

# **Rakennushankkeen mallintaminen rakennetussa ympäristössä**

## **7D-hankkeenohjaus koulutusmateriaali**

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Mikkola, Ville	Julkaisun laji Opinnäytetyö, YAMK	Valmistumisaika 2021
	Sivumäärä 79	
Työn nimi <b>Rakennushankkeen mallintaminen rakennetussa ympäristössä</b> 7D-hankkeenohjaus koulutusmateriaali		
Tutkinto Insinööri (YAMK)		
Ohjaavan opettajan nimi, titteli ja organisaatio Patrik Skogster, lehtori, RYY Rakennus, yhdyskunta ja ympäristö		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Juuso Hämäläinen, Rakennuttajatoimisto Valvontakonsultit Oy		
Tiivistelmä <p>Ympäristö ympärillämme muuttuu kiihtyvää vauhtia ja rakennuksia rakennetaan yhä tiiviimmin. Väestökasvu keskittyy lähinnä suuriin kaupunkeihin ja tämä luo paineita uudentavalle tavalle ajatella ja luoda palvelurakennetta. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin rakennushankkeen mallintamista rakennetussa ympäristössä.</p> <p>Tutkimus on kvalitatiivinen case-tutkimus, jonka tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva siitä, mitä eri asioita tulee ottaa huomioon rakennettaessa haasteelliseen ja tiiviiseen rakennettuun ympäristöön. Tutkimuksessa hyödynnettiin eri lähteitä tutkimuskirjallisuudesta sekä lainsäädännöstä. Tutkimuksessa tarkasteltiin lisäksi Helsingin terveyden ja hyvinvointikeskuksen (THK) rakennuskohdetta Case-tyyppisesti, joka on erittäin vaativa ja jopa poikkeuksellinen hanke Suomessa.</p> <p>Tutkimustuloksista saatujen tulosten avulla tuotettiin aiheesta koulutusmateriaali, jonka avulla opinnäytetyön tilaaja voi kouluttaa niin omaa henkilöstöään kuin eri hankkeiden tilaajaorganisaatioita.</p>		
Asiasanat Elinkaari, tietomalli, mallinnus, digitalisaatio, kestävä rakentaminen		

## Abstract

Author(s) Mikkola, Ville	Type of Publication Thesis, MEng	Published 2021
	Number of Pages 79	
Title of Publication <b>Modeling a construction project in a built environment</b> 7D-project management training material		
Name of Degree Engineer (MEng)		
Name, title and organization of the supervising teacher Patrik Skogster, lecturer, CCE, Construction, community ja environment		
Name, title and organization of the client Juuso Hämäläinen, Rakennuttajatoimisto Valvontakonsultit Oy		
Abstract <p>The environment around us is changing at an accelerating pace and buildings are being built more and more densely. Population growth is mainly concentrated in large cities and this creates pressure for a new way of thinking and creating a service structure. In this thesis, the modeling of a construction project in a built environment was studied.</p> <p>The study is a qualitative case study, the aim of which is to form an overall picture of what different issues should be considered when building in a challenging and compact built environment. The research utilized various sources from the research literature and legislation. The study examined the Helsinki THK construction site in the Case type, which is a very demanding and even exceptional project in Finland.</p> <p>With the help of the results obtained from the research results, educational material was produced on the topic, with the help of which the client of the thesis can train both his own staff and the client organization of various projects.</p>		
Keywords Life cycle, data model, modeling, digitalisation, sustainable construction		

## Sisällys

1	Käsitteet .....	1
2	Johdanto.....	2
2.1	Taustaa .....	2
2.2	Työn tavoite ja tarkoitus.....	3
2.3	Työn rajaus ja tutkimuskysymykset.....	4
2.4	Tutkimusmenetelmät ja aineisto.....	5
3	Rakennettu ympäristö.....	7
3.1	Johdanto.....	7
3.2	Kaupungistuminen ja palveluiden läheisyys.....	7
3.3	Digitalisaatio .....	9
3.3.1	Johdanto.....	9
3.3.2	Digitalisaatio kaavoituksessa .....	10
3.3.3	Suunnittelun tekoäly, mallinnus ja digitaalinen kaksonen.....	11
3.3.4	Tietomallipohjainen rakennuslupa.....	12
3.3.5	Digitaalinen rakentaminen ja paperiton työmaa .....	13
3.4	Elinkaariajattelumalli .....	15
3.4.1	Kestävä rakentaminen .....	15
3.4.2	Arvoketju ja rakennetun ympäristön elinkaari.....	17
3.4.3	Elinkaariarviointi LCA.....	18
3.4.4	Rakennusten energiatehokkuus.....	20
4	Työhön liittyvä lainsäädäntö, asetukset, ohjeistukset ja tavoitteet .....	22
4.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL), maankäyttö- ja rakennusasetus (MRA) ja rakentamismääräyskokoelma.....	22
4.2	Kolmiulotteinen kiinteistöjen muodostaminen.....	24
4.3	Jätelaki .....	25
4.4	Rakennusvalvonta .....	26
4.5	Kaavamääräykset.....	26
4.6	Rakennustapaohjeet ja hyvä rakennustapa .....	27
4.7	Rakennustuotteiden CE-merkinnät .....	27
4.8	Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi.....	28
4.9	MAL-sopimukset.....	29
4.10	Päästöttömät työmaat – Green deal .....	29
5	Rasitteet .....	31
5.1	Johdanto.....	31

5.2	Kiinteistörasitteet .....	32
5.3	Rakennusrasitteet.....	33
5.4	Yhteisjärjestely .....	34
5.5	3D-rasite.....	35
6	Rakennetun ympäristön mallintaminen .....	36
6.1	Johdanto.....	36
6.2	3D – Suunnittelu mallintaen .....	37
6.2.1	Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012 .....	40
6.2.2	Nykytilan selvitys .....	41
6.2.3	Simuloinnit ja päätöksen teko .....	42
6.2.4	Visuaalinen tietomallinnus .....	42
6.3	4D – Ajallinen mallintaminen.....	44
6.3.1	Työjärjestys ja logistiikka .....	45
6.3.2	Ajan simulointi .....	47
6.4	5D – Kustannusten mallintaminen .....	48
6.4.1	Tietomalliperusteinen määrä- ja kustannuslaskenta.....	48
6.4.2	Omistusalueet, lohkojaot ja kustannusten jyvitykset.....	49
6.5	6D – Elinkaaren mallintaminen .....	49
6.5.1	Asbuilt -malli .....	51
6.5.2	Tietomallin hyödyntäminen ylläpidon välineenä .....	52
6.5.3	PTS – Pitkän tähtäimen suunnitelma .....	53
6.5.4	Takuuaika ja (virhe)vastuu.....	54
6.6	7D – Riskien mallintaminen .....	54
6.6.1	Riskien vaiheet ja tunnistaminen.....	54
6.6.2	Riskienhallintasuunnitelma ja riskianalyysi.....	55
6.6.3	Riskien tuominen malliin .....	56
7	Case: Helsingin THK .....	58
7.1	Esittely ja erityispiirteet .....	58
7.2	Rakennuspaikka ja laajuus .....	59
7.3	Rakentamisen vaiheet, urakkasisällöt ja sidosryhmät .....	60
7.3.1	Vaihe 1 .....	61
7.3.2	Vaihe 2 .....	63
7.3.3	Sidosryhmät.....	63
7.4	Aikataulutuksen mallinnuksen avulla .....	64
7.5	Kohteen erityisvaatimukset ja riskit .....	64
7.6	Hankkeen rakentamiskustannukset .....	66

7.7	Rasite- ja yhteisjärjestelysopimus THK-kiinteistöä koskevalta osalta .....	66
7.8	Havainnot .....	67
8	Koulutusmateriaali .....	68
9	Yhteenveto .....	69
9.1	Tulosten arviointi .....	69
9.2	Johtopäätökset .....	69
9.3	Jatkotutkimukset ja kehittämistarpeet .....	70
	Lähteet .....	72

## 1 Käsitteet

Alla on esitelty tätä opinnäytetyötä koskeva käsitteistö.

Asbuilt-malli	Tietomalli, johon on viety hankkeen aikaiset muutokset, jotka on tehty alkuperäisiin suunnitelmiin.
Arvoketju	Arvoketju on prosessi, jossa kuvataan jonkin tuotteen tai toiminnon päätymistä raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi. Arvoketju koostuu ensisijaisista sekä tukitoiminnoista.
Digitalisaatio	Digitaalisten ja tietokoneavusteisten asioiden yleistyminen arkielämän ja työnteon toiminnoissa.
Elinkaari	Jonkun rakennuksen, tuotteen tai palvelun koko elinikä kokonaisuutena aina alusta loppuun.
Kiinteistörasite	Kiinteistölle myönnetty oikeus käyttää toista kiinteistö edistääkseen omaa käyttöä.
LCA	Life Cycle Assessment. Elinkaariarviointi. Kulutuksen tutkimista ympäristövaikutusten ja luonnonvarojen näkökulmasta.
MAL-sopimukset	Maankäyttö, asuminen ja liikenne. Valtion ja suurten kaupunkien välisiä sopimuksia.
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki.
MRA	Maankäyttö- ja rakennusasetus.
PTS	Pitkän tähtäimen suunnitelma.
Rakennusrasite	Suoraan rakennukseen tai sen maa-alueeseen kohdistuva rasite.
Simulointi	Todellisuuden jäljittelyä keinotekoisessa tietokoneella tuotetussa ympäristössä.
Tietomalli	Elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa.

## 2 Johdanto

### 2.1 Taustaa

Tämä työ tuotetaan Rakennuttajatoimisto Valvontakonsultit Oy:lle ja työ käsittelee rakennushankkeen mallintamista rakennetussa ympäristössä. Opinnäytetyössä yritetään muodostaa kokonaisvaltainen näkemys siitä, mitä asioita tulee ottaa huomioon rakennushankkeen mallintamisessa tämän päivän rakennetun ympäristön asettamassa viitekehyksessä.

Rakennuttajatoimisto Valvontakonsultit Oy on vuonna 1989 perustettu valvontaan ja rakennuttamiseen sekä kiinteistöalaaan keskittynyt konsulttitoimisto ja se on avainhenkilöidensä omistuksessa. Yrityksen palveluksessa työskentelee lähes 100 rakennuttamisen ammattilaista. Yritys toimii rakennushankkeissa tilaajan edunvalvojana ja tekee yhteistyötä monen eri tahon ja järjestön kanssa luoden näin erinomaisen kontaktipinnan, josta asiakkaat voivat hyötyä. Yrityksen hankepalveluihin kuuluvat tehtävät aina hankesuunnittelusta jälkivastuihin liittyviin palveluihin.

Rakennusala tulee vahvasti digitalisoitumaan entistä enemmän lähitulevaisuudessa. Digitalisaatio on vahvasti kytköksissä tuottavuuteen ja alalla on alettu puhumaan sen myötä rakennusalan tuottavuusloikasta. Rakentamisen arvoketjun sisällä digitalisaation merkitys on kasvanut ja luo lisäarvoa omistajilleen sekä käyttäjilleen. Tällä hetkellä julkishallinnossa on käynnissä monia laajoja uudistuksia digitaalisen rakennetun ympäristön tiimoilta.

Tietomallinnuksen merkitys kasvaa jatkuvasti. Tietomalleja käytetään hyvin laajasti ja niiden tuomat hyötyjä on alettu ymmärtämään selvästikin aikaisempaa paremmin. Tietomallinnuksessa suurimpia saavutettavia hyötyjä ovat laadunvarmistus, suunnitelmien vertailu, kustannus- ja aikatauluvertailu ja visualisointi. Tietomalli on lisäksi erittäin tärkeä väline viestinnässä. (ProDigiOUs; Valtonen.)

Ympäristöministeriössä viedään digitalisaatiota eteenpäin kahden kokonaisuuden myötä. Ensimmäisenä tavoitteena on luoda kiinteistö- ja rakennusosalalle pohja valtakunnallisille sähköisille palveluille sekä liiketoiminnalle. Toisena tavoitteena on luoda yhteinen valtakunnallinen tietojärjestelmä, joka taltioi rakennetusta ympäristöstä jatkuvasti syntyvää arvokasta tietoa. Muutosta mahdollistamaan on ministeriössä perustettu nelivuotinen Ryhti-hanke. Kaiken tämän pyrkii mahdollistamaan uudistuva maankäyttö- ja rakennuslaki, jonka päätavoitteena on digitalisaation edistäminen ja rakentamisen laadun parantaminen. Laki on tarkoitus ottaa käyttöön 2023.

Täydennysrakentaminen tiiviissä ympäristössä tulee lisääntymään etenkin pääkaupunki-seudulla, jonne väestö siirtyy tällä hetkellä kiihtyvää vauhtia. Tilojen käyttö tulee muuttamaan enemmän yhteiseksi ja tämä luo uudenlaiset haasteet rakentamisen yhteensovittamiselle. Eri toimijoiden ja osapuolien välinen yhteistyö on tiiviin ympäristön rakennushankkeissa elintärkeää. Lisäksi on pystyttävä ottamaan haltuun digitalisaation tuomat mahdollisuudet sekä työtä helpottavat tekijät.

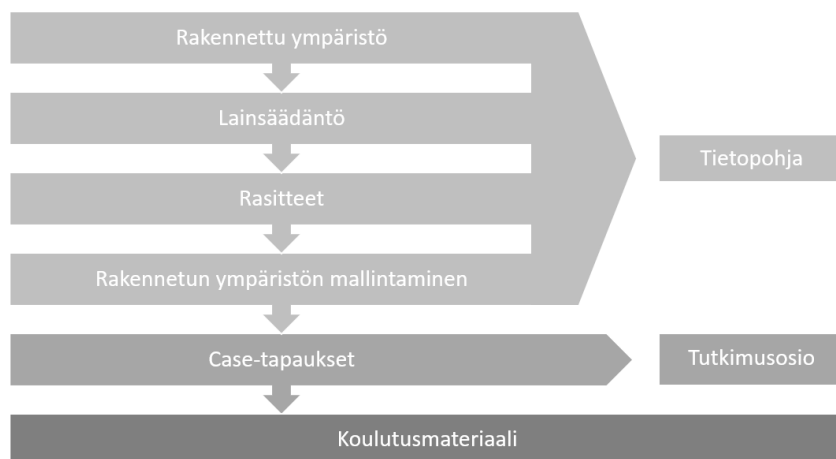
Elinkaarihankkeet ovat lisääntymässä Suomessa. Kunnissa siirtyminen on ollut sangen varovaista, mutta yleistymistä on kuitenkin havaittavissa. Varsinkin suuret hankkeet, kuten koulut, rakennetaan monesti elinkaarimallin mukaisesti. (Tokoi 2017.) Elinkaarihankkeessa urakoitsija ottaa vastatakseen suunnittelusta, rakentamisesta sekä ylläpidosta. Elinkaarimallin suurena etuna tilaajalle on kustannusten ennakointi. (Lujatalo.) Digitalisaation avulla saamme yhä enemmän hyödynnettävää tietoa irti rakennuksista ja ympäristöstämme. Tämä luo pohjan kestäväälle kehitykselle sekä viihtyisän elinympäristön, jossa elää.

## 2.2 Työn tavoite ja tarkoitus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa koulutusmateriaali, jota Rakennuttajatoimisto Valvontakonsultit Oy voi käyttää koulutustilaisuuksissa. Opinnäytetyön toimeksiantajayrityksellä on pitkä alan kokemus hankkeiden johtamisesta sekä asiakassuhteet ovat pitkäikäisiä. Yrityksessä on havaittu, että avoimen viestinnän merkitys korostuu luotaessa pysyviä ja pitkäaikaisia asiakassuhteita. Kokemus on osoittanut, että iso osa luottamuksesta asiakkaan ja yrityksen välille muodostetaan selkeän viestinnän avulla.

Työn tarkoituksena on etsiä tietoa liittyen siihen, mitä eri rajoitteita ja haasteita yhteiskuntamme luo rakennushankkeelle rakennetussa ympäristössä. Väestön kasvu keskittyy suuriin kaupunkeihin. Rakennettava pinta-ala ei kuitenkaan lisääny ja tuo mukanaan paineen muuttaa kaupunkikuvaa yhä tiiviimmäksi. Ihmismäärien keskittyessä alueellisesti yhdelle alueelle, tarve tarjottaville palveluille lisääntyy. Tilojen käyttö tulee muuttumaan ja niistä muodostuu yhä enemmän yhteiskäytöllisiä. Tämä lisää uudis- sekä täydennysrakentamisen haasteita saada kaikki osapuolet ja omistussuhteet toimimaan yhdessä lainsäädännön ja muodostettavien rasitteiden näkökulmasta.

Kuvasta 1 voidaan havaita koko tämän työn kulku. Työ alkaa tietopohjaan liittyvällä perehtymisellä aiheeseen. Aineistokeruu suoritetaan seuraavasti: rakennetun ympäristön teemat, rakentamiseen sekä mallintamiseen liittyvä lainsäädäntö, rakennushankkeen rasitteet sekä rakennetun ympäristön mallintamiseen liittyvä aineisto.



Kuva1. Opinnäytetyön eteneminen.

Työhön liittyy case-tyyppinen esimerkkitapaus, jonka avulla pyritään kartoittamaan mitä kaikkea tulisi ottaa huomioon hankkeissa tietomallintamisen, johtamisen ja eri osapuolten näkökulmasta. Lopuksi tapauksesta saadun tietopohjan sekä päätelmien avulla koostetaan toimeksiantajayritykselle koulutusmateriaali. Koulutusmateriaalin on tarkoitus tuottaa yritykselle lisäarvoa asiakkaille suoritettavin koulutuksin sekä toimia apuvälineenä tulevaisuuden rakennetun ympäristön hankkeissa. Koulutusmateriaalilla on tarkoitus kouluttaa lisäksi kohdeyrityksen omaa henkilökuntaa.

### 2.3 Työn rajaus ja tutkimuskysymykset

Työssä tutkitaan mallintamisen hyödyntämistä rakennetussa ympäristössä. Tutkimus rajataan koskemaan lähinnä talonrakennusala. Työssä sivutaan lisäksi infra-alaa joidenkin esimerkkien myötä. Kirjallisuusosiossa tuodaan laajasti esiin rakentamisen digitalisaation kehitys ja kaupungistuminen sekä niiden tuomat mahdollisuudet ja haasteet. Työn rajaus keskittyy lisäksi tilaajan näkökulmaan ja pyrkii etsimään niitä näkökohtia, mitä tilaajan roolissa täytyy ottaa huomioon, rakennetun ympäristön viitekehityksessä. Työ rajataan koskemaan 7-ulottuvuutta: 3d-mallinnusta, ajallista mallinnusta, kustannusten mallinnusta, elinkaaren mallinnusta ja riskien mallinnusta. Alalla on alettu puhua myös 8. ulottuvuudesta, työturvallisuudesta, mutta se jätetään pois tästä tarkastelusta.

Työn aikaisemmissa osioissa mainittujen tavoitteiden sekä niille asetettujen rajauksien puitteissa, työssä etsitään lisäksi vastausta seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mikä on digitalisaation merkitys rakentamisessa ja kaupungistumisessa?
- Mitä lainsäädäntöä ja sääntelyä nivoutuu rakennetun ympäristön sekä tiiviin täydennysrakentamisen ympärille?

- Mitä eri rajapintoja ja mahdollisia törmäyksiä tilaajan näkökulmasta esiintyy rakennetussa ympäristössä ja miten eri osapuolet huomioidaan?
- Mitä tietomallinnuksen haasteita voi esiintyä rakennetussa ympäristössä?
- Viestinnän rooli tiiviissä rakentamisympäristössä?

Kaikkiin näihin kysymyksiin etsitään vastausta tutkimuskirjallisuuden kautta. Työssä on käytetty runsaasti lisäksi internet-lähteitä, koska tieteellisiä tutkimuksia tai teoriapohjaa aiheesta on saatavilla niukasti. Työssä sivutaan aiheeseen liittyviä kestävän rakentamisen teemoja kuten rakennuksen elinkaaren aiheuttamia ympäristövaikutuksia.

Työn case-osiossa ei käsitellä kustannuksiin tai aikatauluun liittyviä kohtia syvällisesti, koska osa niistä on salassa pidettäviä asioita kohdeyritykselle. Case-osio painottuu hahmottamaan ja kuvaamaan hankkeen haasteita, laajuutta sekä projektinhallintaan liittyviä asioita. Lisäksi eri työmaavaiheiden vaiheet ja riskit on kuvattu tarkasti.

## 2.4 Tutkimusmenetelmät ja aineisto

Tämä tutkimus on kuvaileva tapaustutkimus, koska sen tavoitteena on case-tapauksen lisäksi muodostaa kokonaisvaltaisempi käsitys digitalisaation merkityksestä yhteiskunnassamme. Kuvailevaa tapaustutkimusta käytetään, kun tutkittavaa kohdetta halutaan dokumentoida laajasti ilman aikaisempien tutkimusten asettamia rajoja. Kuvailevaa tapaustutkimusta tukee lisäksi se, että aiheesta ei ole aikaisempaa tutkimusta tai teoreettista lähtökohtaa vaan tieto on hajanaista, eri lähteistä saatavaa. (Kananen 2013, 55.)

Oleennaista Case-tutkimukselle on se, että tutkittava kohde on ajankohtainen ilmiö. Tutkimus toteutetaan tyyppillisesti hyödyntäen useita eri tietolähteitä ja tutkimusosio toteutetaan luonnollisessa ympäristössä. Tärkein tavoite on muodostaa ilmiöstä syvälinen kuvaus. (Kananen 2013, 54.)

Tässä työssä käytetään aineistona opinnäytetyön kohdeyrityksestä löytyvää Helsingin terveysterveys- ja hyvinvointikeskus hankevaihesuunnittelun läpiviennistä muodostuneita tietoja. Hanke on hyvin haastava ja se on suunniteltu tiiviiseen rakennettuun ympäristöön, jossa on monta eri osapuolta. Helsingin kaupungin keskustan terveysterveys- ja hyvinvointikeskus on kirjoittamishetkellä toteutussuunnitteluvaiheessa.

Aineistoa kerätään case-tutkimukselle tyyppisin keinoin. Ensin perehdytään huolellisesti alan kirjallisuuteen kuten teorioihin, aikaisempiin tutkimuksiin sekä raportteihin. Lisäksi karotetaan mitä alalta ja aiheesta on kirjoitettu. Tämä jälkeen analysoidaan käytössä olevaa aineistoa sekä tehdään havainnoivaa tutkimusta. Havainnoivaa tutkimusta tukee se, ettei

työtä voida selkeästi rajata eikä tutkimuksesta saatavaa tietoa voida välttämättä selvästi määrittää. (Kananen 2013, 81–89.) Tässä työssä käytettävä tutkimusaineisto esitellään tarkemmin luvussa 7.

### 3 Rakennettu ympäristö

#### 3.1 Johdanto

Rakennetun ympäristön aihepiiri on ollut jo jonkin aikaa tärkeä aihe julkisessa keskustelussa. Eri käynnissä olevista megatrendeistä, kaupungistuminen on noussut yhdeksi suurimmaksi. Suomessa noin 80 % väestöstä asuu kaupungeissa ja nämä ihmiset synnyttävät merkittävän osan bruttokansantuotteestamme. Kaupungistumista tarkasteltaessa voidaan havaita, että se luo talouskasvua alueellisesti sekä noin 90 % innovaatioista syntyy kaupunkien sisällä. Innovaatioiden myötä kaupungistuminen voidaan siis nähdä erittäin merkittävänä tekijänä monessakin suhteessa tulevaisuudessa. Suunnittelua ohjaa tulevaisuudessa palvelujen läheisyys ja liikkuminen. (ROTI 2019, 5.)

Oikein rakennettu ympäristö mahdollistaa elinvoimaiset alueet sekä perustan hyvälle elämälle. Tähän tarvitaan laadukasta rakentamista sekä kestävää kehitystä tukevaa suunnittelua. Näiden lisäksi tarvitaan maankäytön ja rakennuslakien ja -säädösten muutoksia, jotta edellä mainitut asiat pystytään saavuttamaan. Tämänhetkinen lainsäädäntö ei sitä mahdollista. Yhteistyön merkitys korostuu rakennetussa ympäristössä. Valtion ja suurimpien välillä solmittavat MAL-sopimukset ovat yksi keino lisätä kaupunkiseutujen toimivuutta sekä kilpailukykyä.

Rakentamisen kulttuurin on muututtava. Emme voi enää ajatella täysin samanlailla, jos haluamme asioiden muuttuvan. Muuttuaksemme, prosessin täytyy olla ihmisläheinen sekä siinä tarvitsee olla toimivat työkalut. Muutos itsessään on yksinkertainen asia. (Lean Construction Institute 2015.)

#### 3.2 Kaupungistuminen ja palveluiden läheisyys

Kaupungistuminen on arvioitu olevan nopeaa seuraavina vuosikymmeninä maailman laajuisesti. Tekniikan kehittyessä sekä väestön kasvaessa kaupungeilla on yhä isompi rooli sekä vastuu päätöksen teossa. Globaalit haasteet, kuten ikääntyminen ja eriarvoistuminen, ovat suuria kysymyksiä, joita kaupungit pystyvät tehokkaasti käsittelemään. Kaupungistuminen liittyy tiiviisti rakennettuun ympäristöön, jossa menestys saavutetaan toimivilla ratkaisuilla ja yhteyksillä. Toimiva rakennettu ympäristö siis tarvitaan, jotta kaupungit voivat menestyä. Kiinteistöjen käyttö tulee muuttumaan kaupungistumisen myötä lisäksi merkittävästi. Tilojen määrät tulevat muuttumaan. Laadulliset rakennukset ja tilan käytön sekä omistamisen näkökulmat korostuvat. Paine kehittää uusia palveluita eri kasvaviin tarpeisiin kasvaa. (KTI 2017, 2.)

Suomessa kaupungistuminen on ollut hidasta verrattuna moneen muuhun maahan. Kaupungistuminen on kuitenkin edennyt ja 2000-luvulta lähtien väestö on enemmässä määrin muuttanut suurimpiin kaupunkeihin maaseudulta. Kaupungistumisen on arvioitu kiihtyvän niin, että satoja tuhansia ihmisiä muuttaa vuoteen 2030 mennessä maaseudulta kaupunkeihin. Pääkaupunki seudun merkitys tulee olemaan suuri ja kehitys on ollut jo vuosien ajan nähtävissä. (KTI 2017, 5.)

Kaupunki asuminen nähdään tänä päivänä houkuttelevana. Ilmiö on globaali. Palvelujen läheisyys on yksi merkittävimmistä tekijöistä miksi ihmiset hakeutuvat kaupunkeihin asumaan. Asioiden hoitamisesta sekä liikkumisesta halutaan helppoa ja sujuvaa. Tämä säästää niin aikaa kuin rahaakin. Ihmisten hakeutuessa tiiviimpiin yhteisöihin tilan tarpeen merkitys asunnoissa pienenee. Ei tarvita enää isoja asuntoja. Arkiaskareet, kuten syöminen ja rentoutuminen, tehdään yhä useammin julkisissa tiloissa, jotka lisäävät tarvetta liittyen itse palveluiden saatavuudelle sekä niiden läheisyydelle. (KTI 2017, 18–19.)

Kaupunkien merkitys talouskasvulle on merkittävä ja nähdäänkin, että talouden kasvu ja kaupungistuminen etenevät rinnakkain. Pääkaupunkiseutu on nopeimmin kehittynyt alueellisesti Suomessa. Yhteys talouden ja kaupunkien välillä on nähtävissä, kun tarkastellaan bruttokansantuotetta asukasta kohden, jossa se on esimerkiksi Helsingissä 40 prosenttia korkeampi kuin koko maassa. (Loikkanen & Laakso 2016, 24.)

Kaupungistumisen kiihtyminen tulee ennen kaikkea nähdä mahdollisuutena. Oikean tyyppisellä kehityksellä Suomen maakuntien sekä kaupunkien talous ja elinympäristöjen paranevat. Yksilöt, yritykset sekä julkisen puolen toimijat saavat näin kaiken mahdollisen hyödyn toiminnastaan irti. Oikean suuntainen kehitys vaatii muutoksia asenteisiin ja päätöksen tekoon. Lisäksi se vaatii tehokkaampaa, jo olemassa olevan rakennuskannan ja infrastruktuurin hyödyntämistä. Suunnittelun merkitys korostuu, koska kehityksen nopeus muuttavat perinteisiä ajattelumalleja. Suunnittelua tuleekin ohjata ja määritellä tarkasti, jotta voitaisiin pyrkiä joustavuuteen ja niin, ettei se jarruta kehitystä. (Ramboll.)

Kaupungistumiseen liittyy kuitenkin monia uhkakuvia kuten väestön keskittymisen aiheuttama hajautumiskehitys, elinkustannusten epätasainen kehitys tai erilaiset maankäytönmuutokset, jotka liittyvät globaaliin ympäristökriisiin. Nämä luovat epävarmaa pohjaa kaupunkikehitykselle ja kaikki ilmiöt eivät välttämättä ole edes vielä selvillä. Kaupunkisuunnittelulla vaikutetaan varhaisessa vaiheessa näihin uhakuviin. Kaupunkisuunnittelu on lisäksi keskiössä, koska yhä useampi ihminen elää kaupungissa. Suunnittelun suuntaaminen ihmisläheiseksi, panostamalla terveyteen sekä oikeudenmukaisuuteen, luovat lisäksi ympäristöstävälliset lähtökohdat alueiden kehitykselle.

### 3.3 Digitalisaatio

#### 3.3.1 Johdanto

Digitalisaatiosta rakennusalalla on puhuttu jo jokseenkin pitkään. Viime vuosina keskustelu on muuttunut yhä kiihtyväksi ja on alettu yrityksissä puhua ns. digiloikasta tai teknologia-harppauksesta myös rakennusalalla. Käyttöönoton hankaluutta on lisännyt lähinnä rakennusalan monisäikeisyys.

Tutkittaessa mediaa ja sen luomaa kuvaa digitalisaatiosta rakennusalalla voimme havaita, että digitalisaatio koetaan lähes pelkästään positiivisena asiana rakennusalalla. Digitalisaation odotukset ovat kovat ja siitä povataan jopa ratkaisua rakennusalan vuosikymmeniä jatkuneeseen tuottavuusongelmaan. Digitalisaatiota ollaan puskemassa läpi nyt melkein pä joka paikassa. Yrityksen on lähdettävä ns. pakon sanelemana mukaan digitaaliseen kehitykseen. Tämä siksi, koska yritys, joka panostaa tämän suuntaiseen kehitykseen, nähdään markkinoilla tällä hetkellä edelläkävijän roolissa. Elämme aikaa, jossa uudistuminen ei ole vaihtoehto, vaan se on eilinehto.

Tiettyjen asioiden käsitteleminen rakennusalalla helpottuu ja mahdollistuu digitalisaation myötä. Elinkaariajattelun myötä tarvittavat isot datan käsittelymäärät on lähes mahdotonta hoitaa ilman digitalisaation tuomaa apua. Ohjelmistoalan yritykset ovat alkaneet kiinnostumaan rakennusalan tarpeesta ja kehittelevät nyt omia innovaatioitaan. Myös sijoittajat ovat erittäin kiinnostuneita rakennusalan digitalisaatiosta ja niiden markkinoista.

Aikaisemmin digitalisaation lisääntymisestä yhteiskunnassa on ollut keskustelua, että se veisi ihmisten työpaikat. Nyt kyseinen asia nähdään pikemminkin työpaikkoja lisäävänä tekijänä. Digitalisaatio tuo mukana myös uusia innovaatioita perinteisten lisäksi. Esimerkkinä tästä on uudenlaiset innovaatiot kuten se, että vaikkapa lukkojärjestelmiin sisällytetään erilaisia muita palveluja kuten pesutuvan tai saunavuorojen varaaminen. Osa turvallisuuteen ja lähinnä yksityisyyden suojaan liittyvistä kysymyksistä, ovat toki vielä avoimia. Nämä asiat askarruttavat kuluttajaa.

