



# jamk

## Teollisen puurakentamisen osaaminen Keski-Suomessa

Miska Ruotsalainen

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2024

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinööri (AMK)

**jamk** | Jyväskylän ammattikorkeakoulu  
University of Applied Sciences



Ruotsalainen, Miska & Miska, Ruotsalainen

Teollisen Puurakentamisen Osaaminen Keski-Suomessa

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Toukokuu 2024, 84 sivua

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö, AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

## Tiivistelmä

Opinnäytetyö toteutettiin osana Keski-Suomen teollisen puurakentamisen prosesseja ja osaamista kehittävästä TeopuuKS-hanketta. Hankkeen taustalla oli kansallinen ohjelma, joka pyrkii lisäämään julkista puurakentamista kansallisten vähähiilisyystavoitteiden saavuttamiseksi. Tutkimuksen päätavoitteena oli tutkia alueellisesti teollisen puurakentamisen hankkeiden prosesseihin ja osaamistarpeisiin liittyviä haasteita ja kehitystarpeita.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin kysely- ja haastattelututkimusta, joissa kerättiin näkemyksiä ja kokemuksia alan toimijoilta. Tutkimuksessa haastateltiin kahdeksaa toimijaa eri toimialoilta etäyhteyden välityksellä. Haastattelut sovittiin sähköpostitse ja henkilökohtaisin puheluihin, aineisto analysoitiin kvalitatiivisin menetelmin.

Tuotanto- ja suunnitteluprosessien kehittäminen nousivat yhdessä tietomalliosaamisen kehittämisen kanssa selkeiksi toimialan kehityskohdiksi. Ajatusmaailman muutos paikalla rakentamisesta tuoteosarakentamiseen koettiin tärkeimmäksi muutostarpeeksi. Tietomalliosaamisen kehittäminen havaittiin tarpeelliseksi läpi toimialan, koska oikein käytettynä se parantaa yhteistyötä ja tehokkuutta. Selkeä tarve nousi myös rakennusjärjestelmiin ja niiden erityispiirteisiin liittyvän ymmärryksen lisäämiselle. Koulutustarpeita havaittiin runsaasti kiertotalouteen ja elinkaaritekniikkaan liittyvien osaamisten lisäämiseksi ja kiertotalousvaatimuksiin vastaamiseksi. Tuloksista luotiin kaksi taulukkoa, ensimmäinen kehittämistarpeista ja toinen osaamis- ja koulutustarpeista

Tutkimuksen johtopäätöksiin vaikuttivat vahvasti kyselytutkimuksen tulosten vähäinen määrä. Tulosten vähäinen määrä ei mahdollistanut Keski-Suomen teollisen puurakentamisen toimijoiden näkemyksien syvällisen tarkastelua tavoitteiden mukaisesti. Haastatteluista selvisi kuitenkin, että Keski-Suomen alueella on monipuolisesti aktiivisia teollisen puurakentamisen toimijoita. Tutkimuksen johtopäätöksenä teollisen puurakentamisen toimijat tarvitsevat erityisesti lisää tietoa ja koulutusta tietomallintamisen hyödyntämisen lisäksi vaikutuksista, joita tuoteosarakentamiseen siirtymisellä on heidän työhönsä. Lisäksi havaittiin, että myös muut teollisen puurakentamisen osaamistarpeita selvittäneet tutkimukset ovat päätyneet samankaltaisiin lopputuloksiin.

## Avainsanat (asiasanat)

Osaamiskartoitus, Haastattelututkimus, Puurakentaminen, Osaaminen

## Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Ei salassa pidettäviä liitteitä

**Ruotsalainen, Miska & Miska, Ruotsalainen**

**Industrial Wood Construction Competences in Central Finland**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2024, 84 pages

Degree Programme in Construction and Civil Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

**Abstract**

Thesis was carried out as part of the TeopuuKS-project, which aims to improve processes and competencies of industrial wood construction in the Central-Finland region. The project was based on national program that strives to increase use of wood as the main construction material for public buildings to achieve low-carbon goals. The main goal of the research was to investigate regional challenges and development needs related to processes and competency requirements of industrial wood construction projects.

The research was a questionnaire and interview study to collect viewpoints and experiences from operators in the industrial wood construction field. Eight participants from different industries were interviewed remotely. The interviews were arranged via e-mail and personal phone calls. The research material was analyzed using qualitative methods.

Development of manufacturing and design processes as well as the BIM-competence emerged as one of the main development targets at the field. The most important need for change was the way of thinking from on-site construction to component-based construction. Development of BIM-competence was detected as important for all parties in the field because it can increase the level of cooperation and efficiency when used the right way. There was also clear demand for increasing understanding about different industrial wood construction systems and their special features. The training requirements related to circular economy and life cycle technology were found to meet the goals of circular economy. Two tables were created from the records, one for the development requirements and one for the competence and training requirements.

The conclusion of the study was strongly influenced by the limited number of responses to the survey. The small number of responses did not allow for an in-depth examination of the perspectives of industrial wood construction operators in Central Finland according to the objectives. However, the interviews revealed that there are variety of active industrial wood construction operators in the Central Finland region. The study concluded that industrial wood construction operators need more knowledge and training not only in utilizing BIM but also in understanding the impact of transitioning to component-based construction on their work. It was also found that other studies investigating the competency needs in industrial wood construction have reached similar conclusions.

**Keywords/tags (subjects)**

Know-how, Timber construction, interview study, competence inventory

**Miscellaneous (Confidential information)**

This work does not contain confidential information

## Sisältö

<b>Sanasto</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Johdanto</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Tavoitteet ja rajaukset</b> .....	<b>6</b>
2.1 Tavoitteet .....	6
2.2 Tutkimuksen rajaukset .....	7
<b>3 Teollinen puurakentaminen</b> .....	<b>8</b>
3.1 Teollisen puurakentamisen määritelmä .....	8
3.2 Puurakentamisen erityispiirteet .....	8
3.3 Erikoisosaamisen tasot toimijoilla.....	9
<b>4 Teollinen puurakentaminen keski-suomen alueella</b> .....	<b>11</b>
4.1 Toteutuneet kohteet.....	11
4.2 Alan toimijoita .....	12
<b>5 Merkittävimmät haasteet ja kehityssuunnat</b> .....	<b>14</b>
5.1 Kartoituksen havaintoja .....	14
5.2 Koulutus ja sen kehityssuunnat.....	14
5.3 Osaamisen kehitystarpeet.....	15
<b>6 Keskeiset osaamisalat teollisessa puurakentamisessa</b> .....	<b>16</b>
6.1 Työelämätaidot .....	16
6.2 Suunnitteluosaaminen .....	19
6.2.1 Palo- ja äänitekkinen suunnittelu.....	23
6.2.2 Tietomalliosaaminen .....	26
6.3 Elinkaariosaaminen .....	29
6.4 Hankintaosaaminen .....	33
6.5 Muut tärkeät osaamistarpeet .....	37
<b>7 Tulevaisuudessa hyödynnettävät tekniikat</b> .....	<b>41</b>
7.1 Parametrinen suunnittelu .....	41
7.2 Tiedonlouhinta (Data mining) .....	45
<b>8 Tutkimuksen menetelmät</b> .....	<b>48</b>
8.1 Aineistonkeruu .....	48
8.2 Tietopohjan keruu .....	49
8.3 Aineiston analyysi.....	52

<b>9 Tutkimuksen toteutus</b> .....	<b>55</b>
<b>10 Tulokset</b> .....	<b>57</b>
10.1 Teollisen ajattelun kehittäminen .....	57
10.2 Tietomalliosaaminen .....	60
10.3 Rakennejärjestelmien tuntemus .....	62
10.4 Yhteenveto .....	64
<b>11 Pohdinta</b> .....	<b>66</b>
<b>Lähteet</b> .....	<b>71</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>79</b>
Liite 1. Kestävän rakentamisen hankkeen osaamistarpeet .....	79
Liite 2. Osaamisen kartoituksen kyselyn kysymykset .....	80
Liite 3. Haastattelututkimuksen kysymykset .....	83
<b>Kuviot</b>	
Kuvio 1. Puurakentamisen keskeiset erot selityksineen .....	9
Kuvio 2. Puurakentamisen hankeosapuolten toimijakohtaiset puuosaamisalueet .....	10
Kuvio 3. Puurakenteiden suunnittelijoiden pätevyysvaatimukset luokittain .....	21
Kuvio 4. Vertailutalojen elinkaaren aikaiset päästöt Ympäristöministeriön julkaiseman rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalulla laskettuna, lämmitysmuodon ollessa <b>kaukolämpö</b> . .....	32
Kuvio 5. Jokaisen suunnitteluvaiheen päätösten vaikutus toteutuviin päästöihin. ....	38
<b>Taulukot</b>	
Taulukko 1. Keski-Suomen Puukerrostalot .....	12
Taulukko 2. Keski-Suomen paikalliset puurakentamisen kokemusta omaavat toimijat. ....	13
Taulukko 3. Puutuotealan ammattikuntien painotetusti kehitettäviä työelämätaitoja. ....	17
Taulukko 4. Asiantuntijoiden osaamistarpeita vuonna 2035 .....	19
Taulukko 5. Tutkimuksen aineistossa esille nousseita kehityksen kohteita .....	63
Taulukko 6. Tutkimuksessa keskeisiksi nousseet toimijakohtaiset osaamistarpeet .....	65

## Sanasto

**Tietomalli** – Digitaalisessa muodossa olevan rakennelman 3-ulotteista esittämistä ominaisuustietoineen (Väylävirasto, 2020)

**KVR**- rakennushankkeen toteutusmuoto, jossa urakoitsija vastaa kohteen rakennustöistä ja suunnittelusta (*KVR | TEPA-Termipankki*, 1991)

**Tiedonlouhinta**- joukko menetelmiä, joilla pyritään oleellisen informaation löytämiseen suurista tietomassoista (*Tieteen termipankki*, 2021)

**Delaminoitumis-ilmiö (CLT rakenteissa)** – CLT elementtien Lamellien irtoamista, havaitaan erityisesti palotilanteessa, kun käytetään polyuretaanipohjaista liimaa. (Puuinfo, 2023a, Luku 10.1.1)

**Hiilipiikki**- Rakennuksen elinkaaren alussa rakennusmateriaalien valmistuksesta ja rakennustyöstä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. (Kinnunen, 2021)

## 1 Johdanto

Teollisen puurakentamisen ala on murroksessa suomessa mutta osaajien vähäinen määrä on yksi merkittävä kasvua hidastava tekijä. Kasvun mahdollistaminen vaatii laajoja kehitystoimenpiteitä eri osa-alueilla, joista suurimpia on teollisen puurakentamisen hankkeiden osaamisvaatimukset. Viime vuosien aikana puurakentamisen kehittämistä on edistetty runsaasti valtion ohjaamana muun muassa vuosien 2016–2023 aikana toteutetun puurakentamisen ohjelman hankkeiden avulla (le Roux, 2018). Hankkeiden avulla on tuotettu muun muassa opetusmateriaaleja suunnittelijoille, oppaita julkisten hankkeiden toteuttamiseksi ja vertailutietoa muiden maiden käytännöistä.

Keski-Suomen alueen teollisen puurakentamisen kehittämiseen tähtäävä TeopuuKS-hanke alkoi vuonna 2023, tarkoituksena kehittää prosesseja sekä teollisen puurakentamisen tarvitsemaa osaamista. Opinnäytetyö toteutetaan osana hanketta tuomalla esille keskisuomen alueen rakennusalan toimijoilla olevaa teollisen puurakentamisen osaamista. TeopuuKS-projektin laajempänä tarkoituksena on tuottaa tietoa vaihtoehtoisista kustannus- ja energiatehokkaista tuotanto- ja toimintamalleista huomioimalla koko teollisen puurakentamisen elinkaari. Opinnäytetyön toimeksiantaja hankkeen taustalla on vahvasti hallituksen puurakentamisen ohjelma, jonka tavoitteena on lisätä puun käyttöä rakentamisessa merkittävästi, etenkin julkisessa uudisrakentamisessa. Tavoitteisiin vaikuttavat myös tiukat alueelliset, kansalliset sekä EU:n vähähiilisyystavoitteet. (*TeopuuKS-projekti, 2023*)

## 2 Tavoitteet ja rajaukset

### 2.1 Tavoitteet

Teollisen puurakentamisen kehittäminen vaatii osaamistarpeiden perusteellista selvitystä ja ymmärrystä. Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on tutkia mitä osaamista Keski-Suomen alueen toimijoilla on tutkimuksen tekoheikellä sekä tietoa kehitettävistä teollisen puurakentamisen osa-alueista. Tutkimus toteutetaan kahdesta näkökulmasta, ensimmäinen on toteutuneiden hankkeiden osapuolten näkemykset aiheen teemoista kuten teollisen puurakentamisen haasteista ja mahdollisuuksista. Toisena näkökulmana on maakunnan rakennusalan toimijoiden näkemykset heidän osaamistasosta- ja tarpeistaan teollisen puurakentamisen hankkeissa toimimiseksi. Selvitetään esimerkiksi, kuinka hyvin he tuntevat puurakentamisen erityispiireet ja hankeosapuolien puuosaamisen vaatimukset. (ks. kappale 2.1)

Tietoperustan avulla tehdään laaja katsaus teollisen puurakentamisen merkittävimpiin osaamistarpeisiin. Työn tietoperustan tavoitteena on kerätä tietoa valtakunnallisesti eri tutkimusraporteista, jotka ovat tutkineet muun muassa rakennusalan sekä teollisen puurakentamisen osaamistarpeita ja ilmiöitä lähimenneisyydessä. Tietoperustassa käsitellään tärkeimpiä osaamisalueita ja niiden merkitystä teollisen puurakentamisen kontekstissa, tunnistetaan nykyiset ja tulevaisuuden osaamistarpeet. Laaja mutta rajattu tietoperusta antaa vankan perustan alan tuntemiselle sekä tulevaisuuden kehitys- tarpeiden ja toimien määrittelemiselle.

Tutkimusaineistojen ja tietoperustan ristiinanalysoinnilla tavoitellaan selkeää ymmärrystä alan edistämiseksi vaadittavista toimenpiteistä kuten lisäkurseista ja muista alaa ja osaamista edistävistä konkreettisista toimista. Tulokset tuovat esille myös alan keskeisiä kehityksen esteitä ja mahdollisuuksia. Näiden pohjalta yritykset ja koulutukset tarjoajat voisivat tarkastella nykyistä ja tulevaisuuden koulutustarjontaansa esimerkiksi syventävien kurssien muodossa.

Tavoitteiden pohjalta tutkimuskysymyksiksi on noussut seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Mitä teollisen puurakentamisen hankkeiden tarvitsemaa osaamista keski-suomen toimijoilla on?
  - 1.1. Mitkä ovat osa-alueet, jotka vaativat erityisesti kehittämistä?
2. Mitä keskeistä nykyhetken ja tulevaisuuden teknistä osaamista alueen toimijoilla on?



## 2.2 Tutkimuksen rajaukset

Tämän tutkimuksen tutkimusosuuden rajauksena käytetään maantieteellistä rajausta hankkeen alueellisuuden perusteella koskemaan Keski-Suomen alueen toimijoita. Rajaus mahdollistaa keskittymisen tarkasti alueen osaamiseen sekä kehitettävien osa-alueiden löytämiseen joiden pohjalta voidaan tunnistaa mahdollisuuksia alueen toimijoiden ja oppilaitosten yhteistyölle. Tutkimuksen rajoituksia tuodaan esille tarkemmin kappaleessa 8.3.

Tutkimuksen tietoperustan rajaus on suunniteltu käsittelemään laaja-alaisesti teollisen puurakentamisen hankkeissa vaadittavia nykyisiä- ja tulevia osaamisalueita. Tietoperustan rajaus mahdollistaa perinteisten osaamisalojen lisäksi myös sisältää tietoa lähitulevaisuudessa tärkeiksi nousevista osaamisalueista kuten koneoppimisen hyödyntämisestä rakennusalalla. Erityistä huomiota on kiinnitetty tietoperustan aktiivisen kehittämisen mahdollistamien, mikä tukee tutkimuksen aikaisen uuden tiedon hyödyntämisen tutkimuksen rakenteen kehittämisessä. Tutkimusteemojen määrittelyn jälkeen tarkastellaan teollista puurakentamista yleisestä näkökulmasta. Tutkimus on rajausten, tavoitteiden ja opinnäytetyöntekijän oman mielenkiinnon perusteella jaettu seuraaviin kolmeen pääteemaan:

1. Teollisen puurakentamisen hankkeiden vaatimien osaamisalueiden laaja käsittely
2. Tekniikoiden kuten BIM, Datan louhinta ja analysointityökalujen käyttö, alan tehokkuuden lisäämisessä.
3. Tulevaisuudessa hyödynnettävien tekniikoiden kuten tekoälyn ja algoritmisen suunnittelun hyödyntäminen rakennesuunnittelussa.

### 3 Teollinen puurakentaminen

Kappaleen aluksi käsitellään teollista puurakentamista sen määritelmän, historian sekä tämän hetken tilanteen kautta. Näiden jälkeen kerrotaan mitkä ovat puurakentamisen erityispiirteet verrattuna betonirakentamiseen, ja lopuksi käsitellään puuosaamisia joita puurakentamisen hankeosapuolilta, olisi Puuinfon tietojen mukaan hyvä vaatia.

#### 3.1 Teollisen puurakentamisen määritelmä

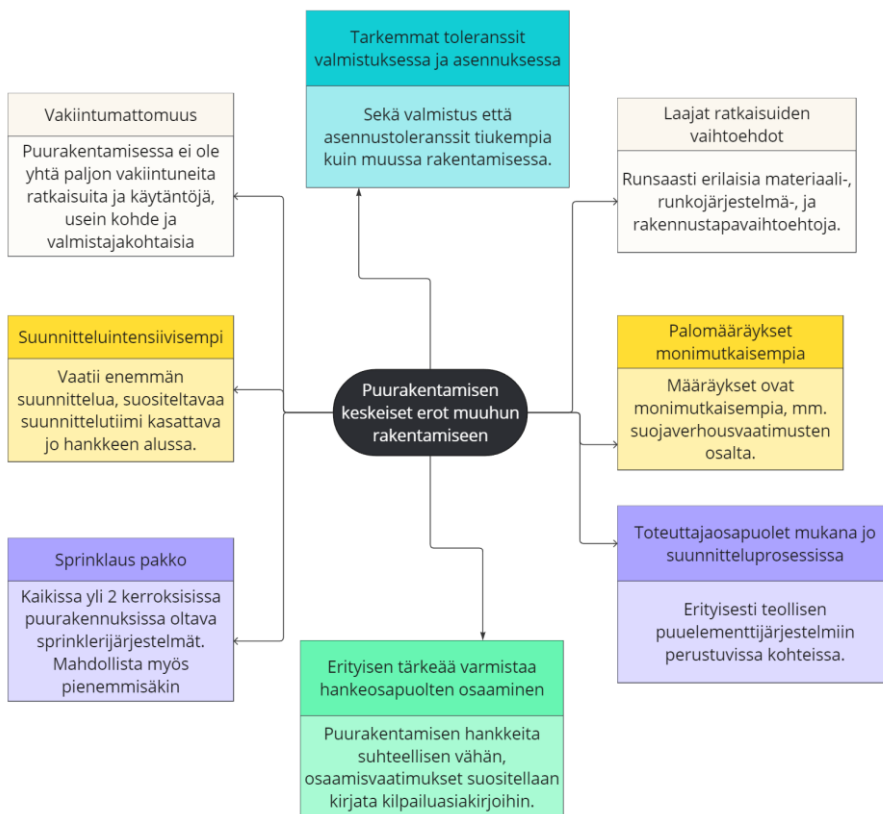
Puukerrostalorakentamista on aina 1990 luvulta asti pyritty jokaisen hallituksen toimesta edistämään alkaen viennin parantamiseen viittaamalla ja viimeisten vuosikymmenten ajan ilmastonmuutoksen hillitsemisen nojalla. Vuoteen 1997 asti Puukerrostalorakentamisen yleistymisen esteenä on ollut palomääräysten kieltä rakentaa yli 2 kerroksista puurunkoista rakennusta. Vuona 1997 määräyksiä uudistamisella taulukkomitoituksia laajennettiin mahdollistamaan puun käyttöä rungoissa ja julkisivuissa neljään kerrokseen asti. (Tolppanen ym., 2013, s. 16) Seuraavan kerran vuonna 2011 mahdollistettiin palomääräyksiä uudistamalla niiden taulukkopohjainen palomitoitus jopa 8 kerrokseen asti ja siitä ylöspäin, kun käytetään toiminnallista palomitoitusta (Jantunen J, 2011). (Analyysi, 2021)

Yli 3 kerroksisten puukerrostalojen rakentaminen onkin vuoden 2011 jälkeen kasvanut huomattavasti aina 2021 vuoteen asti, jolloin valmistui 21 taloa. Puuinfon seurannan mukaan Suomessa toteutettuja puukerrostaloja on ollut 10/2023 146 ja asuntoja 5024. Päiväyksellä 06/2022 hankkeita on ollut käynnissä yhteensä 61 kpl joista 30 kappaletta on Uudenmaan alueella ja yksi Keski-Suomen alueella.

#### 3.2 Puurakentamisen erityispiirteet

Puurakenteisen rakennuksen tekeminen eroaa monella tavalla muusta rakentamisesta. Puuinfo on tuonut sivuillaan esille 8 tärkeintä osa-aluetta, jotka on esitetty kuviossa 1. (Puuinfo, 2022b) Huomattava osa eroista johtuvat vakiintumattomista käytänteistä ja osapuolten vähäisestä kokemuksesta, jolloin suunnitteluun on panostettava enemmän ja osapuolten kykyjen varmistaminen on tärkeää varmistaa esimerkiksi kirjoittamalla osaamisvaatimukset kilpailuasiakirjoihin. Seuraavaksi

luetellaan puurakentamisen hankkeen osapuolilta vaadittavia puuosaamisen osa-alueita, joiden hallinta edesauttaa onnistunutta hanketta.

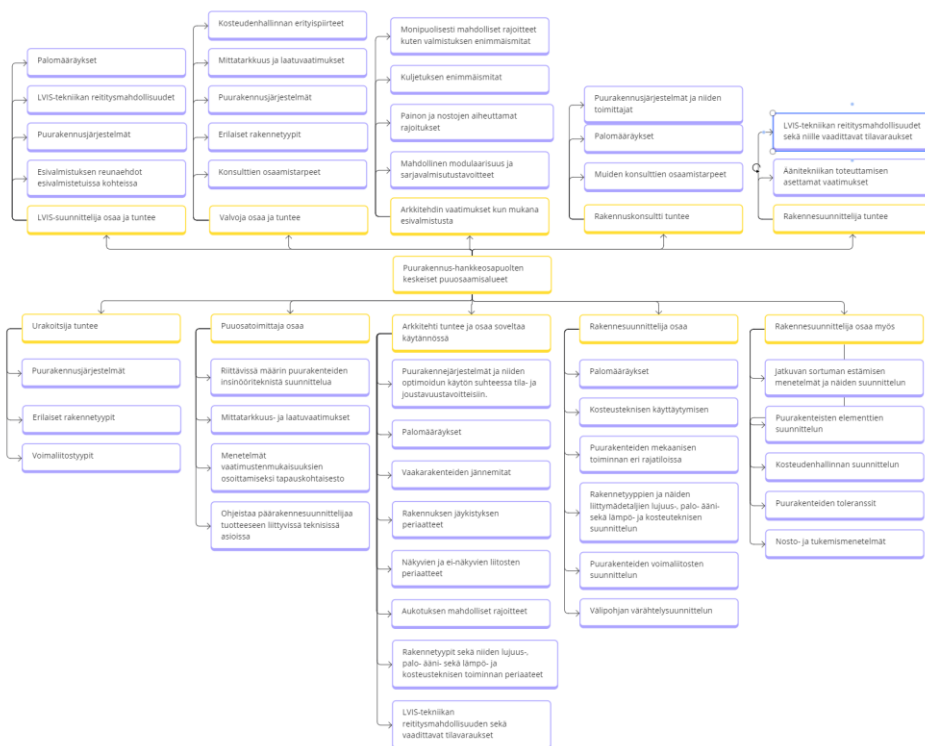


Kuvio 1. Puurakentamisen keskeiset erot selityksineen (Puuinfo, 2022b)

### 3.3 Erikoisosaamisen tasot toimijoilla

Puurakentamisen suunnitteluintensivisyys tulee esille myös Puuinfon keräämistä keskeisimmistä puuosaamisista, joiden varmistaminen on tärkeää hankkeen osapuolilta. Eniten eri osaamisvaatimuksia on annettu arkkitehdeille sekä suunnittelijoille, joilla on yhteensä yli 20 erilaista asiaa, joita heidän pitää erityisesti osata tai tuntea. Ainoastaan rakennesuunnittelijoille asetettu vaatimuksia puurakentamisen pätevyksistä, muiden suunnittelijoiden yms. osalta tarvittavat pätevydet ovat

samat kuin muussakin rakentamisessa. (Puuinfo, 2022a) Tilaajan ollessa loppukädessä vastuussa hankkeen osapuolten tarvittavasta osaamisesta, onko ainoa keino laittaa vaatimukset kilpailu-asiakirjoihin? Urakoitsijoiden asema vaikuttaisi olevan hyvä ja kuviossa 2 esitetyt puosaamisalueet on mahdollista täyttää täydennyskoulutuksen kurssien avulla.



Kuvio 2. Puurakentamisen hankeosapuolten toimijakohtaiset puosaamisalueet (Puuinfo, 2022a)

Puurakentamisen lisääntyessä koulutustarpeita tarkastellessa yllä oleva lista voisikin toimia yhtenä lähtökohdana yleisiä osaamistarpeita kartoittaessa. Tämän tutkimuksen kyselytutkimuksen kysymyksiä muotoilla kyseisten osaamistarpeiden pohjalta, jolloin saadaan kattava ja vertailtava tilannekuva toimijoiden puosaamisen tasosta.

## 4 Teollinen puurakentaminen Keski-Suomen alueella

Kappaleessa tarkastellaan keskisuomen alueen jo valmistuneita ja tiedossa olevia puukerrostaloja ja niiden sijoittumista maakunnan sisällä. Lopuksi tarkastellaan toimialakohtaisesti alueen toimijoita, joilla on kokemusta teollisen puurakentamisen hankkeista.

### 4.1 Toteutuneet kohteet

Puukerrostalorakentamisen hankkeita on vuoteen 2024 mennessä Keski-Suomessa valmistunut yhteensä 8 kappaletta, joista ensimmäinen on Jyväskylän Kuokkalaan noussut AS OY Puukuokka 1. Kohteen ensimmäiset asunnot valmistuivat vuonna 2014 Lakean, Stora Enson ja Jyväskylän kaupungin kaavoituksen yhteistyöhankkeena. Kohde edustaa ensimmäistä 8 kerroksista puukerrostaloa, jota on voitu rakentaa vuodesta 2011 lähtien palomääräysten uudistuttua. Suunnittelijana kohteella oli Sweco rakennetekniikka Oy ja paloteknisestä suunnittelusta vastasi KK-Palokonsultti Oy. Puukuokat 2 ja 3 valmistuivat vuosina 2017 ja 2018 muodostaen yhtenäisen Puukuokka-kerrostalokorttelin. (kuva 1.) (Puuinfo, 2023b)



Kuva 1. Kuvan etualalla Puukuokka-kerrostalokortteli valmistuneena 2018. (Puuinfo, 2018)

Tutkimuksen kirjoitushetkellä edellä mainitun Puukuokka-kerrostalokorttelin läheisyyteen on nousmassa Kuokkalan, ja samalla myös koko keskisuomen toinen täysin puukerroista koostuva Kalonkortteli. Kortteli koostuu viidestä kokonaan massiivipuusta valmistetuista tilaelementeistä rakennettavasta kerrostalosta, samaa runkojärjestelmää on käytetty myös Puukuokka-korttelissa. Kalonin on arkkitehtuurista on vastannut arkkitehtitoimisto Collaboratorio ja pääurakoitsijana toimii JVR-Rakenne Oy yhteistyökumppaneineen. (JVR-Rakenne Oy, 2023; *Taustaa Kalonista*, ei pvm.)

