

Esa Rautiainen

Laadun ja tehokkuuden parantaminen CLT-rakentamisessa

Opinnäytetyö YAMK

Teknologiaosaamisen johtamisen
koulutusohjelma

Kevät 2024



**KAMK • University
of Applied Sciences**

Tiivistelmä

Tekijä: Rautiainen Esa

Työn nimi: Laadun ja tehokkuuden parantaminen CLT-rakentamisessa.

Tutkintonimike: Insinööri (YAMK), teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma.

Asiasanat: CLT, cross laminated timber, lean, 5S, ISO 9001, laatu

Puurakentamisen käytännöt modernien insinööripuutuotteiden osalta ovat toistaiseksi varsin kirjavia. Tämä työ käsitteli aihetta CLT:n eli ristiinliimatuista lautakerroksista koostuvan massiivipuulevyn käytön näkökulmasta. Työn toimeksiantajana oli Esappi Oy, joka on CLT-rakentamiseen erikoistunut, enimmäkseen Oulussa ja Kajaanissa toimiva remontti- ja rakennuspalveluja tarjoava yritys. Vaikka yritys toimii paljolti CLT-rakentamisen parissa, sen toimenkuvaan kuuluvat oleellisesti myös mm. kylpyhuoneremontit sekä rakennusinsinööripalvelut. Esappi Oy on ollut mukana toteuttamassa suuria julkisia CLT-rakentamisen hankkeita yhteistyökumppaneidensa ohella niin Pohjois- kuin Etelä-Suomessa.

Työn keskeisenä tutkimusongelmana oli CLT:n rakentamisen alati muuttuvat toimintamallit ja hankkeiden toteutusratkaisut, jotka vaikeuttavat kohteiden kustannuslaskentaa sekä aikataulujen ennakoitavuutta. Myöskään lopputulos ei aina ole kaikkien tavoitteiden mukainen esimerkiksi laadullisesta tai taloudellisesta näkökulmasta.

Tämän opinnäytetyön tavoite oli laadun ja tehokkuuden parantaminen CLT-rakentamisessa. Opinnäytetyössä tarkoituksena oli kartoittaa CLT-levyjen tuotannon ja rakentamisen kipukohtia sekä tehokkuuden ja laadun osalta esiin tulevia haasteita kyselytutkimuksen avulla.

Kartoituksessa huomioitiin tuotteen koko ketju suunnittelusta valmiiksi rakennukseksi. Opinnäytetyön tutkimuskysymyksillä nostettiin esiin laadun ja tehokkuuden näkökulmasta eniten haittaavia tekijöitä CLT:n käytölle yleisimmissä tilanteissa. Näiden haittatekijöiden vaikutusten analysoinnilla oli tavoitteena kehittää pohja alan toimintamalleille, jotka parantavat CLT-rakentamisen ennakoitavuutta, kustannustehokkuutta sekä laatua. Kun alalle soveltuvat toimintamallit ja käytännöt ovat tiedossa, voidaan niiden avulla parantaa edelleen tulevien CLT-rakennushankkeiden toteuttamista.

Tutkimuskysymyksissä selvitettiin mikä CLT-rakentamisessa erityisesti tuo haasteita ja tehottomuutta verrattuna kilpaileviin menetelmiin kuten rankarunko- tai betonirakentamiseen. Lisäksi kysymyksissä käsiteltiin CLT-rakentamisen laatuun vaikuttavien tekijöiden vaikutusta, kuten laadunhallintajärjestelmien käytöstä ja hyötyjä. Myös pitkän aikavälin tulevaisuudennäkymiä ja toimintaedellytyksiä kartoitettiin. Vastaajilla oli mahdollisuus esittää tutkimuskysymyksissä ilmeneviin ongelmiin myös omia ratkaisuehdotuksia.

Tulosten analysoinnin tukena käytettiin tehokkuuden ja laadun parantamiseen liittyviä teorioita, ja pohdittiin miten niitä voisi soveltaa käytäntöön. Teoriapohjan avulla lean, 5S sekä ISO9001 tarjoamia mahdollisuuksia analysoitiin CLT-rakentamisen tukemiseksi. Opinnäytetyön lähteinä käytettiin enimmäkseen alan kirjallisuutta, tieteellisiä artikkeleita sekä opinnäytetöitä.

Opinnäytetyössä toteutettiin laadullinen tutkimus, jossa hyödynnettiin kyselyä aineistonkeruumenetelmänä. Aineiston ja teorian avulla tehtiin induktiiviset johtopäätökset alan kehittämistarpeista sekä niiden tärkeysjärjestyksistä. Vastausten perusteella alaa vaivaa erityisesti rutiinien puute ja kustannushaasteet. Ratkaisuna ongelmiin alan toimijoiden keskinäisen yhteistyön sekä järjestäytymisen tarve nousi työssä selkeästi esille. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää laajalti CLT-alan koulutuksen ja ohjeistuksen kehitystyössä, esimerkiksi erilaisten kehityskohteiden tarpeen ja painopisteiden määrittelyssä.

Abstract

Author: Rautiainen Esa

Title of the Publication: Improving Quality and Efficiency in CLT Construction.

Degree Title: Master of Engineering, Technology Competence Management

Keywords: CLT, cross laminated timber, lean, 5S, ISO 9001, quality

The practices of wood construction regarding modern engineered wood products are quite varied so far. This work dealt with the topic from the point of view of using CLT, i.e. solid wood board consisting of cross-glued board layers. The client of the work was Esappi Oy, which is a company specializing in CLT construction, mostly operating in Oulu and Kajaani, offering renovation and construction services. Although the company works a lot with CLT construction, its job description essentially also includes e.g. bathroom renovations and civil engineering services. Esappi Oy has been involved in implementing large public CLT construction projects together with its cooperation partners in both Northern and Southern Finland.

The central research problem of the work was the ever-changing operating models of CLT construction and project implementation solutions, which make it difficult to calculate the cost of the objects and the predictability of schedules. Also, the result is not always in line with all goals, for example from a qualitative or financial point of view.

The goal of this thesis was to improve quality and efficiency in CLT construction. In his thesis, the purpose was to map the pain points of the production and construction of CLT boards, as well as the challenges that arise in terms of efficiency and quality, using a survey.

In the mapping, the entire chain of the product, from design to finished building, was taken into account. With the research questions of the thesis, the factors most hindering the use of CLT in the most common situations were highlighted from the perspective of quality and efficiency. The aim of analyzing the effects of these adverse factors was to develop a basis for industry operating models that improve the predictability, cost-effectiveness and quality of CLT construction. When operating models and practices suitable for the field are known, they can be used to improve the implementation of future CLT construction projects.

In the research questions, it was found out what in CLT construction in particular brings challenges and inefficiency compared to competing methods such as frame or concrete construction. In addition, the questions dealt with the influence of factors affecting the quality of CLT construction, such as the utilization rates and benefits of quality management systems. Long-term future prospects and operating conditions were also mapped. Respondents also had the opportunity to present their own proposed solutions to the problems arising in the research questions.

Theories related to improving efficiency and quality were used to support the analysis of the results, and it was considered how the theories could be applied in practice. Using the theory base, the possibilities offered by lean, 5S, and ISO9001 were analyzed to support CLT construction. Literature in the field, scientific articles and theses were mostly used as the theoretical basis of the thesis.

In the thesis, a qualitative study was carried out, using a survey as a data collection method. With the help of data and theory, inductive conclusions were made about the development needs of the field and their order of importance. Based on the answers, the industry is particularly troubled by the lack of routines and cost challenges. As a solution to the problems, the need for mutual cooperation and organization of the industry players emerged clearly in the work. The results of the research can be widely used in the development of training and guidance in the CLT field, for example in defining the need and priorities for various development targets.

Alkusanat

Tämä työ on saanut alkunsa tarpeesta kehittää suomalaisia puurakentamisen käytänteitä CLT-levyrakentamisen osalta sekä tarjota valmiiksi mietittyjä parannusehdotuksia ja toimintatapoja, joiden avulla CLT-levyjen hyödyntäminen rakentamisessa on tulevaisuudessa mahdollisimman sujuvaa ja tehokasta.

Opinnäytetyön aihe on ollut itselleni tärkeä ja kiinnostava. Esimerkiksi ympäristönäkökulmien ja päästötavoitteiden osalta koen puun käytön lisääntymisen rakentamisessa ratkaisevaksi. Haluan osaltani olla edesauttamassa CLT-rakentamisen yleistymistä Suomessa, ja parantaa alan tunnettavuutta, laatua sekä kasvua.

Työn toteuttamisesta haluan kiittää Kajaanin ammattikorkeakoulun henkilökuntaa, sekä lukuisia CLT-alan parissa urauurtavaa työtä tehneitä yhteistyötahoja, joita ilman tämä tutkimus alan kehittämiseksi ei olisi ollut mahdollinen.

Oulussa 31.1.2024

Esa Rautiainen

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Puurakentamisen nykytila Suomessa ja maailmalla.....	3
2.1	CLT-levyt puurakentamisen materiaaleina	6
2.2	CLT-rakentamisen kilpailukyky Suomessa	11
2.3	Työn tuottavuuden kehitys	21
2.4	Rakentamisen laadun nykytila ja sen kehitys.....	24
2.5	Tavanomaisen CLT- rakennusprosessin kulku.....	26
3	Laadunhallintaa ja kilpailukykyä tukevat järjestelmät	27
3.1	Lean laadunhallinnan tukena	27
3.2	5S ja sen soveltaminen	32
3.3	ISO 9001 laadunhallintastandardi ja sen hyödyntäminen organisaatioissa	34
4	Tutkimus	37
4.1	Kyselytutkimus ja tutkimusstrategia	38
4.2	Kyselytutkimuksen kysymykset ja niiden tulokset	40
4.2.1	Osa 1. Alan ongelmiin ja tehokkuushaasteisiin liittyvät kysymykset.....	41
4.2.2	Osa 2. Laadullisiin näkökulmiin painottuvat kysymykset	44
4.2.3	Osa 3. Tulevaisuuteen ja alan muihin haasteisiin painottuvat kysymykset..	48
5	Kehitysehdotukset kilpailukykyyn, tehokkuuden ja laadun parantamiselle	50
6	Yhteenveto ja pohdinta	53
7	Lähteet.....	56

Liitteet:

- 1 Saatekirje kyselytutkimukseen
- 2 Kysely CLT-alalla toimiville
- 3 Kyselytutkimuksen tulokset

Symboliluettelo

CLT	Cross laminated timber, ristiinliimattu massiivipuulevy.
Rankarunko	Puurunko, useimmiten pientaloissa käytetty rakennemenetelmä.
CNC-työstökone	Tietokoneella numeerisesti ohjattava työstökone.
Liittorakenne	Vähintään kahdesta eri materiaalista koostuva rakenne, jota käsitellään yhdessä kuormia vastaanottavana rakenteena.
Perustajaurakointi	Tunnetaan myös nimellä gryndaus. Tällöin rakennusliike itse toteuttaa rakennushankkeen ja myy rakennuksen tai sen osakkeet edelleen eteenpäin asiakkaille.
Lean	Laadun parantamiseen tähtäävä kulttuuri, jota voidaan soveltaa hyödyntäen erilaisia apuvälineitä.
5S	5S tulee sanoista sortteeraus, systematisointi, siivous, standardisointi ja seuranta. 5S on toimintatapa ja apuväline, joka auttaa esimerkiksi leanin soveltamisessa.
ISO 9001	Kansainvälinen laadunhallintastandardi, joka asettaa vaatimukset mm. organisaation johtamisjärjestelmälle.
Kvalitatiivinen	Laadullinen.
hEN	Harmonisoitu tuotestandardi rakennustuotteiden CE-merkinnän perustaksi.

1 Johdanto

Puurakentaminen on ollut Suomessa kasvussa ja siihen panostetaan huomattavasti myös julkisen päätöksenteon saralla. Kuitenkaan puurakentamisen osuus suurista rakennushankkeista, kuten kerrostalohankkeista, ei ole kasvanut toivotulla vauhdilla. Keskeisimpinä tekijöinä nykyiseen tilanteeseen vaikuttaa alaan liittyvän kokemuksen puute, laatuun liittyvät ennakkoluulot sekä puurakentamisen suhteellisen kallis hinta verrattuna esimerkiksi betonirakentamiseen. (Jussila, 2022a.)

Puurakentamisen lisäämistarvetta rakennusalalla perustellaan ympäristösyillä. Puu sitoo kasvuaan hiiltä ja toimii hiilinieluna rakennuksen elinkaaren aikana. Lisäksi puu on uusiutuva luonnonvara ja sen elinkaaren aikaiset päästöt ovat käytännössä olemattomat. Rakennusten hiilijalanjäljen laskennassa puurakentaminen pärjää yleisesti hyvin ja yhteiskunnallinen paine ohjaa väistämättä kohti vähähiilisempää rakentamista. (Jussila, 2022a.)

Tässä opinnäytetyössä kartoitetaan merkittävimpiä ongelmia, jotka osaltaan hidastavat puurakentamisen yleistymistä sekä pohditaan niihin soveltuvia ratkaisuja. Opinnäytetyön tärkeimpään tutkimusongelmaan eli CLT-rakennushankkeiden vaikeasti ennakoitavien toimintamallien ja toteutusratkaisujen tuomiin haasteisiin ja niiden vaikutuksiin syvennyttään huolellisesti. Opinnäytetyön tavoitteena on puurakentamisen tehokkuuden ja laadun parantaminen ensisijaisesti CLT-levyjen käytön ja hyödyntämisen näkökulmasta.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää tarkkaan CLT-levyjen käyttöön kuten tuotantoon tai rakentamiseen liittyviä kipukohtia sekä tehokkuuden ja laadun osalta ilmeneviä haasteita kyselytutkimusta hyödyntäen. Kyselytutkimuksen sisältö on koottu eri CLT-rakentamiseen osallistuvien tahojen osaamisen ja kokemusten perusteella. Koko CLT-rakentamisen ketjuun osallistuvat toimijat alkaen arkkitehti- ja rakennesuunnittelutoimistoista CLT-tehtaisiin, CLT-levyjen asentajiin sekä muihin rakennustyöhön osallistuviin urakoitsijoihin asti, on huomioitu vastaajajoukossa.

Tärkeimpinä päätutkimuskysymyksinä on selvittää, millaiset tehokkuuteen vaikuttavat haasteet korostuvat CLT-rakentamisessa verrattuna kilpaileviin menetelmiin, kuten esimerkiksi perinteiseen rankarunko- tai betonirakentamiseen. Lisäksi tutkitaan mitkä tekijät eritoten heikentävät CLT-rakentamisen laatua ja millaisia laadunhallintatyökaluja voidaan soveltaa CLT-rakentamisen eri vaiheissa. Kysymykset käsittelevät myös laadunhallintatyökalujen käyttöastetta ja hyötyjä. Näiden laadunhallintatyökalujen kuten leanin, 5S-metodin ja ISO 9001- järjestelmän osalta käydään

läpi aiheiden teoriaa ja pohditaan, voisiko näiden järjestelmien soveltamisella luoda parannusta CLT-rakentamisen tehokkuuteen ja laatuun sekä siten myös kilpailukykyyn. Lopuksi tutkimuskysymyksillä pureudutaan siihen, mitkä ovat CLT-alan pitkän aikavälin tulevaisuudennäkymät ja alan ongelmien mahdollisiin parannuskeinot.

Kyselytutkimuksessa koostetaan alan henkilöiden ja sidosryhmien empiirisiä kokemuksia ja selvitetään, mitä parannettavaa eri osapuolet näkisivät CLT-rakennushankkeiden toteuttamisessa. Kysymykset käsittelevät laajalti CLT-rakentamista haittaavien tekijöiden vaikutusta tehokkuuden ja laadun näkökulmasta. Kyselytutkimuksesta saatua tietoa analysoidaan opinnäytetyön aiheeseen liittyvien teorioiden avulla ja parannusehdotuksia laaditaan sen pohjalta.

Laadunhallintajärjestelmien teoria-aineiston käsittelyn sekä järjestelmien mahdollisten hyötyjen pohtimisen lisäksi, työn keskeiseen tutkimusongelmaan eli CLT-rakentamisen alati muuttuviin toimintamalleihin ja hankkeiden ennakoimattomiin toteutusratkaisuihin, tavoitellaan parannusehdotuksia myös näiden laadunhallintajärjestelmien soveltamisen näkökulmasta. Lisäksi CLT-rakentamisen laatutason kehittämiseksi tähtääviä toimintoja on tarkoitus nostaa esille. Käytännössä teoriapohjan sekä kyselytutkimuksen vastausaineiston avulla luodaan johtopäätöksenä valmiit ehdotukset alan toimintatapojen parantamiseksi ja tehostamiseksi, mitkä huomioivat nykyaikaisen laadunhallinnan antamat mahdollisuudet. Näin opinnäytetyön tutkimustulokset toimivat jatkossa hyvänä apuna CLT-rakentamisen kilpailukykyyn ja standardisoinnin edistämiseksi. Tuloksia voidaan hyödyntää myös alan kehityskohteiden tärkeysjärjestyksen määrittelyn näkökulmasta.

2 Puurakentamisen nykytila Suomessa ja maailmalla

Jussilan (2022b, 5.) mukaan ilmastonmuutos aiheuttaa paineen edistää kestävästä kehitystä maailmanlaajuisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kokonaiset kansakunnat ja teollisuudenalat joutuvat muuttamaan toimintatapoja, joihin aikaisemmin on totuttu. Koska rakennusalaalla käytetään paljon raaka-aineita, sen rooli on yhteiskunnallisesti merkittävä kestävässä kehityksen murroksessa.

Rakennusalaalla sekä asuntomarkkinoilla on monia mahdollisuuksia mutta myös esteitä, jotka vaikuttavat tähän kestävässä kehityksen siirtymään. Yhtenä ratkaisuna hiilijalanjäljen pienentämiseen nähdään puurakentaminen, jolla on tarkoitus korvata betonirakentamista. Puurakentamisen yleistymiseen vaikuttaa paljolti kuntien ja eri instituutioiden rooli. Institutionaaliset käytännöt vaikuttavat laajalti asuntomarkkinoihin esimerkiksi omakotirakentajien näkökulmasta, jotka ovat perinteisesti käyttäneet puuta laajalti. Myös valtiotason toimilla ja sääntelyllä on merkitystä alan toimintaympäristön muutoksissa. Tärkeistä tavoitteista huolimatta tämä kestävässä kehityksen siirtymä kohtaa Suomessa laajoja ja monimutkaisia ongelmia. (Jussila, 2022b, 5.)

Teollista puurakentamista edistävät mm. positiiviset tuoteominaisuudet ja -innovaatiot. Teollisen puurakentamisen sekä esivalmistuksen avulla voidaan saavuttaa rakentamiseen huomattavaa tehokkuutta. Toisaalta vastaavasti puurakentamisen kehitystä hidastavat mm. korkeammat kustannukset, laatuun liittyvät ennakkoluulot sekä haastavat institutionaaliset käytännöt, jotka eivät edesauta puurakentamisen kehitystä tai yleistymistä. Jotta tähän saataisiin muutos, tulisi puurakentamisen haasteita tarkastella nykyistä laajemmin myös asuntomarkkinoiden osalta eikä vain asuntotuotannon teknologisten ja kustannustehokkuusnäkökulmien kautta. (Jussila, 2022b, 5.)

Maa- ja metsätalousministeriön (2022.) mukaan tarkasteltaessa puun koko elinkaarta materiaalin valmistuksesta rakentamiseen, käyttöön ja kierrätykseen, puun käyttö alentaa rakentamisen hiilijalanjälkeä. Suurimmat kasvumahdollisuudet Suomessa puurakentamisen osalta ovat julkisessa rakentamisessa ja kerrostalorakentamisessa. Puumateriaaleja voidaan myös käyttää nykyistä enemmän lisäkerros- ja täydennysrakentamisessa sekä julkisivujen energiakorjauksissa.

Suomen kansallinen energia- ja ilmastostrategia asettaa tavoitteita, joiden saavuttamiseksi puurakentamisen lisääminen on yksi keino. Puurakentamisen edistäminen on ollut myös esillä eri hallituksissa. Puurakentamisen lisäämisen ohessa on tavoitteena monipuolistaa puun käyttöä ja

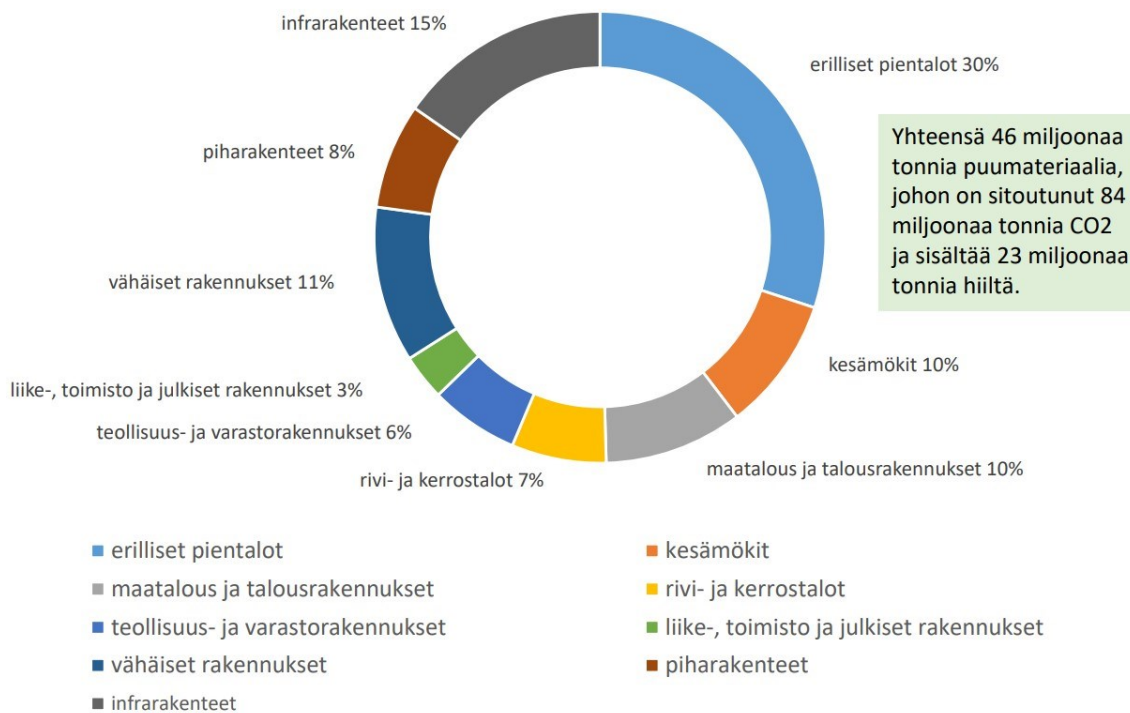
myös kasvattaa sen jalostusarvoa Suomessa. Lisäksi maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekonaisuuden teemat ohjaavat edistämään puun käyttöä pitkään hiiltä sitovissa tuotteissa. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2022.)

Suomessa toteutetaan ympäristöministeriön johdolla puurakentamisen ohjelmaa, jonka tavoitteena on lisätä puun käyttöä julkisessa rakentamisessa, kaupunkien rakentamisessa ja suurissa rakenteissa kuten silloissa ja halleissa, jotka myös voisi pitkälti toteuttaa puusta. Ohjelmassa puun käyttöä edistetään alan osaamista vahvistamalla. Myös tietoa rakentamisen terveellisyydestä ja turvallisuudesta, sekä hiilijalanjäljen merkityksestä puurakentamisessa tarjotaan. Lisäksi rakentamismääräyksiä on uudistettu edesauttamaan puurakentamista. Esimerkiksi palomääräyksiä sekä rakentamisen teknisiä vaatimuksia maankäyttö- ja rakennuslain osalta on muokattu siten, että puurakentaminen helpottuisi. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2022.)

Puurakentamisen ohjelman yksi painopiste on edistää puun käyttöä julkisessa rakentamisessa. Suomen kansalliset tavoitteet määrittelevät puun osuudet kaikesta julkisesta uudisrakentamisesta sekä rakennusmäärältään merkittävistä rakennustyypeistä. Vuodelle 2025 puurakentamisen tavoiteltu markkinaosuus kaikesta julkisesta rakentamisesta on 45 %. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2022.)

Vuonna 2021 Suomessa tuotettiin liki 12 miljoonaa kuutiometriä sahatavaraa. Suomessa puun jalostamisella on merkittävä vaikutus talouteen ja työllisyyteen. Pelkästään puutuoteteollisuus työllistää noin 30 000 henkilöä. Puutuoteteollisuuden tuotannon bruttoarvo on noin 6,5 miljardia euroa. Tästä arvosta saha- ja levyteollisuuden osuus on noin 62 prosenttia, kun taas puusepäneteollisuuden osuus noin 38 prosenttia. Suomessa rakentaminen vaikuttaa suuresti sahatavaran kuluihin, sillä noin neljä viidesosaa käytettävästä sahatavarasta menee rakentamisen käyttöön. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2022.)

Maa- ja metsätalousministeriö sekä Ympäristöministeriö (2022.) havainnollistaa seuraavassa kuvassa Suomen rakennuskannan hiilivaraston jakaumaa vuonna 2016. Puurakenteiden määräksi on arvioitu 30,6 miljoonaa tonnia, ja hiilivarastoksi 14,9 miljoonaa tonnia. Pelkän rakennuskannan lisäksi puuta on käytetty myös muuhun rakennettuun ympäristöön 15,8 miljoonaa tonnia, jonka hiilivaraston osuus on 7,9 miljoonaa tonnia. Tämä yhteensä 23 miljoonan tonnin hiilivarasto vastaa 84 miljoonaa tonnia hiilidioksidia.



