voivat edistää integrointia muihin kaupunkijärjestelmiin.

Pilotissa droonia operoitiin manuaalisesti: lennot operoitiin kauko-ohjaimella, ilman ennalta suunniteltuja lentoreittejä. Tämä osoittaa nykytilan, jossa operointi edellyttää pätevää henkilöä paikan päällä. Jatkuvaa palvelua kohti mentäessä operaattorina voi toimia kiinteistön omistaja, pysäköinninvalvonta tai ulkopuolinen droonipalveluntarjoaja, riippuen sopimuksista, vastuiden ja ilmatilajärjestelyjen hallinnasta sekä valitusta automaattiotasosta. Tulevaisuudessa droonioperointi siirtyy todennäköisesti valvottuun automaatioon, jossa ihmisen rooli painottuu toiminnan valvontaan ja ylläpitoon. Tässä kehityksessä keskeistä on niin sanottu drone-in-a-box -ratkaisu, jossa drooni sijoitetaan automaattiseen telakkaan. Telakka huolehtii akun latauksesta, suojaa laitetta sääolosuhteilta ja mahdollistaa droonin automaattisen lentoonlähdön ja laskeutumisen. Tällaiset järjestelmät tukevat jatkuvaa valvontaa ilman paikalla olevaa operaattoria ja voivat integroitua ohjelmistoihin, jotka hallitsevat lentoreittejä, datan siirtoa ja analytiikkaa. Tällainen järjestelmä toimii etenkin ympäristöissä, joissa tarvitaan säännöllistä tai reaaliaikaista tilannekuvaa.

Operoinnin kustannusmalli voidaan rakentaa käytön ja hyödyn mukaan. Kiinteistön omistaja voi rahoittaa toiminnan pysäköintikapasiteetin hallinnan ja sujuvuuden parantamisen perusteella. Pysäköinninvalvonnan näkökulmasta kustannuksia voidaan kattaa osin pysäköintimaksujen ja valvonnan tuottojen kautta, jos dronilla kerätty data tehostaa operointia, lisää käyttäjätyytyväisyyttä ja vähentää ruuhkia. Kaupungin älykaupunkihankkeet voivat tarjota kehitysrahoitusta pilotoinnin ja demonstroinnin vaiheissa. Vastaavat kehittämisohjelmat tai EU-rahoituskanavat voivat osaltaan tukea automaatiota, analytiikkaa ja

¹⁶⁸ Velavan, C., Balamurugan, A., & Murugasamy, L. (2025). 5G and edge computing enabled search and rescue drones. *2025 8th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)* (s. 579–586). <https://doi.org/10.1109/ICOEI65986.2025.11013465>

infrastruktuuria, etenkin jos tavoitteena on palvelu, joka on integroitavissa laajempiin kaupunkijärjestelmiin.

Jatkuva automaattinen seuranta edellyttää autonomisia lento- ja lataustoimintoja, ennalta ohjelmoituja reittejä sekä dronille varattua ilmatilaa toiminta-alueella. Reunalaskenta dronissa mahdollistaa kuvien analysoinnin lennon aikana ja reaaliaikaisen tilannekuvan muodostamisen, joka voidaan välittää viiveettä verkon kautta (esim. 5G). Tämä vähentää datansiirtotarvetta, nopeuttaa päivityksiä ja mahdollistaa infototeutukset, kuten parkkialueen vapaat paikat infonäytöillä. Käytännössä toteutus koostuu droniasemista (automaattiset telakat/latauspisteet), turvallisuus- ja sääntöjenmukaisuusmekanismeista, reittien ja kuvausparametrien automaattisesta hallinnasta sekä ylläpitoprosesseista, joilla varmistetaan lentokyvyn jatkuvuus.

Kevyt droni on herkempi tuulelle ja arktisille olosuhteille kuin kehittyneemmät, ammattikäyttöön tarkoitetut laitteet. Tämä näkyy sekä lentoturvallisuudessa että datan laadussa, sillä tuuli voi rajoittaa operointia ja lumi heikentää konenäön tarkkuutta, kuten havaittiin lumisissa olosuhteissa autojen tunnistuksen heikentyessä. Sääriippuvuuden hallintaan voidaan soveltaa teknisiä ja operatiivisia ratkaisuja: säänkestävämmät ja vakaammat dronit, joustava operointisuunnittelu, sensorifuusio (esim. lämpö- tai syvyyskamerat), lennon aikainen laadunvarmistus sekä varajärjestelminä maainfrastruktuuri (kiinteät kamerat tai parkkisensorit).¹⁶⁹

Kiinteät kamerat voivat tietyissä ympäristöissä korvata tai tehokkaasti täydentää dronilla tehtävää kuvantamista. Kiinteä infrastruktuuri tarjoaa sääriippuvuudeltaan vakaamman vaihtoehdon ja jatkuvan datavirran. Dronien vahvuus on kuitenkin visuaalisessa kattavuudessa, tilapäisessä ja liikkuvassa valvonnassa sekä siinä, että ne tuottavat nopeasti ortokuvia ja tilannekuvaa ilman laajamittaista kiinteää sensoriasennusta. Hybridiratkaisu – kiinteät kamerat tai parkkisensorit perusinformaatiolle ja dronit dynaamiseen, alueellisesti laajempaan tai ad hoc -tarpeeseen – tuottaa parhaan operatiivisen joustavuuden, erityisesti kampus- ja kaupunkikonteksteissa, joissa kysyntä vaihtelee vuorokauden- ja vuodenaikojen mukaan.

Yhteenvedon voidaan todeta, että dronien ja tekoälyn yhdistäminen avaa mahdollisuuksia älykaupunkien kehittämisessä. Kehittyneet menetelmät, kuten konenäkö ja reunalaskenta, voivat nopeuttaa nykyisiä prosesseja ja parantaa päätöksenteon laatua, mutta niiden täysimääräinen hyödyntäminen edellyttää teknologista kehitystä sekä kasvavaa laskentakapasiteettia. Dronien rooli ei rajoitu pelkkään kuvantamiseen, vaan ne voivat toimia osana kaupungin älykästä järjestelmää, joka tukee kaupunkien toiminnallisuutta, turvallisuutta ja käyttäjäkokenemusta.

¹⁶⁹ Karjalainen J. (2022). *Selvitys Oulun keskustan maanpäällisten pysäköintipaikkojen reaaliaikaisen pysäköinnin seurannan toteuttamismahdollisuuksista* [diplomityö, Oulun yliopisto]. OuluREPO. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-202202151229>

5.4. Droonien ja digitaalisuuden hyödyntäminen uusien palvelujen kehittämisessä

Drooniteknologian yleistymisen myötä on niiden käyttö luonut uusia liiketoimintamahdollisuuksia älykaupunkipalvelujen kehittämisen piirissä. Yhtenä kiinteänä toimintatapana voidaan mainita startup – toiminta, joka on yksi tapa luoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia, tuotteita sekä palveluja. Oulussa toimii aktiivisesti Oulu Entrepreneur Society (Oulu ES), joka on opiskelijoiden ylläpitämä järjestö. Tämä yhteisö järjestää itsenäisesti startup weekend, sekä hackathon tyyppisiä tapahtumia ympäri vuoden. Lisäksi Business Asema / OIA – yhteistyöryhmä yhteistyössä Oulun ammattikorkeakoulun kanssa kehittää startup- toimintaa ja järjestää vuosittain useita Startup Weekend ja hackathon tyyppisiä tapahtumia.