Loput keskisuomen 6 puukerrostalokohdetta sijoittuvat seuraaviin sijainteihin:

Kohde	Kaupunki	Kaupunginosa	Valmistumisvuosi	Asuntojen määrä
Puutikka, Jyväskylä	Jyväskylä	Tikka	2022	14
As Oy Jyväskylän Vuorihelmi	Jyväskylä	Mannisenmäki	2021	17
Puumanni	Jyväskylä	Palokka	2020	48
KOAS Seminaarimäki	Jyväskylä	Mattilanniemi	2018	103
Puukuokka-kerrostalokortteli	Jyväskylä	Kuokkala	2018	58
Jyväskylän Puukuokka 2	Jyväskylä	Kuokkala	2017	70
Omatoimi	Saarijärvi	Keskusta	2015	24
As Oy Puukuokka 1	Jyväskylä	Kuokkala	2014	58

Taulukko 1. Keski-Suomen Puukerrostalot

Taulukosta voidaan havaita, että vuoteen 2024 mennessä keskisuomessa on rakennettu vain yksi puukerrostalohanke muualle kuin Jyväskylän alueelle. Tästä voidaan päätellä, että teollisen puurakentamisen osaamista ei ole erityisen paljon tai etenkin laajasti keskisuomen alueen toimijoilla. Seuraavaksi analysoidaan Mäkeläisen ja Röntyn (2022) tekemän selvitystyön tuloksia ja kootaan listaa keskisuomen puutuotealan ja puurakentamisen toimialan toimijoista.

## 4.2 Alan toimijoita

Minkälainen on Keskisuomen paikallisten toimijoiden määrä, jolla on kokemusta teollisesta puurakentamisesta? Keskisuomen alueella toimivia yrityksiä on vuonna 2022 ollut 14 kappaletta, 2024 pari heistä lopettanut. Listasta on suhteellisen tuore, joten suuria lisäyksiä toimijoissa ei todennäköisesti ole, toisaalta selvitys ei ole kartoittanut yrityksiä, jotka ovat aliurakoineet puukerrostalokohteita tai olleen hankkeissa mukana. Voidaan myös huomata, että keskisuomen alueella ei ole

seuraavia toimijoita: insinööripuutuote-, palokonsultti- elementtien valmistuksen yrityksiä, lähimmät elementtitehtaat ovat Lehdon tehdas Hartolassa ja Lapwallin Pälkäneellä. (Puurakentaminen Suomessa, 2023). Listaan on käytännön tutkimuksen aikana lisätty seuraavat toimijat; Arkkitehti-toimisto Arkdigi Oy, HavuPlan, Taveka Oy, Havua-osakeyhtiö, Kiites, Elexent Oy, LVI-Insinööri-toimisto Koskikonsultit Oy, Saipu-STT konserni sekä Koas.

Taulukko 2. Keski-suomen paikalliset puurakentamisen kokemusta omaavat toimijat. (VTT, 2023)

Yrityksen toimiala ja nimi	Sijainti
<b>Sahatavara, höylätavara ja vanerit</b>	
Metsä Wood	Äänekoski
Metsä Wood	Suolahti
Versowood Oy	Hankasalmi
A-puu Oy	Muurame
<b>Urakoitsija</b>	
JVR	Jyväskylä
NCC Suomi (Toiminta loppui KS-alueella 2022)	Jyväskylä
YIT	Jyväskylä
Skanska Talonrakennus	Jyväskylä
<b>Arkkitehdit</b>	
Arkkitehtuuritoimisto AT ky (Toiminnasta olemisesta ei viitteitä)	Jyväskylä
UKI Arkkitehdit	Jyväskylä
Arkkitehtuuritoimisto Arkdigi Oy	Jyväskylä
<b>Rakennesuunnittelijat</b>	
Sitowise	Jyväskylä
Insinööri-toimisto Pertti Ruuskanen Oy (Toiminta loppui vuonna 2023)	Jyväskylä
Sweco Rakennetekniikka Oy	Jyväskylä
HavuPlan	Jyväskylä
<b>Hirsi- CLT ja liimapuuteollisuuden yritykset</b>	
Honkarakenne	Karstula
Taveka	Jyväskylä
Havua-Osakeyhtiö	Jyväskylä
<b>Sähköurakointi-yritykset</b>	
Kiites Oy	Jyväskylä
Elexent Oy	Jyväskylä
<b>Talotekniikka</b>	
LVI-insinööri-toimisto Koski-Konsultit Oy	Jyväskylä
Saipu-STT konserni	Jyväskylä
<b>Rakennuttajat</b>	
Koas	Jyväskylä

## 5 Merkittävimmät haasteet ja kehityssuunnat

Onko osaaminen mennyt eteenpäin? Onko lähimenneisyyden haasteisiin ja puutteisiin osattu vastata oikeanlaisilla toimilla? Kappaleessa tarkastellaan 2010-luvulla tehtyjä kartoituksia puutuotealan haasteista liittyen silloisten menetelmiin, osaamiseen sekä koulutukseen liittyen.

### 5.1 Kartoituksen havainnot

Yksi laaja kansallinen toimialan osaamista ja osaajia viime vuosikymmenen alussa tutkinut on metsäalan ennakointiyksikön julkaisema kansallinen kartoitus. Kartoituksessa on esitetty useita toimenpide-ehdotuksia, joista herääkin helposti kysymyksiä, joiden tutkiminen voisi olla mielenkiintoista yli 10 vuoden jälkeen tutkimalla, että ovatko ehdotukset toteutuneet sekä selvittää syyt, mikäli eivät toteutuneet. Ensimmäinen ehdotus on selvityksen sivulla 13 ollen viranomaisten osaamista parantava toimenpide-ehdotus, joka kannustaa puualaa valitsemaan strategiset 4–5 kunnallista rakennusvalvontaa. Valittujen rakennusvalvontojen kanssa aloitettaisiin monivuotinen yhteistyö materiaalien vaikutusten selvittämisestä rakentamisen energiatehokkuuteen. Edellä mainittu silloin kun uusi määräysaikataulu koko elinkaaren ympäristövaikutusten laskennasta puurakentamisen osalta varmistuu. (Heino, 2011, s. 13)

Kansallisen selvityksen pohjalta esitettyihin kysymyksiin ei tämän tutkimuksen aikana lähdetty tutustumaan mutta kysymykset voisivat sopia esimerkiksi toimialan historiaa ja käänteitä tutkivan tutkimuksen mietittäviksi.

### 5.2 Koulutus ja sen kehityssuunnat

Miten puuala ja puurakentamisen koulutus on ollut painotettuna eri koulutusasteilla ja miten se on huomioitu koulutuksen kehitysohjelmissä? Esiin nostettava maininta kansallisesta kartoituksesta on, että vuonna 2011 rakennusalan koulutuksen ennakointihankkeen, VOSU:n osana tehty esiselvitys rakennusalan toimijoista ei tunnistanut puutuotetoimialan edunvalvonta-, tutkimus- ja kehitysorganisaatioita. Tämän voisi ajatella kuvastavan sitä, ettei niitä ole tunnettu tai ole tunnus-tettu yleisesti rakentamisen alalla. Hypoteesina voitaisiin tämän opinnäytetyön aikana sanoa, että asia olisi muuttunut viimeisen vuosikymmenen aikaisen puualan suuren huomion ansiosta.



Toiminta-ehdotuksena on annettu aikanaan, että puurakentamisen edunvalvontaa pitäisi selkeyttää ja selkeistä organisaatioista sekä toimintamalleista pitäisi tiedottaa enemmän ulospäin. Edellä mainittu siitä johdosta, että puurakentamiseen vaikuttavat tahot eivät ole olleet keskustelemassa missään rakentamisen koulutuksesta tai alan tulevaisuuden visioista.

### Tuoreiden tutkimusten havaintoja

1. Puurakentamisen lisääminen vaatii suurta määrää lisäkoulutusta eri osapuolille.
2. Otettava huomioon pienet suunnittelu- ja rakentamisen yritykset, joita on paljon, miten otetaan huomioon heidän mahdollisuutensa kouluttaa työntekijöitään?
  - o **Miten** Saataisiin luotua kokonaisuus, jonka avulla pientenkin yritysten on mahdollista rahallisesti lisä kouluttaa henkilöstöään, kun entistä enemmän tulee määräyksiä vähäpäästöisiin ja kestävien ratkaisujen vaatimisesta?

Tuoreemmissa (2020-luvulla julkaistuissa) tutkimuksissa on tuotu esille tarvetta koulutuskokonaisuudelle. Kokonaisuudelle, jossa kaikista puurakentamisen ekosysteemin toimijaryhmistä tulevat ihmiset voisivat oppia yhdessä ja toisiltaan, joka edistäisi alan kasvua nykyistä paremmin. Kannustimia tämänkaltaiselle osaamistason nostolle tulee, kun siirrytään pienen mittakaavan puukerrostalojen rakentamisesta laajamittaiseen puukerrostalojen rakentamiseen. Vuosien 2016–2023 aikana tehdyn puurakentamisen toimenpide ohjelman aikana tähän haasteeseen on pyritty tuomaan apua kehittämällä kuntien kykyä luoda tarjontaa puurakentamisen markkinoille, joka puolestaan toisi laaja-alaista käytännön osaamisen kehitystä toimijoille. (Koste ym., 2023b, s. 12)

Tuoreissa tutkimuksissa on tuotu myös haasteita varmistaa rakentamisen kentällä oleva suuri määrä pieniä rakentamisen- ja suunnitteluyrityksien henkilöstön lisäkouluttaminen, kun tulee entistä enemmän määräyksiä vähäpäästöisten ja kestävien ratkaisuiden tekemisestä. Ratkaisuna tutkimuksessa on annettu toimenpide-ehdotuksena tukea kuntien kykyä edistää osaltaan puurakentamista sekä siihen liittyvää laaja-alaista osaamista. Tähän voitaisiin vastata puurakentamisen osaamiskeskusella. (Koste ym., 2023b, s. 12)

### 5.3 Osaamisen kehitystarpeet

Vuonna 2011 valmistuneessa Joensuun tiedepuiston toteuttamassa *puurakentamisen osaaminen ja osaajat*-kansallisessa kartoituksessa on käsitelty laajasti eri osaamisaloja, joiden näkökulmasta on tutkittu sen hetkistä osaamisen tilannetta sekä parannusehdotuksia. Kartoituksessa on onnistuttu nostamaan esiin muun muassa parannettavia osa-alueita rakennesuunnitteluosaamisessa,

sen hetkiseksi parannettaviksi on kerrottu ainakin seuraavat osa-alueet: Liitokset, Värähtelymitoitus (erityisesti välipohjissa), Jäykistyksessä ja siitä johtuvien kuormien siirrossa perustuksiin sekä Märkätilojen rakenneratkaisut ja detaljit. Yhdeksi merkittäväksi syyksi suunnittelun kehittymättömyyteen nostetaan, ettei suunnitteluun ole pystynyt silloisilla kilpailu- ja aikataulukäytännöillä käyttämään tarpeeksi resursseja. (Heino, 2011)

Suurimpia osaamisen haasteita on vaikea, ellei mahdotonta määritellä ja täten nostaa esille. Helpompaa ja paremmin kokonaiskuvaa osaamistarpeiden ja lisäkoulutuksen tarpeesta saadaan puutuoteteollisuuden ja työtehoseuran tekemästä tuoreesta alakohtaisesta raportista. Se tuo yleisesti rakennesuunnittelussa suurimmiksi haasteiksi ajateltavien palo-, ääni-, ja jäykistysten osaamisten lisäksi useita, erittäin relevantteja, tulevaisuuttakin katsovia koulutustarpeita. Raportti sanoo hyvin, että suunnittelijan ja tuotekehityksen on ymmärrettävä koko se prosessi tuotannosta työmaatoteutukseen, jotta tekniset asiat kuten äänitekniikka toimii suunnitellusti ja tämä korostuu erityisesti elementtirakentamisessa, jossa tuotanto yhä suurempi osa rakentamisesta on tehtaalla. Seuraavaksi tarkastellaan laaja-alaisesti rakennusosalalla tarvittavia osaamistarpeita ja mahdollisuuksia puurakentamisen hankkeiden näkökulmasta.

## 6 Keskeiset osaamisalat teollisessa puurakentamisessa

Kappale alkaa työelämän yleisistä nykyhetken ja lähitulevaisuuden osaamistarpeista pohjautuen tuoreisiin osaamistarvetutkimuksiin. Kappaleen pääaiheet käsittelevät tarkemmin teollisen puurakentamisen osaamisalueita kuten suunnittelua ja elinkaariosaamista. Muita alan kehityksen kannalta tärkeitä havaittuja osaamistarpeita kuten kaavoitusosaamista käsitellään kappaleen lopuksi. Jokaisesta osa-alueesta tarkastellaan sekä tämänhetkistä että tulevaisuuden tilannetta, jolloin saadaan yleinen käsitys esille tuoduista haasteista ja mahdollisista kehitystarpeista.

### 6.1 Työelämätaidot

Osaamistarpeiden käsittely aloitetaan työelämätaitojen nykytilaa ja tulevaisuutta kartoittavalla kappaleella. Kappaleen loppuun on koottu taulukko asiantuntijoiden tulevaisuuden osaamistarpeista.

Työelämäntaidoilla tarkoitetaan taitoja, joita tarvitaan yleisesti lähes jokaisen työpaikan arkisessa työskentelyssä. Nykypäivänä yhä digitalisoituvassa työelämässä tarvitaan perinteisten taitojen lisäksi myös laajaa tietoteknistä osaamista ja tehokkaita viestinnän taitoja, jotka korostuvat lähes jokaisessa työtehtävässä. Erityisesti myyntihenkilöiden työtehtävissä korostuu viestinnän osaaminen yhä asiakaskeskeisemmissä projekteissa, joissa asiakas vaatii yhä enemmän tietoa hankkimistaan tuotteista ja palveluista, näitä tietoja voivat olla tieto alkuperästä ja ympäristövaikutuksista. Työntekijöiden osaamistarpeissa vuorostaan korostuu vastuunkannon ja oma-aloitteisuuden merkitys. Alla olevassa listassa on selvityksessä nousseita työelämäntaitoja ammattikuntakohtaisesti, erityisesti kyseisten taitojen koulutusta tulisi kehittää, jotta tulevaisuuden osaamistarpeisiin voidaan niiden osalta vastata.

Taulukko 3. Puutuotealan ammattikuntien painotetusti kehitettäviä työelämäntaitoja.

Painotetusti kehitettäviä työelämäntaitoja	
Toimihenkilöt	Tuotannon työnjohto
Tieto- ja viestintätekniikan perustaidot	Positiivisen ja kehittävän palautteen antamisen taito
Tiimityöskentelytaidot	Henkilöstöhallinnollisten ongelmatilanteiden hallinta
Projektiosaaminen	Työntekijöiden perehdyttämisen ja sitouttamisen osaaminen
Työntekijät	Tuotannon työntekijät
Vastuunkanto ja oma-aloitteellisuus	Tehokkaiden ja kehittävien menetelmien kuten Lean, hallinta
Projektiosaaminen	Työturvalliset ja ergonomiset työtavat
Tiimityöskentelytaidot	Moniosaajuus, mahdollisuus laajaan työkiertoon
Myynti	Työmaan projektin johtamisen osaaminen
Sosiaalisen median hyödyntämisen taidot asiakkuuksien hankinnassa ja	Kannattavuuden seurantaan liittyvä osaaminen
Tuotteisiin liittyvien ympäristö- ja kierrätyskysymysten tunteminen	Tietomallinnuksen hyödyntämisen osaaminen
Ratkaisuhakuisen myyntitekniikan hallinta	Laadunvalvontatekniikoiden tunteminen
Tuotekehitys, suunnittelu ja hankinta	Tuotannon suunnittelu ja ohjaus
Tuotteiden immertaalioikeuksien suojaaminen	Resurssien käytön optimointi tuotannossa
Markkinatutkimusosaaminen asiakastarpeiden selvittämiseksi	Tuotannon läpimenoajan tehostamisen osaaminen
Suunnitelmallisen tuotekehitysprosessin hallinan	Tehokkaiden ja kehittävien menetelmien kuten Lean, hallinta

## Tilanne tulevaisuudessa

Lähitulevaisuuden osaamistarpeita on kartoitettu vuosikymmenen vaihteessa laajasti eri tahojen toimesta. Vuonna 2019 Puutuoteteollisuus ry ja TTS Työtehoseura ovat tehneet tutkimuksen toimihenkilöiden ja työntekijöiden yleisistä työeläntaidoista ja niiden tärkeistä nykypäivänä ja verranneet niitä 10 vuoden päästä tärkeiksi pidettyihin taitoihin. Tuloksista käy ilmi, että yritysten toimihenkilöillä projektiosaaminen, asiakaslähtöiset toimintatavat ja asiakaslähtöisyyden ymmärtäminen yhdessä oma-aloitteisen ja vastuuntuntoisen työskentelyn kanssa ovat tällä tärkeimpiä taitoja nyt ja tulevaisuudessa. Toimihenkilöiden osaamistarpeet eroavat hieman työntekijöiden tärkeimmistä osaamisista, joissa korostuvat ratkaisukeskeinen työote ja yleisimpien työvälineohjelmistojen käytön osaaminen, yleisesti lähitulevaisuuden kehitystarpeissa nousee esiin oma-aloitteisuus ja yhä laajempi tietotekniikan osaaminen ja niiden kehitys. (Puutuoteteollisuus & Työtehoseura, 2019, s. 24)

Myös opetushallitus on vuonna 2019 tehnyt laajan alakohtaisia osaamistarpeita vuonna 2035 kartoittavan osaamisen ennakointifoorumin, jonka tuloksista on koottu yli 200 sivuinen 11 pääammatia kattava raportti. Rakennusalalla tärkeydeltään kasvaviksi yleisiksi työelämätaidoiksi on nostettu muun muassa mobiilisovellusten hallinta ja hyödyntäminen, koneiden ja laitteiden käyttöosaaminen sekä automaatioiden hallintaosaaminen. Kummassakin 2019 tehdyssä tutkimuksessa nousee vahvasti tietoteknisen osaamisen korostuminen enenevässä määrin. (Leveälähti ym., 2019, s. 60)

Rakennusalan asiantuntijoiden osaamistarpeissa nousee useita osaamistarpeita ja alla olevasta taulukosta voidaan lukea kaikki tunnistetut yleisen rakennusalan asiantuntijoiden yleiset sekä digitaalisten taitojen osaamistarpeet vuonna 2035. Vaikka digitaaliset taidot ovat entisestään nouseva teema, tulee myös ihmisten tekemä työ pysymään tärkeänä ja tekniset ratkaisut ovat vain työn apuna. (Leveälähti ym., 2019, s. 62) Listalla oleva tekoäly/koneoppimisen osaaminen on raportin julkaisuvuoden jälkeen tullutkin jokapäiväiseen elämään hyvin nopeasti, joten sen ymmärtämistä ja hyödyntämisen tarvetta ei voida vähätellä.

Taulukko 4. Asiantuntijoiden osaamistarpeita vuonna 2035. (Leveälähti ym., 2019, s. 62)

Asiantuntijoiden osaamistarpeet	
Yleiset	Digitaidot
Elinkaariosaaminen	Tiedonhakutaidot
Mallinnuspohjainen tuotannonohjaus	Digitaaliset kommunikointitaidot
Monipuolinen 3D mallinnusosaaminen	Henk. Kohtaisen tiedon ja yksityisyyden
Tietomalliosaaminen, sisältäen myös 4D ja 5D mallintaminen	Tiedonarviointitaidot
Etä- ja virtuaalipalveluiden hallinta	Tekoälyosaaminen/koneoppiminen
Automaatioiden hallintaosaaminen	Digitaalisten palveluiden hallinta
Monikulttuurisuustaidot	Autonominen ohjaus
Robottiteknologian tutkimus- ja kehitysoasaaminen	
Verkosto- ja kumppanuus- ja sidosryhmäosaaminen	
Verkostojohtaminen	
Tekninen suunnitteluosaaminen	

## 6.2 Suunnitteluosaaminen

### Puurakennusten suunnittelu

Puurakennuksilla on useita ominaisuuksia, jotka vaativat erityistä osaamista suunnittelijoilta verrattuna betonirakentamiseen. Puukerrostalojen suurimmat haasteet betonirakentamiseen verrattuna tulee sen suhteellisen alhaisesta painosta, puukerrostalon painon ollessa noin viidenneksen vastaavasta betonirakenteisesta rakennuksesta. Tämä johtaa, että rakennuksen ankkuroinnin sekä jäykistyksen toteutukseen ja suunnitteluun on kiinnitettävä erityistä huomiota. (Koskinen ym., 2022) Tämä ei kumminkaan tarkoita sitä etteikö puukerrostalorakentamista osattaisi tai pystyttäisi suunnittelemaan laajasti, Norvasuo, N (2022) on kaupungeille tehdyssä oppaassaan analysoitujen haastatteluiden perusteella tuonut esille että kyse on enemmänkin että puurakentaminen vaatii nykymuodossaan enemmän yhteistyötä johtuen totuttujen käytänteiden ja informaation puutteesta.

Muita puukerrostalosuunnittelussa olevia erityistilanteita löytyy palo- ja ääniteknisestä suunnittelusta, joista on viimevuosien aikana julkaistu myös erittäin laajoja teoksia, jotka tuovat arvokasta tietoa puukerrostalojen suunnittelijoille. Puurakennusten palosuunnittelua edistävinä uudistuksina ovat suomenkielisen ja maailmanlaajuisen puurakennusten paloturvallisuusjulkaisuiden lisäksi PO paloluokka, jota hyödynnetään toiminnallisessa palomitoituksessa ja mahdollistaen yhä korkeampien puurakennusten tekemisen. Edellä mainittuja aiheita käsitellään tarkemmin luvussa 5.2.1.

Erityispiirteistään ja ominaisuuksistaan huolimatta puurakenteiden suunnitteleminen ei itsessään vaadi sen enempään osaamista kuin perusmuotoinen betonielementtirakentaminenkaan. Erikoispiirteenä puurakentamisessa on nykyisellään hyvin vähäiset standardoidut ratkaisut, erityisesti liitosdetaljien osalta. (Norvasuo, ei pvm., s. 24). Vähäiseen standardien ja vakioitujen ratkaisuiden edistämiseksi on tehty runsaasti töitä ja yhdeksi edistysaskeleeksi voidaan nostaa vuonna 2020 julkaistu RunkoPES 2.0. Kyseessä on avoin, periaatteellisia rakenne- ja liitosratkaisuita sisältävä puuelementtistandardi, jonka pohjalta yritykset voivat tehdä omia yksityiskohtaisia ratkaisuitaan. (Puuinfo, 2020b). Tutkimuksen kannalta kyseisen standardin hyödyntämisen osaamistarpeet voivat nousta tärkeiksi koulutuskohdiksi kokemattomilla toimijoilla.

### **Puurakentamisen pätevyudet**

Puurakenteiden suunnittelijoiden pätevyudet jaetaan AA, A, B ja C vaatimusluokkiin. Yli 2 kerroksisten puukerrostalojen suunnittelijalta on vaadittu vuonna 2013 AA-luokan pätevyys, niitä on ollut FISE Oy:n rekisterissä tuolloin 35 suunnittelijalla. Vuonan 2014 pätevyysvaatimukset ja luokat ovat päivittyneet luokkiin, jotka ovat, tavanomainen, vaativa sekä poikkeuksellisen vaativa. Myöhemmin käydään läpi lyhyesti tulevan rakennuslain vaikutukset pätevyysluokkiin ja pätevyuden tarkastamiseen.

Mitkä ovat vaatimukset esimerkiksi yli 4 kerroksiselle puukerrostalolle? Entä 8? Miten paljon suunnitteluosaamista tai referenssejä löytyy suomesta? Tutkimuksen tekohetkellä FISE Oy:n rekisteristä löytyy V+ poikkeuksellisen vaativan puurakenteiden suunnittelijan pätevyuden haltijoita 61 kappaletta. Puurakenteiden suunnittelijoilla on erikseen myös poikkeuksellisen vaativa luokka, joka perustuu siirtymäsäännökseen, kyseisen pätevyuden haltioita edellä mainitusta määrästä on **vain 2**,

joista toinen erikoistunut puurakenteisiin siltoihin. Kyseisten suunnittelijoiden sijainti ei vaikuta toiminta-alueeseen vaan FISE:n rekisterin mukaan kaikki toimivat **koko** suomen alueella.

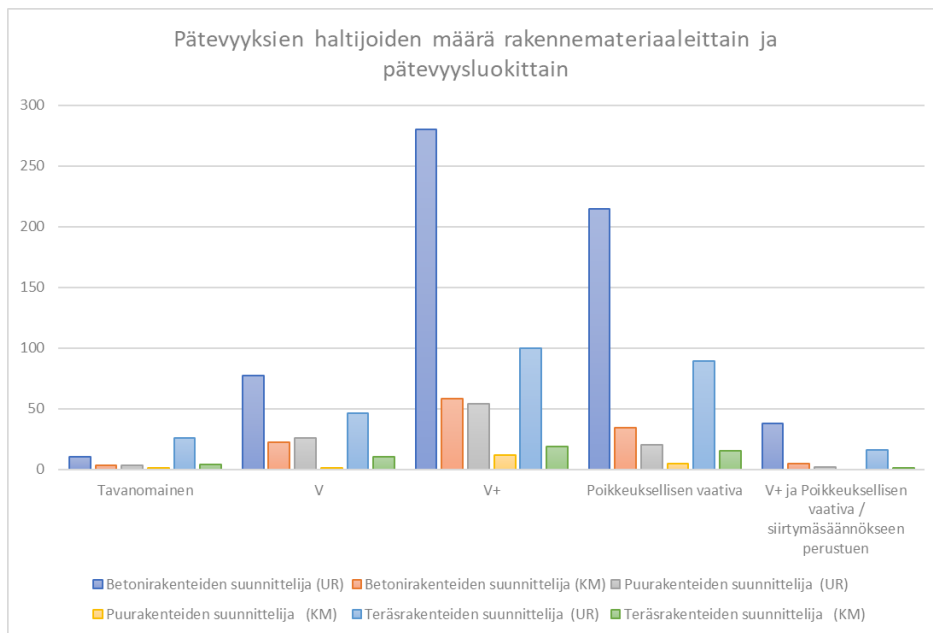
Nykyisellään voimassa olevat pätevyysvaatimukset on määritelty muun muassa 1.9.2014 voimaan astuneen maankäyttö- ja rakennuslain sekä sitä täydentävän, rakentamisen suunnittelutehtävien vaatimusluokkien määräytymisestä määrittelevän Valtionneuvoston asetuksen pohjalta. Kyseisten vaatimusten mukaan uudisrakennuksena suunniteltaessa 3–8 kerroksisen puukerrostalon suunnittelemiseksi tarvitaan Vaativan luokan pätevyudet. Puurakenteisen rakennuksen, jossa on yli 8 puurakenteista kerrosta, tarvitaan jo poikkeuksellisen vaativan-luokan pätevyudet. (Puuinfo, 2020a)



Kuvio 3. Puurakenteiden suunnittelijoiden pätevyysvaatimukset luokittain. (Puuinfo, 2020a)

Edellä mainittujen tietojen perusteella vaikuttaisi, että suomessa kokonaisuudessaan on suhteellisen rajalliset suunnitteluresurssit vaativien ja erityisesti poikkeuksellisen vaativien puurakenteisten rakennusten suunnittelemiseksi. Vertailun ja skaalan saamiseksi voidaan alla olevan kuvion (kuvio 4) avulla verrata määriä vastaavien betoni- ja teräsrakenteisten rakennusten pätevyksien haltioiden määrään. Huomioitavaa on myös, että betonirakenteiden materiaalitekniselle korjaukselle on oma pätevyytensä, joten taulukko ei tuo esiin kaikkia betonirakentamisen korjaussuunnitteluun pätevien määrää. (FISE, 2024) **Kehitystäkin** on tapahtunut runsaasti, sillä vuonna 2011 tehdyssä

kansallisessa kartoituksessa oli tuotu esille tarve puurakenteiden korjaus- ja muutostyön suunnittelun FISE pätevyydelle jota ei ole silloin ollut määritelty ollenkaan. (Heino, 2011, s. 47) Tutkimuksen tekohetkellä eri pätevyysluokan korjaus- ja muutostyön puurakenteiden suunnittelijan pätevyyden haltijoita on 19 henkilöllä. (FISE, 2024)



Kuva 2. UR= uudisrakentaminen, KM= korjaus ja muutostyö.(FISE, 2024)

#### FISE tulevaisuudesta:

Pätevyksien varmentaminen siirtyy rakennusvalvonnilta ulkopuoliselle, ministeriön nimeämälle elimelle. Muutos tapahtuu vuonna 2025 voimaan tulevan uuden rakennuslain myötä ja sen johdosta suunnittelutehtävissä tulisi vaatimus pätevyyden osoittavasta todistuksesta tavanomaisessa ja sitä vaativammassa kohteissa. Puutuoteteollisuuden kirjoittaman asiantuntija-artikkelin (2023) tuo esille, ettei Suomessa ole ollut 2022 loppuun mennessä ainuttakaan FISE-pätevää puurakenteiden työnjohtajaa. (Ylinen, 2023) Tutkimuksen kirjoitushetkellä niitä on yhteensä 2, YIT:illä ja puu-



koti Group Oy:llä ja kummallakin on vaativan luokan pätevyydet. (FISE, 2024). Muutokset eivät todennäköisesti tuo merkittävästi lisää osaamis- tai koulutustarpeita sillä kyse on pätevyyden todentamisesta, mutta tämäkin vaatimus on hyvä tunnistaa puurakentamisen hankkeissa.