Suomen rakennetun ympäristön hiilivarasto (2016)

Kuva 1 Rakennuskannan hiilivarasto Suomessa vuonna 2016 (Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö, 2022).

2.1 CLT-levyt puurakentamisen materiaaleina

CLT tulee englanninkielisistä sanoista Cross laminated timber, joka tarkoittaa ristiinliimattua massiivipuuta. CLT on levymäinen massiivipuutuote, joka on kehitetty toimimaan rakennuksen kantavana materiaalina ja rakenteena. CLT:llä voi olla myös muita käyttökohteita. CLT-levyssä on vähintään kolme lujuusluokiteltua sahatavarakerrosta, jotka liimataan ristikkäin toisiinsa nähden. Suomessa CLT-levyjä valmistetaan pääasiassa mänty- tai kuusilautoista. Kerroksia on useimmiten 3, 5, 7 tai jopa 9 kappaletta, kunkin valmistajan mukaisesti. (Sorri, 2016, 11).



Kuva 2. CLT-levyissä useat ristiinliimatut lautakerrokset muodostavat hyvin paloa kestävän, lujan, jäykän ja suhteellisen kevyen rakennuslevyn (Puuinfo, 2023).

CLT-levyjen poikkileikkaus on aina symmetrinen. Levyjen uloin sahatavarakerros on yleensä asetettu levyn pääasiallisen kantavan suunnan mukaisesti. CLT-levyjen yleisimmät vakiopaksuudet vaihtelevat, mutta ne ovat useimmiten 57–340 mm. Yleensä kaikki sahatavarakerrokset on la-

dottu ristikkäin siten, että sahatavaran syysuunta vaihtuu jokaisen lautakerroksen välillä. On kuitenkin olemassa levytyyppejä, joissa voi olla myös useampia samansuuntaisia lautakerroksia päällekkäin uloimmissa tai keskimmaisissa lamelleissa. CLT-levyjen tyypillinen valmistusleveys on noin 3 metriä ja pituus 12–22 metriä, tosin vaihtelua on eri valmistajien suhteen paljon. (Sorri, 2016, 11.)

Nyky muodossaan tunnettua CLT-levyjä on valmistettu 1990-luvun puolivälistä lähtien. CLT-levyjen rakennesuunnittelun apuna toimivia yhtenäisiä standardeja esimerkiksi eurokoodien osalta ei kuitenkaan ole vielä saatavilla, joten CLT-levyjen valmistusta ja suunnittelua säädelään ETA (European Technical Approval) -hyväksynnöillä. ETA-hyväksynät ovat tuotekohtaisia ja niissä on myös valmistajakohtaisia eroja. Suomessa tuotehyväksynnän CLT-valmistajalle on myöntänyt esimerkiksi VTT Expert Services Oy. (Sorri, 2016, 11.)

CLT-levyissä käytettävän sahatavaran lujuusluokka on yleensä C24, ja CLT-levyjen materiaaliominaisuudet määrittyvät pitkälti tämän lujuusluokan mukaan. Koska CLT-tuotteiden ominaisuudet, sertifikaatit ja hyväksynät vaihtelevat eri valmistajien kesken, myös niiden suunnitteluperiaatteet poikkeavat toisistaan. Materiaaliominaisuuksien erot johtuvat mm. vaihtelevasta liimaustavasta, erilaisista puulajeista sekä erilaisista kestävyysmäärittelytavoista. CLT:n lujuusarvot on voitu myös määrittää koko CLT-poikkileikkaukselle tai pelkästään teholliselle poikkileikkaukselle. Lisäksi ETA-hyväksynnöissä jäykkyys- sekä lujuusominaisuudet ilmoitetaan erikseen riippuen siitä, onko levy kuormitettu lappeellaan vai syrjällään. (Sorri, 2016, 13.)

CLT-levyjen uloimpaan lauta- eli lamellikerrokseen voidaan valita sahatavara sen mukaan, onko pintakerros tarkoitus jättää näkyviin vai jääkö se piiloon muiden rakennekerrosten sisään. Mikäli uloin kerros jätetään näkyviin, se tehdään laadultaan huolellisesti valikoidusta sahatavarasta. CLT:n pintakerroksissa voidaan myös käyttää eri puulajeja sekä jalopuuvaneria. Pinnaltaan näkyviin jätettäväksi tarkoitettu CLT-levy on luonnollisesti kalliimpaa kuin tavallinen piiloon jäävä laatu. (Sorri, 2016, 13.)

CLT-levyjen oleellisin ero tavanomaiseen puurankarakenteeseen on, että se voi toimia yhtä aikaa useissa eri tehtävissä. CLT-levy voi muodostaa kantavan rungon, toimia jäykistävänä levynä, ilman- sekä höyrynsulkuna ja jopa lämmöneristeenä. Lisäksi CLT-levy voi olla myös rakennuksen valmiina pintana. Tavallisissa rankarakenteissa nämä toiminnot vaativat lukuisten eri tuotteiden käyttöä. (Sorri, 2016, 14.)

Puufon (2023.) mukaan CLT-levyillä on useita eri valmistustekniikoita. Keski-Euroopassa on yleistä, että CLT-levyt valmistetaan vakuumiliimaamalla laudat toisiinsa tyhjiön avulla. Modernimpi tapa taas on hoitaa levyjen valmistus liimaamalla levyt prässien avulla. Levyt voidaan liimata kahdella tavalla, joko syrjäliimauksen kanssa tai ilman. Mikäli levyihin tulee syrjäliimaus, lautakerrokset liimataan ensin syrjäpinnoiltaan, ja vasta sen jälkeen ne liimataan päällekkäin eri levytasot ristiin latoen. Vastaavasti syrjäliimaamattomassa levyssä liimaa levitetään pelkästään lautojen lapepinnalle. Se, miten levyt on liimattu, vaikuttaa osaltaan levyjen ominaisuuksiin. Levyjen luonnollinen kosteuseläminen tapahtuu syrjäliimaamattomassa levyssä usein hallitusti ja siististi saumojen kohdilla, kun taas syrjäliimatussa laudat halkeilevat epäsäännöllisemmin.

CLT-levyjä valmistaa Suomessa kolme tehdasta, CLT Finland Oy, CLT Plant Oy ja Oy CrossLam Kuhmo Ltd. Lisäksi Suomeen tuodaan CLT-levyä myös muiden valmistajien kuten Stora Enson toimesta. Kullakin valmistajalla on hieman erilainen valmistustekniikka sekä erilaiset paksuus-, leveys- ja pituusvaihtoehdot. (Puufon, 2023.)

Kun CLT-levyt on liimattu, ne työstetään CNC-työstökoneella suunniteltuun kokoon ja muotoon. Samalla levyihin työstetään pontit, ikkuna- ja oviaukot, mahdolliset talotekniikan työstöt kuten IV-kanavien ja sähköjohtojen läpiviennit sekä kiinnitysten ja nostojen vaatimat lävistykset. CLT-levyjen työstöjen mittatarkkuus on +/- 1 millimetriä. (Puufon, 2023.)

CLT-levyt voidaan pintakäsitellä käyttökohteen mukaan. Mikäli pinta jää näkyviin, se hiotaan ja käsitellään tarvittaessa valitulla aineella. Levyt voivat olla sekä jäykistäviä että kantavia rakenteita mm. seinissä ja lattioissa. Mikäli palomääräykset sallivat, voi levyt jättää sellaisenaan näkyviin tai ne voidaan edelleen verhoilla tai pinnoittaa tavoiteltavan ilmeen mukaisesti. Koska levyt ovat suhteellisen keveitä ja jätkeä, niistä voidaan työstää erimuotoisia rakennusosia. Esimerkiksi julkisivujen osalta ikkuna- ja oviaukkojen sijoitus sekä kulmaikkunoiden ja ulokkeiden teko on CLT-levyjen avulla helppoa jäykän levymäisen rakenteen ansiosta. Lisäksi CLT-levyihin voi jyräsiä erilaisia muotoja varsin vapaasti. Ulkoseinissä levyt useimmiten eristetään ulkopuolelta. (Puufon, 2023.)

Yksi tapa toteuttaa CLT-runkoisen rakennuksen ulkoseinän lisäeristys ja ulkoverhous on hyödyntää Parocin Cortex One -tuulensuojaeristettä. Tällöin rakennekerrokset sisältä ulospäin

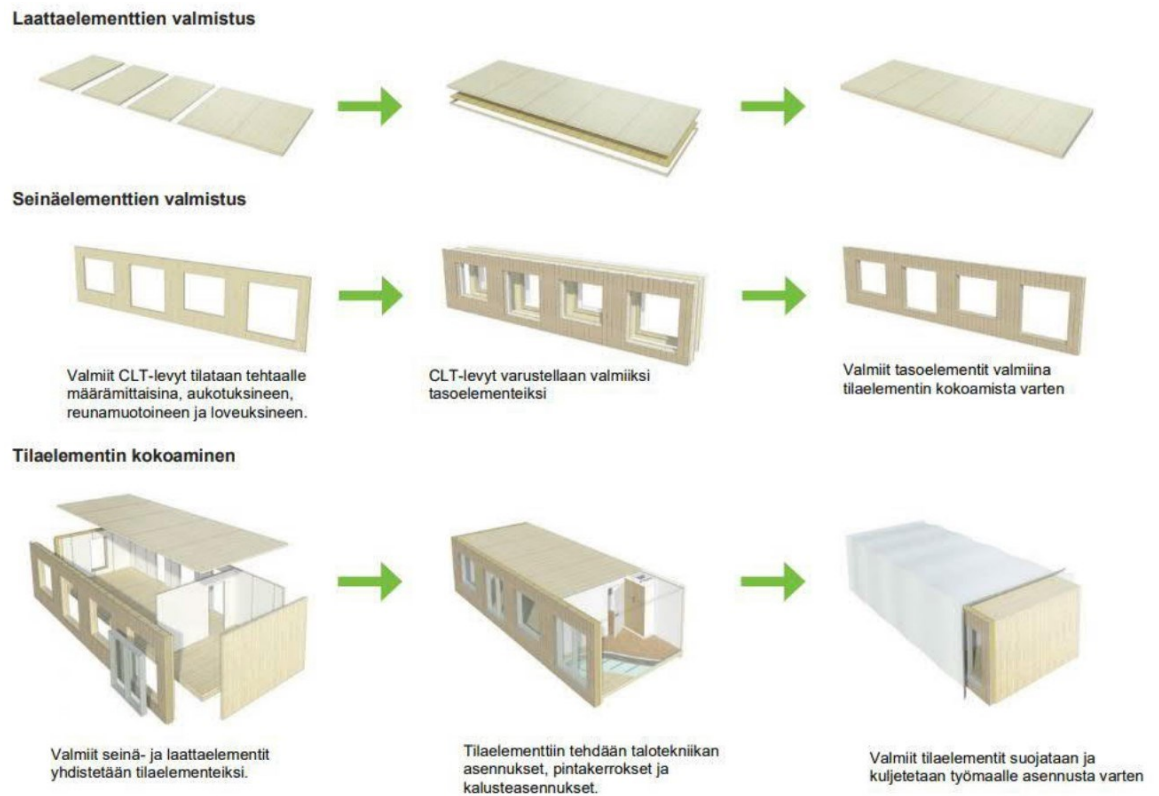
ovat CLT-levy, Paroc Cortex One -tuulensuojaeriste (kiinnitetty ruuveilla ja välikkeillä CLT-levyyn), taustatuuletuslaudat sekä ulkoverhous. Alla oleva kuva havainnollistaa rakennetta. (Paroc, 2023.)



Kuva 3. Kuvassa yksi tapa toteuttaa CLT-rukoisen rakennuksen ulkoseinän lisäeristys ja ulkoverhous Parocin Cortex One -tuulensuojaeristeen avulla (Paroc, 2023).

Puufon (2023.) mukaan välipohjissa CLT-levyjä voidaan käyttää sellaisenaan. Lisäksi ne voivat toimia liittorakenteena yhdessä betonivalun tai puupalkiston kanssa. Puu toimii liittorakenteessa palosuojaana ja kipsi- tai betonivalu eristää tehokkaasti ääntä. Lisäksi liittorakenteena saavutetaan hyvä kantavuus. Liittorakenteiden sijaan voidaan myös tehdä uivia lattiakerroksia ja jäykistää CLT-levyjä palkeilla. Mikäli välipohjan ääneneristävyydelle ei tarvitse asettaa erityisiä vaatimuksia, riittää useimmiten pelkkä CLT-levy hyvin sellaisenaan välipohjarakenteeksi.

Keski-Euroopassa CLT-levyjen käyttö on hyvin suosittua, koska siellä käyttäjät ovat tottuneet massiivisiin rakenteisiin. CLT-levyrakentamisen suosio on myös Suomessa kasvussa. CLT-levyt soveltuvat pientalojen rakentamisen lisäksi erinomaisesti tilaelementtien runkorakenteeksi. Runkorakenteissa CLT-levyjen kilpailukyky paranee kerrosmäärän kasvaessa. (Puufon, 2023). Seuraavassa kuvassa on havainnollistettu tyyppillisen CLT-tilaelementin valmistusprosessin eri vaiheita. (Kaukojärvi, 2021, 15.)



Kuva 4. Kuvassa on esitetty CLT-levyistä koottavan tilaelementin valmistusprosessi (Kaukojärvi, 2021, 15).

CLT-levyiltä puuttuu toistaiseksi yhtenäinen, harmonisoitu eurooppalainen tuotestandardi. CLT-levyt voidaan kuitenkin merkitä CE-merkillä eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaan. CLT-levyrakenteiden mitoitus sekä tekniset ominaisuudet vaihtelevat siten eri valmistajien keskuudessa. (Puuinfo, 2023.)

2.2 CLT-rakentamisen kilpailukyky Suomessa

Puurakentaminen, varsinkin puukerrostalojen osalta mielletään Suomessa yleisesti varsin riskialttiiksi ja kalliiksi tavaksi rakentaa. Paljolti tämän takia toteutettuja puukerrostalohankkeita on Suomessa edelleen suhteellisen vähän. Toisaalta rakennusalan näkökulmasta pitkälle viety esivalmistus voi kasvattaa rakennusprosessin tuottavuuden aivan uusiin ulottuvuuksiin, mikä on ehdoton edellytys tulevaisuuden alati kovenevassa kilpailussa. Puurakentamisella voidaan myös saavuttaa positiivisia vaikutuksia ympäristöön, ja osin myös tämä ekologinen puoli tuo puurakentamiselle korvaamatonta etua suhteessa perinteiseen betonirakentamiseen. Puurunkoisia kerrostaloja tehdään Suomessa pitkälti CLT-tilaelementeistä. (Valkola, 2022a.)

Valkolan (2022a.) mukaan puukerrostalorakentaminen on Suomessa vielä varsin varhaisessa kehitysvaiheessa. Paljolti tästä syystä on vallalla tilanne, että puukerrostalorakentamisen odotetaan vain kehittyvän yleisiin kerrostalorakentamisen toimintamalleihin soveltuvaksi. Tämä näkökulma on varsin ongelmallinen lukuisista syistä, sillä perinteinen tapa rakentaa kerrostalo betonista on aivan erilainen, kuin vaikkapa tilaelementtitekniikalla toteutettava CLT-runkoinen puukerrostalo. Tunnettuja ja perinteisiä kerrostalorakentamisen toimintamalleja tulisikin aktiivisesti mukauttaa puukerrostalojen vaatimiin tekemisprosesseihin soveltuviksi sen sijaan, että odotetaan vain puukerrostalohankkeiden kehittyvän ajan myötä perinteisiin malleihin soveltuviksi. Tällöin myös puukerrostalorakentamisen kaupallinen kannattavuus voisi parantua, sekä siihen perehtyneet yritykset onnistuisivat saavuttamaan kilpailuetua kerrostalorakentamisen alalla.

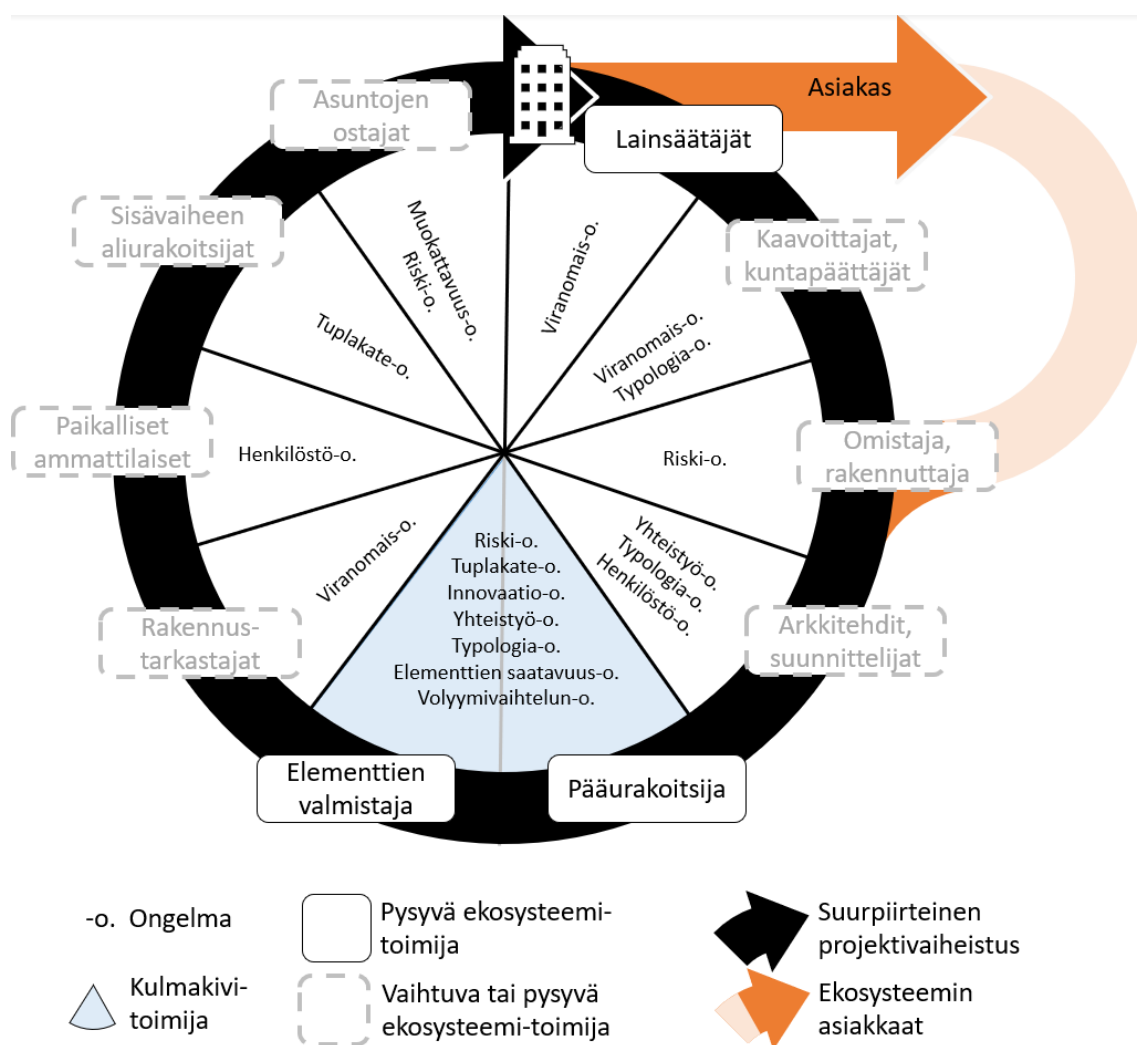
Puurunkoisen kerrostalon rakentamisessa on lisäksi tiettyjä teknisiä haasteita, mitkä eivät samalla tavalla ilmene betonirunkoisissa ratkaisuissa. Esimerkiksi rakenteiden taipumien hallinnan suhteen ja muun muassa kestävyden sekä askeläänieristyksen osalta on seikkoja, jotka tulee ottaa huomioon. Kuitenkin näihin haasteisiin on olemassa myös valmiita kaupallisia ratkaisuja, esimerkiksi kerrostettuja rakenteita. Niissä esimerkiksi kipsilevytysten ja hallittujen esijännityksien avulla voidaan päästä tavoiteltuun lopputulokseen. (Valkola, 2022a.)

Suomessa on myös tutkittu puukerrostalorakentamisen kannattavuusongelmia. Hankkeiden läpiviemiseksi keskeisimpien toimijoiden eli rakennusliikkeiden näkökulmasta on todettu, että yksittäisen rakennusliikkeen eli pääurakoitsijan on lähes mahdotonta yksin tehdä hankkeesta kannattavaa. Puukerrostalorakentamisen suhteellisen heikko kilpailukyky on sen verran monen tekijän summa, että varsinkaan pienillä rakennusliikkeillä ei ole helppoa kääntää tätä kurssia. (Valkola, 2022a.)

Puukerrostalorakentamisen yleistymistä jarruttavat useat keskeiset ongelmat. Suurena ja selkeimmin myös ulkopuolisille näkyvänä ongelmana on projekteihin osallistuvan henkilöstön rutii-
nien puute, teknisiin ratkaisuihin liittyvät, usein kustannuksia nostavat haasteet sekä haasteista
johtuva rakentamisen monimutkaisuus. Puurunkoisella kerrostalolla ei myöskään ole betonirun-
koon verrattavaa suurta ominaismassaa, jonka takia mm. tuulikuormien hallinnasta sekä ääne-
neristävyuden toteuttamisesta aiheutuu ongelmia rakenteiden jäykistykselle. Myös puukerrostalo-
jen palamista pelätään yleisesti enemmän kuin betonirunkoisten kerrostalojen, vaikka palones-
toon on olemassa valmiita ratkaisuja. (Valkola, 2022b, 13–14.)

Ijäksen (2013, 205.) väitöstyön mukaan puukerrostalorakentamisen mahdollistamiseksi olisi avoi-
mesti nostettava esille rakentamiseen liittyviä ongelmia sekä pyrkiä osoittamaan alan vahvuuste-
kijöitä, jotka synnyttävät ensin vuokra-asuntomarkkinoita ja sitten myös omistus- ja sijoitusasun-
tomarkkinoita. Kohteiden toteuttamiseksi hankkeen eri osapuolten välille tarvitaan riskejä jakava
sopimuksiin perustuva toimintamalli sekä taho, joka voi rakennuttaa asuinpuukerrostaloja myös
omaan pitkäkestoiseen omistukseensa. Lisäksi pitkäaikaiseen kokemukseen perustuva hankkeista
kertynyt tieto rakennuttajatahoilta tulee hyödyntää, siirtämällä se lähtötiedoksi tukemaan han-
kesuunnitteluvaiheen ratkaisuja. Näin rakennushankkeeseen ryhtyvillä on mahdollisuus rajata
pois aikaisemmin huonoiksi todettuja toimintatapoja jo hankkeen suunnitteluvaiheessa.

Valkola (2022b, 13–14.) mukaan tekniset haasteet ovat kuitenkin vielä suhteellisen helposti rat-
kaistavissa hyödyntämällä tiettyjä suunnitteluratkaisuja sekä kaupallisia tuotteita. Puukerrostalo-
jen kilpailukykyä Suomessa rajoittavat pikemminkin kymmenen keskeistä liiketoiminnallista on-
gelmaa. Valkolan johtopäätösten mukaan nämä ovat tuplakateongelma, viranomaisongelma, vo-
lyymivaihtelun ongelma, henkilöstöongelma, elementtien saatavuusongelma, yhteensopivuus-
ongelma, innovaatio-ongelma, riskiongelma, typologiaongelma, ja muokattavuusongelma. On-
gelmat ovat havainnollistettu oheisessa kuvassa. (2022b, 13–14.)



Kuva 5. Kuvassa on esitetty ajatus uudesta asuinpuukerrostalorakentamisen ekosysteemistä (Valkola, 2022a).

Valkolan (2022b, 13–14.) mukaan tuplakateongelma syntyy, kun puukerrostalohankkeen päävastuu säilyy edelleen rakennusliikkeellä, vaikka puuelementtivalmistaja tekeekin huomattavan suuren osan toteutuksesta, esimerkiksi tilaelementtejä käytettäessä. Tällöin rakennusliikkeen perinteinen työmaavaihe ei tuota betonirakentamiseen verrattaessa rakennusliikkeelle paljoakaan laskutettavaa työtä, josta rakennusliikkeen kate myös tietyiltä osin muodostuu. Koska puuelementtirakentaminen on kaiken lisäksi usein vielä vierasta ja toteutustapojen vaihtelua on edelleen suhteellisen paljon, liiketoiminnan katevaatimus luonnollisesti nousee riskien lisääntyessä. Elementtitehtaan ja pääurakoitsijan eli usein rakennusliikkeen on saatava kuitenkin hankkeesta riittävän suuri kate, jolloin myös toiminta voi olla riskeihin suhteutettuna järkevää.

Tuplakateongelman ratkaisuun on ehdotettu eräänlaista katejakomallia. Tässä elementtivalmistaja laskuttaisi ensin vain omakustannushinnan ja myöhemmin koko urakan katteesta jaettaisi

vielä osuus elementtivalmistajalle. Koska rakennusliikkeellä ei tarvitsisi lisätä omasta vastuustaan johtuvan katevaatimuksen päälle suurimman työn tehneen elementtivalmistajan katetta täysimääräisenä, projektin kokonaiskate pienenee asiakkaan eduksi. Tällöin katetta ei lisätä ”katteen päälle”. Katevaatimuksen pienentäminen toki vaatii vastuiden sopeuttamista siten, että kummallakaan osapuolella ei ole syytä hinnoitella samaa hankkeen riskiä kahteen kertaan. Myös organisaatioita sopeuttamalla esivalmistettuun puurakentamiseen voi saada säästöä, jolloin kokonaiskatevaatimus voi olla maltillisempi. (Valkola, 2022b, 13–14.)