Metacity Oulu – kaupunkimallin kehityksen puitteissa järjestettiin hackathon “Future Smart Cities and Digital Innovations”, joka toi yhteen opiskelijoita ja yrityksiä ideoimaan sekä tuottamaan liiketoimintaideoita älykaupunkikehitys kontekstissa.

Tulokset ja tulevaisuus

Hackathonissa kolme tiimiä kilpaili hyvinvointialan, sähköistetyn ja automatisoidun liikennesovelluksen sekä kiinteistöhuollon parissa. Ensimmäinen tiimi kehitti alustaa älykkäille henkilöiden kuljetuspalveluille. Toinen tiimi kehitti sovelluksen, joka yhdistää yhteen Oulun kaupungin tapahtumat ja menot tarjoten helppokäyttöisen, tekoälypohjaisen hakupalvelusovelluksen. Sovellus tuo ihmiset ja yhteisöt yhteen tarjoamalla kattavan näkymän siihen, mitä Oulussa tapahtuu. Kolmas tiimi kehitti ennakoivaan kiinteistöjen kunnossapitoon keskittyviä palveluita hyödyntäen drooneilla kerättyä dataa ja saatavaa analyysiä kerätystä datasta.

Tämä tapahtuma osoitti, että hackathon on käyttökelpoinen tilaisuus ideoida uusia palveluja ja tuotteita. Joskin tämänkaltainen hanke toimii vain startup ideointiin ja varsinainen kehitystyö jää tehtäväksi hankkeen ulkopuolella.

6. MetaCityn digitaalisten palveluiden vastaanottamisen kypsyysmalli

6.1. Alueiden digitaalisten palveluiden vastaanottamisen kypsyysmalli

Kypsyysmallitarkastelun tavoitteena on ollut selvittää, kuinka erilaiset alueet ovat kyvykkäitä ottamaan käyttöön digitaalisia palveluita. Tarkastelu tarjoaa mielenkiintoisen näkökulman sekä alueiden kehittämiseen, että digitaalisten palveluiden kehittämiseen. Digitaalisten palveluiden näkökulmasta voi olla tärkeä arvioida eri alueita siitä näkökulmasta, missä niistä voisi olla eniten liiketaloudellista potentiaalia panostusta kohti. Tätä näkökulmaa hyödyntäen on mahdollista suunnitella esimerkiksi käyttöönottojen järjestystä, eli missä vaiheessa mikäkin alue voisi tulla digitaalisen palvelun piiriin. Alueiden yksilöllisten piirteiden kautta voi mahdollisesti havaita, miksi jotkut palvelut onnistuvat ja toiset epäonnistuvat.

Aluekehityksen kannalta on mielenkiintoista arvioida, miten alueita voisi kehittää ja millaisia kyvykkyyksiä uusiin digitaalisiin palveluihin on. Millaiset ominaisuudet alueella on, jotka voisivat haitata tai jopa estää uusien palveluiden käyttöönoton?

MetaCity Oulu -projektissa on kehitetty kypsyysmallia alueiden digitaalisten palveluiden vastaanottamiseen. Malli perustuu pohjimmiltaan Lordimas-malliin,¹⁷⁰ joka on tuttu Oulun kaupungille muusta käytöstä. Lordimas-malli keskittyy organisaatioiden kyvykkyyteen ottaa vastaan digitaalisia palveluita, joten se on osittain limittäinen alueiden kyvykkyyteen, koska julkisorganisaatioiden rooli alueilla on merkittävä. Malli on kehitetty itsearvioinniksi substanssiosaajien täytettäväksi eikä sen käyttöön tarvita fasilitoijaa. Malli jakautuu kahdeksaan osa-alueeseen ja ne sisältävät noin 5–10 alikohtaa. Alikohdat arvioidaan viisiportaisella asteikolla, josta muodostuu myös tulos.

Motivaatio mallin käytölle on ajateltu sisäiseksi, jolloin alue ja digitaalinen palvelu määritellään siinä kohtaa tarpeen mukaiseksi. Mallia on kehitetty mm. MM4DS, MMCS, SmartCities4All -mallien sisältöjen avulla. Teemoina on tulleet muun muassa datan jakamisen kyvykkyys, kaupunkisuunnittelu.

Koko kypsyysmallia ei ole välttämättä tarve hyödyntää vaan sitä voi käyttää soveltuvin kohdin. Eri alueiden kyvykkyyksien tulokset itsessään eivät ole vertailukelpoisia, mutta suuntaa antavia ne ovat.

Kypsyysmallin kahdeksan osa-aluetta ovat seuraavat:

- Hallinto (Governance) - Moduuli selventää alueen hallinnon ja muiden vaikuttajatahojen valtaa alueella.
- Palvelusuunnittelu (Service Design) - Moduuli selventää digitaalisen palvelun suunnittelun kypsyyttä ja miten innovaatioekosysteemi on mukana suunnittelussa, käyttöönotossa jne.

¹⁷⁰ https://gis-portal.espon.eu/arcgis/apps/experiencebuilder/experience/?id=975e0dd3bcf84aa9810f0f5b5f7b9b65&page=Dashboard&views=2-Benchmark%2Cview_73%2Cview_63%2CLORDIMAS

- Datan hallinta (Data Management) - Datan hallinnan moduuli selventää miten dataa hallitaan, jaetaanko sitä, onko sitä jalostettu jne.
- Kaupunkisuunnittelu (Urban Design and Planning - Moduuli tarkastelee kaupunkisuunnittelun tasoa, millaisessa käytössä alue on, millaista asujamistoa ja vierailijoita siellä on jne.
- Yhteensopivuus (Interoperability) - Moduulissa käydään läpi palvelun ja alueen infrastruktuurin yhteensopivuutta ja onko näitä asioita suunniteltu.
- Palveluiden saatavuus (Service Delivery) - Moduuli tarkastelee, kuinka palveluun pääsee mukaan ja onko inklusiivisuutta otettu huomioon.
- Teknologia (Technology) - Teknologiamoduuli selventää erilaisten toteutusteknologioiden merkitystä.
- Verkosto (Networking) - Moduuli selventää miten eri tahot tekevät yhteistyötä alueella ja alueen ulkopuolella.

Kypsyysmalli on tärkeä osa MetaCity kaupunkisuunnittelumallin implementointiprosessia. Kaupunkisuunnittelun näkökulmasta digitaalista kypsyyttä voidaan lisäksi arvioida esimerkiksi alla olevan kaavion (Kuva 45) teemojen mukaisesti.

	Not at all	Low level	Notably	Significantly	High level
[Land use] have how much of the land use is for	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a. housing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. summer homes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. commercial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. public services (schools, day care centre, health care centre)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. industry, energy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. green areas (parks, nearby forests)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. public areas (roads, streets, sports fields, squares etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. other	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[Land ownership] how much of the land is	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a. owned by the community/city	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. leased by the community/city	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. owned by the private sector (including state, church, private landowners)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[Amount of people visiting the area] how many of the people staying in the area are *	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a. local residents	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. visitors (customers, employees, students)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. tourists	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[Digital services] have been taken into account in the planning of the area. *	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

[Digital services] have been taken into account in the infrastructure of the area. *	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[Digital services] area has potential of becoming a smart city.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[Density of inhabitants] have how much of residential density? *	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[Planning symbols and ordinances] does the local general plan have planning symbols and ordinances for digital services. *	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[Planning symbols and ordinances] does the local detailed plan have planning symbols and ordinances for digital services. *	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[Providers of digital services] how attractive is the area to providers of the digital services? *	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
[Producers of digital services] how attractive is the area to producers of the digital services? *	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kuva 45. Kypsyysmallin keskeisiä teemoja¹⁷¹

¹⁷¹ [LORDIMAS: A digital maturity assessment tool for regions and cities | data.europa.eu](https://data.europa.eu)

6.2. Data Space for Smart and Sustainable Cities and Communities eli DS4SSCC-arviointi

DS4SSCC-konseptissa on kehitetty monipuolisia toimintamalleja ja kyvykkyyden arviointia tukevia kysymyksiä. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 9) olevat kysymykset ovat harkittavissa myös MetaCityn kaupunkisuunnittelumallin tueksi.