Tämänhetkinen poliittinen ilmapiiri on erittäin kannustava digitalisuutta kohden. Voidaan huomata, että ministeriötä myöten, hankkeen tilaajapuolta kannustetaan ottamaan käyttöön digitaalisia ratkaisuja. Korona viruksen aiheuttama pandemia on osoittanut, että meillä on jo tällä hetkellä hyvät mahdollisuudet käyttää digitaalisuutta hyväksemme. Suurta osaa toiminnoista voidaan suorittaa tarvittaessa ilman ihmiskontakteja. Varsinkin päättävän tason asiat pystytään helposti hoitamaan ilman, että tarvittaisiin fyysisiä käyntiä esimerkiksi työmailla.

### 3.3.2 Digitalisaatio kaavoituksessa

Kaavoitukseen ollaan tekemässä suurta digiloikkaa. Tämä selviää maanmittauslaitoksen paikkatietoalusta-hankkeen palvelukokonaisuudesta. Osa palveluista on tarkoitettu vain ammattikäyttöön ja toisia pystyy kuka tahansa hyödyntämään. Hankkeen päätavoite on, että kaavoitus muuttuu Suomessa digitaaliseksi ja nykyisestä piirretystä kaavasta on tarkoitus luopua kokonaan. Yhtenäinen data mahdollistaa sujuvan käsittelyn ja eri vaikutusten puntaroinnin. Palvelu lisää yksilön mahdollisuuksia tarkastella hankkeita rakennetussa ympäristössä ja jakaa oman mielipiteensä kaavaillusta asiasta. (Lundwall.) Kaavoittaminen on ollut tavallisesti varsin työlästä, koska kaavan valmistelussa käytettävä paperiaineisto on laajaa ja sitä on runsaasti. Digikaava mahdollistaa sujuvamman tavan käsitellä aineistoja, jolla säästetään aikaa ja rahaa.

Digitalisaation käyttöönotto kaavoituksessa lisää lisäksi kuntayhteistyötä. Normaalisti tuotetusta kaavatiedosta, joka on monesti paperipohjaista, tullaan luopumaan. Nykyjärjestelmän tiedon tulkinta ja vertailu on ollut ongelmallista, joka nyt ollaan uudistamassa. Uuden järjestelmän käyttöönoton myötä kuntarajat poistuvat ja se lisää yhteistyötä eri kuntien välillä. Lisäksi kunnan asukkaiden näkökulmasta toiminta muuttuu läpinäkyväksi ja vuorovaikutus suunnittelun kanssa tulee mukaan entistä selkeämmin. (Lundwall.) Kuntien ongelmana on ollut pitkään eri rakennusvalvontojen toimintojen ja ohjelmistojen yhteensovittaminen sekä paperisen tiedon siirtäminen tietokantoihin. Skannattu dokumentti ei siirry helposti jälkeensä tarkasteltavaksi dataksi järjestelmiin.

Valtion rooli kaavoituksessa tulee supistumaan ja maakuntien kasvamaan. Alueidenkäytön suunnittelun toimintaympäristö muuttuu tulevaisuudessa merkittävästi ja aluerakenteet kehittyvät kaupungistumisen myötä huimaa vauhtia. Tähän vaaditaan läpinäkyvää digitalisaatiota, jolla pystytään muuttamaan yhteiskunnan toimintoja. Digitalisaation tehtävä onkin siis vaikuttaa myös kaavoituksen toimintatapoihin sekä suunnittelumenetelmiin. (Rekola ym. 2017, 5–7.)

Sähköiset viestinnän ja osallistumisen välineet ovat tulossa osaksi alueiden käytön suunnittelua. MRL-lakiuudistuksen myötä sähköinen lakisääteinen kaavan kuuleminen otetaan käyttöön. Tämä sujuvoittaa prosessia ja lisää läpinäkyvyyttä kuntalaisiin päin. Verkon kautta kerättävää palautetietoa, joka on kytkettynä paikkatietoon, pidetään erittäin hyödyllisenä varsinkin erityisesti suurissa kaavoissa. Digitalisaation eri työkalut ja tietomallit ovat tuke-  
massa sähköisen kaavoituksen onnistumista. (Nummi 2018.)

Maankäyttö- ja rakennuslain sekä kunnan suunnittelujärjestelmien uudistusten myötä on alettu puhua yhtenäisestä kuntakaavasta, joka korvaisi yleis- ja asemakaavoituksen.

Kuntakaavasimulaation avulla vuonna 2019 testattiin mallin soveltuvuutta suunnittelutilanteeseen useamman eri kunnan hankkeen kanssa. Tulokseksi saatiin, että yhden maakuntakaavan mallin toimisi ainoastaan haja-asutusalueilla, koska rakentamisen ja maankäytön muutosten määrä on näissä vähäinen. Suurissa kaupungeissa tilanne on toinen. Tuloksista voidaan kuitenkin huomata, että mukana olleet kunnat olivat yksimieleisiä siitä, että digitalisaatio tulee vaikuttamaan vahvasti kaavoitukseen ja sen mahdollisuuksiin. (Kuntaliitto 2020.)

Kaavoituksessa vuorovaikutus viranomaisen ja kunnan asukkaiden välillä on tärkeää. Digitaalisyys lisää asioiden havainnollistamista sekä visuaalisuus paranee. Kaavoituksen muuttaminen kolmiulotteiseksi tuo mukanaan toimintatavan, jossa suunnitteluvirheiden määrä pystytään pitämään minimissään sekä kaavasta toisinaan tehtävät valitukset vähenevät ja kaavaprosessi sen myötä nopeutuu.

### 3.3.3 Suunnittelun tekoäly, mallinnus ja digitaalinen kaksonen

Tekoäly on yksi keskeisistä teknologisista ajureista, kun puhutaan tuottavuuden parantumiseen vaikuttavista tekijöistä. Suomi on yksi edelläkävijöitä tekoällyn kehityksessä ja sillä on oikein toimiessaan mahdollisuudet menestykseen tällä osa-alueella. On osattava hyödyntää tekoällyn tuomat mahdollisuudet sekä muodostaa laaja ymmärrys tekoällyn kokonaisuudesta ja sen mukanaan tuomista ulottuvuuksista. (VTT 2018.)

Tekoäly tuo suunnitteluun monenlaista vaikutuksia. Tämä selviää esimerkiksi KIRA-digin avustamasta *Rakennuksen toteutusvaihtoehtojen tuottaminen modernin tekoällyn menetelmillä* -hankkeesta, jonka on koostanut Sweco Rakennetekniikka Oy. Loppuraportista käy ilmi, että tekoälyä voidaan käyttää suunnittelussa tehokkaana apuvälineenä. Normaalin ruutiityön osuus vähenee, koska mallinnustyö helpottuu ja tehostuu. Erilaiset tekoällyn avulla muodostuvat ehdotukset vaiheesta toiseen auttavat suunnittelijaa tekemään nopeammin oikeanlaisia päätöksiä. Poikkeamat ja virheet on havaittavissa entistä tehokkaammin vertailumallien avulla. (Sweco 2018.)

Tekoällyn käyttöönotossa on tärkeää selkeä viestintä. On tiedostettava se, että asiat on esitettävä mahdollisimman helposti omaksuttavasti ja yleistajuisesti. Näin toimimalla voidaan perustella digitalisaation ja tekoällyn tuomat hyödyt eri tahoille. Tekoäly koostuu useista eri menetelmistä sekä teknologioista ja sitä pidetään digitalisaation seuraavana kehitysaskeleena. (Ailisto ym. 2019, 1.)

Elämme tällä hetkellä niin sanottua kapean tekoällyn aikaa, jossa tekoäly perustuu lähinnä koneoppimiseen. Tekoälyllä ei ole omaa tahtoa eikä se osaa muodostaa sisällöllistä

käsitystä käsittelemästään datasta. Kehityksen edetessä tekoäly tulee muuttumaan niin sanotuksi vahvaksi tekoälyksi, jossa se tulee saavuttamaan jonkinlaisen ymmärryksen ympäröivästä maailmasta. Vielä ei ole yleistä selvyyttä siitä, miten siihen päästään (Ailisto 2018.)

Tekoäly tuo mukanaan väistämättä eettisen keskustelun. On ymmärrettävä, ettei itse kehitys ja teknologia ole pahaa tai hyvää, vaan pelko johtuu monestikin siitä, että asia on tuntematon. Haasteiden lisäksi tulee siis pohtia kuinka tekoäly voi parantaa ihmisten elämänlaatua, helpottaa asioiden kulkua sekä kehittää yhteiskuntaa. Haastavin ongelma tällä hetkellä tuntuu olevan saada ihmiset mukaan muutokseen. Vaadittavien taitojen tarve tulevaisuudessa työelämässä korostuu ja tämä tulee huomioida niin työpaikoilla kuin koulutuksessaakin.

Digitaalinen kaksonen on tekoälyn yksi keskeisistä sovelluskohteista. Digitaalinen kaksonen tarkoittaa rakennus- sekä kiinteistöalalla rakennelman tai rakennuksen digitaalista vastinetta, jossa sisältö määräytyy tietomallin mukaisesti (Wikipedia a). Digitaalisen kaksosen on siis päivittyvä tietomalli, joka seuraa fyysistä rakennusta läpi sen elinkaaren. Tieto saadaan kerättyä erilaisten sensoreiden avulla, jotka lähettävät reaaliaikaista dataa.

Digitaalista kaksosta käytetään teollisuuden puolella vielä harvakseltaan. Huoltovarmuuskeskuksen vuonna 2019 julkaiseman haastattelu mukaan vain noin joka viidennellä yrityksellä oli käytössään digitaalinen kaksonen (Huoltovarmuuskeskus 2019). Rakennusalalla digitaalinen kaksonen on terminä tuttu, mutta sen käyttö ei ole vielä saanut haluttua tuulta alleen. Digitaalinen kaksonen on kuitenkin aktiivisen kehitystyön alla ja toteumamalleja on alettu täydentämään ylläpidon tarvitsemilla tiedoilla sekä tiedonsiirron automatisointi on parantunut (Valli 2019).

### 3.3.4 Tietomallipohjainen rakennuslupa

Tietomallipohjainen rakennuslupa on tulossa mukaan rakennusvalvontaan ympäri Suomen ja sen tarkoituksena on nopeuttaa lupaprosessia. Rakennusvalvonnan hitaus lupaprosessissa johtuu monesti siitä, että rakentamisessa käytettävät säädökset joudutaan käymään läpi manuaalisesti. Tekoälyn tehtävänä on hoitaa ja lyhentää aikaa vievää prosessia huomattavasti. 3D-malli tuo mukanaan vahvasti visuaalisen otteen, jossa tilaaja, suunnittelija sekä valvonta voivat käyttää malleja arviointiin. Tällöisiä voivat olla esimerkiksi julkisivuun liittyvät värit tai materiaalit. Lisäksi osapuolten vuorovaikutus kasvaa ja väärinkäsitykset vähenevät. Malleja voidaan käyttää luotaessa suurempi kaupunkikuva. Niiden avulla voidaan lisäksi kokonaisuuden yhtenäisyys varmistaa. Suomessa hanketta on rahoittanut

KIRA-digi ja kokeiluja mallipohjaisesta lupakäsittelystä on tehty Vantaan, Hyvinkään ja Järvenpään rakennusvalvonnassa. (Kiinteistö- & rakentamisfoorumi a.)

Mallien käytön kiinnostus on lisääntymässä kunnissa ja rakennusvalvonnat etenevät vähitellen digitaalisuuteen. Mallit hyödyttävät viranomaisia siis monessakin kohtaa ja lisäksi päätösten laatu tulee sitä mukaa paranemaan.

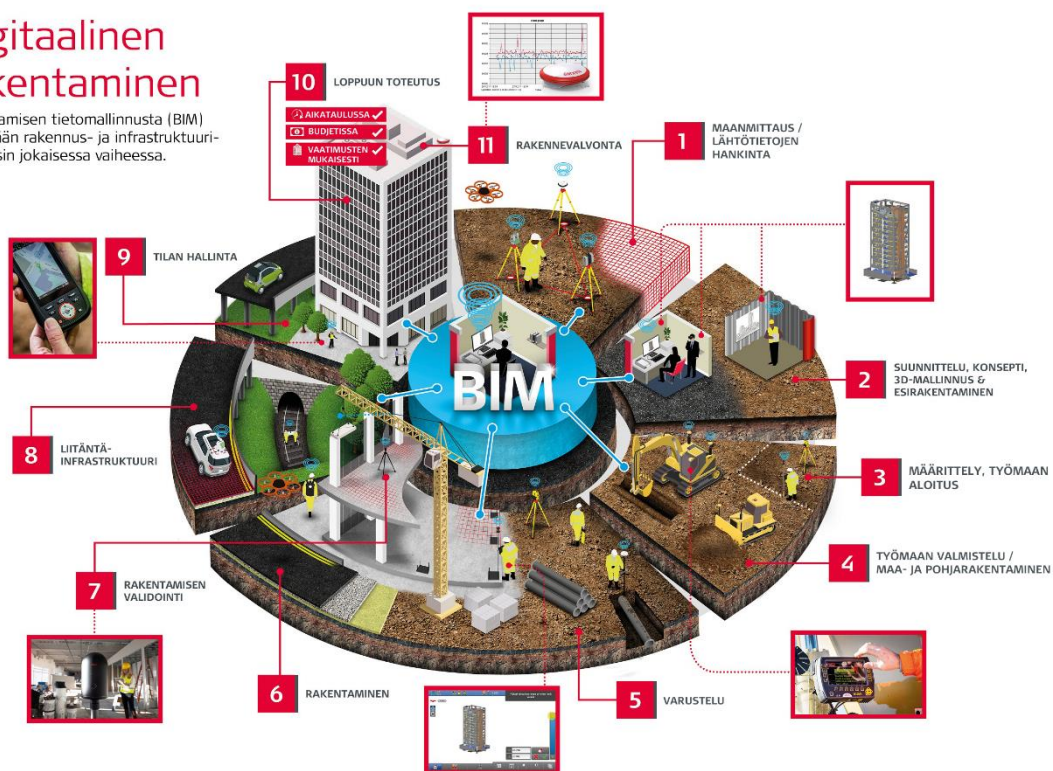
### 3.3.5 Digitaalinen rakentaminen ja paperiton työmaa

Uusien digipalveluiden myötä rakennusala on muuttumassa kohti paperitonta työmaata. Tämä vaikuttaa niin rakennuttajiin, urakoitsijoihin sekä ylläpitoon. Normaalisti ohjeistukset sekä laatuun liittyvät dokumentit ovat olleet paperimuodossa. Digitaalisten sovellusten myötä rahdin täsmällisyys kasvaa ja esimerkiksi tilattuja rakennusmateriaaleja pystytään seuraamaan sekä paikantamaan helpommin. Digitaalinen työmaa on lisäksi turvallisempi. Tieto eri riskeistä kulkeutuu reaaliaikaisesti työnjohdolle, joka kykenee näin entistä paremmin reagoimaan uhkatekijöihin sekä turvallisuuteen liittyviin riskeihin.

Digitaalisuutta ja digitaalista mallinnusta käytetään monessa eri rakentamisen vaiheessa. Kuvassa 2. nähdään, että digitaalisuus on jo osa arkipäivää ja sitä käytetään useassa eri kohtaa rakennusprosessissa.

## Digitaalinen rakentaminen

Rakentamisen tietomallinnusta (BIM) käytetään rakennus- ja infrastruktuuri-prosessin jokaisessa vaiheessa.



## Kuva 2. Digitaalinen rakentaminen (Leica-geosystems.)

Digitaalisen rakentamiseen liittyviä innovaatioita on markkinoilla useita ja uusia syntyy koko ajan. KIRA-digin rahoittamassa hankkeessa etsittiin uudenlaista digitaalista ratkaisua betonin kuivumiselle ja sen seurannalle. Hankkeessa saatiin selville, että betonin kuivumista pystyttiin valvomaan tehokkaasti. Lisäksi tutkimus osoitti, että täällä ratkaisulla voitiin merkittävästi säästää lämmityskustannuksissa. Mittaustiedot kerättiin prosessin aikana, joita analysoitiin koneoppimisen kautta. Tämä lisäsi kuivumisprosessin ennustettavuutta. (KIRA-digi a.) Toinen KIRA-digin rahoittama hanke liittyy myös betoniin. Tässä hankkeessa pilotoitiin digitaalisen betonointipöytäkirjan käyttöönottoa työmailla. Kehitystyö on vielä käynnissä, mutta palauteet ovat tuoneet ilmi, että betonitöiden dokumentoinnin ajallinen säästö on merkittävä. Hanke on lisäksi herättänyt kiinnostusta kansainvälisesti. (KIRA-digi b.)

Moni rakennusliike on viime vuosina panostanut digitaalisuuteen. KIRA-digin loppuraportti ROPA projektista nostaa esiin haasteita ja ongelmakohtia, joihin törmätään usein, kun tietomallia ja suunnitelmia yritetään viedä toteutukseen. Esiin nostettiin muun muassa se, ettei tietomallit ole vielä tarpeeksi kehittyneitä jokapäiväiseen työhön ja lisää kehitystyötä tarvitaan, jotta malli olisi käyttökelpoinen arjessa. Mittaaminen mallista käsin ei ollut työmaalla mahdollista. Laitteet, joilla mallia tarkasteltiin, osoittautuivat liian pieniksi tai sovellukset olivat vaikeakäyttöisiä ja niissä esiintyi puutteita. Raportti osoitti, että kehitystyötä tulee jatkaa ja rakennusmiesten keskuudessa sille on selvää kysyntää. (Haavisto & Alhava.)

Rakennusalan tuottavuus on ollut alhaista ja se ei ole käytännössä kasvanut 40 vuodessa lainkaan (Lohilahti 2017). Tuottavuutta rakennusalalla on tutkittu Suomessa paljon ja havaintoja on tehty siinä, että digitaalisen tiedon siirtyminen edesauttaa tuottavuuden paranemista. Tärkeää on myös, että tieto on reaaliaikaista, jolloin virheiden määrä vähenee sekä oikeanlainen tilannekuva muodostuu kaikille toimijoille. (RIL 2020.)

Rakennustyömaan digitaalisuudesta hyötyy siis moni toimija. Se vähentää manuaalista työtä, tiedonkeruu helpottuu ja työturvallisuus sekä rakentamisen laatu paranee. Ala painii kuitenkin vielä kulttuurimuutoksen kourissa ja ottaa aikansa ennen kuin digitaalisuus on täysivaltaisesti käytössä työmailla.

Yhteiskunnan muuttuessa alueiden kehittämisen tarve kasvaa. Alerakennushankkeiden lisääntyessä yhteistyön merkitys ja prosessin sujuva läpi vieminen korostuu entisestään. Digitaalinen tilannekuva on Sito Oy:n kehittämä karttapohjainen palvelu, joka pitää sisällään tietyn aluerakentamisvaiheen eri hankkeiden aineistoja ja rajapintoja (Sitowise). Tällä hetkellä toimijoita on alkanut tulla markkinoille muitakin ja digitaalisen tilannekuvan käyttö on yleistymässä. Digitaalinen tilannekuvan etuina on parempi reaaliaikainen ymmärrys siitä,

mitä eri prosesseissa minäkin hetkenä tapahtuu. Perinteinen tapa muodostaa tilannekuva on ollut työmaakierrosten tai -palaverien aikana. Digitaalisesta tilannekuvasta hyöttyä lisäksi tuoteteollisuus, joka saa kallisarvoista olosuhdetietoa asennuksen edetessä. Elämme tällä hetkellä datan keruuvaihetta ja seuraavaksi on vuorossa datamassojen analysointi tekoälyn avulla. (Seppänen 2020.)

### 3.4 Elinkaariajattelumalli

#### 3.4.1 Kestävä rakentaminen

Kestävään rakentamiseen liittyy rakentamisen elinkaarivaikutusten kokonaisvaltainen hallinta, jossa maankäytön tavoitteet ja ympäristövaikutukset huomioidaan. Kestävän rakentamisen yhteydessä on alettu puhua rakennusten, liikenteen, yhdyskuntatekniikan ja energiaverkostojen muodostamasta yhteisestä älykkäästä verkostosta, jossa huomioidaan niin taloudelliset sekä sosiaaliset vaikutukset. Tätä kaikkea tullaan rakentamaan kestävällä pohjalla digitaalisia apuvälineitä hyödyntäen.

Kestävän rakentamisen lähtökohtana on luoda rakennus tai rakennusympäristö, joka on resurssitehokas, pitkäikäinen sekä vain vähän huoltoa tarvitseva kokonaisuus. Kestävässä rakentamisessa otetaan huomioon luonnonvarojen järkevä käyttö sekä taloudelliset mahdollisuudet, jotka saavutetaan energia- ja materiaalisäästöjen myötä. (Ympäristöosaava.fi)

Kestävän rakentaminen voidaan jaotella neljään eri osa-alueeseen. Näitä ovat kulttuurinen, ekologinen, taloudellinen ja sosiaalinen kestävyys. Kestävällä pohjalla rakennettu rakennus pitää sisällään lisäksi joukon ominaisuuksia, jotka ovat sidottuja kyseiseen malliin. Näitä ovat muun muassa energiatehokkuus, terveellisyys ja muunneltavuus. (Ympäristöosaava.fi)

Kulttuurinen kestävyys rakentuu vanhan kunnioittamisen ja jo rakennetun ympäristön kulttuuriperinnön vaalimisen kautta. Kulttuuriseen kestävyteen lukeutuu myös vahvasti perinteisten rakennustapojen säilyvyys sekä historian tuntemus. (Sykli 2014, 7.) Kulttuurinen kestävyys mahdollistaa siis tiedon siirron tuleville sukupolville. Kulttuurisen kestävyden avulla lisäksi seuraava sukupolvi voi tyydyttää omat tarpeensa toiminnan kehittymiselle sekä omalle kasvulle. Kulttuurinen kestävyys voidaankin nähdä eräänlaisena kasvualustana tulevaisuuden populaatioille sekä innovaatioille.

Ekologinen kestävyys on yksi tärkeimmistä näkökulmista kestävässä rakentamisen jaotellussa ja ilman sitä muista kestävyys näkökulmista tulee mitättömiä. Ekologinen kestävyys tuo mukanaan kiertotalousajattelun, jossa materiaalit eivät ainoastaan kierrätysprosessin

kautta saa uutta elämää, vaan voidaan hyödyntää sellaisenaan käyttöön ilman energiakuluttavaa muokkausta. Kiertotalouteen liittyy lisäksi vahvasti tuotteiden huolto ja korjaaminen.

Taloudellinen kestävyys voidaan määritellä sisällöltään tasapainoiseksi kasvuksi, jossa varantoja ei haaskata vaan talous rakennetaan pitkällä aikavälillä kannattavaksi. Lisäksi kestävällä pohjalla oleva talous tuo mukanaan varmuutta, jolla voidaan varautua tulevaisuuden haasteisiin kuten väestön ikääntyminen tai maailman talouden heilahtelut. (Kestäväkehitys.fi.) Taloudellinen kestävä kasvu haastaa perinteisen ajattelumallin, että talouden kasvu tarvitsee jatkuvasti olla noususuuntaista. Ylikulutus ja luonnonvarojen haaskaaminen ei enää tulevaisuudessa ole mahdollista, vaan ympäristön kantokyky ja tulevat sukupolvet tulee ottaa huomioon toiminnassa.

Sosiaaliseen kestävyteen liitetään niin perinteisiä kuin nykyaikaisia asioita. Perinteisiin asioihin lukeutuvat perustarpeet, kuten asuminen ja terveellinen elinympäristö. Lisäksi koulutus, työ ja toimeentulo sekä tasa-arvoon ja ihmisoikeuksiin liittyvät asiat mielletään osaksi perinteistä sosiaalista kestävyttä. Nykyisin sosiaalinen kestävä kehitys on saanut laajemman merkityksen, kun mukaan on tullut näkökulmia liittyen väestön muutokseen, alueiden segregatioon, turvallisuuteen sekä hyvinvointiin. Hyvinvointi ja sen mukana tuoma onnellisuus on noussut keskiöön tavoiteltaessa kestävästä kehitystä. (Vainio ym. 2012, 12.)

Kestävän rakentamisen tuominen osaksi päätöksen tekoa ja rakentamista vaatii uudenlaista ajattelutapaa. Perinteinen panos-tuotoslaskenta tulee laajentaa koskemaan hankkeen koko elinkaarta. Päätöksen teko muuttuu lisäksi haastavammaksi, koska optimaaliset ratkaisut tulee sovittaa niin kiinteistön omistajan, käyttäjän että ympäristön kannalta suotuisiksi. Ainoastaan ammattitaitoisella sekä huolellisella ja tiiviillä yhteistyöllä voidaan saavuttaa merkittävää kilpailuetua. Suunnittelun sekä suunnittelunohjauksen merkitys korostuu entisestään. (Rakennusteollisuus a.)

Kestävän rakentamisen tavoite on siis mahdollistaa hyvät elämisen lähtökohdat tuleville sukupolville ja parantaa ihmisten elämänlaatua sekä taata ekosysteemien kestävyys. Lisäksi kestävällä rakentamisella voidaan saavuttaa merkittävää kilpailuetua.

Suomessa kaupungit ovat kehittyneet huimaa vauhtia viimeisten 30 vuoden aikana. Väestön kehitys tulee kasvamaan ja esimerkiksi Helsingin seudun alueelle ennustetaan muuttavan noin 230000 uutta asukasta seuraavan 20 vuoden aikana. Väestön siirtyminen pienemistä kunnista suurempiin kasvukeskuksiin on havaittavissa jo tällä hetkellä. Käytännössä mitä pienempi kunta sen enemmän se kärsii väestökadosta. (Kuntaliitto 2019.)

### 3.4.2 Arvoketju ja rakennetun ympäristön elinkaari

Elinkaariajattelun yleistyessä, rakentamisen arvoketjussa tilaajalla on yhä suurempi rooli, koska päätös toteutusmuodosta sekä toteuttajista tulevat sen päätösten kautta. Tämä vaikuttaa olennaisesti hankkeen kulkuun ja sen luonteeseen. Elinkaarivastuu on yleistynyt keskustelussa ja työt halutaan vastuuttaa koko rakennuksen alusta loppuun asti.

Arvoketju on prosessi, jossa kuvataan jonkin tuotteen tai toiminnon päätymistä raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi. Kyseisen prosessin kehitti Michael Porter havaintojensa perusteella vuonna 1998. Porterin mukaan arvoketju rakentuu ensisijaisista sekä tukitoiminnoista. Ensisijaiset toiminnot tuottavat arvoa, jossa tuottokustannukset ylitetään, eli yritykselle muodostuu voittoa. Tukitoiminnot tukevat ensisijaisia tuotantotoimintoja ja mahdollistavat niiden toimimisen. Jokainen vaihe arvoketjussa nostaa tuotteen arvoa ja jokaisesta ensisijaisesta toiminnosta voi muodostua tärkeää kilpailuetua yritykselle. Arvoketju ja sen vaiheet sekä toiminnot määräytyvät aloittain ja yrityskohtaisesti. Porter kuvasi arvoketjua lähinnä yhden yrityksen näkökulmasta. Nykypäivänä katselukulma on laajentunut, jossa arvoketju on saanut lisää vaiheita, kuten esimerkiksi kierrätyksen. (Strategy train 2009.)

Rakentamisen arvoketju ja siitä muodostuva tuottavuus syntyy monimutkaisen prosessin kautta. Rakentamisen arvoketjun muodostavat joukko vaiheita, joista syntyy omistajilleen arvoa. Rakentamisen arvoketju voidaan muodostaa esimerkiksi elinkaarimallin avulla.

Tänä päivänä ei niinkään puhuta enää pelkästään yksittäisten rakennusten elinkaaresta vaan rakennetun ympäristön elinkaaresta. Tämänkaltainen elinkaariajattelumalli alkaa jo alueiden suunnittelusta. Onnistunein kokonaisuus saavutetaan, kun rakennuttaja tai tilaaja on kohteen omistaja. Näin arvoketju muodostaa pidemmälle kantautuvia suuntauksia. Elinkaariajattelun tulisi olla päätöksenteon keskiössä. Lisäksi sopimustekniikalla voidaan luoda kannusteita elinkaariajattelulle erilaisten vastuiden sekä riskien jaottelun kautta. Kuvassa 3 näkyy esimerkki rakennetun ympäristön elinkaaren eri vaiheista. (RAKLI.)

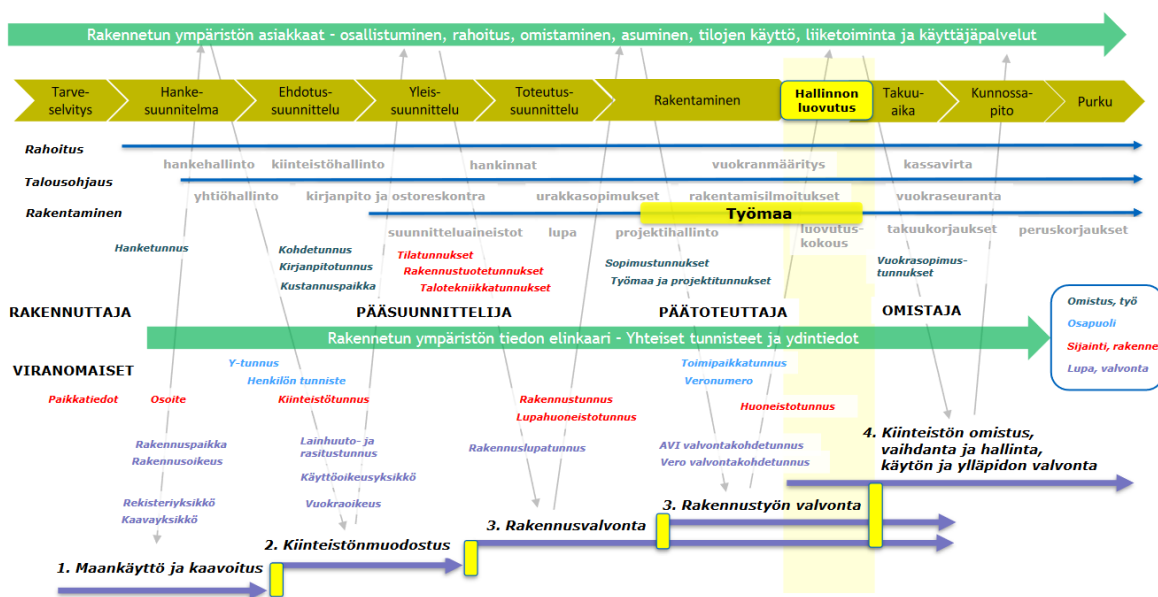


Kuva 3. Rakennetun ympäristön elinkaari (RAKLI.)

Rakennettu ympäristö jakautuu karkeasti viiteen eri elementtiin, joilla jokaisella on oma elinkaarensa. Ne ovat sijainti, kaava, kiinteistöt, rakennukset ja infrastruktuuri. Näissä kaikissa on murros parasta aikaa käynnissä ja näitä ollaan liittämässä lopulta suunnitteilla olevaan kansainväliseen tietomalliin. Elinkaariajattelu luo pohjan kestäväälle rakentamiselle. On laskettu, että rakennettu ympäristö kuluttaisi noin 40 % kaikesta primäärienergiasta. Vaikka tämän päivän koneet ja laitteet ovat energiatehokkuudeltaan jo huippuluokkaa, käytössä olevien laitteiden määrät ovat kasvaneet. (Kira-digi c.)