Viranomaisongelma syntyy siitä, että vaikka puurakentamista toisaalta tuetaan hallinnollisesti, silti on usein havaittavissa käytännössä, kuinka paikallisviranomaiset ja rakentamismääräykset ovat varsin juurtuneita teräsbetonirakentamiseen. Vaikka puurunkoisia rakennuksia vaaditaan, niiden kustannuksia usein myös nostetaan tarpeettomasti eri viranomaisten toimesta. Eri alueilla paikallisviranomaisten tulkinnoissa on eroja, jotka ovat omiaan hidastamaan puukerrostalorakentamisen yleistymistä. Myös puukerrostalorakentamiseen kohdistuvia, usein perusteiltaan kyseenalaisia haittoja tulisi vähentää määräyksistä. Tällöin puurakentamista voitaisiin tuoda paremmin samalle viivalle betonirakentamisen kanssa ilman, että suoranaisesti pelkästään kasvatetaan vain puurakentamisen etuja. (Valkola, 2022b, 13–14.)

Rakentamisen volyymivaihtelun ongelma tulee, kun uuden kerrostalohankkeen vetäminen on usein huomattavan suuri projekti suhteessa alueen markkinoihin sekä siellä toimivien yritysten toimintavolyymiin. Rakennusliikkeiden pärjäämistä edesauttaa hyvä paikallistuntemus, joka helpottaa kannattavien tonttien ja hankkeiden etsimistä sekä osaltaan auttaa myös asioinnissa alueen viranomaisten kanssa. Viranomaisongelma vaihtelevine tulkintoineen on siis tavallaan kytköksissä tähän volyymivaihtelun ongelmaan, mikäli rakennusliike suunnittelee laajentavansa samoilla toimintametoodeilla uudelle paikkakunnalle. Tällöin viranomaisongelma voikin tuoda yllättäviä kuluja, koska paikallistuntemusta ei ole rakennusliikkeelle kertynyt. (Valkola, 2022b, 13–14.)

Voimakas volyymivaihtelu aiheuttaa helposti tilanteen, jossa pienehköjen paikallisorganisaatioiden on todella vaikea laajentaa puurakentamisen toimintaansa uusille alueille. Myöskään osavien työntekijöiden ja aliurakoitsijoiden matkustusvalmius ei aina ole varmaa ja uusilla paikkakunnilla puurakentamisen todellisia osajia on usein käytännössä mahdoton löytää. Perinteistä betonirunkoista kerrostaloa rakennettaessa elementtivalmistusta, henkilöstöä ja aliurakoitsijoita on helpompi ulkoistaa tarpeen tullen rajusti vaihtelevan toimintavolyymin tasaamiseksi. Tämä tekee betonikerrostalohankkeen toteuttamisesta taloudellisesti turvallisempaa. (Valkola, 2022b, 13–14.)

Jotta voidaan rakentaa kustannustehokkaasti, tulee hankkeeseen osallistuvien kenttähenkilöiden sekä suunnittelijoiden olla kokeneita. Tässä tullaan henkilöstöongelmaan. Tällaisen kokeneen henkilöstön saatavuus puukerrostalohankkeeseen ei ole varmaa eikä ennustettavaa. Ennustettavuuden puute henkilöstön osalta on haaste, koska rakentaminen alkaa usein vasta yli vuoden kulluttua hankepäättöksen jälkeen. Suurin osa alueen urakoitsijoista on voinut keskittyä tiettyyn rakentamistapaan eikä puukerrostalojen tekemiseen parhaiten soveltuvaa henkilöstöä olekaan tarvittaessa saatavilla. Toisaalta puukerrostaloille ominainen pitkälle viety esivalmistus osaltaan lieventää tätä ongelmaa, koska iso osa työvaiheista on toteutettavissa jo tehtaalla. (Valkola, 2022b, 13–14.)

Henkilöstöongelman lieventämiseen liittyen Ijäs (2013, 205–206.) toteaa suunnittelijoista aloitettavan täydennyskoulutuksen lisäksi systemaattisen ja monialaisen puukerrostaloihin liittyvän tutkimustoiminnan käynnistämisen olevan tärkeää. Aiheeseen liittyvän tiedon koostaminen avoimesti saataville sekä sen luokittelu tieteellisen aineiston luokittelun mukaisen julkaisutyyppin mukaisesti edistää tavoitteita. Myös puukerrostalojen suunnittelua ja rakentamista ohjaamaan tehtävä päivitettävä ohjeisto auttaa rakennushankkeeseen ryhtyviä välttämään riskipitoisiksi todettuja ratkaisuja.

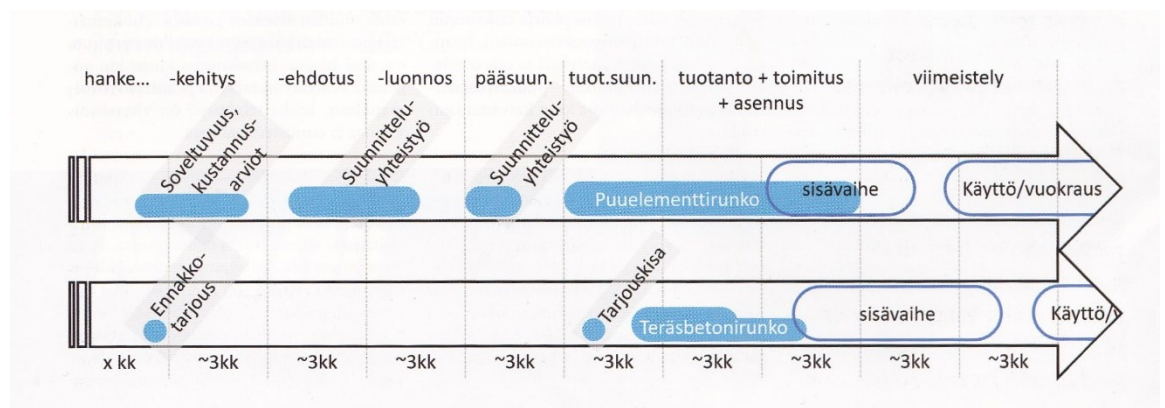
Elementtien saatavuusongelma kumpuaa siitä, kun kerrostalojen rakentamista edeltävät suunnittelu- ja hankintojen kilpailutustoimet ovat suhteellisen hitaita toteuttaa. Tämän takia kerrostalon rakentamismenetelmä pitää valita jo vuosia ennen varsinaisen rakentamisen aloittamista. Tässä on myös riski, että mitä suurempi jalostusaste rakennusliikkeen hankinnoilla on, sen isompi muutos niiden toimitusaikoihin ja hintoihin ennen tilausta on mahdollinen. Lisäksi pitkälle esivalmistetuissa elementeissä logistiikkakustannusten osuus on suhteellisen suuri, jolloin useiden vaihtoehtoisten elementtitoimittajien puuttuminen tarpeeksi läheltä työmaata on myös riski. Elementtien saatavuuden turvaamiseksi ei ole helppoa myöskään vaihtaa elementtitoimittajaa kesken projektin, koska eri valmistajien elementit eivät ole keskenään vaihtokelpoisia. Tämä on omiaan kasvattamaan hankkeen kokonaisriskiä suhteettoman suureksi. (Valkola, 2022b, 13–14.)

Yhteensopimattomuusongelma on puuelementeillä huomattavan suuri verrattuna betonielementtirakentamiseen, jossa lähes kaikki teräsbetonielementtitoimittajat valmistavat tuotteita, jotka ovat keskenään vaihtokelpoisia. Teräsbetoniteollisuus tuottaa standardipohjaisia elementtejä, ja niiden käyttö on yleisesti tuttua ja turvallista rakennusalan toimijoiden kesken. Tällöin myös hankkeissa voidaan työt ja vastuut jakaa selkeästi, tarjoukset laskea tarkasti ja elementtihankinnat kilpailuttaa tehokkaasti. Tämä myös auttaa yksittäisiä rakennusliikkeitä parantamaan

hankkeidensa kannattavuutta osaavalla projektinhallinnalla, vaikka suorittavia työtehtäviä osin myös ulkoistetaan. (Valkola, 2022b, 13–14.)

Yhteensopimattomuusongelman takia puukerrostalon rakentajalla ei ole juuri ollenkaan käytettävissä vastaavia betonirunkoisten kerrostalojen rakentamista helpottavia kilpailuetuja. Näiden etujen puutteen vuoksi täytyy puukerrostaloa rakentavan rakennusliikkeen ja elementtitoimittajan tehdä koko hankkeen ajan tiivistä yhteistyötä. Mikäli rakennusliike on keskittynyt myös perinteiseen betonirakentamiseen, jää sille helposti paljon päällekkäisiä organisaatorakenteita ja vastuita. Nämä ovat omiaan nostamaan katevaatimuksia, koska suhteettoman suuri organisaatio, vaikkakin hetkellinen, on kuitenkin kustannuksia nostavaa hukkaa. (Valkola, 2022b, 14.)

Puukerrostaloa tehdessä rakennusliikkeen sekä elementtitoimittajan yhteistyön määrä ja tarve korostuu huomattavasti verrattuna betonirunkoiseen kerrostaloon. Seuraavassa kuvassa sininen väri havainnollistaa yhteistyön tarvetta aikajanalla. Kuvassa ylempänä on puuelementtirunkoa ja alempana betonielementtirunkoa kuvaavat nuolet. (Valkola, 2022b, 13–14.)



Kuva 6. Kuvassa on esitetty sinisellä rakennusliikkeen sekä elementtitoimittajan välisen yhteistyön tarvetta puu- sekä betonirunkoisen kerrostalon tapauksissa (Valkola, 2022b, 13–14).

Innovaatio-ongelma johtuu siitä, että usein rakennusalalla ei haluta poiketa totutusta, varsinkaan runkorakenteiden osalta. Runko on kuitenkin rakennuksessa huomattavan kallis, kriittinen ja pysyvä osa. Toisaalta myös rakennusliikkeille elintärkeän suoritusvarmuuden pelätään vaarantuvan, mikäli lähdetään toteuttamaan kovin suuria muutoksia runkorakenteissa. Koska suoritusvarmuus on myös kilpailutekijä, siitä halutaan luonnollisesti pitää viimeiseen asti kiinni. Onkin usein helppoa tavoitella innovaatioita esimerkiksi energiaratkaisuissa tai kiinteistöautomaatiikassa, jotka ovat kokonaisuuden kannalta pienempiä osia. Kuitenkin myös teräsbetonirakentajilla on

usein halua parantaa teräsbetonirunkojen tuotantotehokkuutta ja yksinkertaisuutta. Tätä innovointia rajoittaa pitkälti epävarmuus muutosten todellisesta kannattavuudesta. (Valkola, 2022b, 14.)

Riskiongelma syntyy, koska runkorakennetta arvioidaan kriittisesti sen suhteen, miten se on toteutettavissa ja miten kestävä se on. Runko on myös rakennuksessa huomattavan kallis ja pysyvä osa, joten suuret muutokset totuttuihin tapoihin rakenteen toteutuksessa nähdään usein suurena riskinä. Tällöin rakennushankkeen tilaajat ja rakentajat joutuvat huomioimaan kasvaneen riskin hinnoittelussaan. Koska rakentamisen sekä rakennuksen käytön aikaista tietoa ja kokemusta uudesta rungon toteutustavasta ei ole vielä kertynyt, ovat mahdolliset riskit omiaan lisäämään epävarmuutta ja kustannuksia. (Valkola, 2022b, 14.)

Ijäs (2013, 198.) tarkentaa väitöskirjassaan riskiongelmaa rakennuttajien ja rakennusliikkeiden näkökulmasta, joiden käsitysten mukaan uusiin toimintatapoihin ja tuotteisiin liittyy kustannuksia aiheuttavia riskejä. Totuttuja toimintatapoja ollaan sen varovaisempia muuttamaan, mitä suuremmasta muutoksesta on kysymys. Myös kiinteistön omistaja arvioi muutosten vaikutusta kokonaiskustannuksiin pitkään omistusaikaan peilaten.

Valkolan (2022b, 14.) mukaan riskiongelmalla on lisäksi huomattavan suuri vaikutus myös perustajaurakointiin eli gryndaukseen. Rakennusliikkeellä ei perustajaurakoinnissa ole erillistä tilaajaa hankkeelle, joten rakennusliikkeen omat vastuut ja riskit kasvavat. Kuitenkin rakennusliikkeen itse toteuttamissa hankkeissa on suurin mahdollisuus uuden kehittämiselle ja sitä myöten paremmille tuotoille. Siksi näitä rakennusliikkeen itse toteutettavia, varmasti kannattaviksi viilattuja hankkeita olisi hyvä saada enemmän käyntiin, jotta puukerroistaloista voisi ikinä tulla houkutteleva vaihtoehto rakennusliikkeille.

Typologiaongelma on usein esimerkiksi kaavoituksen, kaupunkien, tai tilaajien vaatimuksista johtuva ongelma. Ongelma syntyy, kun rakennukselle vaaditaan erityistä ulkonäköä, muotoja, tai muuten sellaisia ominaisuuksia, joiden toteuttaminen kustannustehokkaasti elementtitehtaalla on käytännössä mahdotonta. Kun ratkaisuja aletaan lopulta toteuttamaan työmaalla, on elementtitehtaan roolin merkitys jopa entisestään kannattavuutta heikentävä. (Valkola, 2022b, 14.)

Elementtitoimittajilla on usein hyvin tiedossa heidän näkökulmastaan edulliset perusratkaisut, rakenteet, rakenteiden muodot ja ominaisuudet. Näiden lähtökohtien soveltaminen sekä yhteensovittaminen muihin vaatimuksiin on suunnittelussa usein haastavaa. Tällöin esivalmistus ei pa-

himmillaan aina ole edes sopivin vaihtoehto hankkeen toteuttamiselle. Paikan päällä rakentaminen on vielä pitkään huomattavasti joustavampi vaihtoehto kuin esivalmistus, joskin esivalmistuksen muuntautumiskyky ja prosessit kehittyvät hiljalleen. (Valkola, 2022b, 14.)

Viimeisimpänä ongelmana on muokattavuusongelma. Varsinkin markkinaehtoisesti omistusasuntoja rakennettaessa syntyy paljon enemmän vaihtelua ja muokkausten tarvetta verrattuna asun-tosijoitusyhtiöiden tai kaupunkien tilaamiin hankkeisiin. Kun mahdolliset asuntojen ostajat pää-sevät vaikuttamaan asuntojen rakentamiseen, tieto muokkausten tarpeesta tulee suhteellisen myöhään rakennusliikkeille. Vuokra-asuntojen rakentaminen on siinä mielessä yksinkertaisempaa, ja ne soveltuvat siten suhteellisen hyvin tehtäviksi tehtailla, koska kaikki mahdolliset ratkaisut ovat tiedossa jo varhaisessa vaiheessa projektin alkumetreillä. (Valkola, 2022b, 14.)

Puukerrostalojen osalta muokattavuutta vaikeuttaa lisäksi huoneistojen pohjaratkaisujen sekä kiinteiden sisustusratkaisujen muokkauksen haasteet, jotka johtuvat puuelementtien pienemmästä kuormankanto- ja jäykistyskapasiteetista suhteessa betoniin. Kun tilaelementit tehdään tehtaalla käytännössä sisustuksineen valmiiksi, ne soveltuvat heikommin tiettyihin omaperusteisiin rakennusprojekteihin. Ainakin viime hetken muokkausten teko on käytännössä suhteettoman haastavaa ja kallista. (Valkola, 2022b, 14.)

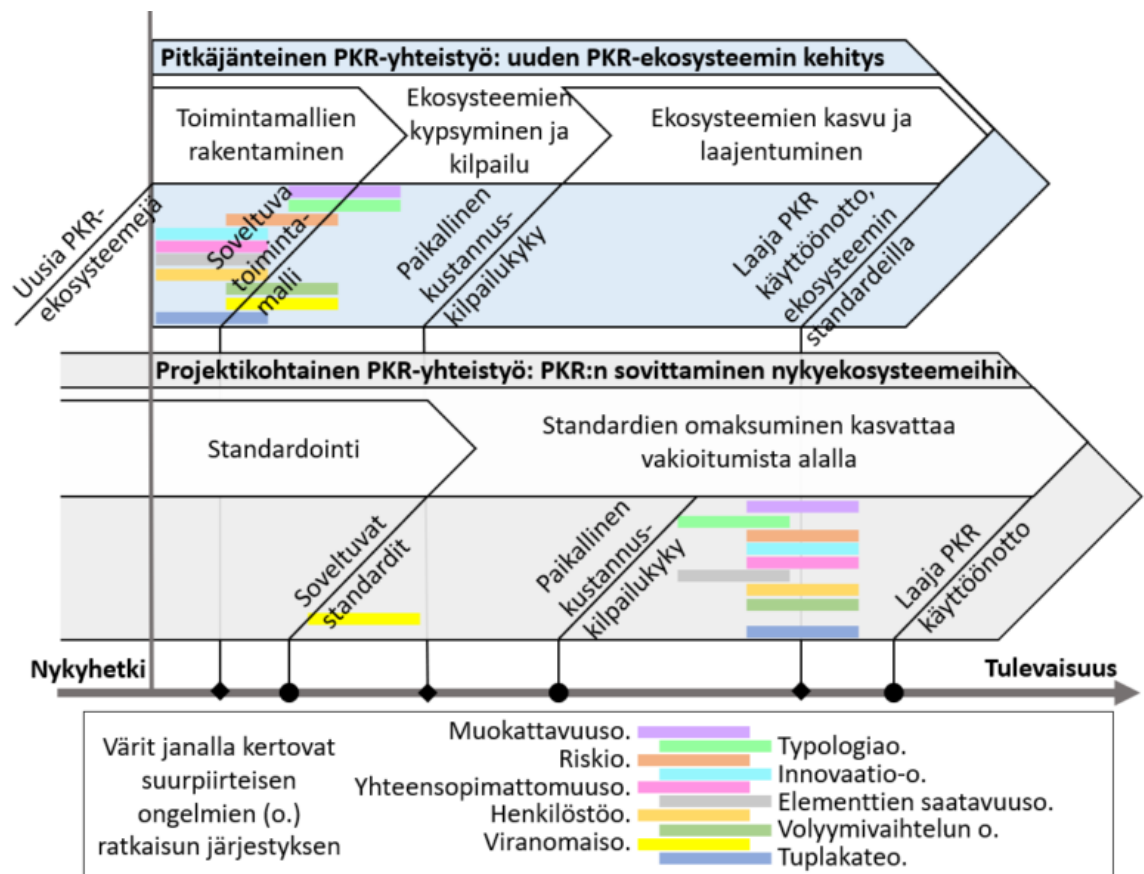
Mikäli puukerrostalojen rakennusratkaisut ja toimintatavat olisivat keskenään samanlaisia useamman alan toimijan keskuudessa, useat edellä mainituista ongelmista helpottuisivat. Teräsbetonielementtiteollisuus on siinä mielessä huomattavasti edellä puukerrostaloteollisuutta, että siellä yhtenäistämisen edut on omaksuttu jo varsin hyvin. Olisi siis aihetta pohtia, kannattaisiko puukerrostaloalan kehittämisessä panostaa huomattavasti nykyistä enemmän ratkaisujen ja menetelmien avoimeen vakiointiin alan yritysten kesken. (Valkola, 2022b, 14.)

Puukerrostalorakentamisen kannattavuuden parantaminen pelkästään yhtenäisten ratkaisujen ja menetelmien vakioinnin avulla on kuitenkin monella tapaa kyseenalaista. Siinä on Valkolan tutkimuksen mukaan lukuisia haasteita, kuten seuraavat:

1. kaikki ratkaisut ovat aluksi uusia alan eri toimijoille.
2. Ratkaisut ovat enemmän tai vähemmän kompromisseja, eivätkä ne ole täysin optimaalisia alan eri toimijoiden omiin ratkaisumalleihin nähden.
3. Uuden ratkaisun kehittäminen ei onnistu ilman yhteistyötä, ja lisäksi sen sovittaminen kunkin yrityksen aiempiin toimintoihin voi olla kallista ja kannattamatonta.

4. Alan suurimmat toimijat eivät kenties tahdo vaarantaa kilpailuasemaansa jakamalla ratkaisujaan eteenpäin.
5. Yhtenäistämisen onnistumista on vaikea varmistaa, koska on olemassa riski, että kukaan ei ota vastuuta sen toteuttamisesta ja onnistumisesta.
6. Yhtenäistäminen voi hankaloittaa luontaista kilpailua eri ratkaisujen välillä, jolloin alan kehittyminen vaarantuu.

Vaikka ratkaisujen ja menetelmien yhtenäistäminen on sinänsä hyvä tavoite, ei se välttämättä ole puukerrostalorakentamisen kilpailukyvyyn parantamiseksi ainoa oikea tie. On myös mahdollista tukea alan kilpailullisuutta kumppanuuskohtaisesti. Tällöin alan parhaat ratkaisut voisivat luonnostaan levitä eri toimijoiden keskuuteen ja ne yhtenäistävivät alaa sen mukaan, miten ratkaisuja keksitään. Oheisessa kuvassa mallinnetaan kahta eri vaihtoehtoista tapaa puukerrostalorakentamisen lisäämiseksi. (Valkola, 2022b, 14.)



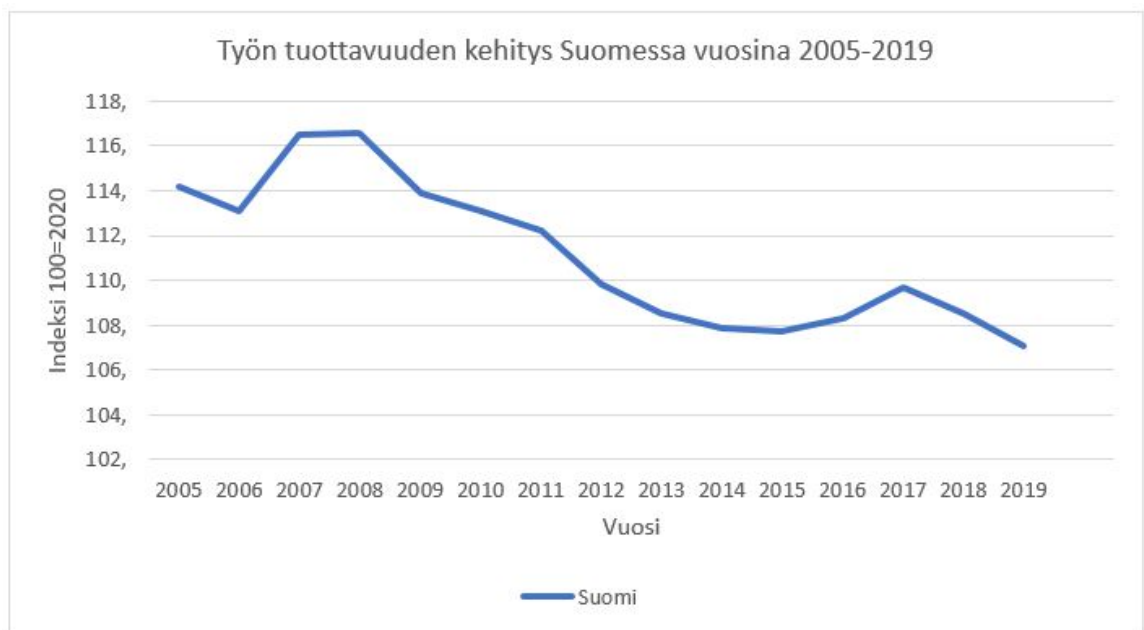
Kuva 7 Kuvassa on esitetty kaksi mahdollista lähestymistapaa puukerrostalorakentamisen (PKR) valtavirtaistamiseen alan ekosysteemeissä (Valkola, 2022a).

Puuelementit ovat suhteellisen keveitä ja varsin mittatarkkoja rakennusosia. Ne voidaan esivalmistella hyvin pitkälle kuivissa tehdasolosuhteissa. Tehdasolosuhteissa on myös mahdollisuus hyödyntää alati kehittyvää automaatioita. Lisäksi henkilöstön hyödyntäminen valmistusprosessissa voidaan virtaviivaistaa pitkälle. Näin saavutetaan luonnollisia kilpailutekijöitä, jotka siivittävät puuelementtien yleistymistä rakentamisessa. Tämän kehityksen turvaamiseksi alalla ei ole syytä tehdä liikaa kompromisseja, jotka pahimmillaan ovat vain jarruttamassa puurakentamisen kehitystä. (Valkola, 2022b, 14.)