Taulukko 9. Data Cooperation Canvas, mukailtu (alkuperäinen: <https://inventory.ds4sscc.eu/multi-stakeholder-governance/developing-multi-stakeholder>)

Guiding questions to fill the Data Cooperation Canvas	
Why?	<p>What is the purpose of the data exchange?</p> <p>What are the outcomes envisioned for the data exchange?</p> <p>What is the scope of the data exchange? What is out of scope?</p> <p>What is the context that creates the opportunity/necessity for data exchange?</p> <p>Why will this data exchange succeed? What is the added value for participants?</p> <p>What is the motivation for the key partners to join the data exchange?</p>
Who?	<p>Who will be the partners in the initiative? How (much) would they contribute?</p> <p>Who will be interested in / able to participate? How many participants will the exchange have? What are the “dream participants”?</p> <p>Are there other organisations that also want to share the same kind of data?</p> <p>What key roles are needed to sustain the cooperation? What rights and responsibilities are associated with these roles?</p> <p>What will be the data intermediary organisation (if any)?</p>
What?	<p>What types of data will the data exchange involve?</p> <p>What organisation will share what data when?</p> <p>What is the provenance/source of the datasets?</p> <p>What is the data quality (e.g., format, standards, etc)?</p> <p>What organisational resources are required for this data cooperation? What resources are available already? What needs to be done to get all required resources?</p> <p>What steps are performed as a shared process in the data exchange? What steps are done individually? How can the data be uniformed/standardised/combined?</p> <p>What shared concepts, languages, formats, or methods can be used? What data standards & formats are used or need to be used?</p> <p>What technical concepts or models need to be in place for the data exchange. What MIMs are implemented and how are they implemented?</p> <p>What technical infrastructure is needed for the data exchange?</p>
How?	<p>What will the long-term business model of the exchange look like?</p> <p>How should the value created be distributed?</p> <p>What are the costs of the data exchange? Who is paying? What are the revenues? Who is profiting? What compensation, fees or other financials are needed?</p> <p>How are decisions made?</p> <p>What operational processes/ mechanisms should be in place? (e.g., monitoring, accountability, certification, clearance, conflict resolution, termination, etc.)</p> <p>What are the most appropriate contractual agreements?</p> <p>What are the relevant local/national/European frameworks to consider?</p> <p>How will the data exchange be implemented and sustained over time?</p>

7. MetaCityn kaupunkisuunnittelumalli

Gholami et al. (2022) mukaan kaupungin digitaalinen kaksonen (City Digital Twin/ Urban Digital Twin) on sarja erilaisia toimintoja varten koottuja digitaalisia kaksosia.¹⁷² Tiedon avoimuus vaikuttaa merkittävästi siihen, minkälainen toimintamalli MetaCityn keskeisille palvelulupauksille voidaan rakentaa, ja siihen tarvitsee MetaCity digitaalisen kaksosen toimiakseen tavoitellulla tavalla.

MetaCityn kaupunkisuunnittelumalli ei voi olla pelkästään maankäytön suunnittelun tietomallipohjaisen kaavoituksen kehittämistä, vaan sen täytyy mahdollistaa seuraavat palvelulupaukseen liittyvät vaiheet:

- tarvittavan tiedon kerääminen (data)
- tiedon analysointi ja oppiminen
- tiedon validointi
- päätöksen teko kerätyn tiedon pohjalta.

7.1. MetaCityssä tunnistetut digitaaliset laitteet sekä niiden hyödynnettävyys

MetaCity Oulu -konsepti hyödyntää ainakin alkuvaiheessa pääasiassa Teknologia kylä-Linnanmaa-Kaijonharju-alueella olevia merkittäviä testaus-, kokeilu- ja pilottiympäristöjä ja infrastruktuuria elävässä rakennetussa kaupunkiympäristössä. Näistä esimerkkejä:

- Tulevaisuuden tietoverkot: 6G Flagship¹⁷³ ja 5G testiverkot¹⁷⁴
- Smart Campus-hanke¹⁷⁵
- Datanhallinnan infrastruktuuri (Oulu Data Space¹⁷⁶)
- Tulevaisuuden liikkuminen: Autonomiset ajoneuvot ja työkonet, liikenteen digitalisaatio ja sähköistyminen, etäohjattavat ja älykkäät liikenteenohjausjärjestelmät
- Pysäköinnin infrastruktuurit alueen toimijoilla: Yliopisto, OAMK, VTT, Technopolis, K- & S-marketit, koulut, asunto-osakeyhtiöt, suuret yritykset (Nokia, Bittium).
- Drooni-kehitystoiminta ja -testialueet, muun muassa Arctic Drone Labs¹⁷⁷ ja Linnanmaan alueen drooni testaustoiminta
- Painettava äly ja elektroniikka

MetaCity -mallissa tulevaisuudessa palveluiden toteuttaminen ja niiden käyttäminen perustuu tavanomaisten digitaalisten palveluiden ja käyttöliittymien lisäksi ainakin osittain sosiaalisten verkostojen ja virtuaalisten pelien tuomiin käyttötapoihin, joissa sovelletaan immersivisiä teknologioita, jotka perustuvat palveluympäristöjen digitaaliseen 3D-mallintamiseen ja niiden käyttämiseen tavanomaisten päätelaitteiden lisäksi myös virtuaali- tai AR-laseilla. Käyttökokemus voi olla vuorovaikutteinen: käyttäjä voi esimerkiksi liikkua virtuaalisesti

¹⁷² Gholami, Mansoureh ; Torreggiani, Daniele ; Tassinari, Patrizia ; Barbaresi, Alberto (2022). Developing a 3D City Digital Twin: Enhancing Walkability through a Green Pedestrian Network (GPN) in the City of Imola, Italy. Julkaisussa: Land (Basel) 2022-11, Vol.11 (11), p.1917. <https://doi.org/10.3390/land11111917> haettu 24.1.2025

¹⁷³ [6G Flagship – More than wireless](#)

¹⁷⁴¹⁷⁴ [5GTN caters for the most demanding needs for 5G trials - 5GTN](#)

¹⁷⁵ [smartcampus.fi](#)

¹⁷⁶¹⁷⁶ [Oulu Data Spaces](#)