Rakennetussa ympäristössä tuotetaan valtavasti tietoa koko ajan. Tieto tulisi olla jaettuna rakennetun ympäristön eri toimijoille huomioiden niin yksityinen kuin julkinen sektori. Lisäksi saatu tieto tulee olla yhteensopivaa eri tiedonsiirtojärjestelmien välillä. Ympäristöministeriö on asettanut 2019 työryhmän varmistamaan rakennetun ympäristön tiedon yhteensopivuutta eri osapuolien välillä. (Ympäristöministeriö c.)

Rakennushankkeen elinkaaren varrella kertyy valtavasti tietoa eri lähteistä. Kuvassa 4 on esitetty eri tahot ja prosessit, joista tietoa tulee rakennetun ympäristön elinkaaren aikana.



Kuva 4. Tietojen kertyminen rakennetun ympäristön elinkaaren aikana (Autio 2019.)

### 3.4.3 Elinkaariarviointi LCA

LCA eli elinkaariarviointi on tuotteen tai palvelun kulutuksen tutkimista ympäristövaikutusten ja luonnonvarojen näkökulmasta. Arviointimenetelmää käytetään monella eri alalla ja se näyttää tärkeää roolia myös rakennusalalla, jossa sitä käytetään ekologisen kestävyuden arvioinnissa. Uuteen maankäyttö- ja rakennuslakiin ollaan tuomassa elinkaariarviointia

uutena asiakokonaisuutena mukaan ja se löytyy tälläkin hetkellä useasta kestävästä rakentamisen sertifiointijärjestelmästä. (Ympäristöministeriö a, 4.)

Elinkaariarvioinnista saadaan ympäristöarviointiin perustiedot, jonka mukaan eri toimijat saavat päätöksen teon tueksi tietoa luonnonvarojen kulutuksesta ja rakennusten elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista. Suunnitteluvaiheessa elinkaariarviointia käytetään luomaan yhä ympäristöystävällisempiä rakennuksia ja dokumentoimaan eri ratkaisusta saadut tulokset. (Ympäristöministeriö a, 4.)

Rakennusten elinkaariarviointi jakautuu viiteen eri vaiheeseen aina raaka-aineiden hankinnasta loppusijoitukseen kaatopaikalle, kierrätykseen tai energiaksi. Lähitulevaisuuteen sijoittuvat vaiheet on helpompi ennustaa arvioinnissa kuin mitä tapahtuu tulevaisuudessa tai mitkä ulkopuoliset elinkaaren vaikutukset rakennukseen kohdistuvat. (Ympäristöministeriö a, 5–6.)

Tuotevaihe on elinkaariarvioinnin ensimmäinen vaihe, johon kuuluvat kaikki valmistukseen liittyvät prosessit kuten raaka-aineiden hankinta ja kuljetus sekä rakennustuotteiden valmistus. Rakennusvaiheessa prosesseina ovat materiaalien kuljetukset työmaalle sekä työmaalla tapahtuvat eri työmaatoimet. Käyttövaihe sisältää rakennuksen huoltoon, sen rakennusosien vaihtoon ja korjauksiin liittyviä toimia. Arvioinnin ennustettavuus vaikeutuu tässä vaiheessa, koska arviointi on yleensä oletuksiin perustuvaa siitä, miten rakennuksen käyttö ja ylläpito tulee tulevaisuudessa menemään. Neljäs vaihe eli elinkaaren loppuvaiheen arviointi pohjautuu myös vahvasti skenaarioihin. Arvioinnin tässä vaiheessa tutkitaan rakennuksen purkuun ja rakennustuotteiden kierrätykseen liittyviä asioita. Rakennukseen kohdistuu myös ulkopuolisia vaikutustekijöitä. Materiaalit ja rakennustuotteet, joita voidaan kierrättää, voivat pienentää tulevaisuudessa rakennettavan rakennuksen ympäristövaikutuksia. Näitä nettovaikutuksia tarkastellaan elinkaaren arvioinnin viidennessä vaiheessa. (Ympäristöministeriö a, 5–6.)

Elinkaariarvioinnissa tulokset syntyvät eri indikaattoreiden avulla, jotka kuvaavat ympäristövaikutuksia ja luonnonvarojen kulutusta. Rakennusten arviointiin indikaattorina käytetään usein hiilijalanjälkeä, mutta uusia indikaattoreita kehitetään jatkuvasti lisää. Esimerkkinä primäärienergian ja otsonikatopotentiaali indikaattorit. Nämä mahdollistavat yhä monipuolisemman ympäristövaikutusten tarkastelun sekä sosiaalisten vaikutusten arvioinnin. (Ympäristöministeriö a, 7.)

Elinkaariarviointi tulee rajata tarkasti. Rajojen tunnistaminen on tärkeää, jotta päätöksen teossa tietoa ja tuloksia osataan käyttää oikein. Lisäksi asettamalla rajaukset selkeiksi ja tarkoiksi muodostuu tulokset kaikille osapuolille läpinäkyviksi. (Ympäristöministeriö a, 16.)

Rakennukset jakautuvat siis erityyppisiin elinkaariin ja rakenteellisiin kestävyyyksiin. Rakennuksen tuleva käyttöikä määräytyy useasti tilaajan päätöksestä, joka ohjaa suunnittelua ja erityyppisiä ympäristöön vaikuttavia valintoja heti rakennuksen alkuvaiheista lähtien. Näitä suunnittelun ja rakentamisvaiheen valintoja on hankalaa ja kallista muuttaa käyttövaiheessa.

Kustannuksia tarkastellaan monesti vain investointien pohjalta. Asioita katsotaan monesti lyhytnäköisesti ja koko elinkaaren mittainen arviointi jää vähemmälle huomiolle. On esimerkiksi huomattava ero siinä, tarkastellaanko rakennuksen käyttöön liittyvää energiankulutusta 30 tai 50 vuoden käyttöaikaan perustuen. Erilaiset valinnat rakennuksen teknisissä ominaisuuksissa saattavat nostaa huomattavasti alkupään kustannuksia, mutta koko elinkaaren kannalta tarkasteltaessa kustannukset voivat pienentyä merkittävästi. LCA tulisi ottaa vahvemmin käyttöön tilaajapuolen päätöksen teon tueksi. Näin päästäisiin arvioimaan rakennusta koko sen elinkaaren näkökulmasta. Vahvaa toimintakulttuurin muutosta tarvitaan, jotta osakokonaisuus-ajattelusta voidaan siirtyä kokonaisuudenhallintaan.

Elinkaaren arviointiin on tänä päivänä olemassa useita ohjelmistoja saatavilla. Näistä ehkä tunnetuimpia Suomessa ovat GaBi, SimaPro ja Open LCA. Ohjelmistot helpottavat suuresti arvioinnin tekemistä, koska ne pitävät sisällään valmiita laajoja tietokantoja eri materiaali-  
virroista ja ympäristövaikutuksista. Lisäksi ohjelmistot hyväksyvät ulkopuolisten tietokantojen tuonnin. (Antikainen 2010, 22–23.)

#### 3.4.4 Rakennusten energiatehokkuus

Tarkasteltaessa energiankäyttöä ja päästöjen vähentämistä, rakentamisella on suuri merkitys Suomessa ja maailmanlaajuisesti. Arvion mukaan Suomessa noin 30 % kasvihuonepäästöistä johtuu rakentamisesta ja noin 40 % energian loppukäytöstä tulee rakennuksien käytöstä johtuvista asioista. Olemassa olevien rakennusten energiatehokkuudella on siis erittäin iso merkitys verrattuna uudisrakentamiseen, joiden vaikutukset tulevat esiin pidemmän ajan kuluttua. Katsottaessa energiankäytön vaikutusta rakennuksen elinkaaren aikana, huomataan, että se on ympäristönkuormittaja ylitse muiden tekijöiden. Lisäksi energiankäytöstä muodostuvat asumiskustannukset ovat valtavat. (Motiva a.)

Vuonna 2018 voimaan tullut rakennusten energiatehokkuuden direktiivi muutos (2018/44/EU) nopeuttaa vuonna 2010 laaditun direktiivin (2010/31/EU) pykäliä. Direktiivissä keskitytään olemassa olevien rakennusten peruskorjausten kustannustehokkuuteen sekä älykkäiden teknologioiden käyttöönottoon rakennuksissa. Energiatehokkuusdirektiivin tarkoituksena on energiatehokkuuden parantaminen ja sitä sovelletaan kansallisessa tasolla

EU:n jäsenmaissa ottaen huomioon ilmasto-olosuhteet sekä muut asetetut vaatimukset. (Motiva b.) Direktiivissä edellytetään, että uusien julkisten rakennusten tulee täyttää vuodesta 2019 eteenpäin lähes nollaenergiavaatimukset. Lisäksi kaikkien uusien rakennusten tulee kattaa uudet määräykset vuoden 2020 jälkeen. Käsite, ”lähes nollaenergiarakennus”, on toistaiseksi suhteellisen epämääräinen näkemys kansallisella tasolla ja täyttä ymmärrystä ei alalla siitä vielä ole.

Parantamalla energiatehokkuutta voidaan siis vähentää päästöjä sekä kulutusta ja tuottaa kustannussäästöjä. Energiatehokas rakentaminen tulee ottaa päätöksentekoon mukaan, koska yhteiskunnanrakenteet muuttuvat ja rakennuksia rakennetaan koko ajan lisää ja tätä myötä myös energiankulutus kasvaa. Suomessa suurin osa energiasta kuluu lämmittämiseen. Arvion mukaan noin 26 % loppukulutuksesta johtuu rakennusten lämmityksestä (Motiva c). Energiatehokkuuteen vaikutetaan eri tahojen yhteistyöllä sekä siihen vaikuttaa moni muukin asia. Näitä voi esimerkiksi olla suunnittelu, valittu talotekniikka ja töiden yhteensovittaminen tai työmaalla muodostuva laatu. Näiden täytyy kulkea tiiviisti käsi kädessä, että haluttuun lopputulokseen päästään.

Energian säästäminen ei ole pelkästään ympäristökysymys. Työ- ja elinkeinoministeriö on luetellut joukon muitakin näkökulmia, miksi energiankäyttöä tulee tehostaa. Näitä ovat muun muassa energian saatavuuden turvaaminen, tuontienergiatarpeen vähentäminen sekä resurssitehokkuus. Energiaa säästämällä nähdään myös olevan edistäviä vaikutuksia uusiutuvien energiamuotojen kasvattamiselle. (Työ- ja elinkeinoministeriö.)

## 4 Työhön liittyvä lainsäädäntö, asetukset, ohjeistukset ja tavoitteet

### 4.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL), maankäyttö- ja rakennusasetus (MRA) ja rakentamismääräyskokoelma

Maankäyttö- ja rakennuslaissa käsitellään alueiden käyttöä sekä rakentamista. Lain päätavoitteena on luoda elinympäristöstämme terveellinen, turvallinen sekä viihtyisä. Lisäksi siinä pyritään sosiaalisesti toimivaan ja eri väestöryhmät huomioivaan rakentamiseen. Lait sekä asetukset koskevat muun muassa kaavoitusta, rakennusjärjestystä, tonttijakoa, rakentamisen yleisiä vaatimuksia sekä lupatoimintaa. Lisäksi lain tavoitteena on turvata kansalaisille avoin vaikuttamisen mahdollisuus asioiden valmistelussa. (Ympäristöministeriö f.) MRL säännöksiä tulee noudattaa alueiden suunnittelussa, rakentamisessa sekä rakennusten käytössä (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, §2). Tarkennuksia lakiin voidaan antaa esimerkiksi asetuksilla tai kunnan rakennusjärjestyksellä.

Toimintaympäristön muutos on uudistanut maankäyttö- ja rakennuslakia useasti sen historian aikana ja niin on käymässä myös tulevaisuudessa. Ilmasto- ja energiakysymykset, kaupungistuminen ja digitalisaatio ovat ilmiöitä, jotka haastavat meidät uusiin toimiin. Alueiden käyttöön sekä rakentamiseen vaikuttavat lisäksi muut lait, jotka osaltaan vaikuttavat kyseisen säädösten rooliin. (Ympäristöministeriö 2018a.)

Maankäyttö- ja rakennuslakiin esitetään tällä hetkellä hallituksen toimesta laeiksi ympäristövaikutusten arviointimenettelyä. Lakiin tehtäisiin tarkennuksia muun muassa määritelmiin, soveltamisalaan ja maa-ainelain (555/1981) säännöksiin. (Ympäristöministeriö 2020a.) Keskeisimpänä säännösmuutoksena maa-aineslaissa olisi PIMA-maiden tutkimusvelvollisuus sekä näiden kaivamiseen, varastointiin ja hyödyntämiseen koskevat ilmoitusmenettelyt. (Ympäristöministeriö 2018b.) Lisäksi maa-ainesten kestävä käyttöön opas päivitetäisiin. Päivitys koskisi lisäksi maa-ainelupien ja ympäristölupien yhteiskäsittelyä. Oppaaseen on tulossa lisäyksiä kotitarveottoon, ottoalueiden jälkihoitoon sekä luonnon monimuotoisuuden huomioimiseen ohjeistuksessa. (Ympäristöministeriö 2016.)

MRL:n uudistuksessa määritellään reunaehdot seuraaville vuosikymmenille. Yhdyskuntarakenteen tiivistymisen sekä kaupungistumisen myötä odotetaan ratkaisuja moniin yhteiskunnallisiin haasteisiin. Kaupunkien ja kuntien näkökulmasta täydennysrakentamiseen tulisi panostaa vieläkin enemmän ja tuoda se selvemmin uudistuvaan lakiin. Pelkkä kaupungistuminen itsestään ei tuo automaattisesti ratkaisuja vaan vaaditaan toimia niin politiikan kuin maankäytön ohjaamisenkin saralla. Kaupungistumisen edut voidaan saavuttaa ainoastaan tiivistämällä yhdyskuntarakennetta. Täydennysrakentaminen nähdään vahvana välineenä

uudistettaessa ja elävöitettäessä ympäristöä ja vanhoja asuinalueita. Kunnissa painotetaan hankelähtöiseen ajattelumalliin siirtymistä ja eri kuntien väliseen kumppanuuskaavoituksen lisäämiseen. MRL-uudistuksen tulisi edistää viranomaistoimintaa ja saattaa se enemmän asiakaslähtöisempään suuntaan. (Rakennusteollisuus 2019.) Kuntien rooli lakiuudistuksessa on suuri. Kaavoitus ja sen toteuttaminen, rakennusvalvonta sekä lupamenettelyt muodostavat yhteisen kokonaisuuden, jota tulee tarkastella lakiuudistuksessa tarkasti. (Kuntaliitto b.)

Maankäyttö- ja rakennusasetuksella annetaan tarkennuksia MRL:ssä esiintyviin pykäliin. Asetuksessa tarkennetaan maakunta-, yleis- ja asemakaavaan, tonttijakoon, ympäristöön, rakennusten suunnitteluun, lupamenettelyyn sekä itse rakentamisen suorittamiseen liittyviä aihepiirejä. Asetuksella otetaan muun muassa kantaa vastaavalle työnjohtajalle sekä pääsuunnittelijalle asetettuihin tehtäviin. (Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä -asetus määrittää edellytykset ja olennaiset tekniset vaatimukset, jotka koskevat rakentamista. Tarkemmat rakentamista koskevat säännökset ja ohjeistukset on koottu yhteen rakentamismääräyskokoelmaan. Rakentamismääräykset uusituvat lähes koko ajan ja uusia ohjeistuksia päivitetään kokoelmaan. (Ympäristöministeriö g.) Rakentamismääräykset jakautuvat seuraaviin pääkohtiin:

- Suunnittelu ja valvonta
- Rakenteiden lujuus ja vakaus
- Paloturvallisuus
- Terveellisyys
- Käyttöturvallisuus
- Esteettömyys
- Meluntorjunta ja ääniosuhteet
- Energiatehokkuus
- Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje
- Asuntosuunnittelu

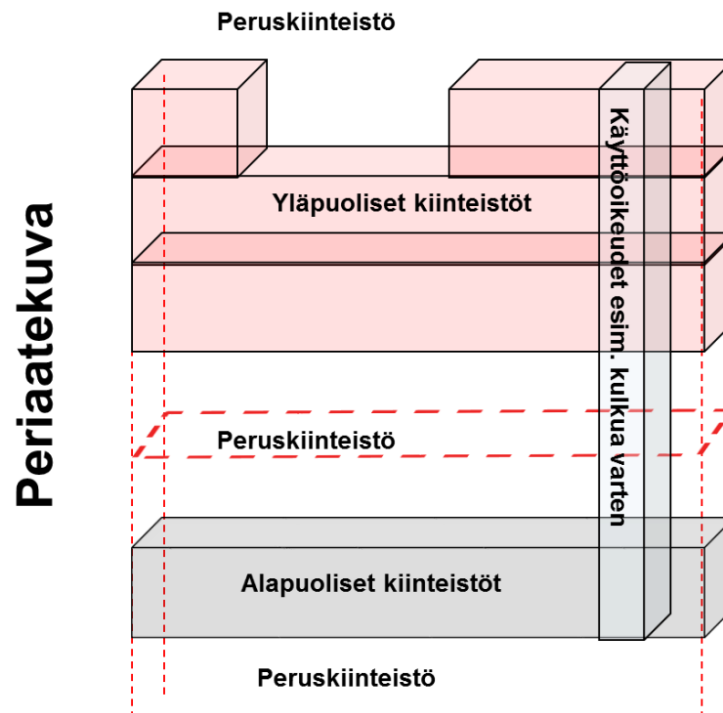
Rakentamiskokoelma keskittyy lähinnä uudisrakentamiseen, mutta sen kohtia sovelletaan lisäksi korjaus- sekä muutosrakentamisen alueelle. (Ympäristöministeriö g.)

Rakennushankkeeseen ryhtyvän, yleensä tilaajan, on valittava hankkeelleen sellaiset suunnittelijat ja tekijät, joilla on riittävä asiantuntemus sekä ammattitaito. Tilaajan on huolehdittava, että suunnittelu ja rakentaminen tapahtuu sekä lupamääräysten ja rakentamisen

säännösten että hyvän rakentamistavan mukaisesti. Tätä kaikkea valvoo rakennusvalvontaviranomainen. Tilaajan on huolehdittava, että rakennustyömaalla pidetään yllä rakentamisen tarkastusasiakirjaa. Tarkastuskirjaan merkitään hankeen aikana aloituskokouksessa nimettyjen vastuuhenkilöiden toimesta tehdyt tarkastukset. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tehtäviin kuuluu varmistaa, että rakennus suunnitellaan ja toteutetaan niin, että se on rakenteeltaan luja ja vakaa. (Ympäristöministeriö g.) Rakennushankkeet on monesti vaativia ja monisäikeisiä prosesseja, jonka vuoksi rakennushankkeeseen ryhtyvällä on joukko suunnittelijoita, valvoja sekä asiantuntijoita mukana toteuttamassa rakennushanketta.

#### 4.2 Kolmiulotteinen kiinteistöjen muodostaminen

Maankäyttö- ja rakennuslakiin kirjattiin 1.8.2018 muutoksia liittyen kolmiulotteiseen kiinteistön muodostukseen. Tästä lähtien kiinteistöjä on voinut olla kahdenlaisia, kaksiulotteisia ja kolmiulotteisia kiinteistöjä. Kolmiulotteisessa kiinteistössä leveys-, syvyys- ja korkeussuunta on määritelty. Pinta-alan määrittäminen tonttijaon tai kiinteistönmuodostuksen yhteydessä vaan kiinteistörekisteriin merkitään ainoastaan projisoitu pinta-ala. Kolmiulotteisen kiinteistön muotoa ei ole rajoitettu ja se voi sijaita maanpinnan ylä- tai alapuolella tai osittain kummassakin. Perinteistä kaksiulotteista kiinteistöä kutsutaan peruskiinteistöksi. (Mättö ym. 2018.) Kuvassa 5 on esitetty esimerkki 3d-kiinteistön ja peruskiinteistön välisestä rajauksesta.



Kuva 5. Periaatekuva 3D-kiinteistöstä ja peruskiinteistöstä (Maanmittauslaitos 2018, 4.)

Kolmiulotteisella kiinteistöjen muodostuksella helpotetaan lähinnä laajojen rakennushankkeiden toteuttamista. Uudistuksen myötä lisäksi yksinkertaistetaan sekä joustavoitetaan asemakaava-alueen suuria hankkeita, jotka ovat monitasoisia. Uudistuksella lisäksi voidaan helpottaa ja selkeyttää kiinteistöjen jakamista korkeussuunnassa. Kiinteistön jako voi perustua tulevaisuudessa eri käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi maanalainen taso voidaan perustaa omaksi kiinteistöksi palvelemaan pysäköintiä tai liikennettä. (Valtioneuvosto 2018.)

Lainsäädäntö lähtee siitä, että 3d-kiinteistöjä halutaan käsitellä samoin tavoin kuin perinteisiä kiinteistöjä. Tämän vuoksi 3d-kiinteistönmuodostaminen säädösten osalta ei ole kovin laaja. Maankäyttö- ja rakennuslakiin lisätty uusi säännös 158a, jonka mukaan kolmiulotteisen kiinteistön sekä siihen liittyvän rakennusrasitteen voi muodostaa ilman asianomaisten sopimusta, on ehkä merkittävin uudistus. Lisäyksellä varmistetaan 3D-tonttien rakentamiskelpoisuus tulevaisuudessa. (Maanmittauslaitos 2018, 6.) Käytännössä rakennusrasitteet muodostetaan aina sopimus pohjaisesti.

3D-hankkeet ja niiden käyttöoikeudet ovat tarkemmin määriteltyjä verrattuna perinteiseen rakentamiseen. Selkeyden vuoksi on hyvä muodostaa eri kiinteistöjen välille yhteisjärjestelysopimus. Uudistettu MRL 78.2 § antaa tonttijaolle kolmiulotteisuuden mahdollisuuden. Tämä voi olla hyödyllistä esimerkiksi suunniteltaessa kokonaisia kortteleita tai niihin liittymistä. Lisäksi kulkuyhteyden tarvittavaa rasitetta 3d-kiinteistössä ei asetuksen (MRA 37.3§) mukaan ole enää välttämättä tarvetta muodostaa. (Maanmittauslaitos 2018, 6–7.)

3d-kiinteistön muodostuksessa on tärkeää, että kaikki osapuolet pääsevät jo varhaisessa vaiheessa yhteisymmärrykseen tulevasta rakennuksesta sekä siihen liittyvistä teknisistä ominaisuuksista ja ratkaisuista. Muodostettaessa 3d-kiinteistörasitteita tulee sopimusosapuolilla olla selvä kuva lopullisista oikeuksista ja velvollisuuksista. On tärkeää määritellä vastuukysymykset ja vakuutuksiin liittyvät asiat alkuvaiheessa selventämään tilannetta mahdollisten laiminlyöntien tai vahinkojen sattuessa.

### 4.3 Jätelaki

Jätelainsäädäntöä ollaan uudistamassa EU:ssa 2018 hyväksytyjen säädösten mukaisesti. Tavoitteena on jätteen määrän vähentäminen ja uudelleen käytön ja kierrätyksen lisääminen. Uuden jätedirektiivin mukaisesti yhdyskuntajätteen kierrätystä kasvatetaan portaittain 55 prosentissa 65 prosenttiin 2025–2035 välisenä aikana. Pakkausjätettä tulee kierrättää 70 prosenttia vuoteen 2035 mennessä. Lakiin on tulossa lisäksi tarkennuksia jätteen määritelmään sekä jätteiden kulun seurantaan ja jäljitettävyyteen. Jätelain päivitys vaikuttaisi

samalla muun muassa ympäristösuojelulakiin, kemikaalilakiin ja rikoslakiin. (Ympäristöministeriö d.)

Hallitus on esittänyt syyskaudella 2020 kertakäyttömuovidirektiivin täytäntöön panemista, joka pitää sisällään EU 2019/904 direktiivissä määrättyjä lakitason muutoksia. Direktiivissä on säädettyä tuotteisiin liittyviä kieltoja ja vaatimuksia merkintöihin. (Ympäristöministeriö 2020 c.) Ympäristöministeriössä 2018 kehitetty muovitiekartan toimeenpano sijoittuu vuodelle 2021. Muovitiekartan tehtävänä on vahvistaa Suomen roolia kiertotalouden edelläkävijänä. Kartan toimeenpanon edistäjäksi on luotu yhteistyöverkosto, jonka tehtävänä on lisätä eri sidosryhmien ja kansalaisten välistä vuorovaikutusta sekä tietoutta muovien haasteista ja ratkaisuista. (Ympäristöministeriö 2019b.)

#### 4.4 Rakennusvalvonta

Rakennusvalvonta suorittaa rakennetun ympäristön valvontaa. Tämä tehdään maankäyttö- ja rakennuslakiin kirjattujen pykälien §166-§170 mukaisesti. Nämä pykälät liittyvät rakennuksen kunnossapitoon, ympäristöhoitoon ja varastointiin. Lisäksi rakennusvalvonta ottaa kantaa keskeneräiseen rakentamiseen sekä rakennusten terveellisyyteen ja turvallisuuteen. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, §166-§170.) Rakennusten kunnossapitoon tai turvallisuuteen liittyvät puutteet voidaan määrät korjattavaksi. Äärimmäisenä keinoa jopa purettavaksi. Käytännössä rakennusvalvonta valvoo rakennusten julkisivujen kuntoa ja ympäristö siisteyttä. Pää tarkoituksena on varmistaa rakennuksen tai siihen liittyvän osan turvallisuutta sekä luvanvaraisuutta ja siihen liittyvää käyttötarkoitusta. Rakennusaikana valvonta keskittyy rakennuksen sijoittumiseen rakennettavalla tontilla sekä rakennusaikaiseen suojaukseen. (Lohjan kaupunki.)

#### 4.5 Kaavamääräykset

Toimiva yhteiskunta tarvitsee aina järkevää maankäytön suunnittelua. Suunnittelua ohjaa yleisesti maankäyttö- ja rakennuslaki. Maakuntia ja kuntia ohjaavat valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet, joista vastaa ympäristöministeriö. Lisäksi samaan suunnittelujärjestelmään luetaan maakunta-, yleis-, ja asemakaava. Erilaiset seutu- ja kuntastrategiat, poliittiset päätökset sekä rakennusjärjestys vaikuttavat oleellisesti maankäyttöön. (Ympäristöministeriö h.)

Ohjeistus kuntien kaavoitukselle sekä valvovalle viranomaistoiminnalle tulee maakuntakaavan kautta. Siinä kuvataan yleisesti rakentamisen sekä ympäristön kehittämisen suunnat seuraaviksi vuosikymmeniksi maakunnan alueella. Maakuntaliitto laatii maakuntakaavan.

Yleiskaava kuuluu kunnille ja vastaa sen laatimisesta. Kunnanvaltuusto hyväksyy yleiskaavan. Yleiskaavassa määritellään kunnan kehityksen linjaukset. Vaikka yleiskaava on pääpiirteinen, siinä määritellään esimerkiksi asuinalueiden sekä kulkuyhteyksien sijainnit. Yleiskaava toimii ohjeistuksena asemakaavalle. Asemakaava on tarkin kaavataso. Se ottaa huomioon esimerkiksi paikalliset olosuhteet ja alueiden tulevan käytön. Asemakaavasta päättää ja sitä valvoo kunta. Kaikkien kaavojen laatimiseen kuvaukset ja sisältövaatimukset löytyvät maankäyttö- ja rakennuslaista. (Ympäristöministeriö h.)

#### 4.6 Rakennustapaohjeet ja hyvä rakennustapa

Rakennustapaohjeet ovat alueellisia suunnitteluohjeistuksia, jotka ovat rakentajaa velvoittavia, kun ne hyväksytään asemakaavan yhteydessä. Rakennustapaohjeet täydentävät määräyksiä sekä ohjaavat suunnittelua. Monesti kunnan ja kaupungin ohjeet ovat yhtenäisiä kunnan rajojen sisällä, mutta esimerkiksi Helsingissä alueelliset suunnitteluohjeet on määritelty usealle eri alueelle kaupungin sisällä. (Helsingin kaupunki.) Rakennustapaohjeistus voi koskea muun muassa rakennuksen etäisyyttä rajasta, julkisivuun liittyviä seikkoja tai tarkempia ohjeita täydennysrakentamisesta. Rakennustapaohjeistuksen perimmäinen tarkoitus tehdä alueista yhtenäisempiä kokonaisuuksia. (Kuntaliitto.)

Rakennusalalla on lisäksi käytössään alan itsensä sopimia hyväksi havaittuja käytänteitä. Ne ei ole tarkkaan määritelty vaan elävät riippuen ajasta ja käytettävistä sen hetkisistä tekniikoista. Sen vuoksi on erityisen tärkeää kirjata urakka-asiakirjoihin tarkentavana kirjauksena mitä hyvältä rakentamistavalta halutaan. Kirjaus voi olla esimerkiksi viittaus Suomen rakentamismääräyskokoelmaan tai rakentamisen yleisiin laatuvaatimuksiin. (Lindholm 2016.)

#### 4.7 Rakennustuotteiden CE-merkinnät

Rakennustuotteiden CE-merkinnässä on kysymys valmistajan vakuutuksesta siitä, että rakennustuotteen ominaisuudet täyttävät eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin. Rakennustuotteita, joilla ei ole CE-merkintää, ei saa asettaa markkinoille. Rakennustuotteen CE-merkintä osoittaa lisäksi, että kyseinen tuote on testattu harmonisoidun tuotestandardin mukaisesti ja on suoritustasonsa mukainen. CE-merkkiä varten tulee tuotteesta testata ainakin yksi ominaisuus. CE-merkkiä ei pidä sekoittaa laatumerkkeihin ja eikä se yksin täytä välttämättä kriteerejä sopivuudelle rakennuskohteissa. Tuotteen soveltuvuus tulee aina katsoa käytön, olosuhteiden ja rakentamismääräysten avulla. (Ympäristöministeriö e.)

Yksi CE-merkinnän tarkoituksista on parantaa rakennustuotteiden tarkasteltavuutta ja vertailua toisiinsa. Suoritustasoilmoitusten vertailu eri tuotteiden välillä helpottaa niin kuluttajaa kuin suunnittelijaa. Tätä kaikkea edesauttaa tuotteiden ominaisuuksien ilmoittaminen aina samankaltaisella, yhteisesti sovitulla tavalla. CE-merkki edistää lisäksi kaupankäyntiä Euroopassa, koska erillisiä lisäselvityksiä ei tarvitse nyt maiden välillä tehdä. (Ympäristöministeriö e.)

CE-merkintä vaaditaan niille rakennustuotteille, jotka kuuluvat harmonisoidun tuotestandardin piiriin. Eurooppalainen CEN on laatinut harmonisoidun tuotestandardin, jonka perusteella CE-merkki voidaan myöntää. CE-merkki ei ole pakollinen sellaisille tuotteille, joille ei ole luotu harmonisoitua tuotestandardia. Uusille tuotteille ei monesti löydy tuotestandardia, jolloin valmistaja voi edetä eurooppalaisen teknisen arvioinnin kautta ja saada tuotteelleen merkinnän. (Ympäristöministeriö e.)