2.3 Työn tuottavuuden kehitys

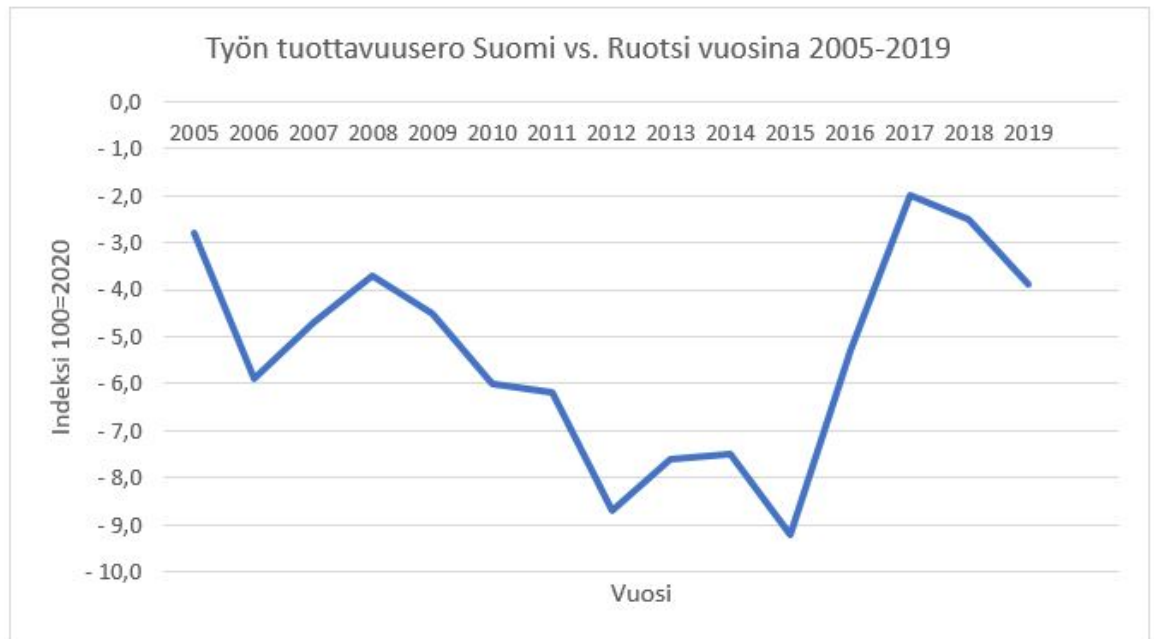
Työn tuottavuutta määriteltäessä kansakunnan aikaansaama arvonlisäys tai tuotos eli bruttokansantuote jaetaan sen toteuttamiseksi käytettyjen työtuntien määrällä. Uusklassisen talousteorian mukaisesti talouskasvu syntyy etupäässä työn tuottavuuden kasvusta. Siksi työn tuottavuudesta ja sen kehityksestä ollaan yleisesti kiinnostuneita. Työn tuottavuus on tärkeä muuttuja, vaikkakaan se ei selitä kokonaan esimerkiksi yleistä palkkakehitystä. (Kaivo-oja, 2021.)

Suomessa on oltu viime aikoina yleisesti huolissaan työn tuottavuuden heikosta kehityksestä suhteessa keskeisiin kilpailijamaihin. Työn tuottavuuden kehitys on ollut Suomessa aleneva 1990-luvun puolivälistä alkaen, ja myös viime vuosien aikana työn tuottavuuden kasvu on ollut hyvin hidasta, kuten oheisesta kuvasta voidaan havaita. (Kaivo-oja, 2021.)



Kuva 8. Työn tuottavuuden kehitys Suomessa vuosien 2005–2019 välillä (Kaivo-oja, 2021).

Seuraavan taulukon negatiivinen indeksinumero kertoo, että Ruotsissa on tehtyä työtuntia kohden huomattavasti parempi työn tuottavuus kuin Suomessa (Kaivo-oja, 2021).



Kuva 9. Työn tuottavuusero Suomi vs. Ruotsi vuosina 2005–2019 (Kaivo-oja, 2021).

Viime vuosikymmenen jälkeen kaikissa teollisissa maissa työn tuottavuuden kasvu on hidastunut. Kuitenkin verrattuna esimerkiksi Ruotsiin, Saksaan ja Yhdysvaltoihin, Suomessa kasvun hidastuminen on ollut paljon suurempaa. Ero on niin merkittävä, että yleisesti sama tuotanto, joka valmistuu Suomessa kymmenessä päivässä, valmistuu Ruotsissa yhdeksässä päivässä. On huomionarvoista, että tehdyt työtunnit eivät vaikuta tässä vaan pelkästään saavutettu tuottavuus työtuntia kohden. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022.)

Suomi ei ole onnistunut hyötymään teknologian kehityksestä eikä myöskään tieto- ja viestintätekniikan investoinneista samalla tavoin kuin keskeiset kilpailijamaat, joissa nämä heijastuvat osaltaan tuottavuuden kasvuun. Esimerkiksi Ruotsin verrattain parempi tuottavuuden kasvu on syntynyt palveluilla. Ruotsissa tietoon ja osaamiseen perustuvien palveluiden tuottavuus on kehittynyt muita aloja vahvimmin, ja se selittää eniten Ruotsin etumatkaa. Lisäksi Ruotsissa investoinnit palvelualueille ovat kasvaneet pitkään, ja se myös osaltaan edesauttaa viennin ja tuottavuuden kehitystä. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022.)

Työn tuottavuutta voidaan edistää myös politiikan keinoin. Perinteinen tapa on osaamistason vahvistamiseen, eli koulutukseen investoiminen. Lisäksi investoinnit uuteen teknologiaan edesauttavat osaltaan työn tuottavuuden kehitystä. Myös sääntelyn purkaminen, ja kilpailun edistäminen ovat varteenotettavia keinoja. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022.)

Politiikan keinoin toteutettava tuottavuuden edistäminen on kuitenkin vaikutuksiltaan epäsuoraa ja se vie lisäksi paljon aikaa. Siksi kaikki sellaiset toimet, jotka tukevat uusien ideoiden syntymistä eli innovointia, ideoiden käyttöönottoa, sekä niiden leviämistä, ovat tervetulleita. Myös tuotannon voimavarojen siirtymistä taantuvilta aloilta kasvaville toimialoille tulee parantaa. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022.)

Valtiotasolla työn tuottavuutta voidaan myös edistää muun muassa lisäämällä rahoitusta tutkimukseen ja kehittämiseen sekä kannustamalla yrityksiä tuotanto- ja kehitysinvestointeihin. Lisäksi henkilökunnan ja johtajien pätevyyttä sekä osaamista voidaan kohentaa esimerkiksi koulutuspolitiikalla ja työperäisellä maahanmuutolla. (Valtionvarainministeriö, 2021.)

Mikäli valtiotasolla elinkeinoelämän ja investointien sääntelyä pohditaan kilpailun, markkinoille tulon, sekä investointien edistämisen näkökulmasta, se kannustaa korkean tuottavuuden yrityksiä paitsi tuotannon, myös voimavarojen kasvattamiseen. Lisäksi osaavan työvoiman liikkuvuus, ja tietynlainen työmarkkinoiden sääntely auttavat tavoitteiden saavuttamisessa. (Valtionvarainministeriö, 2021.)

Viennin, työllisyyden ja investointien edistämiseksi hyvä hintakilpailukyky on avainasemassa. Hintakilpailukykyyn vaikuttavat enimmäkseen työkustannukset sekä työn tuottavuus. Lisäksi kotimaiset, markkinoilla määräytyvät kustannukset ja työehdot vaikuttavat kilpailukykyyn. Kilpailukyky tulisi aina vertailla ja seurata, jotta se pysyisi kilpailijoiden asettamissa raameissa, jolloin kyky luoda vaurautta voisi ylipäätään säilyä. (Valtionvarainministeriö, 2021.)

2.4 Rakentamisen laadun nykytila ja sen kehitys

Erilaiset selvitykset maalaavat synkkää kuvaa suomalaisen rakentamisen laadusta. Esimerkiksi Rakentamisen Laatu Rala ry ja Rakennusliitto tekivät suomalaisille työmaille kyselyn, jossa rakentamisen laadun kokivat hyväksi vain puolet vastanneista vuonna 2018. Myös Yleisradion samana vuonna toteuttaman selvityksen mukaan suomalaisista yli 60 prosentin mielestä rakentaminen on menettänyt hyvän maineensa. Lisäksi rakennusten kosteus- ja sisäilmaongelmia pidetään laajalti suurena yhteiskunnallisena ongelmana. (Hyyryläinen, 2020, 14.)

Suomessa rakentamisen kansainvälistä kilpailukykyä, tuottavuutta ja laatua on alettu aktiivisesti parantaa jo vuonna 1989 Teknologian kehittämiskeskuksen toimesta. Tuomalla esille huonon laadun kustannuksia sekä rakennuksen käyttäjän ja omistajan näkökumia, oli tarkoitus luoda muutoksia alan toimintatapoihin. Laadun parantamista on tavoiteltu mm. virheiden ennaltaehkäisyllä, rakennusprosessien tehostamisella ja vientiedellytysten parantamisella. (Hyyryläinen, 2020, 14.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki asetuksineen, rakentamismääräykset, ohjeistukset ja normit ohjaavat suomalaista rakennustoimintaa. Kuten on todettu, suomalaisen rakennustuotannon laatua sanotaan huonoksi eikä asuntojen laatutaso miellytä ostajia. Nykyisten rakentamismääräysten laatu näkökulma on kapeaa, koska se perustuu määräyksiin, määräysten noudattamisen tarkastamiseen ja valvontaan. Kaikki muu laatutyö jää rakennushankkeeseen osallistuvien tahojen kontrollille. (Saarenpää, 2010, 7.)

Asiakkaan tarpeet sekä kokemukset laadusta on tunnistettu vasta 2000-luvulle tultaessa keskeiseksi laadukkaalle toiminnalle, vaikka laadusta onkin kirjoitettu paljon myös 1990-luvun lopulla, jolloin laatujärjestelmien kehittäminen oli useilla rakennusalan yrityksillä jo ajankohtaista (Hyyryläinen, 2020, 14). Todellinen, kokonaisvaltainen laatutoiminta sekä laatu on huomattavasti enemmän kuin määräysten, asetusten ja lain noudattamista. Keskeisiin ominaisuuksiin hyvän laadun ja laatutoiminnan näkökulmasta kuuluu asiakkuus, sen sisäistäminen ja ymmärtäminen kaikkea toimintaa ja ajattelua ohjaavaksi tekijäksi. (Saarenpää, 2010, 190.)

Laatujärjestelmien kehittämisen suhteen toiminta koko rakennusalalla on ollut varsin hidasta. Monella muilla aloilla erilaisia laatujärjestelmiä on alettu toteuttaa jo 1940-luvulta alkaen. Rakennusalan toimintaympäristö on varsinkin työmaan osalta usein varsin paikallista toimintaa, mikä

on osaltaan hidastanut laatujärjestelmien yleistymistä. Myöskään asiakkaat eivät ole niitä perinteisesti vaatineet, minkä takia kilpailuetua ei ole tarvinnut kasvattaa laatujärjestelmien kautta. Vasta myöhemmin asiakkaiden yleisen vaatimustason kasvaminen on luonut tarvetta laatujärjestelmien kehittämiseksi. Lisäksi viranomaiset osaavat jo vaatia yrityksiltä ainakin laatusuunnitelmia. (Hyyryläinen, 2020, 14.)

Rakentamisen laatuongelmia on kartoitettu myös Valtion teknologian tutkimuskeskus VTT:n toimesta. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että useimmiten syynä laatuongelmiin on johtamisen puutteet ja heikko ennakkosuunnittelu. On tutkittu, että vaikka työmaan johdon määrään ja osamiseen tulee kiinnittää erityistä huomioita, myös työmaan yleinen ilmapiiri heijastuu laatuun. Mikäli työmaalla on toimiva laatukulttuuri ja laatuvirheisiin puututaan tunnollisesti, valittua laatua on helpompi toteuttaa. (Hyyryläinen, 2020, 14.)

Muita rakennusalan yleisimpiä laatuongelmien aiheuttajia ovat liian tiukat aikataulut ja kiire, sekä vaativat olosuhdetekijät ja kosteus. Myös huonot suunnitelmat ja niiden puutteet ovat yleinen ongelmien lähde. Lisäksi työntekijöiden välinpitämättömyys, ja mahdolliset kieliongelmat ovat usein laatuvirheiden taustalla. (Hyyryläinen, 2020, 14.)

Vaikka asiakasnäkökulmaa ymmärretään jo painottaa rakennusalalla, tuottaa asiakkuuden määrittely asiakastarpeineen edelleen haasteita. Esimerkiksi rakennusurakoitsijan asiakas on usein rakennuttaja, tavallinen kuluttaja taas asukas, ja joskus myös asiakastaho voi olla vaikkapa suunnittelija, riippuen kenestä projektin toimijasta on kyse. Käytännössä useat yritykset keskittyvätkin vain omalta osaltaan virheiden vähentämiseen. Tämä taas johtaa siihen, että kokonaisprosessien laatu jää asiakasnäkökulmineen liian vähälle huomiolle. (Hyyryläinen, 2020, 14.)

2.5 Tavanomaisen CLT- rakennusprosessin kulku

CLT-talon rakentaminen alkaa huolellisesta suunnittelusta. Koska CLT-levyt valmistetaan ja työstetään jo tehtaalla valmiiksi, asennettaviksi elementeiksi, on suunnitelmien tarkkuuteen ja oikeellisuuteen kiinnitettävä erityistä huomioita. Muutoksia esimerkiksi sähköjohtojen läpivienteihin on jälkikäteen haastava toteuttaa työmaalla. Siksi pääpiirustuksiin laaditaan LVI-, sähkö- ja rakenne suunnitelmat tarkoin, jonka jälkeen tehdään lopulliset elementtisuunnitelmat. Kun elementtisuunnitelmat ovat valmiit, voidaan niiden perusteella valmistaa ja työstää CLT-levyt. (Crosslam, 2023.)

Kun CLT-levyt on valmistettu, ne pakataan ja kuljetetaan työmaalle. Levyt puretaan nosturin avulla kuormasta joko välivarastoon tai asennetaan suoraan paikoilleen valmiiden perustusten päälle. Levyjä asennettaessa saumat tiivistetään tiivistysmassalla ja levyt kiinnitetään toisiinsa sekä ympäröiviin rakenteisiin järeillä ruuveilla. Kohteen mukaisesti levyt useimmissa tapauksissa eristetään ulkopuolelta ja sisäpuolelle jää näkyviin lopullinen CLT-pinta, joka aikanaan hiotaan ja käsitellään mieltymysten mukaan. Kun CLT-levyt on saatu asennettua, voidaan myös vesikattorakenteet sekä muut rakenneosat tehdä työmaalla valmiiksi. (Crosslam, 2023.)

CLT-levyt soveltuvat myös erinomaisesti taso- tai tilaelementtirakentamiseen. Tilaelementtirakentaminen on yleistä varsinkin CLT-runkoisia kerrostaloja toteutettaessa. Tilaelementtien suunnittelussa kuljetusmitat aiheuttavat omat rajoitteensa. Valmiit tilaelementit voivat sisältää jo esimerkiksi jopa LVIS- asennukset, ikkunat ja ovet, kalusteet ja varusteet sekä lopullisesti käsitellyt sisäpinnat. Kun tilaelementti on valmistunut tehtaalta, se kuljetetaan työmaalle ja asennetaan nosturilla paikoilleen. (Crosslam, 2023.)

Kerrostalojen tilaelementtirakentaminen tuo CLT:tä käytettäessä etuja, kuten hyvin ääntä eristävät välipohjien ja seinien kaksoisrungot. Lisäksi rakennusaikaisia valu- tai juotostyövaiheita kuivumisaikoihin ei tarvita. Tilaelementtirakentamisen myötä tavanomaisen puukerrostalon rakentamisaika työmaalla on muutamia kuukausia. Mikäli rakentamisaika on lyhyt, se ei myöskään sido pääomia kovin kauaa, jolloin pääomien tuotto voidaan pitää parempana. (Crosslam, 2023.)

3 Laadunhallintaa ja kilpailukykyä tukevat järjestelmät

Tässä työssä käsitellään kolmea yleistä laadunhallintaan liittyvää järjestelmää: Lean, 5S ja ISO 9001. Nämä järjestelmät ovat suhteellisen tunnettuja ja ne ovat jalkautuneet lukuisiin erilaisiin työympäristöihin ja monenlaisille toimialoille. Tämä luku avaa hieman järjestelmien taustaa ja keskeisimpiä periaatteita. Teoriat on koostettu erityisesti rakennusalalle soveltuvien metodien näkökulmasta.

3.1 Lean laadunhallinnan tukena

Likerin (2010, 20–21.) mukaan leanin historia alkaa toisen maailmansodan jälkeisestä Japanista, jossa niihin aikoihin perustetun Toyota Motor Corporationin autotehtaan tavoitteena oli kasvat-
taa tehtaan tuottavuus Fordin tasolle. Tehtävän hoitaminen uskottiin Taiichi Ohnolle (1912–
1990). Taiichi Ohno toimi tuohon aikaan Toyotan tehtaanjohtajana. Taustalla vaikutti myös hänen
esimiehensä Eiji Toyoda, joka oli tutustunut Yhdysvalloissa Fordin River Rouge -kompleksiin.
Aluksi Toyotan täytyi omaksua valmistusprosessin malli Fordilta. Tällöin Toyotalle aukesi mahdol-
lisuus kehittää toimintatavat, joilla saavutettaisiin entistä joustavampi valmistusprosessi, korke-
ampi laatu, lyhyemmät läpimenoajat ja matalammat kustannukset.

Lean-termi on tullut tunnetuksi kahden kirjallisen teoksen, ”Lean Thinking” ja ”The Machine That
Changed World” ansiosta. Teoksien pohjatutkimuksen ja kirjoittamisen lähtökohtana on ollut To-
yotan tuotantojärjestelmä TPS (Toyota production system) sekä Toyotan siitä edelleen kehittämä
versio. TPS-filosofian mukaisia toimintatapoja on sovellettu sittemmin lukuisilla eri aloilla ja eri
yrityksissä, ja niitä on analysoitu sekä dokumentoitu myös laajalti eri maissa. TPS on ollut seuraava
suuri tehokkaiden yritysprosessien kehitysvaihe, joka on syntynyt Henry Fordin kehittämän mas-
satuotannon jälkeen. (Liker, 2010, 20–21.)

Flinchbaughin ja Carlinon kirjan mukaan (2006, 93.) leanista sanotaan, että se ei ole kokoelma
valmiita järjestelmiä, kehitystyökaluja tai periaatteita. Se ei ole myöskään mittareita, siivousoh-
jelmia tai arvovirtakaavioita. Se ei ole yksittäinen prosessi tai asia, vaan lean on tapa, miten kaikki
toimii yhdessä muodostaen organisaation ”käyttöjärjestelmän” ytimen. Lean on kulttuuri, jota ei
voi toteuttaa vain osana organisaatiota vaan se on oltava koko työyhteisön yhteinen matka ja

asia. Leanin kulttuuri muodostaa yrityksen ”käyttöjärjestelmän”, ja se on kaiken yrityksen toiminnan perusta, jonka päälle muut toiminnot rakentuvat. Tämän yrityksen ”käyttöjärjestelmän” toiminnan tunteminen on ehdottoman tärkeää, jotta lean voidaan juurruttaa sen ytimeksi.

Kajaste ja Liukko (1994, 8–9.) toteavat kirjassaan konkreettisemmin, että Lean toiminnan perustana on asiakkaalle tuotettu lisäarvo. Asiakkaan tarpeet ohjaavat yrityksen toimintaa ja leanin periaatteiden mukaan asiakastarpeet ovatkin todella tärkeässä roolissa yrityksen toimintojen järjestämisessä. Leanin perusajatukseseen kuuluu se, että asiakastarpeita kartoitetaan systemaattisesti ja jatkuvasti, ja että asiakaskontakteja ylläpidetään kaikilla tasoilla. Näin asiakkaan tarpeet luovat yrityksen toiminnalle päämäärän ja tarkoituksen. Tämän asiakaslähtöisen kehittämistoiminnan tavoitteena on lisäarvo, joka syntyy, kun yrityksen toimintaa kehitetään ensisijaisesti asiakasnäkökulmasta. Lisäarvoa tuottavia tekijöitä ovat laatu, aika ja hinta.

Lean Enterprise Instituten aineiston perusteella (Lean Enterprise Institute, 2021.) lean-filosofian ydinajatuksena on se, että asiakkaalle tuotettu arvo maksimoidaan samalla kun minimoidaan käytetyt resurssit ja hukka. Yksinkertaisesti ajateltuna lean tarkoittaa käytäntöä, jossa lisäarvoa tuotetaan asiakkaalle jatkuvan kokeilun avulla entistä pienemmillä resursseilla. Äärimmillään leanin tavoite on tuottaa asiakkaalle täydellistä laatua siten, että myös arvonalisäysprosessi on täydellinen. Täydellinen arvonalisäysprosessi ei sisällä hukkaa ollenkaan.

Lean-ajattelu alkaa aina asiakkaasta. Täytyy miettiä mitä asiakas arvostaa tai mikä ongelma asiakkaan on ratkaistava. Itse lean-käytäntö taas lähtee työstä. Työ tarkoittaa tekoja, jotka tuottavat asiakkaalle arvoa suoraan ja välillisesti. On myös huomioitava tätä työtä tekevät ihmiset, jotka jatkuvan kokeilemisen ja innovoinnin kautta oppivat työssään. Oppimisen kautta työntekijät ja johtajat voivat parantaa laatua ja sujuvuutta, vähentää aikaa ja vaivaa sekä lopulta alentaa kustannuksia. (Lean Enterprise Institute, 2021.)

Leanin käytännöt omaksuva organisaatio voi sopeutua nopeasti toimintaympäristössään jatkuvasti tapahtuviin muutoksiin. Tämä luo kilpailuetua muihin yrityksiin nähden, joilla tämä muuntautumiskyky on heikompi, sillä muutokset ovat yleensä väistämättömiä varsinkin pitkällä aikavälillä. Lean-ajattelu sekä -käytännöt synnyttävät organisaatioon systemaattisen jatkuvan oppimisen kulttuurin, jonka auttaa yritystä menestymään alati muuttuvassa kilpailu- ja markkinatilanteessa. (Lean Enterprise Institute, 2021.)

Leanin periaatteet omaksunut yritys on organisoitu siten, että ymmärrys asiakkaasta ja hänen tarpeistaan on sisäistetty toiminnan kaikilla osa-alueilla. Tämän ymmärryksen perusteella voidaan määrittää asiakkaan tavoittelema arvo ja miettiä parhaat tavat tarjota se asiakkaalle toiminnan eri tasoilla. Nämä tasot ovat:

1. Tuote- ja prosessikehitys
2. Toteutusvaihe eli tilaus-tuotanto-toimitus-ketju
3. Tuotteen/palvelun elinkaaren aikainen huolto ja päivitys
4. Kierrätys.

Näistä tasoista jokaisen tulisi tarjota asiakkaalle oma arvonsa mahdollisimman laadukkaasti ja tehokkaasti. (Lean Enterprise Institute, 2021.)

Lisäksi Tuominen (2009.) tarkentaa kirjassaan, että lean ei ole yksittäinen saavutettava tila yrityksessä vaan se on jatkuvan oppimisen ja kehityksen prosessi. Jotta yritys voi saavuttaa leanin mukaisen toimintakulttuurin, sen tulee oppia lean-tekniikoita ja lean-filosofiaa. Leanin soveltamista on myös harjoiteltava organisaation kaikilla eri tasoilla. Leanin periaatteet tulisi ajatella elävinä ja jatkuvasti kehittyvinä toimintatapoina, jotka muodostavat lopulta yrityksen toimintajärjestelmät.

Leanissa on kaksi keskeistä periaatetta. Ensimmäisen periaatteen mukaan materiaali, tiedot ja tuotteet tulee virrata keskeytymättömästi yrityksen liiketoimintaprosessissa. Tämä virtaus tulee luoda leanin mukaisilla käytännöillä. Käytännössä tämä edellyttää leanin aputyökalujen hyödyntämistä. Näitä aputyökaluja ovat imuohjaus, standardoitu työ, nopeat työkalujen ja tuotelinjojen vaihdot, laadunohjaus, siisteys ja järjestys. Nämä kaikki menetelmät auttavat aikaansaamaan tuotantoon keskeytyksettömän virtauksen, jota voidaan jatkuvasti parantaa sekä ylläpitää. (Tuominen, 2009.)

Toisena periaatteena on yrityksen johdon sitoutuminen. Johdon tulee olla sitoutunut investoimaan henkilöstöön sekä edistämään yrityksessä jatkuvan parantamisen kulttuuria. Myös lean-filosofian sisäistäminen ja sen opettaminen henkilöstölle on johdon keskeinen tehtävä. Näin henkilöstölle voidaan luoda ja varmistaa hyvät edellytykset toteuttaa yrityksessä leanin edellyttämiä toimenpiteitä. (Tuominen, 2009.)

Suomen lean-yhdistyksen aineistossa (Suomen lean-yhdistys, 2021.) edellä mainittujen lean-periaatteiden hyödyt kiteytyvät hyvin käytäntöön, kun siellä todetaan menestyvien yrityksen ja organisaatioiden erottuvan usein sillä, että ne ovat ketteriä löytämään uusia ratkaisuja toimintansa kehittämiseen sekä uuden liiketoiminnan luomiseen. Kyky ratkaista ongelmia vaatii taitoa ja rohkeutta keskeisimpien, kehitystä haittaavien ongelmien tunnistamiseen sekä uusien ratkaisujen löytämiseen ja nopeaan toteuttamiseen.

Lean-filosofia on ajattelutapa, jonka keskiössä on organisaatioiden ja henkilöstön ongelmanratkaisutaitojen kehittäminen. Siihen kuuluu työyhteisön toimintamallien tarkka, avoin ja perusteellinen arviointi. Kun toimintamalleja tarkastellaan ja seurataan säännöllisesti, niitä voidaan myös parantaa jatkuvasti. Vauhti ei ole tärkeintä vaan määrätietoinen liike kohti asetettuja tavoitteita. (Suomen lean-yhdistys, 2021.)

Leanin mukaisen toiminnan kehittäminen on pitkäjänteistä. Sen tulee tukea kaikkien osapuolten välistä kunnioittavaa ja arvostavaa yhteistyötä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että eri toimijoilla on halua kuunnella toisiaan ja tilaa esittää omia ajatuksia. Yksi keskeisimpiä ajatuksia lean-filosofian toteuttamisessa onkin, että on uskallettava ajatella omaa mukavuusaluetta avarammin. On kuitenkin muistettava, että mikään organisaatio ei voi muuttua yhdessä yössä. Jos muutoksia viedään läpi liiallisella kiireellä, hyvätkään aiheet eivät toteudu. Leanin mukaiset muutokset tapahtuvat vähitellen, jotta muodostuu jatkuvasti kehittyvä ja oppiva organisaatio. (Suomen lean-yhdistys, 2021.)