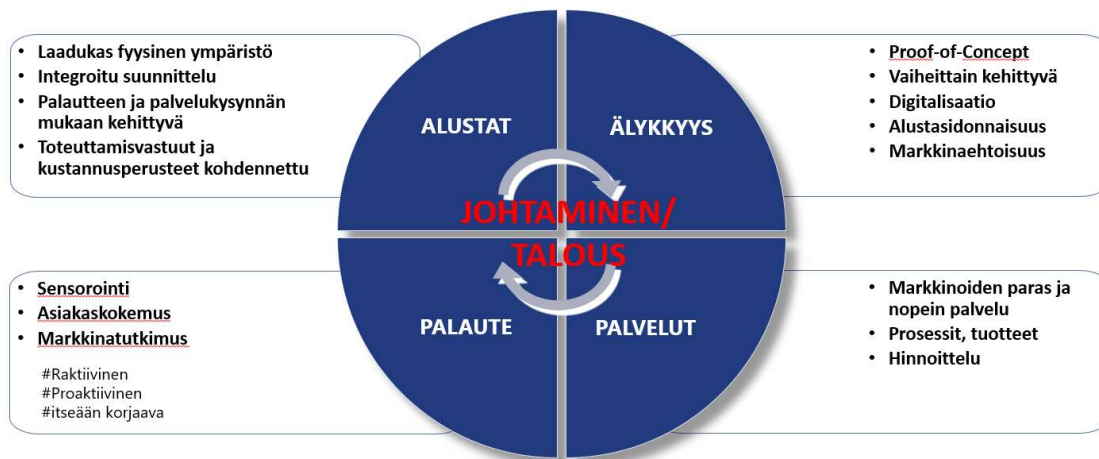
¹⁷⁷ [Arctic Drone Labs](#)

mallinnetussa MetaCity -ympäristössä ja saada tietoa kuhunkin paikkaan ja aikaan sidotuista palveluista. Tarkoitus olisi, että MetaCity-palvelu toimii helppokäyttöisenä intuitiivisena käyttöliittymänä julkisille ja kaupallisille palveluille. Erilaisten palveluiden toteuttaminen yhteisen alustan avulla mahdollistaa palveluiden joustavan integroimisen palveluketjuiksi. Laajemmin ajateltuna, MetaCityn kehittämisessä otetaan mallia internetin seuraavasta versiosta (Web 3.0), joka vaatii edellä mainitun 3D-mallintamisen ja käyttöliittymäteknologioiden lisäksi niitä tukevat tiedonsiirron ja -käsittelyn infrastruktuurit.

MetaCityn toteuttaminen ja siihen tähtäävien Proof-of-Concept (PoC) -kokeilujen teknologia tulee paljolti pohjautumaan paitsi itse toimintaympäristön 3D-mallinnukseen, myös siihen liittyvien datalähteiden sisällyttämiseen osaksi MetaCity -mallia.

7.2. MetaCityn osaprosessit kaupunkisuunnittelun kontekstissa

Palvelukehitys vaatii määritellyt raamit tuottaakseen laadukkaita ja vetovoimaisia palveluita. MetaCity -konseptissa raamin on määritetty koostuvan seuraavasti: 1) Alustat, 2) Älykkyys, 3) Palvelut ja 4) Palaute.



Kuva 46. Palvelukehitysmallin raamit.

Alusta

Alustaan sisältyy fyysinen ympäristö, jota kehittyi suunnittelun, palvelukysynnän ja palautteen mukaan. Toimijoiden vastuut on määritelty selkeästi ja kustannuksia seurataan tarkasti.

Älykkyys

Palveluita kehitetään erilaisilla PoC-kokeiluilla digitalisaatiota hyödyntäen. Palvelut jalostuvat älykkäämmiksi eri kehitysvaiheiden kautta. Kehitys perustuu markkinoiden tarjontaan ja kysyntään.

Palvelut

Palveluiden on oltava laadukkaita, käyttäjiä kiinnostavia ja niiden tuotannon on oltava kustannustehokasta, jotta niillä olisi edellytykset menestyä.

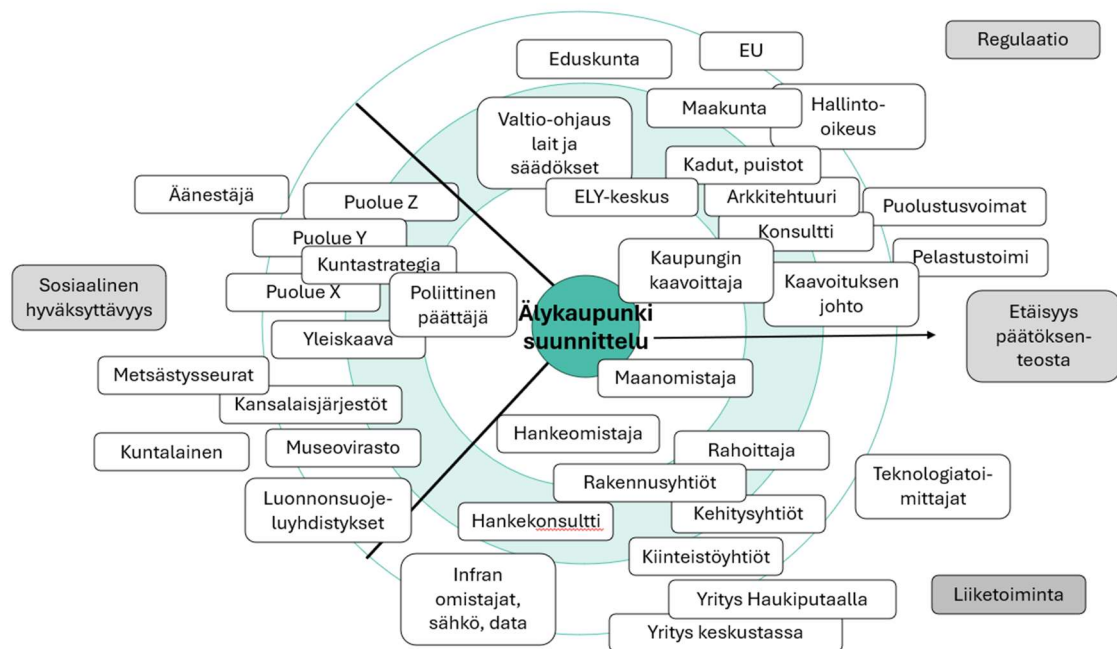
Palaute

Palveluista saatavaa palautetta seurataan ja siihen reagoidaan korjaavilla toimenpiteillä. Tämän ohella on huolehdittava jatkuvasta palvelukehityksestä muutoinkin.

7.3. Älykaupunkisuunnittelun toimija-analyysi

Suunnittelun alussa on tärkeää, että kaupunkisuunnittelu perustuu ihmisten ja toimijoiden realistisiin odotuksiin ja huomioi keskeiset sidosryhmät niiden todellisen merkityksen mukaisesti. Sidosryhmiä on erittäin paljon, ja niiden vaatimukset ovat usein ristiriitaisia, joten ratkaisujen etsiminen johtaa väistämättä kompromisseihin. Jonkun pitää päättää mitä tehdään ja mitä ei. Kaikkein toiveita ei voi toteuttaa.