### 6.2.1 Palo- ja äänitekkinen suunnittelu

Paloturvallisuus on äänieristyksen kanssa yksi keskeisimmistä aiheista, jotka tulee ottaa huomioon, kun suunnitellaan puukerrostaloa. Kyseiset aiheet ovat yleisesti ottaen ajateltu vaikeiksi ja osaaminen kyseisillä osa-alueilla on ollut puutteellista. Kappaleessa käydään läpi huomionarvoisia osamistarpeita ja tuodaan ilmi osa-alueiden tietämystä ja osaamista lisääviä julkaisuita.

#### Paloturvallisuus

Rakentamisen paloturvallisuudesta määrätään ympäristöministeriön asetuksessa 848/2017 joka sallii palomitoituksen joko taulukkomitoitusta tai toiminnallista palomitoitusta käyttäen. Paloluokat ovat P1, P2 ja P3 sekä P0, joista P1 on tiukin, lisätietoa paloluokista voi lukea muun muassa hakemalla kyseinen asetus FINLEX:n sivuilta. Puurakentamisen volyymin kasvaessa maailmanlaajuisesti, on aiheesta tehtyjen tutkimusten määrä lisääntynyt ja tuoreena tuloksena on kattava maailmanlaajuinen opas puun käyttämiseksi paloturvallisesti rakennuksissa. Kansainvälisen paloasiantuntijoiden yhteistyön johdosta ensimmäinen painos on julkaistu vuonna 2022 kun kaikki osapuolet ovat saaneet omat julkaisunsa valmiiksi. Suomessa opas on julkaistu puuinfo sivuilla. (Mikkola, 2022; Ympäristöministeriö, 2018)

Puurakentamisen palomitoituksessa on erittäin tarkkaa tiedostaa olemassa olevat, ajantasaiset määräykset ja ohjeistukset sekä eri puumateriaalien hiiltymisominaisuudet. Uusimmat päivitykset paloturvallisuuden asetuksessa on astunut voimaan päiväyksellä 1.1.2021 jotka mahdollistavat muun muassa enintään 2 kerroksisten P2 paloluokan rakennusten seinäpintojen tekemisen paljaana puupintana, mikäli se täyttää puulle ominaisen palokäyttäytymislukon ja vähimmäistiheyden. Tämän ja muiden vaatimuksiin tehtyjen lievennysten avulla saadaan hyödynnettyä entistä paremmin materiaalien ominaisuuksia ja lisätutkimuksien avulla varmasti tullaan tekemään parannuksia lisää myös tulevaisuudessa. (Puuinfo, 2021)

Palomitoituksen määräysten huomioon ottamiseksi Puuinfo tarjoaa ”ePuu” sivuston, jonka avulla voi selvittää tehokkaasti kaikki huomioon otettavat määräykset. Ohjelman käyttöön tarvitaan vain kohteen käyttötarkoitus, kerrosmäärä, korkeus, palo-osaston koko kerroksessa sekä kerros-ala ja henkilömäärä. Ohjelmasta löytyy puurakentamisen hankkeen alussa tarvittavaa muutakin tietoa kuten lähtötietojen mukaisia rakennuksia tekeviä yrityksiä. (Puuinfo, ei pvm.)

Puumateriaalien toisiinsa nähden erilaiset palokäyttäytymiset tulevat esiin erityisesti liimatuissa rakenteissa. Paloturvallinen puutalo- ohjeen kappaleessa 10 on kerrottu, että polyuretaanipohjaisilla liimoilla tuotetuissa rakenteissa voidaan havaita ns. delaminoitumista, fenolipohjaisissa vastaavaa ei ole havaittu. Delaminoitumista on havaittu esimerkiksi CLT-levyissä, joiden lamellit on liimattu polyuretaaniliimalla. CLT-levyjen palomitoitukselle ei ole vielä yleisiä palomitoitusohjeita vaan ohjeet ovat valmistajakohtaisia. (Mikkola, 2022, kappale 10). Herääkin kysymys, että tulisikö yleisen palomitoituksen tekeminen uusien valmistajien tulevista markkinoille, kun jokaisen ei tarvitsisi tehdä omia ohjeita?



Kuva 3. Delaminoitumis-ilmiön vaikutukset CLT-elementissä (Mikkola, 2022, s. 84)

## Äänitekniikka

Äänitekniisten asioiden hallinta on toinen keskeisistä erityisesti puurakentamisen hankkeissa huomio otettavista yksityiskohdista. Asianmukaisen akustiikkasuunnittelun tärkeimpinä vaikutuksina on positiiviset vaikutukset useiden melun aiheuttamien terveydellisten vaikutusten lieventyessä kuin myös luottamuksellisten keskusteluiden käymisen mahdollistamiseen, verrattuna ei asianmukaiseen toteutukseen. Tuoreimmat rakennusten ääniympäristöön liittyvistä määräyksistä on ympäristöministeriön 1.1.2018 voimaan tulleesta asetuksesta 796/2017 joka antaa vähimmäisarvot koskien rakennusten ääniympäristöä. Asetuksen vaatimustenmukaisten ratkaisuiden toteuttamisen tueksi Ympäristöministeriö on tuottanut Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä-ohjeen.(Saarinen, 2018)

### Puurakentamisen äänitekniset haasteet

Puurakentamisen rakenteiden ratkaisuiden monimuotoisuus ja rakenteiden keveys tuo akustiikan näkökulmista useita haasteita, jotka vaativat erityistä osaamista ja yhteistyötä. Suurimpana haasteena on sivutiesiirtymien estäminen huomioiden kaikki muutkin rakennustekniset vaatimukset, joita rakenneratkaisuille asetetaan. Akustisesti toimivien ratkaisuiden tekemisen osaamista on Puutuoteteollisuuden tekemän Puurakentamisen oppikirjat-hankkeen loppuraportin mukaan vielä suhteellisen vähän ja se on pienellä osaajajoukolla, opetusmateriaalia, opetusta ja ohjeita aiheesta tarvitaan lisää. Uusia ohjeita ja opas onkin tuotettu rakentamisen laatusäätiön rahoittamassa hankkeessa, jossa korvataan vuonna 2004 julkaistu puurakentamisen akustiikkaopas. Opas on julkaistu painettuna ja E-kirjana ja on löydettävä muun muassa Puuinfon sivuilta kokonaisuudessaan. (Mikkola, 2022)

### Puurakennesuunnittelussa keskeiset huomioitavat asiat

Akustisesti ja rakenteellisesti toimivien rakenteiden suunnitteleminen vaatii oikeiden ratkaisuiden tekemistä jo hankkeen alusta alkaen, jotta vältytään ratkaisuiden vaihtamiselta myöhemmässä hankkeen vaiheessa. Ääneneristys puutalossa-kirja korostetaan akustiikkasuunnittelijan ottamista suunnittelutyöhön mukaan hyvin varhaisessa vaiheessa, mahdollistaen alusta alkaen yhteistyön rakennesuunnittelijan kanssa. Kyseisten suunnittelijoiden yhteistyötä tarvitaan erityisesti koska

puurakenteiden rakenneratkaisuita on erilaisine liitoselimineen runsaasti ja tehdyt ohjeet eivät ole yleispäteviä vaan laskennallisia ja suuntaa antavia, jolloin lopulliset ratkaisut on tehtävä aina yhteistyössä. (Lahtela ym., 2021)

Äänieristyskirja tuo lukuisien esimerkkien ja rakenneratkaisuiden vertailuiden avulla lukijalleen hyvän käsityksen miten nykyään käytössä olevien puurakennejärjestelmien ratkaisut toimivat ääniteknisestä näkökulmasta. Rakennesuunnittelijoiden näkökulmasta kirja edesauttaa osaamisen lisäämistä yhä laajemmalle osalle alan ammattilaisia. Perusteellisuuden vuoksi kirja sopii erinomaisesti myös alan opiskelijoille, lisäten ääniteknisen osaamisen lisäksi myös puurakennusjärjestelmien tuntemusta niille, joilla sitä ei vielä ole.

## 6.2.2 Tietomalliosaaminen

### Tietomallintamisen hyödyntäminen puurakentamisessa

Koneluettavien suunnitelmien ja sitä kautta tietomallintamisen tullessa pakollisiksi uuden rakennuslain johdosta, on tietomallintamiseen tarvittavan osaaminen erityisen tärkeää. Tietomalliosaaminen voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen. Ensimmäinen on mallinnusosaaminen, seuraava on mallitiedon jakamisen osaaminen ja viimeisenä mallien käyttö. Ensimmäistä tarvitsevat pääasiassa suunnittelijat, tiedon jakamisen ja hyödyntämisen osaamista tarvitaan myös muilta toimijoilta sujuvan hyödyntämisen mahdollistamiseksi. (Mäkeläinen ym., 2021, s. 30)

Tietomallin suurimmat hyödyt puurakentamisessa tulee, kun sen sisältämän tiedon avulla voidaan optimoida rakennuksen elinkaaren aikaisia vaikutuksia laaja-alaisesti. Tämän mahdollistamiseksi tietomallien tekijöiden on omattava tarvittava osaaminen ja tietämys hankkeen eri vaiheissa tietomallille asetetuista vaatimuksista ja käytänteistä tarvittavien analyysien tekemiseksi. Vaatimuksia on tuotu syvällisemmin esille muun muassa VTT:n tekemässä *tiekartta kohti tietomallinnettua puurakentamista* selvityksessä. Erityisen haasteen tietomallintamiselle puu tuo materiaalina sen hyvin erilaiset ominaisuudet verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin. (Mäkeläinen ym., 2021, s. 9)

## Tietomallintamisen nykytila Suomessa

Tietomallintamisen laajamittaisen hyödyntämisen suurimmaksi haasteeksi VTT on nostanut on osaavien ammattilaisten sekä koulutuksen vähyyden, koulutuksen toisaalta ollessa lisääntymään päin jatkuvasti. Koulutus tarpeiksi on nostettu spesifisti puuelementtirakenteisten ja moduulirakentamisen erityispiirteet, jotka linkittyvät tietomalliosaamiseen. (Mäkeläinen ym., 2021, s. 12).

Tietomallintamisen hyötyjen tuominen todeksi, vaatii vahvaa yhteistyö- ja tietomallinnusosamista kaikilta hankkeen keskeisiltä toimijoilta. Toimijoiden välinen tietomalliyhteistyö vaatii myös tarkat tiedonhallin suunnitelmat, jotta tiedon siirto ja mallien hyödyntäminen on jokaiselle osapuolelle mahdollista. Tietomallintamisen täysimääräinen hyödyntäminen edellyttää myös tietämystä siitä, milloin ja miten mitään tietoa tarvitaan tietomallissa, ja miten se sinne syötetään oikeaoppisesti tiedon luotettavan hyödyntämisen edellytysten mukaisesti. VTT (2021) nostaa esille myös edellytyksen yhteistyön ohjausosaamisesta jota tietomallipohjainen puurakentamisprosessi vaatii.(Mäkeläinen ym., 2021, s. 12).

Yksi vähän Suomessa hyödynnetty tietomallintamisen ominaisuuksia on tarkasti yksilöllisesti suunniteltujen rakenteiden tekemisen mahdollisuus. Yksityiskohtaisten tietokoneavusteisesti tehtyjen suunnitelmien avulla voitaisiin välttää tarve jokaisen rakennetyypin standardoinnille. Lahden ammattikorkeakoulu (2020) on tuonut asian esille viittaamalla Sveitsissä täysin tietomallintamalla tehtyyn valtavaan Swatch and Omega Campus/Swatch pääkonttoriin, jossa on tuhansia yksilöllisesti työstettyjä ja toisiinsa liitettyä liimapuuosaa. (Liimatainen ym., 2022, s. 20). Tämänkaltaisten rakenteiden optimointi ja yksilöinti hyödyntämällä millintarkkoja työstölaitteistoja ja automatiikkaa, mahdollistaisi mitä uskomattomimpia rakennuksia. Voisiko parametrinen suunnittelu olla yksi työkalu tämänkaltaisten ratkaisujen tekemiseen, olisi mielenkiintoisen tutkimuksen aihe, josta lisää kappaleessa 7.1.



Kuva 4. Swatch & Omega pääkonttorin rakenteita (*Swatch Headquarters, Swatch and Omega Campus*, 2019)

Tietomallien käytön ja osaamisen lisääntyessä mahdollistuu rakennushankkeiden osapuolten entistä tiiviimpi yhteistyö. Valtari on RIA:n lehdessä (2023) kirjoittanut että uuden rakennuslain vaikutuksena tietomallien käytön lisääntyessä mahdollistuu entistä tiiviimpi yhteistyö eri suunnittelijoiden ja sidosryhmien välillä. Tämä taas voisi oikein käytettynä mahdollistaa entistä enemmän myös loppukäyttäjän toiveiden huomioimisen myös arkkitehtonisesti mutta myös muista näkökulmista monipuolisimpine ratkaisuineen. RIA lehden otsikon mukaan paremmalla yhteistyöllä pitäisi löytää parhain ratkaisu! Tässä korostuu asiakaslähtöisyyden osaaminen, joka lähtee aina sieltä hankkeen alusta alkaen! (Valtari, 2023, s. 15)

**muotoili:** englantia (Yhdysvallat)

**muotoili:** englantia (Yhdysvallat)

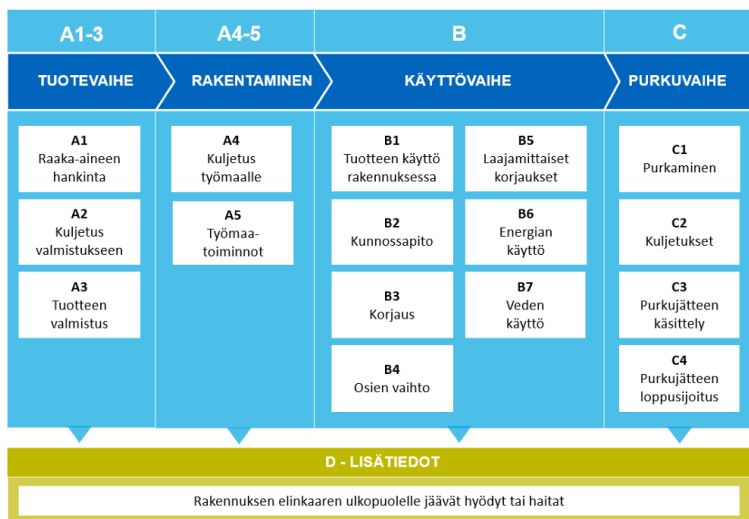
**Kentän koodi muuttunut**

### 6.3 Elinkaariosaaminen

#### Elinkaariosaamisen määritelmä

Elinkaariosaaminen pitää sisällään elinkaaritekniikan toteuttamiseen vaadittavat osaamiset. Suomen rakennusinsinöörien liiton (2013) rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallintaa käsittelevässä kirjassa tuodaan esille, että elinkaaritekniikka vuorostaan tarkoittaa elinkaariajatteluun kuuluvien osa-alueiden tehtävien konkretisoimista. Elinkaariajattelu käsittää sosiaali- taloudelliskulttuurillis- ja ekologisesti kokonaisvaltaisesti kestävää tapaa ajatella. (RIL 216, s9.)

Rakennuksen ja sen tuotteiden elinkaarta voidaan ajatellaan erityyppisinä lohkoina. Elinkaari voidaan jakaa ajallisesti 4 eri lohkoon, joiden seurauksena syntyy viides, rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävien hyötyjen ja haittojen lohko (kuva 1). Jokaisen osa-alueen huomioiminen vaatii monitahoista osaamista ja eri tilanteissa tehtyjen päätösten vaikutusten arviointia toisiinsa. Bionovan (2017) tekemän tiekartan rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimisesta mukaan hanketta ja suunnitteluvaiheissa pystytään vaikuttamaan rakennuksen elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin kaikkein voimaikkaimmin. (Bionova Oy, 2017, s. 14) Suunnittelun ja kaavoituksen osaamisen osalta tietoa voit lukea luvuista 6.5.



Kuva 5. CEN/TC 350-standardiperheen mukainen elinkaarimalli (Bionova 2017, 13)

Yksi haastavimmista asioista elinkaarisuunnittelussa on, että rakennukset ja kiinteistöt ovat yksiä pitkäikäisimpiä rakennelmia yhteiskunnassa. Tämä asettaakin vaatimuksia osa-alueen äärimmäisen tärkeäksi osaamiseksi alan ammattilaisille! Käsittäen kaikkien osapuolten asiantuntijoita sekä uudis- että korjaus ja kiinteistönpidon puolella. Elinkaarisuunnittelun tueksi on tehty laaja kirjo standardeja, jotka ohjeistavat päätöksenteossa. (RIL 216, s9, 16.) Bionovan tiekartta selventää, että standarditkaan eivät ota kaikkea huomioon vaan muun muassa yllä olevan kaavion standardi ei mahdollista ympäristövaikutusten arviointia vaan se on tehtävä saatavilla olevien ratkaisuiden perusteella. (Bionova Oy, 2017, s. 14)

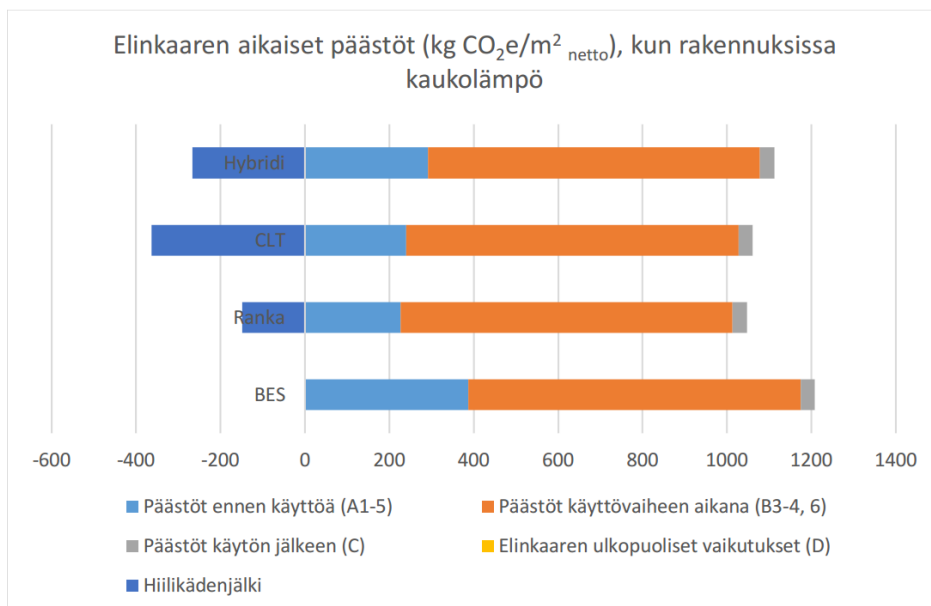
Rakennuksen koko elinkaaren huomioon ottamiseksi tehdäänkin pitkäjänteistä työtä. Suomessa on viimeisen vuosikymmenen aikana tehty laajasti töitä elinkaarenaikaisten vaikutusten vähentämiseksi vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoitteiden mukaisesti. Tavoitteen saavuttamiseksi Eduskunnan hyväksymä maankäyttö- ja rakennuslaki tulee vaatimaan rakennuslupavaiheessa selvitystä rakennuksen koko elinkaaren ajan ilmasto- haitoista ja hyödyistä. Laki tulee ohjaamaan myös kohti vahvempaa kiertotaloutta muun muassa vaatimalla rakennusten muuntojoustavuutta ja tietoa käytetyistä materiaaleista (Ympäristöministeriö, 2023). Tavoitteiden eteen tehtävästä työstä on tuotu esimerkkejä Demos Helsingin raportissa, jonka mukaan puurakentaminen on liitetty kansallisiin ja kunnallisiin tavoitteisiin. Kunnat ovat ottaneet sen tavoitteekseen johtuen vahvasti sen potentiaalista madaltaa rakentamisesta aiheutuvaa hiilipiikkiä nopealla aikataululla korvaamalla betonirakentamista ja sitomalla hiiltä pitkäkestoisesti. (Koste ym., 2023a, s. 5)

#### **Puu- ja betonirunkoisen elinkaaripäästöjen vertailu.**

Puu- ja betonirakenteisten kerrostalojen elinkaaripäästöjä vertaileminen tuo esille valitun runko-materiaalin vaikutukset. Laadukasta hiilijalanjälkivertailua ovat tehneet muun muassa Viljakainen, M & Lahtela, T (2019) sekä VTT (2017) pienoisilla eroavaisuuksillaan, VTT:llä tarkasteltu 50 vuoden käyttöikä, Viljakaisen tutkimuksessa puolestaan ympäristöministeriön oletuksen mukaisesti 75 vuoden käyttöikää. (Vares ym., 2017, s. 25; Viljakainen & Lahtela, 2019). Seuraavaksi analysoin ja referoin tuloksia lyhyesti.



Kuva 2 havainnollistaa hyvin erityyppiset puurunkorakenteet eroavat toisistaan ja betonirunkoisesta vastaavasta rakennuksesta. Huolimatta nykyisistä energiatehokkaiksi tehtävistä rakennuksista, käytönaikaiset päästöt ovat merkittävin päästöjen lähde. Molemmat tutkimuksista nostavat asian esille, Viljakainen kuvasi tulosta mykistävän suureksi ja VTT tuo sen merkittävyyden esille otettaessa laskennassa otetaan huomioon käytönaikainenkin vaihe. Tutkimuksista käy ilmi selkeästi, että erot runkomateriaalien välillä ei ole suuria, kun lämmitysmuotona on **kaukolämpö**, suurimmillaan vain 13 %. Elinkaarilaskentaa tekevä onkin ymmärrettävä ja osattava ottaa huomioon eri lämmitysmuotojen päästöt ja niiden merkittävä merkitys lopputulokseen.



Tutkimuksia analysoidessa saa laaja-alaisen käsityksen siitä, miten paljon eri asioita liittyy tämänkaltaiseen vertailuun. Kuva 2. tuo esille oletuksen, että käytön jälkeiset päästöt eivät ota huomioon puun poltosta johtuvia päästöjä, tämä onkin yksi kokonaisuuden kannalta huomiota herättävä asia. Puusta rakentaessa suurin merkittävä ero betonista rakentamiseen on että puusta rakennettaessa rakentamisen aiheuttama päästöpiikki on pienempi kuin betonirunkoisella, muun muassa Demos Helsinki tuo tämän näkökulman esille puurakentamisen peruskirjassaan (*Nöyrä puu*, 2021, s. 2).

Kuvio 4. Vertailutalojen elinkaaren aikaiset päästöt Ympäristöministeriön julkaiseman rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalulla laskettuna, lämmitysmuodon ollessa **kaukolämpö**.(Viljakainen & Lahtela, 2019, s. 14)

### **Elinkaariosaamisen taso**

Minkä tasoista on rakennusalan toimijoiden osaaminen ja tietämys elinkaaren asioista? Hiilijalanjäljen osalta asiaa on tutkittu vuonna 2017 jo aiemmin viitatussa Bionovan tiekartassa. Vastaajia on ollut 57 ja he ovat edustaneet toimialaa kattavasti, heistä vain 22,8 % on vastannut heillä olevan osaaminen hyödyntää omassa työssään rakennusmateriaalien CO<sub>2</sub>e-päästötietoja.(Bionova Oy, 2017, s. 66). Tutkimuksen ollessa jo suhteellisen vanha (tehty 2017), on tärkeä huomioida, että kehitystä aihe-alueen parissa on hyvin todennäköisesti tapahtunut erinäisten tietämystä lisäävien hankkeiden johdosta.

Tiekartan mukaan erityisesti yksityisen sektorin ja valvontaviranomaisten osaamisen kehittäminen on ollut laajamittaisen kehittämisen tarpeessa, valvontaviranomaisten resurssien vähäisen määrän vuoksi. (Bionova Oy, 2017, s. 18) Myös arkkitehtien ja suunnittelijoiden elinkaariosaamisen tärkeys on tuotu esille, jotta mahdollistetaan materiaalien käytön optimointi sekä merkittävimpien materiaalien vaihto vähäpäästöisempiin vaihtoehtoihin. Tärkeys tulee kyseisten suunnittelualojen merkittävästä roolista rakennuksen materiaalien valinnoissa. (Bionova Oy, 2017, s. 71). Kestäväksi luokiteltavan hankkeen eri osapuolien osaamistarpeita voidaan määrittää RIL 216 esittämien kestävän hankkeen eri vaiheiden tehtävien vaatiman osaamisen perusteella. Liitteen 1 taulukossa on esitetty osaamisvaatimuksia hankkeen eri vaiheissa. (Soimakallio, 2013)

### **Elinkaarikustannukset**

Elinkaariosaamiseen kuuluu osaksi myös elinkaarikustannusten hallinta, joka on myös tutkitusti yksi teollisen puurakentamisen kilpailuvalteista, itse rakentamisprosessin ollessa hyvin suunniteltuna merkittävästi lyhyempi kuin perinteisellä tavalla rakennettaessa. Koko elinkaaren kustannusten hallinnan osaamista on testattu Helsingin kaupungin toteuttamassa jatkokehityshankkeessa, jonka tavoitteena oli kustannustehokkaasti tehdä 4 kerroksiseen kohteeseen 2 lisäkerrosta puusta.