Yankelevitch ja Kuhl toteavat kirjassaan (Yankelevitch & Kuhl 2015, 88.), että vaikka leanin käsitteet ovat suhteellisen yksinkertaisia, on niiden omaksuminen, soveltaminen ja siirtäminen yrityksen toimintaympäristöön todella haastava projekti, joka vaatii paljon työtä. Jotta yrityskulttuuri voidaan muuttaa leanin periaatteiden mukaiseksi, se vaatii yrityksen jokaiselta jäseneltä päättäväisyyttä, pitkäjänteisyyttä ja tahtoa. Lean-filosofian juurruttaminen organisaation rakenteisiin on aina matkana pitkä ja aikaa vievä muutos. Jotta lean saadaan kestäväksi osaksi yrityksen kulttuuria, on jokaisen prosesseihin osallistuvan henkilön ymmärrettävä sen periaatteet huolellisesti. On myös löydettävä tahtoa soveltaa niitä jokapäiväiseen toimintaan sekä oltava valmis sitoutumaan leanin jatkuvan kehityksen malliin.

Toyotan esimerkin kautta Womack, Jones ja Roos (Womack, Jones & Roos 2007, 85.) avaavat puolestaan Leanin soveltamista ja periaatteita toteamalla, että Toyota Production System (TPS) tuotantomallin perusteena on pieni varastosaldo, vähäiset tuotantopuskurit (välivarastot), yksinkertainen valmistustekniikka ja prosessimallinen tuotanto. Tämä tuotantomalli synnytti käsitteen

lean, kun autovalmistajien tuottavuustasoja vertailututkija Krafcik keksi kuvailla tehtaan toimintaa kyseisellä määritelmällä. Lean-sana tarkoittaa englannin kielessä laihaa tai niukkaa. Tässä yhteydessä se kuvaa siis prosessia, jossa kaikkea on vähän, mutta kuitenkin juuri sopivasti.

Leanissa on kuusi keskeistä periaatetta. Ensimmäinen on jatkuvan parantamisen asenne. Muina periaatteina ovat yhteinen tavoite, arvotuotto asiakkaalle, operatiivisten toimijoiden kunnioitus, visuaalinen ohjaus ja joustavat sekä kehittyvät prosessit. Hukka taas merkitsee lean-filosofiassa sitä, että se on kaikkea tarpeetonta, joka ei tuota asiakkaalle lisäarvoa. Hukka voi olla ajan, materiaalin, resurssien tai hyödyntämättömien ideoiden hukkaa. Myös turhat liikkeet, varastoinnit, siirtelyt ja viat aiheuttavat kustannuksia, ja siten näkyvät leanissa tarpeettomana hukkana. (Womack, Jones & Roos 2007, 85.)

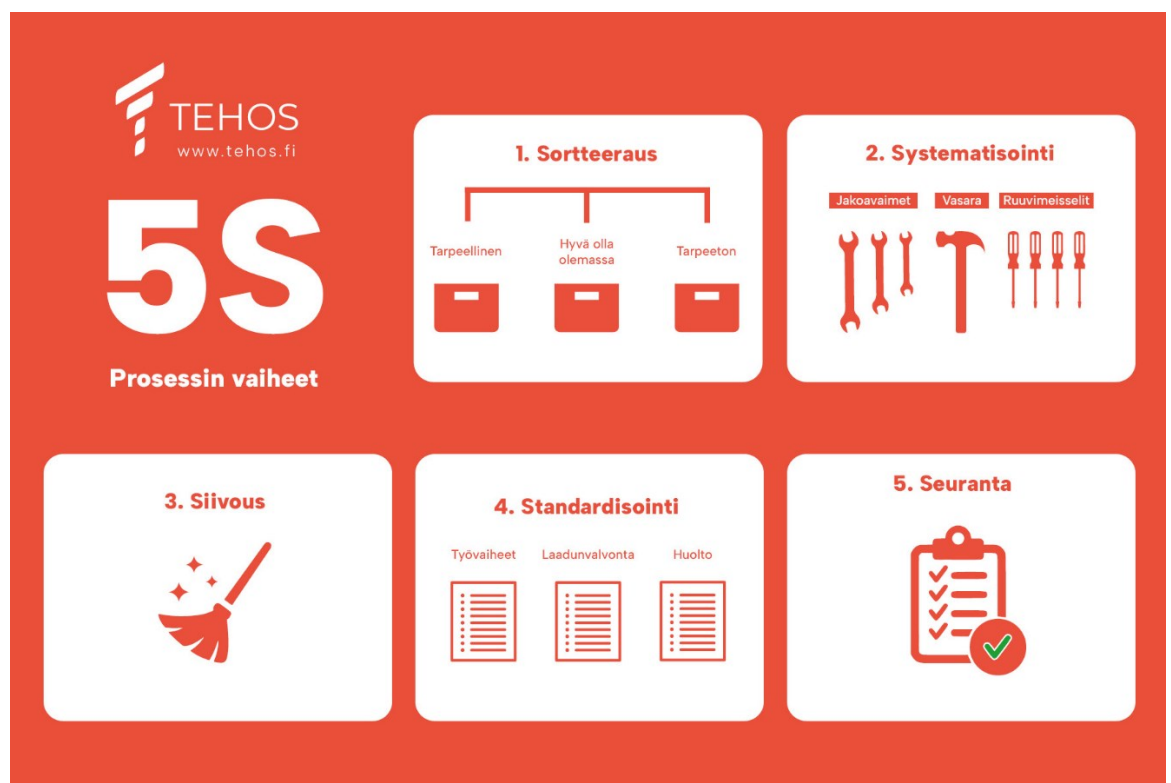
Lean-filosofiassa laadun sekä työn tuottavuuden jatkuva parantaminen perustuvat hukan poistamiseen yrityksen organisaation prosesseista. Leanissa hyödynnetään seuraavia menetelmiä:

1. Asiakkaalle on luotava arvoa.
2. Tunnistettava prosessin arvovirta.
3. Luotava esteetön virtaus.
4. Toteutettava imuohjaus tuotantoon huomioiden asiakkaan tarpeet.
5. Eliminoitava hukka.
6. Jatettava täydellisyys tavoittelua jatkuvalla arvon tunnistamisella.

Kaikki nämä edellä mainitut menetelmät lopulta tähtäävät tarpeettoman hukan poistamiseen ja sen myötä tuottavuuden ja laadun paranemiseen. (Womack, Jones & Roos 2007, 85.)

3.2 5S ja sen soveltaminen

Organisaatiot voi aloitella lean-toimintaa esimerkiksi toiminnan selkeyttämiseen ja siisteyteen tarkoitetun 5S-menetelmän avulla. 5S tulee sanoista sortteeraus, systematisointi, siivous, standardisointi ja seuranta, joita alla oleva kuva havainnollistaa. Nämä toimenpiteet auttavat esimerkiksi pitämään työkalut oikeissa paikoissa ja hyvässä käyttökunnossa. Lisäksi samalla leaniin kuuluva järjeistämistä ja ongelmanratkaisua voi edesauttaa miettimällä ongelman ilmetessä viisi kertaa ”miksi”. Näin saadaan ongelmien juurisyitä selville, jolloin niitä päästään ratkaisemaan. (Vuorinen, 2017, 75–76.)



Kuva 10. 5S-periaate selkokielellä (Tehos Oy, 2023).

5S on leaniin kuuluva työkalu siistin, organisoidun ja turvallisen työympäristön luomiseksi. Se on useimmiten ensimmäinen lean-työkalu, jonka organisaatiot ottavat käyttöön. Tämä johtuu paljolti siitä, että 5S-toimii hyvänä perustana muiden eri lean-periaatteiden, kuten virtauksen toteuttamiseksi. 5S soveltuu kaikille toimialoille, vaikka se onkin alkujaan kehitetty Japanissa teollisuuden työpaikkojen organisointia ja työmenetelmien standardointia varten. (Salminen, 2021, 128.)

5S käsitetään usein pelkäksi siivousohjelmaksi, vaikkakin se on syvempi kulttuurimuutos. 5S sisältää useita erilaisia toimintoja, joiden avulla voidaan poistaa tarpeetonta hukkaa. Esimerkiksi turvallisuuspuutteista johtuvia onnettomuuksia tai asioiden ja tavaroiden turhaa etsimistä. Lisäksi myös tilankäyttöä ja laadunhallintaa voidaan usein tehostaa. (Salminen, 2021, 128.)

5S:ää voidaan hyödyntää käytännössä rakentamisessa esimerkiksi seuraavilla toiminnoilla: (Salminen, 2021, 129.)

1. Sortteeraa. Työpaikan tavarat kannattaa käydä läpi, ja siirtää tarpeettomat pois. Yleissääntönä voi pitää, että jos tavaraa ei ole käytetty 30 päivään, eikä sille ole käyttöä seuraavan 30 päivän aikana, se siirretään työalueelta pois selkeään varastopaikkaan. Organisaatiossa pois siirrettävät tavarat voi merkitä vaikkapa väritarralla, ja nimetty henkilö voi huolehtia tavarantoimituksen, poiston tai jatkolähteyksen eteenpäin. (Salminen, 2021, 129.)
2. Systematsoi eli järjestä. Varastointi- ja säilytysmenetelmiä tulee systematisoida ja kehittää ”oma paikka kaikelle”-periaatteella. Kun kaikilla tavaroilla ja asioilla, kuten työkaluilla tai tietokoneen tiedostoilla on oma paikkansa, ne siirretään sinne. Organisaatiossa yhteisesti kehitetyt standardit määrittävät, miten kunkin tavarantoimituksen tai asian paikka merkitään. Yleissääntönä voidaan pitää sitä, että jokainen työalueen ulkopuolinenkin henkilö voi löytää tarvitsemansa 30 sekunnissa. (Salminen, 2021, 129.)
3. Siivoa. Työpaikalla tehdään aina päivittäinen siivous. Toimintatilat sekä säilytys- ja varastointitilat suunnitellaan siten, että järjestystä on helppo ylläpitää ja myös vähentää tuloja siivoustarpeita. Tarvittaessa pinnat puhdistetaan ja maalataan. (Salminen, 2021, 129.)
4. Standardisoi. Työpaikan parhaat käytännöt standardisoidaan ja vakioidaan yhdessä työntekijöiden kanssa siten, että myös lajittele-, järjestä- ja puhdistus-toimintojen ylläpito helpottuu. Lisäksi luodaan työaluekohtainen tarkastuslista, jolla varmistetaan yhdenmukaiset käytännöt ja poistetaan vaihtelut. Prosessien vakioiminen ja onnistumisen tarkkailu estää paluun takaisin lähtötilanteeseen. (Salminen, 2021, 129.)
5. Seuranta. Sovittujen käytäntöjen noudattamisesta on pidettävä huolta. Auditointi- ja tarkastusprosesseja käytetään, jotta 5S-toiminnot juurtuvat kiinteäksi osaksi organisaation

kulttuuria. Tällöin yhdessä sovittuja käytäntöjä ylläpidetään, jatkuvista parannustoimista tehdään ehdotuksia ja niitä myös toteutetaan. (Salminen, 2021, 129.)

3.3 ISO 9001 laadunhallintastandardi ja sen hyödyntäminen organisaatioissa

ISO on lyhenne sanoista International Organization for Standardization. Sen julkaisema ISO 9001 on kansainvälisesti tunnettu, maailmanlaajuinen standardi laadunhallintaan. ISO 9001 laadunhallintasertifikaatteja on myönnetty jo yli miljoona kappaletta 189 eri maassa. Standardi auttaa kaikenkokoisia yrityksiä erilaisilta toimialoilta parantamaan suorituskykyään, vastamaan asiakkaiden odotuksiin sekä osoittamaan organisaation sitoutumisen laatuun. ISO 9001 vaatimukset määrittelevät, kuinka laadunhallintajärjestelmä (QMS) luodaan, toteutetaan, ylläpidetään ja miten sitä parannetaan jatkuvasti. (ISO, 2023.)

ISO 9001 standardi asettaa siis vaatimukset organisaation omalle laadunhallintajärjestelmälle. Se myös toimii hyvänä työkaluna laadunhallintajärjestelmän rakentamiseen ja kehittämiseen. ISO 9001 soveltuu lisäksi myös johtamisjärjestelmän perustaksi. (SFS, 2023.)

ISO 9001 korostaa eri laadunhallinnan periaatteita, kuten asiakaslähtöisyyttä ja jatkuvaa parantamista. Esimerkiksi asiakkaiden luottamuksen ja tyytyväisyyden varmistamiseksi organisaation laadunvalvontaprosessit tulee olla kunnossa. Lisäksi ISO 9001 ohjeilla asiakkaiden valitusten ratkaisu on tehokkaampaa, ja ne edistävät oikea-aikaista sekä tyydyttävää ongelmanratkaisua. (ISO, 2023.)

ISO 9001 etuja on myös prosessien parantamiseen tähtäävät toimet. Ne auttavat tunnistamaan ja poistamaan tehottomuuksia, virtaviivaistamaan toimintaa, vähentämään jätettä ja edistämään päätöksentekoa, joka perustuu oikea-aikaiseen tietoon. Kunnolliseen tietoon perustuva päätöksenteko myös johtaa kustannussäästöihin sekä parempiin tuloksiin. (ISO, 2023.)

ISO 9001 standardin käyttö tähtää jatkuvan optimoinnin toteutumiseen. Mikäli ISO 9001 sertifioidaan organisaatiossa, säännöllisten auditointien ja arviointien avulla organisaatioiden laatu järjestelmien kehittämisestä voidaan tehdä jatkuvaa. Myös paremman kilpailukyvyn ja pitkän aikavälin menestyksen saavuttaminen helpottuu. (ISO, 2023.)

ISO 9000 -standardisarjaan kuuluu kolme päästandardia, ISO 9000, ISO 9001, ja ISO 9004. Nämä standardit ovat tarkoitettu käytettäväksi yhdessä kokonaisuutena. Standardeja sovellettaessa tu-

lee aloittaa standardista ISO 9000 (Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto.). Tämä auttaa organisaatiota sisäistämään laadunhallinnan periaatteet (QPM), asiaan liittyvän sanaston ja keskeiset käsitteet. Myös käsitteiden sekä sanaston liittymäpinnat liiketoiminnan kehittämiseen ja organisaation johtamiseen tulevat tutuiksi, jolloin järjestelmällinen laadunhallinta mahdollistuu. (SFS, 2023.)

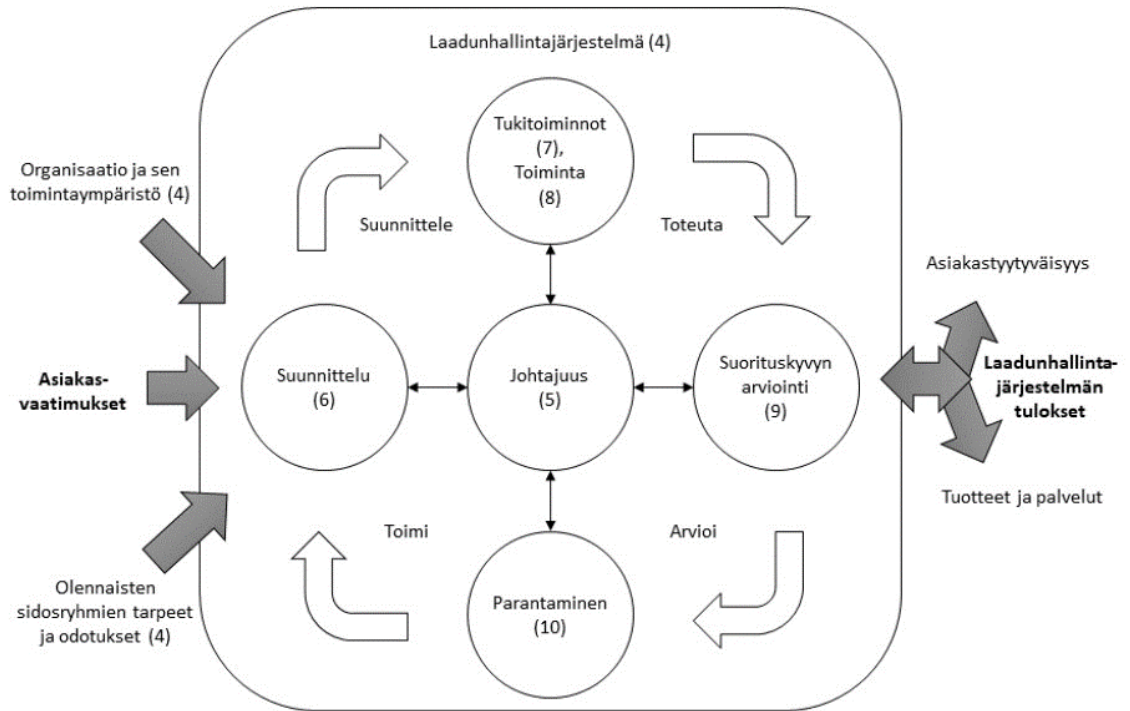
Usein yritykset soveltavat suoraan pelkästään standardia ISO 9001, ja perehtyminen ISO 9000 - johdantostandardiin on jäänyt puutteelliseksi. Optimaalinen järjestys olisi ISO 9000 käyttöönoton jälkeen jatkaa standardiin ISO 9004 (Laadunhallinta. Organisaation laatu. Ohjeita jatkuvan menestyksen saavuttamiseen.). Tämän standardin avulla organisaation suorituskykyä voidaan järjestelmällisesti vaalia ja parantaa. (SFS, 2023.)

ISO 9004 auttaa organisaatioita saavuttamaan jatkuvan menestyksen monimuotoisessa ja alati muuttuvassa toimintaympäristössä laadunhallinnan periaatteiden avulla. Standardi sisältää johtamisjärjestelmän suunnittelun, toteuttamisen, analysoinnin, arvioinnin ja parantamisen. Standardi tähtää siihen, että organisaation yhteinen arvo- ja strategiaperusta muodostetaan oikein ymmärrettyjen ja hyödynnettyjen laadunhallinnan perusteiden avulla. (SFS, 2023.)

Vasta kun organisaation toiminnan laatu sekä jatkuva menestys on saatu pohjustettua, kannattaa siirtyä soveltamaan standardia ISO 9001 (Laatujärjestelmät. Vaatimukset.). Tällöin aletaan kiinnittää huomiota omien tuotteiden ja palveluiden vaatimustenmukaisuuden sekä asiakastyytyväisyyden varmistamiseen ja parantamiseen. ISO 9001 määrittelee laadunhallintajärjestelmän vaatimukset organisaatiolle, joihin vastaamalla organisaatio kykenee tuottamaan asiakasvaatimukset täyttäviä tuotteita ja palveluita jatkuvasti ja johdonmukaisesti. Kun hyvä asiakastyytyväisyys on saavutettu ja sitä parannetaan jatkuvasti, syntyy nykyisissä ja tulevaisissa asiakkaisissa luottamus siihen, että laatuvaatimukset täytetään. (SFS, 2023.)

Sen lisäksi, että organisaatio voi arvioida standardien soveltamisen onnistumista itsenäisesti, on myös mahdollista hakea toiminnalle organisaation ulkopuolinen varmistus sertifikaatin muodossa. Kun organisaation laadunhallintajärjestelmä varmasti vastaa ISO 9001 vaatimuksia, sille voidaan myöntää sertifikaatti. Sertifikaatin hankinta organisaation ulkopuolisen toimesta tuo usein erilaisia näkökulmia ISO-standardien soveltamiseen. Lisäksi organisaatio voi viestiä sertifikaatin avulla ulkopuolisille sidosryhmille asiakaskeskeisyydestään ja kyvystä investoida asiakastyytyväisyyteen. (SFS, 2023.)

ISO 9001 standardin rakenne PDCA-mallin mukaisesti



Kuva 11. ISO 9001 Standardin rakenne PDCA-mallin (suunnittele-toteuta-arvioi-toimi) -mallin mukaisesti (Dromberg, 2022).

Yllä olevassa kuvassa sulkeissa olevat numerot viittaavat ISO 9001 standardidokumentin kappaleisiin, joissa on tarkempaa tietoa kustakin osa-alueesta standardin luomiseksi. Prosessimaisen toimintamallin tapaan toimiva organisaatio voi määrittellä ja hallita prosesseja sekä niiden välisiä vuorovaikutuksia järjestelmällisesti omassa toimintaympäristössään. (SFS-EN ISO 9001, 2015.)

4 Tutkimus

Tieteellinen tutkimus on luova prosessi, joka edistyy vaiheittain. Siinä on yleensä ennalta määritelty etenemistapa, jossa tutkimusaiheeseen perehtyminen johtaa välivaiheiden kuten tutkimuksen suunnittelun ja toteuttamisen kautta tutkimuksen raportoimiseen. Tutkimusprosessin eri osa-alueet ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Tutkimusprosessin seuraava osa-alue voi vaikuttaa edelliseen osioon täsmentävästi ja myös muuttaa sitä. Tutkimusprosessi kuitenkin etenee koko ajan. (Koppa, 2021a.)

Tutkimus aloitetaan valitsemalla aihe, johon perehdytään aikaisempien tutkimusten pohjalta. Perehtymisvaiheessa saatu käsitys tutkittavista aiheista ja tärkeimmistä tutkimuskysymyksistä jalostetaan kirjalliseen muotoon tutkimussuunnitelman avulla. Tutkimussuunnitelmassa tutkimuksen lähtökohdat, toteuttaminen ja raportointi suunnitellaan jo varsin yksityiskohtaisesti. Tutkimuksen etenemistä ohjaava tutkimussuunnitelma voi myös tarkentua tai muuttua tutkimusprosessin kuluessa. (Koppa, 2021a.)

Laadullisessa eli kvalitatiivisessa tutkimuksessa yleensä tavoitellaan tutkittavan ilmiön sisäistämistä tutkimuksen kohteena olevien henkilöiden näkökulmasta. Tällöin ollaan kiinnostuneita tutkimuksen kohdehenkilöiden kokemuksista, ajatuksista, tunteista ja kaikista niistä merkityksistä, joita tutkittavat ihmiset asialle antavat. Laadullinen tutkimus käsittelee siis yhteyttä teorian, empirian ja käytännön välillä. (Puusa, Juuti, & Aaltio, 2020, johdanto.)

Laadullinen tutkimus on myös menetelmäsuuntaus, joka pyrkii ymmärtämään kohteen laatua, merkityksiä ja ominaisuuksia kokonaisvaltaisesti. Laadullisen tutkimuksen toteuttamismenetelmien yhteisenä piirteenä ovat näkökulmat, jotka huomioivat kohteen esiintymisympäristön ja taustan, kohteen tarkoituksen ja merkityksen sekä myös asiaan liittyvät ilmaisut ja kielen. Laadullisen tutkimuksen parina on usein määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus. Se perustuu kohteen kuvaamiseen sekä tulkitsemiseen numeroita ja tilastoja hyödyntämällä. (Koppa, 2021b.)

Kun tutkimus ajaa myös muutosta ja kehittämistä, se on usein tiettyjen välineiden avulla toteutettava ja tiettyyn asiayhteyteen räätälöitävä kokonaisuus. Tutkija siis rajaa tutkimustaan valitsemalla millaisia työvälineitä käytetään, miten niitä käytetään ja mihin hän niitä käyttää. Tutkija rajaa tällöin tutkimuskenttensä tietoisia valintojaan hyödyntäen. Kun nämä rajaukset ja valinnat

kerrotaan sekä perustellaan tutkimuksen lukijalle, voi hän arvioida tutkimuksen luotettavuutta ja käytettävyyttä. (Hurting, Laitinen, & Uljas-Rautio, 2010,)

4.1 Kyselytutkimus ja tutkimusstrategia

Erilaiset kyselyt ovat nykyään monille tuttuja lyhyistä mielipidetiedusteluista aina laajoihin kyselytutkimuksiin saakka. Kyselytutkimukset ovat tärkeä tapa kerätä ja tarkastella tietoa erilaisista yhteiskunnallisista asioista, ilmiöistä, ihmisten toiminnasta, asenteista, mielipiteistä ja arvoista. Kyselytutkimuksen kohteet ovat usein moniulotteisia sekä monimutkaisia. Kaikkia kyselyitä ei voi pitää tutkimuksena, ja tutkimuksellisuuden aste vaihtelee usein. (Vehkalahti, 2019, 11.)

Kyselytutkimuksen toteuttamiseen on kaksi päätyyppiä. Ensimmäinen on perinteinen kyselytutkimus ja toinen on haastattelututkimus. Perinteisen kyselytutkimuksen toteuttamiseksi tutkija voi hyödyntää kyselylomaketta, jonka avulla hän esittää vastaajille ennakkoon harkittuja kysymyksiä. Kyselylomake on mittausväline, jota voi soveltaa laajalti eri tieteenaloilla. Haastattelututkimuksessa kysymykset taas esitetään suoraan vastaajalle tutkijan tai haastattelijan toimesta, usein kasvotusten tai puhelimitse. Vaikka haastattelulomake muistuttaa kyselylomaketta, on kyselylomakkeen kuitenkin aina toimittava täysin omillaan, ilman että haastattelijalla voi auttaa sen soveltamisessa. (Vehkalahti, 2019, 11.)

Kun tutkitaan ihmisten mielipiteitä asenteita tai arvoja, on olemassa lukuisia haasteita ja epävarmuustekijöitä. Esimerkiksi edustavatko kyselytutkimukseen osallistuvat tahot oikeaa perusjoukkoa, saadaanko tarpeeksi vastauksia, onko kysymyksiin vastattu oikeassa laajuudessa, mittaavatko kysymykset todella tutkittavia asioita, ovatko kyselyn mittarit luotettavia, onko kyselyn ajankohta oikea ja niin edelleen. Haasteita on siis niin tiedonkeruun, mittaamisen, kuin tutkimuksen sisällöllisten tavoitteidenkin osalta. (Vehkalahti, 2019, 12.)