Tuotteen suoritustasoilmoituksesta vastaa valmistaja, joka tehdään joko harmonisoidun tuotestandardia tai teknistä arviointia käyttäen. Ilman tätä ilmoitusta CE-merkkiä ei tuotteeseen voida kiinnittää. Suoritusilmoituksesta käy ilmi kaikki ne tuotteen ominaisuuksien arvot, joita kansalliset viranomaisvaatimukset edellyttävät. Valmistajan ei välttämättä ole ilmoitettava kaikkia ominaisuusarvoja. Vähintään yksi perusominaisuuksiin liittyvä suoritustaso on ilmoitettava, jolla on selvä merkitys aiotun käyttötarkoituksen kannalta. (Ympäristöministeriö e.)

CE-merkkiä ja sen käyttöä valvovat viranomaiset. Suomessa valvontaa suorittaa turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKES. Jos CE-merkintää käytetään väärin tai on puutteellinen, voidaan tuotteen käyttöä tai myyntiä rajoittaa. (Ympäristöministeriö e.)

#### 4.8 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi

Rakennusten energiatehokkuusdirektiiviin (2010/31/EU) tuli käyttöön vuonna 2018 direktiivi muutos (2018/44/EU), jonka myötä pyritään nopeuttamaan rakennusten energiatehokkuutta. Lisäämällä älykkäitä teknologioita sekä kustannustehokkaita peruskorjausratkaisuja tavoitteena on matalahiilisen rakennuskannan luominen yhteiskuntaan. (Motiva b.)

Muutetun energiatehokkuusdirektiivin toimeenpano on meneillään tämän työn kirjoitushetkellä ja lainsäädäntö on tarkoitus saattaa voimaan lokakuussa 2020. Muutosdirektiivillä otetaan kantaa lämmitykseen, jäähdytykseen sekä lämpimän veden mittaukseen ja laskutukseen liittyviin asioihin. Euroopan komission uuden esitetyn ohjelman mukaan kasvihuonepäästöjen tulisi olla vain 55 prosenttia 1990 luvun tasosta vuoteen 2030 mennessä. Lisää

muutoksia energiatehokkuusdirektiiviin on tämän vuoksi tulevaisuudessa luvassa. Komissio tulee esittämään kyseistä asiaa kesäkuussa 2021. (Työ- ja elinkeinoministeriö.)

Energiatehokkuuslainsäädännön tuomien mahdollisuuksien myötä muun muassa sähköautojen latauspisteet tulevat lisääntymään. Lisäksi rakennusten lämmityksen ja ilmastoinnin seuranta kehittyy. (Ympäristöministeriö i.)

#### 4.9 MAL-sopimukset

MAL-sopimukset, eli maankäytön, asumisen ja liikenteen sopimukset, ovat valtion ja suurten kaupunkien välisiä sopimuksia, joiden tavoitteena on parantaa kaupunkiseutujen toimivuutta, kilpailukykyä ja kehittämistä. Hallitusohjelman kirjauksen mukaisesti MAL-sopimuksia ollaan laajentamassa lisäksi muihin yli 100000 asukkaan kaupunkeihin, kuten Jyväskylään, Lahteen ja Kuopioon. (Ympäristöministeriö j.)

Uusien MAL-sopimuksien myötä maankäyttöä, asumista ja liikkumista tullaan ohjaamaan kestävämpään suuntaan. Kestävää kaupunkikehittämistä rahoittaisivat valtio ja kaupungit. Kaupungit ja valtio yhteistyössä pyrkivät ratkaisemaan isoja kysymyksiä kuten uhkaava asuntopula ja päästöttömän liikenteen lisääntyminen. (Valtioneuvosto 2020.)

Liikenteeseen on tulossa isoja investointeja muun muassa raideliikenteen osalta. Pääkaupunkiseudun ja Tampereen lähijunaliikenne lisääntyy ja Turun tunnin juna -kokonaisuus on saamassa lisäkehittämistä. Sopimuksien hyväksyntä tarvitsee vielä eri seutujen ja valtioneuvoston hyväksynnän. (Valtioneuvosto 2020.)

#### 4.10 Päästöttömät työmaat – Green deal

Iso osa kaupunkien ja kuntien ilmastopäästöistä muodostuvat työmailla ja niistä johtuvista toiminnoista. Rakennusten lämmityksestä ja kuivatuksesta sekä erilaisista kuljetuksista johtuvat päästöt ovat merkittäviä. Työkoneiden päästöt voivat olla paikallisesti isoimpia pienhiukkaspäästöjen lähteitä Suomessa. Hankinnoilla pyritään hillitsemään näitä päästöjä ja vähäpäästöisten työkoneiden osuutta ollaan lisäämässä julkisten hankintojen kautta. (Keino 2018.)

Päästöttömät rakennustyömaat – green deal sopimus luo puitteet uudelle konseptijajattelulle, jossa hankkeen päätoteuttajana toimisi hankintayksikkö ja varsinaista pääuraakoitsijaa ei olisi. Hankintayksikkö kilpailuttaisi itse urakoitsijat ja palveluntuottajat. Näin voidaan sopimusteknisesti luoda hyvät edellytykset vähäpäästöisten tuotteiden käytölle ja uusien toimintamallien käyttöönotolle. Suomessa ensimmäinen green deal -sopimus

allekirjoitettiin syyskuussa 2020. Osapuolina siinä olivat Ympäristöministeriö, Senaatti-kiinteistöt sekä Helsingin, Espoon, Vantaan ja Turun kaupungit (Keino 2018.)

## 5 Rasitteet

### 5.1 Johdanto

Rasitetta luotaessa annetaan oikeutus käyttää toiselle kuuluvaa rajattua maa- tai vesialuetta. Rasitetta voisi kuvailla toisin sanoen kiinteistöjen kahdenväliseksi käyttösuhteeksi, jossa toinen on rasitettu ja toinen oikeutettu dominoiva taho. Rasite perustetaan viranomaispäätöksen kautta. Rasite ei ole henkilökohtainen oikeus vaan sen ensisijainen tarkoitus on edistää oikeutetun kiinteistön tarkoituksenmukaista käyttöä. Rasite ei siis ole sidoksissa omistajanvaihdoksiin. Rasitteesta tulee kuitenkin käytännössä aina sopia kirjallisesti rasitteena palvelevan kiinteistön kanssa. Joissain tapauksissa rasite voidaan perustaa ilman sopimustakin niin sanottuna pakkorasitteena. Tämä koskee asemakaava-alueelle tehtävää rasitetta, jolloin erillisiä suostumuksia ei tarvita. Rasite voidaan perustaa, jos rasitetulle rekisteriyksikölle tai sen haltijalle ei aiheudu huomattavaa haittaa. Rasite voidaan perustaa joko pysyväksi tai määräaikaiseksi. Määräaikainen rasite voidaan lisäksi määrittää niin, että se raukeaa, jos sille asetut ehdot täyttyvät. (Wikipedia; Kiinteistönmuodostuslaki 544/1995, 156§.)

Olemassa oleva rasite voidaan siirtää tai muuttaa asianosaisten sopimuksella ja jos siitä ei ole asemakaavan toteutumiselle haittaa. Erillistä sopimusta osapuolien välillä ei vaadita, jos rasitteesta johtuva haitta poistuu tai se vähentää sitä. Lisäksi rasitteen voi siirtää ilman sopimusta, jos rasitteen käyttömahdollisuus on olosuhteiden vuoksi muuttunut tai se oleellisesti heikentää alkuperäistä käyttötarkoitusta. (Kiinteistönmuodostuslaki 544/1995, 160§.) Rasite voidaan poistaa käytöstä asianomaisten sopimuksella, jos rasitteen merkitys on oikeutetulle taholle vähentynyt tai se ei ole enää välttämätön. Jos kohtuutonta haittaa aiheuttavaa rasitetta ei voida poistaa, saattaa rasitettu taho olla oikeutettu saamaan muutoksista johtuva korvaus. (Kiinteistönmuodostuslaki 544/1995, 161§.)

Rakennetussa ympäristössä rasitteet sekä niiden muodostaminen nousevat hyvin suureen rooliin, koska alueiden ja kiinteistöjen yhteiskäyttö lisääntyy nopeaa vauhtia ja rakennettava alue ei pinta-alaltaan enää laajene. Tarvitaan yhä enemmän tehokasta tilan- ja maankäyttöä, että ihmiset voivat elää tiiviisti tulevaisuuden ympäristössä. Monitasoinen rakentaminen tulee lisääntymään ja lisää haasteita rasitteiden sekä yhteisjärjestelysopimusten muodostamisessa. Ratkaisuja on haettu uudella lainsäädännöllä liittyen 3d-kiinteistön muodostukseen.

## 5.2 Kiinteistörasitteet

Kiinteistölle voidaan perustaa toisen kiinteistön alueelle pysyvänä rasitteena useita erityyppisiä oikeuksia. Kiinteistömuodostuslain (544/1995) 154§ mukaiset kiinteistölle asetettavat rasitteet on esitetty seuraavasti.

- 1) talousveden ottamiseen;*
- 2) talousveden johtamiseen sekä talousvesijohdon ja siihen liittyvien laitteiden ja rakennelmien sijoittamiseen ja käyttämiseen;*
- 3) veden johtamiseen maan kuivattamista varten;*
- 4) viemärijohdon ja muiden jäteveden johtamiseen ja käsittelyyn liittyvien laitteiden ja rakennelmien sijoittamiseen ja käyttämiseen;*
- 5) puhelin-, sähkö-, kaasu-, lämpö- tai muun sellaisen johdon sekä johtoihin liittyvien laitteiden ja rakennelmien sijoittamiseen ja käyttämiseen;*
- 6) ajoneuvojen pitämistä, venevalkamaa, laituria, uimapaikkaa, puutavaran varastointia ja lastauspaikkaa varten tarvittavan alueen käyttämiseen sekä asemakaava-alueella yhteispihaa varten tarvittavan alueen käyttämiseen;*
- 7) kalastusta varten tarpeellisen maa-alueen käyttämiseen;*
- 8) kiven, soran, hiekan, saven, turpeen tai muun näihin verrattavan maa-aineksen ottamiseen;*
- 9) väestönsuojelua varten tarvittavien rakennelmien sijoittamiseen ja käyttämiseen;*
- 10) jätteen kokoamispaikan tai kiinteistöjen yhteisen lämpökeskuksen sijoittamiseen ja käyttämiseen; sekä*
- 11) kulkuyhteyttä varten tarvittavaan alueeseen asemakaava-alueella; kulkuyhteyttä varten tarvittava alue voidaan määritellä myös kolmiulotteisena. (Kiinteistömuodostuslaki 544/1995, 154§.)*

Kulkemiseen liittyvät rasitteet eli tierasitteet ovat yleisimpiä perustettavia rasitteita. Tierasite perustetaan toisen maalle pysyväksi rasitteeksi eli toisella kiinteistöllä on kulkuyhteys toisen omistuksessa olevan alueen kautta. Rasitetoimituksesta tyypillisesti sovitaan kirjallisesti, mutta tietyissä tapauksissa rasite voidaan perustaa sopimuksetta. Silloin rasitettu kiinteistö ei saa joutua liiallisen haitan kohteeksi. (Herkulex.fi 2020.)

Tiiviissä täydennysrakentamisissa vesi-, viemäri-, sähkö- ja lämpöjohtorasitteiden käyttöönotolta ei voi monestikaan välttyä. Johtoja viedään useasti eri kiinteistöjen läpi, jonka takia laki sallii niiden asentamisen ilman erillistä omistajan lupaa. Yhdyskuntateknisten johtojen

sekä niihin liittyvien laitteiden ja rakennelmien sijoittaminen kiinteistön alueelle on lisäksi sallittua, jos muuta vaihtoehtoa ei löydetä. Johtorasitteille pyritään aina kuitenkin löytämään ensisijaisesti sopimus. Rakennusviranomaisen voi muuttaa tai poistaa rasitteen tarvittaessa johtorasitteen. (Minilex.)

Täydennysrakentamiseen liittyy olennaisesti autopaikkarasitteet, väestönsuojaan ja jäteenkokoamispaikkaan liittyvät rasitteet. Asemakaava-alueella rasitteet voidaan perustaa naapurikiinteistöön tai sen alueelle. Tämän tyyppiset rasitteet voidaan perustaa ilman sopimuksellista tilaa osapuolten välillä (Kiinteistönmuodostamislaki 554/1995, §156).

### 5.3 Rakennusrasitteet

Rakennusrasitteessa muodostetaan pysyvä oikeus käyttää toisen kiinteistön rakennusta. Rakennusrasitteista vastaa rakennusvalvontaviranomainen. Rakennusrasitteet ovat yleensä asemakaavaan perustuvia ja niistä ei edellytetä sopimusta. Sopimukseen perustuvia rasitteita tehdään yleensä esimerkiksi huoltolaitteista tai auto- ja roskakatoksista. (Laki24.) Rakennusrasite haetaan maanmittauslaitokselta. Maankäyttö- ja rakennusasetus (895/1999) 80§ mukaiset kiinteistölle asetettavat rasitteet on esitetty seuraavasti.

- 1) käyttää rasitetulla kiinteistöllä olevan rakennuksen tai tukimuurin perustusta rasiteoikeuden haltijan kiinteistölle rakennettavan rakennuksen tai tukimuurin perustamiseen sekä ulottaa rakennuksen tai tukimuurin perustus rasitetulle kiinteistölle (perustusrasite);
- 2) käyttää rasitetulla kiinteistöllä olevan rakennuksen seinää tai rakennetta välipohjan tai muun rakenteen tukemiseen tai muuhun vastaavaan tarkoitukseen sekä rakentaa niin, että rajalla olevilla rakennuksilla on yhteinen seinä (rakennerasite);
- 3) sijoittaa kiinteistöä palvelevia johtoja ja näihin kuuluvia laitteita rasitetulla kiinteistöllä olevaan rakennukseen sekä käyttää näihin tarvittavia tiloja (laiterasite);
- 4) käyttää rasitetulla kiinteistöllä sijaitsevassa rakennuksessa olevaa kulkuväylää, väestönsuojaa ja autopaikkaa (käyttörasite);
- 5) käyttää rasitetulla kiinteistöllä olevaa lämpökeskusta tai lämmönsiirtolaitetta taikka jätehuoltoa tai muuta yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevaa laitosta sekä näihin tarkoituksiin varattua tilaa (huoltorasite);
- 6) käyttää rasitetulla kiinteistöllä sijaitsevassa rakennuksessa olevaa kiinteistöjen yhteiseksi tarkoitettua tilaa taikka muuta asumista, työntekoa tai kiinteistöhoitoa palvelevaa laitosta ja näihin tarkoituksiin varattua tilaa (yhteisrasite);
- 7) tehdä ovi tai muu aukko rasitetun kiinteistön rajalla olevaan seinään tai jättää palomuuuri rakentamatta (seinärasite);

*8) ulottaa rakennuksen katto tai lisäeristyksestä johtuva ulkoseinän osa rasitetun kiinteistön puolelle tai rakentaa katto siten, että vesi valuu rasitetulle kiinteistölle ja johdetaan sen kautta (sietorasite);*

*9) hyödyntää rasitetulla kiinteistöllä olevaa rakennusta tai rakennelmaa muulla 1–8 kohdassa tarkoitettuun rinnastuvalla tavalla, jos se on tarpeen kolmiulotteisen kiinteistön rakentamisen tai käyttämisen vuoksi (kolmiulotteisen kiinteistön rasite). (Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999, 80§.)*

Tonttirasitteista puhutaan, kun tarvitaan käyttää naapuritonttia jonkinlaiseen jatkuvaan käyttöön. Tonttirasite kannattaa perustaa sopimuksella mahdollisten ongelmatilanteiden välttämiseksi kiinteistön omistussuhteiden muuttuessa. Tonttirasitteella turvataan pysyvä käyttöoikeus. (Helsingin kaupunki 2017.) Tonttirasite tulee erottaa autopaikkarasitteesta. Tonttirasitteesta puhutaan, kun autopaikka sijoitetaan rakennuksen ulkopuolelle tai ulkopuolella sijaitsevaan katokseen. Sama pätee lisäksi kulkua ja johtoteitä koskeviin rasitteisiin. Esimerkiksi, jos kulku tapahtuu rakennuksen ulkopuolella, on kyseessä tonttirasite. (Espoo.)

#### 5.4 Yhteisjärjestely

Yhteisjärjestelysopimus toteutetaan yleensä hankkeissa, joissa useita kiinteistöjä tai korttelirakenteita rakennetaan kerralla. Yhteisjärjestelyt liittyvät lisäksi tyypillisesti lisä- ja täydennysrakentamiseen, jossa vanhaan miljööseen rakennetaan uusi kiinteistö. Yhteisjärjestelyn päätarkoituksena on selkeyttää kokonaisuutta eri osapuolien kannalta. Sopimus määritellään tarpeiden ja hankkeen laajuuden perusteella. Sopimuksessa tyypillisesti sovittavia pelisääntöjä ovat kulkuyhteydet, pysäköinti, jätehuolto sekä erilaiset putkitukset ja johtotiet. Sopimus luodaan yleensä rakennuslupahakemuksen yhteydessä ja se ei saa aiheuttaa haittaa kenellekään osapuolelle. (Asianajotoimisto KAK 2020.)

Laki ei määrittele yhteiskäyttöä ja siitä syystä muodostetut sopimukset ovat yleisesti ottaen hyvin tarkkoja kirjauksiltaan. Sopimukset laativat uudisrakentamisen puolella yleensä rakennusliike. Rakennuttajan tekemiin sopimukseen liittyy joskus ongelmatiikkaa oikean tarkan sisällön takia tai se laaditaan liian yleisellä tasolla. Lisäksi rakennuttajan laatima sopimus voi jäädä joskus yksipuoleiseksi, jolloin kaikkia osapuolia ei ole otettu täysin huomioon ja voidaan ajautua erimielisyyksiin. Hyvin yksityiskohtainenkin sopimus voi olla ongelmallinen, koska täysin kaikki yksityiskohdat huomioivaa sopimusta on hankala ja jopa mahdotonta luoda. (Asianajotoimisto KAK 2020.)

Yhteiskäyttöjärjestely eroaa rasitteesta siinä, että rasitteet ovat kahden kiinteistön välisiä ja ne yleensä hyödyttävät vain oikeutettua tahoja. Yhteisjärjestelyssä voidaan sopia usean kiinteistön välisistä oikeuksista ja näin edistää laajemmin kiinteistöjen välisiä asioita.

Yhteisjärjestely vahvistetaan viranomaisen päätöksellä ja se merkitään rasiitteen tavoin kiinteistörekisteriin. (Asianajotoimisto KAK 2020.)

### 5.5 3D-rasite

3d-kiinteistön muodostamisen myötä laajojen hankkeiden toteutus on sujuvampaa. Hallintaoikeuksista on siirrytty omistusoikeudelliseen suuntaan, jolloin omistajalla on mahdollisuus lohkoa osaa kiinteistöstä toisen osapuolen käyttöön tai omistukseen. 3d-kiinteistön muodostuksella helpotetaan lisäksi verotukseen ja vakuutuksien ottamiseen liittyviä asioita. Tulevaisuudessa 3d-rasitteet tulevat kattamaan mahdollisesti suuriakin alueita. (Honkanen & Piispanen 2020.) Kolmiulotteista kiinteistön muodostusta käydään tarkemmin läpi tämän työn kohdassa 4.2.

## 6 Rakennetun ympäristön mallintaminen

### 6.1 Johdanto

Rakennussuunnittelu on ollut pitkään murroksessa rakennusalalla. 3d-mallinnukseen perustuva suunnittelu on korvannut perinteistä tasosuunnittelua kovaa vauhtia. Tietomalleja käytetään Suomessa yleisesti suurissa hankkeissa, mutta lisäksi pienemmät hankkeet toteutetaan yhä enemmän tietomallipohjaisesti. Suomi lukeutuu kansainvälisesti mallinnuksen edelläkävijöihin, mutta viime vuosina muut maat ovat kuroneet ero kiinni ja jopa ohittaneet maamme joillakin osa-alueilla. Panostukset digitaalisuuteen ovat nyt voimakkaat ympäri maailmaa. (Jävämä & Lehtoviita 2016, 32.)

Suomen kiinteistö- ja rakentamisalan tavoitteena on vuoteen 2025 mennessä muuttua kauttaaltaan palvelualaksi, jossa asiakkaille tarjotaan palvelukokonaisuuksia sekä räätälöityjä yksilöllisiä ratkaisuja. Alalla on tiedostettu yhteiskunnallinen vastuu, jossa taloudellinen, sosiaalinen ja ympäristöön liittyvä ihmisläheinen lähestymistapa on avainasemassa. Toimiakseen joustavasti ja sujuvasti alan täytyy vastata muuttuviin tarpeisiin sekä lainsäädäntöön. (NYT/2025 2011, 38.)

Rakennetun ympäristön digitalisaatiolla voidaan saavuttaa huomattavia kustannusvaikutuksia yhteiskunnassa ja toteutuessaan se voi tuoda toimijoille säästöjä jopa miljardien eurojen edestä vuositasolla. (Rastiprojekti 2019.) Tällä hetkellä tietoa syntyy jatkuvalla syötöllä, kun aikaisemmin tieto on ollut hyvin hajanaista tai sen saatavuus on ollut rajoitettua. Ympäristöministeriön vuonna 2020–2023 välisenä aikana toteutettava Ryhti-hanke luo pohjaa uudelle tiedon saatavuudelle sekä standardoimiselle. Hankkeen tarkoituksena on pyrkiä yhdenmukaistamaan tieto kaikkien saataville yhteiskunnassa. Ajantasaisuus ja tiedon päällekkäisyys vähenevät ja näin edistetään liiketoiminnan ja palvelujen toimintaedellytyksiä. (Ympäristöministeriö b.) On tärkeää ymmärtää rakennetun ympäristö pääprosessit kokonaisvaltaisesti. Kuvasta 6 voidaan havaita, kuinka rakennetussa ympäristössä vaikuttavat moninaiset tahot ja tietovirrat. Lisäksi siitä saa käsityksen kuinka tärkeää tiedon standardisointi on tässä tiedon viidakossa.



on vauhditettu useilla rahoitetuilla ohjelmilla ja hankkeilla Suomessa viimeisen 20 vuoden aikana. Näiden myötä tietomallinuksen käyttöönotto sekä hyödyntäminen on ollut helppo rakennusalalla. YTV2012 eli yleiset tietomallivaatimukset ovat tietomallinuksen kulmakivi. Ne luovat ohjeistuksen ja toimintatavan millä tavalla tietomalleja tulisi käyttää talonrakennusalalla. Yleisten tietomallivaatimusten ohjeet ulottuvat aina tarveselvityksestä ylläpitoon saakka. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 8.)

Rakennuksen tietomallilla tarkoitetaan digitaalista kolmiulotteista mallia, joka pitää sisällään geometrian sekä muuta ominaisuustietoa. Lisäksi siihen liittyy eri osien välisiä yhteyksiä. Nämä kaikki tiedot luodaan lähinnä suunnittelun toimesta. Rakennuksen tietomallista käytetään lyhenteenä BIM:iä (Building Information Model). (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 13–14.)

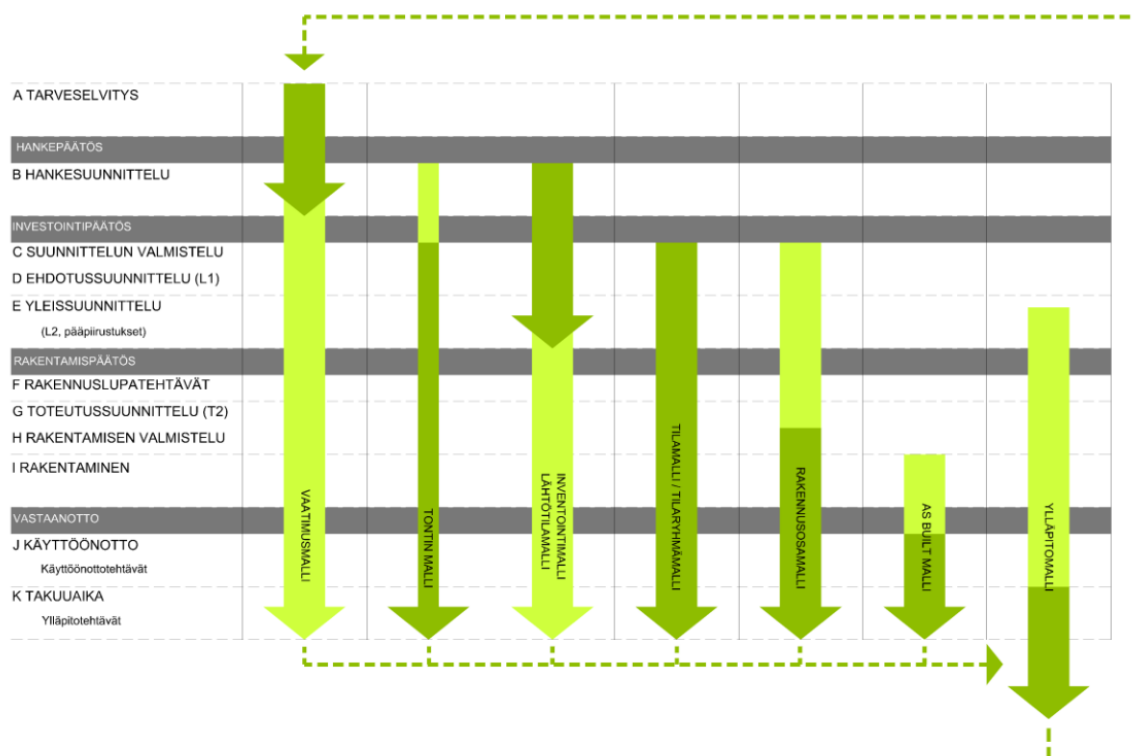
Tietomallien mahdollisuudet suunnittelussa ja mallien sisältämät tietosisällöt ovat käytännössä rajattomat. Tietomalliin voidaan tänä päivänä kytkeä tietokantoja, jotka päivittyvät rakennushankkeen edetessä. Eri ohjelmistoilla luotavat IFC-mallit luovat avoimen tiedostonsiirtomuodon, jota voidaan käyttää eri alojen erikoislaskennassa tai suunnittelussa. Esimerkiksi energialaskennassa käytettävä malli on peräisin arkkitehtimallinnuksesta. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 15–16, 23.) Tietomalli on lisäksi suunnittelun kannalta eräänlainen ehdoton apuväline, jolla sujuvoitetaan sekä tarkistetaan toteutukseen asti kulkeutuvia suunnitelmia. Sen myötä työmaan toiminnot helpottuvat, laatu paranee ja aikataulu lyhenee.

Tärkeintä ryhdyttäessä tietomallipohjaiseen rakennushankkeeseen, on ymmärtää tietomallin tuomat hyödyt ja mahdollisuudet hankkeelle. On hyvin tärkeää, että tietomallinnus omakсутaan eri osapuolten välillä, koska se poikkeaa hyvin paljon perinteistä tavasta toimia. Tilaajan merkitys on hyvin tärkeä, koska päätös tietomallinukseen päättämisestä tulee siltä. Lisäksi tilaajalla tai hänen palkkaamalla konsultilla tulee olla kattava tietomallinnusosaaminen. Vain näin voidaan varmistua siitä, että asetettavat tavoitteet sekä halutut käyttötarkoitukset tulee täytettyä. Tilaajan tulee mahdollisimman aikaisessa vaiheessa valita hankkeelle osaava tietomallikoordinaattori. Yhteistyössä tilaajan kanssa luodaan hankkeelle toimiva tietomallisuunnitelma. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 25–27.)

Jäväjä & Lehtoviita (2016, 81–83) toteaa tietomallinuksen ongelmiksi kolme erilaista näkökulmaa: Tekniset, juridiset sekä johtamisen ongelmat. Tekniset ongelmat ovat ohjelmistoihin, laitteisiin, tiedostoihin tai yhteyksiin liittyvät ongelmia. Juridiset ongelmat liittyvät lainsäädäntöön, sopimuksiin, vastuukysymyksiin ja omistussuhteisiin. Johtamisen ongelmia ovat vahvasti tiedonkulkuun ja yhteistyön puutteeseen liittyviä. Nämä haasteet ovat tyypillistä uusien teknologioiden käyttöönotossa ja niitä on pystytty jo jonkin verran alalta karsimaan. Ohjeistuksien ja koulutusten myötä tietomallien käyttöönotto on selvästi parantunut

alun haasteisiin verrattuna. Lisäksi asenteet tietomalleja kohtaan ovat muuttuneet suopeimmiksi.

3D-mallia hyödynnetään koko talonrakennushankkeen eri vaiheissa viestinnän ja havainnollistamisen välineenä. Kuvassa 7 on esitetty hankkeen tietomallirakenne ja miten se hankkeen erivaiheissa päivittyy. (BuildingSMART g.)



Kuva 7. Hankkeen tietomallirakenne (BuildingSMART g, 10.)

Hankkeen alussa tietomalli ei välttämättä esitä normaalia kolmiulotteista havainnollistavaa mallia, vaan voi olla vaatimusmalliksi kutsuttava taulukkomuodossa esitetty tilaohjelma. Lähtötietoina vaatimusmallille on tilaajan vaatimukset, tavoitteet sekä budjetti. Vaatimusmallin tarkoituksena asettaa suunnittelulle sekä kustannuslaskennalle lähtötiedot. Vaatimusmallin jälkeen alkaa lähtötilanteen mallinnus. Mallinnuksessa hyödynnetään tontista saatavia mitta ja vaaitustuloksia. Rakennettavasta alueesta luoda tonttimalli, jossa määritellään tontin korko. Tonttimallia hyödynnetään asemapiirroksen laadinnassa. Lähtötilannetta mallinnettaessa saadaan tuotettua rakennusosa- ja tilaluettelot, laajuustiedot sekä visualisointiin liittyvää aineistoa. Lähtötilannemallia kutsutaan inventointimalliksi. Ehdotussuunnitteluvaiheessa eri tilamalleilla haetaan sopivinta ratkaisua toteuttaa hanke. Tarkoituksena on lisäksi etsiä ratkaisuja tilojen ryhmittelyyn, massoitteeluun sekä sijoitteluun rakennettavalla tontilla. Tässä vaiheessa tiloja rajaavat ainoastaan seinät eikä itse rakennusosia ole vielä mallinnettu. Tilamallinnusvaiheessa tilojen seinät määritellään joko ulko- tai

väliseiniin. Tilamallinnuksesta saadaan tietoa tulevista rakennusosista, laajuudesta ja massoittelusta. Lisäksi voidaan tuottaa visualisointiin, simulointiin ja tavoitteisiin liittyvää tietoa. (BuildingSMART g, 10–16.)

Yleissuunnittelu alkaa rakennusosamallinnuksella. Yleissuunnittelun tavoitteena on tuottaa toimiva ja toteutettava suunnitelma ehdotussuunnitelmasta. Rakennusosamallien avulla tuotetaan tarvittavat dokumentit rakennusluvan hakemiseen. Näitä ovat muun muassa pääpiirustukset. Toteutussuunnitteluvaiheessa suunnitelmat tarkentuvat yksityiskohtaisiin mitoitettuihin suunnitelmiin ja määrittelyihin. Rakentamisen aikana mallia hyödynnetään työn ohjauksessa sekä aikataulutuksessa. Rakentamisen jälkeen tuotetaan arkkitehdin toimesta toteumamalli eli asbuilt-malli. Siinä päivitettyinä rakentamisen aikana suunnitelmiin tehdyt muutokset. (BuildingSMART g, 16–21.)

Mallia käytetään sekä päivitetään lisäksi ylläpidon aikana. Käyttö on monesti osa sähköistä huoltokirjaa, jossa simuloituja olosuhdetietoja voidaan verrata toteutuneisiin. Ylläpitoa varten voidaan muokata kevennetty malli, jossa esiintyy vain sille olennainen tieto. Ylläpitomallin käyttö jatkuu rakennuksen takuuajan yli, aina koko elinkaaren ajan. (BuildingSMART g, 21–22.)