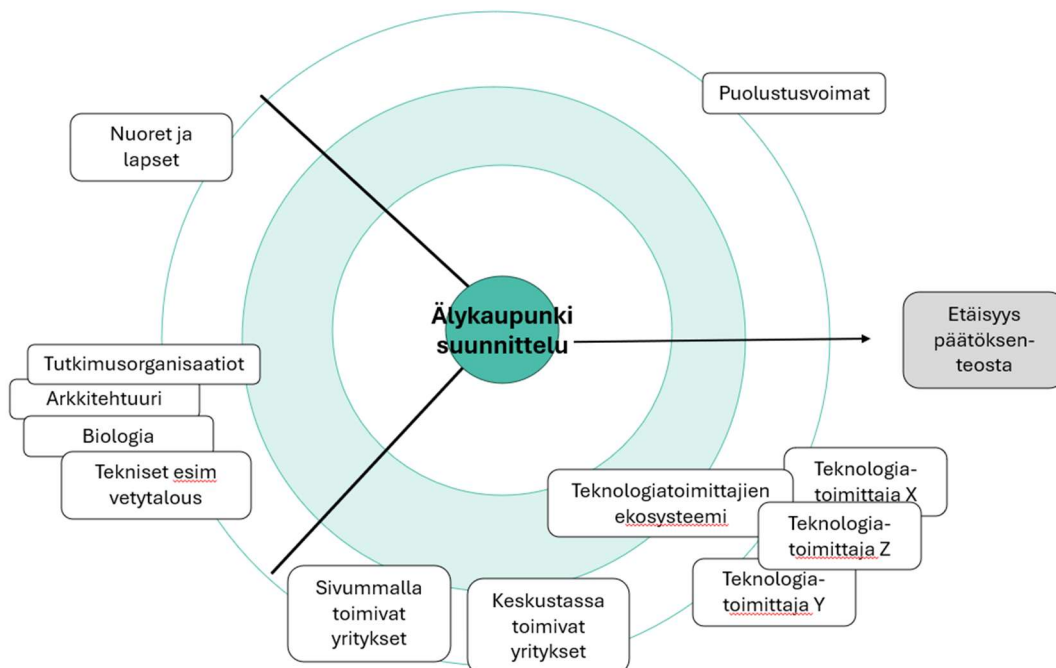
Tässä dokumentissa lähtökohtana oli toimija-analyysi: haastattelujen avulla selvitettiin, mitkä toimijat tällä hetkellä osallistuvat kaupunkisuunnitteluun, ja keitä olisi myös ehkä syytä ottaa suunnitteluun mukaan erityisesti älykaupunkikehityksen myötä. Tehtyihin haastatteluihin osallistui yhdeksän tahoa, jotka edustavat kattavasti yrityksiä, virallisia suunnitteluorganisaatioita, poliittisia puolueita sekä MetaCity-alueen toimijoita. Kuva 47 esittelee nykyiset kaupunkisuunnittelun sidosryhmät.



Kuva 47. Nykyiset kaupunkisuunnittelun sidosryhmät, joita kuullaan suunnittelussa.

Sidosryhmät on kuvassa jaettu kolmeen ryhmään hahmottamisen helpottamiseksi: sosiaalinen hyväksyttävyyttä, regulaatio ja liiketoiminta. Kuvan keskeinen viesti on, että sidosryhmiä on hyvin paljon, eikä kaikkien painoarvo voi olla sama. Lain mukaan kuitenkin kaikilla kansalaisilla on periaatteessa sananvaltaa suunnittelua tehdessä. Lisäksi teoria sidosryhmäjohtamisesta korostaa, että kaikkia sidosryhmiä pitäisi jollain tavalla ohjata tai hallita. Esimerkiksi kaavoitukseen liittyvä valitusoikeus antaa vahvan vaikutusmahdollisuuden, jos jokin ryhmä kokee, ettei heidän näkökulmaansa ole huomioitu riittävästi tai jopa lainkaan. Valitusoikeus ja kyky pysäyttää kaavoitus on erittäin vahva ase.

Haastattelussa selvitettiin lisäksi, ketkä jäävät nykyisin älykaupunkikehityksessä kuulematta, mutta joiden ääni olisi tärkeää ottaa mukaan. Kuva 48 esittelee nämä tunnistetut sidosryhmät.



Kuva 48. Ehdotetut uudet sidosryhmät, joita tulisi kuulla.

Kuvasta voidaan tunnistaa neljä keskeistä nykyisin huonosti kuultua sidosryhmää: nuoret ja lapset, tutkimusmaailman tuottama tieto, alueen yritykset eri intresseineen ja teknologiatoimittajat. Erityisesti tietoon perustuva suunnittelu on vahva vaatimus onnistuneelle älykaupunkikehitykselle, ja siksi tutkimusorganisaatioiden tuottama tieto ja päättäjien tietoon perustuva osaaminen, nousevat tärkeiksi tekijöiksi älykaupunkien onnistuneessa suunnittelutyössä.

Jonkun pitää ohjata älykaupunkikehitystä näiltä uusilta ehdotetuilta, ja aiemmin jo mainituilta vakiintuneilta sidosryhmiltä saadun tiedon ja vaatimusten mukaan. Jos ohjaus ei pysy vahvasti julkisten toimijoiden käsissä, vaarana on esimerkiksi teknologiatoimittajien ohjaama kehitys, joka ei välttämättä ole toivottua. Oletus on, että oma erillinen kehitysyksikkö tarvitaan ohjaamaan tätä älykaupunkikehitystä, kuitenkin siten, että se on tiukasti integroitu muuhun julkisen sektorin toimintaan, eikä toimi erillisessä todellisuudessa.

Kaupunkisuunnittelun sidosryhmät määräytyvät pitkälti lakien ja säädösten perusteella. Kuten aiemmin tässä dokumentissa todettiin, regulaatio ohjaa väistämättä kaavoitusta ja kaupunkisuunnittelua, siten myös älykaupunkisuunnittelua. Jos suunnitteluprosessia halutaan muuttaa, on muutettava myös lakeja ja säädöksiä. Vastaavasti uusien sidosryhmien osallistuttaminen suunnitteluun edellyttää pohdintaa siitä, miten se vaikuttaa nykyisten sidosryhmien painoarvoon.

Kun sidosryhmät ja niiden keskinäiset painoarvot on tunnistettu ja päätetty, voidaan siirtyä sidosryhmien toiveiden ja vaatimusten käsittelyyn, ja siihen miten näiden annetaan ohjata

älykaupunkikehitystä. Hyvä toimija-analyysi ja sen pohjalta tehtävä sidosryhmien vaatimusten tunnistaminen ja priorisointi luovat perustan järkevälle, toimivalle ja kestäväälle toimintamallille. Ilman hyvin tehtyä analyysia ja siihen liittyvää pohdiskelua, vaarana on, että toiminta ei perustu todellisiin tarpeisiin, jolloin lopputuloksena voi olla epäonnistuneita ratkaisuja ja turhia kustannuksia kaikille toimijoille.

7.4. MetaCity -liiketoimintamalli

Liiketoimintamalli tarkoittaa yksinkertaistetusti sitä, mitä tehdään, kenelle, miten ja miten toiminnasta syntyy hyötyä. Yleensä liiketoimintamalli esitetään tiiviinä kirjallisena kuvauksena tai kalvosarjana. Sen avulla yritykset viestivät esimerkiksi rahoittajille toiminnastaan, ja olennaista on kertoa ytimekkäästi ja ymmärrettävästi, mitä tehdään ja miksi se on järkevää. Uskottava viestiminen vaikuttaa esimerkiksi toiminnan saamaan rahoitukseen ja hyväksyntään sidosryhmien parissa.

Selkeästi kuvattu liiketoimintamalli pakottaa pohtimaan keskeisiä kysymyksiä: Mitä oikeastaan tehdäänkään? Mitä hyötyä asiakas saa? Miten omistaja siitä hyötyy? Kuinka toiminta rahoitetaan? Usein tämä suunnittelutyö ja asioiden läpikäynti ja keskustelu on tärkeämpää kuin itse lopullinen dokumentti. Liiketoimintamalli tulisi nähdä iteratiivisena työkaluna, jonka tulisi kehittyä ajan myötä. Sitä voidaan tarkastella esimerkiksi vuosittain ja arvioida, edellyttävätkö ympäristön muutokset liiketoimintamallin päivittämistä.