Kyselytutkimuksen mittarit tarkoittavat kysymyksistä ja väittämistä koostuvaa kokonaisuutta, jolla erilaisia moniulotteisia ilmiöitä, kuten arvoja tai asenteita pyritään mittaamaan. Mittareita luodaan usein itse, koska valmiit mittarit eivät välttämättä sovellu tutkittaviin yhteyksiin. Usein myös kyselytutkimuksella mitattavat ilmiöt ovat lisäksi epävakaita, muuttuvia tai ne ilmenevät eri tavoin erilaisissa ympäristöissä. Tämäkin on huomioitava tuloksia mitattaessa. (Vehkalahti, 2019, 12.)

Kyselyt ovat tutkimusmenetelmänä merkittäviä, koska ne ovat toteutukseltaan suhteellisen yksinkertaisia ja nopeita. Lisäksi ne sisältyvät usein osana myös muihin tutkimusasetelmiin. Kun kyselylomake on testattu, luotettava, toistettavissa oleva, osuva, teknisesti toimiva, selkeä ja tarvittaessa identifioitava, siitä on silloin usein eniten hyötyä. Myös kyselylomakkeen lähettäminen, vastaanottaminen ja tallentaminen on hyvä suunnitella etukäteen, jotta tulokset olisivat helposti analysoitavissa. (Luoto, 2009.)

Kyselytutkimuksiin vastataan usein parhaiten, mikäli tutkittavat tietävät saavansa kirjallista palautetta tutkimuksen jälkeen. Lisäksi mahdolliset palkkiot, kyselyn lyhyys, henkilökohtaisuus, luottavuus ja saatekirjeen maininnat tutkimuksen hyödyistä nostavat useimmiten motivaatiota. Kyselyn kato eli vastaamattomien osuus kohderyhmästä on usein suurempi kuin alun perin ennakoitaan. Jos vastanneita on 70 prosenttia tai enemmän, kyselyä voidaan yleensä pitää jo onnistuneena. Mikäli vastaajia on alle 60 prosenttia, tuloksia on jo tutkittava varoen, sillä ne voivat olla liian valikoituneita pienen vastaajajoukon takia. (Luoto, 2009.)

Kyselytutkimukset ovat useimmiten määrällisiä tutkimuksia, joissa sovelletaan tilastollisia menetelmiä. Vaikka kysymykset esitellään sanallisesti, niin vastaukset ilmaistaan numeerisesti. Näin kyselyaineistot koostuvat pääosin mitatuista numeroista ja luvuista. Sanallisesti voidaan antaa täydentäviä tietoja tai vastauksia kysymyksiin, mikäli niiden esittäminen numeroina olisi haastavaa. Kun kyselytutkimuksen mittarit tuottavat numeerista tietoa, asioita on mahdollista tutkia tilastollisesti. (Vehkalahti, 2019, 13, 17.)

Hyvät ja perustellut kysymykset tuottavat parhaiten hyviä ja perusteltuja vastauksia, joilla on aidosti merkitystä. Tämä toimii myös haastatteluissa. Lähestymistapa on usein positiivinen. Haastattelijan on tarkoitus rakentaa kysymyksillään kokonaisuuksia, löytää uusia puolia ja tutustua toisen ihmisen ajatteluun. Kun kysymykset on esitetty ja vastaukset saatu, asiantila näyttää kirkkaammalta kuin ennen haastattelua. Tavoiteltaessa tätä kirkkautta haastateltavaa voi myös haastata ja kyseenalaistaa. Hyvä haastattelija voi esimerkiksi pystyä havainnoimaan, että haastateltavalla ei olekaan hyvistä lausahduksistaan huolimatta kunnan perusteluja esitystensä tueksi. (Seuri, 2020.)

Tässä opinnäytetyössä totutettu kysely on laadullinen tutkimus. Kyselyn taulukot tuottavat myös numeerista tietoa aiheesta. Tulosten analysoinnissa huomioidaan tulosten luokittelu eli abstrahointi isompiin pääkategorioihin ja yleiskäsitteisiin. Pääkategoriat ryhmittellään eli

klusteroidaan alaluokkiin, jolloin sisältöä on helpompi hahmottaa. Tekstiaineisto pelkistetään eli redusoidaan, jolloin tarkasta tutkimusaineistosta voi havaita parhaiten olennaiset asiat. Kyselyn analyysi on induktiivinen.

4.2 Kyselytutkimuksen kysymykset ja niiden tulokset

CLT-rakentamisen laadun ja tehokkuuden nykytilan sekä CLT-rakentamisen ongelmakohtien selvittämiseksi aihetta kartoitettiin kyselytutkimuksella alan eri toimijoiden näkökulmasta. Kyselyitä lähetettiin laajalti asiaan perehtyneille henkilöille. Kyselyt suunnattiin CLT-suunnittelijoille, arkkitehteille, CLT-tehtaille, asennusryhmille ja rakennusurakoitsijoille. Kyselyt toteutettiin pitkälti sähköistä kyselyalustaa Webropolia hyödyntäen.

Kyselyitä lähetettiin yhteensä 43 kappaletta. Näistä arkkitehteille meni 4 kpl, suunnittelijoille 8 kpl, CLT-tehtaille 8 kpl, CLT-tilaelementtitehtaille 3 kpl, asentajille ja urakoitsijoille 17 kpl ja muille asiantuntijatahoille 3 kpl. Vaikka kyselyitä on lähetetty kattavasti eri kohderyhmille, on realistisesti käsiteltävä otantajoukko hieman yli 30 henkilöä, joista 16 vastasi kyselyyn. Todellisuudessa realistisen otantajoukon koko perustui siihen, että lähiaikoina useita alan suuria, tärkeimpiä ja hyvin tuntevia toimijoita on mennyt konkurssiin. Rakennusala kyselyhetkellä kurittava konkurssiaalto on varmasti osaltaan vaikuttanut tilanteeseen, jolloin lopullinen vastaajajoukko ei ollut suurin mahdollinen. Konkurssin tehneiltä yrityksiltä tietoja ei liiemmin voinut olettaa olleen saatavissa kyselytutkimuksen keinoin, mutta alan tuntevien kohderyhmän ollessa suhteellisen pieni, on myös näiltä tahoilta silti pyritty keräämään vastauksia.

Kyselyt lähetettiin marras-joulukuun aikana vuonna 2023. Kyselyissä vastausaikaa oli kaksi viikkoa, ja vastaajia muistuteltiin aika-ajoin. Silti kyselyn vastausprosentti jäi jälkeen odotetusta, ollen vain noin 50%. Kyselyistä saatiin kuitenkin tukea tutkimusten tärkeimmille olettamille ja alaa hiertäville ongelmakohtille.

Tämä kysely jakautui kolmeen pääkategoriaan jotka muodostivat kolme osaa. Tulokset olivat jaoteltavissa kolmesta pääkategoriasta edelleen tarkentaviin kysymyksiin, joiden tekstivastausten keskinäistä sisältöä voitiin analysoida jo varsin tarkasti. Keskeisimmät tekstivastausten sisällöt nostettiin esille ja niiden merkitystä pohdittiin tarkemmin.

Kyselyn ensimmäinen osa (kysymykset 1 ja 2) keskittyvät enimmäkseen alan ongelmien ja tehokkuushaasteiden kartoittamiseen. Toinen osa (kysymykset 3, 4 ja 5) ovat laadullisiin

näkökulmiin painottuvia, ja siinä selvitetään alalla käytettyjen laadunhallintatyökalujen yleisyyttä, niiden tehokkuutta sekä muita laadunhallinnan näkökulmasta esiin tulevia ongelmia. Kolmas osa (kysymykset 6 ja 7) ovat tulevaisuuteen tähtääviä, joissa selvitetään alan pitkän aikavälin näkymiä. Lisäksi muita alasta mieleen tulevia ongelmia, ratkaisuja sekä mahdollisuuksia on vastaajilla mahdollisuus pohtia kyselyn loppupuolella.

Kyselyn vastaukset on kerätty Webropolin kyselyalustan kautta talteen, ja niiden luokittelu ja ryhmittely on toteutettu tietokoneen avulla siten, että vastauksia on voitu käsitellä kootusti selkeässä järjestyksessä. Tutkimuksen kannalta epäolennaisia tai suhteellisen merkityksettömiä vastauksia on jätetty pois ja vastaavasti paljon toistuvia teemoja on korostettu. Näin tutkimustulosten analysointi on pyritty järjestämään mahdollisimman kattavaksi kokonaisuudeksi, jota tulkitsemalla tärkeimmät tiedot nousevat parhaiten esille.

Seuraavien alaotsikkojen alla on esitetty kyselytutkimuksessa käytetyt kysymykset ja niiden tulokset:

4.2.1 Osa 1. Alan ongelmiin ja tehokkuushaasteisiin liittyvät kysymykset

Kysymys numero 1:

Kyselytutkimuksen ensimmäisessä kysymyksessä on pyritty varsin lyhyesti ja ytimekkäästi johdella vastaajaa aiheeseen toteamalla, että ”Esimerkiksi rankarunko- ja betonirakentaminen on CLT-rakentamista yleisempää.”

Tämän väittämän sijoittelu perustui paljolti kyselyasettelun yksinkertaisuuteen ja helppoon ymmärrettävyyteen. Väittämää ei ole siinä yhteydessä tarkemmin perusteltu, koska asian oletetaan olevan jo hyvin yleisessä tiedossa. Puurakentamisen ja sitä myöten myös CLT-rakentamisen raju yleistymisen antaa vielä odottaa itseään. Samalla kysymys jatkuu:

”Miten koet alla lueteltujen asioiden haittaavan CLT:n käyttöä verrattuna kilpaileviin menetelmiin? Miten asiaa voisi parantaa? Voit perustella valintojasi.”

”(Asteikko 1= ei merkittävästi, 3 = neutraali/en osaa sanoa, 5 = paljon.)”

Tämä johtaa valintakysymyksiin, jossa eri väittämiä on lueteltu alla, jolloin asteikon perusteella vastaaja pystyy arvioimaan väittämien vaikutuksen voimakkuutta aiheeseen.

Ensimmäisenä väittämänä on ”Haastavat viranomaisvaatimukset”. Tällä pyritään selvittämään kaikkea viranomaistaholta tulevaa, CLT-rakentamisen edistymisen kannalta haitallista ja turhaksi koettua sääntelyä. Esimerkiksi paloturvallisuuteen, kaavoitukseen ym. liittyvät asiat kuuluivat tähän kategoriaan. Vastausten perusteella näitä haasteita on olemassa ja niiden juurisyitä tulisi päästä perkaamaan paremmin. Vastausten mediaani oli 4,0, keskiarvon ollessa 3,3. Vastausten suuri mediaaniluku kertoo sen, että suhteellisen ison vastaajajoukon mielestä asian vaikutus on merkittävä. Kun keskiarvon ja mediaanin välillä on kuitenkin eroa, vastauksissa on havaittavissa hajontaa. Tässä tapauksessa keskiarvo on selkeästi pienempi kuin mediaani, joten osalle vastaajista asia ei ole kovin ratkaiseva.

Toisena väittämänä on ”Osaavan henkilöstön ja alan toimijoiden vähäisyys”. Tämä väittämä pureutuu siihen, että CLT-rakentaminen on Suomessa suhteellisen vähäistä, ja sen osaajia tai alalla toimivia yrityksiä ei vielä ole kovin paljoa. Tämä tuo haasteita esimerkiksi kilpailuttamiseen ja alan tieto- ja taitotasoon, johon myös kyselytutkimuksen vastaukset antoivat osviittaa. Tämä kohta sai vastausten mediaaniksi 4, ja keskiarvo oli ykköskysymyksen osalta toiseksi suurin, ollen 3,6.

Kolmantena väittämänä on ”Suunnittelun haasteet ja osaaminen”. Tässä väittämässä olettamuksena on CLT-suunnittelun kohtaamat vaikeudet ja niiden vaikutukset CLT:n käytön haitaksi. Suunnittelun vaikeus, suunnitteluosaamisen puute ja sen haastava kartuttaminen tulevat myös vastauksissa hyvin esille. CLT-suunnittelussa erityisesti vaihtelun suuri määrä ja vakioinnin puute kuten myös materiaalin käytön vieraus korostuvat. Tässä kohdassa vastausten mediaani oli 4,0, ja keskiarvo 3,5. Vastausten perusteella tämä haaste on siis kolmanneksi merkittävimässä roolissa. Vastausten jakauma oli varsin pieni.

Neljäntenä kohtana on ”Alan koulutuksen vähäisyys”. Tässä väittämässä ajatellaan siitä lähtökohdasta, että rakennusala koulutusta antavat oppilaitokset eivät kykene tuottamaan CLT-alalle riittävää määrää tarpeeksi päteviä osaajia. Vastausten perusteella tämäkin väittämä on osin totta, ja lisää tietoa sekä koulutusta kaivataan. Toisaalta tekstivastauksissa sanotaan tietoa olevan saatavilla ainakin jossain määrin, mutta se on etsimisen takana. Tämän kohdan vastausten keskiarvo on 3,3 ja mediaani 3,5.

Viidentenä väittämänä on ”CLT:n hintataso”. CLT-materiaalin korkeahko hinta on yleisesti ensimmäinen mielikuva ja olettamus minkä koetaan haittaavan CLT:n käyttöä. Tämä kohta korostui myös vastauksissa ja tuli selkeästi esille. Kuitenkin CLT-alalla toimivien keskuudesta löytyy myös eriäviä mielipiteitä tuotteen oletetulle kalleudelle. Usein mitä selkeämpi tietämys henkilöillä on

CLT:stä, sen ominaisuuksista ja käytöstä, sen vähemmän hinta vaikuttaa kalliilta. Tuotteen ominaisuuksien syvällisellä ymmärtämisellä ja taitavalla käytöllä hinnan vaikutus jää huomattavasti vähäisemmäksi. Tämä väittämä sai vastauksissa selkeästi kaikkien suurimman painoarvon, keskiarvon ollessa peräti 3,9 ja mediaanin 4,0. Yli neljännes vastaajista on vastannut tämän haittaavan paljon, eikä kukaan ei ole valinnut kohtaa ”Ei merkittävästi”.

Kuudentena kohtana oli ”Alan innovaatioiden puute tai vähäisyys”. Kohdan olettamana on se, että ala on vielä niin tuore, ettei sen käytössä olevat keksinnöt ja innovaatiot ole vielä jalostuneet riittävän pitkälle kilpailukykyistä toimintaa ajatellen. Tuoreen alan tarvitsemat tuoreet ja uudet innovaatiot eivät kaikki synny hetkessä ja kehitys vaatii aikaa. Kyselytutkimuksen vastaukset olivat tältä osin varsin neutraalit, innovaatioita osaltaan todettiin olevan jo kohtuullisen hyvin, mutta niiden soveltaminen laahaa perässä. Käyttöönoton kannalta edullisia innovaatioita myös toivottiin enemmän. Kuudes kohta sai keskiarvoksi 3,1 ja mediaaniksi 3,0.

Seitsemäs kohta ”Rakennusvaiheen haasteet” ottaa kantaa rakennusvaiheessa eteen tuleviin ongelmiin, kuten yllättäviin kustannuksiin esimerkiksi CLT:n ominaispiirteisiin, jotka tuovat muista menetelmistä poikkeavia kustannusvaikutuksia rakentamiseen. Vastausten perusteella tässä kohdassa CLT-rakentamisen tarkat mittatoleranssit korostuivat. Lisäksi kuivaketjun hallinta ja levyjen rakennusaikainen suojaus koettiin vastauksien mukaan hankalaksi toteuttaa. Rakennusvaiheen haasteita kuitenkin arvoitettiin kyselyssä suhteellisen vähäisiksi kokonaisvaikutukseltaan, ja ne saivatkin toiseksi vähiten painoarvoa keskiarvon ollessa 2,5 ja mediaanin 2,0.

Kahdeksas kohta ”CLT:n saatavuuden haasteet” tähtää siihen, että CLT-levyjä ei olisi kovin helposti saatavilla halutussa ajassa tai valinnanvaraa toimittajien suhteen olisi varsin vähän. Tämän kohdan vaikutus on kyselyn perusteella vähäinen, mikäli CLT:n käyttö kohteessa on päätetty jo hyvissä ajoin ennalta. Kun käyttö on pohjustettu ja ennakoitu hyvin, ei ongelmia ole. Vastauksissa kohdan merkitys arvoitettiin varsin pieneksi. Keskiarvo oli 2,9 ja mediaani 2,5.

Yhdeksännessä kohdassa ”CLT-tuotannon rajoitteet” oletetaan CLT-tehtaiden tarjoamien tuoteominaisuuksien, toimitusmahdollisuuksien tai kapasiteetin rajoittavan CLT:n käyttöä ja tuovan ylimääräisiä haasteita toimialalle. Vastauksissa korostui CLT-levyjen pienehköjen maksimimittojen aiheuttamat ongelmat, mutta todettiin myös tuotannollisten rajoitteiden vaihtelevan suuresti valmistajien kesken. Lisäksi logistiset haasteet aiheuttavat ongelmia mittojen kasvattamisen suhteen, mikä ei toisaalta ole tehtaiden vika, vaikka se osaltaan onkin myös tuotannollinen rajoite. Vastauksissa kohdan vaikutus oli varsin neutraali, keskiarvo oli 3,1 ja mediaani 3,0.

Kymmenes kohta ”Laadunhallinnan haasteet” on tutkimuskysymysten kannalta yksi mielenkiintoisimpia. Kohdassa ajatellaan CLT-suunnittelu- ja rakennusprosessin sekä itse CLT-levyjen osalta ilmenevän sellaisia laadullisia haasteita, että ne olisivat haitaksi alan kehitykselle. Kohta oli yleisesti arvioitu suhteellisen merkityksettömäksi. Alan polttavimmat ongelmat eivät siis kyselytutkimuksen perusteella ole niinkään laadullisia, vaan ne ilmenevät muissa arkisissa käytännön toiminnoissa. Vastauksissa tähdennettiin puumateriaalin ominaisuuksien ymmärtämisen merkitystä, mutta myös laajemmin alan toimintaa kuten hankeosaamisen tasoa. Nämä kaikki ovat osaltaan kytköksissä toisiinsa, ja niistä voi havaita, että laatuongelma ei ole suuri, jos vain henkilöillä on riittävästi tietoa ja taitoa, joita he soveltavat toiminnoissaan. Kohdan keskiarvo oli 2,4 ja mediaani 2,0. Vastausten jakauma oli varsin iso. Tämä kertoo siitä, että osa ongelmista kasautuu tietyille toimijoille, kun taas toisilla toimijoilla on helpompaa.

Yhdestoista kohta ”Jokin muu, mikä?” pyrkii selvittämään muita CLT:n käyttöä haittaavia ongelmia, mitä vastaajilla voisi itse tulla mieleen. Tämä keräsikin aika hyvin vastauksia, ja kieli osaltaan siitä, että CLT-rakentamisen haasteet ovat hyvin monisyisiä ja parannettavaa on monilla eri sarjoilla. Esimerkiksi aliurakoitsijoiden heikko tarjoushalukkuus, rakenneratkaisujen standardisoinnin puuttuminen, rutiinien puute, CLT:n tuntemattomuus tai viallisten tuotteiden korvattavuuden haasteet nousevat esille. Näiden asioiden merkitystä on painotettu vastauksissa suhteellisen paljon.

Kysymys numero kaksi:

Kysymykseen ”Mitkä tekijät aiheuttavat eniten tehottomuutta CLT-rakentamisessa” pystyi vastaamaan vapaamuotoisesti kertoen mitä asioita aiheesta tulee mieleen. Tähän kohtaan vastauksia kertyi kiitettävän laajasti ja ne olivatkin varsin monipuolisia. Yhteisenä nimittäjänä lähes kaikissa vastauksissa korostui kuitenkin alan yleinen rutiinien, kokemuksen ja kehityksen puute, mikä aiheuttaa turhaa tehottomuutta. Useat ongelmista paranisivat toistojen myötä, kun tietotaito kasvaa. Myös yleisiä standardeja toivotaan alalle.

4.2.2 Osa 2. Laadullisiin näkökulmiin painottuvat kysymykset

Kysymys numero 3:

Kysymyksessä 3 ”Käytetäänkö yrityksessänne laadunhallintatyökaluja kuten lean, 5S, tai ISO 9001? Jos käytetään, kerro mitä?” vastaaja ohjataan valintakysymykseen, jossa nämä eri vaihtoehdot ovat kirjattu klikattavaan ruutuun. Lisäksi voi valita ruudut ”Ei käytetä” tai ”Joitain muita, mitä?”.

Vastauksien perusteella suurimmassa osassa vastaajien organisaatioista (60 %) ei käytetä mitään edellä mainittua laadunhallintatyökalua eikä muitakaan asiaan liittyviä tekniikoita. Organisaatioissa, joissa laadunhallintatyökaluja käytetään, ne jakautuvat aika tasaisesti leanin, 5S:n, ISO 9001:n ja muiden vastaavien järjestelmien kesken. Myös tarvittavat tuotestandardit on mainittu laatutasoa määrittävänä tekijänä vastauksissa, joita varsinkin CLT-tehtaiden tulee noudattaa.

Kysymys numero 4:

Kysymyksessä neljä ”Jos vastasit edelliseen myöntävästi, kerro miten laadunhallintatyökalut ovat vaikuttaneet yrityksen tehokkuuden ja laadun parantumiseen?” vastaaja pystyi kertomaan vapaamuotoisesti laadunhallintajärjestelmän eduista yrityksen toimintaan. Vastausten perusteella järjestelmien soveltaminen vaikuttaa ainakin jossain määrin asioita parantavasti, ja suunnitelmallisuus sekä järjestys on kehittynyt. Laadunhallintatyökalujen merkitystä yrityksen johtamiseen korostettiin myös ja mainittiin että johtamisen muutokset vaikuttavat kannattavuuteen. Lähtökohteisesti kaikki nämä vastaukset antavat osviittaa, että ainakaan haittaa ei kyseisistä metodeista ole koettu vaan päinvastoin yritykset ovat saaneet laadunhallintatyökalujen hyödyntämisellä positiivisia vaikutuksia toimintansa kehittymiseksi.

Kysymys numero 5:

Kysymys 5 ”Mitkä tekijät heikentävät CLT-rakentamisen laatua? Miten asiaa voisi parantaa? Voit perustella valintojasi.” on myös laaja-alainen, ja sen tukena on alla lueteltuja väittämiä, joiden merkitystä vastaaja pääsee numeerisesti arvioimaan ja tarvittaessa sanallisesti perustelemaan. Kysymyksessä hyödynnetään samaa periaatetta ja arvosteluasteikkoa kuin ykköskysymyksessä.

”(Asteikko 1= ei merkittävästi, 3 = neutraali/en osaa sanoa, 5 = paljon.)”

Ensimmäisenä väittämänä on ”Suunnitteluratkaisujen toteuttamisen haasteet”. Tämä kysymys pureutuu hankaliin suunnitteluratkaisuihin, joiden toteutus voi aiheuttaa turhia laatupoikkeamia ja haasteita myöhemmässä hankkeen toteuttamisen vaiheessa. Vastausten perusteella nämä haasteet ovat huomattavan merkittävässä roolissa ei-toivottujen laatupoikkeamien syntyyn. Tekstivastauksissa korostuivat ylisuunnittelu esimerkiksi ruuvauksissa, työvarojen riittämätön

huomiointi, haastavat rakennemuodot sekä vaihtelevat intressit eri toimijoiden välillä. Tämä kohta sai vastausten keskiarvoksi 3,4 mediaanin ollessa 3,5.

Toisena väittämänä on ”Haastava kilpailutilanne yritysten välillä”. Kovan kilpailun vaikutus laatu-tason parantumiseen on monitahoinen. Toisaalta hyvä laatu on kilpailutekijä, mutta vastaavasti laadun parantamiseen ei aina ole kovin edullista panostaa. Paljon on myös kiinni siitä, miten laatu-tasoon investoivat organisaatiot onnistuvat viestimään asiakkailleen ja yhteistyökumppaneil-leen paremmasta tuotteesta ja palvelusta. Tekstivastauksissa korostui ulkomaisen CLT-levyn halpa hinta ja sen kyseenalainen laatu verrattuna suomalaiseen CLT-levyyn. Esimerkiksi tällaisten tilanteiden osalta hyvää laatu-tasoa kannattelevat yritykset ovat etulyöntiasemassa, mikäli tilanne onnistutaan markkinoimaan hyvin asiakaskenttään. Vastauksissa korostettiin myös taustatietojen ja referenssien selvittämisen merkitystä tarjouksia vertailtaessa. Kohdan vastausten keskiarvo on 2,8 ja mediaani 3,0.

Kolmas kohta ”Kustannushaasteet” sai suhteellisen suuren painoarvon vastauksissa. Tämä osal-taan on kytköksissä alan kilpailutilanteeseen, sillä CLT-alan yritykset eivät pelkästään kilpaile kes-kenään, vaan kilpailua lisäävät myös muut rakentamismenetelmät. CLT-rakentamisessa resurs-seja syöviä kustannustekijöitä on vastausten perusteella prosessin kaikissa vaiheissa, ja kaikki-nensa lisäkustannukset voivat vähentää innokkuutta panostaa laatuun sen enempää kuin on pakko. Tekstivastauksissa todetaan myös, että CLT-rakentamisessa ei aina ole hirveästi valinnan-varaa esimerkiksi tuotteiden osalta. Usean erityyppisen levyn käyttäminen kohteessa onkin usein tehtaille ja sitä myöten asiakkaille suhteellisen kallista. Vastausten mediaani on 4,0 ja keskiarvo kysymyksen toiseksi suurin 3,6.