Hankkeen ollessa vaatimustasoltaan Vaativa + toteuttaminen vaatii erityistä osaamista suunnittelijoilta uudis- ja korjaus, sekä puurakenteiden suunnittelun kohteista referenssien muodossa. Selkeää on siis, että erityisen vaativan puurakentamisen osaamista tarvitaan lisää, jotta osajia riittäisi vastaaviin kohteisiin myös vilkkaina hetkinä. (Nurminen & Tissari, 2021)

Elinkaarikustannuksien laskennan helpottamiseksi on tehty ohjelma nimeltä One Click LCA, mitä osaamista ja tietoa tarvitaan sen luotettava käytön mahdollistamiseksi? Ohjeita elinkaarilaskentaan palvelutilaverkkoprosessin näkökulmasta on tuottanut Pasasen Panu Bionovalta vuona 2020. Ohjeissa käydään läpi ytimekkäästi elinkaarilaskennassa tehtäviä rajoituksia, käytettäviä menetelmiä sekä vaadittavia lähtötietoja sekä vaihe vaiheelta miten laskelmat tehdään edellä mainitulla ohjelmalla. (Pasanen, 2020)

## 6.4 Hankintaosaaminen

Hankintaosaaminen on keskeinen osa organisaation toimintaa, ja hankintojen tehokkaalla ja edullisella tavalla tekeminen on elintärkeää. Kappaleessa käsitellään hankintaosaamisen määrittelyn jälkeen sen nykytilaa ja käytettävissä olevia työkaluja nykyisen osaamistason määrittämiseksi. Lopuksi pohditaan sen tärkeyttä sekä miten se näkyy puurakentamisen hankkeissa mukana olevissa organisaatioissa.

### Hankinnan määrittelyä

Hankinnalla tarkoitetaan työtä, jota organisaatiot tekevät ostaessaan ulkopuolisia hyödykkeitä tai muita resursseja. Hankinnan perimmäinen tehtävä on tarkemmin sanottuna ohjata kaikkea organisaation ulkopuolelta tarvitsemia ostoja, joilla turvataan organisaatiolle suotuisimmalla tavalla sen perus- ja tukitoimintojen hoitamiseen, ylläpitoon ja johtamiseen tarvittavat tavarat, palvelut, tiedot ja kyvykkyydet. Hankinnan voisi tutustumatta ajatella olevan suhteellisen suoraviivaista, mutta etenkin nykypäivän hankinnoissa korostuvat aktiivisen hankinnan periaatteet, joista kerrotaan myöhemmin lisää hankintaosaamisen nykytilan kappaleessa. Dennis Rofbach (2021) luettelee aiheesta käsitellessä kirjassaan hankinnan perus-askleet sen mukaan myynnin askeleisiin kuuluu. (Rofbach, 2021, s. 11).

- Myyjän valitseminen

- Neuvotella velaksi kirjattavista summasta
- Tarkastella hankintaa pitkällä aikavälillä
- Sopimusneuvottelu
- Suuren hankinnan tekeminen

Nieminen, S (2016, ) on kirjassaan Hyvä hankinta- parempi bisnes tuonut esille, että hyvä hankinta ei ole pelkästään ostotapahtumien tekemistä oikeaan aikaan ja oikealla hinnalla. Nykypäivänä laadukkaalla hankintaosaamisella voidaan luoda ennen kaikkea organisaatiolle kilpailukykyä ja parempaa riskienhallintaa, kun voidaan huomioida globaalisten kriisien ja muiden muuttujien tuomat riskit muun muassa toimitusvarmuuksiin. Kilpailukykyä voidaan nykypäivänä luoda Niemisen mukaan luomalla yhteistyösiteitä verkostojen kanssa esimerkiksi tuotekehitykseen, Katri Tanni puolestaan korostaa tärkeimpien asiakkaiden laajaa tuntemista avaintekijänä. (Nieminen, 2016; Tanni, 2022) Suomalaiset teollisen puurakentamisen yritykset voisivatkin ottaa kilpailukykykseen entistä tehokkaamman yhteistyön keskenään, mutta myös kansainvälisten ja paikallisten tuotesatoimitaja-yritysten kanssa.

Edellä mainitun lisäksi puurakentamisen alan olisi erittäin tärkeää panostaa rakennusyritysten ja koulutuslaitosten väliseen yhteistyöhön, jotta osaamistarpeet ja opetus kohtaisivat ja päivittyisivät aktiivisesti. Tarvetta Tuotekehitys-yhteistyötä voisi voitaisiinkin tehdä esimerkiksi yritysten kanssa ketkä ovat muualla Euroopassa tehneet puukerrostalojen kehittyneitä liitostekniikoita, miten heidän osaamistansa saataisiin myös suomen teollisen puurakentamisen avuksi? Kansainvälisen hankinnan osaamisen tärkeyden on nostanut esille myös Puutuoteteollisuus ja TTS (2019) tutkimuksessaan yhtenä tärkeimmistä kehityskohdista seuraavan 10 vuoden aikana. (Puutuoteteollisuus & Työtehoseura, 2019, s. 27)

### **Hankintaosaamisen nykytila**

Hankintaosaamisen tärkeys ja sen kehittäminen on viime vuosina noussut keskeiseksi tekijäksi yritysten hankintojen onnistumisessa. Se on huomattu kansallisesti sekä EU:n komissiossa, jossa on luotu julkisten hankintojen ammattilaisille eurooppalainen osaamiskehys *ProcurComp*<sup>EU</sup>.

Huolimatta siitä, että osaamiskehys on alun perin suunniteltu tukemaan julkisten hankintojen osaamista, voidaan kyseisiä työkaluja ja osaamisia soveltaa merkittävältä osin myös yksityisten yritysten hankintojen tekemiseen tarvittavien osaamisten kartoitukseen ja määrittämiseen. (Knapton-Vierlich & Balasinska, 2020, ss. 10, 18). Osaamiskehysten kaikki materiaali on julkisesti kaikkien saatavilla eri usealla kielellä komission sivuilla. Tämän johdosta jokainen hankinnan osaamisen taustaan kiinnostuneelle on mahdollisuus testata ammattitasonsa ja mahdolliset kehityskohteet.

### ***ProcurComp<sup>EU</sup> määrittelemät osaamistarpeet***

***ProcurComp<sup>EU</sup>: ssa*** on määritelty 30 avaintaitoa julkisen hankintojen ammattilaiselle, niistä muodostuu niin saattu ”osaamismatriisi”. Taidot voidaan jakaa kahteen eri valmiusluokkaan, hankintoihin liittyviin valmiuksiin sekä ”pehmeisiin valmiuksiin” jotka voidaan jakaa 6 eri pääkategoriaan. Hankintoihin liittyvät valmiudet kattavat koko hankinnan elinkaaren aina sen suunnittelusta mahdollisten riitojen ratkaisemiseen ja sovitteluun liittyviin osaamisiin, elinkaarelle on määritelty 19 eri valmiutta. Vuorostaan ”pehmeiden valmiuksien” valmiusluokka sisältää valmiuksia, joiden avulla he voivat hallita kaikkia muita valmiuksia, joita työtehtävät vaativat. Liitteessä 4 on kuvattu kaikki 30 valmiutta ajatuskartan muodossa. (Knapton-Vierlich & Balasinska, ei pvm., s. 26)

Osaamiskehysten valmiudet voidaan jakaa neljään pätevyystasoon, joilla henkilökohtaista tasoa voidaan arvioida osaamismatriisin avulla, tasot ovat 1. Perustaso, 2. Keskitaso, 3. Edistynyt taso sekä 4. Asiantuntijataso. Jokainen valmiuden pätevyystaso on kuvattu yksityiskohtaisesti ohjeissa, joten tekijän on helppo arvioida omaa tasoaan. (Knapton-Vierlich & Balasinska, ei pvm., s. 27). Strategisen hankinnan johtamisen näkökulmasta samankaltaisia hankintaosaamisen tarpeita ja apuja tuodaan esille Valtionneuvoston ”Hankinta-Suomi”-hankkeen ensimmäisen osion tuloksena. Tärkeiksi osaamiseksi tuloksista voidaan nostaa yhteistyöhön ja organisaatiohallintaan liittyvät osaamiset, myös itsensä ajan tasalla pitämisen ja osaamisen kehittämisen tärkeys näkyy vahvasti. (Saarenpää ym., 2023, s. 10) Em. perusteella voidaankin todeta, että työkalut ammattimaisen hankintaosaamisen kartoittamisen ja kehittämisen tekemiseksi on saatavilla hyvinkin konkreettisten ohjeiden muodossa. Kysymys kuuluukin, mikä on keskisuomen puurakentamisen alalla toimivien organisaatioiden hankintaosaamisen taso ja tilanne?

### **Elinkaarivaikutuskysymykset hankinnassa**

Mitkä ovat hankintaosaamisen suurimmat kehitystarpeet ja vaatimukset 10 vuoden päästä? Lahden ammattikorkeakoulun (2021) tekemässä puukerrostalon tilaamisen oppaan loppuraportissa on tuotu esiin mitä vaikeuksia hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen huomioiminen hankkeiden laatupisteityksissä asettaa hankintojen tekemiselle. Epäselvää on muun muassa miten hiilitaseisiin liittyvät valintakriteerit olisivat hyväksyttävissä julkisissa hankinnoissa. (*Puukerrostalon tilaamisen kehityshanke / LAB, 2021*)

Laatutavoitteiden ja hankintojen ympäristövaikutusten tietämyksen tasoa on mitattu myös puutuoteteollisuuden ja TTS:n tekemässä selvityksessä. Selvityksen mukaan hankintayksiköiden olisi erityisen tärkeää lisätä 10 vuoden sisällä ympäristö- ja kierrätysosaamista, sen tason ollessa 3,5/5 ja 10 vuoden päästä sen tärkeys on pisteytetty lähelle 5:sta eli korkeimmaksi kaikista tunnistetuista osaamistarpeista. (Puutuoteteollisuus & Työtehoseura, 2019, s. 28) Voisiko kyseisten osaamisten yleinen parantaminen ja parempi tietämys vaikutuksista auttaa luomaan sellaiset hankintojen pisteityksen kriteerit, jotka ottaisivat huomioon perinteisen laadun ja hinnan lisäksi ympäristötekijöiden ja päästöjen vaikutukset?

#### **Hankintaosaaminen puukerrostalohankkeissa**

Puukerrostalorakentamisessa toimivien urakkamuotojen määrä on suppea johtuen puurakentamisen alalla toimivien varteenotettavien toimijoiden rajallisuudesta, yleisesti rakennushankkeissa käytetty KVR-urakka ei täten toimi puukerrostalohankkeissa. Usein alalla onkin ratkaisuna käytetty kaksivaiheista rajattua hankintamenettelyä. Haasteena, joka korostuu puukerrostalojen rakentamisessa, on huomattu usein, että tarjouksia ei tule yhtään, mikäli tilaaja asettaa useita vaativia vaatimuksia ja suunnittelee kohteen liian pitkälle. Tämä johtuu siitä, että puurakentamiseen erikoistuneet yritykset ovat vielä suhteellisen pieniä.

Julkisten puukerrostaloprojektien saaminen vaatii rakennusyrietysten toimijoilta monipuolista hankinnan, suunnittelun ja markkinoinnin osaamista täyttääkseen niille asetetut vaatimukset. Tarjoavista yrityksistä pitää löytyä myös tarpeeksi tietämystä yrityksen osaamisesta, jottei ole vaaraa, että hankkeen suuruuteen ja vaatimuksiin hukuttaisi. Julkisen puolen hankkijoilta puolestaan vaaditaan osaamista realististen ja perusteltujen vaatimusten asettamiseksi.

Nieminen, S (2016, ) on kirjassaan Hyvä hankinta- parempi bisnes korostanut hankintojen suurta suhteellista määrää rakennusalan yrityksissä, joissa se voi olla hänen mukaansa olla jopa 90 % johdettujen rakennusprojektien suuresta määrästä erilaisia tavara- ja palveluhankintoja. (Nieminen, 2016, s. 1) Tämän tiedon perusteella voisi olla mielenkiintoinen vertailu siitä paljonko teollisen puurakentamisen menetelmiä hyödyntävien yritysten hankintakulut ovat verrattuna rakennusalaan yleisesti.

## 6.5 Muut tärkeät osaamistarpeet

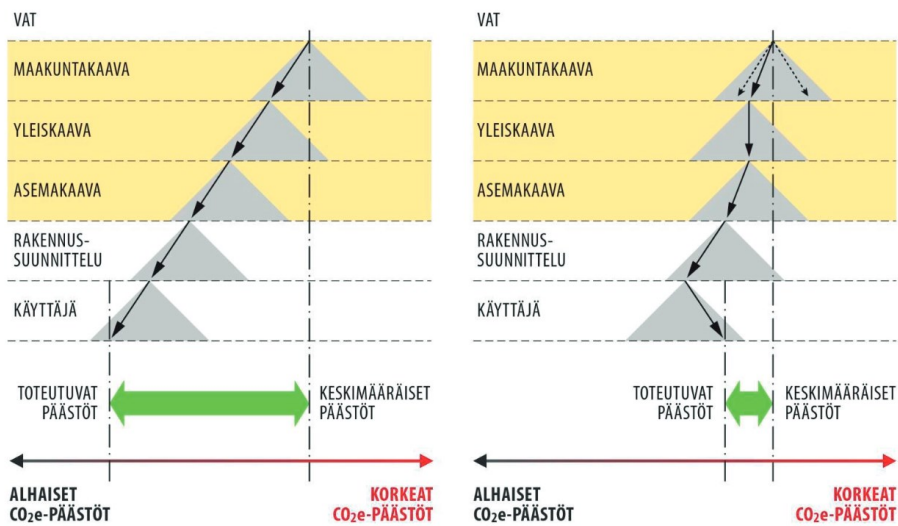
Kappaleeseen olen valinnut muutaman jo varhaisessa vaiheessa merkittäviksi havaitsemiani puurakentamisen edistämiseen vaikuttavia osaamisalueita, joiden laajempi käsitteleminen ei ajallisista syistä ollut mahdollista. Kappaleen loppuksi käyn läpi pintapuoleisesti tutkimuksen viimehetkillä löytämiäni puutuotealan toimijoiden koulutus- ja osaamistarpeita.

### **Kaavoitusosaaminen**

Kaavoituksen tärkeys puurakentamisen edistämisen keinoina on tuotu useissa dokumenteissa esille. Vuoden 2011 kansallisessa puurakentamisen osaaminen ja osaajat- kartoituksessa kaavoitusosaamisen on tuotu esille käsitys, ettei energiatehokkaaseen kaavoitukseen ole ollut, energiatehokkaalla tarkoitetaan kokonaisenergiatehokkuutta ja kestäväää rakentamista. Kaavoitusosaamisen osaamistarpeet tulevat muun muassa osaamisessa hyödyntää mahdollisuudet luoda pohja kokonaisenergiatehokkaalle rakentamiselle. (Bionova Oy, 2017, s. 10; Heino, 2011, s. 15) Myös Bionovan tiekartassa johon elinkaariosaamisen kappaleessa on viitattu, voidaan osaavalla aluetason kaavoituksella vaikuttaa rakennusten ympäristövaikutuksiin. (Bionova Oy, 2017; Heino, 2011)

Osaamisen vaatimusten lähtökohdaksi kaavoituksessa onkin nostettu vahvasti kestäväään kaavoitukseen liitettävät osaamistarpeet. Näitä osaamisialoja ovat muun muassa yhteistyö energia-alan asiantuntijoiden kanssa, kuin myös laaja kasvihuonepäästöihin liittyvä osaaminen. Tarvittavaksi kaavoitusosaamiseksi on kansallisessa kartoituksessa nostettu myös kuntien tarve matalan ja tiiviin kaavoituksen osaamiselle. Aalto-yliopiston tekemä ”ilmastotavoitteita toteuttava asemakaavoitus”-raportti käsittelee myös lähtötietojen vaikutusta tarkastelevan herkkyystarkastelun tärkeyttä, kun etsitään parhaita ratkaisuita kaavoituksessa. (Lylykangas ym., 2013)

Erilaisten laskentamenetelmien lisääntyminen nyt ja tulevaisuudessa tuovatkin erittäin vahvasti osaamistarpeita osakokonaisuuksien vaikutusta kokonaisuuden kannalta, jotta löydetään paras lopullinen ratkaisu. Alla oleva kuvio (kuvio 3) visualisoi hyvin miten johdonmukainen kaavoitus ja yhteiset näkemykset päästövähennyskeinoista ja tavoitteista läpi suunnittelualojen vaikuttaa rakennetun ympäristön lopullisiin päästöihin. Oikeanpuoleinen kuva vuorostaan näyttää tilanteen, jossa on epäselvyyttä. Ideaalitalanteen saavuttamiseen vaadittavaa osaamista ja tietoa on kannattava lisätä laajasti. (Lylykangas ym., 2013, s. 17)



Kuvio 5. Jokaisen suunnitteluvaiheen päätösten vaikutus toteutuviin päästöihin. (Lylykangas ym., 2013, s. 17)

### Valvontaosaaminen

Valvontaosaamisen aihe on valtava ja sisältää osa-alueita aina viranomaisvalvonnasta työmaan sisäiseen ja ulkoiseen laatuvalvontaan. Teollisissa puurakentamisen hankkeissa korostuu muun muassa kosteudenhallinta asianmukainen toteutuminen, joka vaatii valvontaosaamista niin työntekijöiltä kuin myös laadunvalvonnalta. Puurakentamisen hankkeiden valvontaosaamisen vaatimuksia on lähiaikoina tutkinut muun muassa Läsmä, M (2023) joka on päässyt lopputulokseen, että puurakentamisen valvonta ei tiettyjä erityispiirteitä kuten em. kosteudenhallintaa lukuun ottamatta



eroa mitenkään muusta rakentamisesta. Kappaleen 2.1.2 kuviossa on listattu myös muita tärkeitä osa-alueita, joita puurakentamisen hankkeen valvojien on syytä kumminkin tuntea. (Lämsä, 2023) Kuviossa on hyvä nostaa esille myös valvojien osaamis- tietämysvaatimus tuntea hankkeen konsulttien osaamistarpeista, jotta hankkeeseen valitaan pätevät konsultit.

### **Muut puurakentamisen toimijoiden osaamistarpeet**

Jo aiemmin viitatus Puutuoteteollisuus ry:n ja TTS:n tekemästä puutuotealan osaamiskartoituksen tutkimuksesta löytyi tutkimuksen viimeistelyvaiheessa kattavat katsaukset osaamis- ja koulutustarpeista. Kappaleessa käsitellään niitä pientalo- ja kerrostalorakentamisen hankeosapuolten näkökulmasta. Lisää aiheesta suosittelen lukemaan viitatus tutkimuksesta.

### **Pientalo ja hirsiteollisuus**

Sekä pientalo- että hirsirakenteisia taloja tilataan yhä valmiimpina talopaketteina, jolloin niiltä odotetaan nopeampaa toimitusta sekä kustannustehokkuutta. Nämä tarpeet näkyvät läpi pientalojen toimitusketjun aina myynnistä työmaan henkilöstöön. Tutkimuksessa korostetaan monipuolisesti asiakaslähtöisyyden osaamista asiakkaiden tarpeiden tunnistamisesta ja tuotteen etujen muuttamisesta asiakkaille merkityksellisiksi, rakentamisen muuttuessa teknisemmäksi myös työmaan työntekijöiltä odotetaan aktiivisen asiakaskontaktin vaatimaa osaamista. Kustannustehokkaan ja nopean rakentamisen johdosta automaatio ja tuotantoa tehostavien menetelmien kuten Lean käyttöönotto on yksi keskeinen tekijä myös pientalo- ja hirsirakennusten toimialoilla.

Runsaasti osaamis- ja koulutustarpeita työmaalle ja tuotantoon tulee talojen tullessa yhä teknisemmiksi, muun muassa integroitujen turvallisuus- ja automaatiojärjestelmien myötä. Tämä vaatii tuotannon ja työmaan toimijoilta aiempaa laajempaa moniosaisuutta, jonka myötä Moniosaajuuskoulutukset tulevat entistä tarpeellisemmiksi. Erityisen tärkeää kyseisten tekniikoiden lisääntymisen tunteminen on tuotekehityksellä sekä hankinnan osaajilla. Myös asiakaspeiden ymmärrys, kosteusteknisen rakennusfysiikan tuntemus sekä alihankintaverkoston hallinta ovat painotetusti tuotekehityksestä ja hankinnasta vastaavien osaamistarpeissa. (Puutuoteteollisuus & Työteho-seura, 2019, s. 65)

## Kerrostalot ja suunnittelu

Puurakentamisen järjestelmien kehittyessä nopeaa vauhtia, on niiden kilpailukyky ja kustannustehokkuus kehittyneet paikoitellen jo samalle tasolle muun valtavirtarakentamisen kustannustason kanssa. Selvityksen mukaan puurakennejärjestelmien suunnittelu keskittyy jo vahvasti vakioratkaisuiden ympärille ja esimerkiksi tilaelementtijärjestelmät ovat kasvattaneet osuuttaan vakioiduissa kerrostaloissa, joiden tekeminen tulee kehittymään, jolloin työmaavaihe tulee olemaan moduulien kytkentää toisiinsa. Elementtien tuotannon automatisoituminen tähän asti ollut hidasta, mutta tulevaisuudessa sen odotetaan kasvavan runsaasti robotiikan ja muun tuotantoautomaatiikan avulla.

Selvityksestä käy selkeästi ilmi teollisen puurakentamisen yleistymisen useimmilla, ellei jopa kaikilla osa-alueilla seuraavien vuosien aikana. Kysynnän lisääntyessä mahdollistuu investointi edellä mainittuihin automaatiikkaan ja robotiikkaan, joiden johdosta tuotannosta tulee entistä tarkemmin aikataulutettua ja ohjattua. Edellä mainitut yhdessä työtä tehostavien menetelmien kuten Leanin yleistyessä ja välikvarastojen määrää minimoitaessa tuotannon toimijoilta edellytetään yhä enemmän mm. tuotannonohjauksen osaamista. Myös tietomallien hyödyntäminen läpi koko alan, tulee lisääntymään sen integroitua koko ketjun käyttöön aina tuotannosta työmaalle ja loppukäyttäjän hyödynnettäväksi.

Suunnittelun näkökulmasta painotettaviin osaamistarpeisiin lukeutuu rakennusteknisen osaamisen ja tietämyksen lisäksi asiakaslähtöisyyttä, yksityiskohtaisuuksien tarkkaa huomioimista sekä ympäristö ja kierrätysteemoihin liittyviä osaamistarpeita. Rakennusratkaisuiden ollessa hyvin valmistajakohtaisia, suunnittelijan on tunnettava suunniteltava kohde ja sen prosessit tuotannosta alkaen aina työmaatoteutukseen varmistaakseen laadukkaiden ratkaisuiden varmistumisen. Tietomallien yleistyessä suunnittelun lisäksi läpi koko alan, joka lisää merkittävästi tarvetta kaikkien osapuolten tietomalliosaamisen koulutukselle. Selvityksessä painotetaan syvällisen ja laaja-alaisen suunnitteluosaamisen vaativan yleistä täydennyskoulutusta laajemman koulutuksen. (Puutuoteteollisuus & Työtehoseura, 2019, s. 70) Tarkempia ja toimijakohtaisia osaamis- ja koulutustarpeita ollessa runsaasti, niiden vaikutuksista on kirjattu lisää tuloksissa ja pohdinnassa.

## 7 Tulevaisuudessa hyödynnettävät tekniikat

Kappaleeseen on nostettu muutamia tekniikoita, joiden hyödyntämisessä nähdään suurta potentiaalia rakennusalan tehokkuuden parantamisen kannalta. Kunkin käsiteltävän tekniikan hyödyntämisessä teknisen osaamisen kuten algoritmisen ajattelun hallintaa on ensiarvoisen tärkeää tekniikoiden tehokkaan hyödyntämisen kannalta.

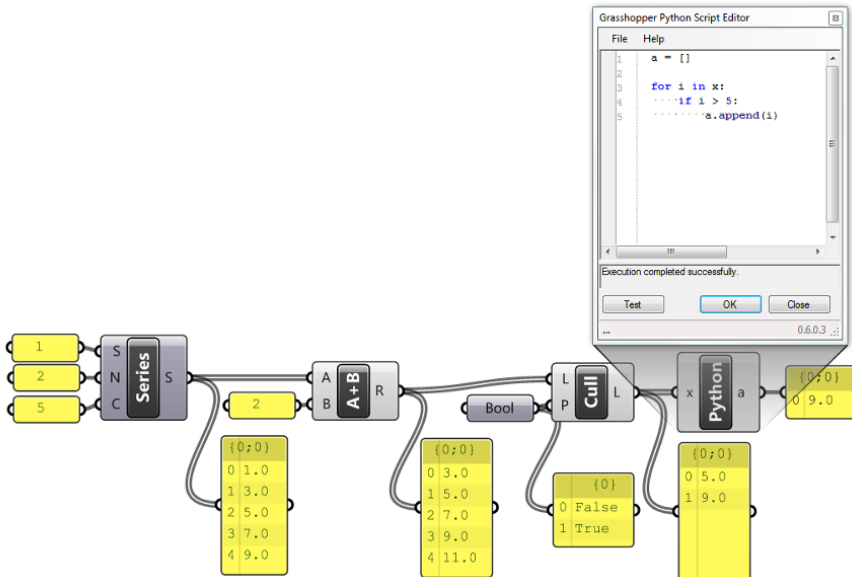
### 7.1 Parametrinen suunnittelu

Kappaleessa tutustutaan ensin pintapuolisesti parametrisen suunnittelun määritelmään, jonka jälkeen käsitellään keskeisimpiä eroja perinteiseen suunnittelumenetelmään tuomalla esille parametrisen suunnittelun hyvät puolet.

#### Määritelmä

Parametrisessa suunnittelussa suunnittelija hyödyntää tekemiään algoritmeja ratkaisuiden tekemisessä ja eri vaihtoehtojen analysoinnissa. Suunnittelua ohjataan muokattavissa olevien parametrien kuten rakenteen sallitun korkeuden avulla. Parametristä suunnittelua on tutkinut muun muassa diplomityössään Lalla, (2017) käyden läpi parametrisen suunnittelun soveltuvuuden rakennesuunnittelussa neljän tavoitteen avulla alkaen aiheen perusteista määrittelyyn mitä ja miten kannattaa optimoida. (Lalla, 2017, s. 4). Parametrisen suunnittelun menetelmästä puhuttaessa tulee usein vastaan myös termi ”algoritmiavusteinen suunnittelu”.

Parametrista suunnittelua voidaan tehdä joko visuaalisilla sovelluksilla tai tekstipohjaisesti koodaamalla. Rakennusalalla ja rakennesuunnittelijoilla koodausosaamisen ollessa yleisesti puutteellinen, alalla hyödynnetään enemmän visuaalisia elementtejä sisältäviä parametrisen suunnittelun työkaluja. Yleisimmin vastaan tullut työkalu on Rhinoceros 3D (Rhino) lisäosineen sekä Autodesk-tuoteperheen Dynamo. Autodesk on lakkauttanut Dynamo studio työkalun vuonna 2022 ominaisuuksien siirtymässä muihin sovelluksiin. Visuaalisenkin ohjelmiston käyttämisessä auttaa vahvasti koodaamisen ajattelutapa, jotta pystyy luomaan ja muokkaamaan algoritmeja tehokkaasti. Alla oleva kuva havainnollistaa yksinkertaisen algoritmin Rhinon Grasshopper-ympäristössä. Visuaalisen ohjelmoinnin työkaluissa on koodaustaitoisten mahdollista hyödyntää esimerkiksi Python ohjelmointikielellä tehtyä koodia.(Autodesk, 2021; Lalla, 2017, s. 33)



Kuva 6. Esimerkki visuaalisesta ohjelmoinnista ja pythonin integroinnista Grasshopper-ympäristössä. (Lalla, 2017, s. 33)

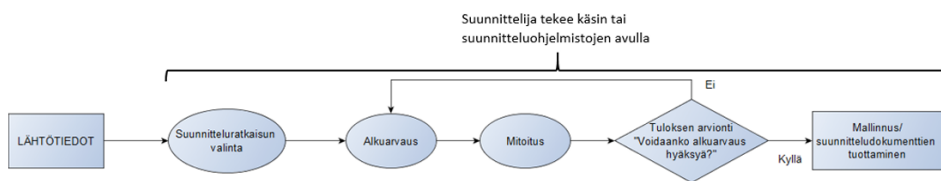
Rakennesuunnittelussa perinteisesti reunaehtoja asettavat arkkitehtisuunnitelmien geometriat, joiden mukaan rakennesuunnittelija lähtee suunnittelemaan turvallisia, kustannustehokkaita ja terveellisiä rakenteita.