### 6.2.1 Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012

Yleiset tietomallivaatimukset eli YTV2012 on alun perin Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaistujen tietomallivaatimusten päivitys. BuildingSMART ja suuri joukko muita tietomallien parissa työskenteleviä ammattilaisia päivittivät tietomalleihin 9 ensimmäistä osaa sekä lisäsivät 5 osiota lisää vuonna 2012. (BuildingSMART b.)

YTV2012 käsittää seuraavat osiot:

- *Osa 1 Yleinen osuus*
- *Osa 2 Lähtötilanteen mallinnus*
- *Osa 3 Arkkitehtisuunnittelu*
- *Osa 4 Talotekninen suunnittelu*
- *Osa 5 Rakennesuunnittelu*
- *Osa 6 Laadunvarmistus*
- *Osa 7 Määrälaskenta*
- *Osa 8 Havainnollistaminen*

- *Osa 9 Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä*
- *Osa 10 Energia-analyysit*
- *Osa 11 Tietomallipohjaisen projektin johtaminen*
- *Osa 12 Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana*
- *Osa 13 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa*
- *Osa 14 Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa (BuildingSMART b.)*

YTV2012 sisältää lisäksi täydentävät liitteet liittyen arkkitehti- ja rakennesuunnitteluun, talotekniikan määrälaskentaan sekä mallinnusvaatimuksiin.

Eri yritykset ja organisaatiot ovat tuoneet vuonna 2020 julkilausuman, jossa esitetään YTV2012-sarjan päivittämistä kiinteistö- ja rakennusalalle. Yritysten mielestä YTV2012 sisältää suuria puutteita katsottaessa nykypäivän tavoitteisiin ja mahdollisuuksiin. Uutta YTV2020 / COBIM2020 työnimellä kulkevaa hanketta on valmistelu ja sen valmistelussa on ollut huomattavan iso joukko tietomallinnuksen parissa työskenteleviä ammattilaisia. (Kiinteistö- & rakentamisfoorumi b.) Uuden YTV2020-sarjan on tarkoitus uudistaa esimerkiksi tietomallinnukseen liittyviä nimikkeistöjä ja tuotetietojen harmonisointia sekä taata yhteensopivuutta eri kansainvälisten standardien kanssa. Lisäksi tavoitteena on yhdistää talonrakentamis- ja infra- sekä kaupunkimalliohjeet. Tärkeitä päivityksiä on tulossa elinkaarenhallintaan liittyvissä kysymyksissä. Tietoa pyritään saada virtaamaan eri tahojen ja prosessien välillä automatisoituna. (Henttinen.)

### 6.2.2 Nykytilan selvitys

Nykytilan selvityksessä on tarkoitus tuoda esiin ja kartoittaa rakennushankkeen liittyvä kokonaisuus, ennen itse rakennushankkeeseen ryhtymistä. Selvityksessä käydään läpi asioita esimerkiksi liittyen suunnitteluun, toteutukseen ja sopimusteknisiin asioihin. Nykytilan selvitys liittyy olennaisesti strategiseen johtamistyöhön. Kaiken lähtökohtana siinä on tosi-asioiden tunnustaminen.

Nykytila-analyysia käytetään kartoittamaan tämänhetkiset mahdollisuudet ja rajoitukset. Siinä käydään lisäksi läpi, miten tavoitteet ja nykyinen toimintaympäristö voidaan yhteensopittaa niin, että saadaan haluttu lopputulos. Lisäksi nykytila-analyysillä voidaan kartoittaa kilpailuympäristöä sekä vallitsevaa markkinatilannetta (Meristä ym. 2007, 16).

### 6.2.3 Simuloinnit ja päätöksen teko

Tietomalleilla tehtävien simulaatioiden perimmäinen tarkoitus on helpottaa päätöksen tekoa. Jotta päätöksen teosta tulee laadullisesti hyväksyttävää, on pohdittava useita eri vaihtoehtoja. Simuloinnit ovat keino, jonka avulla arviointia voidaan helposti suorittaa. Simulaatiot auttavat lisäksi yhteisiin tavoitteisiin pääsemistä sekä asioiden vertailua kustannus- tai aikataulumielessä. Ammattimainen päätöksenteko tulee aina olla perusteltavissa. Simuloinnista saatavien tulosten avulla voidaan saavuttaa perustelu tehdä jonkin ratkaisu sen hetkisten olosuhteiden valossa.

3d-mallinnuksen ja simuloinnin avulla voidaan rakentaa kokonainen rakennus ja tarkastella, miten eri asiat siinä toimivat. Simulointi toimii erinomaisena suunnittelunohjauksen välineenä. Kustannusvaikutukset sillä ovat merkittävät ja riskit voidaan sen avulla minimoida. Simuloinnissa tehdään yleensä erillinen simulointimalli, koska arkkitehti tai rakennesuunnittelun tuottama tietomalli on liian raskas tarkasteluun. Tällaisissa tapauksissa tehtävät simulointimallit ovat kustannustehokkaita, koska ne eivät välttämättä vaadi kuin muutaman avaintiedon syöttämisen. Simulointimallia ylläpidetään rakennushankkeen aikana ja siitä saadaan koko ajan tietoa, jonka avulla päätöksen teko helpottuu hankkeen edetessä. (Mölsä 2020.)

Simuloinnin avulla hankkeen kustannusten arviointi helpottuu. Suunnitelmat ja rakennus voidaan testata etukäteen, jolloin arviolaskelmaan palaaminen tuo tietoa mitä on ennen jouduttu odottamaan rakennuksen sekä suunnitelmien valmistumiseen asti. Rakennushankkeiden ja niiden pitkä suunnittelu ei ole siis enää rajoittavana tekijänä luotettavan kustannusrakenteen muodostukseen. Tilaajan rooli rakennushankkeessa on asettaa tavoitteet. Simuloinnin avulla tuotetaan sille reunaehdot. Tämä helpottaa suunnittelunohjausta valita oikean tyyppiset suunnitelmat tavoitteiden toteuttamiseksi. (Mölsä 2020.)

Simulointeja, joita tyypillisesti rakennusalalla tehdään, ovat energiasimuloinnit ja elinkaarren liittyvät tarkastelut, rakenne- ja olosuhdesimuloinnit, valaistukseen liittyvät analyysit ja ympäristövaikutusanalyysit. Simulointeja voidaan periaatteessa tehdä mistä toiminnosta tahansa. Päätettäessä simuloinnin toteuttamisesta on kuitenkin muistettava, että se tuottaa sellaista tarpeellista tietoa, josta on hyötyä tilaajalle, suunnittelulle tai urakoitsijalle.

### 6.2.4 Visuaalinen tietomallinnus

Rakennushankkeet ovat usein moninaisia ja suunnitelmia on pienenkin hankkeen kohdalla runsaasti. Suunnitelmia esiteltäessä tulee tarpeelliseksi tehdä esitysprosessista

mahdollisimman havainnollistava. Havainnollistaminen voidaan jakaa kahteen eri osioon: tekniseen havainnollistamiseen ja visualisointiin.

Visualisoinnit toteuttaa yleensä kohteen arkkitehti ja ne ovat aina hyvin tarkkoja ja realistisia. Se voi muodostua ongelmaksi, jos ei ymmärretä mallin käyttötarkoitusta. Malleista voi tulla hyvin raskaita, jos visualisoinnin määrät kasvavat mallissa. Visualisoinnin tarkoitusta ja hyödyntämistä tulee harkita aina tilanne- ja projektikohtaisesti. Visualisoinnit ovat kuitenkin erittäin hyvä väline tarkasteltaessa esteettisyyttä. Visualisoiduilla kuvilla on suuri merkitys kohteen markkinoinnissa ja ne ovat tehokkaampi tapa esitellä kohdetta kuin perinteinen kaksiulotteinen hahmotelma. Monesti kohteesta tehdään erillinen visualisointimalli, jonka avulla voidaan tuottaa markkinointimateriaalia. Visualisoinnit tuottavat päätöksen tekoon tarvittavaa tärkeää tietoa. (BuildingSMART c.) Kuvassa 8 on esitetty esimerkki rakennushankkeen visualisoinnista olemassa olevaan ympäristöön.



Kuva 8. Helsingin keskustan THK mallinnettuna PES-Architects Ltd:n toimesta. (Helsingin kaupunki 2018.)

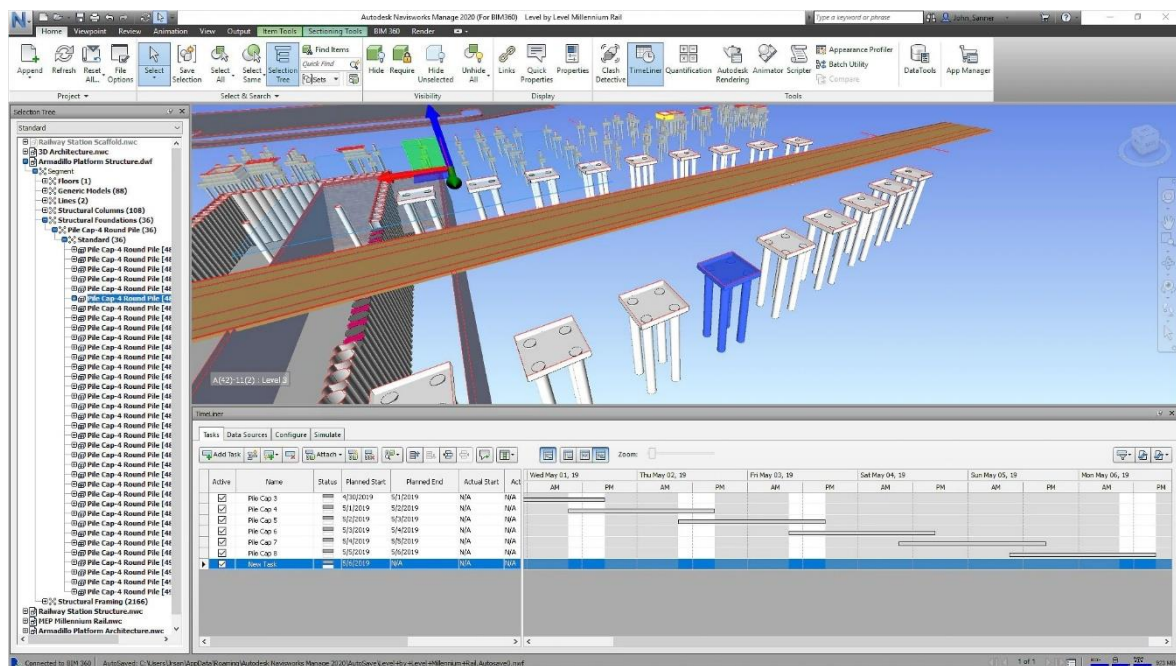
Tekniset havainnekuvat voivat olla eri alakohteisten suunnittelijoiden tuottamia. Näiden merkitys on suuri tiedonsiirronvälineenä sekä hankkeen johdolle että työmaahenkilöille. Teknisten havainnekuvien avulla pyritään onnistuneeseen tiedonsiirtoon suunnittelijalta muulle hankeorganisaatiolle. Niitä käytetään detaljitason esittämiseen sekä eri

rakennusosien leikkausten tai törmäysten tarkasteluun. Teknisillä havainnekuvilla voidaan osoittaa eri alakohtaiset suunnitelmat yhdessä. Tämä tehdään perinteisesti yhdistelmämallin avulla. (BuildingSMART c.)

### 6.3 4D – Ajallinen mallintaminen

Rakennushankkeen aikataulun tulee kuvata tuotantoprosessia ja sen toimintoja. Näitä käytetään työmaan ohjauksen sekä valvonnan apuvälineenä. Aikataulujen avulla tehdään päätös muun muassa kustannuksista ja sopimukseen liittyviä asioista rakennusajan keston ajaksi. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017.)

Liitettäessä 3D-malliin aikataulu puhutaan 4D-mallista. Kaikille 3d-mallin osille muodostetaan tieto, siitä milloin niitä valmistetaan, toimitetaan, asennetaan tai puretaan. Osille annetuista aikatiedoista pystytään muodostamaan yksityiskohtaiset aikataulut, joissa näkyy läpimenoaika, työn edistyminen sekä eri työvaiheiden keskinäiset riippuvuudet. Lisäksi mallin avulla voidaan optimoida rakennustyömaan tilan käyttöä sekä visualisoida eri ajasta riippuvia työmaatoimintoja. Kuvassa 9 on esitettynä rakennustyömaan 3d-malli linkitettyinä työmaan vaiheaikatauluun. Kohdistamalla mallista tiettyä objektia voidaan etsiä osan tai osakokonaisuuden valmistamiseen tai asentamiseen kestävä aika. Aikataulutietoja voidaan siirtää malliin lisäksi objekteina, jolloin tieto voi olla peräisin esimerkiksi tuotannonohjauksjärjestelmästä tai muusta ulkoisesta lähteestä.

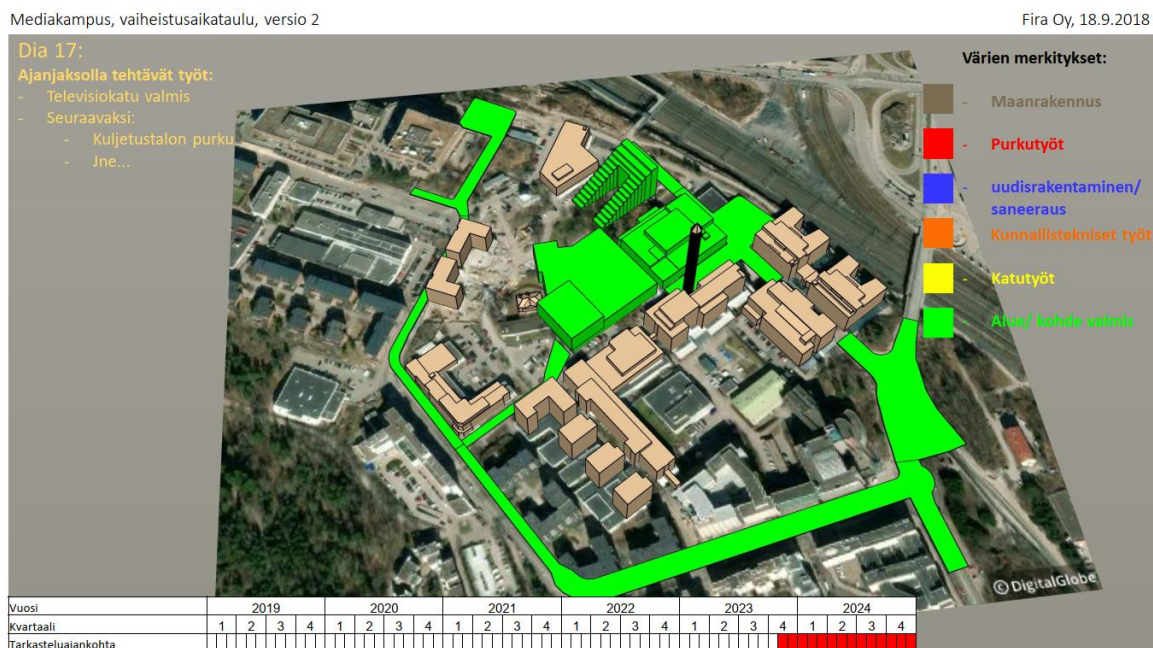


Kuva 9. 3d-mallin linkitys työmaa-vaiheaikatauluun. (Autodesk.)

4D-aikataulutietojen liittäminen tietomallin mahdollistaa viestinnän, yhteistyön ja eri työtoimintojen koordinoinnin rakennushankkeissa. Aikataulutiedot tietomallissa helpottaa sidosryhmien viestintää. Mallinnettu aikataulutieto mahdollistaa yksilöllisten ideoiden jakamisen sekä sen avulla pystytään helpommin selvittämään mahdolliset puutteet. Lisäksi joissakin projekteissa tarvittava kiinniottoaikataulu saadaan visualisoitua paremmin. Mallit, johon on tuotu neljäs ulottuvuus minimoivat viivästykset ja parantavat oleellisesti viestintää sidosryhmien välillä. (Vilventhan ym. 2019, 51, 62.)

Aikataulusuunnittelussa tulee kiinnittää huomiota toteutustarkkuuteen. Toteuttamalla malli liian yksityiskohtaisesti voidaan ajautua tilanteeseen, jossa aikataulutukseen tarvittavan työn määrä muodostuu ongelmaksi. Tuleekin siis selvittää mihin tarkoitukseen mallia lopulta halutaan käyttää.

Vaihe aikataulu voidaan toteuttaa tuottamalla tietomallista visualisoitua ympäristöä sekä rakennuksia ja tuoda se esimerkiksi karttapohjalle Kuvassa 10 on esitettyä Mediakampus-hankkeen vaiheistusaikatauluesimerkki. Siinä eri väripainoilla voidaan osoittaa käynnissä oleva työvaihe tietyllä ajan hetkellä.



Kuva 10. Mediakampus, vaiheistusaikataulu, versio 2. (Fira Oy 2018.)

### 6.3.1 Työjärjestys ja logistiikka

Yksi tärkeimmistä aikataulusuunnitteluun liittyvistä asioista on työjärjestyksen suunnittelu. Tehtävillä on toisiinsa yleensä riippuvuus, jolloin tehtävä voidaan aloittaa vasta, kun

edellinen tehtävä on suoritettu. Tällaista riippuvuutta kutsutaan *loppu-alku*-riippuvuudeksi. Riippuvuudet voidaan jakaa neljään eri kategoriaan:

- Looginen riippuvuus
- Olosuhderiippuvuus
- Tekninen riippuvuus
- Resurssiriippuvuus (Koskenvesa & Sahlstedt 2017.)

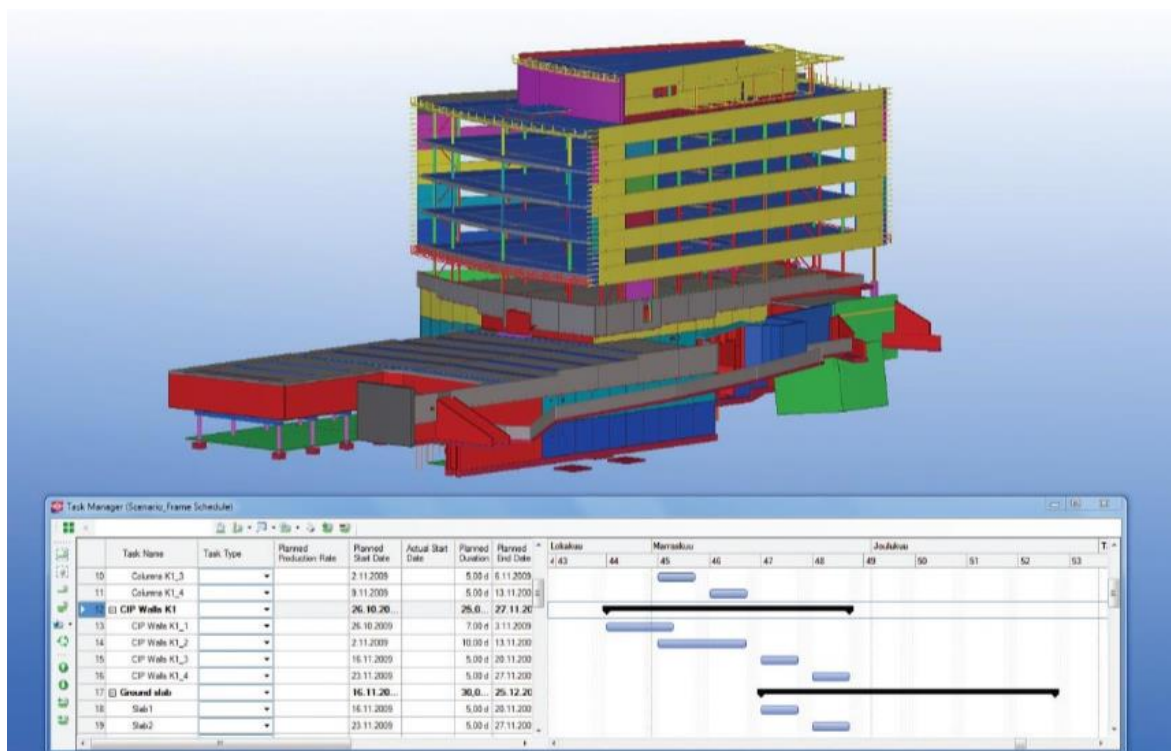
Looginen riippuvuus voidaan toteuttaa vain tietyssä järjestyksessä, kun sitä seuraava työvaihe on toteutettu. Olosuhderiippuvuus johtuu jonkun toiminteen aiheuttamasta olosuhteesta. Olosuhderiippuvuudet koskevat yleensä sääolosuhteita, mutta lisäksi muuttuvat työmaajärjestelyt ja sopimustekniset asiat voidaan lukea olosuhderiippuvuuksiksi. Tekninen riippuvuus muodostuu, kun toteutuksessa on käytetty tekniikkaa, jonka vaikutus ulottuu muihin tehtäviin. Resursseista koostuva riippuvuus muodostuu silloin, kun samaa resurssia pystytään hyödyntämään vain yhden kerran kerrallaan. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017.)

Työmaan logistiikka on monimutkaistunut kaupunkikuvan muuttuessa. Nykyajan arkkitehtuuri tuo uusia haasteita logistiikan onnistumiselle. Rakennukset ovat yksityiskohtaisempia ja niistä suunnitellaan huomattavasti korkeampia kuin ennen. Tiivis rakentaminen ja tilan puute ovat tosiasioita, joiden kanssa joudutaan taistelemaan rakennustyömailla päivittäin. Tilan käyttö halutaan maksimoida ja logistinen suunnittelu jää vähemmälle painoarvolle. Ennakoiva logistinen suunnittelu auttaa, jos sille on mahdollisuus varata tarpeeksi aikaa. Liian vähälle jäävä työmaan logistinen suunnittelu aiheuttaa haasteita monessa eri kohtaa. Oikeanlainen logistinen ajattelutapa päätöksen teossa vähentää sekä kustannuksia että nopeuttaa rakennusvaiheen läpimenoaikoja.

3d-mallien avulla tehtävät aluesuunnitelmat ovat yleistyneet työmaakäytössä. Logistisessa mielessä tietomallin avulla tehty kolmiulotteinen aluesuunnitelma on hyvin havainnollistava. Riskialueet ja törmäykset pystytään ennakoimaan sekä ulottuvuuksia arvioimaan. 3d-alue-suunnitelman avulla pystytään viestimään hankkeen eri osapuolille alueen sisäiset ja ulkoiset logistiset järjestelyt. Aluesuunnitelman päivittäminen on nopeaa ja reagointi työmaan muuttuviin tilanteisiin helpottuu. Kuvassa 11 näkyy esimerkki työmaan 3d-mallista luodusta aluesuunnitelmasta, jossa on arvioitu nosturin ulottuvuutta työmaan alueella. (BuildingSMART e, 13–14.)



rakennusosat linkittyvät toisiinsa ajallisesti. Kuvassa 12 on esitetty esimerkki tämän tyyppisestä esitystavasta.



Kuva 12. 4d-aikataulu ilmaistuna värikokonaisuuksina. (Rokka 2019, 41.)

Simuloinnissa on kyse päätöksentekoprosessin epävarmuuden sekä riskien pienentämisestä. Simulointi on siis lopulta ennakkointia tulevaisuuden varalle. Simuloinnin yhtenä suurimpana hyötynä voidaan pitää, että pienellä taloudellisella panostuksella voidaan simuloida erittäin kallistakin prosessia.

## 6.4 5D – Kustannusten mallintaminen

### 6.4.1 Tietomalliperusteinen määrä- ja kustannuslaskenta

Määrien mittaaminen sekä laskeminen 2d-piirustuksissa on jäämässä historiaan ja tilalle on tulossa täysin korvaava laskentatapa suoraan eri alojen tietomalleista. Laskemalla määrät mallista parannetaan tuloksien tarkkuutta merkittävästi ja se on varsinkin urakoitsijatasolla erittäin arvokasta. Lisäksi aikaa säästetään moninkertaisesti perinteiseen tapaan verrattuna. Kaiken edellytyksenä tosin on, että tietomalli on virheetön ja tarkka. Määrälaskennassa tietomallit helpottavat havainnollisuutta ja pystytään varautumaan riskeihin eri rakennusosissa. Lisäksi tietomalleilla saavutetaan läpinäkyvyyttä, jonka myötä tarkastelu ja arviointi helpottuu. Ongelmat tietomallipohjaisessa määrälaskennassa johtuvat lähes aina puutteellisesta suunnittelun tai mallintamisen ohjauksesta. Tärkeää olisi saavuttaa yhteis-

suunnittelua ohjaavan projektipäällikön ja määrälaskennan välille, jotta tietomallista saadaan tarvittavat tiedot hyödynnettyä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 61–63.)

Tietomallipohjainen määrälaskenta tehostaa päätöksen tekoa ja helpottaa itse laskijan työtä. Mallintaminen tulee olla johdonmukaista, jotta määrälaskemisesta saadaan tarvittava hyöty irti. Tarkkuustaso tulee määritellä ja kuvata yksityiskohtaisesti. Olennaista on, että eri alojen suunnittelijoiden toimesta tehtävät mallit, noudattaisivat samaa laatu- sekä tarkkuustasoa. Määrälaskennassa on lisäksi hyvin tarkkaa se, että mallinnustyökalut pystyvät tuottamaan laskennassa tarvittavaa mittatietoa. (BuildingSMART f.)

Määrälaskenta, jossa on käytetty tietomallia hyväksi, eroaa perinteisestä määrälaskennasta ja se ei ole täysin ongelmaton. Laskennassa saattaa esiintyä päällekkäisyyttä johtuen eri suunnittelualojen mallinnoista. Tilojen pintamateriaaleja ei tyypillisesti mallinnetta, jolloin laskennassa saattaa esiintyä tulosten vääristymistä osapintojen tai pinta-alojen osalta. Rakennusten katto mallinnetaan yleensä yhtenä kokonaisuutena, joka saattaa haitata määrälaskennan tarkkojen mittatietojen saamista tietylle osa-alueelle. Monenlaiset yksityiskohdat eri kokonaisuuksien yhteydessä saattaa jäädä lisäksi laskennasta pois mallinnusteknisistä syistä. (BuildingSMART f.)

#### 6.4.2 Omistusalueet, lohkojaot ja kustannusten jyvitykset

Rakennushankkeet ovat monimutkaistuneet vuosikymmenten varrella ja ovat usein monisäikeisiä sekä eri osapuolten muodostamia vaikeasti hallittavia sokkeloita. Mallintamisen avulla voidaan visualisoida hyvinkin monimutkaisia kokonaisuuksia ja viestiä niistä sopimusosapuolille. Näin muodostuvat omistusalueet saadaan selkeästi kirjattua ja välttään mahdollisesti jälkikäteen muodostuvilta ristiriidoilta.

Rakennushanke jaetaan rakentamisaikana usein eri lohkoihin, koska halutaan helpottaa kustannuksien jakautumista eri hankeosapuolien kesken. Kustannukset voivat silti muodostua yhteisiksi, vaikka lohkojako olisi selvillä. Rakennusvaiheet tulee pilkkoa lohkoihin, koska se on tehokas väline tuotannonohjauksessa. Sidottaessa tehtävät paikkariippuvaisiksi voidaan ne rytmittää ja näin saavuttaa ajankäytön tehostamista. Lohkojako on nopea toteuttaa tämän päivän tietokoneohjelmistoilla. Tällainen ohjelmisto voi olla esimerkiksi Trimblen Vico-ohjelmisto, jonka avulla käyttäjä voi testata lohkojakoa ennen tuotantoon siirtämistä.

#### 6.5 6D – Elinkaaren mallintaminen

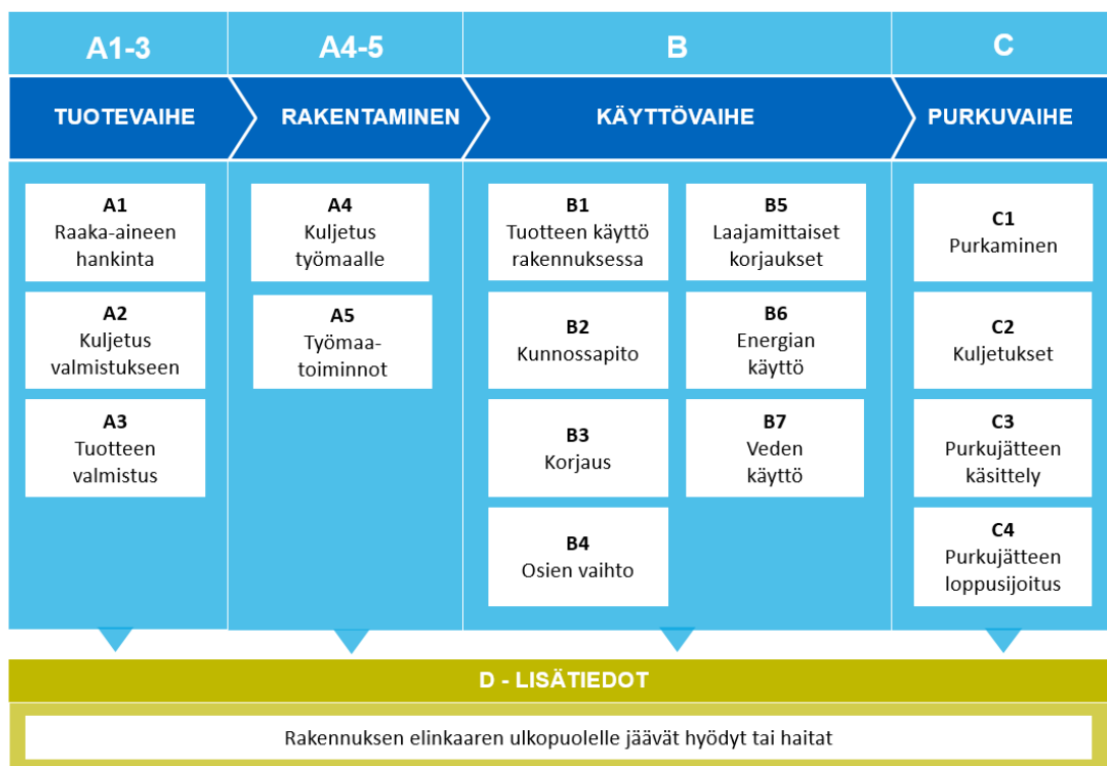
Oikealla tavalla hyödynnetty 3D-malli palvelee sen osapuolia koko rakennuksen elinkaaren ajan. Se vaatii kuitenkin eri osapuolien sitoutumista mallin päivittämiseen ja tietojen

lisäämiseen. Rakennusten automatisoitu tiedon kerääminen on tärkeä elinkaaren osa-alue ja tulevaisuuden kehittämiskohde.

Elinkaaren mallintamisessa on kysymys jonkin rakennuksen, tuotteen tai palvelun elinkaaren kokonaisvaltaisesta visualisoinnista, jossa käydään sen kaikki vaiheet läpi alusta loppuun asti. Ilmastovaikutusten arviointi on yksi osa elinkaaren mallintamisprosessia. Elinkaarenmallintaminen pitää sisällään lisäksi kokonaispotentiaalın ja mahdollisuuksien arviointia sekä kannattavuus- ja tuottolaskelmia.