Neljäntenä ”Tiukat aikataulut ja kiire”-kohdassa ajateltiin jo prosessien käynnistysvaiheessa etu-käteen päätettyjen aikataulujen aiheuttavan laatu-tason ylläpitoon turhia haasteita. Toisaalta tekstikenttien vastauksissa huomautetaan, että vastaava kiire on kaikessa rakentamisessa. Lisäksi tiedon hankinta ja etsiminen on kiireessä työlästä. Projektien tarkemmalla suunnittelulla ja tois-tuvuudella kiireen vaikutusta voisi eliminoida, ja vastauksissa korostetaankin kokemattomissa kä-sissä tulevia haasteita kireän aikataulun myötä. Kun kokemusta hankkeiden läpiviennistä kertyy, toisin sanoen toistuvuutta, jää kiireen aiheuttamat ongelmat vähäisemmiksi. Tähän kohtaan vas-tausten keskiarvoksi tuli 3,4 ja mediaaniksi 3,5.

Viidentenä kohdassa ”Alan toimijoiden osaamistaso” oletetaan, että CLT-ala on vielä sen verran kehittyvätön, että koulutuksen ja toistuvuuden kautta tulleet opit eivät pysty riittävästi edesaut-

tamaan sujuvaa toimintaa hankkeiden läpiviennissä. CLT:n käyttöä helpottamaan on laadittu ohjeita, mutta aiempien vastausten perusteella niiden etsiminen ja niihin syvällisemmin perehtyminen tahtoo kiireen tullen jäädä vähäiseksi. Lisäksi CLT-alalla toimivien rakennusalan yritysten kokemukset CLT-rakentamisesta vaihtelevat varsin paljon eikä esimerkiksi eri toimintojen kilpailuttaminen ole useinkaan mahdollista kokeneiden CLT-rakentajien kesken varsinkaan paikallisella tasolla. Tähän tekstivastauksetkin ottavat kantaa, sillä niiden perusteella alan todellisia tuntijoita on hyvin vaikea löytää. CLT-rakentamisen suunnitteluosaamisen merkitys korostuu, sillä materiaali on kuitenkin monilta osin poikkeava verrattuna vaikkapa betoniin, ja sen integraatiot rakentamiseen on tunnettava. Myös arkkitehtisuunnittelun roolia korostetaan halutun laatutason saavuttamiseksi. Kysymys sai mediaaniksi 3,5 ja keskiarvoksi 3,2.

Kuudes kohta ”Rutiinien puute alalla” nousee vastauksissa kaikkein selkeimmin esille suurimpana laatuongelmien aiheuttajana. Uudehkolla toimialalla, jonka kehitys ei ole vielä päässyt kunnolla vauhtiin, ei ole vielä yleistesti tunnustettuja eikä ennustettavia toimintatapoja eri tilanteisiin. Kuten tekstivastauksissakin todetaan, on vanhojen käytäntöjen soveltaminen hankalaa. Myös hankkeiden parhaat läpivientitavat ovat suurimmalle osalle toimijoista vieraita. CLT-alalla on paljon erikoisia pilottikohteita ja vähän toistoja, joten vastausten perusteella perustekemisen puute laskee myös tehokkuutta. Tämä kohta sai vastauksissa selkeästi suurimman painoarvon, keskiarvon ollessa peräti 4,3 ja mediaanin 4,5.

Seitsemäntenä oleva ”Tiedonkulun ongelmat” voi toki olla haaste mitä erilaisemmilla toimialoilla, mutta vakiintuneiden käytäntöjen ja toimintatapojen puuttuessa sen merkitys CLT-alalla voi korostua ja oletus saakin vahvistusta kyselyn vastauksista. Kun moni asia on uutta, eivät hankkeen eri toimijat ole välttämättä keskenään tietoisia toistensa roolista projektin läpiviemiseksi, varsinkin jos heidän keskinäinen viestintänsä jää vähäiseksi. Vastausten perusteella tässä on parannettavaa. Vastauksissa myös todetaan tiedonkulun ongelmien aiheuttavan haasteita CLT-rakennushankkeen kaikilla eri tasoilla, ja korostetaan hankkeen vetäjän roolia viestien välittäjänä eri osapuolten välillä. Näin laatuongelmia voitaisiin paremmin välttää. Kohta sai keskiarvoksi 3,3 ja mediaaniksi 3,0.

Kahdeksannessa kohdassa väittämä ”Hyvien työvälineiden ja resurssien puute” oletetaan että alan suhteellisen pieni markkinaosuus aiheuttaa turhia haasteita osajien ja tehokkaiden työvälineiden puutteen takia. Myöskään kilpailutilanne ei välttämättä edesauta resurssien käyttöä laatutasoa nostaviin toimenpiteisiin, elleivät ne ole aivan välttämättömiä. Lisäksi henkisen pääoman merkitystä korostettiin tekstivastauksissa, kun materiaalipankkeihin tutustumista todettiin rajoitettavan lähinnä viitseliäisyyden puute. Vastauksissa myös mainitaan, että hyviä työvälineitä kyllä

on saatavilla, mutta kaikki yritykset eivät tahdo tai kykene sijoittamaan niihin. Kohta sai toiseksi vähiten painoarvoa keskiarvon ollessa 2,6 ja mediaanin 3,0.

Yhdeksäs kohta ”Jokin muu, mitä?” antaa vastaajille vapaamuotoisen mahdollisuuden nostaa esille tässä kohdassa vaikuttavia tai mieleen tulevia laatua heikentäviä ongelmia. Tekstikentän vastauksissa korostuu puualan toimijoiden keskimäärin heikko työmaatuntemus sekä alan yritysten suhteellisen lyhyt elinkaari ja sen myötä aiemmin opitun osaamisen katoaminen alan kehittymisen edistämiseksi. Kun CLT-alalle perustetaan uusia yrityksiä, olisikin ensiarvoisen tärkeää päästä hyödyntämään kokeneempien henkilöiden tietotaitoa, mikä voi antaa eväitä kannattavalle toiminnalle jo alusta alkaen.

4.2.3 Osa 3. Tulevaisuuteen ja alan muihin haasteisiin painottuvat kysymykset

Kysymys numero 6:

Kysymyksessä kuusi ”Millaiset pitkän aikavälin tulevaisuudennäkymät koko CLT-rakentamisen alalla on (vastaajan omasta) näkökulmasta?” vastaaja pystyi valitsemaan klikkaamalla viidestä eri vaihtoehdosta väleiltä ”Erittäin huonot – Huonot – Ei hyvät eikä huonot – Hyvät – Erinomaiset”. Tässä kohdassa merkillepantavaa on, että selkeästi suurin osa, peräti 63 % vastaajista arvotti näkymät hyväksi ja 25 % jopa erinomaisiksi. Hyvin pieni vastaajajoukko mielsi näkymät neutraaliksi. Huonoksi tai erittäin huonoksi näkymiä ei arvottanut kukaan. Tämä kiellii paljolti siitä, että CLT-alalla toimivilla on kova luottamus omaan tekemiseen ja uskoa tulevaisuuteen, mikä onkin ensiarvoisen tärkeää. Heillä on myös mahdollisuus tuntea ala paremmin ja nähdä sen potentiaali tulevaisuuden rakentamisessa.

Kysymys numero 7:

Kysymyksessä 7 ”Muuta mieleen tulevaa CLT-alan haasteista, ongelmista ja mahdollisista ratkaisuista?” vastaajat pystyivät kertomaan vapaamuotoisesti heitä eniten kuormittavista muista alan ongelmakohdista. Vastauksissa mainittiin osaajapula ja koulutuksen vähäisyys, eritoten suunnittelun osalta. Suunnittelun ylimitoitus ja ääneneristysratkaisujen yksinkertaisten vaihtoehtojen puuttuminen tuottivat päänvaivaa. Ratkaisuehdotukseksi taas ehdotettiin koulutuksen lisäksi suunnittelun tueksi CLT:lle harmonisoitua tuotestandardia (hEN). Myös detalliikan ja rakennetyyppien vakiointi yhdenmukaisen suunnittelun toteuttamiseksi nähtiin tarpeelliseksi. Lisäksi palonsuojauksen monimutkaiset säännöt ja sprinkleripakko tietyissä kohteissa koettiin hankalaksi.

Vastauksissa kyseenalaistettiin palosuojaussääntöjen ajantasaisuutta vertaamalla CLT:n sääntöjä hirteen, jonka koettiin saavan samat luokitukset helpommalla.

Muita esiin nostettuja ongelmakohtia on rakentajien tottumattomuus CLT-materiaalin käyttöön, LVIS-suunnittelijoiden tietämättömyys materiaalin ominaispiirteistä sekä näkyviin jäävien CLT-rakenteiden suojauksen ja pintakäsittelyiden haasteet. Ratkaisuehdotuksia näihin ei esitetty, mutta näihinkin ongelmiin koulutuksen ja ohjeistuksen parantuminen sekä rutiinien lisääntyminen auttavat.

Lisäksi vastauksissa mainittiin CLT-rakentamisen markkinaehtoisen kehityksen hidas eteneminen, joka osaltaan jarruttaa myös alan rutiinien jalostumista. Vaikka markkinointipanostusten merkitystä korostettiin, epäiltiin myös kotimaisen tuotannon rajallista kapasiteettia vastata kasvavaan kysyntään, varsinkin suurempien kohteiden osalta. Toisaalta CLT:n kierrätettävyyden potentiaali ja materiaalin ekologisuus saivat erilliset positiiviset maininnat, mikä on huomattu myös yhteiskunnallisella tasolla. CLT-rungon kierrätettävyys, siirrettävyys ja muunneltavuus kuten hirsirakenteillakin huomioitiin myös CLT-rakentamista edistävänä tekijänä.

5 Kehitysehdotukset kilpailukyvyyn, tehokkuuden ja laadun parantamiselle

Tutkimustulosten perusteella CLT-rakentamisen kilpailukykyä, tehokkuutta ja laatua vaivaa varsin selkeästi alan pienuus ja sen myötä rutiinien puute. Rutiinien puutteen painoarvon mediaani kyselytutkimuksen tuloksissa oli peräti 4,5 asteikolla 1–5. Mikäli CLT:n käyttö pysyy Suomessa marginaalisena suhteellisen pienen ja hajanaisen toimijajoukon pelikenttänä, alan on vaikea nousta haastamaan toisia rakennusmenetelmiä markkinaehtoisessa kilpailussa. CLT-alan kannattavuuden ollessa riittävän korkealla tasolla, sen kehitys ja voittokulku rakennusalalla syntyy luonnostaan kilpailuedun myötä. Tämä auttaa myös rutiinien muodostumiseen ja sen myötä laadun parantumiseen mikä vahvistaa positiivista kierrettä entisestään.

Jotta tämä kilpailuetu saavutetaan, alan tulee hakea näihin työssä kartoitettuihin ongelmiin ratkaisuja. Selkeästi eniten haittaavaan rutiinien puutteeseen auttaa standardoitu työ ja sen lisääminen. Alan toimijoiden keskuudessa on jo nykyisellään paljon tietotaitoa, joka voi muodostaa tukevan pohjan vakioituille suunnitteluohjeille sekä malliprosesseille. Näin useissa rakennusprosessin vaiheissa päällekkäin kasaantuvia kustannusvaikutuksia voidaan vähentää tai niitä on mahdollista ennakoida. Lisäksi näiden standardoitujen prosessien myötä CLT:n ominaispiirteiden etuja voi helpommin korostaa kilpailuedun tavoittelemiseksi.

CLT-elementtijärjestelmien standardoinnin edistämiseksi voi ottaa mallia esimerkiksi betoniteollisuuden käyttämästä BES-aineistosta (Elementtiteollisuus ry 2024, soveltaen). CLT-levyjen käytön helpottamista edesauttaa, jos suunnittelijat ja alan toimijat voivat yhdestä paikasta löytää valmiin ja toimivan mittajärjestelmän rakennuksen rungon toteuttamiseksi, erilaisten rakenneosien mitta- ja tyyppisuositukset sekä valmiit liitosdetaljit ja esimerkkikuvat. Myös standardoidut toimintamallit kuten esimerkiksi CLT-tuotesakaupan käytännöt, mikä sisältää CLT-elementtien suunnittelun, valmistuksen, asennuksen ja jopa jatkorakentamisen toimintamallit kannattaa julkaista. (Elementtiteollisuus ry 2024, soveltaen.)

Kaikki nämä on toteutettu järjestäytyneesti betoniteollisuuden puolesta betonirakentamisen tukemiseksi jo kauan sitten, mutta CLT-alan järjestäytyminen näiden tavoitteiden läpiviemiseksi kaipa vielä kehittämistä. Suunnittelun tueksi on tosin laadittu esimerkiksi Runko PES 2.0 järjestelmä sekä erinäisiä yleisiä suunnitteluohjeita varsinkin Puuinfon toimesta, mutta kyselytutkimusten vastausten perusteella tietoa tai apua näistä järjestelmistä ei kaikkiiin suunnittelutilanteisiin vielä

tahdo löytyä. Alalla tarvitaan tarkempaa tiedottamista tai koulutusta jo olemassa olevan tietoaineiston tehokkaampaan hyödyntämiseen. Myös aineiston ajantasaisuuteen on syytä kiinnittää erityistä huomioita nopeasti kehittyvällä toimialalla.

Standardoitu työ on tärkeässä roolissa myös henkilön itsensä kehittämisen suhteen. Standardointi luo perustason, johon vertaamalla jatkuvaa parantamista voi mitata tarkasti. Standardoitu toimintatapa parantaa laatua ja tehokkuutta valmistuksessa sekä muodostaa yksittäiselle toimijalle mahdollisuudet parantaa ja kehittää standardoitua tapaa entistä paremmaksi. Standardointi on siten hyvä lähtökohta prosessien jatkuvan parantamisen perustaksi. (Liker, & Convins, 2012, 56–59.)

Kun ratkaisut ovat vakioituja ja yhtenäisiä, useat yllätykset jäävät prosesseista pois. Standardoitujen rakennusosien myötä niiden hankinta ja kilpailuttaminen helpottuu. Elementtirakentamisessa aikataulut ja toteutus voidaan suunnitella tarkasti etukäteen, ja rakentaminen voidaan pilkkoa tarvittaessa pienempiin helposti hallittaviin kokonaisuuksiin, jotka muodostavat yhdessä suunnitellun kokonaisuuden. Lisäksi pitkälle viety ja ennakoitava esivalmistusaste tuo säästöjä, kun rakennusaika lyhenee ja materiaalihukka pienenee. Työmaalla tehtävien täydentävien töiden määrää pystytään myös vähentämään. (Kivifaktaa, 2024.)

Tämän tutkimuksen tulokset osaltaan vahvistavat aiempia tutkimuksia aiheesta, joissa vakiointia on esitetty lääkkeeksi CLT-alan ongelmiin. Erilaisten CLT-alaa haittaavien ongelmien kitkemistä kannattaa tämän tutkimuksen valossa lähteä toteuttamaan pitkälti standardisoinnin, yhtenäistämisen ja vakioinnin avulla. Kuitenkin on myös syytä huomioida, että näissä ratkaisumenetelmissä on omanlaisiaan haasteita, esimerkiksi niiden käyttöönottoon ja tiedottamiseen liittyen. Lisäksi myös kumppanuuskohtaista CLT-alan tukemista on ehdotettu lääkkeeksi aiempien tutkimusten, kuten Valkolan (Valkola, 2022b, 14.) toimesta.

Alan yritysten ja osaajien keskinäisen toiminnan päämäärätietoista koordinointia ei välttämättä pelkillä yksittäisillä kumppanuuksilla saavuteta vaan niiden lisäksi myös pysyvämpi järjestäytyminen voisi olla yksi lääke pitkäjänteisen yhteistyön ja kehittämisen tueksi. Ainakin betoniteollisuuden sekä muiden betonialan järjestöjen osalta tämä toimintatapa on osoittautunut historian valossa kannattavaksi. Näitä kokemuksia silmällä pitäen kannattaa CLT-alallakin katsoa malleja oman järjestäytymisasteen parantamiseksi. Alan ongelmat ovat tutkimuksen perusteella sen ver-

ran monisyisiä, että niiden ratkominen ei onnistu ilman laajaa vuoropuhelua alan toimijoiden kesken. Vuoropuhelua painottavia toimintamalleja, kuten tässä työssä käsiteltyä leania kannattaakin tarkastella yhtenä vaihtoehtona alan ongelmien ratkaisemiseen.

Kuten työn teoria-aineistosta voidaan päätellä, esimerkiksi leanin avulla yrityksissä voidaan kehittää alan toimijoiden keskinäistä kommunikointia ja ongelmien juurisyiden selvittämistä. Lisäksi voidaan tuottaa alalle enemmän hyviä toimintaehdotuksia jatkuvan parantamisen periaatteiden mukaisesti. Modernien laadunhallintajärjestelmien kuten leanin hyödyntäminen parantaa siten myös koko toimialan tehokkuutta ja laatua.

6 Yhteenveto ja pohdinta

Työn keskeinen tutkimusongelma oli CLT:n rakentamisen alati muuttuvat toimintamallit ja hankkeiden toteutusratkaisut, jotka haittaavat kohteiden kustannuslaskentaa sekä aikataulujen ennakoitavuutta. Lisäksi myöskään kaikkien tavoitteiden mukaista lopputulosta esimerkiksi laadullisesta tai taloudellisesta näkökulmasta ei aina saavuteta. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laadun ja tehokkuuden parantaminen CLT-rakentamisessa.

Työn tarkoituksen mukaisesti laadun ja tehokkuuden näkökulmasta toimintaa häiritseviä tekijöitä on onnistuttu kartoittamaan varsin tarkoin kyselytutkimusta hyödyntäen. Tämä opinnäytetyö nosti alan toimijoiden keskuudesta hyvin esille erilaisia näkökulmia ja juurisyitä heidän kannaltaan keskeisten ongelmien aiheuttajista sekä niiden laajuudesta.

Opinnäytetyön tutkimuskysymyksillä nostettiin esiin laadun ja tehokkuuden puolesta eniten haittaavia tekijöitä CLT:n käytölle yleisimmissä tilanteissa. Näiden haittatekijöiden vaikutusten analysoinnilla oli tavoitteena kehittää pohja alan toimintamalleille, jotka parantavat CLT-rakentamisen ennakoitavuutta, kustannustehokkuutta sekä laatua. Tutkimuskysymyksissä selvitettiin mikä CLT-rakentamisessa erityisesti tuo haasteita ja tehottomuutta verrattuna kilpaileviin menetelmiin kuten rankarunko- tai betonirakentamiseen. Lisäksi kysymyksissä käsiteltiin CLT-rakentamisen laatuun vaikuttavien tekijöiden vaikutusta, kuten laadunhallintajärjestelmien käyttöastetta ja hyötyjä. Myös pitkän aikavälin tulevaisuudennäkymiä ja toimintaedellytyksiä kartoitettiin.

Opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin haettiin vastauksia Webropolin kyselyalustaa hyödyntäen. Alan tuntevalle vastaajajoukko lähetettiin sähköpostitse ja osalle myös puhelimitse tietoa kyselystä ja sen tarkoituksesta. Vaikka kyselytutkimuksen vastausprosentti jäi jälkeen odotetusta, voi kyselytutkimuksen tuloksia pitää varsin luotettavana katsauksena alan nykytilan ongelmakohtiin ja kehitystä kaipaaviin asioihin. Vastaajajoukoksi on valikoitu pääsääntöisesti 2–3 edustajaa eri organisaatioista, jotka on tiedetty toimineen CLT:n parissa mahdollisimman pitkään. Kyselytutkimuksen vastaajajoukon laajuus tuo eri osa-alueiden haasteita ja ongelmien juurisyitä laajemmin ilmi, kuin mikäli kysely keskittyisi vain esimerkiksi CLT-tehtaiden edustajiin. Näin myös suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden näkemyksiä on kuultu.

Koska kyselyyn vastanneiden joukko koostui suhteellisen laajalti alalla toimivilta erilaisilta kohderyhmiltä, on vastauksia tulkittava varsin yleisluontoisesti. Tämä on huomioitava tutkimustulosten luotettavuutta arvioitaessa. Vastaukset kyselyyn olivat yllättävän lyhyitä, joten myöskään kovin

syvällisiä analyysejä tai perusteluja ei vastaajilta saatu. Kyselyn kattaessa CLT-rakentamisen koko ketjun suunnittelusta rakentamiseen voi näkemyseroja eri ongelmien painopisteen kesken olla varsin paljon. Kuitenkin tietyt osa-alueet nousivat tästä huolimatta selkeästi esille, ja niiden parantamiseksi eri tahojen kesken tehtävä yhteistyö on tärkeää, ongelmien ollessa varsin monisyisiä.

Kyselytutkimuksen tuloksia analysoidessa suunnittelun puutteet ja kiireen merkitys ongelmien aiheuttajina korostui merkittävästi. Myös rutiinien puute koettiin haastavaksi. Alan tulisikin panostaa kehitysresursseja näiden asioiden parantamiseksi. Siinä tehtävässä myös alati kehittyvillä laadunhallintajärjestelmillä ja toimintatavoilla voi olla iso merkitys rajallisten resurssien tehokkaammassa kohdentamisessa, varsinkin kun myös kyselytutkimus osaltaan vahvisti tätä näkemystä.

Opinnäytetyön tutkimuksen tuloksia voi hyödyntää pohjana CLT-alan kehittämiseksi. Selkeimmin rajallisia kehitysresursseja kannattaa suunnata suunnitteluohjeiden vakiointiin ja alan koulutukseen taikka kurssitukseen sen parissa toimiville. Oppimateriaalin laadinnassa tiivis yhteistyö alan eri toimijoiden kesken on tutkimuksen perusteella ehdottoman välttämätöntä. Tämän yksityiskohtaisemman oppimateriaalin laadinnasta on mahdollisuus tehdä jatkotutkimusta, joka voi tuottaa alalle tarkempaa tietoa oppimateriaalin vaaditusta sisällöstä. Myös alan eri yritysten edustajien suoria näkemyksiä kannattaa kuunnella nykyistä enemmän CLT-alan opetuksessa.

Tutkimustulosten perusteella erilaisten laadunhallintatyökalujen hyödyntäminen CLT-alalla ei ainakaan nykyisellään ole kovin yleistä. Kuitenkin yritykset, jotka niitä käyttävät, ovat lähtökohtaisesti olleet tyytyväisiä laadunhallintatyökalujen tuomiin vaikutuksiin ja tuloksiin. Varsinkin lean ja 5S soveltuvat hyvin alan kehittämisen tueksi. Näiden järjestelmien jatkuvaan parantamiseen tähtäävät metodit sekä niiden tarve kehityksen edistämiseksi CLT-alalla tulee nykyisellään tarpeeseen. Positiiviset vaikutukset ovat ainakin tämän tutkimuksen perusteella jo nähtävissä aktiiviseen laadunhallintaan panostavissa yrityksissä.

Jatkotutkimusaiheena voisi olla CLT-alan toimijoille parhaiten soveltuvien järjestäytymistapojen selvittäminen ja kehittäminen. Kun alan toimijoilla on helpompi toteuttaa kehitystä koordinoitusti ja järjestelmällisesti, yksityiskohtaisen tiedon hyödyntäminen tarkemmin rajatuista kehityksaiheista mahdollistuu. Tällöin esimerkiksi tarkkoja suunnitteludetaljeja on helpompi ehdottaa tulevien standardoitujen suunnitteluohjeiden pohjaksi, kun alan toimijoiden hyvän järjestäytymistapojen myötä niille on jo olemassa valmis kannattajapohja. Myös alan toimintatapojen muutosten ja ennakoitavuuden parantamiselle syntyy paremmat mahdollisuudet.

Oman osaamisen kehittymisen näkökulmasta työn kautta havaittu yhteistyön ja vuoropuhelun merkitys alan toimijoiden keskuudessa tulee vaikuttamaan konkreettisesti myös omaan toimintaan yhteistyötahojeni kesken. Esimerkiksi hankkeiden tarkempaan valmisteluun ja lähtötietojen oikeellisuuden varmistamiseen kannattaa käyttää mahdollisimman paljon aikaa. Lisäksi opinnäytetyön myötä tutuksi tulleet jatkuvan parantamisen toimintametodit kuten lean ja 5S on tarkoitus ottaa osaksi päivittäisiä rutiineja myös Esappi Oy:ssä. Niiden positiiviset vaikutukset toiminnan kehittämiseen ovat nousseet näkemykseni mukaan keskeisiksi asiakasarvon luomisessa.

7 Lähteet

Crosslam. Crosslam CLT. Rakentaminen. Saatavilla 26.10.2023 <https://crosslam.fi/crosslam-clt/>

Dromberg, E. ISO 9001 ja ISO 14001 Standardien mukaisen toimintajärjestelmän kehitys. Diplomityö. Tampereen yliopisto. 2022. Saatavilla 5.12.2023 <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/143199/DrombergEero.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Elementtiteollisuus Ry. Elementtirakentamisen historia. 23.9.2020. Saatavilla 8.1.2024 <https://www.elementtisuunnittelu.fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>

Flinchbaugh, J. & Carlino, A. (2006). The Hitchhiker's Guide to Lean Lessons from the Road. Society of Manufacturing Engineers. Kindle Edition.

Hurting, J. Laitinen, M. & Uljas-Rautio, K. 2010. Ajattele itse! Tutkimuksellisen lukutaidon perusteet. PS-Kustannus. Jyväskylä.