#### Perinteisen ja parametrin suunnittelun erot.

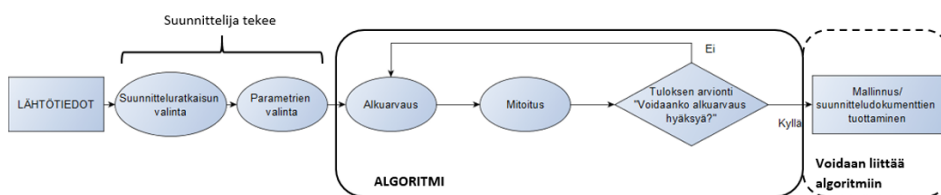
Kun tietomallintaminen (BIM) on seuraava askel 2D:nä suunnittelemisesta niin parametrinen suunnittelu on edistysaskel tietomallintamisesta. Parametrin ja tietomallintavan suunnittelun välillä on useita hankkeiden kokonaiskustannuksiin, vaihtoehtojen läpikäyntiin sekä yhteistyöhön vaikuttavia merkittäviä ominaisuuksia. Suurimpana erona voidaan pitää suunnittelijan tekemän manuaalisen työn määrää, jota on esimerkiksi palkin mitoituksessa alkuarvauksen tekeminen palkin dimensioista, itse mitoitus työ, kunnes sopiva löytyy ja lopuksi vielä valitun rakenteen mallintaminen tietomalliin. Parametrin suunnittelumenetelmällä tehtäessä suunnittelija määrittelee lähtötie-

tojen perusteella vain suunnitteluratkaisun sekä kyseeseen tulevien rajoitusten mukaan parametrit, jonka jälkeen algoritmit tekee laskennan, mahdollisesti myös lopputuloksen mallintamisen suoraan tietomalliin. (Lalla, 2017, s. 31)

### Perinteinen suunnittelumenetelmä



### Parametrinen suunnittelumenetelmä



Kuva 7. Perinteisen ja parametrin suunnittelun työmenetelmän erot (Lalla, 2017, s. 31)

### Mahdollisuudet puurakentamisen suunnittelussa

Parametrinen suunnittelu voidaan hyödyntää parhaimmillaan monimutkaisten muotojen ja rakenteiden suunnittelussa. Ominaisuus näkyy lukuisissa näyttävissä puurakenteisissa kohteissa, jotka menetelmä on mahdollistanut, perinteisillä menetelmillä niiden suunnittelemisen ollessa käytännössä mahdotonta. Ennen 2014 maailmalla toteutettuja kohteita on esitelty muun muassa Oulun arkkitehtuurin tiedekunnan julkaisussa ”Algoritmit puurakenteissa”. Myös kappaleessa 5.2.2 on esimerkki parametrin suunnittelun hyödyntäneestä rakennuksesta Sveitsissä. Menetelmän mahdollisuudet eivät kumminkaan rajoitu vain monimutkaisiin muotoihin tai näyttävien puurakennusten suunnitteluun. (Tanska, 2013, s. 10; Tanska & Österlund, 2014). Merkittävänä linkkinä kohteissa suomeen on Metsä-Wood Oy:n suomessa valmistettujen Kerto-Q-levyjen hyödyntäminen yhdessä maailman suurimmista puurakenteista.

Tanska (2014) sanoo menetelmän mahdollisuuksien olevan lähes rajattomia ja hyödyntämisen tapoja olevan yhtä paljon, kun on suunnittelijoita. Algoritmiavustetussa suunnittelussa voidaan hyödyntää yksityiskohtaisten ja yksilöllisten liitosten suunnittelusta aina kaupunkisuunnitteluun. Simuloinnin-, analysointi- ja optimointimenetelmien lisäämisellä voidaan suunnittelussa huomioida ulkoisiakin muuttujia sekä niiden vaikutussuhteita ratkaisuun eri tilanteissa. Detaljisuunnittelu algoritmeilla mahdollistaa myös valmiiden tuotantopiirustusten ja mallien tekemisen automaattisesti, nykyaikaiset hyvin pitkälle automatisoidut tuotantolaitokset mahdollistavat yksilöityjenkin liitososien teettämisen tehokkaasti. (Tanska, 2013, s. 10; Tanska & Österlund, 2014, s. 40).

Algoritmiavusteiseen suunnitteluun liittyy useita teesejä, jotka ovat välttämättömiä ymmärtääkseen ja hallitakseen kyseistä menetelmää. Tanska & Österlund ovat työssään tuoneet nämä teesit esille yksiselitteisesti, tarjoten tietoa menetelmän käytön oleellisista ajattelutavoista. Nämä teesit tuovat ajatteluun sekä menetelmien käyttöön liittyviä osaamistarpeita ja ovat täten tärkeä osa tutkimusta.

1. *Algoritmit ovat vain yksi työkalu suunnittelijan työkalupakissa.*
2. *Tietokone ei suunnittele puolestasi.*
3. *Tietokone ei ajattele puolestasi, se vain prosessoi tietoa.*
4. *Algoritmiavusteisen suunnittelun menetelmät eivät tee kokonaisvaltaisesta arkkitehtuurisuunnittelusta yhtään helpompaa.*
5. *Algoritmiavusteinen suunnittelu ei ole muodikas trendi, vaan erilainen tapa ajatella suunnittelua prosessipohjaisena.*
6. *Älä käytä algoritmiavusteista suunnittelua luomaan vain komeita kuvia vailla todellisuuspohjaa tai suunnitteluarvoa.*
7. *Menetelmät eivät muokkaa sinua suunnittelijana.*

*Ja tärkeimpänä:*

8. *Älä käytä menetelmiä itsearvoisesti! Pohdi, onko niiden käyttämisellä todellista hyötyä suunnittelusi tai suunnitelmasi kannalta. Ota askel taaksepäin ja kysy itseltäsi: Miksi?*

Kuva 8. 7+1 algoritmiavusteisen suunnittelun teesiä (Tanska & Österlund, 2014, s. 37)

### **Hyödyntämisen mahdollisuudet ja esteet sekä koulutus.**

Kaiken kaikkiaan algoritmisella suunnittelulla on valtava hyödyntämisen potentiaali mutta sen käytön osaamisen kasvattamisessa on vielä runsaasti tekemistä. Valmistuneet tutkimukset ja rakennukset suomessa näyttävät mihin insinööripuutuotteet pystyvät, mutta ulkonäön lisäksi toiminnallisuuden optimoinnissa on potentiaalia kuten Tanska (2014) on diplomityössään tehnyt suunnitellessaan optimaalista uimahallia. Kyseinen optimoitu ratkaisu ei ole syystä tai toisesta toteutunut. Lopuksi vielä nostetaan esille tekniikan opetuksen kehittämiseen pyrkineitä tutkimuksia.

Arokoski, J (2020) Tampereen yliopistosta on tehnyt diplomityön algoritmisen suunnittelun opetuksen kehittämisestä vuonna 2020. Työssä on ollut tarkoituksena saada tehtyä ensimmäisiä selvityksiä miten algoritmisen suunnittelun ajatusmaailmaa voitaisiin tuoda rakennustekniikan opetukseen. Merkittävimpana huomiona työn tuloksista voidaan huomata, että kokemukset ohjelmoinnista tukevat kyseisen tekniikan hyödyntämisessä ja ajatusmaailman ymmärtämisessä. Ohjelmoinnin perusteiden ja ajatusmaailman opetus on siis ensiarvoista, kun lähdetään lisäämään algoritmista suunnittelua opetukseen. Arokoski (2020) tuo esille toisaalta, että ohjelmointiosaaminen voisi tukea myös tietokoneiden algoritmien, tietorakenteiden ja mitoitusprosessien tunteamista entistä paremmin ja kaikki tämä voisi toimia työkaluna työelämässä. (Arokoski, 2020, s. 84)

## **7.2 Tiedonlouhinta (Data mining)**

Rakennusalan ollessa erittäin dataintensiivinen ja sen korostuessa tulevaisuudessa, on erittäin tärkeää lisätä myös datan käsittelyyn liittyvää osaamista ja tietoa. Kappale käsittelee tiedonlouhintaan liittyviä mahdollisuuksia, riskejä sekä seikkoja liittyen tietoturvaan rakennusalan näkökulmasta.

### **Määritelmä**

Tiedonlouhinnalla (Data mining) tarkoitetaan prosessia, jossa suurta datamäärää analysoimalla saadaan haluttuja tietoja, lopputuloksena löytyy kiinnostavia, odottamattomia tai arvokkaita rakenteita, joita voidaan tiedon analysoinnin myöhemmässä vaiheessa. Prosessi tunnetaan myös termillä *Knowledge Discovery in Databases (KDD)*. Praddu, S (2006) on nostanut esille seuraavan

määritelmän datan louhinnalle, jonka mukaan se tarkoittaa *“ using a variety of techniques to identify nuggets of information or decision-making knowledge in bodies of data, and extracting these in such a way that they can be put to use in the areas such as decision support, prediction, forecasting, and estimation. The data is often voluminous, but as it stands of low value as no direct use can be made of it; it is the hidden information in the data that is useful.”* (Prabhu & Venkatesan, 2006). Tämän määritelmän perusteella voidaan todeta, että dataintensiivisenä alana rakennusalalla riittää prosessin hyödyntämismahdollisuuksia erittäin paljon.

### **Mahdollisuuksia rakennusalalla**

Rakennusala on vahvasti tutkittuun tietoon perustuva ala, joka vielä nykypäivänä hyödyntää suhteellisen vähän teknologisia työkaluja päätöksen teon apuna. Teknologian kehittyessä ja rakennusalalle asetettujen tehokkuusvaatimusten myötä on alan etsittävä keinoja tehdä päätöksiä tehokkaammin, luotettavuudesta tinkimättä ja kustannuksia nostamatta. Yksi varteenotettavista ja toistaiseksi laajasti hyödyntämättömistä keinoista on datan louhinnan hyödyntäminen perinteisten menetelmien sijaan.

Tiedonlouhinnan (data mining) hyödyntämisen mahdollisuuksia rakennusalalla on tutkittu laajasti ympäri maailmaa, jolloin on löydetty tekniikan parhaat käyttötarkoitukset. Käyttötarkoituksia ovat tutkineet muun muassa kiinassa Hang, Y, Nan, Y,Yi, P & Yitian, R ja he ovat tutkimuksessaan kartoittaneet DM- teknologioiden nykyistä tilannetta, mahdollisuuksia ja tulevaisuuden trendejä rakennusalan näkökulmasta hyödyntäen aiheesta maailmanlaajuisesti tehtyjä tutkimuksia. Systemaattisen valikoinnin, tutkimusten analysoinnin ja rajausten jälkeen löytyi 9 pääasiallista hyödyntämisalaa sekä ovat esittäneet neljä haastetta ja tulevaisuuden suuntausta. (Yan ym., 2020) Suomalaisia tutkimuksia aiheen eri hyödyntämismahdollisuuksista on tehty myös useita ja tuon esille puurakentamisen kannalta mielenkiintoisimpia käyttökohteita.

### **Esteitä hyödyntämiselle**



Suurimpia esteitä datanlouhinnan laajalle hyödyntämiselle on vielä nykypäivänäkin useita. Haasteet voivat johtua teknologian uutuudesta mutta myös tietämyksen vähyydestä. Hang ja kumppanit ovat tutkimuksessaan nostaneet esille neljä suurinta haastetta, joita datan louhintaan liittyy. Seuraavaksi käyn merkittävimmät haasteet läpi ja referoin niitä suomalaisiin lähteisiin.

### Tietoturva

Tietoturvan hallinta on pääasiallinen este laajemmalle rakennuksista saatavan datan käytölle. Tutkimus kertoo, että keräämällä erilaisilla sensoreilla ja videokameroilla tietoa rakennuksen huone- lämpötiloista, sähkönkulutuksesta ja muista rakennuksessa tapahtuvista muutoksista, ovat tulokset erittäin hyödyllisiä, kun halutaan ymmärtää ihmisten käyttäytymistä. Kaikella tiedon keräämisellä pyritäänkin parantamaan rakennuksien energiatehokkuutta ja asumisolaja optimaaliksi hyödyntämällä pilvipalveluita ja erilaisia sovelluksia, jotka analysoivat edellä mainittuja tietoja. Tietojen käytön mahdollistamiseksi ja tietoturvallisesti sekä yksityisyyden turvaamiseksi on nostettu esille tapoja kuten tiedon anonymisointi ja erilaiset salaukset. Näistä anonymisointi mahdollistaisi kustannustehokkaamman mutta turvallisen käytön poistamalla yksilöivät tiedot. (Yan ym., 2020, s. 11)

Suomalaisesta näkökulmasta rakennusautomaatiota ja rakennuksista kerättävän tiedon turvallisuutta on tutkittu hankkeessa, jonka yksi tuotos on ollut RIL-274-2021 ”Kyberturvallisuus asuinrakennusteistössä”. Kyseessä on ohje, jonka tarkoituksena ”on luoda edellytykset kyberympäristön hahmottamiselle ja sen hallitsemiselle osana asuinrakennuksen kybertoimintaympäristöä.” (Rantala, 2021). Ohje tuo konkreettisia täsmäohjeita rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa vaikuttaville tahoille siitä miten kukin voi omilla valinnoillaan vaikuttaa rakennuksen kyberturvallisuuteen. Kirja tarjoaa täten myös case esimerkkejä aiheen tiimoilta. Kyberturvallisuuden kivijaloiksi on nostettu muun muassa infrastruktuuri ja huolto ja ylläpito, joita ilman kiinteistö ei voi toimia. Rakennuksen elinkaarisuunnittelussa onkin otettava vahvasti kantaa myös kyseisten osa-alueiden toimintaedellytysten luomiseksi kaikissa tilanteissa, myös poikkeusoloissa. (Rantala, 2021, s. 12; Yan ym., 2020, s. 11)

Perustuen seuraamieni ammattialan lehtien ja kirjallisuuden yleiseen tietoon, tietoturvallisuuden säädösten taso ja aiheen yleinen tietämys ovat vielä alhaisia. Tietoturvallisten järjestelmien ja kiinteistöjen luomiseen vaadittavan osaamisen tarve ei tule vähenemään tulevaisuudessakaan. Koska tietoturallinen kiinteistö koostuu monista osa-alueista ja on yleisen käsityksen mukaan yhtä vahva kuin sen heikoin lenkki, olisi tärkeää lisätä kaikkien rakennushankkeisiin ja kiinteistöjen ylläpitoon osallistuvien tahojen osaamista ja tietämystä aiheen perusteista. Näin osapuolet pystyisivät vaatimaan kokonaisvaltaisesti turvallisempia kiinteistöjä koko rakennuksen elinkaaren ajan.

## 8 Tutkimuksen menetelmät

Menetelmät kappale sisältää tutkimusvaiheittain kuvauksia kussakin vaiheessa käytettävistä menetelmistä.

### 8.1 Aineistonkeruu

Tutkimuksen toteutuksessa hyödynnetään sekä määrällistä, että laadullista menetelmää. Määrällinen tutkimus, koska tavoitteena on saada laajasti tietoa alueen osaamisista eri toimijoiden sisällä sekä tietoa mahdollisista puutteista. Kyselyiden tuloksista voidaan tehdä yhteenvetoja analyysijä kehitettävän osaamisen määrästä, laadusta sekä sijainnista eri toimijoilla. Menetelmän valintaa tukee ajatus, että sen tavoite on ihmistä koskevien asioiden, ominaisuuksien, kokemusten tai ilmiöiden selittäminen, kuvaaminen, kartoittaminen, vertailu tai ennustaminen. Tutkimuksessani ihmisiä koskeva ominaisuus on niiden osaaminen ja tarkoituksena on kartoittaa osaamista. Haasteena menetelmän käytössä tulee olemaan kysymysten oikeellinen muotoilu, jotta saan niiden avulla täsmällistä tietoa enkä vain satunnaista tietoa. (Vilka, 2021.)

Työssä on mahdollista käyttää myös laadullista menetelmää yritysten ja jo toteutuneiden hankkeiden toimijoiden haastattelemiseksi ja tiedon ja ajatusten keräämiseksi heidän kokemuksistaan ja ajatuksista. Menetelmällä saadaan kerättyä tietoa miten yksittäiset toimijat kokevat alan haasteet juuri nyt ja mitkä voisivat olla mahdollisia pullonkauloja eri tekemisen osa-alueilla. Valintaa voidaan perustella sillä, että laadullista tutkimusta käytetään eri aloilla muun muassa erilaisten kokemusten tutkimukseen. (Vilka, 2021.)

Tutkimuksen aineisto on kerätty yhteensä kahdeksasta Microsoft Teams ohjelman kautta pidetyn haastattelun automaattisista transkriptioista. Haastateltavat ovat tilaelementtirakentamisen, teollisen hirsirakentamisen, CLT-rakentamisen, palotekniikan sekä talotekniikan toimialat, joista eniten haastateltavia oli CLT rakentamisen alalta, joka kattaa heidän tapauksessaan omakotitalot sekä muut pienet CLT-rakenteiset rakennukset. CLT rakentamisen alan haastateltavista 2 oli toimihenkilöitä ja loput kaksi olivat työnjohtaja sekä rakennesuunnittelija. Haastateltavia oli myös LVIS suunnittelija sekä palokonsultti, yksi kumpaakin.

Haastateltavien valinnassa tärkein valintakriteeri oli teollisen puurakentamisen kokemus, se onnistuikin kaikkien haastateltavien kohdalla. Toisena kriteerinä oli opinnäytetyön rajausten mukaisesti vaatimus, että yrityksellä olisi toimintaa olisi Keski-Suomen alueella, tämä kriteeri täyttyi seitsemän yrityksen kohdalla. Haastattelut olivat pituudeltaan 36–72 minuuttia.

Kyselytutkimuksen aineistoa tämän tutkimuksen tuloksissa ollut mahdollista hyödyntää johtuen hyvin vähäisestä vastaajamäärästä. Vastaajia oli 2 kun kyselyn vastaanottajia oli yhteensä 60+43 joista 43 on peräisin hankkeen uutiskirjeen julkisen linkin kautta, jolloin vastausprosentin jäi noin kahteen prosenttiin. Mahdollisia syitä heikkoon vastausprosenttiin käsitellään tarkemmin tutkimuksen pohdintakappaleessa. (Ks. kappale 10) Kohderyhmänä kyselyllä oli laaja-alaisesti Keski-Suomen alueen rakennusalan yritykset, arkkitehti-, konsulttitoimistot sekä muut rakennusalan toimijat, lukuun ottamatta julkisen puolen toimijoita kuten kaupunkien tai kuntien toimihenkilöitä. Yhteystiedot kerättiin pääosin julkisista yritystietokannoista sekä yritysten nettisivuilta.

## 8.2 Tietopohjan keruu

Kappaleessa käydään menetelmä kohtaisesti tutkimuksen tietopohjan keräyksen aikana hyödyntämiä menetelmiä ja työkaluja, joiden hyödyntämisellä on pyritty tehostamaan tiettyjä toimia kuten tiedostojen organisointia. Lopuksi tarkastellaan myös tietoperustan kasaamiseen käytettyjä valinta- ja hakukriteereitä sekä tiedonhaun aikaisia haasteita.

### **Viitteiden hallinta ja tukiällyn hyödyntäminen**

Tiedon etsinnässä ja organisoinnissa olen läpi tutkimuksen hyödyntämään erilaisia työkaluja kuten viitteidenhallintaohjelmaa lähteiden tallentamiseen ja viittausten tekemiseen. Jo ennen tutkimuksen aloitusta olin runsaasti päässyt harjoittelemaan OpenAI:n GPT kielimallin hyödyntämistä, joten hyödyntäminen alusta alkaen yleisenä ideoiden sparraajana, hakusanojen ideoijana sekä yleisesti ”tukiälynä” läpi tutkimuksen oli luontevaa. Koen että käytin sitä eettisesti mutta rohkeasti keskustellen, samalla kriittistä ajatteluani kehittäen. Tunnen tekoälyn ja sen käytön rajoja, jolloin sen hyödyntäminen oikein ja tehokkaasti, oli hyvin hallussa, joten osasin ottaa ideoita ja kehittää tekstiäni ja tekemistä vinkkien pohjalta, sen sijaan että olisin käyttänyt esimerkiksi GPT:n tekemää tekstiä työssäni. GPT:n hyödyntämisessä otin huomioon myös Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisemia ohjeet tekoälyn hyödyntämisen ohjeita. *(Tekoälyn käyttö oppimistehtävissä ja opinnäytetyössä, 2024)*

Viitteidenhallinta ohjelmana käytin Zoteroa, johon tutustuin heti kun sain tiedon mahdollisuudesta tehdä viitteet tutkimuksen viitteet ohjelman avulla tehokkaasti. Ohjelman avulla olenkin säästänyt aikaa useita tunteja kuukausien aikana ja pystynyt organisoimaan kaikki lähteeni yhteen paikkaan. Pientä sekavuutta oli aluksi sen hyödyntämisessä sillä se ei tukenut JAMK:n viittaustyyliä eikä koulun sisällä ollut muilla suurta kokemusta viitteidenhallintaohjelmista ennen minua. Lopulta sain luvan tehdä viittaukset APA 7th tyyllillä, jota ohjelma tukee. Ensimmäisen kerran tutustuin ohjelmaan Jyväskylän Yliopiston ohjeista koskien viitteidenhallintaohjelmien hyödyntämistä. *(Viitteidenhallintaohjelmat, 2024)*

### **Aineiston hallinta**

Tutkimuksen toteutuksen vaiheessa päätin tutustua laadullisen aineiston analysointiohjelmien käyttöön. Päätöksen tueksi tutustuin Ruusuvuoren & Nikanderin sekä Hyvärisen Haastattelun analyysi- kirjaan (2010), joka auttoi välttämään yleisimmät ohjelmien käytön virheet kuten aineiston ylikoodaamisen. Kirja tarjosi myös kattavan johdannon Straussilaiseen Grounded Theory (GT)-menetelmään, mikä auttoi ymmärtämään analyysiohjelmien toimintaperiaatteita. (Ruusuvuori ym., 2010, ss. 351, 395). Ohjelman hyödyntämisessä ajatuksena oli aineiston parempi hyödyntäminen, kun se on yhden ohjelman sisällä, jolloin muistiinpanojen ja huomioiden sekä asiayhteyksien luominen olisi tehokkaampaa ja selkeämpää.

Analysointiohjelmaksi valikoitui hyvin nopeasti em. kirjassa esille tuotu ATLAS.ti, päätöstä tukivat erinomaiset arvostelut ja edullinen opiskelijalisenssi. Ohjelmaan on lähiaikoina lisätty tekoälyominaisuus, joka mahdollistaa muun muassa automaattisen aineiston koodauksen tutkimuskysymyksiin ja tavoitteisiin pohjautuen. (Atlasti, 2024). Ohjelman käyttöönottoa tukivat kiinnostus aineiston tehokkaaseen käsittelyyn yhdessä mielenkiinto tutkia nykyaikaisia tapoja tehdä tutkimusaineiston analysointia. Hyödynsin ohjelmaa aineiston koodaamiseen, organisointiin sekä aineiston systemaattisen analysoinnin tekemiseen, automaattisen koodaamisen ominaisuutta hyödynsin vain kahden dokumentin koodauksessa johtuen AI-ohjelmaan teknisistä haasteista.

### Tietoperustan laadinta

Tietopohjan aineistossa pyrin hyödyntämään tehtyjen hankkeiden ja tutkimusten raportteja. Merkittävä hetki oli, kun ensimmäisten viikkojen aikana, kun sain tiedon ympäristöministeriön puurakentamisen kehitysohjelman hankkeista, valitsin relevantteja hankkeita, joiden raportteja lähdin analysoimaan. Aineiston analysointia varten etsin tekstianalysointiin tarkoitettua Voyant-Tools nimisen ohjelman/palvelun jota yhdessä Exceliä taulukoinnissa sekä GPT:tä synonyymien määrittämisessä hyödyntämällä sain analysoitua yli 30 dokumenttia samanaikaisesti ja etsittyä niistä relevanttia tietoa, milloin mistäkin osa-alueesta. Tämä vähensi tarvetta oikolukea kaikkea sekä lisäsi mahdollisuuksia löytää samaa tietoa useista lähteistä samanaikaisesti, joka lisäsi osaltaan tiedonetsinnän luotettavuutta. (le Roux, 2018; *Voyant Tools*, 2024)

Hakusanoissani toistui oletustikin puurakentaminen sekä osaaminen lähes aina. Pyrin myös etsimään tietoa myös dokumenteista löytämälläni yksityiskohdilla kuten toisia hankkeita, joissa aihe tani on mahdollisesti käsitelty. Päivinä, jolloin tein systemaattista hakua, oli yllättäen vain yhdeksän ja tehtyjä hakuja noin 50 kappaletta.

Tietopohjan aineiston valintakriteerit olivat julkaisijan luotettavuus ja tunnettuus. Muita valintakriteereitä ajantasaisuuden lisäksi oli aihe, jolloin valitsin ajantasaisia tutkimuksia, jotka tutkivat puurakentamisen hankkeissa tarvittavia tai vaadittavia osaamisia. Kriteerien mukaista aineistoa löysinkin jopa yllättävän hyvin loppujen lopuksi, kuten hakupäiväkirjastani voi huomata, ei ollut tarvetta tehdä montaa systemaattista hakupäivää, jotta relevanteimmat aineistot on löytynyt.

Aineiston relevanttisuutta olen pyrkinyt jatkuvasti analysoimaan tutkimalla, tuoko se esille tietoa, joka sisältää osaamistarpeita, joita teollisen puurakentamisen hankkeen jossakin vaiheessa voisi olla hyödyllistä hallita.

Yleisimpänä tietokantana hyödynsin google Scholaria koska koin sen relevantiksi etsiä suomalaisia tutkimuksia sopivan laajalta julkaisijaryhmältä. Olen myös yleisti hyödyntänyt Googlea mutta tekeillä spesifiä hakulauseita, jolloin olen saanut rajattua tehokkaasti hakutuloksia. Kansainvälisenä tietokantana käytin ScienceDirect tietokantaa, josta löysin tietoa muun muassa datan louhinnasta.

Suurin haaste tai aikaa vievä asiaa, jonka kohtasin tietoa etsiessä, oli aluksi tapani lukea tarpeettoman syvällisesti löytämiäni dokumentteja, jota sain parannettua silmäilytekniikan opettelulla. Vaikeuksia spesifistä tiedosta tuotti eniten tieto KeskiSuomen alueen toimijoista sekä tekoäly- ja datan käytön osaaminen, joiden parissa runsaasti aikaa löydettyäni relevantin tiedon.

Tutkimuksen alussa määrittelemäni 3 teemaa eivät tasapuolisesti onnistuneet johtuen ajan puutteesta ja priorisoinnista, jota tein tietopohjaa tehdessäni. Tietoa olisi tarvittu runsaasti enemmän tulevaisuudessa hyödynnettävistä tekniikoista sekä tekoälyn mahdollisuuksista rakennesuunnittelussa. Kyseisten aiheiden puutteet eivät vaikuta tutkimuksen tuloksiin merkittävästi niiden kanssa täysin tulevaisuutta eikä nykyhetkeä. Vaikuttavampia puutteita löytyy kaavoitus- ja valvontaosuamisen aiheista, joita käsitelin vain pintapuolisesti.