Elinkaaren mallintamisella saavutetaan kokonaisnäkemys, jolla voidaan päästä uuteen ajattelu malliin. Ymmärrys siis aiheesta kasvaa ja tulevaisuuden skenaarioiden tarkastelu helpottuu. Näin saadaan eri vaiheiden vertailusta sujuvampaa ja sitä mukaa lisäksi päätöksen teosta tulee perusteltua. Elinkaarimallinnuksella voidaan vastata kiertotalouden haasteisiin optimoimalla materiaali- energiavirtoja. Näin saavutetaan pienemmät ympäristövaikutukset sekä luonnonvarojen käyttö vähenee. Tämä tuo mukanaan lisäksi yritykselle kustannussäästöjä. (LCA Consulting 2016.)

Tarkasteltaessa yksittäistä rakennusta elinkaarimallinnuksen ympäristönäkökulmasta, voidaan se jakaa kuvan mukaiseen järjestykseen, jossa jako perustuu CEN TC 350 standardiperheeseen. Kuvassa 13 on esitetty jako CEN TC 350 mukaan.



Kuva 13. CEN/TC 350: Rakennushankkeen elinkaarimalli (Ympäristöministeriö 2017.)

CEN/TC 350 Sustainability of construction works on eurooppalaisen standardisointijärjestön CEN:n laatima standardipaketti, jonka tehtävänä on luoda yhteiset puitteet kestäväan rakentamiseen. Standardit ovat kehitetty tukemaan ympäristöselosteiden tekoa ja rakennusten ympäristövaikutusten ennustamista ja arviointia varten. (Rakennusteollisuus b.)

Keskeisenä lähtökohtana CEN/TC 350:ssa on harmonisoitu standardisarja, joka toimii kaiken ytimenä. Lisäksi kokonaisuus on jaettu kolmeen eri pääosa-alueeseen: ympäristönsuorituskykyyn ja sosiaaliseen sekä taloudelliseen näkökulmaan. Tarkastelupohjana toimii rakennuksen koko elinkaari. Tarkoituksena on ollut lisäksi havaita ja ehkäistä sellaisia teknisiä rajoitteita, jotka mahdollisesti haittaavat kaupankäyntiä niin EU:n sisä- kuin ulkopuolellakin. Keskeinen sisältönä onkin ajaa jäsenvaltioiden yhteisiä tavoitteita. Tällöisiä tavoitteita on esimerkiksi Suomessa laadittujen ympäristöselosteiden käyttö muissa maissa ilman erilliselvitystä. Tämän asian merkitys korostuu, koska uuden rakennusasetuksen myötä tulee ympäristöseloste sisällyttää CE-merkintään. (Rakennusteollisuus b.)

Harmonisoidun arviointimenetelmän merkitys rakennusalalla on huomattava. Yhteiset indikaattorit ja toiminnallisen vastaavuuden kriteerien määrittäminen luovat pohjan eri rakennusten vertailulle. Lisäksi LCA:han pohjautuva elinkaariarviointi näkyy nyt uskottavampana ja käytettävämpänä vaihtoehtona rakennusten ympäristöarvioinnissa. Vertailu ei kohdistu enää pelkästään rakennusosiin vaan kattaa koko rakennustason. (Rakennusteollisuus b.)

### 6.5.1 Asbuilt -malli

Rakennuspiirustukset sekä mallit elävät rakennusprosessin aikana jonkin verran. Asbuilt -malliin on viety hankkeen aikaiset muutokset, jotka on tehty alkuperäisiin suunnitelmiin. Tarkoituksena Asbuilt -mallilla on toimia aina mahdollisimman realistisena esityksenä siitä mitä on lopulta rakennettu. (Anderson 2019.)

Urakoitsijoille Asbuilt-mallit antavat selkeän selvityksen rakennuksen välivaiheissa toteutetuista muutoksista ja helpottavat seuraavien vaiheiden selkeää visualisointia. Tämä helpottaa muutosten aiheuttamien virheiden havaitsemista ja ongelman ratkaisemista etukäteen. Tilaajille ja rakennusten omistajille täydellisen ja yksityiskohtaisen piirustuksen laatiminen on välttämätöntä, koska ne sisältävät tietoja kaikista asennuksista ja ovat korvaamaton apu, jos omistaja päättää muuttaa rakennusta tulevaisuudessa. (Anderson 2019.)

Asbuilt -malli on lisäksi tuotemalli, joka toimii tärkeänä välineenä käyttö- ja ylläpitovaiheessa. Asbuilt -malli pitää sisällään rakennuksen elinkaarta koskevan materiaali- ja

tuotetiedon, jota päivitetään rakennuksen elinkaaren edetessä. Tuotemalli tehdään aina kansainväliseen IFC-tiedostonsiirtostandardiin, jolloin yhteensopivuus muiden ohjelmistojen kanssa on saumatonta. Tänä päivänä tuotemallit sijaitsevat suoraan palvelimella, johon hankkeen eri osapuolilla on mahdollisuus päivittää suoraan reaaliaikaisia tietoja. (Pro It.)

Toisinaan urakoitsijalta hankkeen aikana kertyvä tieto jää yhdistämättä malliin kiireen keskellä. Tästä kärsii kohteen tilaaja ja tuleva käyttäjä jäljitettävyydessä sekä epäkohtien todennettavuudessa. On siis ensiarvoisen tärkeää, että pääurakoitsijan hankkeen varrella keräämää elinkaaritieto saadaan sisällytettyä lopulliseen tilaajalle luovutettavaan tietomalliin. Yhtenä ratkaisuna voisi olla, että tietomallia päivitetään aktiivisesti hankkeen edetessä pääurakoitsijan kanssa, jolloin lopun kuorma vähenee kummaltakin osapuolelta. Tätä kaikkea tulisi hankkeelle asetetun tietomallikoordinaattorin valvoa sekä ohjata.

### 6.5.2 Tietomallin hyödyntäminen ylläpidon välineenä

Tietomallit ylläpidossa ovat olleet jo pitkään mahdollisuutena, mutta harva kiinteistönomistaja on ollut niiden käytöstä kiinnostunut. Tietomallit toimivat kuin eräänlaisena tietopankkina, josta ylläpito tai käyttäjät voisivat noutaa tietoa rakennuksesta tai kirjata sitä itse.

Selvää vakiintunut tapaa tietomallien käytölle ylläpidossa ei vielä ole. Yleiset tietomallivaatimukset osa 12 käsittelee tietomallien hyödyntämistä käytön ja ylläpidon aikana. YTV2012 mukaan kiinteistön toimintoja pystytään tukemaan tietomallien avulla eri osapuolille. Kiinteistön omistajille erilaiset simuloinnit ja niiden raportoinnit tuovat kallisarvoista dataa. Lisäksi avoimen tiedonsiirron myötä tiedon kulkeutuminen ylläpidolle on tehokasta. (BuildingSMART d.)

Kiviniemen (2017, 10–12) esiselvityksestä selviää, että tietomallien käyttöä ylläpidossa tulisi lisätä muun muassa määrälaskennassa kysyttäessä tarjouksia kiinteistönhoidosta ja ylläpidosta. Mallista käsin pystytään tekemään erilaisia vianetsintä tarkasteluja, joissa vaaditaan kokonaisvaltaisempaa katselukulmaa rakennuksesta. Piiloon jäävien rakenteiden mallista saatava sijaintitieto on tärkeä tieto vikaa etsittäessä. Erilaiset olosuhdetiedot ja turvallisuuteen seikat koettiin tärkeiksi ylläpidon kannalta. Tietomallit koettiin yleisesti toimivina työkaluina. Ylläpidon kannalta käyttöliittymä tulee olla tarpeeksi yksinkertainen ja perehdytys tietomallin käyttöön tulee antaa.

Halmetojan (2016) mukaan tietomallien hyödyntämiselle on havaittavissa viisi haastetta. Haasteet ovat yksilöidyn tiedon löytäminen mallista, epäselvyys ylläpidon tarvitseman tiedon tuottajasta, tiedon säilyttämisen paikka, tietomallin saavutettavuus ja keskinäinen tiedonvälitys sekä eri osapuolien tarpeen ymmärtäminen.

Suurin osa edellä mainituista haasteista on ratkaistavissa viestinnän avulla. Osapuolien pitäminen ajan tasalla hankkeen eri vaiheissa lisää vuorovaikutusta ja vähentää epätietoisuutta. Lisäksi asioiden vastuuttaminen tulee tehdä tarpeeksi selvästi. Tietomallikoordinaattorin tulee suorittaa jatkuvaa laadunvarmistusta.

Tietomallien käyttäminen ylläpidon välineenä on erittäin arvokas mahdollisuus hyödyntää kaikkea, mitä se voi tarjota. Siirryttäessä rakentamisessa enemmän kohti palvelualaa, tietomallien merkitys korostuu entisestään. Käyttäjät tulevat määrittelemään yhä enemmän, mitä se rakennukseltaan haluaa.

### 6.5.3 PTS – Pitkän tähtäimen suunnitelma

PTS, eli pitkäntähtäimen suunnitelma, on tärkeä työkalu kiinteistön ylläpidossa. Suunnitelma kannattaa yleensä laatia yhteistyössä asiantuntijoiden kanssa, koska se ei välttämättä maallikolle ole itsestäänselvyys. PTS sisällytetään yleensä kiinteistölle tehtävään kuntoarvioon. Suunnitelma antaa tiedon 10 vuoden aikajanelä tehtävistä korjauksista ja niiden kiireellisyydestä. Lisäksi suunnitelmasta käy ilmi korjausten ja toimenpiteiden kustannustaso. Tärkeää pitkän tähtäimen suunnitelmassa ennakoiva ote, että korjaukset sekä uudistamiset voidaan toteuttaa suunnitelmallisesti ilman että ollaan jo vahinkotilanteessa. Taloyhtiön hallitus on vuonna 2010 voimaan tulleen asunto-osakeyhtiölain mukaan veloitettu tekemään yhtiökokoukselle kunnossapitoselvityksen. Pitkän tähtäimen suunnitelman avulla saadaan laadittua suunnitelmallinen ja realistinen selvitys, josta käy ilmi tulevat korjaustarpeet. Suunnitelma on lisäksi ajoitus työkalu, jolla voidaan säästää kustannuksissa ja vaivannäössä. (Tofferi 2020.)

PTS liittyy oleellisesti kiinteistöstrategiaan ja miten suunnitelma laaditaan. Kiinteistöstrategiassa on kolme suuntaa, jolla voidaan edetä. Ensimmäisenä on perusparantaminen, jossa nostetaan kiinteistön tasoa toiminnallisilla ja teknisillä osa-alueilla. Näin saadaan nostettua kiinteistön arvoa. Toisena vaihtoehtona on peruskorjaaminen, jonka tarkoituksena on säilyttää eri toimintojen nykytaso ja kiinteistön arvo alkuperäisenä. Kolmas vaihtoehto on jättää asiat tekemättä, jolloin arvo laskee ja riskit nousevat. Pitkällä tähtäimellä asioiden tekemättä jättäminen koituu aina kalleimmaksi vaihtoehdoksi. (Talokeskus.)

Kiinteistöstrategia liittyy oleellisesti siis kiinteistön elinkaareen ja sen hallintaan. Strategialla voidaan nostaa kiinteistön tasoa, ylläpitää tai tehdä päätös elinkaaren päättymiseen johtavista asioista. Kiinteistöstrategialla voi olla kustannuksien lisäksi muitakin ohjaavia tekijöitä kuten asumisviihtyvyys, turvallisuus tai energiansäästö.

#### 6.5.4 Takuu-aika ja (virhe)vastuu

Urakoitsijalla on vastuu siitä, että työn tulos tai sen osa tulee suoritettua sopimuksen mukaisesti (YSE 1998, 27 §). Rakentajan takuu-aika on kaksi vuotta, ellei urakkasopimuksessa ole toisin sovittu. Urakoitsija on velvollinen korjaamaan omalla kustannuksellaan takuu-aikana ilmenneet virheet. Virheet, jotka aiheuttavat välitöntä vaaraa on korjattava viipymättä. Sopijapuolet voivat sopia virheistä, jotka eivät aiheuta haittaa käytölle hyvityksen. Takuu alkaa rakennuskohteen vastaanotosta. (YSE 1998, 29 §.) Tilaaja on vastuussa oman myötävaikutusvelvollisuutensa puitteissa. Lisäksi tilaajasta aiheutuvasta syystä voidaan sille asettaa korvausvelvollisuus, jos urakkasuoritus keskeytynyt tai viivästynyt sovituista valmistusajankohdasta. (YSE 1998, 34–35 §.)

Takuuajan jälkeen alkaa virhevastuu-aika. Tämä ajan aikana kiinteistön omistajan tulee tarkkailla rakennustaan erityisesti rakenteiden puolesta. Rakentajan virhevastuu aika kestää kymmenen vuotta. (YSE 1998, 30 §.) Huoltokirja on tärkeä väline merkittäessä tehdyt vuosi- ja korjaustoimenpiteet. Taloyhtiön ja sen hallituksen olisi hyvä suorittaa viiden vuoden kohdalla ennakkotarkastus, jossa käydään läpi mahdollisesti esiin tulleet rakennuksen epäkohdat ja virheet. Tarkastus tulisi suorittaa samassa laajuudessaan kuin se tehdään kymmenen vuoden virhevastuuajan vastaanottotarkastuksessa. Näin asioihin on reagoitu tarpeeksi aikaisessa vaiheessa ja ne voidaan selvittää varmasti ennen kuin rakennus siirtyy lopullisesti omistajalleen.

### 6.6 7D – Riskien mallintaminen

#### 6.6.1 Riskien vaiheet ja tunnistaminen

Riskienhallinnassa pyritään tunnistamaan sekä arvioimaan riskit, joille mahdollisesti hankkeen aikana altistutaan. Riskienhallinta ei välttämättä pysty kartoittamaan kaikkia riskejä, mutta yleensä suurimman osan niistä. Riskien tunnistamisessa oleellisinta on tunnistaa riskien lähteet ja niistä koituvat seuraukset. Riskin lähde eli alkeisriski on tapahtumaketjun laukaisija, jota tulisi tarkastella suurella tarkkuudella turhien kustannusten välttämiseksi. Riskien tunnistamisessa käytetään apuvälineenä riskilistoja, joita laaditaan erityyppisten analyysien tai aivoriuhien avulla. (Peltonen & Kiiras 1998, 26–27.) On tärkeää, että riskien tunnistamiseen osallistuvat henkilöt ovat ammattitaitoisia ja heillä on riittävä asiantuntemus. Tarkastelu ei saa olla liian yksipuolista, vaikka riskit johtuisivat organisaation omasta toiminnasta. (Valtionvarainministeriö 2017, 21.)

Rakennusala poikkeaa riskiensä puolesta paljon verrattuna moneen muuhun alaan. Yksi tekijä on päätävävallan jakautuminen usealle eri tahoille. Suunnittelu ei ole välttämättä tällöin yksissä käsissä. Suunnittelu käytännössä kootaan jokaiseen hankkeeseen erikseen ja jokainen hanke suunnitellaan omana projektina. Iso tekijä riskien muodostumiseen on rakennusalalla se, että suurin osa työstä tehdään vielä käsityönä. Lisäksi rakennusprosessi on monesti pitkä ja ainutkertainen, jolloin saatua kokemuspohjaa hankkeesta ei välttämättä pystytä täysin hyödyntämään. (Peltonen & Kiiras 1998, 32.)

Riskienhallinnan yhtenä periaatteena on karsia pois kaikki sellainen, joka ei ole oleellista toiminnalle. Rakennusalallekin on levinnyt Lean-ajattelumalli, jossa kaikki arvoa tuottamaton toiminta lakkautetaan ja minimoidaan tuotannosta syntyvä hukka. Riskien arviointi rakennusalalla muodostuu kokemuksen kautta eikä niinkään määrällisten analyysien tai laskemien perusteella. Lean-ajattelun myötä riskienhallintaan saataisiin tehokkuutta, koska siinä ajattelua yksinkertaistettaisiin ja riskilistaukset pysyisivät lyhyinä sekä helposti hallittavina. (Jäätvuori.) Riskien hallintaan on alettu palkkaamaan erillisiä riskienhallintakoordinaattoreita, joiden tehtävänä ohjata hanketta riskienhallinnan näkökulmasta (A-insinöörit).

#### 6.6.2 Riskienhallintasuunnitelma ja riskianalyysi

Riskienhallinnan päätehtävä on auttaa organisaatiota integroimaan riskit merkittäviin toimintoihin ja pyrkiä välttämään niitä liiketoiminnassaan. Riskienhallinnan tehokkuus riippuu riskien integroinnin syvyydestä hallinnossa sekä eri sidosryhmien tuesta. Riskienhallintasuunnitelma on riskienhallinnan työkalu, joka pitää sisällään riskien analysoinnin, arvioinnin ja kontrolloinnin. (ISO31000:2018.)

Riskienhallintasuunnitelmaan kirjataan mahdollisimman laajasti tunnistetut riskit ja niille määritellään todennäköisyydet, seurausten kuvaukset ja toimenpiteet. Suunnitelma toteutetaan monesti aiemmin tehdyn hankkeen pohjalta, jossa osa usein esiintyvistä riskeistä on jo valmiiksi kirjattuna suunnitelmaan. Nämä riskit on kuitenkin käytävä läpi samalla, kun uudet riskit kirjataan, koska todennäköisyydet ja vakavuudet saattavat vaihdella hankekohtaisesti. Jos riskejä poistetaan, niin tulee lisäksi varmistua siitä, että poistettavat arviointitiedot dokumentoidaan. (Liikennevirasto 2017, 14–15.)

Riskianalyysi on riskienhallintasuunnitelman osio, jossa projektin tai hankkeen riskit pyritään avaamaan sekä hallinnoimaan niitä. Riskianalyysin tarkastelun kohteina voivat olla toteutukseen, hankintoihin, aikatauluun tai työturvallisuuteen liittyvä riski. Riskianalyysissä jokainen havaittu riski vastuutetaan työmaan kesken. Lisäksi pyritään löytämään ratkaisu, miten riski estetään tai siihen varaudutaan. Monesti riskianalyysien ongelmaksi muodostuu se,

että riskejä käsitellään yleisellä tasolla ja konkreettiset korjaavat toimenpiteet jäävät toisarvoisiksi. Riskianalyysiä tulee päivittää työmaan edetessä sekä valvoa aktiivisesti. (Anttonen 2015, 9–15.)

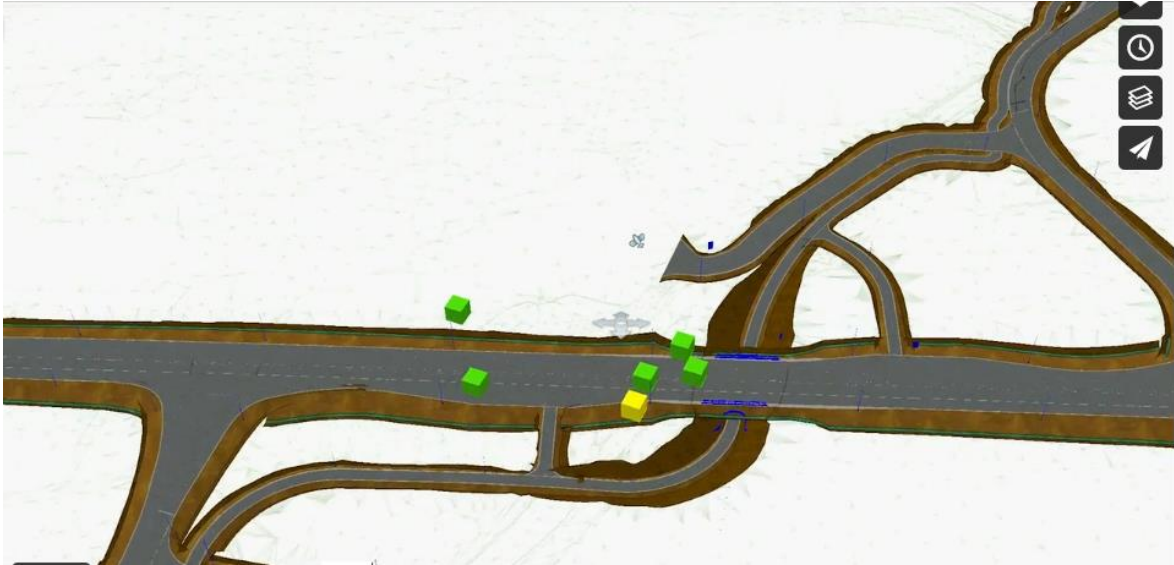
Riskianalyysin avulla helpotetaan päätöksen tekoa, koska se luo pohjan, miten riskejä käsitellään mahdollisen vahingon sattuessa. Riskianalyysissä pitää muistaa, että se on aina subjektiivinen näkemys sen tekoon osallistuneiden henkilöiden kesken ja riskien tason määritelmä saattaa olla epävarma. Riskianalyysiä tehtäessä on kuitenkin tärkeää kirjata kaikki mielipiteet tulevaa päätöksentekoa varten. (Valtionvarainministeriö 2017, 22.)

### 6.6.3 Riskien tuominen malliin

Riskikartoitukset ovat olleet työkaluna rakennusalalla jo useamman vuosikymmenen ajan. Tähän asti riskienhallintasuunnitelmat tai riskianalyysit ovat olleet paperipohjaisia, yleensä työmaan alussa luotavia dokumentteja, jotka ovat olleet osana työmaan laatusuunnitelmaa. Valitettavan usein nämä suunnitelmat jäävät vaille painoarvoa hankkeen edetessä ja jäävät pölyttymään työmaatoimiston nurkkiin.

Riskien tuominen tietomalliin on kehittynyt ja sen ympärillä on alettu tehdä tutkimusta. Muun muassa Väyläviraston tutkimuksessa (2019) tarkasteltiin riskienhallintaa ja tietomallintamista. Projektin tavoitteena oli selvittää eri vaihtoehtoja, miten riskejä tietomalleissa voitaisiin esittää infrahankkeissa. Tutkimuksesta saatujen tulosten perusteella riskien tuominen tietomalliin helpottaa tiedon siirtymistä eri hankevaiheiden välillä. Tutkimuksessa havaittiin, että hankkeen kokonaisuuden hahmottaminen riskien kannalta parani sekä riskienhallinnan laatutaso nousi. Lisäksi riskit yksilöityivät ja niiden tunnistaminen selvästi helpottui. (Väylävirasto 2019, 3.)

Riskejä voidaan tietomalliin tuoda kaksi- tai kolmiulotteisesti. Tietomallissa esitetyt riskit voivat olla mallinnettuna esimerkiksi yksinkertaisiksi kuutiogeometrioiksi, jotka ovat sijoiteltuna haluttuihin kohtiin. Geometriat sisältävät kohdassa esiintyvän riskin niitä tarkasteltaessa. Objektin värityksellä voidaan havainnollistaa arvioidun riskin kokoa tai visualisoinnilla voidaan ottaa kantaa minkä tyyppinen riski on kyseessä. (Väylävirasto 2019, 13.) Kuvassa 14 on esitetty Vt12 tiehankkeen riskien mallinnusta kuutiogeometriaobjekteina.



Kuva 14. Riskien tuominen malliin kuutiogeometriaobjekteina VT12 tiehankkeessa. (Ramboll 2018.)

Riskejä voidaan tuoda malliin lisäksi yksinkertaisesti esimerkiksi perinteisinä Excel-listauksina, jotka avautuvat tarkasteltaessa mallinnettuna objektia. Riskiobjekti voi yksinkertaisimmillaan vain avata riskienhallintasuunnitelman käyttäjän tarkasteltavaksi.

Liitettäessä riskejä malliin on aina tarkasteltava riskimallintamisesta saavutettava hyöty. Yksinkertainen hanke ei välttämättä tarvitse niin paljon panostusta kuin joku toinen vaativampi. Lisäksi riskien tuominen malliin ei ole ainut ratkaisu riskienhallintaan. Esimerkiksi eri tiehankkeissa yhtä toimiva ratkaisu voi olla kaksiulotteinen karttapohjainen sovellus, joka tuo saman hyödyn (Väylävirasto 2019, 38).

Toisaalta on havaittu, että tietomallia voidaan käyttää systemaattisena riskienhallintavälineenä kehitysprosessissa ja se voi toimia ydintietojen pohjana sekä alustana muille riskianalyyysiin liittyville työkaluille. Suurinta osaa näistä tekniikoista voidaan lisäksi käyttää vuorovaikutteisesti riskienhallintaan liittyvissä tutkimuksissa. (Zou ym. 2015, 91.)

## 7 Case: Helsingin THK

Tämä Case-osio käsittelee Helsingin Kamppiin rakennettavaa keskustan terveys- ja hyvinvointikeskusta. Uudisrakennus rakennetaan Kampissa sijaitsevan metroaseman läntisen sisäänkäyntirakennuksen paikalle. Hanke on kirjoitushetkellä toteutussuunnitteluvaiheessa.

### 7.1 Esittely ja erityispiirteet

Helsingin Kamppiin rakennetaan uusi terveys- ja hyvinvointikeskus, joka sijoittuu vanha metroaseman läntisen sisäänkäynnin kohdalle. Tarve toteutukselle tuli hajallaan olevien aikuisväestön palveluista, joita tällä hankkeella koitetaan yhdistää. Hankkeen tarkoituksena on luoda monipuoliset ja toimivat sekä kilpailukykyiset julkiset palvelut keskustan alueella. Hankkeella on lisäksi teknisiä sekä taloudellisia perusteita, joiden mukaan uudisrakennus tulee korvaamaan lähialueiden terveydenhoitotiloja osittain tai kokonaan. (Helsingin kaupunki 2018, 2.)

Hanke perustuu vuonna 2014 tehtyyn sosiaali- ja terveysviraston palveluverkkosuunnitelmaan vuoteen 2030 suunnitelmaan. Hankesuunnitelma on laadittu yhteistyössä kaupunkiympäristön toimialan sekä sosiaali- ja terveystoimialan kanssa. Mukana laadinnassa on ollut lisäksi Helsingin kaupungin liikennelaitos ja Helsingin Sähkötalo Oy. (Helsingin kaupunki 2018, 2–3.)

Palveluina uudisrakennuksessa tulee olemaan terveysasematoiminnot, psykiatrian vastaanotto, päihdevastaanotto sekä eri sosiaalityöhön ja toimintaterapiaan liittyvät palvelut aikuisväestölle, nuorille sekä ikääntyneille. Kaikkia tarvittavia palveluita ei voida rakennukseen toteuttaa, jonka vuoksi viereisestä Sähkötalosta on hankesuunnitelmassa esitetty ratkaisua ulkopuolelle jäävien toimintojen sijoittamiseksi. (Helsingin kaupunki 2018, 2–3.)

Hankkeen yhteydessä suoritetaan laajoja purkutöitä, kuten vanhan läntisen metron lippuhallirakennus hävittäminen. Lisäksi suoritetaan kunnostus- sekä muutostöitä uusien metrotilojen vuoksi. Tämä vuoksi hankesuunnittelun aikana on jouduttu kuulemaan asiantuntijoita, kuten rakennusvalvonta- ja pelastusviranomaisia, museovirkailijoita ja muun muassa edustajia Alvar Aalto -säätöstä. Hanke tarvitsee asemakaavamuutoksen. (Helsingin kaupunki 2018, 3.)

## 7.2 Rakennuspaikka ja laajuus

Keskustan THK tulee sijoittumaan keskeiselle paikalle katujen ja torin rajaamalle alueelle. Tulevaa uudisrakennusta rajaa Runeberginkatu, Fredrikinkatu, Kampinkuja ja Salomonkatu. Rakennettava rakennus tulee lisäksi rajautumaan kaikilta sivuiltaan olemassa oleviin maanalaisiin rakenteisiin. Hankkeen rakennuspaikasta tekee erittäin haastavan se, koska alueella on erittäin paljon kunnallistekniikkaa liittyviä putki- sekä kaapelivetoja. Rakennettava alue sijoittuu kohtaan, missä on muita metron maanalaisia tiloja. Huomioitavana seikkana on lisäksi olemassa oleva metroaseman liukuporras- ja pystykuilut. (Helsingin kaupunki 2018, 3.) Kuvassa 15 on osoitettu rakennettavan alueen sijoittuminen kartalle.



Kuva 15. Helsingin THK:n sijoittuminen kartalle. (Helsingin karttapalvelu (Muokattu).)

Alueella ei ole havaittu pilaantuneita maa-alueita. Hankkeessa kuitenkin edellytetään tämän asian varmistusta jatkosuunnittelun osalta. Rakennus tullaan liittämään olemassa oleviin sähkö-, tele-, kaukolämpö- sekä jäähdytysverkoihin ja vesijohto-, jäte ja sadevesiviemäristöön. Perustuksissa tullaan hyödyntämään olemassa olevia rakenteita ja ne toteutetaan kalliovaraisena perustamisena vanhojen rakenteiden sekaan. (Helsingin kaupunki 2018, 3.)

Hankesuunnitelmassa rakennukselle ei ole suunnitelmissa rakentaa omia pysäköintipaikkoja, vaan autopaikoitus hoidettaisiin naapurissa sijaitsevien P-CityForum ja P-Kampin avulla. Ainoastaan liikkumis- ja toimimisesteisille henkilöille soveltuvat ns. LE-autopaikat on suunniteltu toteutettavan pääsisäänkäynnin läheisyyteen. (Helsingin kaupunki 2018, 4.)

Hankesuunnitelmassa on esitetty kaksi eri vaihtoehtoa toteutukselle. Syy, miksi kaksi eri vaihtoehtoa on haluttu tehdä, on maakunta- ja sotelainsäädännön mahdollisesti tuomat vaatimukset eri tiloille. Tilat on suunniteltu lähtökohtaisesti hyvin monikäyttöisiksi ja noudattavat muuntojoustavuuden periaatteita. Samat tilat soveltuvat siis rakennuksessa toimiville eri tahoille. Molempien vaihtoehtojen kokonaisbruttopinta-ala on 14080 brm<sup>2</sup>. Vaihtoehdossa 1 liiketilojen pinta-alaa ei ole painotettu niin paljon kuin vaihtoehdossa 2. (Helsingin kaupunki 2018, 5–7.)

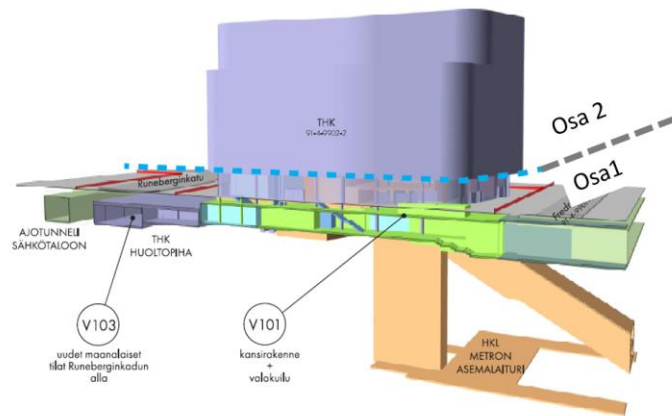
### 7.3 Rakentamisen vaiheet, urakkasisällöt ja sidosryhmät

Hankkeen toteutuksessa voi toimia tilaajana yksi tai useampi Helsingin kaupunkikonserniin kuuluva hankintayksikkö. Esimerkiksi HKL voi tilata töitä itse, mutta lisäksi Kaupunkiympäristön toimialan eri hallintokunnat voivat tilata töitä esimerkiksi kadunrakentamisen ja talonrakentamisen osalta erikseen. Hanke voidaan toteuttaa yhdessä tai useammassa osassa esimerkiksi siten, että 1. osan muodostaa maanalainen osa ja maantasokerros ja 2. osan muodostavat muut maanpäälliset kerrokset. Kuvassa 16 on esitetty ehdotelma hankkeen jakamisesta kahteen eri osaa.