Tässä työssä tutkijat ovat hyödyntäneet ns. Ash Mauryan Lean Canvas -mallia, joka soveltuu erityisen hyvin startup-yritysten alustavien liiketoimintamallien hahmottamiseen. Tämän mallin ja älykaupunkisuunnittelun välillä on selkeä yhtäläisyys: tapahtuu asioita, joiden luonne ja merkitys ei ole täysin selvä, mutta joihin on silti reagoitava. Ulkopuolelta voi tulla yllättäen suuria muutoksia, jotka horjuttavat koko yrityksen tai älykaupunkihankkeen toimivuutta. Ikään kuin matto vedettäisiin milloin tahansa liiketoimintamallin pohjana olevien oletuksien alta. Kuva 49 esittelee oletuksia Metacity älykaupunki liiketoimintamallin pohdinnan lähtökohdaksi.

Problem <ul style="list-style-type: none"> - Digitaalisuuden hyödyntäminen järjestyksellä - Reaaliaikaista tietoa ympäristöstä → Tiedolla johtaminen - Hallinnollisten prosessien tehostaminen - Kaupunkisuunnittelun prosessi pitäisi muuttua? 	Solution <ul style="list-style-type: none"> - Oma itsenäinen poikkihallinnallinen kehitysorganisaatio älykaupunkikehitykselle - Uusia tapoja tehdä asioita, ei vanhojen digitalisointia, disruptio 	Unique Value Proposition <ul style="list-style-type: none"> - Aika ja paikkariippumattomuus, 24h aukiolevat palvelut kuntalaiselle ja palvelutarjoajalle - Edistyneet palvelut - Alaspäin skaalaaminen palveluissa pienemmille kaupungeille, oppiminen isommalta kunnalta 	Unfair Advantage <ul style="list-style-type: none"> - Kaupungin ylivoimaiset 24h palvelut - Vetovoima yrityksiin ja kuntalaisiin 	Customer Segments <ul style="list-style-type: none"> - Kuntalaiset - Kaupunkihallinto - Yritykset
Key Metrics <ul style="list-style-type: none"> - Uudet kiinnostavat palvelut ja käyttäjien sitoutuminen palveluihin - Kustannuksien hallinta, halvemmalla enemmän ja parempaa 	Channels <ul style="list-style-type: none"> - IT-tekniologian tuomat mahdollisuudet aika-ja paikkariippumatto maan palveluun 	Revenue Streams <ul style="list-style-type: none"> - Alueen yrityksillä kyky tuottaa parempia palveluita ja siten liikevaintoa ja tulosta - Paremmat toimintaedellytykset kuntalainen + yritys - Isompi kunnallisverokertymä ja elinvoimainen alue 	Cost Structure <ul style="list-style-type: none"> - Palvelukehitys + Tuotanto + Hallinto - Syntykö uusia kuluja, vai syntykö uusi tapa tuottaa palvelua, joka on halvempaa kuin vanha tapa toimia. Tätä digitalisaatio on tähän mennessä tarjonnut. 	

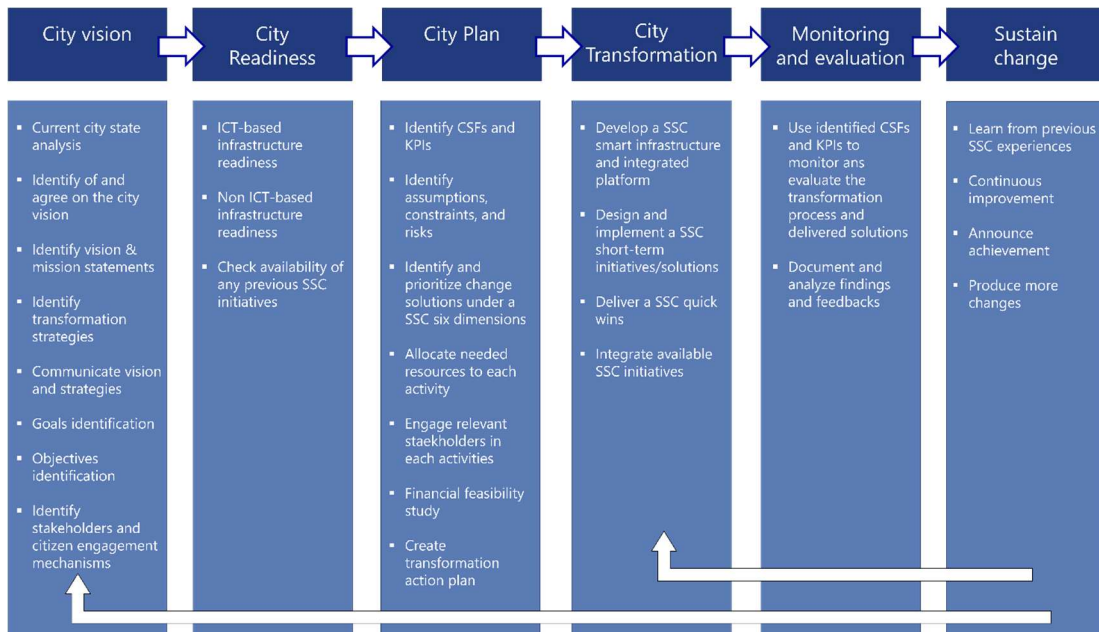
Kuva 49. Ehdotettuja pohjaoletuksia Metacity –liiketoimintamallille

Kuvassa esitetään liiketoimintamallin keskeiset kysymysalueet, joihin tulisi pystyä vastaamaan edes jollain tasolla, vaikka epävarmuutta on paljon. Ei ole ongelma, jos osa oletuksista osoittautuu vääräksi. Itse asiassa koko suunnittelumalli perustuu siihen, että jopa 2/3 alun oletuksista voi osoittautua virheellisiksi.

Siksi ratkaisevaa on organisaation ja toimintakulttuurin kyky reagoida nopeasti muutoksiin ja muokata toimintaansa ulkopuolelta saadun palautteen perusteella (ns. strategic agility). Prosessi etenee vaiheittain: suunnitellaan, tehdään jotain, kokeillaan, epäonnistutaan, kerätään palautetta, muutetaan toimintaa ja kokeillaan uudestaan. Pala palalta rakentaen. On varmaa, että se mitä me nyt kuvittelemme älykaupungiksi, tulee kymmenen vuoden kuluttua näyttämään ihan erilaiselta.

7.5. MetaCity Oulun toimintamalli ja vaiheistamissuunnitelma kaupunkisuunnittelun kontekstissa

MetaCity Oulun kehitys perustuu vahvasti eri toimialoille ja hallinnonaloille kehitettävien innovaatioiden, ratkaisujen ja palveluiden pilotointiin. Pilotointia varten määritellään prosessi, jonka avulla arvioidaan pilotoitavan ratkaisun riittävä kehitysaste, kypsyytensä sekä tarvittavat sidosryhmät, jotta siitä voi syntyä uusi palvelu, sovellus tai menetelmä. Tällaisia kehitysprosesseja on kehitetty ja julkaistu tutkimuskirjallisuudessa. Yksi esimerkki on esitetty alla (Kuva 50)¹⁷⁸.



Kuva 50. Kaupungin kehittyminen kohti kestävämpää toimintaa ja rakennetta (SSC= Smart Sustainable City, CSF= Critical Success Factor, KPI= Key Performance Indicator).