Koko tutkimuksen hyödynnettävyyden kannalta oleellinen osa puutuoteteollisuuden ja työtehoseuran tutkimusta oli jäänyt huomaamatta varsinaisen kirjoituksen aikana. Tämä pyrittiin korjaamaan lisäämällä ”Muut tärkeät osaamistarpeet” kappaleeseen pintapuolisesti tietoa selvityksessä ilmi tulleista osaamis- ja koulutustarpeista. Selvityksen informaation löytämisen vaikutuksia tutkimuksen hyödyllisyyteen arvioidaan tulosten kirjoituksen jälkeen yhteenvedon sekä pohdinnan yhteydessä.

### **8.3 Aineiston analyysi**

Kappaleessa käsitellään aineiston analysoinnin perusteet, eli määritellään esianalyysissä nousseiden aiheiden perusteella teemat, joiden pohjalta lopulliset tulokset syntyvät.

## Analyysin tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on kerätä aineistonkeruun menetelmät-kappaleessa kuvailtuja menetelmiä hyödyntäen laaja-alaisesti tietoa puurakentamisen hankkeissa tarvittavan osaamisen tasosta Keski-Suomen rakennusalan toimijoilla. Lisäksi tutkimuksessa selvitetään keinoja osaamisen ja muiden puurakentamisen osa-alueiden kehittämiseen. Tutkimuksen analyysivaiheessa luotiin oppinäytetyön tutkimuskysymyksiin pohjautuen seuraavat analysointikysymykset:

1. Mitkä ovat olleet puurakentamisen haasteet ja mitä ne ovat tänä päivänä?
2. Mitä osaamistarpeita teollisen puurakentamisen alalla havaitaan?
3. Mitkä ovat konkreettisia keinoja, joiden avulla teollista puurakentamista voidaan viedä eteenpäin?
  - a. Mitkä ovat haastateltavien näkemykset puurakentamisen mahdollisuuksista?
  - b. Mitä havaittavia ilmiöitä on havaittavissa puurakentamisen alalla?

Ensimmäiset kaksi kysymystä antavat tietoa tarvittavista osaamistarpeista sekä nostaa menneitä ja ajankohtaisia haasteita, joiden ratkaiseminen edistäisi teollista puurakentamista. Kolmas kysymys alakysymyksineen tuo esille havaittavia ilmiöitä ja konkreettisia toimija alan kehittämiseksi. Aineistosta rajataan ulkopuolelle organisaatiolliset sekä haastateltavien henkilökohtaiset saavutukset, lukuun ottamatta heidän osaamistaan. Analyysikysymysten määrittelystä huolimatta kaikkien tuloksia ei käsitellä tämän tutkimuksen tuloksissa, jotta voidaan keskittyä osaamis- sekä kehitystarpeiden tarkasteluun.

## Teemojen tunnistaminen

Tutkimuksessani tutkitaan osaamiseen liittyvien aiheiden lisäksi yhteistyön kokonaisuutta, joka on esianalyysin jälkeen noussut aineiston keskeiseksi teemaksi. Yhteistyö korostuessa rakennusalan hankkeissa kautta koko alan, sen eri ulottuvuuksia tutkimalla voidaan tehdä havaintoja alaa muokkaavista ja kehittävästä toimintamalleista. Nämä havainnot voivat puolestaan tuoda esille merkittäviä kehitysehdotuksia teollisen puurakentamisen edistämiseksi. Kolmantena merkittävänä, osamista käsiteltävänä teemana käsitellään alalla laajasti havaittuja haasteita ja niiden syitä ja seurauksia. Teemojen tunnistamisessa olen hyödyntänyt aineiston esianalyysiä sekä tutkimuksen aikana tehtyjä muistiinpanoja.

Haastattelukysymyksieni laajuuden vuoksi aineistosta on nostettavissa muutama osa, jotka vastaavat erityisesti tutkimus- ja analysointikysymyksiin. Tästä huolimatta kyseiset osa-alueet eivät rajoita aineiston analyysiä vain kyseisten kysymysten ympärille vaan aineistoa tarkastellaan kokonaisuutena, jolloin mahdollisesti ristiin menneet vastaukset eivät aiheuta sekaannusta.

Kvantitatiivisen aineiston vähyyden johdosta tutkimustulokset nojaavat yksinomaan laadullisen menetelmän aineistoon.

### **Rajoitukset ja eettisyys**

Kvantitatiivisen aineiston puuttuminen tutkimuksessani vaikuttaa merkittävästi tutkimuksen tietojen yleistettävyyteen koskemaan koko Keski-Suomen alueen toimijoiden näkökulmaa. Puute vaikuttaa myös tiedon syvyyteen ja laajuuteen, jättäen valtaosan toimijaryhmistä tarkemman tutkimustiedon keruun ulkopuolelle. Aineistoanalyysi on tästä johtuen tehty laadullisen tutkimuksen menetelmillä hyödyntäen menetelmäkappaleessa kerrottuja menetelmiä.

Eettisyys on keskeisessä roolissa tutkimuksen teon joka vaiheessa. Eettisyys on varmistettu lähettämällä haastateltaville ennen haastattelua asiakirja, jossa selitetään tietojen käsittelyn periaatteet, ja olen saanut heidän luvan haastatteluiden tallentamiseen analysointia varten. Haastattelut ovat anonymisoitu ennen aineiston analysointia. Tutkimustuloksien yleistettävyyttä heikentää tutkimuksen haastateltavien vähäinen määrä (kahdeksan haastateltavaa) sekä kvantitatiivisen aineiston puuttuminen. Nämä rajoitteet eivät ole olleet suunniteltuja vaan ovat seurausta tutkimustyön puutteellisesta resurssoinnista, ja ne on otettava huomioon tulosten jatkokäytössä.

Tutkimuksen kaikkia suurempia rajauspäätöksiä edeltävät pohdinnat sekä itse päätökset ovat dokumentoituina tutkimuspäiväkirjaan, jota on kirjoitettu aktiivisesti läpi tutkimuksen. Kirjasta on mahdollista tutkia tehtyjä päätöksiä päiväkohtaisten otsikoiden avulla, joka lisää ajallisesti tehtävää tutkimuksen seuranta ja analysointia myös tutkimuksen päättämisen jälkeen. Tutkimuspäiväkirjan pituudeksi tuli yhteensä 60 sivua sisältäen lähes 18 000 sanaa muistiinpanoja, alkaen vuoden 2023 joulukuun alusta.

Tutkimuksen tulosten rajoitteet muodostuvat koko toimialan toimintaketjun toimijoiden näkökulmien puutteesta. Kattavuutta ja puutteita havainnollistetaan tulokset-kappaleen ensimmäisessä



kappaleessa, jonka avulla lukija saa selkeän kuvan tutkimuksen kattavuudesta. Rajoitusten vuoksi tuloksissa ei voida vastata kysymyksiin Keski-Suomen alueella olevien yritysten näkemyksistä toimialan suurimmista puutteista, organisaatioiden osaamisesta eikä kokemuksistaan teollisen puurakentamisen hankkeista.

Tilanteessa, jossa tekisin tutkimuksen samankaltaisesta aiheesta, tärkeimmäksi asiakseni määrittäisin aktiivisen yhteistyön tekemisen toimialan toimijoiden kanssa. Yhteistyö mahdollistaisi aktiivisemmän sisällön kehittämisen sen perustuessa kirjallisten lähteiden lisäksi toimijoiden jakamiin kokemuksiin ja ehdotuksiin. Lisäksi yhteistyö mahdollistaisi paremmat mahdollisuudet määrittellä oikeat kysymykset sekä saada luotua kyselytutkimukseen suuremman otannan toimialan toimijoista. Parantamista tekisin myös kehittämällä omaa osaamistani tutkimuksen aikana käyttämiäni menetelmien optimaalisesta käytöstä tehostaakseni työskentelyä.

## 9 Tutkimuksen toteutus

Kappaleessa käyn läpi keskeisimmät vaiheet tutkimuksen käytännön toteutuksessa hyödyntämällä tutkimuspäiväkirjan muistiinpanoja tuoden ajatuksen, miten tutkimus toteutettiin.

Tutkimuksen toteutus aloitettiin keräämällä ensin alkuun sopivan kokoinen yrityslista Keski-Suomen alueen rakennusalan toimijayrityksistä kuten rakennusliikkeistä, arkkitehteistä yms. Kysely lähetettiin tarkistuskierrosten jälkeen Webropol-kyselynä saatekirjeen kanssa vastaanottajille maanantaina 11.3.2024. Ajatuksena oli priorisoida ajankäyttöä pitämällä haastatteluiden toteuttamista kyselytutkimuksen aineistoa täydentävänä tekijänä, joten haastattelukutsuja ei lähetetty samanaikaisesti kyselyn kanssa. Ensimmäisen haastattelun pidin tästä huolimatta 13.3.2024 jolloin sain hyvän pohjan seuraavia varten.

Seuraavat tiedot perustuvat tutkimuspäiväkirjaan tehtyjen kirjauksiin sekä lähetettyihin sähköposteihin. Maanantaina 25.3.2024 kyselyyn ei ollut tullut vielä ensimmäistäkään vastausta, joten lähetin sekä muistutusviestin, jossa annoin muutaman päivän aikaa vastata. Samalla lähetin muutamia haastattelupyyntöjä valitsemini yrityksiin. Vähäisen kyselyn vastausten vuoksi panostin seuraavat päivät saadakseni sovittua mahdollisimman paljon haastatteluita ja lopulta sain sovittua 7 haastattelua soittamalla tekemäni listan mukaan n35 yritykseen. Loput haastattelua tein seuraavan kahden viikon aikana.

Viimeisen haastattelun valmistuttua 9.4.2023, päätin aloittaa välittömästi aineiston analysoinnin. Haastatteluaineiston analysoinnin menetelmistä hankin tietoa kirjallisuudesta tutustumalla Ruusu-  
vuoden ym. kirjoittamaan Haastattelun Analyysi- kirjaan (2010) kirjasta sain hyviä oppeja, joiden avulla lähdin tekemään analyysiä vaiheittain lisää sen hyödyntämisestä voi lukea kappaleesta 8.2. (Ruusuvuori ym., 2010). Aineiston analysointi vaihe transkriptioiden korjauksen kanssa kesti yhteensä lähes 3 viikkoa alkuperäisen suunnitelman kahden viikon sijaan.

Analysointi sisälsi aineiston laajan koodauksen, koodausten jaottelun ja lopulta vielä kaikkien aineistojen tarkastuksen valittujen teemojen mukaan, täten varmistin, että kaikki kohdat, jotka voivat tukea lopullisia tuloksia, ovat koodattuina aineistosta jatkoanalysoinnin helpottamiseksi. Seuraavana tein alustavat johtopäätökset teemoista, joiden pohjalta tutkimuksen tulokset lopulta kirjoitetaan. Tämän vaiheen aikana tein karsintaa käsiteltävistä teemoista, joka tarkoittaa, että en analysoinut kaikkia analysointikysymyksiin vastaavia teemoja. Valinnan perusteena oli keskittyä etsimään osaamistarpeita, jotka vastaavat tutkimuskysymyksiin.

Aineiston analyysin sain kokonaisuudessaan valmiiksi torstaina 2.5.2024 jonka jälkeen seuraavat päivät olivat alustavien johtopäätösten perusteella tulosten ja muiden viimeistelevien kappaleiden kirjoittelua. 6.5.2024 aamuun mahtui vielä tulosten analysointiin ja pohdintaan vaikuttava käänne, kun löysin teollisen puurakentamisen eri toimialojen merkittävimpien toimijoiden osaamis- ja koulutustarpeita vuonna 2019 selvittäneen tutkineen selvityksen tulokset. Tulosten löytäminen oli aluksi sekoittavaa, mutta lopulta ne mahdollistivat hyvän vertailututkimuksen tämän tutkimuksen tuloksille.

## 10 Tulokset

Kappaleessa käsitellään aineiston ja tietoperustan perusteella tehdyt johtopäätökset läpi ensin syvällisesti kappaleittain ja lopuksi johtopäätökset havainnollistetaan taulukolla. Aluksi käydään läpi keskeisenä aiheena teollisen ajattelun kehittämistä keskeisimpien toimijoiden sekä yleisestä näkökulmasta.

### 10.1 Teollisen ajattelun kehittäminen

Tutkimuksessa nousi keskeiseksi haasteeksi hyödyntää teollisesti tekemisen hyviä puolia kuten tehtaiden olosuhteita ja puun työstettävyyden ominaisuuksia. Teollisen ajattelun kehittäminen läpi koko ketjun, alkaen suunnittelusta aina työmaan asennuksiin- on avainasemassa teollisen puurakentamisen kilpailukyvyn tehostamisessa.

#### Rakennesuunnittelu

Aineistossa nousi alan kehittämisen osatavoitteeksi kehittää rakennesuunnittelua nykyistä tarkemmaksi, kohti työpajatasoista suunnittelua. Aineistossa työpajatasoista suunnittelua kuvailtiin suunnittelulla, jossa lopputuloksen kaikki ratkaisut suunnitellaan valmiiksi, jolloin työmaalle jää tehtäväksi valmiiden tuoteosien asentaminen. Menetelmässä mallia otetaan muista tuoteosasuunnittelun menetelmiä hyödyntäviltä teollisuuden aloilta, osa tutkimuksen haastateltavista nostivatkin omakohtaisia positiivisia kokemuksia tämänkaltaisesta poikkitieteellisestä yhteistyöstä. Kehittämisen tarkoituksena on nostaa osaltaan elementtien valmistusastetta ja parantaa kokonaistehokkuutta sisällyttämällä suunnitelmiin kaikki tarvittava työstöt valmiiksi ja täten poistaa tarve tehdä työmaalla elementteihin työstöjä.

Menetelmän hyödyntäminen vaatii työmaan, suunnittelun sekä tuoteosatoimittajan välistä tuotekehitysyhteistyötä yhteisesti hyväksytyjen ratkaisuiden käyttämiseksi. Suunniteltavien ratkaisuiden on oltava sekä tehokkaita asentaa työmaalla, että kustannustehokasta työstää tai kasata tehtaalla, riippuen onko kyseessä CLT- vai tilaelementtitehdas. Tämän johdosta suunnittelijalta edellytetään syvällistä kykyä ymmärtää ja hyödyntää työmaan ja tehtaalla elementeille asettamia rajoituksia ja toiveita. Täten suunnittelijan on **osattava** tehdä perusteltuja kompromisseja. Edellä

mainitut osaamistarpeet ovat linjassa kappaleen 6.5 lähteenä olevassa tutkimuksessa, suunnittelijalta vaadittaessa tuntemusta työmaalla tehtävistä helpoista ratkaisuista. Seuraavaksi tarkastellaan aineistosta nousseita keinoja kompromissien välttämiseksi parantamalla tehtaiden teollista ajattelua.

## **Tehtaat**

Tarve tehtaiden kehittämisestä tuotiin haastatteluissa esille useaan otteeseen viittaamalla heidän nykyiseen ajatukseensa myynnin kohteesta. Haastatteluiden perusteella CLT elementtitehtaat pyrkivät myymään mahdollisimman paljon kuutioita, sen sijaan, että pyrkisivät myymään työstöjen tekemistä. Haastateltavien mukaan, työstöjä joudutaan tämän johdosta tekemään työmaallakin, joka heikentää työn laatua ja kokonaistehokkuutta verrattuna työstöjen tekemiseen kokonaan tehtaassa. Haasteen selättämiseksi ehdotettiin kustannusten läpinäkyvyyden lisäämistä tilaajalle sekä tehtaiden myynnin kohdetta muuttamalla myytyjen elementtikuutioiden määrä maksimaaliseen työstöjen tekemiseen.

Saavuttaakseen teollisen rakentamisen tehokkuuden, CLT-tehtaiden olisikin pystyttävä tehdä kaikki tarvittavat elementtien työstöt ja voitava tehdä tilaelementit valmiiksi asti tehtaalla. Rakennesuunnittelun menetelmien kehittämisen tavoin haastateltavat nostivat kehitysyhteistyöstä tuoteosateollisuuden kanssa kehittää tehtaiden tuotantolinjat siten että ne mahdollistaisivat loppuun tehdyn tuotteen valmistamisen riippumatta niihin tehtävistä ratkaisuista. Haastatteluista nousikin esille, että parantamalla tehtaiden prosesseja tuoteosatuotantoon, saataisiin teollisen puurakentamisesta kustannustehokkaampaa joka osaltaan lisäisi myyntiä, joka toisi yrityksille lisää kokemusta ja alalle lisää toimijoita. Lyhyenä johtopäätöksenä; tehtaat tarvitsevat prosessiosaamista sekä tuotesarakentamisen ja työpajatasoisen tuotannon tarvitsemää osaamista.

Mielenkiintoisia tietoja aiheesta haastatteluista nousi tehtaiden taustastoista, joiden mukaan CLT tehtaat olivat tehneet elementtejä pääasiassa tilauksesta, markkinoinnin ollessa vähäistä. Kirjotushetkellä tämä tilanne on selkeästi muuttunut, sillä hakukoneen hakutuloksista voidaan nopeasti löytää Suomalaisten tehtaiden ilmoituksia, joka osaltaan päivittää kyseisen ajatuksen. Tehtaiden tuotannon kehittymisestä on viitteitä ainakin CrossLam:n toimesta, yrityksen laajentaessa tuotantoaan vuonna 2023 yhdellä pohjoismaiden moderneimmista ja asiakaslähtöisimmistä CLT-

valmistuslinjastoista. Vaatisi tehtaan tarkempaa tarkastelua varmistaakseen vastaako se haastatetuissa tuotuihin tehdasprosessien puutteisiin. (Puuinfo, 2023c)

## Työmaa

Työmaan työntekijöiden näkökulmasta teollisen tuotannon ajattelun kehittäminen tuo heille tarpeen osata hyödyntää ja lukea tuoteosasuunnitelmia. Muutos vaatii myös ymmärryksen lisäämistä tuoteosarakentamisen hyödyistä verrattuna paikalla rakentamiseen. Osaltaan ajatustavan muuttaminen lisää työntekijöiden lisäksi työmaanjohton osaamisvaatimuksia muutosjohtamisesta, erityisesti tilanteessa, kun yritys vaihtaa rakennustapaansa paikalla rakentamisesta teolliseen rakentamiseen. Eräs haastateltava painotti, että prosessien kehitysprosessi on tehtävä oikeaoppisesti, jotta yritys välttää muutosprosessista johtuvan ylikuormittumisen. Haastateltava totesi myös muutosprosessien johtamisen **koulutuksille** olevan tarvetta, viitaten esimerkkitapauksiin yritysten epäonnistuneista muutosprosesseista lisätä teollista puurakentamista tarjontaansa nopealla aikataululla.

Ajattelutavan muutoksen lisäksi haastateltavat nostivat työmaalla tärkeäksi osaamiseksi myös logistiikkaosaaminen, kosteuden- ja olosuhdehallintaan sekä materiaalituntemukseen liittyvät osaamisvaatimukset. Haasteita tuotiin esille erityisesti massiivipuun oikeaoppisen kuivatuksen ja ehdotettiin laadukkaan tiedon ja konkreettisten menetelmien laajempaa jakamista myös työmaalle. Vuorostaan logistiikkaosaamista tarvitaan lisää työmaan työntekijöille oikeaoppisen kuljetuksen vastaanoton tekemiseksi sen tullessa entistä tarkemmin suunnitelluksi ja aikataulullisesti kriittisemmäksi osaksi työmaan onnistumista. Aikataululliset muutokset perustuvat pyrkimykseen saada hankkeet läpi perinteistä tapaa tiiviimmässä aikataulussa.

Hankkeiden kokonaisprosessien hallinnan osaamisen kurssitarjonta koettiin työmaaajohdon tarpeelliseksi osaamisen lisäämiseksi. Aiheeseen sisältyy myös tarve tuotantoketjujen syvälliselle mutta käytännönläheiselle ymmärtämiselle. Tarve korostuu tuoteosien tuotantoketjujen hallinnan ollessa merkittävä tekijä kustannustehokkaassa tuoteosarakentamisessa sekä työmaan logistiikan optimoinnissa.

## Yleisesti

Yleisellä tasolla teollisen tuotannon ajatustavan kehittäminen on vietävä haastateltavien mukaan läpi koko tuotantoketjun, jotta jokainen ymmärtää sen vaikutukset oman toiminnan näkökulmasta. Tämän varmistamiseksi olisi ajankohtaista tuoda kursseja, jotka käsittelevät tuoteosarakentamisen vaikutuksia eri toimijoiden työnkuvaan. Tietoperustassa tuoteosatoimittajien kanssa tehtävää yhteistyötä on tuotu esille hankintaosaamisen kappaleessa. Ks. kappale 6.4

Puutuoteteollisuuden samankaltaisen tutkimuksen tuloksissa on tuotu hyvin vahvasti esille tehtaiden lisääntyvä automaatiikka ja robotiikka sekä tehdastuotannon tulevan yhä lähemmäksi kokoonpanolinjaston kaltaista tuotantoa. Tämän tutkimuksen tuloksena vahvistetaan tehdastuotannon kehittämisen tarve, tuoden kumminkin tarpeen myös perusteelliselle ajatusmaailman muutokselle, jotta muutos on mahdollinen. Ristiriitaisuuksia aineiston tuloksien ja muiden tietoperustassa hyödynnettyjen tutkimusten tulosten kanssa ei löytynyt. Seuraavaksi siirrytään tarkastelemaan tietomalliosaamisen osuutta tuloksissa.

## 10.2 Tietomalliosaaminen

Sekä tietopohjassa (ks. kappale 6.2.2) että aineistossa tuodaan esille tietomalliosaamisen tarve hankkeen jokaisella osapuolella. Haastatteluissa tuotiin konkreettisia tietomallin jaon osaamisen tilanteita sekä tapoja hyödyntää tietomalleja, yksi tavoista lisää tiedon hyödyntämistä koko elinkaaren ajan, alkaen tiedon jakamisesta työmaan hyödynnettäväksi. Tietomallien hyödyntämisestä koko rakennuksen elinkaaren ajan on kirjoitettu tietopohjan elinkaariosaamisen kappaleessa. Elinkaarisuunnittelun haasteeksi ja **osaamistarpeiksi** tietopohjassa nostetaan tietomalleja hyödyntävien tarvitsevan osaamista ja tietämystä hankkeen eri vaiheissa tietomallille asetetuista vaatimuksista ja käytänteistä, toisin sanoen heidän on heillä on oltava tietomallin käytön osaamista tehdäkseen elinkaarioptimointiin tarvittavia analyysejä.

Haastateltavat, jotka ovat teollisessa puuomakotitalorakentamisessa, painottivat tarvetta tietomallintamisen lisäämiselle erityisesti LVIS ja kalustepuolen toimijoille. LVIS toimijoiden osalta tietomallien lisääminen parantaisi suunnitelmien tarkkuutta ja mahdollistaisi törmäystarkasteluiden tekemisen, kalustepuolelle tarvetta perustellaan aineistossa mahdollisuudella parantaa kalusteiden kuten vesipisteiden tarvitsemien työstöjen tekemistä tarkasti ja tehokkaasti suoraan elementtisuunnitelmiin.

Aineistossa tietomallintamisen osaamisen erityistilanteiksi nostettiin CLT-elementtien suunnittelu, kun tilataan tehtaalta, joka vaatii elementeistä valmiit työstösuunnitelmat. Tällöin suunnittelija tarvitsee tietomallintamisen osaamisen lisäksi erikoistumista puuelementtien suunnitteluun. Haastateltavien tiedon mukaan toinen CLT-elementtitehdas tarjoaa elementtisuunnittelua arkkitehtikuvien perusteella ja toinen vaatii valmiit työstösuunnitelmat.

Tietoperustassa nousi keskeisiksi tietomallintamisen aiheiksi sen osaamisen tarpeet sekä sen hyötyjen realisoinnin edellytykset. Keskeistä oli myös tietomallin hyödyntäminen elinkaarisuunnittelussa ja siihen liittyvä tietomallien käytön osaaminen. Hyötyjen realisointi vaatii hankeosapuolien välistä tietomalliyhteistyötä ja siihen sisältyviä osaamistarpeita kuten mallitiedon jakamisen osaamista sekä mallien käytön osaamista, jotta tietoja käyttö on oikeaoppista koko hankkeen ajan. Onnistunut yhteistyö edellyttää edellä mainittujen lisäksi yhteistyön **ohjausosaamista**, joten on syytä varmistaa esimerkiksi täydennyskoulutuksin, että edellä mainittuja osaamisia löytyy hankkeiden toimijoilta myös tietomallintamisen yleistyessä.

## **Koulutus**

Konkreettiseksi koulutuksen sisällöksi osoitettua tietoa tietomallintamiseen liittyen tietoperustassa tuotiin VTT:n tutkimuksen toimesta. Tarpeiksi nostettiin puuelementtien- ja moduulirakenteiden erityispiirteiden huomioimista tietomallintamisessa, kyseistä tarvetta tukee aineistossa noussut suunnittelijoiden erikoistumisen tarve puuelementtien suunnitteluun. Eräs suunnitteluun erikoistunut haastateltava nosti esille ajatuksen, että tarvitaanko 2D suunnitteluun panostaa koulutuksessa nykyistä määrää, kun hyvin tehdyistä tietomalleista voidaan saada tarvittavat työstökuvat ja muut suunnitelmat automaattisesti?

Tietomallintamisen tulevaisuuden kannalta oleellisia osaamistarpeita voidaan nostaa tietoperustasta erityisesti seuraavat kokonaisuudet; elinkaaren mittainen tietomallien hyödyntäminen, asiakaslähtöisyyden- sekä parametrin suunnittelun osaaminen. Näitä osaamisalueita kehittämällä voidaan parantaa kokonaisvaltaisesti rakentamista huomioimalla useampia näkökulmia tehokkaasti ja asiakaslähtöisesti.

Yhteenvedona voidaan todeta tietomallintamisen osaamisen osalta puurakentamisen järjestelmien erityispiirteiden sisällyttäminen koulukseen olevan perusteltua lähitulevaisuudessa esimerkiksi lisäkoulutuksen muodossa. Pidemmän aikavälin koulutukseen vuorostaan sisältyisi entistä enemmän asiakaslähtöisyyttä ja tiedon hyödyntämistä koko elinkaaren ajan sekä entistä tiiviimmin erilaisten ohjelmistojen hyödyntämisen osaamista.

#### **Mitä tarkempaa osaamista siihen liittyy?**

- Rakennesuunnittelu
- Elementtien suunnittelu
- Tuoteosasuunnittelu ja suunnitteluprosessien hallinta
- Tehtaiden rajoitusten tuntemus
- Tehokkaimpien asennustapojen tuntemus
- Rakennejärjestelmien tuntemus

#### **10.3 Rakennejärjestelmien tuntemus**

Rakennejärjestelmien ja niiden erityispiirteiden tuntemus on tutkimuksen mukaan yhteydessä laajasti kaikkien puurakentamisen hankkeen osaamistarpeisiin, joten tietämys eri järjestelmien vaikutuksista omaan työnkuvaan on panostettava kaikkien hankeosapuolien koulutuksissa. Aineistossa nousi erityisesti tilaajan tietämyksen rooli hankkeen alkuvaiheessa, jotta oikeat osapuolet osataan ottaa mukaan oikeaan aikaan. Muita tarkempia puurakenerakennejärjestelmiin liittyviä hankeosapuolille asetettuja puuosaamisen vaatimuksia on nostettu kappaleessa 3.2.