Hanke voidaan toteuttaa usealla urakalla ja mahdollisesti eri urakkamuodoilla. Kohteen rakennuslupamenettelyn osalta vaihtoehtoina on yksi rakennuslupa koko hankekokonaisuudelle tai vaiheittainen rakennuslupa. Lopullinen luvitustapa selvitetään hankkeen edetessä rakennusvalvonnan kanssa käytävissä neuvotteluissa.

Hankkeeseen tehtiin markkinatutkimus, jonka tarkoituksena erityisesti selvittää hankkeen kilpailuttamista varten seuraavia tekijöitä:

- Olisiko hankkeen toteutus ja/tai omistus tarkoituksenmukaista jakaa esim. maanalaisen osan ja maantasokerroksen käsittävään osaan 1 ja muut maanpäälliset kerrokset käsittävään osaan 2?
- Mitä urakkamuotoja olisi tarkoituksenmukaista käyttää hankkeessa huomioiden hankkeen mahdolliset eri osat?



Osa 1. sisältää lohkot 1, 2, 3, 5, 6 ja 7

Osa 2. sisältää lohkon 4.

#### LOHKOJAKO

1. KOKONAAN UUDET MAANALAISET TILAT, MM. RUNEBERGINKADUN ALAISET JA MUUT KELLARITILAT (SIS. MYÖS PURETTAVAT TILAT, JOTKA KORVATAAN UUSILLA)
2. HKL:N NYKYISISSÄ MAANALAISSA TILOISSA TEHTÄVÄT MUUTOSTYÖT
3. LIPPUHALLIN PURKU JA UUDEN 1. KERROKSEN RAKENTAMINEN
4. 2-8 KERROKSEN RAKENTAMINEN
5. KAMPINKUJAN ALLA OLEVAT MUUTOSTYÖT SEKÄ KAMPINKUJAN KANNEN TYÖT
6. RUNEBERGINKADUN RAKENTAMINEN KANSIRAKENTEEN VEDENERISTEESTÄ YLÖSPÄIN
7. MUUT ALUETYÖT YMPÄRÖIVILLÄ KATUALUEILLA, JOTKA YLEISTÄ ALUETTA, MUTTA PALVELEVAT MYÖS THK:TA

Kuva 16. Lohkojako.

Seuraavissa kappaleissa on käyty läpi hankkeen vaiheistussuunnitelma. Rakennushanke on suunniteltu kahteen eri vaiheeseen, joista kumpikin vaihe pitää lisäksi jakoja eri kokonaisuuksiin. Nämä kokonaisuudet ovat nimetty esimerkiksi tunnuksella "V101". Eri vaiheet on visualisoitu tietomallin avulla.

#### 7.3.1 Vaihe 1

V101: KOy Sähkötalon vuokraamalla maanalaisella kellarin määräalueella tehtävät THK:ta palvelevat muutostyöt:

Uusien THK:n rakennusta kannattelevien pilareiden rakentaminen Kampinkujan alapuolisiin maanalaisiin tiloihin sisältäen muutokset liukuportaisiin, sekä Kampinkujan vedeneristetyin kansirakenteen avaamisen edellyttämät kansirakenteen korjaustyöt, että kadun tekniikan muutostyöt. Kampinkujan toiminnallinen kokonaisuus kuuluu Helsingin kaupungille ja sijaitsee kahdella eri tontilla, katualueella sekä THK:n tontilla.

Fredrikinkadun reunaan siirrettävän Kampin keskusta valaisevan maanpäällisen kansirakenteen lävistävän valokuilun siirto. Sisältää vanhan purkamisen ja ummistamisen.

Maanalaiset kellaritilat, joihin pilarit ja niiden perustaminen sekä rakennusteknisten töiden aiheuttamat talotekniset muutostyöt (mm. purettavan kansirakenteen kaivojen sekä kannen alapuolisen alakattotilan tekniikan siirrot) kohdistuvat on vuokrattu osittain KOy Sähkötalon. Tiloissa on myös liiketilavuokralaisia (pienet liiketilat) K1-kellarissa. Tiloissa sijaitsee myös Espoon terminaalia palveleva hätäpoistumistie terminaalista maantasoon. Tiloissa on käyttäjiä (mm. päivittäistavarakaupan asiakkaat, KOy Sähkötalon käyttäjät sekä läpikulku-liikennettä Kampin keskuksesta sekä Espoon terminaalista, eli bussiterminaalista

Sähkötaloon päin), joten työalueet tulee rajata sekä poistuminen turvata rakentamisenkin aikana. Käytännössä tämä tarkoittaa rakentamisen vaiheistusta siten, että aina yksi maan-tasoon johtava porraskäytävä on käytössä hätäpoistumista varten.

V102: HKL:n nykyisissä tiloissa tehtävät muutostyöt:

HKL:n hallinnoimissa maanalaisissa kerroksissa K1 ja K2 tehtävät rakenteiden muutos- ja purkutöitä, jotta tilojen läpi rakennettavat pilarit voidaan perustaa alapohjan alle kallioon. Töihin sisältyy myös teknisten järjestelmien muutostöitä erityisesti tiloissa, joissa tehdään uudisrakentamista palvelevia rakennustöitä. Tilojen tekniset laitteistot palvelevat metron laiturasoa sekä maanpäällistä lippuhallia.

Rakennusaikana tehdään tarvittavat väliaikaisjärjestelyt mm. vesi-, viemäri- ja ilmanvaihto-järjestelmille sekä sähkötekniikalle järjestelmille mm. varavoiman saatavuuden varmistamiseksi. Näillä ratkaisuilla varmistetaan lippuhallia ja laiturasoa palvelevien järjestelmien toimivuus rakennusaikana.

V103: Muut maanalaiset uudisrakennustyöt:

Runeberginkadun purkaminen ja peruskorjaus hankkeen vaikutusalueelta sekä muut maanalaiset uudisrakennustyöt, joiden tuloksena rakennetaan kellarikerrokseen pukutiloja, lastaus-, paikoitus- ja jätehuoltotilat sekä teknisiä tiloja.

Osaan sisältyy Runeberginkadun alaiset uudisrakennusosat, jotka liittyvät KOy Sähkötaloon, Kampin joukkoliikennetunneliin Salomonkadun alla ja Runeberginkadun toisella puolella ajotunneliin. Joukkoliikennetunnelin seinään puhkaistaan maanalaisen huoltotilan ajoliittymä. Kellariin sijoitetaan myös kiinteistöä palveleva uusi muuntamo.

Lisäksi uudet rakenteet liittyvät olemassa oleviin, mutta kohdan V102 mukaisesti muutostöiden alaisiin, osin purettaviin ja osin säilytettäviin nykyisiin maanalaisiin teknisiin tiloihin.

Kunnallisteknisten liittymien rakentaminen Salomonkadun puolelta.

Runeberginkadun katkaisu sekä katujen avaaminen edellyttää laajoja usean korttelin alueelle vaikuttavia liikenteen poikkeusjärjestelyjä ja muuttuneita ajoreittejä sekä HSL:n linjojen uudelleenjärjestelyä, joita on tutkittu hankesuunnitteluvaiheessa. Lisäksi uudisrakentamisen tieltä tulee siirtää alueella sijaitsevaa kunnallistekniikkaa sekä kaapeleita.

V104: Metron nykyisen lippuhallin purku ja uudelleenrakentaminen:

Maantasossa sijaitsevan nykyinen metron lippuhalli puretaan pääosin ja rakennetaan toisen kerroksen välipohjarakenteisiin asti. Purkamisen edellyttää metron tilapäisjärjestelyjä ennen purkutyön aloitusta.

Rakennusaikana tehdään tarvittavat väliaikaisjärjestelyt mm. vesi-, viemäri- ja ilmanvaihtojärjestelmille sekä sähkötekniisille järjestelmille mm. varavoiman saatavuuden varmistamiseksi. Näillä ratkaisulla varmistetaan lippuhallia ja laituritasoa palvelevien järjestelmien toimivuus rakennusaikana.

Kyseinen rakentamisvaihe tulee tehdä vaiheittain, koska kulku metroon liukuportaita pitkin tulee turvata koko rakentamisen ajan. Liukuportaiden kautta kulku ohjataan julkiseen katu-tilaan työmaa-alueen läpi.

### 7.3.2 Vaihe 2

Vaihe 2. sisältää maanpäälliset rakennus- ja talotekniset työt maantasokerroksen ja toisen kerroksen välipohjarakenteesta ylöspäin. Lisäksi vaiheessa on myös aluerakenteiden töitä niiltä osin kuin uudisrakentaminen edellyttää.

V201: Uudisrakennuksen rakentaminen:

Uudisrakennuksen rakentaminen toisesta kerroksesta ylöspäin olevat rakenteet. Rajapinta edellisiin osiin (V104) on ensimmäisen ja toisen kerroksen holvin yläpinnassa. Uusien tilojen rakentaminen sisältäen metron paineentasauskuilun, Sähkötalosta tulevien jäteilmakanavien ja metron laituritason pakokaasun poistokanavien rakentaminen vesikattotasoon asti. Koko rakennettavan kiinteistön talotekniset toimintakokeet suoritetaan loppuun tässä yhteydessä.

V202: Aluetyöt

Aluerakentaminen: Aukioiden, Kampinkujan ja katualueisiin rajautuvien muiden yleisten alueiden viimeistelyt V101 ja V103 sekä V202 jälkeen.

V203: Aluetyöt 2.

Maanalaisen huoltopihan kansirakenteiden viimeistely, mikäli torninosturi perustetaan huoltopihan alaisiin uusiin perustusrakenteisiin Runeberginkadun reunaan tontin puolelle.

### 7.3.3 Sidosryhmät

Sidosryhmätaulukosta selviää eri vaiheiden työmaatoimintaan välittömästi kaupungin hallintokuntien lisäksi liittyvät sidosryhmät.

Taulukosta 1 käy ilmi, että KOy Sähkötalon käyttäjäryhmät, jotka sisältävät maanalaisten ja maanpäällisten liiketilojen vuokralaiset sekä ylläpitohenkilökunnan, vaikuttavat läheisesti työmaatoimintaan koko rakennushankkeen ajan. Lähes koko hankkeen tiiviisti työmaatoimintojen kanssa ovat lisäksi ohikulkijat, metron sekä HKL:n henkilökunta ja joukkoliikenteen käyttäjät. Esimerkiksi metron käyttäjien poistuminen metron laituritasolta rakennetun lippuhallin kautta on turvattava koko vaiheen rakentamisen ajan. Lisäksi vaiheen osioissa V101 ja V102 pelastuslaitos muodostuu sidosryhmäksi, koska sen hyökkäysreitti on osoitettu maantasosta kierreportaista K1-kerroksen kautta liukuportaiden alapuolisessa tilasta metron laituritasolle.

Sidosryhmä	Sidosryhmätaulukko						
	Vaihe 1				Vaihe 2		
	V101	V102	V103	V104	V201	V202	V203
KOy Sähkötalon käyttäjäryhmät	x	x	x	x	x	x	x
Metron käyttäjät		x	x	x	x	x	x
Ohikulkijat	x		x	x	x	x	x
HKL ja ylläpitohenkilökunta	x	x	x	x	x		x
Joukkoliikennetunnelin käyttäjät			x			x	x
Maanpäällisen joukkoliikenteen operaattorit			x	x	x	x	x
Kunnallistekniikan omistajat ja haltijat sekä verkkoyhtiöt			x	x	x	x	x
Pelastuslaitos	x	x					
Helsingin kaupunki	x						
Kampin keskuksen ja Espoon terminaalien käyttäjäryhmät	x						
Autotalon käyttäjät						x	

Taulukko 1. Sidosryhmätaulukko.

#### 7.4 Aikataulutuksen mallinnuksen avulla

Vaiheaikataulun visualisoinnilla on suuri merkitys hankkeen johtamisen ja viestinnän kannalta. Kohteen vaiheistusaikataulu tullaan toteuttamaan käyttämällä apuna tietomallia ja visualisoimalla se esimerkiksi karttapohjaan. Tätä on käyty läpi tämän työ kohdassa 6.2 4D-ajallinen mallintaminen. Varsinainen hankkeen aikataulun käsittely on rajattu pois tästä työstä.

#### 7.5 Kohteen erityisvaatimukset ja riskit

Rakennuksen sijoittuminen Helsingin keskustan alueelle luo erittäin haastavat puitteet niin kaupunkikuvallisesti kuin rakennusteknisesti. Hankeen toteutumiselle edellytetään muutosta asemakaavaan. Toteutussuunnitteluvaiheessa tulee ottaa huomioon kaupunkikuvalliset seikat. Suunnittelua ohjaavat viereiset rakennukset kuten Alvar Aallon suojeltu Sähkötalo ja Malminkadun Synagoga. Hanketta ohjaa lisäksi vaatimus Salomoninkadun jatkumisesta yhtenäisenä. Hankkeessa on haasteellisia rakenteellisia toteutuksia, joita tulee ottaa

huomioon erikoisratkaisuina suunnittelussa. Rakennus rakennetaan valmiiden rakenteiden päälle, josta perustukset johdetaan lävitse aina kallioon asti. Haasteita suunnitteluun tuovat sekä monesta kohtaa louhitun kallion luomat epätasaisuudet, että pitkät jännevälit metron liukuportaiden ylityksessä. Lisäksi terveydenhuollon edellyttämät tilat tulee olla siihen soveltuvia ja toiminnallisesti asetettujen erityispiirteiden mukaisia. (Helsingin kaupunki 2018, 8–9.)

Rakennushankkeelle muodostuu useita haasteita metron ja siihen liittyvien järjestelmien sekä hätäpoistumisteiden ja esteettömyyden kautta. Rakennusaikana on huomioita metron turvajärjestelmien keskeytymätön ja häiriötön käyttö. Tämä lisää huomattavasti erikoisjärjestelyjä sekä lisää ennakoivan suunnittelun määrää. Ajallisesta suunnittelusta tulee yhä haasteellisempaa, koska eri tekniset järjestelmien siirrot lisäävät riskiä aikataulun pitävyydelle. Hankeen vaativuuden takia hankesuunnitelmassa rakentamiselle on varattu aikaa noin 3,5 vuotta. (Helsingin kaupunki 2018, 9.)

Metro tulee aiheuttamaan suunnitteluun haasteita liikenteestä johtuvien tärinöiden myötä. Runkomelun kulkeutuminen rakenteissa tulee huomioida asetettujen määräysten mukaisesti. Metroliukuportaista mahdollisesti syntyvä värähtely tulee lisäksi estää soveltuvilla tärinänvaimentimilla. (Helsingin kaupunki 2018, 9.)

Rakennustyömaa logistiset haasteet tulevat olemaan ainutlaatuiset. Väliaikaisjärjestelyt liikenteen reiteille toteutetaan ennen varsinaisen rakentamisen aloitusta. Materiaalikuljetukset lisäävät pölyn ja melun määrää, joka täytyy eliminoida ja ehkäistä mahdollisimman hyvin. Lisäksi on huolehdittava sään aiheuttamasta suojauksesta. Työmaa tulee olemaan keskellä vilkasta kaupunkiympäristöä, joten opastus ja rakennustyömaan aitaus tulee suorittaa erityisen huolellisesti. (Helsingin kaupunki 2018, 9.)

Helsingin THK:n hankesuunnitelmassa on asetettu lisäksi monia ympäristötavoitteita. Ne koskevat muun muassa energian käyttöä, elinkaarikustannuksia, muuntojoustavuutta ja tilatehokkuutta. Elinkaaritarkastelua suoritetaan hankkeessa kokonaisvaltaisesti ja elinkaarikoordinaattori on mukana jokaisessa vaiheessa varmistamassa laatukriteerien täyttymisen ja tavoitteet. (Helsingin kaupunki 2018, 10.)

Riskikartoituksessa selvisi, että rakentamisvaiheisiin kohdistuu merkittäviä ympäristöturvallisuusriskejä, koska työt suoritetaan keskellä vilkasta ja toimivaa kaupunkiympäristöä. Rakentamistoimintaa toteutetaan ja toiminta liittyy useisiin käytössä oleviin kiinteistöihin. Töiden suunnittelu, tuotannosuunnittelu ja tuotannonaikainen toiminta edellyttää kattavaa ja sidosryhmille kohdistettavaa hankeviestintää ja tavanomaisesta talorakennushankkeesta

kattavampaa riski- ja turvallisuussuunnittelua. Sidosryhmien integrointi hankkeeseen jo suunnitteluvaiheessa on tehokkaan ja turvallisen toteutuksen edellytys.

Metron toiminnan turvaaminen on nostettu yhdeksi hankkeen merkittävimmäksi rakennusaikaiseksi riskiksi. Toteutukseen liittyvien teknisten järjestelmien väliaikaisjärjestelyjen onnistumisen riskejä lisää lähtötietojen epävarmuus (peittyvät rakenteet, johtojen ja putkien todelliset sijainnit) sekä monet huomioon otettavat sidosryhmät. Hankkeen vaikutus ympäristön liikenteeseen ja kulkureitteihin on suunniteltava toteutuksen lopullisessa vaiheistus suunnittelussa yhteistyössä pelastuslaitoksen kanssa.

## 7.6 Hankkeen rakentamiskustannukset

Helsingin keskustan THK:n hankkeessa kustannuksia lisäävät hankesuunnitelman mukaan muun muassa vaativa toteutusympäristö, pitkä toteutusaika ja erityisjärjestelyt liittyen Kampin metroaseman sekä maanpäällisen korttelin alueella. Terveystieteiden tilat asettavat erityisvaatimuksia, jotka nostavat kustannuksia. Kustannuksia lisää lisäksi Sähkötalon toteutustyö, koska kohde on suojeltu. (Helsingin kaupunki 2018, 11–12.)

Kustannusarvio 4/2018 kustannustasossa hankkeen vaihtoehdolle 1 oli 72748000 euroa ja vaihtoehdolle 2 73835000 euroa. Kustannuksissa ei ole otettu huomioon rungon tärinäeristystä, autopaikkoihin tai väestönsuojaan liittyviä kustannuksia. Kustannuksia lisää vielä molemmissa vaihtoehdoissa tarvittavat Sähkötalon muutostyöt, jotka nostavat niitä vaihtoehdossa 1 1998000 euroa ja vaihtoehdossa 2 3375000 euroa. (Helsingin kaupunki 2018, 12.)

Hankkeesta on tehty tarkempi vertailu kustannuksista ja niiden jyvityksistä Rakennuttajatoimisto valvontakonsultit Oy:n toimesta. Tässä työssä niiden tarkastelu on rajattu pois. Kustannusten hallintaa ja niiden mallintamista on käsitelty yleisesti tämän työn kohdassa 6.4.

## 7.7 Rasite- ja yhteisjärjestelysopimus THK-kiinteistöä koskevalta osalta

Hankkeen yhteisjärjestelysopimuksista on luotu kartoitus, josta voidaan havaita eri rajapinnat. Yhteisjärjestelysopimusten rajapintoja on tarkasteltu tietomallipohjaisesti, jonka avulla pystyttiin luomaan listaus tarvittavista sopimuksista sekä rasitteista. Kartoituksen tuloksena tulee hankkeelle luoda 9 yhteisjärjestelysopimusta sekä sopia 14 rasitteisiin liittyvää asiaa. Yhteisjärjestelysopimukset ja rasitteet koskevat poistumisteitä, sisääntuloja, rakenteellisia kohtia, yhteisen seinän jakamista, kulkuoikeutta toisen omistaman tilan läpi sekä laiterasitetta. Kartoituksessa on tehty lisäksi huomioita liittyen vaikutuksiin, joita uudet alueelle sijoitettavat rakenteet tulevat aiheuttamaan. Tämmöisiä ovat esimerkiksi hätäpoistumistien

käytön väliaikainen katkeaminen ja väliaikaisjärjestelyt kiinteistön omistajien ja pelastuslaitoksen kanssa.

## 7.8 Havainnot

Case-osion kohdista voidaan havaita, että rakennettava kohde on erittäin vaativa, jopa poikkeuksellinen Suomen mittakaavassa. Se eroaa monessakin suhteessa normaalista rakennushankkeesta. Eri sidosryhmien ja osapuolien väliset kohtaamiset ovat koko rakentamishankkeen aikana läsnä ja niiden toimintaa tulee alati arvioida.

Hanke sisältää useita eri riskejä liittyen ympäristöön sekä turvallisuuteen. Näitä on haasteellista havainnoida sekä ennaltaehkäistä. Tarvitaan työkaluja, joilla varmistetaan riskikartoituksessa havaittujen riskien siirtäminen käytännön toimintaan. Varsinkin metroalueen liikenne ja ohikulkijat nousevat isoon arvoon ja niille riskeille tulisi järjestää erityinen tarkastelu. Liikennejärjestelyt ovat toinen iso kysymys. Tämän vuoksi tulee tehdä laajempi kartoitus liittyen siihen, koska järjestelyillä on lisäksi taloudellisia vaikutuksia turvallisuusnäkökulman lisäksi. Pienikin epäonnistuminen tässä kohtaa saattaa aiheuttaa mittavia kustannusvaikutuksia.

Hanke voi lisäksi vaarantua aikatauluvaikutusten tai kustannusten nousun myötä. On elintärkeää luoda hankkeen aikaisessa vaiheessa tietomallipohjainen visuaalinen vaihe aikataulu helpottamaan hankkeen johtamista sekä koordinoitua. Tietomallista käsin saatava kustannustieto helpottaa päätöksen tekoa ja lisää varmuutta seuraavien vaiheiden budjetoinnissa.

Eri alueiden jyvitykset, omistusalueet sekä lohkot synnyttävät tarpeen luoda monenlaisia yhteisjärjestelysopimuksia ja rasitteita. Tässä hankkeessa sopimusten kartoittamisen teki erittäin vaativaksi se, että sidosryhmiä oli paljon. Haasteita lisäsi se, että osa purettavasta alueesta säilyi. Palvelevia alueita muodostui naapurikiinteistöihin ja kunnallistekninen sovitaminen oli haasteellista. Hankkeen omistusalueiden sekä lohkojen kartoituksessa käytettiin tietomallinnusta avuksi, joka lisäsi hahmotettavuutta.

Kohteessa tietomallinnus on aloitettu hyvin varhaisessa vaiheessa, jossa sidosryhmien välistä viestintä on pyritty nostamaan sekä luotu päätöksen teolle helpottavia tekijöitä. On ymmärrettävää, että varsinkin suurissa rakennushankkeissa tietomallin oikeaoppinen käyttö on eilinehto. Tietomallista saavutetaan iso hyöty varsinkin silloin, kun hanke on hyvin vaativa ja mittaluokaltaan suuri.

## 8 Koulutusmateriaali

Tämän työn tilaajalle, Rakennuttajatoimisto Valvontakonsultit Oy:lle, toteutettiin työn kirjallisuustutkimuksen sekä case-osion tuloksista koulutusmateriaali. Kohderyhmänä koulutuksille tulee olemaan eri rakennushankkeiden tilaajat ja heidän organisaationsa. Lisäksi koulutusmateriaalilla voidaan kouluttaa yrityksen omaa henkilöstöä tulevia tietomallihankkeita silmällä pitäen.

Luennon tarkoituksena on luoda kuulijalle kokonais käsitys jostakin asiasta. Luennointi on suullista esittämistä, joissa asiakokonaisuudet ovat laajoja kytkeytyen toisiinsa esimerkein. (Markkanen 2002, 18.) Koulutusmateriaalin sisältö määräytyi tässä työssä käytyjen teemojen mukaan. Koulutusmateriaalista oli tarkoitus tehdä ryhdikäs sekä selkeä kokonaisuus. Koulutusmateriaalia tullaan käyttämään luentotyypillisesti koulutustilaisuuksissa. Työn koulutusmateriaali toteutettiin power point -esityksenä. Esityksestä tehtiin dynaaminen ja siihen lisättiin automaattisia toimintoja sekä visualisointeja helpottamaan esityksen havainnollistamista.

Esitys toimii lisäksi itsenäisenä opetusvälineenä, jossa esimerkiksi yrityksen oma työntekijä voi käydä materiaalin läpi omatoimisesti ilman erillistä luennoitsijaa. Oppimistapahtuma voidaan siis toteuttaa yksilöllisesti tai ryhmässä.

Koulutusmateriaali jakautui 5 eri pääryhmään. Ne olivat rakennettu ympäristö, lainsäädäntö, rasitteet, rakennetun ympäristön mallintaminen sekä esimerkit. Kaikki pääkohdat pitivät sisällään tässä työssä läpikäytyjä asioita ja aihepiirejä. Kouluttaja voi valita kouluttaako yhden tai useamman osion vaiko kaikki kerralla. Koulutusmateriaalista pyrittiin tekemään visuaalisesti yhtenäinen sekä kiinnostava. Kuvien käsittely toteutettiin yhtenäisten säätöjen avulla, jolloin kokonaisuus säilyi selkeänä. Materiaalista tehtiin myös helposti muokattava, että siihen pystyy tulevaisuudessa muokkauksia lainsäädännön tai muiden asiakohtien päivityessä.

## 9 Yhteenveto

### 9.1 Tulosten arviointi

Tässä työssä on käytetty paljon lähteitä, joista osa ei ole tieteellisiä julkaisuja. Tämä johtuu siitä, että aiheesta oli vielä tutkittua tietoa rajoitetusti saatavilla. Onkin siis syytä tarkastella työtä ja siitä johdettuja päätelmiä validiteetin sekä reliabiliteetin kautta.

Validiteetti on tutkimuksessa käytetty menetelmä, jolla arvioidaan, selviääkö tutkimuksessa siltä haluttu tarkoitus. Sen myötä selvitetään lisäksi, kuinka pätevä tutkimus on. Reliabiliteetti on menetelmä, jolla mitataan tutkimuksen luotettavuutta. Se lisäksi tarkastelee sitä, voidaanko tutkimus toistaan jonkun muun tekijän toimesta. (Hiltunen 2009.)

Tämä työn kirjallisuustutkimuksen reliabiliteetti toteutuu mielestäni hyvin. Kysymyksiin on pyritty löytämään aina viranomais- ja ministeriötason julkaisu pohjaksi, jonka jälkeen on haettu ympärille muita internet-lähteitä, jotka täydentävät asiaa eri näkökulmista. Tarkasteltaessa alussa asetettuja tutkimuskysymyksiä, työstä löytyy tarvittava tieto näihin kysymyksiin vastattaessa. Eli mielestäni myös validiteetti toteutuu tässä työssä.

### 9.2 Johtopäätökset

Tässä työssä selvisi, että digitalisaation merkitys tiiviissä rakentamisessa on välttämätöntä. Ympäristöstä saatavan datan määrä kasvaa jatkuvasti ja sitä ei pystytä ilman digitalisaation apua hallitsemaan. Rakennushankkeet ovat yhä vaativampia sekä moninaisempia isoja kokonaisuuksia, joista emme enää selviydy ilman digitalisaation tuomia apuvälineitä. Kuntien kaavoituksen ja palveluiden muututtua digitaaliseksi pystymme yhä enemmän hyödyntämään olemassa olevaa tietoa ympäristöstämme ja rakennuksistamme. Rakennuslupaprosessista tulee sujuvampaa ja läpimenoajat pienenevät digitalisuuden myötä. Rakennetun ympäristön tieto tulee saattaa kaikkien sen osapuolien saataville helposti. Näin tekemällä voimme edistää viestintää ja lisätä läpinäkyvyyttä.

Digitalisuuden myötä rakennusalaan pitkään piinannut alhainen tuottavuus voidaan saada korjattua. Digitaalisen tiedon siirtyminen on katsottu auttavan huomattavasti tuottavuutta. Kestävässä rakentamisessa maankäytön tavoitteet ja ympäristövaikutukset ovat keskiössä. Resurssitehokkuus, pitkäikäisyys ja vähän huoltoa vaativa ovat ominaisuuksia, joita haetaan rakennuksilta sekä rakennetulta ympäristöltä. Luonnonvarojen käyttö pyritään optimimaan sekä tekemään järkeväksi.

Olemassa oleva lainsäädäntö ja sääntely täydennysrakentamisen ympärillä tulee muuttumaan. Maankäyttö- ja rakennuslakiin ollaan tekemässä useita muutoksia, jotka koskevat siirtymistä kestävämpään rakentamiseen. Poliittinen tahto tila on vahva asian ympärillä.

Tiiviissä rakentamisympäristössä ja täydennysrakentamisessa korostuu viestintä sekä sidosryhmien välinen vuorovaikutus. Nämä ovat tärkeimpiä asioista johdettaessa monisäikeistä hanketta. Usein rakennushankkeiden haasteet ja ongelmat johtuvat puutteellisesta viestinnästä. Siihen on siis panostettava hankkeen alkumetreiltä asti. Rakennushankkeet ovat suuria kokonaisuuksia, joissa on paljon osapuolia ja ne sisältävät paljon erityyppisiä riskejä. Tiiviissä ympäristössä rakentaminen on aina rakentamista ihmismassojen keskellä. Tietomallit toimivat työkaluina, joiden avulla rakentamisesta pystytään tekemään turvallisempaa ja laadullisesti parempaa sekä päätöksen teosta tarkempaa.

Kaupungistuminen etenee huimalla vauhdilla ja siihen tarvitaan toimiva rakennettu ympäristö. Kaupungistumisen edut voidaan saavuttaa vain tiivistämällä yhteiskuntarakennetta. Tilan käytön hyvää suunnittelua ja laadullista täydennysrakentamista tarvitaan ja niiden merkitys korostuu. Kaupungistuminen tulee nähdä mahdollisuutena Suomelle ja ympäristöämme tulee osata kehittää niin, että siitä tulee turvallinen, viihtyisä ja siellä on hyvä elää. Tarvitsemme lisäksi asennemuutosta, koska maailman ympärillämme muuttuu. Sama vanha tapa ei enää välttämättä riitä ratkaisemaan uusia haasteita.

### 9.3 Jatkotutkimukset ja kehittämistarpeet

Tässä työstä oli rajattu pois 8d-mallintaminen eli turvallisuuteen liittyvä osio. Case-osiossa käydyn esimerkin myötä voidaan havaita, että rakennettaessa tiiviissä ympäristössä, turvallisuuteen liittyvät riskit lisääntyvät sekä muiden osapuolien ja toimijoiden huomioon ottaminen korostuu. Lisäksi ympäröivä liikenne on vaikuttamassa koko ajan rakentamisen aikana. Turvallisuuden mallintamiselle ja eri simulaatioille löytyy jatkossa yhä enemmän kysyntää ja siksi nostan sen yhdeksi jatkokehityskohteeksi työlleni. Esimerkiksi tässä työssä käsitellylle Case-hankkeelle on suositeltavaa mallintaa turvallisuusriskit suoraan tietomalliin objekteiksi, jolloin ne ovat konkreettisesti havaittavissa jokaisen osapuolen toimesta, joka tietomallia käyttää. Informaatio tulisi saattaa julkiseksi, että kuka tahansa lähialueella toimiva elin tai ohikulkija voisi tarkastella mahdollisia vaaranpaikkoja.

Työ rajattiin alussa lisäksi koskemaan vain talonrakentamista. Infra on tärkeä osa rakennettua ympäristöämme ja sieltä ammennettavaa tietoa tulee myös osata kartoittaa sekä hyödyntää. Rakennetun ympäristön hiilijalan jälki on valtava. Rakennustyömaiden sekä infran yhteistyö materiaalin kierrätyksessä voisi olla hyvä jatkotutkimuksen kohde, josta

tulevaisuudessa olisi paljon hyötyä ympäristöön kuormittamiseen liittyvissä kysymyksissä sekä haasteissa.