Pilotit voivat olla valmiita kaupallisia tai tuotekehityksen loppuvaiheessa olevia tuotteita ja palveluita. Pilotit voivat olla myös tutkimusinnovaatioita, joille tarvitaan kokeiluympäristö. Tavoitteena on, että pilottien jälkeen ratkaisuista ja palveluista syntyy älykaupungin uusia palveluita asukkaille tai ne voivat olla uusia hallinnollisia sovelluksia ja menetelmiä. Pilotointia

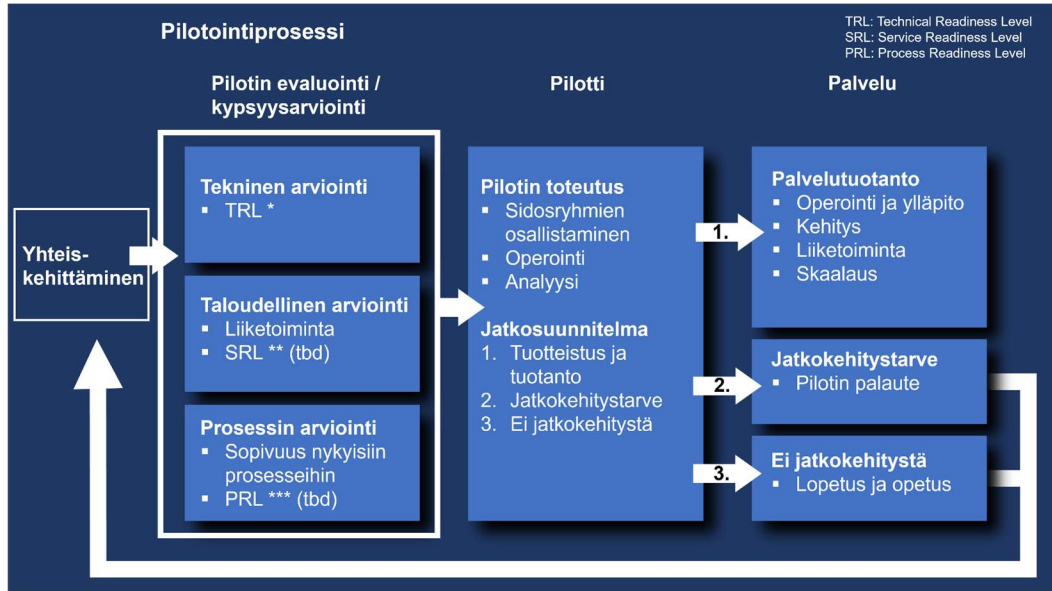
¹⁷⁸ Ibrahim M., A. El-Zaart, and C. Adams, "Smart sustainable cities roadmap: readiness for transformation towards urban sustainability", Sustainable Cities and Society 37 (2018) 530-540.

varten on määritelty prosessi, jonka avulla pyritään määrittämään ratkaisun tai palvelun riittävä kehitysaste ja kypsyys, jotta siitä voi syntyä uusi palvelu, sovellus tai menetelmä.

Pilotoinnin tarve syntyy, kun kehitetyn innovaation toimintaa halutaan kokeilla todellisessa ympäristössä. Pilottia suunniteltaessa on suoritettava tekninen arviointi sille miten pitkälle innovaation taustalla oleva teknologia on kehitetty. Jotta palvelu olisi laadukas, täytyy myös teknisen tason olla riittävän korkea. Kypsyysastetta voidaan mitata Technical Readiness Level (TRL) -asteikolla. Kuten palvelukehitysmallin yhteydessä todettiin, on palvelua kehitettäessä pidettävä huoli kustannuksista, jotta palvelun tuottaminen olisi sen osapuolille kannattavaa.

Taloudelliseen arviointiin olisi hyvä sisältyä esim. tuotteistussuunnitelma, sidosryhmämäärittely, liiketoimintasuunnitelma ja skaalattavuus. MetaCity -konseptin kehityksessä on lisäksi pohdittu palvelun kypsyyden määrittämistä vastaavasti kuin teknologian kypsyyttä (Service Readiness Level, SRL). Tämä on esitetty tarkemmin kappaleessa 9. 'MetaCityn digitaalisten palveluiden vastaanottamisen kypsyyssmalli'.

Pilottia suunniteltaessa on huomioitava myös palvelun sovittaminen olemassa oleviin prosesseihin. Mikäli palvelutuotanto vaatii kehitettäväksi uuden prosessin, se voi olla merkittävä kustannustekijä. Edellä mainitut kolme osa-aluetta on selvitettävä huolellisesti ennen pilotin käynnistämistä. Menestyksellisen pilotin pitäisi ihanteellisessa tapauksessa päättyä tavoitteena olleen palvelun tuotantoon. Epäonnistuneiden pilottien osalta puolestaan päätetään, jatketaanko palvelun kehittämistä vai suunnataanko resurssit muualle. Alla olevassa kuvassa on esitetty pilotointiprosessi (Kuva 51)¹⁷⁹.



Kuva 51. Pilotointiprosessi

¹⁷⁹ Bräysy T, R. Jurva, J. Jutila, and T. Outila, "MetaCity-selvitystyö", OIA Tulevaisuuden Tietoverkot -hankeraportti, 2022

Varsinainen pilotointi sisältää seuraavat vaiheet: 1) Evaluointi 2) Toteutus 3) Palvelu tai jatkokehitys. Näistä kerrotaan tarkemmin seuraavaksi.

Pilotin evaluointi

Pilotin evaluoinnissa kiinnitetään huomiota innovaation tekniseen valmiustasoon. Tässä voidaan käyttää Technology Readiness Level (TRL) -menetelmää, joka on yhdeksäntasoinen arviointi kehitettävän ratkaisun kypsyydestä. Lisäksi arvioidaan ratkaisun skaalattavuutta eli kuinka helposti ratkaisu voidaan ottaa käyttöön yhä laajemmin tai yhä useampien tahojen toimesta, mikäli kiinnostus kasvaa nopeasti. Toimija-analysissa määritellään ne tahot rooleineen ja vastuineen, jotka tarvitaan tuotteen tai ratkaisun markkinoille tuomiseksi, sen operoimiseksi ja edelleen kehittämiseksi. Toimijoita voivat olla esim. yritykset, julkiset organisaatiot ja viranomaiset. Innovaatiolle on oltava myös tuotteistamissuunnitelma eli kuinka se määritellään kokonaisuudeksi, jota on helppo myydä ymmärrettävästi. Liiketoimintasuunnitelmaan kuuluu karkeasti arvio markkinoille viennistä syntyvistä kustannuksista ja innovaation tuottamista tuloista. Vaikutusten arviointiin tarvitaan lähtökohtaa esimerkiksi kaupunkisuunnittelussa käytettävistä menetelmistä.

Pilotin toteutus

Toteutusvaiheessa tuotetta tai ratkaisua käytetään koeympäristössä siten, kuin sitä on tarkoitus hyödyntää liiketoiminnassa. Kaikkien niiden toimijoiden, jotka tarvitaan myöhemmässä operatiivisessa vaiheessa, on osallistuttava pilottiin määritellyssä roolissaan.

Älykaupunkipalvelu

Mikäli pilotti hyväksyntään tuotannolliseen vaiheeseen, aiemmin määritellyt toimijat alkavat operoida tuotetta, palvelua tai ratkaisua suunnitelman mukaisesti ja innovaatio synnyttää uutta liiketoimintaa.

Jatkokehitys

Mikäli pilottivaiheen jatkosuunnitelmassa päädytään siihen, että innovaatiossa on potentiaalia mutta se ei vielä täytä annettuja kriteerejä, se palautetaan tutkimusryhmälle tai yrityksen tuotekehitysyksikölle jatkokehitystä varten. Tällöin on myös varmistettava käytettävissä oleva rahoitus.