Aineiston analysoinnilla saatiin yhdistetty rakennejärjestelmien tuntemiseen alla olevan listan mukaisia osaamisia. Liittyvien osaamisten lisäämisellä vaikutetaan kokonaisuudessaan teollisen puurakentamisen alaan ja kilpailukykyä tuoviin asioihin kuten tapaan ajatella teollista rakentamista. Kehittämällä tekemisen prosessit niin tehtailla, suunnittelussa, työmaalla kuin myös tilaamisessa oikeanlaisiksi, voidaan teollisesta puurakentamisesta saada kaikki hyöty irti, kun ensin tunnetaan teollisen tuotannon hyödyt ja tavat, joilla ne hyödyt voidaan saavuttaa. Lisäksi eri tutkimuksissa painotettuihin osaamis- ja koulutustarpeisiin on vastattava laaja-alaisesti alan osaamisen varmistamiseksi. (ks. kappale 3.3)

1. Kaikkien osapuolten näkökulmasta tuoteosarakentamisen ajattelutavan ymmärtäminen.
2. Laaja-alaisesti suunnitteluosaaminen
3. Rakennejärjestelmien erityispiirteiden tunteminen ja niiden vaikutusten ymmärtäminen omaan työnkuvaan.



4. Äänitekniiikan lain-alaisuuksien tunteminen myös työmaalla.
5. Tietomalliosaaminen, joka mahdollistaa työstökuvien tekemisen suoraan suunnitelmista, jolloin saadaan tarkkuutta ja tehokkuutta suunnitteluun.
6. Yhteistyöosaaminen liittyen tuotekehityksen mahdollistamiseen, liitosratkaisuiden kehittäminen yhteistyössä työmaan ja suunnittelijan kanssa.
7. Kosteuden- ja olosuhdehallinnan aiheiden tunteminen sekä materiaalien ja menetelmien ominaisuuksien laaja tunteminen

#### Kehityksen kohteita

Haastatteluaineistosta nousi analysoinnin tuloksena runsaasti yksittäisiä kehitystarpeita, jotka voivat osaltaan kehittää teollista puurakentamista, kehitettäviä toimia on listattu lyhyine perusteluineen alla olevaan taulukkoon. Aiheet ovat linjassa puutuoteteollisuuden ja työtehoseuran tekemän tutkimuksen kanssa, esiin noustessa muun muassa ympäristö- ja kierrätyskysymykset, hybridirakentaminen, sekä äänitekniiikan koulutustarpeita. Haastatteluissa nousseita muita kehitystarpeita on sisällytetty kehitettäviin osaamisalueisiin.

Taulukko 5. Tutkimuksen aineistossa esille nousseita kehityksen kohteita.

Nro.	Kehityksen kohde	Selitys
1	Kiertotalousvaatimuksen mukainen logistiikka	Puun kierrättämiseksi kiertotalousvaatimusten mukaisesti on havaintojen mukaan puutteita joiden kehittämiseen on panostettava.
2	Koko puutuotealan toimijoiden laajuinen yhteistyö	Yhteistä tuotekehitystä yritysten sekä yhdistysten kesken, hirsiteollisuudesta esimerkiksi. Hankkeiden avulla kokemusta uusille toimijoille ja kokokenemiltä lisää tuotekehitystä ja
3	Äänitekniiikan lain-alaisuuksien tuntemus pientalorakentajille	Äänitekniikan suunnittelun puuttuessa pientaloista, pientalorakentajien siirtyessä isompiin kohteisiin voi äänitekniikan yksityiskohtien kanssa esiintyä odottamattomia haasteita
4	Uusien toimijoiden palotekninen ymmärrys	Palotekniikan tiedon käsittelyn ja toimeenpanon tehostamiseksi lisäämällä tarvittavaa tietämystä uusien toimijoiden saataville.
5	Yhteinen kokeilujen ratkaisuiden tietopankki	Yleispiirteisten toimintavarmiksi ja toimimattomien ratkaisuiden julkaiseminen yhteiseen tietokantaan koettiin kehitettävän alan kehitystä
6	Poikkiteollinen yhteistyö ja tuotekehitys	Kehitystyö muiden teollista toimintaa harjoittavien toimijoiden kuten konepaja-yritysten kanssa voisi auttaa kehittämään teollista puurakentamista kohti teollista tuotantoa
7	Hybridirakentamisen osaaminen	Hybridirakentamisen lisäämisellä voitaisiin puun käyttöä lisätä yhdessä muiden materiaalien kanssa. Hybridirakentamisen koulutuksen katsottiin haastatteluiden perusteella tarvitsevan

## 10.4 Yhteenveto

Tutkimuskysymykset ja tutkimuksen tuomia vastauksia:

1. Mitä teollisen puurakentamisen hankkeiden tarvitsemaa osaamista keskisuomen toimijoilla on?
  - 1.1. Mitkä ovat osa-alueet, jotka vaativat erityisesti kehittämistä?
2. Mitä keskeistä nykyhetken ja tulevaisuuden teknistä osaamista alueen toimijoilla on?

Tutkimuskysymyksistä ensimmäiseen ja toiseen, Keski-Suomen toimijoiden teollisen puurakentamisen hankkeissa tarvittavan osaamisen tasoa tutkivaan kysymyksiin vastaaminen tavoitteiden mukaisesti ei tämän tutkimuksen tuloksien perusteella ole mahdollista. Tästä huolimatta, voidaan todentaa alueella olevan toimijoita, joilla on kokemusta teollisesta pientalo- ja puukerrostaloteollisuudesta ja yleisesti tutkittavasta toimialasta. Alueella on myös toimijoita, joita ei tämän tutkimuksen puitteissa ollut mahdollista haastatella. Tämä johtui menossa olevien hankkeiden tuomasta kiireellisyydestä. Voidaankin olettaa alueella toimialan olevan houkutteleva ja osaamistason olevan tasolla, joka tuottaa kilpailukykyisiä rakennuksia.

Yhteenvetona tuloksista voidaan tästä huolimatta nostaa alla olevan taulukon mukaisia painotettuja osaamis- ja koulutustarpeita. Taulukosta nousee esille erityisesti suunnittelijalle suunnatut lisäkurssitarpeet palo- ja elinkaariosaamisen aiheista, johtuen erityisesti uusilla toimijoilla havaituista haasteista paloteknisten yksityiskohtien ymmärtämisessä ja täytöntöönpanossa. Vuorostaan elinkaariosaamisen panostaminen johtuu suunnittelijoiden kasvavasta tarpeesta ymmärtää ratkaisuiden vaikutusta koko elinkaaren aikana.

Merkittäviä tuloksia ovat osaamistarpeet, joiden tarve on osoitettu läpi koko ketjun, ne kertovat vahvasti alalla vallitsevasta tarpeesta siirtyä kohti teollisen rakentamisen menetelmiä ja ajattelutapoja, jotka eroavat merkittävästi perinteisen paikalla rakentamisen menetelmistä. Tuloksissa tuotiin esille myös vahva tarve logistiikka- ja prosessinjohto-osaamiselle, joiden tarve korostuu tehtaiden automatisoituessa ja hallittavien prosessien lisääntyessä. Työmaalla vuorostaan korostuvat kosteuden- ja olosuhdehallintaan liittyvät osaamiset yhdessä työpajatasoisten suunnitelmien ymmärryksen ja niiden mukaisen toteutuksen osaamisen kanssa. On myös huomattavaa tarkastella kaikkia niitä osaamistarpeita, joiden koulutusta on tutkimuksen perusteella tarpeellista lisätä.

Loppujen lopuksi työn tulokset ovat myös linjassa kappaleissa 6.1 ja 6.5 lähteenä käytetyssä tutkimuksessa tuotujen osaamis- ja koulutustarpeiden kanssa. Tämä mahdollistaa tutkimuksen tulosten tarkastelun ja vertailun laajempaan samankaltaiseen tutkimukseen. Tutkimuksen johtopäätöksenä teollisen puurakentamisen toimijat tarvitsevan erityisesti tietoa ja koulutusta tietomallimisen aiheiden lisäksi tuoteosarakentamisen vaikutuksista verrattuna paikalla rakentamiseen.

Taulukko 6. Tutkimuksessa keskeisiksi nousseet toimijakohtaiset osaamistarpeet

Nro.	Osaamisalue/toimija	Rakennesuunnittelija	Arkkitehti	Tilaaaja	Tuoteosatoimittaja	Työmaahenkilöstö	LVI-suunnittelija	Valvontaviranomainen	Kalustevalmistaja	Urakoitsija
1	Tietomallinosaaminen	+	+	+	+	X	+	X	X	X
2	Teollisen tuotantomenetelmien periaatteet	+	X	X	X	+	X	X	X	X
3	Materiaalituntemus	X	X	X	X	X				X
4	Rakennejärjestelmien erityispiireet	X	X	X	X	X	X	X		X
5	Logistiikkaosaaminen	X	X		X	+				X
6	Tuoteosa-ajattelu	+	X	+	+	+	X	X	X	X
7	Tuoteosarakentamisen vaikutusten tunteminen	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	Kosteudenhallinnan prosessien osaaminen	X			X	X		X		X
9	Prosessien hallinnan osaaminen	X		X	X	X				+
10	Asiakaslähtöisyyden osaaminen	X	X	X	X	X			X	X
11	Palotekninen ymmärrys	→	X				X			+
12	Yhteistyöosaaminen	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	Tuotekehitysoosaaminen	+			+	+			+	X
14	Elinkaariosaaminen	→		X	X	X				X
15	Kiertotalousosaaminen			X	X	X				→

• Taulukon merkkien selitykset:

- "+" Merkki tarkoittaa lisäkoulutuksen tarvetta
- X Tarkoittaa yleistä osaamistarvetta
- →Tarkoittaa spesifin kurssin tarvetta
- Punainen: Erityisen tarpeelliseksi koettu
- Vihreä: Yleisesti tarpeelliseksi koettu

## 11 Pohdinta

### Alkuperäiset tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteita oli tutkia Keski-Suomen toimijoiden teollisen puurakentamisen osaamisen tilannetta sekä kerätä tietoa kehitettävistä teollisen puurakentamisen osa-alueista. Pää tavoitteen ollessa tutkia osaamistarpeita, joillain tulosten perusteella olisi mahdollista suunnitella tulevaisuuden alueen koulutustarjontaa. Tietoperustan tavoitteeksi vuorostaan asetettiin kerätä laajasti tuoretta tietoa teollisen puurakentamisen osaamistarpeista sekä alan ilmiöistä tutkimalla laajasti tutkimusraportteja.

Lopputulokselle asetettiin tavoitteeksi tuoda selkeästi esille alan kehittämiseen vaadittavia konkreettisia toimenpiteitä. Toimenpiteet voisivat olla lisäkurseja tai muita konkreettisia osaamista edistäviä toimia. Lisäksi tulosten hyödynnettävyydelle asetettiin tavoitteeksi, että alan yritykset sekä koulutuksen tarjoajat voisivat niiden perusteella tarkastella nykyistä sekä tulevaisuuden koulutustarjontaansa.

### Tulokset ja niiden hyödyntäminen

Tutkimukset tuloksien hyödynnettävyys ja sisältö voidaan kiteyttää lyhyesti; tuloksena saatiin muiden, laajempien tutkimuksien tuloksia tukevaa tietoa teollisen puurakentamisen selkeimmistä kehityssuunnista Keski-Suomen toimijoiden näkökulmasta. Tuloksia voidaan hyödyntää osana suurempaa kehityskokonaisuutta, jossa yritykset, koulutuslaitokset tai muut puutuotealan toimijat tai organisaatiot suunnittelevat koulutuksiaan tai etsivät kehitysideoita esimerkiksi toimintansa kehittämiseen. Työn tuloksena syntyi myös lähdeluettelo teollisen puurakentamisen toimialojen osaamista kartoittaviin tutkimuksiin, hankkeisiin sekä selvityksiin viimeisen 15 vuoden ajalta, valtaosan ollessa tehty vuosina 2017–2023. Tulokset ovat yleisiä eivätkä täten sisällä tarkkaa tietoa esimerkiksi mitä kosteudenhallinnan sisältävää osaamista erityisesti pitäisi kehittää.

### Onnistumiset

Käyttämäni säännöllinen menetelmä, jota onnistuin hyödyntämään, oli viikoittaiset 15–45 minuutin palaverit ohjaajan kanssa. Palaverit mahdollistivat viikoittaisen tilannekatsauksen tutkimuksen tilanteesta sekä mahdollisuuden miettiä tavoitteet seuraavalle viikolle. Onnistumisena pidän tapaa, jolla pystyin tutkimuksen edetessä hyödyntämään kielimalleja kuten OpenAI:n GPT kielimallia, tilanteissa, joissa halusin purkaa kohtaamiani haasteita kirjoittamalla. Lisäksi onnistunut ohjelman hyödyntäminen oli aineiston dokumentoinnissa ja viitteiden hallinnassa Zoteron käyttö, jolloin viitteet olen saanut helposti ja nopeasti läpi tutkimuksen.

Oman kehitykseni kannalta onnistui tutkimuksen vaikeuksista huolimatta vaatimaan itseäni tekemään aktiivisesti töitä, jotta saisin työn valmiiksi ajoissa. Pääsin tutustumaan menetelmäkirjallisuuden saaden niistä merkittäviä vinkkejä, kun niitä tarvitsin, lisäten intoa myöhemminkin lukea yhä enemmän kirjoja. Tutkimuksessa onnistuin laajentamaan myös merkittävästi tietämystäni teollisesta puurakentamisesta, jolla sain ainakin yhden uuden suuntausmahdollisuuden tulevaisuuden työelämässä.

### **Kehityskohdat työn teossa**

Parantamisen varaa työskentelyssäni on runsaasti, yhden ollessa säännöllisten tekstinkorjauksen puute. Tämä näkyi tutkimuksen viimeisen viikon työmäärässä ja siinä ettei tietoperustan rakenteesta tullut paras mahdollinen. Tutkimuksessa ei toisin sanoen onnistuttu tekemään vaadittavaa säännöllistä tehdyn työn tarkastusta. Tämä voitaisiin korjata seuraavassa tutkimuksessa 2–3 viikon välein tehtävällä tarkastuksella ja virheiden havaitsemisella.

Tutkimuksen kyselytutkimuksen kohderyhmään yhteyden saaminen ja heiltä vastauksien saaminen on tutkimuksen suurin yksittäinen asia, jossa en onnistunut, sen vaikuttaessa myös suuresti saatuihin tuloksiin. Tutkimuksen aineiston analysointivaiheessa oli myös heikompia suorituksia muun muassa aineiston luokittelussa hyödynnettävien koodien tekemisessä perustelemalla jokaisen koodin käyttö perustuen omaan käsitykseen. Itsenäisesti koodien määrittelyn sijaan ensimmäisen aineiston koodasin puolivahingossa hyödyntämällä automaattista koodausta. Tämän virhearvion johdosta en onnistunut täysin oppimaan hyvien koodien tekemistä tämän tutkimuksen aikana.

### **Menetelmiin, käyttökelpoisuuteen ja prosessiin liittyvät rajoitukset.**

Tutkimuksen sisältämistä rajoitteista suurin osa keskittyy tulosten käyttökelpoisuuteen sekä kaikkiin prosesseihin, joita tutkimuksen aikana on hyödynnetty. Tulosten käytettävyyttä rajoittaa tutkimuksen aiheen laajuus verrattuna tutkimuksen aineiston määrään, joka koostuu kahdeksasta haastattelusta ja toimialan keskeisiä toimijoita on reilu kymmenen. Tästä johtuen teollisen puurakentamisen toimialoilla olevien osaamistarpeiden kartoittaminen kahdeksan haastattelun perusteella on hyvin rajoitettua. Menetelmiin ja prosessien rajoitukset liittyvät ohjelmien käyttöprosessien tuntemattomuuteen, jolloin niiden käyttö ei ollut lopputuloksen kannalta optimaalista.

Tulosten vertaileminen muiden vastaavanlaisten tutkimusten kanssa tuo selkeästi esille, että kokonaisen toimialan osaamistarpeiden tutkiminen opinnäytetyön laajuisessa tutkimuksessa ei ole relevanttia. Lähimpinä samaa aihetta olevat tutkimukset ja selvitykset ovat vuonna 2011 tehty kansallinen puurakentamisen osaaminen ja osaajat-kartoitus sekä vuonna 2019 valmistunut Puutuoteteollisuuden ja työtehoseura ry:n tekemät laajat selvitykset toimialojen ja eri toimijoiden osaamis- ja koulutustarpeista. Opinnäytetyön ollessa yhden henkilön tuottama muun koulun kursitoiminnan kanssa samaan aikaan tehty tutkimus, ovat resurssit olleen huomattavasti erilaiset. Edellä mainittuun puutuoteteollisuuden ym. tekemän selvityksen tuloksiin vuorostaan vaikuttaa tutkimukseen vastanneiden yritysten painotuksen ollessa suurissa- ja keskiuurissa yrityksissä. Tämän tutkimuksen painottuessa pienempiin yrityksiin. (Puutuoteteollisuus & Työtehoseura, 2019, s. 20)

Muita tämän tutkimuksen tuloksiin vaikuttavia tekijöitä ovat liian pieni kyselytutkimuksen otanta (103 vastaanottajaa), kun tarkoituksenmukaista olisi ollut saada ainakin 60–80 vastausta kattavaan kohtuullisen määrän jokaisen roolin edustajia. Kriittisesti ajateltuna vaikuttavana tekijänä oli kyselytutkimuksen kysymysten liian suuri määrä, kysymyksiä ollessa 13 joista 7 oli avoimesti vastattavia kysymyksiä ja yksi suhteellisen pitkä monivalintakysymys. Myös tutkimuksen tietoperustan ollessa hyvin yleispiirteinen rakennusalan tehtäviä tutkiva, ei sen sisältämä tieto pystynyt tarkasti määrittelemään mitä osaamista teollinen puurakentaminen sisältää. Oletuksena on, että paikkansa pitävien osaamistarpeiden kuten moniosaisuuden koulutuksen lisäämisen tarpeen mää-

rittämiseksi tarvitaan runsaasti tietoa eri työtehtävien vaikutuksista toisiinsa sekä yksittäisten toimijoiden työtehtävistä toimialan sisällä, sellaisen ollessa todennäköisesti mahdollista suurempien tutkimushankkeiden resursseilla.

### Jatkotutkimusaiheita

Jatkotutkimuksena hyödyllinen aihe voisi olla tehdä selvitys Keski-Suomen alueen yrityksiä osaa-misen tilanteesta. Tutkimuksen tekemisessä olisi tämän tutkimuksen puutteiden perusteella tehtävä yleisempää kartoitusta, olettamalla että alueen **useimmilla** toimijoilla ei ole kokemusta **teolli-sen** puurakentamisen hankkeista, jolloin spesifejä puurakentamisen osaamista on vähän tai ei ollenkaan. Tämä mahdollistaisi tutkimuksen kohdistamisen myös niille potentiaalisille osapuolille, joilla ei vielä kokemusta ole. Näkökulma olisi erilainen sillä tämän tutkimuksen tilanteessa kysely-tutkimuksen kysymykset vaativat vastataksaan jo aiempaa kokemusta teollisen puurakentamisen hankkeista tai vähintäänkin hyvää perehtymistä toimialaan

Tutkimuksen alkuvaiheilla heräsi kysymyksiä liittyen Keski-Suomen rakennusalaan, ensimmäisen ollessa ”Minkälaisista yrityksistä ja toimijoista keski-suomen rakennusala koostuu?” Toinen kysy-mys koskee alueellista potentiaalia teollisen puurakentamisen kehittymiselle ” Mitkä ovat Keski-Suomen edellytykset teollisen puurakentamisen laajemmalle kehittymiselle niin, että alueelle syn-tyisi paikallisia aktiivisia toimijoita? Onko alueella tarpeeksi tarvetta rakentaa esimerkiksi seuraav-an 10 vuoden aikana, jotta kehitys olisi mahdollista? Missä ja minkä perusteella?” Nämä kysymyk-set tarkastelevat kriittisesti alueellisen kasvumahdollisuuksien lähitulevaisuutta.

Kolmas lisätutkimuksen liittyy 2D suunnittelun merkitykseen nykypäivän suunnittelussa sekä sen opetuksen tarpeeseen. Aiheen tutkimuksen alustavat tutkimuskysymykset voisivat olla; ” Mikä on 2D suunnittelun merkitys nykypäivän rakennesuunnittelussa, ja mitkä ovat välttämättömät ja vä-hemmän välttämättömät osaamistarpeet?” Aiheen avulla voitaisiin mahdollisesti saada tietoa mahdollisuuksista lisätä muiden suunnittelumenetelmien kuten tietomallisuunnittelun koulutusta.

Tutkimuksen alusta alkaen ja teemojen sisältöä miettiessäni kiinnostukseni teknologian hyödyntä-miseen ja hyödyntämisen tutkimiseen on ollut korkealla tasolla. Aiheita, joita en käsitellyt mutta joissa olisi teknologisen ja koneavusteisten työkalujen kehityksen johdosta tutkimuspotentiaalia.

Potentiaalit liittyvät analysointityökalujen hyödyntämisen osaamisen tutkimiseen sekä koneoppimista hyödyntävän suunnittelun mahdollisuuksiin. Tutkittavaa voisi olla myös mahdollisten lieveilmiöiden kuten suunnittelun perustaitojen ja taustateorioiden syvällisen ymmärtämisen heikkeneminen. Aiheen tutkiminen voisi tuoda menetelmiä, joilla estetään lieveilmiöiden syntyminen, mikäli niitä havaitaan ja ne koetaan haitallisiksi.

Tietoperustan etsinnän vaiheessa tuli vastaan tietomallintamisen ja lohkoketjuteknologian yhdistävä aihe, jonka mahdollisuuksien tutkiminen voisi olla mielenkiintoinen tutkimusaihe. Nopean tutkimustyön tuloksena kyseisen teknologian hyödyntämistä on tutkittu jo logistiikan näkökulmasta vuonna 2023 tehdyssä opinnäytetyössä. (Granvik, 2023). Muita havaitsemiani tutkimusaiheita löytyy runsaasti tekoälyn hyödyntämisestä muun muassa rakennusalan raportoinnissa. Myös tietomallintamisen vielä hyödyntämättömiin ominaisuuksiin liittyvistä aiheista voisi saada useita tutkimusaiheita. Mahdollisuuksien tiedostamisella niistä voitaisiin hyödyntää kaikki hyödyntämisen arvoiset.



## Lähteet

- Analyysi: Puurakentaminen on liian kallista, siksi sen edistämässä siirryttiin pakeroon.* (2021, maaliskuuta 25). Rakennuslehti. <https://www.rakennuslehti.fi/2021/03/analyysi-puurakentamista-on-edistetty-yli-25-vuotta-mutta-vasta-pakko-tuotti-tulosta/>
- Arokoski, J. (2020). *Algoritmissuunnittelun opetuksen kehittäminen.* <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/123277>
- Atlasti. (2024). *ATLAS.ti | The #1 Software for Qualitative Data Analysis.* ATLAS.Ti. <https://atlasti.com>
- Autodesk. (2021). *Dynamo Studio | Computational BIM Design Software | Autodesk.* <https://www.autodesk.com/products/dynamo-studio/overview>
- Avoin tiede:tiedonlouhinta – Tieteen termipankki.* (2021). [https://tieteentermipankki.fi/wiki/Avoin\\_tiede:tiedonlouhinta](https://tieteentermipankki.fi/wiki/Avoin_tiede:tiedonlouhinta)
- Bionova Oy. (2017). *Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioinnoksi-rakentamisen-ohjauksessa.* [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioinnoksi-rakentamisen-ohjauksessa-%7B4B3172BC\\_4F20\\_43AB\\_AA62\\_A09DA890AE6D%7D-129197.pdf/f339dfd3-aa84-fb03-29aa-f6377253ce68/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioinnoksi-rakentamisen-ohjauksessa-%7B4B3172BC\\_4F20\\_43AB\\_AA62\\_A09DA890AE6D%7D-129197.pdf?t=1603260765618](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioinnoksi-rakentamisen-ohjauksessa-%7B4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D%7D-129197.pdf/f339dfd3-aa84-fb03-29aa-f6377253ce68/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioinnoksi-rakentamisen-ohjauksessa-%7B4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D%7D-129197.pdf?t=1603260765618)
- FISE. (2024). *FISE - Certification Service.* <https://patevyysspalvelu.fi/registry>
- Granvik, R. (2023). *Granvik\_Riina.pdf.* [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/802176/Granvik\\_Riina.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/802176/Granvik_Riina.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

- Heino, P. (2011). *Puurakentamisen osaaminen ja osajat Kansallinen kartoitus*.  
[https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/10090/urn\\_isbn\\_978-952-61-0432-4.pdf?sequence=1](https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/10090/urn_isbn_978-952-61-0432-4.pdf?sequence=1)
- JVR-Rakenne Oy. (2023, elokuuta 21). *Kalon-kortteli*. JVR. <https://www.jvr.fi/kuokkalan-kalon/>
- Kinnunen, E. (2021, toukokuuta 5). *Hiilipiikkiä tulee leikata hallitusti*. Rakennuslehti.  
<https://www.rakennuslehti.fi/2021/05/hiilipiikkia-tulee-leikata-hallitusti/>
- Knapton-Vierlich, K., & Balasinska, J. (ei pvm.). *Sisämarkkinoiden, teollisuuden, yrittäjyyden ja pk-yritystoiminnan pääosasto Linja DDG2.G – Julkiset hankinnat Yksikkö G.1 – Julkisten hankintojen strategia Euroopan komissio B–1049 Bryssel*.
- Knapton-Vierlich, K., & Balasinska, J. (2020). *Sisämarkkinoiden, teollisuuden, yrittäjyyden ja pk-yritystoiminnan pääosasto Linja DDG2.G – Julkiset hankinnat Yksikkö G.1 – Julkisten hankintojen strategia Euroopan komissio B–1049 Bryssel*. [https://commission.europa.eu/document/download/b75530a6-9f46-47eb-8971-ded0dc77d1b6\\_fi?filename=procurcompeu\\_ecf\\_for\\_pp\\_fi.pdf](https://commission.europa.eu/document/download/b75530a6-9f46-47eb-8971-ded0dc77d1b6_fi?filename=procurcompeu_ecf_for_pp_fi.pdf)
- Kokonaisvastuu-urakka | TEPA-termipankki (erikoisalojen sanasto- ja sanakirjakokoelma)*. (1991).  
<https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/kokonaisvastuu-urakka>
- Koskinen, S., Turunen, A., Neittamo, I., & Ylinen, S. (2022, lokakuuta 28). *Puun käyttö julkisessa rakentamisessa: Hankintaopas* [Sarjajulkaisu]. fi=Ympäristöministeriö | sv=Miljöministeriet | en=Ministry of the Environment | . <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164407>
- Koste, O.-W., Neuvonen, A., & Perälä, E. (2023a). *Puurakentamisen tulevaisuus loppuraportti*.  
[https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/ab767032-1b60-4f24-be97-3bfe1b8c7f56/RAPORTTI\\_20230308111645.pdf](https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/ab767032-1b60-4f24-be97-3bfe1b8c7f56/RAPORTTI_20230308111645.pdf)
- Koste, O.-W., Neuvonen, A., & Perälä, E. (2023b). *Puurakentamisen tulevaisuus loppuraportti.pdf*.