## Lähteet

- A-insinöörit. Rakentamisen riskienhallinta. Viitattu 06.02.2021. Saatavissa <https://www.ains.fi/palvelut/rakennuttamispalvelut/rakentamisen-riskienhallinta>
- Ailisto, H. 2018. Viisi asiaa tekoälystä, jotka sinun pitäisi tietää. VTT research. Blogi. Viitattu 17.01.2021. Saatavissa <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/viisi-asiaa-tekoalysta-jotka-sinun-pitaisi-tietaa>
- Ailisto, H., Heikkilä, E., Helaakoski, H., Neuvonen, A. & Seppälä, T. 2019. Tekoälyn kokonaiskuva ja osaamiskartoitus. Valtioneuvosto. Viitattu 17.01.2021. Saatavissa <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160925/46-2018-Tekoalyn%20kokonaiskuva.pdf>
- Andersson, C. 2019. What are as-built drawings and why are they important?. Blogi. Viitattu 02.02.2021. Saatavissa <https://www.asbuiltmgt.com/blog/what-are-as-built-drawings/>
- Antikainen, R. 2010. Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2010. Viitattu 26.01.2021. Saatavissa <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/39822>
- Anttonen, K. 2015. Rakennustyömaan laadunhallinnan suunnittelu. Rakennusteollisuus. Viitattu 06.02.2021. Saatavissa [https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2015/070415\\_rakennustyomaan-laadunhallinnan-suunnittelu.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2015/070415_rakennustyomaan-laadunhallinnan-suunnittelu.pdf)
- Asianajotoimisto KAK. 2020. Termi tutuksi: yhteiskäyttöjärjestelysopimus. Viitattu 26.01.2021. Saatavissa <https://www.kak-laki.fi/termi-tutuksi-yhteisjarjestelysopimus/>
- Autio, A. 2019. Rakennetun ympäristön kokonaisarkkitehtuuryö. Ympäristöministeriö. Viitattu 30.01.2021. Saatavissa <https://www.kuntaliitto.fi/file/18398/download?token=IwbcDbIU>
- Autodesk. Navisworks. Viitattu 30.01.2021. Saatavissa <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/products/autodesk-navisworks-family/fy21/overview/descriptive-overview/section-2/use-4d-5d-simulation-01-large-1920x1080.jpg>
- BuildingSMART a. Kaupunkimallituksen ohjekirja. Viitattu 30.01.2021. Saatavissa <https://buildingsmart.fi/kaupunki/kaupunkimallituksen-ohjekirja/>
- BuildingSMART b. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Viitattu 14.02.2021. Saatavissa <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BuildingSMART c. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Osa 8. Havainnollistaminen. Viitattu 14.02.2021. Saatavissa <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BuildingSMART d. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Osa 12. Ylläpito. Viitattu 16.02.2021. Saatavissa <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BuildingSMART e. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. Viitattu 16.02.2021. Saatavissa <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BuildingSMART f. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Osa 7. Määrälaskenta. Viitattu 16.02.2021. Saatavissa <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BuildingSMART g. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Osa 3. ARK. Viitattu 24.02.2021. Saatavissa <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>

Espoo. Rakennusrasitteet. Viitattu 12.02.2021. Saatavissa [https://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen\\_ ja\\_ ymparisto/Rakentaminen/Rakennusvalvonta/Luvan\\_ hakeminen/Rakennusrasitteet](https://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ ja_ ymparisto/Rakentaminen/Rakennusvalvonta/Luvan_ hakeminen/Rakennusrasitteet)

Lehtoviita, T. 2018. Rakennetun ympäristön digitaaliset tietomallit. Blogi. Viitattu 30.01.2021. Saatavissa <https://www.greenreality.fi/lprnyt/blogi-rakennetun-ympariston-digitaaliset-tietomallit>

Haavisto, A & Alhava, O. ROPA Projekti - KIRADIGI loppuraportti. Viitattu 22.01.2021. Saatavissa [http://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportti/fira\\_ropa-raportti.pdf](http://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportti/fira_ropa-raportti.pdf)

Halmetoja, E. 2016. Tietomallit ylläpidossa. Raportti. Viitattu 22.01.2021. Saatavissa <https://www.senaatti.fi/2016/11/15/tietomallit-yllapidossa-dokumentti/>

Helsingin kaupunki. Alueelliset suunnitteluohjeet. Viitattu 02.02.2021. Saatavissa <https://www.hel.fi/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen/ennakkotietoa-rakentamiseen/ohjeet-ja-neuvonta/alueelliset-suunnitteluohjeet>

Helsingin kaupunki. 2017. Tonttirasite turvaa käyttöoikeutesi pysyvästi. Viitattu 12.02.2021. Saatavissa <https://hel.fi/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/tontit/maanmittauspalvelut/Ohjeet%2C+lomakkeet+ja+hinnastot/>

Helsingin kaupunki. 2018. Keskustan terveys- ja hyvinvointikeskus. Hanke suunnitelma 4.12.2018. Kaupunkiympäristö.

Henttinen, T. YTV2020 –Yleisten tietomallivaatimusten jatkokehitys. Viitattu 14.02.2021. Saatavissa [https://www.ouka.fi/documents/486338/18504205/YTV2020+%E2%80%93+Yleisten+tietomallivaatimusten+jatkokehitys\\_Tomi+Henttinen.pdf](https://www.ouka.fi/documents/486338/18504205/YTV2020+%E2%80%93+Yleisten+tietomallivaatimusten+jatkokehitys_Tomi+Henttinen.pdf)

Herkulex.fi. 2020. Tierasite - mikä se on ja mitä siitä tarvitsee tietää. Viitattu 02.02.2021. Saatavissa <https://herkulex.fi/tierasite-mika-se-on-ja-mita-siita-tarvitsee-tietaa/>

Hiltunen, L. 2009. Validiteetti ja reliabiliteetti. Viitattu 02.03.2021. Saatavissa [http://www.mit.jyu.fi/ope/kurssit/Graduryhma/PDFt/validius\\_ ja\\_ reliabiliteetti.pdf](http://www.mit.jyu.fi/ope/kurssit/Graduryhma/PDFt/validius_ ja_ reliabiliteetti.pdf)

Honkanen & Piispanen. 2020. 3D-kiinteistöt uutena työkaluna kaupunkirakentamisessa. Viitattu 12.02.2021. Saatavissa <https://www.honkanenco.fi/3d-kiinteistot-kaupunkirakentamisessa/>

Huoltovarmuuskeskus. 2019. Tekoäly ja teknologiateollisuus: Jatkuvuudenhallintaa ja huoltovarmuutta tekoälyn avulla. Viitattu 22.01.2021. Saatavissa [https://cdn.huoltovarmuuskeskus.fi/app/uploads/2019/09/04130238/Tekoa%CC%88ly\\_2019.pdf](https://cdn.huoltovarmuuskeskus.fi/app/uploads/2019/09/04130238/Tekoa%CC%88ly_2019.pdf)

ISO 31000:2018(en). 2018. Risk management - Guidelines. Viitattu 06.02.2021. Saatavissa <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en>

Jäväjä, P. & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto.

Jäätvuori, L. 3 periaatetta, joilla riskienhallinta onnistuu rakennusprojektissasi. A-insinöörit. Viitattu 06.02.2021. Saatavissa <https://www.ains.fi/asiantuntija-artikkelit/3-periaatetta-joilla-riskienhallinta-onnistu>

Kananen, J. 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä: Suomen yliopistopaino Oy.

Keino. 2020. Vähähiiliset julkiset hankinnat. Webinaarimateriaali. KEINO-osaamiskeskus. Viitattu 12.02.2021. Saatavissa <https://www.hankintakeino.fi/sites/default/files/media/file/V%C3%A4h%C3%A4hiiliset%20julkiset%20hankinnat%20OSA%202.pdf>

Kestävkehitys.fi. Mitä on kestävä kehitys?. Viitattu 18.12.2020. Saatavissa <https://kestava-kehitys.fi/kestava-kehitys>

Kiinteistö- & rakentamisfoorumi a. KIRA-digin satoa: Tietomalli voi nopeuttaa rakennuslupaprosessia kuukausilla – kolmiulotteinen malli helpottaa hahmottamista. Viitattu 18.01.2021. Saatavissa <https://kirafoorumi.fi/kira-digin-satoa-tietomalli-voi-nopeuttaa-rakennuslupaprosessia-kuukausilla-kolmiulotteinen-malli%E2%80%AFhelpottaa-hahmottamista/>

Kiinteistö- & rakentamisfoorumi b. Ovatko yleiset tietomallivaatimukset ajantasaiset? Viitattu 14.02.2021. Saatavissa <https://kirafoorumi.fi/ovatko-yleiset-tietomallivaatimukset-ajantasaiset/>

Kiinteistönmuodostamislaki 554/1995. Saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1995/19950554>

KIRA-digi a. Betonin kuivuminen hallintaan rakennustyömaalla. Viitattu 22.01.2021. Saatavissa <http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/betonin-kuivuminen-hallintaan-rakennustyomaalla.html>

KIRA-digi b. Parempaa betonia digitaalisella seurannalla. Viitattu 22.01.2021. Saatavissa <http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/parempaa-betonia-digitaalisella-seurannalla.html>

KIRA-digi c. Road Map kansallisen rakennetun ympäristön standardointiin. Viitattu 07.02.2021. Saatavissa <http://www.kiradigi.fi/tiedonhallinta-yhteentoimivuus/sanastot-nimikkeistot-ja-standardit/kohti-rakennetun-ympariston-standardointia.html>

Kiviniemi, M. 2017. Tietomallit ylläpitoon-esiselvitys. VTT. Viitattu 16.02.2021. Saatavissa [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2017/06/bSF\\_SSTY\\_Tietomallit-yll%C3%A4pitoon\\_31-05-2017.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2017/06/bSF_SSTY_Tietomallit-yll%C3%A4pitoon_31-05-2017.pdf)

Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. 3. tarkistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

KTI. 2017. Mistä KIRA-ala puhuu | 2017 kaupungistuminen. Viitattu 09.01.2021. Saatavissa [https://kti.fi/wp-content/uploads/Mist%C3%A4-KIRA-ala-puhuu-2017\\_Kaupungistuminen\\_netiversio\\_sivuina.pdf](https://kti.fi/wp-content/uploads/Mist%C3%A4-KIRA-ala-puhuu-2017_Kaupungistuminen_netiversio_sivuina.pdf)

Kuntaliitto a. Rakentamistapaohjeet, hyvä rakentamistapa ja ympäristön hoito. Viitattu 02.02.2021. Saatavissa <https://www.kuntaliitto.fi/opas-rakennusjarjestyksen-laatimiseen/6-opas-ja-mallimaarayksia/62-rakentamistapaohjeet-hyva>

Kuntaliitto b. Maankäyttö- ja rakennuslain uudistus. 11.02.2021. Saatavissa <https://www.kuntaliitto.fi/yhdyskunnat-ja-ymparisto/yhdyskunnat-ja-maankaytto/maankaytto-ja-rakennuslain-uudistus-mrl>

Kuntaliitto. 2019. Väestöennuste 2019–2040: Väestökato on voimakkainta pienissä kunnissa. Viitattu 18.12.2020. Saatavissa <https://www.kuntaliitto.fi/ajankohtaista/2019/vaestoenuste-2019-2040-vaestokato-voimakkainta-pienissa-kunnissa>

Kuntaliitto. 2020. Yksi kuntakaava ja sen simulointi eri kaavatilanteissa. Viitattu 23.01.2021. Saatavissa <https://www.kuntaliitto.fi/yhdyskunnat-ja-ymparisto/yhdyskunnat-ja-maankaytto/maankaytto-ja-rakennuslain-uudistus-mrl/yksi-kuntakaava-ja-sen-simulointi-eri-kaavatilanteissa>

LCA Consulting. 2016. Elinkaarimallinnus ravinteiden kierron alueellisen optimin etsinnässä. Diaesitys. Viitattu 17.02.2021 Saatavissa <https://docplayer.fi/24404124-Elinkaarimallinnus-ravinteiden-kierron.html>

Laki24. Rakennusrasite: Pysyväoikeus käyttää toisen kiinteistön rakennusta. Viitattu 26.01.2021. Saatavissa <https://www.laki24.fi/yms-rakentaminen-rakennusrasite/>

Liikennevirasto. 2017. Ohje riskienhallinnan menetelmistä. Liikenneviraston ohjeita 40/2017. Viitattu 06.02.2021. Saatavissa [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2017-40\\_ohje\\_riskienhallinnan\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-40_ohje_riskienhallinnan_web.pdf)

Lindholm, J. 2016. Rakentamisen oikeudelliset yleisperiaatteet. Kiinteistöliitto. Viitattu 02.02.2021. Saatavissa <https://www.kiinteistoliitto.fi/blogit/lakipahkina/rakentamisenoikeudellisetyleisperiaatteet/>

Lean Construction Institute. 2015. Rakentamisen virtaviivaistaminen edellyttää kulttuurin muutosta. Viitattu 22.01.2021. Saatavissa [http://lci.fi/blog/lci-paiva\\_2015/](http://lci.fi/blog/lci-paiva_2015/)

Leica-geosystems. Digitaalinen rakentaminen. Viitattu 22.01.2021. Saatavissa <https://leica-geosystems.com/fi-fi/about-us/content-features/-/media/6b914ba4bbfb4bb89b3821800b7546d8.ashx?la=fi-fi&hash=714C487B654A56C778820F7BDFF9A744>

Lohilahti, O. 2017. Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40 vuodessa – onko allianssista tai leanista apua?. Rakennuslehti. Viitattu 22.01.2021. Saatavissa <https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/>

Lohjan kaupunki. Rakennetun ympäristön valvonta. Viitattu 11.02.2021. Saatavissa <https://www.lohja.fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen-ja-maankaytto/rakennusvalvonta/rakennetun-ympariston-valvonta/>

Loikkanen, A & Laakso, S. 2016. Tiivistävä kaupunkikehitys –Tuottavuuden ja hyvinvoinnin kasvun perusta. Tehokkaan Tuotannon Tutkimussäätiö. Viitattu 09.01.2021. Saatavissa [http://www.kaupunkitutkimusta.fi/wp-content/uploads/2016/02/Tiivistyv%C3%A4-kaupunkikehitys-TTTS\\_5.pdf](http://www.kaupunkitutkimusta.fi/wp-content/uploads/2016/02/Tiivistyv%C3%A4-kaupunkikehitys-TTTS_5.pdf)

Lujatalo. Elinkaarihankkeet. Viitattu 07.02.2021. Saatavissa <https://www.lujatalo.fi/yritysasiakkaat/palvelut-ja-ratkaisut-yritysasiakkaille/elinkaarihankkeet/>

Lujatalo. 2016. Tietomallipohjainen työmaan aluesuunnitelma. Viitattu 24.02.2021. Saatavissa <https://www.luja.fi/2016/10/02/tietomallipohjainen-tyomaan-aluesuunnitelma/>

Lundwall, A. Uuden ajan digikaavoitus tulee – asukkaiden mahdollisuudet osallistua lisääntyvät. Maanmittauslaitos. Viitattu 17.01.2021. Saatavissa <https://www.maanmittauslaitos.fi/tietoa-maanmittauslaitoksesta/ajankohtaista/lehdet-ja-julkaisut/tietoa-maasta/uuden-ajan-digikaavoitus-tulee>

Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.

Maanmittauslaitos. Ympäristön 3D-mallinnus. Viitattu 29.01.2021. Saatavissa <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/ympariston-3d-mallinnus>

Maanmittauslaitos. 2018. 3D-kiinteistönmuodostaminen-Käsikirja. Viitattu 24.02.2021. Saatavissa <https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2018/10/3D-kiinteist%C3%B6muodostaminen.K%C3%A4sikirja.pdf>

Markkanen, P. 2002. Opetuksen tuhat taikatemppua – Onko opetusmenetelmällä väliä?. Selvitys opetusmenetelmistä Oulun yliopistossa. Viitattu 29.01.2021. Saatavissa [https://www oulu.fi/koulutuspalvelut/julkaisut\\_ ja\\_materiaalit/uutta\\_opetussessa/pdf/UO16.pdf](https://www oulu.fi/koulutuspalvelut/julkaisut_ ja_materiaalit/uutta_opetussessa/pdf/UO16.pdf)

Meristö, T., Molarius, R., Leppimäki, S., Laitinen, J. & Tuohimaa, H. 2007. LAADUKAS SWOT - Työkalu pk-yrityksen innovaatiovetoisen tulevaisuudenmenestyksen turvaamiseksi. Turku: Corporate Foresight Group CoFi / Åbo Akademi. Viitattu 24.02.2021. Saatavissa [http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/innorisk/LAADUKAS\\_SWOT.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/innorisk/LAADUKAS_SWOT.pdf)

Minilex. Kiinteistön omistaja on velvollinen sallimaan johtorasitteet kiinteistöllään. Viitattu 08.02.2021. Saatavissa <https://www.minilex.fi/a/kiinteistön-omistaja-on-velvollinen-sallimaan-johtorasitteet-kiinteistöllään>

Motiva a. Rakentaminen ja rakennukset. Viitattu 24.01.2021. Saatavissa [https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/kestavat\\_julkiset\\_hankinnat/tietopankki/rakentaminen\\_ja\\_rakennukset](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/rakentaminen_ja_rakennukset)

Motiva b. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. Viitattu 24.01.2021. Saatavissa [https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/direktiivit/rakennusten\\_energiatehokkuusdirektiivi](https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/direktiivit/rakennusten_energiatehokkuusdirektiivi)

Motiva c. Energian loppukäyttö. Viitattu 24.01.2021. Saatavissa [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian\\_kaytto\\_suomessa/energian\\_loppukaytto](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/energian_loppukaytto)

Mättö, M., Jarva, A. & Holopainen, M. 2018. Kolmiulotteisten kiinteistöjen muodostaminen mahdolliseksi 1.8.2018 alkaen. Yleiskirje 5/2018. Kuntaliitto. Viitattu 14.02.2021. Saatavissa <https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/YLEISKIRJE%205-2018%20LIITE%20MUISTIO%20Final.pdf>

Mölsä, S. 2020. Haahtelan mallintaman virtuaalitalon avulla voi simuloida sekä suunnittelun että rakentamisen – kustannukset näkyvät välittömästi ja niitä voi lähteä ohjaamaan. Viitattu 14.02.2021. Saatavissa <https://www.rakennuslehti.fi/2020/11/haahtelan-mallintaman-virtuaalitalon-avulla-voi-simuloida-seka-suunnittelun-etta-rakentamisen-kustannukset-nakyvat-valittomasti-ja-niita-voi-lahtea-ohjaamaan/>

Nummi, P. 2018. Sähköinen osallistuminen osana kaavoituksen digitalisaatiota. Blogi. Viitattu 23.01.2021. Saatavissa <https://mrluudistus.fi/2018/12/sahkoinen-osallistuminen-osana-kaavoituksen-digitalisaatiota/>

NYT/2025. 2011. Rakennettu ympäristömme. Kiinteistö- ja rakentamisfoorumi. Viitattu 24.01.2021. Saatavissa [https://asuntotietokeskus.fi/wp-content/uploads/2015/01/KIRA\\_Rakennettu\\_ymp\\_netti1.pdf](https://asuntotietokeskus.fi/wp-content/uploads/2015/01/KIRA_Rakennettu_ymp_netti1.pdf)

Peltonen, T & Kiiras, J. 1998. Rakennuttajan riskit eri urakkamuodoissa. Helsinki: Rakennustieto.

ProDigiOUs. Tietomallinnuksen hyödyt. Viitattu 07.02.2021. Saatavissa <https://prodigious.tamk.fi/laserkeilaus-ja-tietomallinnus-korjaushankkeissa/tietomallinnuksen-hyodyt/>

Pro It. Tuotemallitieto rakennusprosessissa -esite. Viitattu 02.02.2021. Saatavissa [http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/tiedotteita/proit\\_esite\\_no1.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/tiedotteita/proit_esite_no1.pdf)

Rakennusteollisuus a. Kestävä rakentaminen on vastuullista rakentamista. Viitattu 18.12.2020. Saatavissa <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/>

Rakennusteollisuus b. Kestävän rakentamisen standardit luovat yhdenmukaiset pelisäännöt. Viitattu 24.02.2021. Saatavissa <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Rakentaminen-ja-vaaralliset-aineet/CENCT-350-Kestava-rakentaminen/>

Rakennusteollisuus. 2019. Täydennysrakentamisen edistäminen MRL-uudistuksen pääta-voite. Viitattu 11.02.2021. Saatavissa <https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2019/taydennysrakentamisen-edistaminen-mrl-uudistuksen-paatavoite/>

RAKLI. Rakennetun ympäristön elinkaari. Viitattu 14.12.2020. Saatavissa <https://www.rakli.fi/rakentamisen-laatu-ja-tuottavuus/rakennetun-ympariston-elinkaari/>

Ramboll. Kaupungistuminen edellyttää muutoksia myös kaupunkisuunnittelulta. Viitattu 10.01.2021. Saatavissa <https://fi.ramboll.com/media/artikkelit/kaupungit/kaupungistuminen-edellyttaa-muutoksia-myo-kaupunkisuunnittelulta>

Ramboll. 2018. RiskBIM-esittely: riskienhallinta osana infraprojektin rakennustietomallia. Vt12 parantaminen välillä Eura-Rajjala. Viitattu 06.02.2021. Saatavissa <https://vimeo.com/284618332>

Rastiprojekti. 2019. Rakennetun ympäristön tiedonhallinnan standardisointi- Nykytilan kartoitus ja ehdotus toimenpiteistä. Versio 1.0. Viitattu 30.01.2021. Saatavissa <https://rastiprojekti.com/wp-content/uploads/2019/02/RASTI-strategia-v1.pdf>

Rekola, A., Päivinen, J., Kervinen, M., Oinonen, K., Rehunen, A., Reinikainen, K. & Riipinen, J. 2017. Katsaus alueidenkäytön toimijoiden roolien ja yhteistyön nykytilaan - Alueidenkäytön suunnittelu ja maakuntauudistus (AAMU) hankkeen nykytilakatsaus. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta.

RIL. 2020. Älykäs työmaan dokumentointi. Viitattu 22.01.2021. Saatavissa <https://www.ril.fi/fi/rakennustekniikka/teemat/alykas-tyomaan-dokumentointi.html>

Rokka, A. 2019. Tietomallipohjainen tuotannosuunnittelu – Yli-Maarian pientalohanke. Turun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. 24.02.2021. Saatavissa <https://www.theseus.fi/handle/10024/226398>

ROTI. 2019. Rakennetun omaisuuden tila 2019. Viitattu 18.12.2020. Saatavissa [https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti\\_2019\\_raportti.pdf](https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti_2019_raportti.pdf)

Seppänen, O. 2020. Digitaalinen tilannekuva mahdollistaa tuottavuusloikan. Rakennuslehti. <https://www.rakennuslehti.fi/blogit/digitaalinen-tilannekuva-mahdollistaa-tuottavuusloikan/>

Sitowise. Hanke Louhi piirtää Kruunusiltojen digitaalista tilannekuvaa. Viitattu 22.01.2021. Saatavissa <https://www.sitowise.com/fi/asiakastarinat/hanke-louhi-piirtaa-kruunusiltojen-digitaalista-tilannekuvaa>

Strategy train. 2009. Arvoketju. Viitattu 4.12.2020. Saatavissa <http://st.meriq.eu/index.php?id=270&L=2>

Sykli. 2014. Rakennustyömaan kestävät käytännöt. Koulutusmateriaali. Viitattu 17.12.2020. Saatavissa <https://sykli.fi/wp-content/uploads/2018/05/raksa-opas-final.pdf>

Sweco. 2018. Rakennuksen toteutusvaihtoehtojen tuottaminen modernin tekoälyn menetelmillä. Loppuraportti. Viitattu 17.01.2021. Saatavissa [http://www.kiradiqi.fi/media/hanke-materiaali/loppuraportit/sweco\\_buildingai\\_loppuraportti.pdf](http://www.kiradiqi.fi/media/hanke-materiaali/loppuraportit/sweco_buildingai_loppuraportti.pdf)

Talokeskus. PTS. Viitattu 02.02.2021. Saatavissa <https://www.talokeskus.fi/pts/>

Työ- ja elinkeinoministeriö. Energiatehokkuus. Viitattu 23.01.2020. Saatavissa <https://tem.fi/energiatehokkuus>

Tofferi, T. 2020. PTS eli pitkän tähtäimen suunnitelma: Kaikki mitä siitä tulisi tietää. Viitattu 02.02.2021. Saatavissa <https://capri.fi/pts-eli-pitkan-tahtaimen-suunnitelma-tietopaketti/>

- Vainio, T., Nissinen, K., Möttönen, V., Vainio, S., Herrala, M. & Haapasalo, H. 2012. Kestävän yhdyskunnan rakentaminen – Näkökulmia ja liiketointamahdollisuuksia. VTT. Viitattu 17.12.2020. Saatavissa <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2012/T40.pdf>
- Valli, M. 2019. Rakennusala digitalisoitui yhteistyöllä ja valtiovallan myötävaikutuksella. Go digi Nro 02/2019. Viitattu 22.01.2020. Saatavissa <https://proofer.faktor.fi/epaper/GD119/files/assets/common/downloads/Rakennustaito2.pdf>
- Valtioneuvosto. 2018. Kolmiulotteiset kiinteistöt mahdollisiksi ja palstatilat lopullisesti historiaan. Viitattu 11.02.2020. Saatavissa <https://valtioneuvosto.fi/-/1410837/kolmiulotteiset-kiinteistot-mahdollisiksi-ja-palstatilat-lopullisesti-historiaan>
- Valtioneuvosto. 2020. Uudet MAL-sopimukset ohjaamaan maankäytön, asumisen ja liikkumisen kestäväää kehitystä – valtio ja kaupungit rahoittavat kestäväää kaupunkikehittämistä ennätyspotilla. Viitattu 12.02.2021. Saatavissa <https://valtioneuvosto.fi/-/uudet-mal-sopimukset-ohjaamaan-maankayton-asumisen-ja-liikkumisen-kestavaa-kehitysta->
- Valtionvarainministeriö. 2017 Ohje riskienhallintaan. Valtionvarainministeriön julkaisuja 22/2017. Viitattu 06.02.2021. Saatavissa [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80013/VM\\_22\\_2017.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80013/VM_22_2017.pdf)
- Valtonen, R. Tietomallinnusta kannattaa käyttää rakennushankkeen alusta loppuun – lue 5 hyvää syytä. A-insinöörit. Viitattu 06.02.2021. Saatavissa <https://www.ains.fi/asiantuntija-artikkelit/5-syyta-kayttaa-tietomallinnusta-rakennushankkeessa>
- Vilventhan, A., Razin, S. & Rajadurai, R. 2019. 4D BIM models for smart utilityrelocation management in urban infrastructure projects. Viitattu 16.02.2021. Saatavissa <https://www-emerald-com.ezproxy.saimia.fi/insight/content/doi/10.1108/F-08-2019-0091/full/pdf>
- VTT. 2018. Tekoälyn käsitekartta. VN-TEAS projekti. Viitattu 17.01.2021. Saatavissa <https://tietokayttoon.fi/documents/1927382/2158283/Teko%C3%A4lyn+k%C3%A4sittekartta/a5c4b469-d8ae-4ce1-a5fc-f12981bae796>
- Väylävirasto. 2019. Riskienhallinta ja tietomallintaminen. Väyläviraston tutkimuksia 20/2019. Viitattu 06.02.2021. Saatavissa [https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vt\\_2019-20\\_riskienhallinta\\_tietomallintaminen\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vt_2019-20_riskienhallinta_tietomallintaminen_web.pdf)
- Wikipedia a. Digitaalinen kaksonen. Viitattu 22.01.2020. Saatavissa [https://fi.wikipedia.org/wiki/Digitaalinen\\_kaksonen](https://fi.wikipedia.org/wiki/Digitaalinen_kaksonen)
- Wikipedia b. Rasite. Viitattu 22.01.2020. Saatavissa <https://fi.wikipedia.org/wiki/Rasite>
- Tokoi, T. 2017. Kunnat siirtyneet varovasti elinkaarirakentamiseen – "Vanhojen koulujen elinkaari jäänyt luvattoman lyhyeksi". Viitattu 07.02.2021. Saatavissa <https://yle.fi/uutiset/3-9466546>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. Energiatehokkuusdirektiivi ja energiaterhokkuuslaki. Viitattu 12.02.2021. Saatavissa <https://tem.fi/energiaterhokkuusdirektiivin-toimeenpano>
- Ympäristöministeriö. 2016. Maa-ainesten kestäväää käyttöoppaan päivittäminen Viitattu 10.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM036:00/2016>
- Ympäristöministeriö. 2017. Tiekartta rakennuksen elinkaarenhiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Viitattu 12.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>.
- Ympäristöministeriö 2018a. MRL-kokonaisuudistus. Viitattu 10.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM014:00/2018>

Ympäristöministeriö. 2018b. Hallituksen esitys ympäristönsuojelulain muuttamisesta ja valtioneuvoston asetus rakentamisen maa-ainesten hyödyntämisestä Viitattu 10.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM033:00/2018>

Ympäristöministeriö. 2019. Muovitiekartta. Viitattu 10.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM009:00/2019>

Ympäristöministeriö. 2020. Hallituksen esitys laeiksi ympäristövaikutusten arviointimenetelystä annetun lain ja maa-aineslain muuttamisesta Viitattu 10.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM028:00/2020>

Ympäristöministeriö. 2020b. HE eduskunnalle laiksi jätelain muuttamisesta (kertakäyttömuovidirektiivi). Viitattu 10.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM039:00/2020>

Ympäristöministeriö a. Johdatus rakennusten elinkaariarviointiin. Viitattu 23.01.2021. Saatavissa [https://elinkaarilaskenta.fi/wp-content/uploads/sites/6/2019/08/johdatus\\_rakennusten\\_elinkaariarviointiin.pdf](https://elinkaarilaskenta.fi/wp-content/uploads/sites/6/2019/08/johdatus_rakennusten_elinkaariarviointiin.pdf)

Ympäristöministeriö b. Rakennetun ympäristön tietojärjestelmä. Viitattu 30.01.2021. Saatavissa <https://ym.fi/rakennetunymparistontietojarjestelma>

Ympäristöministeriö c. Rakennetun ympäristön tiedon yhteentoimivuus. Viitattu 08.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/yhteentoimivuus>

Ympäristöministeriö d. Jätesäädöspaketti. Viitattu 10.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/jatesaadospaketti>

Ympäristöministeriö e. CE-merkintä. Viitattu 10.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/ce-merkinta>

Ympäristöministeriö f. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Viitattu 11.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/maankaytto-ja-rakennuslaki>

Ympäristöministeriö g. Rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 11.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

Ympäristöministeriö h. Maankäytön suunnittelu. Viitattu 12.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/maankayton-suunnittelu>

Ympäristöministeriö i. Rakennusten energiatehokkuutta koskeva lainsäädäntö. Viitattu 12.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus>

Ympäristöministeriö j. Maankäytön, asumisen ja liikenteen sopimukset. Viitattu 12.02.2021. Saatavissa <https://ym.fi/maankayton-asumisen-ja-liikenteen-sopimukset>

Ympäristöosaava.fi. Kestävä rakentaminen - kestävä rakennus. Viitattu 17.12.2020. Saatavissa <https://www.ymparistoosaava.fi/rakennusala/index.php?k=22796>

YSE 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. RT 16-10660. Helsinki: Rakennustieto Oy

Zou, Y., Kiviniemi, A. & Jones S. 2015. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies. Viitattu 06.02.2021. Saatavissa [https://www.researchgate.net/publication/291520663\\_A\\_review\\_of\\_risk\\_management\\_through\\_BIM\\_and\\_BIM-related\\_technologies](https://www.researchgate.net/publication/291520663_A_review_of_risk_management_through_BIM_and_BIM-related_technologies)