Ei jatkokehitystä

Pilottivaiheen analyysissa voidaan myös todeta, että innovaation liiketoimintapotentiaali tai muut sille asetetut tavoitteet, eivät ole odotetun mukaisia, jolloin voidaan tehdä päätös tutkimuksen tai tuotekehityshankkeen lakkauttamisesta. Myös tällöin on hyvä analysoida pilotin tulokset huolellisesti.

8. Johtopäätökset ja suositukset

MetaCity Oulu -hankkeen (2023–2025) tavoitteena oli selvittää, miten älykaupunkikehitys voidaan integroida osaksi suomalaista kaupunkisuunnittelua. Kehityksen tulisi olla enemmän kuin kaavoituksen digitalisaatiota, ja sen vuoksi tässä raportissa on selvitetty MetaCity -kaupunkimallin rakentamisen periaatteellisia ratkaisuja ja mahdollisuuksia. Kehitys perustuu suurelta osin tietomallimuotoiseen kaavoitukseen, ja sille tulisi määritellä datan spatiaalinen ulottuvuus ja datan liittyminen kansalliseen kaavatietomalliin ja koodistoon.

EU:n datastrategia, datasäädös, tekoälyasetus ja GDPR muodostavat MetaCityn datankäytön reunaehdot. Samaan aikaan suomalainen lainsäädäntö – RYHTI-järjestelmä, alueidenkäyttölaki ja Katja-asetus – uudistaa kaavoituksen tietomallipohjaiseksi ja koneluettavaksi.

Tietomallimuotoinen kaavoitus ja CityGML/IFC-pohjaiset 3D-mallit mahdollistavat sensoridatan, simulaatioiden ja digitaalisten kaksosten integroinnin päätöksentekoon. Niiden avulla voidaan tarkastella esimerkiksi liikenteen, rakentamisen, energian ja kaupunkipalvelujen vaikutuksia reaaliaikaisesti. Oulussa tuotetaan avointa dataa ja tiedon omistus, avoimuus, laatu ja siirrettävyys vaativat selkeää hallintamallia. Hankkeessa pilotoidulla Data-avaruudella (Oulu Dataspace) voitaisiin luoda turvallisia ja luotettavia datan vaihdon prosesseja.

”MetaCity on maan alla, maanpäällä ja ilmatilassa oleva älykkäiden palvelujen kokonaisuus, joka voidaan maankäytön keinoin integroida rakennetun ympäristön suunnitteluun, vaikutusten arviointiin ja toteutukseen.”

Digitaalinen kaksonen on kaupunkimallia kehittyneempi ja siihen sisältyy datalähteet, datankäsittely ja visualisointi. Haasteena voi kuitenkin olla skaalautuminen. Kansainvälisesti verrattuna Suomessa ollaan vielä varhaisessa kehitysvaiheessa eivätkä digitaaliset kaksoset ole välttämättä saavutettavia pienemmille kunnille ja kaupungeille. Tehokkaimmillaan ne ovat alueellisesti rajattuina, mutta tällöinkin skaalautuvuus on haastavaa. Suomessa ei ole toistaiseksi suunnitelmallista keinoa, miten sensorien tuottamaa tietoa sidotaan maankäytön prosesseihin.

Linnanmaan alue toimi kokeilualustana, jossa tutkittiin 3D-kaupunkimallien, digitaalisten kaksosten, data-avaruuksien, sensoriverkkojen sekä uuden EU- ja kansallisen sääntelyn vaikutusta kaupunkikehitykseen. Hanke osoittaa, että älykaupunkien onnistuminen edellyttää kolmea perusta: 1) Tietoon perustuva kaupunkisuunnittelu (data, rajapinnat, yhteentoimivuus), 2) Moderni digitaalinen infrastruktuuri (5G/6G-verkot, sensorointi, digitaaliset kaksoset), 3) Uudet toimintamallit ja hankintakäytännöt, jotka mahdollistavat ketterän kehittämisen julkisella sektorilla.

Raportti osoittaa, että nykyinen hankintalaki ei sovellu ketteriin ohjelmisto- ja järjestelmähankintoihin, koska määrittelyvaatimukset ovat jäykkiä ja ne eivät sovellu iteratiivisiin IT-projekteihin. Lisäksi hankintaosaamisessa on kehitystarpeita.

MetaCity on maan alla, maanpäällä ja ilmatilassa oleva älykkäiden palvelujen kokonaisuus, joka voidaan maankäytön keinoin integroida rakennetun ympäristön suunnitteluun, vaikutusten arviointiin ja toteutukseen. Tietomallimuotoinen kaavoitus on askel tätä kohti, joskin se askel jää ottamatta, ellei tuotettu data ole osa maankäytön suunnittelua ja tuotettavan aineiston sisältöä.

MetaCity Oulu -hankkeen ehdotukset:

Data ja yhteentoimivuus

- Ylläpidä ajantasainen kaupungin datastrategia, joka huomioi EU-sääntelyn ja kansalliset velvoitteet.
- Laajenna data-avaruuden käyttöä kaupungin palveluissa ja hankkeissa.
- Aseta yhteentoimivat rajapinnat ja koodistot osaksi kaikkia uusia järjestelmiä.

Digitaaliset kaksoset

- Hyödynnä digitaalisia kaksosia päätöksenteossa ja infrastruktuurisuunnittelussa esim. osa-alueittain: liikenne, energiatehokkuus, maankäytön muutosten vaikutusanalyysit.
- Varmista jatkuva tiedon kalibrointi ja laadunhallinta.

Hankintakäytännöt

- Hyödynnä neuvottelumenettelyä, innovaatiokumppanuutta ja avoimia standardeja.
- Vahvista hankintaosaamista erityisesti ohjelmistojen ja alustojen hankinnassa.
- Käynnistä kansallinen keskustelu hankintalain modernisoinnista älykaupunkeja tukevaksi.

Kehitysyksikkö

- Poikkihallinnollinen kehitysyksikkö digitalisaation edistämiseen palvelukehityksessä.
- Yhteensovittaminen: kaupunkisuunnittelu, infra, data, digitalisaatio ja tutkimusyhteistyö.
- Varmistaa pilotoinnin, skaalauksen ja jatkuvan kehityksen.

Digitaalinen infrastruktuuri

- Suunnittele sensorien, tukiasemien, datakaapeleiden ja liikenneinfran sijoittaminen osana kaavoitusta.
- Mallinna digitaalinen infrastruktuuri 3D-malliin ja simulointien avulla.

Varmista ihmislähtöinen ja osallistava älykaupunkikehitys

- Hyödynnä 3D- ja XR-visualisointeja asukasosallistamisessa.
- Rakenna datapohjaiset palvelut, jotka tukevat saavutettavuutta, läpinäkyvyyttä ja käyttäjäkokemusta.

Johtopäätökset

MetaCity Oulu – hankkeen kokemukset osoittavat, että älykaupunkien seuraava kehitysaskel voisi olla tietomallipohjaisen suunnittelun, digitaalisen infrastruktuurin ja dataan pohjautuvan päätöksenteon yhdistäminen.

Menestyvä älykaupunki tarvitsee:

- kunnianhimoisen datastrategian
- vahvan sääntelyosaamisen
- ketterät IT-hankintamallit
- digitaaliset kaksoset osaksi arjen suunnittelua
- jatkuvan yhteistyön julkisen sektorin, yritysten ja tutkimuksen välillä

Oululla on edellytykset toimia älykaupunkikehityksen edelläkävijänä Suomessa ja Euroopassa.



**Oulun yliopisto
Oulun ammattikorkeakoulu
VTT**

2026