- Lahtela, T., Kylliäinen, K., Lietzén, J., Kovalainen, V., & Talus, L. (2021). Ääneneristys puutalossa. *Puuinfo*. <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/aaneneristys-puutalossa/>
- Lalla, A. (2017). *Kantavien rakenteiden parametrinen suunnittelu ja mallintaminen*. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/25504/Lalla.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- le Roux, S. (2018). *Puurakentamisen ohjelma 2016—2023*. 146. [https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/64641529-404d-4c17-8a6f-cd368b310f2f/RAPORTTI\\_20231126095839.pdf](https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/64641529-404d-4c17-8a6f-cd368b310f2f/RAPORTTI_20231126095839.pdf)
- Leveälähti, S., Nieminen, J., Nyssölä, K., Suominen, V., & Kotipelto, S. (2019). *Alakohtaiset tulevaisuuden osaamistarpeet ja koulutuksen kehittämishaasteet – Osaamisen ennakointifoorumin ennakointituloksia*. 211.
- Liimatainen, K., Pirinen, J., Huhtanen, T., Tervo, A., & Lehtoviita, T. (2022). *Opas-puukerrostalon tilaamisen-kehittämiseen.pdf*. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-827-418-9>. <https://www.lahti.fi/tiedostot/opas-puukerrostalon-tilaamisen-kehittämiseen/>
- Lylykangas, K., Lahti, P., & Vainio, T. (2013). *Ilmastotavoitteita toteuttava asemakaavoitus*.
- Lämsä, M. (2023). *PUURAKENTAMISEN VALVONTA*.
- Mikkola, M. (2022). *Puurakentamisen oppikirjat*. Puutuoteteollisuus. [https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/e2955053-2cad-4f7a-8cdd-669d1558094a/RAPORTTI\\_20230301113931.pdf](https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/e2955053-2cad-4f7a-8cdd-669d1558094a/RAPORTTI_20230301113931.pdf)
- Mäkeläinen, T., Vainio-Kaila, T., Lavikka, R., & Rönty, J. (2021). *Tiekartta kohti tietomallinnettua puurakentamista*. [https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/43960519/PuuBIM\\_reportti\\_16\\_02\\_2021.pdf](https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/43960519/PuuBIM_reportti_16_02_2021.pdf)
- Nieminen, S. (2016). *Hyvä hankinta—Parempi bisnes*. [https://bisneskirjasto-almatalent.fi.ezproxy.jamk.fi:2443/teos/FAGBHXCTEB#/kohta:1\(\(20\)Hankintojen\(\(20\)rooli\(\(20\)liiketoiminnassa\(\(20\):\(1.2\(\(20\)Mit\(\(e4\)\(\(20\)on\(\(20\)hankinta?\(\(20\)/piste:b165](https://bisneskirjasto-almatalent.fi.ezproxy.jamk.fi:2443/teos/FAGBHXCTEB#/kohta:1((20)Hankintojen((20)rooli((20)liiketoiminnassa((20):(1.2((20)Mit((e4)((20)on((20)hankinta?((20)/piste:b165)

- Norvasuo, M. (ei pvm.). *Puurakentamisen edistämisen keinot – opas kaupungeille Haastattelujen analyysi.*
- Nurminen, R., & Tissari, J. (2021). *Lähiökerrostalon julkisivukorjaus ja lisäkerrosten toteuttaminen Karviaistie 12.*
- Nöyrä puu: Puurakentamisen peruskirja. (2021). Demos Helsinki. <https://demoshelsinki.fi/fi/julkaisut/noyra-puu-puurakentamisen-peruskirja/>
- Pasanen, P. (2020). *Elinkaarilaskenta osana palvelutilaverkkotarkastelua.* [https://energiavii-  
saat.fi/wp-content/uploads/2020/11/HELSINKI-Palvelutilaverkkojen-elinkaarilaskenta-02-  
Menetelma-ja-ohje-laskijalle.pdf](https://energiavii-<br/>saat.fi/wp-content/uploads/2020/11/HELSINKI-Palvelutilaverkkojen-elinkaarilaskenta-02-<br/>Menetelma-ja-ohje-laskijalle.pdf)
- Prabhu, S., & Venkatesan, N. (2006). *Data Mining and Warehousing.* New Age International Ltd.  
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/jypoly-ebooks/detail.action?docID=358037>
- Puuinfo. (ei pvm.). *ePuu.* Noudettu 31. maaliskuuta 2024, osoitteesta <https://epuu.fi/puunkayton-mahdollisuus>
- Puuinfo. (2018). Puukuokka-kerrostalokortteli. *Puuinfo.* <https://puuinfo.fi/arkkitehtuuri/asuinkerrostalot/puukuokka-kerrostalokortteli/>
- Puuinfo. (2020a). Puurakenteiden suunnittelijoiden pätevyysvaatimukset. *Puuinfo.* <https://puuinfo.fi/koulutus/oppimateriaalit/puurakenteiden-suunnittelijoiden-patevyysvaatimukset/>
- Puuinfo. (2020b). *RunkoPES 2.0.* Puuinfo. <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/runkopes-2-0/>
- Puuinfo. (2021). Palomääräysten muutokset vuoden 2021 alusta. *Puuinfo.* <https://puuinfo.fi/suunnittelu/maaraykset/palomaaraysten-muutokset-vuoden-2021-alusta/>
- Puuinfo. (2022a). Osaamisen varmistaminen ja hankeosapuolten valinta. *Puuinfo.* <https://puuinfo.fi/rakennuttaminen/hankinnan-valmistelu/rakennuttajakonsultin-ja-suunnittelijoiden-kilpailutus-ja-valinta/>

- Puuinfo. (2022b). Puurakentamisen keskeiset erot muuhun rakentamiseen verrattuna. *Puuinfo*.  
<https://puuinfo.fi/rakennuttaminen/puurakentamisen-keskeiset-erot-muuhun-rakentamiseen-verrattuna/>
- Puuinfo. (2023a). Paloturvallinen puutalo—Asuin- ja toimitilarakentaminen. *Puuinfo*. <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/paloturvallinen-puutalo-asuin-ja-toimitilarakentaminen/>
- Puuinfo. (2023b). *Suomessa toteutetut puukerrostalot—Puuinfo*. <https://puuinfo.fi/arkkitehtuuri/asuinkerrostalot/suomessa-toteutetut-puukerrostalot/>
- Puuinfo. (2023c, toukokuuta 31). CrossLam Kuhmo avasi CLT-tehtaan laajennusosan. *Puuinfo*.  
<https://puuinfo.fi/2023/05/31/crosslam-kuhmo-avasi-clt-tehtaan-laajennuksen/>
- Puukerrostalon tilaamisen kehityshanke | LAB*. (2021, tammikuuta 1). <https://lab.fi/fi/projekti/puukerrostalon-tilaamisen-kehityshanke>
- Puurakentaminen Suomessa*. (2023). Google My Maps. <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=17ZukX6vJZZn22jC7iFXRyNEZNIBYWwuO>
- Puutuoteteollisuus, & Työtehoseura. (2019). *Puutuoteteollisuuden ja puurakentamisen kilpailuvyn varmistaminen koulutuksen kehittämisen avulla*. [https://puutuoteteollisuus.fi/images/pdf/Loppuraportti\\_final.pdf](https://puutuoteteollisuus.fi/images/pdf/Loppuraportti_final.pdf)
- Rantala, E. (2021). *Kyberturvallisuus asuinkiinteistössä: RIL 274-2021*. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.
- Roßbach, D. (2021). *Changing Purchasing towards Procurement 4.0*. Cuvillier Verlag.  
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/jypoly-ebooks/detail.action?docID=6841511>
- Ruusuvuori, J., Nikander, P., & Hyvärinen, M. (2010). *Haastattelun analyysi*. Vastapaino.  
<https://www.elliblibrary.com/book/978-951-768-309-8/haastattelun-analyysi>
- Saarenpää, T., Pajunen-Muhonen, H., & Vihonen, L. (2023). *Julkisten hankintojen strategisen johtamisen parhaat käytännöt*. <https://vm.fi/documents/10623/15348578/Julkisten+hankinto->

jen+strategisen+johtamisen+parhaat+k%C3%A4yt%C3%A4nn%C3%B6t+tiivis-  
 telm%C3%A4.pdf/bb74068e-8cdd-94d3-51e1-e61fea2e5cc1/Julkisten+hankintojen+strate-  
 gisen+johtamisen+parhaat+k%C3%A4yt%C3%A4nn%C3%B6t+tiivis-  
 telm%C3%A4.pdf?t=1696241649723

Saarinen, A. (2018). *Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E\_DA43\_4DCA\_9CEE\_47DBB9EFCB08-138568.pdf*. Ympäristöneuvos.

Soimakallio, H. (2013). *RIL- 216-2013*. Suomen rakennusinsinöörien liitto.

*Swatch Headquaters, Swatch and omega campus*. (2019). Architonic. <https://www.architonic.com/en/project/shigeru-ban-architects-swatch-headquarters-swatch-and-omega-campus/20126395>

Tanni, K. (2022). *B2B-ostamisen uusi aika* (1. painos). Kauppakamari.

Tanska, T. (2013). *GEOMETRISEN OPTIMOINNIN MENETELMÄT ARKKITEHTISUUNNITTELUSSA Algoritmiaivusteisesti suunniteltu puurakenteinen uimahalli Oulun Linnanmaalle—PDF Free Download*. <https://docplayer.fi/466334-Geometrisen-optimoinnin-menetelmat-arkkitehtisuunnittelussa-algoritmiaivusteisesti-suunniteltu-puurakenteinen-uimahalli-oulun-linnanmaalle.html>

Tanska, T., & Österlund, T. (2014). *Algoritmit puurakenteissa: Menetelmät, mahdollisuudet ja tuotanto*. <https://oulurepo.oulu.fi/bitstream/handle/10024/35656/isbn978-952-62-0456-7.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

*Taustaa kalonista*. (ei pv.m.). Kalon.Fi. Noudettu 5. maaliskuuta 2024, osoitteesta <https://www.kalon.fi>

*Tekoälyn käyttö oppimistehtävissä ja opinnäytetyössä*. (2024). <https://help.jamk.fi/raportointiohje/fi/3-kirjoittamisprosessi/tekoalyn-kaytto-oppimistehtavissa-ja-opinnaytetyossa/>

*TeopuuKS-projekti*. (2023). Jyväskylän ammattikorkeakoulu - JAMK. <https://www.jamk.fi/fi/projekti/teopuuks/projekti>

- Tolppanen, J., Karjalainen, M., Lahtela, T., & Viljakainen, M. (Toim.). (2013). *Suomalainen puukerrostalo: Rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen*. Opetushallitus.
- Valtari, J. (2023). *Lukusali 24/7 | Rakennusinsinöörit ja -arkkitehdit RIA ry | RIA*. <https://www.lukusali.fi/index.html?p=Rakennusinsin%C3%B6%C3%B6rit%20ja%20-arkkitehdit%20RIA%20ry&i=41dcf25a-99a1-11ee-bd00-00155d64030a>
- Vares, S., Häkkinen, T., & Vainio, T. (2017). *Rakentamisen hiilivarasto.pdf*. [https://puutuoteteollisuus.fi/images/pdf/rakentamisen\\_hiilivarasto%20%283%29.pdf](https://puutuoteteollisuus.fi/images/pdf/rakentamisen_hiilivarasto%20%283%29.pdf)
- Viitteidenhallintaohjelmat*. (2024). [Sivu]. Open Science. <https://openscience.jyu.fi/fi/opetus/perustutkinto-opiskelijat/opiskelumateriaalit/kirjastotuutori/3-tallenna-lahteet-ja-viittaa-oi-kein/viitteidenhallintaohjelmat>
- Viljakainen, M., & Lahtela, T. (2019). Rakentamisen hiilijalanjälkivertailu – tapaustutkimus. *Puuinfo*. <https://puuinfo.fi/puutieto/ymparistovaikutukset/rakentamisen-hiilijalanjalkivertailu-tapaustutkimus/>
- Vilkkä, H. (2021). *Näin onnistut opinnäytetyössä: Ratkaisut tutkimuksen umpikujiin*. PS-kustannus.
- Voyant Tools*. (2024). <https://voyant-tools.org/?corpus=9a17873f7c94a42003ce3fb0a47ff510&query=>
- Väylävirasto. (2020). *Mikä on tietomalli?* Väylävirasto. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/mika-on-tietomalli->
- Yan, H., Yang, N., Peng, Y., & Ren, Y. (2020). Data mining in the construction industry: Present status, opportunities, and future trends. *Automation in Construction*, 119, 103331. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103331>
- Ylinen, S. (2023). *Puurakentamisen pätevyyydet muuttumassa uuden rakentamislain mukana | Puutuoteteollisuus*. <https://puutuoteteollisuus.fi/ajankohtaista/asiantuntija-artikkelit/puurakentamisen-patevyyydet-muuttumassa-uuden-rakentamislain-mukana>

Ympäristöministeriö. (2018). *848/2017*. Oikeusministeriö. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848>

Ympäristöministeriö. (2023, maaliskuuta 1). *Eduskunta hyväksyi rakentamisen päästöjä pienentävät ja digitalisaatiota edistävät lait*. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/-/eduskunta-hyvakysi-rakentamisen-paastoja-pienentavat-ja-digitalisaatiota-edistavat-lait>

Jantunen, J 2011. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen paloturvallisuudesta. Finlex. Dokumentti. [https://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1\\_2011-fi.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf)



## Liitteet

### Liite 1. Kestävän rakentamisen hankkeen osaamistarpeet

Kestävän rakentamisen hankeproessin vaiheiden tehtäviä ja osaamistarpeita				
Kestävä taxaseelvitys	Kestävä hankesuunnittelu	Kestävä ehdotussuunnittelu	Kestävä toteutus	Kestävä käyttö ja ylläpito
<b>Toimitus suunnittelu</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vision ja strategian suunnittelu</li> <li>• Kestävän rakentamisen periaatteiden tunteminen</li> </ul> <b>Konsulttien valinta</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kestävän rakentamisen menetelmien tunteminen</li> <li>• Menetelmien hallinnan osaaminen konsulttien valitsemisessa</li> </ul> <b>Tarvittavien taitojen tunteminen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Käyttäjätöiden tunteminen</li> <li>• Raportointiosaaminen</li> <li>• Organisaation toiminnan kehittämisen osaaminen</li> <li>• Vastuun, vaikutuksen, arvioinnin osaaminen</li> <li>• Budjetin ja hallintajärjestelmien tunteminen</li> <li>• Raportointiosaaminen</li> </ul> <b>Raportointiosaaminen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Käyttäjätöiden tunteminen ja soveltamisen osaaminen</li> <li>• Yhteistyön ja tiimityksen osaaminen</li> <li>• Tiedämys mihin kaikkiin asettaviin tavoitteisiin pitäydyttämiseen</li> <li>• Raportointiosaaminen</li> </ul>	<b>Tavoitemääritys</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jatkuvan kehittämisen osaaminen</li> <li>• Raportointiosaaminen</li> </ul> <b>Vaihehdet ja arviot</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eri toteutusvaihtoehtojen ja vaikutusten simulointi ja niiden arvioinnin osaaminen</li> <li>• Raportointiosaaminen</li> </ul> <b>Käyttäjätöiden tunteminen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arvioinnin syntyneen tunteminen</li> <li>• Kriteeristöille asetettavien tavoitteiden vaikutusten tunteminen</li> </ul>	<b>Suunnitteluiden valinnat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kestävän rakentamisen valitsemisen osaaminen</li> <li>• Toimivuuksien mukaiseen toimintaan vaadittava osaaminen</li> <li>• Suunnitteluratkaisuja rajuammattomien toimivuuksien ympäristövaikutus- sekä taloudellisten tavoitteiden asettamisen osaaminen</li> </ul> <b>Järjestelmän suunnittelu</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yhteistyöosaaminen</li> <li>• Hankekohtaisuuden ja sen eri osapuolien laaja tunteminen</li> </ul>	<b>Mitotus ja tuotevalinnat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valintojen arvioinnin osaaminen</li> <li>• Sopivan toteutumalla voimassa olevan osaamisen ja toteutumalla tuntemus</li> </ul> <b>Hankintaohjeiden määritys</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riskienhallintaosaaminen</li> </ul> <b>Toteutuksen seuranta ja toimivuuden varmistaminen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laaja vaikutusarvioinnin osaaminen</li> <li>• Jatkuvan kehittämisen ja seurannan osaamisesta</li> <li>• Käyttäjätöiden pallokeskeiseen osaamiseen</li> </ul>	<b>Koulutus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Koulutusosaaminen</li> <li>• Koulutuksen suunnittelu ja toteutus</li> <li>• Tiedon esittämisen ja välittämisen osaaminen</li> </ul> <b>Tarkkailu</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktiiviseen käyttöön ja poliittisiin puuttumisen tarvittava organisaation osaaminen</li> </ul> <b>Korjaukset toimenpiteet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datat analysointiosaamista</li> <li>• Datat perustuvan päätöksenteon osaaminen</li> <li>• Käyttäjätöiden tunteminen</li> </ul> <b>Toteutuksen ja uudelleensuunnittelun osaaminen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elinkeinojen tunteminen</li> <li>• Sopimusehtojen osaamista</li> <li>• Jatkuvan kehittämisen osaamista: oteahan hankkeen opti seurauksissa käyttöön</li> </ul>

Kuva 9. Kestävän rakentamisen hankkeen vaiheiden tehtäviä ja niissä vaadittavia osaamisalueita

## Liite 2. Osaamisen kartoituksen kyselyn kysymykset

### Aloittavat kysymykset:

1. Mikä on roolisi teollisessa puurakentamisessa: (Monivalintakysymys)
  1. Rakennesuunnittelija
  2. Arkkitehti
  3. Rakennusyritys/urakoitsija
  4. Valvontaviranomainen/rakennusvalvonta
  5. Teollisen puurakentamisen yrityksen edustaja
  6. Puuosatoimittaja
  7. LVIS-suunnittelija
  8. Rakennuttaja
  9. Muu, mikä?
2. Kuinka monta vuotta olette olleet...
  1. Nykyisessä roolissanne
  2. Nykyisessä organisaatiossanne
  3. Rakennusalalla yhteensä.

### Kysymykset osaamistasosta

3. Miten arvioisit henkilökohtaista osaamistasi ja kokemustasi teollisen puurakentamisen hankkeissa. Mitkä ovat vahvuutesi ja missä näet mahdollisuuksia osaamisesi kehittämiseen? (Avoin vastaus)
4. Mikäli teillä olisi mahdollisuus, minkä puurakentamisen hankeosapuolen osaamista kehittäisitte erityisesti?(Avoin kysymys)
5. Miten kuvailisit **organisaatiosi** kyvykkyyksiä ja osaamistasoa teollisen puurakentamisen hankkeissa toimimiseksi. Mitkä osa-alueet ovat organisaatiossanne vahvuuksia ja missä osa-alueissa näet eniten kehittämisen tarvetta? (Avoin vastaus)
6. Arvioikaa seuraavien osa-alueiden osaamistasoa organisaatiossanne, ja ottakaa arviossa huomioon myös henkilökohtaiset kokemuksenne ja näkemyksenne. Käyttäkää alla olevaa asteikkoa apunanne.

Voit ohittaa ne osa-alueet, jotka eivät ole relevantteja tai tuttuja omalla kohdallasi.

1 - Vähäinen - Henkilökohtaiset taidot tai organisaation valmiudet ovat rajalliset, ja tarvitaan perusteellista tukea ja koulutusta.

2 - Perustaso - Yksilönä tai organisaationa hallitsette perusvalmiudet, mutta edistyneemmissä tehtävissä on haasteita.

3 - Keskitaso - Henkilöstö hallitsee tämän osaamisalueen tehtävät keskimäärin hyvin ja organisaatio pystyy suorittamaan osaamisalueelle tyypilliset tehtävät kohtuullisen itsenäisesti.

4 - Hyvä - Työntekijöillä on laaja osaaminen ja organisaatio pystyy ratkomaan vaativakin tehtäviä itsenäisesti.

5 - Erinomainen - Henkilöstön asiantuntemus ja organisaation kyvykkyydet ovat huippuluokkaa, innovointi ja uudet ratkaisut ovat osa normaalia toimintaa.

**i. Suunnitteluosaaminen**

- ii. Rakennesuunnittelu
- iii. Puun materiaalituntemus
- iv. Puurakenteiden mekaanisen toiminnan eri rajatiloissa
- v. Paloturvallisuussuunnittelu
- vi. Äänisuunnittelun asettamat vaatimukset
- vii. Liitostyyppien ominaisuudet ja vaatimukset
- viii. Puun arkkitehtuurille asettamat erityisvaatimukset
- ix. Rakennuksen jäykistyksen periaatteet
- x. Mahdolliset rajoitteet aukotuksilla
- xi. Puurakentamisen erityisjärjestelmät ja -menetelmät
- xii. Palomääräykset
- xiii. Puurakennesjärjestelmät
- xiv. Esivalmistuksen vaikutukset omiin työtehtäviin
- xv. Esivalmistuksen reunaehdot esivalmistetuissa kohteissa

**2. Projektin- ja hankinnan hallinta**

- i. Hankeosaaminen
- ii. Yhteistyöosaaminen
- iii. Poikkitieteellinen yhteistyö
- iv. Hankintaosaaminen
- v. ProcurCompEU- osaamiskehityksen sisältämät hankinnan työkalut
- vi. Suunnitteluprosessin ja elinkaaren hallinta

**3. Elinkaarihallinta ja tietotekniikan hyödyntäminen**

- i. Elinkaarisuunnittelu
- ii. Elinkaarioptimointi
- iii. Teknisten ohjelmistojen hyödyntäminen
- iv. Tietomalliosaaminen
- v. Tietomallien käytön osaaminen

**4. Avoin kysymys:**

- i. Tuleeko mieleesi jokin muu keskeinen osaaminen, mikä?

**Kysymykset havaituista puutteista omassa tai organisaation osaamisessa**

7. Miten organisaationne osaamisalueet ovat tukeneet tai haastaneet teidän osallistumistanne teollisen puurakentamisen hankkeisiin? Voisitteko mainita, jos on olemassa erityisiä osaamisalueita, jotka kaipaavat kehittämistä?
8. Mitkä ovat mielestänne keskeiset **koulutusaiheet**, joita tulisi kehittää tai tarjota teollisen puurakentamisen edistämiseksi Keski-Suomen alueella nykyhetkellä ja tulevaisuudessa?
9. Minkälaisia uusia mahdollisuuksia ja tulevaisuuden kehityssuuntia ennakoitte puurakentamisen alalla, ja kuinka organisaationne valmistautuu niihin?

**Lopuksi helppoja kysymyksiä:**

10. Onko organisaatiollanne tai itsellänne kokemusta hankkeista, joissa on käytetty teollista puurakentamista? (CLT, LVL, moduulirakentaminen jne.) (Kyllä/Ei)
11. Tai mitkä seuraavista teollisen puurakentamisen tekniikoista organisaatiollanne on kokemusta?
  1. Precut
  2. Pienelementti
  3. Suurelementti
  4. Moduuli/tilaelementti
12. Kuinka monessa puurakentamisen hankkeessa organisaationne on ollut toimijana edellisen 6 vuoden aikana?
  1. Ei ollenkaan
  2. 1–2
  3. 3–5
  4. 6–10
  5. Yli 10:ssä

**Lopuksi avoin palautekysely:**

Kiitos osallistumisestanne. Mikäli teillä on loppuhuomioita tai -suosituksia, jotka haluaisitte tuoda esiin, kirjoittakaa ne tähän.

### Liite 3. Haastattelututkimuksen kysymykset

#### Aloittavat kysymykset:

1. Mikä on roolinne organisaatiossa ja kauanko olette olleet kyseisessä organisaatiossa ja roolissa?
  - 1.1. Entä mikä on organisaationne pääasiallinen toiminta-alue? Entä paljonko toimintaa on keskisuomen alueella?

#### Kokemuksia kartoittavat kysymykset

2. Minkälaisia kokemuksia teillä on teollisesta puurakentamisesta Keski-Suomen alueella? Kuvailisitteko lyhyesti minkälaisia hankkeita ne ovat olleet?
3. Minkälaisia erityisiä osaamistarpeita olette kohdanneet kyseisissä hankkeissa? Miten olette itse tai miten organisaationne on pyrkinyt vastaamaan havaittuihin osaamistarpeisiin?

#### Pullonkauloja ja haasteita kartoittavat kysymykset

4. Mitkä ovat lähimenneisyyden ja tämän hetken suurimmat tiedossanne olevat pullonkaulat puurakentamisessa?
  - 4.1. Mikäli saisitte päättää, minkä puurakentamisen hankeosapuolen osaamista kehittäisitte erityisesti? Minkä osapuolen ja mitä spesifiä osaamisaluetta kehittäisitte?
    - 4.1.1. **Jatkokysymyksenä:** Miksi valitsitte juuri kyseisen osaamisalueen?

#### Tulevaisuuden mahdollisuuksia ja kehityssuuntia kartoittavat kysymykset

5. Minkälaisia mahdollisuuksia ja kehityssuuntia tiedostatte puurakentamisessa olevan?
  - 5.1. Esimerkiksi oletteko huomanneet vuosina 2016–2023 tehtyjen puurakentamista kehittävien hankkeiden edistäneen alan kehitystä?
    - 5.1.1. Tehdyistä hankkeista voidaan nostaa esimerkiksi runsaiden oppimateriaalien tekemisen hankkeen sekä erilaiset oppaat, joita on tehty edistämään kaupunkien ja kuntien puurakentamisen osaamista.
    - 5.1.2. Miten ne näkyvät organisaatiossanne?

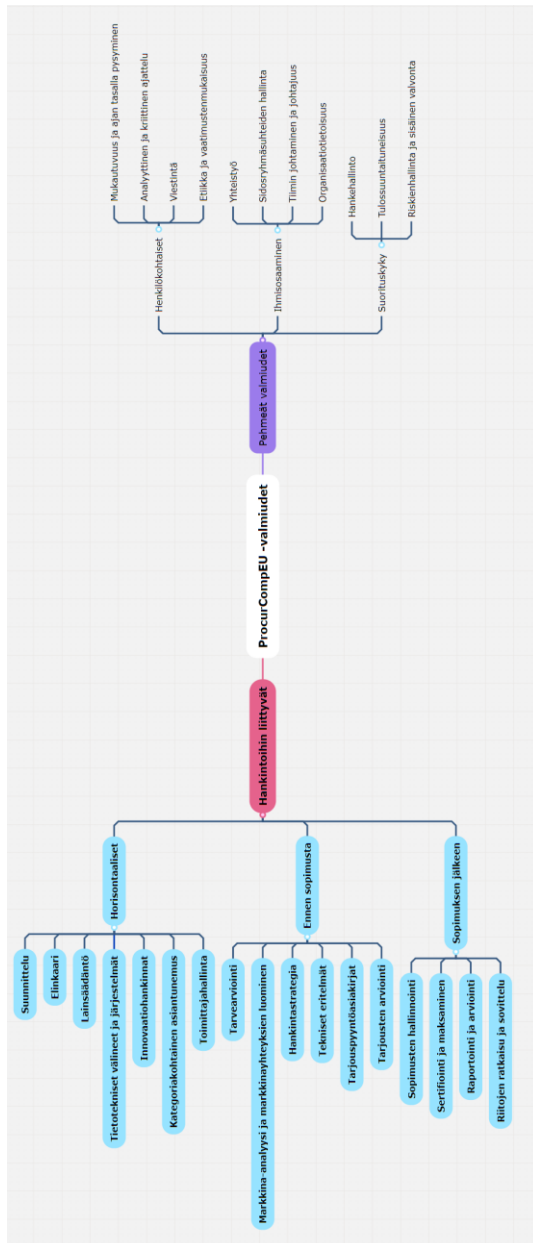
#### Tuotekehityksestä ja yhteistyöstä kysymyksiä

6. Kuinka organisaationne tuotekehitys on järjestetty? Voisitteko kertoa poikkitieteellisistä tai kansainvälisistä yhteistyökuvioistanne, jos sellaisia on?

#### Suhtautumisen kartoitusta massavakiointiin ja massaräätälöintiin.

7. Miten suhtaudutte massavakioinnin ja massaräätälöinnin tasapainoon teollisessa puurakentamisessa? Uskotteko, että nykYTEKNOLOGIAN (esim. tietomallit, laskentaohjelmat, koneistaminen) avulla massaräätälöinti voi tuoda lisäarvoa?

## Liite 4. Haastattelututkimuksen kysymykset



Kuvio 6. 30 avaintaitoa julkisen hankintojen ammattilaiselle. (Knapton-Vierlich & Balasinska, 2020)