Hyyryläinen, A. (23.4.2020). Rakentamisen aikana ilmenevien laatukustannuksien mittaamisen ja seurannan kehitystyön aloittaminen. Tampereen yliopisto. Saatavilla 24.10.2023 <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/120796/Hyyryla%C3%A4inenAlvari.pdf?sequence=2>

Ijäs, V. 2013. Puukerrostalorakentamisen esteet ja mahdollisuudet. Keskeisten suomalaisten rakentamis- ja kiinteistöalan sidosryhmien vertaileva asennemittaus. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavilla 6.2.2024 <https://core.ac.uk/download/pdf/250166658.pdf>

ISO. What is ISO 9001? Saatavilla 4.12.2023 <https://www.iso.org/standard/62085.html>

Jussila, J. (15.11.2022a). Puurakentamista halutaan edistää, mutta miksi puukerrostalo on edelleen Suomessa harvinaisuus? Uutishuone. Saatavilla 8.4.2023 <https://www.uwasa.fi/fi/uutishuone/uutiset/puurakentamista-halutaan-edistaa-mutta-miksi-puukerrostalo-edelleen-suomessa>

Jussila, J. (2022b). Transformation towards sustainability in the construction market: Adoption of wood construction in Finland. University of Vaasa. 5. Saatavilla 8.4.2023 <https://osuva.uwasa.fi/bitstream/handle/10024/14637/978-952-395-039-9.pdf?sequence=2&isAllowed=>

Kaivo-oja, J. Huomioita työn tuottavuuden trendikehityksestä Suomessa ja Euroopassa: nyt hälytyskellot soivat Suomelle Euroopassa. (04.6.2021). Tulevaisuuden tutkimuskeskus. Finland Futures Research Centre (FFRC) Saatavilla 26.1.2023 <https://ffrc.wordpress.com/2021/06/04/huomioita-tyon-tuottavuudesta/>

Kajaste, V. & Liukko, T. (1994). Lean-toiminta, Suomalaisten yritysten kokemuksia. Helsinki: Metalliteollisuuden Keskusliitto.

Kaukojärvi. P. CLT-tilaelementtien liitostekniikka. Tampereen ammatikorkeakoulu. Theseus. Saatavilla 11.5.2023 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/495866/Kaukojarvi_Patrik.pdf?sequence=2

Kivifaktaa. Puheenvuoroja kestävästä rakentamisesta. Betonielementit. Saatavilla 8.1.2024 <https://kivifaktaa.fi/suomea-rakentamassa/betonielementit/>

Koppa. Jyväskylän yliopisto. Menetelmäpolkuja humanisteille. Tutkimusprosessi. 2021a. Saatavilla 11.12.2023 <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/tutkimusprosessi>

Koppa. Jyväskylän yliopisto. Menetelmäpolkuja humanisteille. Menetelmäpolku. 2021b. Saatavilla 11.12.2023 <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/laadullinen-tutkimus>

Lean Enterprise Institute. (2021). What is Lean? Saatavilla 14.11.2021 <https://www.lean.org/WhatsLean/>

Liker, J. Convin, L. Toyotan tapa lean johtamiseen. Erinomaisuuden saavuttaminen ja ylläpito johtajuutta kehittämällä. 2012. Kariston kirjapaino Oy. Hämeenlinna 2012.

Liker, J. (2010). Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi.

Luoto, R. Kyselytutkimuksen suunnittelu. Duodecim. Saatavilla 8.12.2023 <https://www.duodecimlehti.fi/duo98221>

Maa- ja metsätalousministeriö. (2023). Puurakentaminen ja puutuotteet. Maa- ja metsätalousministeriö. Saatavilla 9.4.2023 <https://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/puurakentaminen-ja-puutuotteet>

Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö. (2023). Puurakentaminen ja puutuotteet. Saatavilla 9.4.2023 <https://mmm.fi/documents/1410837/7764238/Puutuotteet+hiilivarastoina+16092020.pdf/d834c572-03c9-efa5-79fa-4a31b1602fc7/Puutuotteet+hiilivarastoina+16092020.pdf/Puutuotteet+hiilivarastoina+16092020.pdf?t=1665575161032>

Nokelainen, R. 2020. Haaga-Helia ammattikorkeakoulu. Coaching ketjupäällikön ja kauppiaan välisessä yhteistyössä. Saatavilla 12.12.2023 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/348318/Nokelainen_Riitta.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Paroc. CLT-rakenteet. Saatavilla 11.5.2023 <https://www.paroc.fi/kayttokohteet/rakennusten-eristaminen/tuulettuvat-julkisivuratkaisut/clt-rakenteet>

Puuinfo. Puutieto. Insinööripuutuotteet. Monikerroslevy (CLT). Saatavilla 16.1.2023 <https://puuinfo.fi/puutieto/insinoorituotteet/monikerroslevy-clt/>

Puusa, A., Juuti, P. & Aaltio, I. 2020. Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät. Gaudeamus. Helsinki. Saatavilla 10.12.2023 <https://www.ellibslibrary.com/reader/9789523456167/preview>

Saarenpää, E. (11.11.2010). Rakentamisen hyvä laatu – Rakentamisen hyvän laadun toteutuminen Suomen rakentamismääräyksissä. Oulun yliopisto. Saatavilla 25.10.2023 <http://julkika oulu.fi/files/isbn9789514263255.pdf>

Salminen, J. 2021. Lean rakentamisessa. Arvoa luovan rakentamisen periaatteet, menetelmät ja työkalut. Hansaprint Oy. Suomi.

SFS. ISO 9001 Laadunhallinta. Suomen standardoimisliitto SFS Ry. Saatavilla 4.12.2023 <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suositut-standardit/iso-9001-laadunhallinta/>

SFS. Näin otat ISO 9000 -sarjan standardit käyttöön oikein. Suomen standardoimisliitto SFS Ry. Saatavilla 5.12.2023 <https://sfs.fi/blogi/iso-9000-sarjan-standardit-kayttoon/>

SFS-EN ISO 9001. (2015). Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 5. painos.

Seuri, O. 2020. Avoin kysymys. Haastattelun käsikirja. Vastapaino. Tampere.

Sorri, S. (2017) CLT-tilaelementtikerrostalon rakennussuunnitteluohjeistus. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavilla 9.4.2023 <https://core.ac.uk/download/pdf/196556948.pdf>

Suomen Lean-yhdistys ry. (2021). Leanin määritelmä. Saatavilla 16.11.2021 <https://www.leanyhdistys.fi/>

Tehos Oy. Lean 5s opas. Saatavilla 30.11.2023 <https://tehos.fi/lean-5s-opas/>

Tuominen, K. (2009). Lean – käytännössä. Benchmarking.

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2020. Raportti: Suomen kansantalouden suurin ongelma on kilpailijamaita alempi työn tuottavuus. Saatavilla 12.5.2023 <https://tem.fi/-/raportti-suomen-kansantalouden-suurin-ongelma-on-kilpailijamaita-alempi-tyon-tuottavuus>

Valkola, J. (2022a). Ovatko puukerrostalot valmiita valtavirtaan? Vai pitäisikö kysyä: onko rakennusala valmis puukerrostaloihin? Centriabulletin. Saatavilla 26.1.2023 <https://centriabulletin.fi/ovatko-puukerrostalot-valmiita-valtavirtaan/>

Valkola, J. (2022b). Vastaako yhtenäistäminen puukerrostalojen kannattavuusongelmiin? Puumies, 9/2022, 13-14.

Valtionvarainministeriö. 2021. Tuottavuuslautakunta: Suomi tarvitsee lisää korkean tuottavuuden yrityksiä ja työpaikkoja. Saatavilla 12.5.2023 <https://vm.fi/-/suomi-tarvitsee-lisaa-korkean-tuottavuuden-yrityksia-ja-tyopaikkoja>

Vehkalahti, K. Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät. Helsingin yliopisto. Saatavilla 7.12.2023 <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/bc1c2c8a-0eb8-4881-ba8f-510ce386b810/content>

Vuorinen, T. 2017. Strategiakirja. Liettua. Talentum media Oy.

Womack, J., Jones, D. & Roos, D. (2007). The Machine That Changed the World. 2. uud. p. Free Press. Kindle Edition.

Yankelevitch, S. & Kuhl, C F. (2015). Lean communication. Applications for continuous process improvement. New York. Business Expert Press.

Kyselytutkimuksen saatekirje sähköpostiin:

Hei,

Liitteenä YAMK-opinnäytetyöhöni liittyvä kysely CLT:n parissa toimiville. Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa laatua ja tehokkuutta CLT-rakentamisessa. Kyselytutkimuksen tarkoitus on selvittää alan nykytilaa ja ongelmakohtia.

Tuloksia analysoimalla pohditaan, kuinka alaa voisi kehittää. Tulokset julkaistaan opinnäytetyön valmistumisen yhteydessä.

Vastaukset ovat anonyymejä.

Kyselyyn vastaaminen vie 10-30 minuuttia riippuen siitä, paljonko vastauksia perustellaan. Toivon toki mahdollisimman kattavia perusteluja, mikäli mahdollista.

Vastausaikaa on kaksi viikkoa.

Jos aiheeseen liittyen tulee jotain kysyttävää, olethan yhteydessä.

Ystävällisin terveisin:

Esa Rautiainen

Kysely CLT-alalla toimiville:

1. Esimerkiksi rankarunko- ja betonirakentaminen on CLT-rakentamista yleisempää.

Miten koet alla lueteltujen asioiden haittaavan CLT:n käyttöä verrattuna kilpaileviin menetelmiin? Miten asiaa voisi parantaa? Voit perustella valintojasi.

(Asteikko: 1= ei merkittävästi, 3 = neutraali/en osaa sanoa, 5 = paljon.)

	1	2	3	4	5
Haastavat viranomaisvaatimukset <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Osaavan henkilöstön ja alan toimijoiden vähäisyys <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suunnittelun haasteet ja osaaminen <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alan koulutuksen vähäisyys <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
CLT:n hintataso <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alan innovaatioiden puute tai vähäisyys <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rakennusvaiheen haasteet <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
CLT:n saatavuuden haasteet <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
CLT tuotannon rajoitteet <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Laadunhallinnan haasteet <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jokin muu, mikä? <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Mitkä tekijät aiheuttavat eniten tehottomuutta CLT-rakentamisessa?

3. Käytetäänkö yrityksessänne laadunhallintatyökaluja kuten Lean, 5S, tai ISO 9001? Jos käytetään, kerro mitä.

Ei käytetä

Lean

5S

ISO 9001

Joitain muita, mitä?

Valitse enintään 5 vaihtoehtoa

Valitut vaihtoehdot: 0

4. Jos vastasit edelliseen myöntävästi, kerro miten laadunhallintatyökalut ovat vaikuttaneet yrityksen tehokkuuden ja laadun parantumiseen?

5. Mitkä tekijät heikentävät CLT-rakentamisen laatua? Miten asiaa voisi parantaa? Voit perustella valintojasi.

(Asteikko: 1= ei merkittävästi, 3 = neutraali/en osaa sanoa, 5 = paljon.)

	1	2	3	4	5
Suunnitteluratkaisujen toteuttamisen haasteet <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Haastavat kilpailutilanne yritysten välillä <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kustannushaasteet <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiukat aikataulut ja kiire <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alan toimijoiden osaamistaso <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rutiinien puute alalla <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiedonkulun ongelmat <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hyvien työvälineiden ja resurssien puute <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jokin muu, mitä? <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Millaiset pitkän aikavälin tulevaisuudennäkymät koko CLT-rakentamisen alalla on (vastaajan omasta) näkökulmasta?

- Erittäin huonot
- Huonot
- Ei hyvät eikä huonot
- Hyvät
- Erinomaiset

7. Muuta mieleen tulevaa CLT-alan haasteista, ongelmista ja mahdollisista ratkaisuista?

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the user to provide their answers to the question above. The box is currently blank.

Esimerkiksi rankarunko- ja betonirakentaminen on CLT-rakentamista yleisempää.

Miten koet alla lueteltujen asioiden haittaavan CLT:n käyttöä verrattuna kilpailueivien menetelmiin? Miten asiaa voisi parantaa? Voit perustella vaihtojasi.

(Asteikko: 1 = ei merkittävästi, 3 = neutraalilen osaa sanoa, 5 = paljon.)

Vastaajien määrä: 16



Kyselytutkimuksen tulokset:

	1	2	3	4	5	Keskiarvo	Mediaani
Haastavat viranomaisvaatimukset	12,5%	18,7%	12,5%	43,8%	12,5%	3,3	4,0
Osaavan henkilöstön ja alan toimijoiden vähäisyys	0,0%	6,2%	31,2%	56,3%	6,3%	3,6	4,0
Suunnittelun haasteet ja osaaminen	0,0%	18,7%	25,0%	43,8%	12,5%	3,5	4,0
Alan koulutuksen vähäisyys	0,0%	31,2%	18,8%	37,5%	12,5%	3,3	3,5
CLT:n hintataso	0,0%	6,7%	20,0%	46,6%	26,7%	3,9	4,0
Alan innovaatioiden puute tai vähäisyys	0,0%	31,2%	37,5%	18,8%	12,5%	3,1	3,0
Rakennusvaiheen haasteet	12,5%	43,8%	25,0%	18,7%	0,0%	2,5	2,0
CLT:n saatavuuden haasteet	12,5%	37,5%	12,5%	25,0%	12,5%	2,9	2,5
CLT tuotannon rajoitteet	12,5%	12,5%	37,5%	31,2%	6,3%	3,1	3,0
Laadunhallinnan haasteet	25,0%	31,2%	31,2%	6,3%	6,3%	2,4	2,0
Jokin muu, mikä?	14,3%	28,5%	14,3%	28,6%	14,3%	3,0	3,0
Yhteensä	8,1%	24,2%	24,1%	32,4%	11,1%	3,1	3,0

Vastausvaihtoehdot	Teksti
CLT:n hintataso	Kallis hinta on mielikuva, joka on luotu. Ei vastaa todellisuutta
CLT:n hintataso	Ymmärrys tuotteen ominaisuuksien hyödyntämisestä heikko. Verrataan helposti vain neliohintaan
CLT:n hintataso	Esim. hirsiversiolle häviää usein hinnan vuoksi.
CLT:n hintataso	Varsinkin massiiviset rakenteet ovat suhteellisen kalliita.
CLT:n hintataso	Vahentamalla ennakkoluuloja ja asenteita sekä lisaamalla kustannustietoutta
CLT:n saatavuuden haasteet	CLT:tä kyllä saa, tosin ennakoiminen hyvässä ajoin helpottaa tilannetta
CLT:n saatavuuden haasteet	Ei vaikuta merkittävästi hankekehitysvaiheeseen, jossa päätökset pääosin CLT:n käytöstä tehdään.
CLT:n saatavuuden haasteet	Valmistajia on aika vähän ja toimitusajat ajoittain pitkiä.
Osaavan henkilöstön ja alan toimijoiden vähäisyys	Osaajia on, mutta tietämys tuotteen ominaisuuksista vaillinaisen
Osaavan henkilöstön ja alan toimijoiden vähäisyys	Loppuutoteuttajien vähäisyys hankaloittaa toimintaa.
Osaavan henkilöstön ja alan toimijoiden vähäisyys	CLT on tuntematon monille.
Osaavan henkilöstön ja alan toimijoiden vähäisyys	Vielä suhteellisen vähäistä ja uutta, ei ole tietoutta tai halukkuutta kokeilla päätettävillä toimijoilla
Jokin muu, mikä?	Asemusurakoitsijoiden asennushintojen /asennustarjousien haastava saanti
Jokin muu, mikä?	Standardisoinnin puuttuminen CLT-rakenne ratkaisuisissa.
Jokin muu, mikä?	Välillisen tuotteen korvattavuuden pitkä aikai
Jokin muu, mikä?	Alan rutiinien puute. Asia tuskin korjaantuu ennen kuin CLT:n käyttö yleistyy paljon.
Jokin muu, mikä?	CLT:n edut eivät ole hyvin tiedossa suhteessa kilpailleviin meneteleimiin
Alan innovaatioiden puute tai vähäisyys	Innovaatioita kyllä on, mutta edellä mainittu variaatio heikentää tuotteistusta
Alan innovaatioiden puute tai vähäisyys	Alalla on jo paljon innovaatioita, niiden implementointi on tärkeämpää.
Alan innovaatioiden puute tai vähäisyys	Tarvitaan uusia yrityksiä, avauksia ja innovaatioita.
Alan innovaatioiden puute tai vähäisyys	Ala on vielä aika tuntematon, ja edullisempia innovaatioita ei ole vielä kovin paljon.

Rakennusvaiheen haasteet	Perustusten mittatoleranssit suhteessa CLT:n toleransseihin
Rakennusvaiheen haasteet	Kuivakeijun hallinta ja levyjen rakennusaikainen suojaus esim. kolhuilta tarvitsee kehitystä.
Laadunhallinnan haasteet	Puu on puuta ja sillä on omat ominaisuudet. Eläminen, pihkakolot, jne
Laadunhallinnan haasteet	Levyssä on usein laatuvaraitelua joka olisi karstittavissa pois yksinkertaisilla menetelmillä. Myös suunnittelun laatu ja hankkeensaamisen taso vaihtelee paljon eri tekijöiden välillä.
Haastavat viranomaisvaatimukset	U-arvoja tollitellaan liikaa
Haastavat viranomaisvaatimukset	Paloon liittyvät vaatimukset sekavia
Haastavat viranomaisvaatimukset	Asia on usein uusi viranomaisille, mutta harvoin tämä muodostaa hankkeessa pullonkaulaa.
Haastavat viranomaisvaatimukset	Kun suunnittelu kunnossa ei ongelmia ole.
Haastavat viranomaisvaatimukset	Esim. palomääräykset tuottavat haasteita.
Suunnittelun haasteet ja osaaminen	Paljon variaatioita, joka vaikeuttaa vakiointia
Suunnittelun haasteet ja osaaminen	Paino osaamisessa - tehokkaiden ratkaisujen ja prosessien tarve on ilmeinen.
Suunnittelun haasteet ja osaaminen	Haasteet lähinnä arkkitehtiosaamisessa materiaalin käytössä.
Suunnittelun haasteet ja osaaminen	CLT:n käyttöä laajasti tuntevat suunnittelijat ovat harvassa. Suunnitteluratkaisut ovat usein todella kallilla toteuttaa työmaalla, yksinkertaisuus puuttuu.
CLT tuotannon rajoitteet	maksimi mitat
CLT tuotannon rajoitteet	Tuotannolliset rajoitteet vaihtelevat suuresti eri valmistajien kesken.
Alan koulutuksen vähäisyys	Materiaalista on kyllä saatavilla tietoa jos sitä vain etsii.
Alan koulutuksen vähäisyys	Täydennyskoulutuksen ja tiedon lisääminen alan konkareille

Mikä tekijät aiheuttavat eniten tehottomuutta CLT-rakentamisessa?

Vastaajien määrä: 11

Vastauksia yhteensä 11, joista 11 näkyvillä. Näytä vain 10 vastausta tai lue kaikki avoimet vastaukset Word tai PDF -dokumentissa

Vastaukset	
Y	Huonosti tehdyt pohjatyöt
Y	rakentajien tottumattomuus, toimittajien tuotantovaikeudet, kilpailun puute
Y	Osaamisen puute ark sekä rakennesuunnittelussa
Y	Vaihtelevat tarpeet ja tilaajien viimeingassa tilaaminen. Olisi kaikille osapuolille eduksi varmistaa tilaukset ajoissa ja varata aikaa suunnittelulle.
Y	Kustannukset
Y	Toistojen puute. Lähes kaikki kohteet ovat uniikkeja kohteita mikä olisi haastavia millä tahansa materiaalilla toteutettuna. CLT rakenteisia "normi" kohteita tehdään vähän eikä tehokkuus ole sitä kautta päässyt jalostumaan.
Y	Standardisoinnin puuttuminen CLT-rakenne detajikassa ja suunnittelussa. Asennusvaiheessa etenkin moni suunnitteluratkaisu vaatii millitason toleranssin, kun vaihtoehtoisesti saman olisi voinut tehdä väljennällä toleranssilla. CLT-rakenteita vaivaa myös urakoitsijoiden vähäisyys ja kokemattomuus CLT-rakentamisesta. Paikallisten toimijoiden löytäminen voi olla haastavaa ja tämä nostaa kokonaistuotteen hintaa ja alentaa pahimmassa tapauksessa laatua.
Y	Tietotaito clt rakentamisesta sekä materiaalisista rakennusrytyksissä sekä viranomaisissa.
Y	Hankeosaamisen puutteet. Yhteistyötä hankkeen eri toimijoiden kesken tehdään usein liian vähän, vaikka se tulisi olla tiivistä jo luonnosteluvaiheesta alkaen. Tämä korostuu varsinkin jos CLT-materiaali ei ole hankkeeseen rhytvälle ennestään tuttu. Aloitusvaiheen puutteita on todella kallista paikata jälkikäteen hankkeen edetessä. Eri toimijoiden kokemukseen, yhteistyöhön sekä kokonaisedullisuuden huomioivaan projektinjoitton tulisi panostaa enemmän. Näin hankkeet etenisivät sujuvammin.
Y	Huonot suunnitteluratkaisut
Y	Eri kohteiden kiinnitysratkaisut eivät ole vielä kovin standardeja. Sääsuojaus.

Käytetäänkö yrityksessänne laadunhallintatyökaluja kuten Lean, 5S, tai ISO 9001? Jos käytetään, kerro mitä.

Vastaajien määrä: 15, valittujen vastausten lukumäärä: 16



	n	Prosentti
Ei käytetä	9	60,0%
Lean	2	13,3%
5S	1	6,7%
ISO 9001	2	13,3%
Jotain muita, mitä?	2	13,3%

Lisätöksikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Jotain muita, mitä?	vaadittu valinnuksen standardi
Jotain muita, mitä?	En edusta yritystä. Kannattaa ottaa huomioon myös tuotestandardien mukaiset vaatimukset, jotka ovat luonteeltaan laadunhallin työkaluja.

Jos vastasit edelliseen myöntävästi, kerro miten laadunhallintatyökalut ovat vaikuttaneet yrityksen tehokkuuden ja laadun parantumiseen?

Vastaajien määrä: 5

Vastauksia yhteensä 5, joista 5 näkyvillä. Näytä vain 10 vastausta tai lue kaikki avoimet vastaukset Word tai PDF -dokumentissa

Vastaukset	
✔	Lean metodeja on pikkujiljaa käytetty tuotannon virtausta ja järjestystä tehostamaan
✔	Suunniteltua tekemistä
✔	Niiden vaikutus on keskeinen myös yritysten johtamiseen ja sitä kautta kannattavuuteen. Teemaa ei voi ylikorostaa.
✔	ei oleellisesti
✔	Yritys aloittelee Leanin käyttöä. Esimerkiksi työpisteiden sijitys on parantunut, ja tavaroiden turhaan etsimiseen käytettävä aikahävikki pienentynyt.

Mitkä tekijät heikentävät CLT-rakentamisen laatua? Miten asiaa voisi parantaa? Voit perustella valintojasi.

(Asteikko: 1 = ei merkittävästi, 3 = neutraalilen osaa sanoa, 5 = paljon.)

Vastaajien määrä: 16

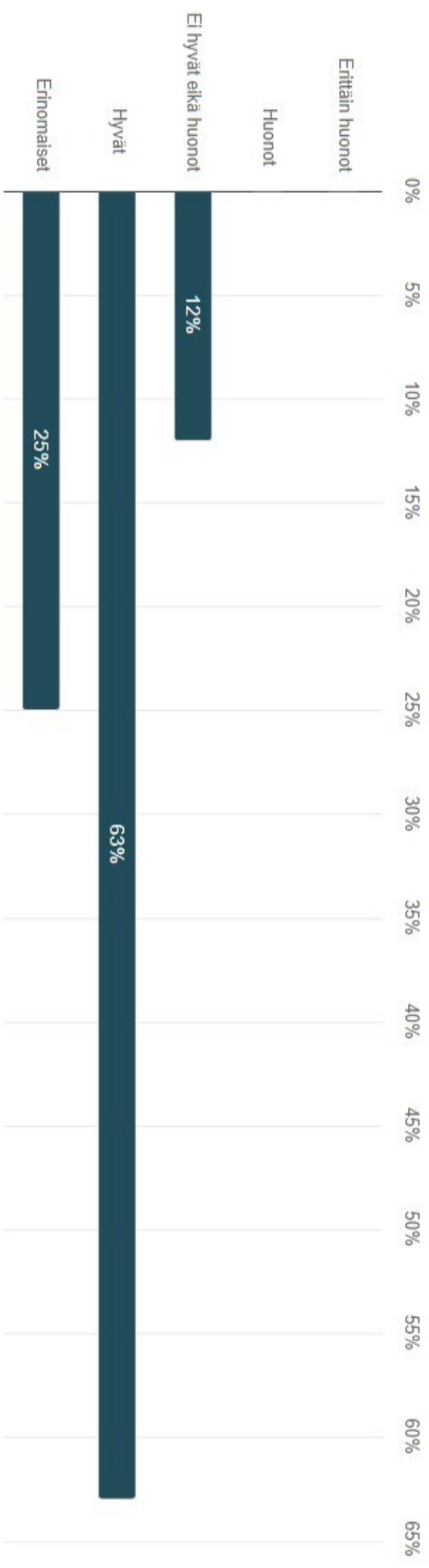


	1	2	3	4	5	Keskiarvo	Mediaani
Suunnitteluratkaisujen toteuttamisen haasteet	0,0%	31,2%	18,7%	31,3%	18,8%	3,4	3,5
Haastavat kilpailutilanne yritysten välillä	18,7%	18,7%	37,5%	18,8%	6,3%	2,8	3,0
Kustannushaasteet	0,0%	6,2%	37,5%	43,8%	12,5%	3,6	4,0
Tiukat aikataulut ja kiire	6,3%	18,7%	25,0%	25,0%	25,0%	3,4	3,5
Alan toimijoiden osaamistaso	6,3%	37,5%	6,3%	31,2%	18,7%	3,2	3,5
Rutiinien puute alalla	0,0%	6,2%	6,3%	37,5%	50,0%	4,3	4,5
Tiedonkulun ongelmat	6,3%	12,5%	43,8%	18,7%	18,7%	3,3	3,0
Hyvien työvälineiden ja resurssien puute	18,7%	25,0%	37,5%	12,5%	6,3%	2,6	3,0
Jokin muu, mitä?	16,7%	33,3%	33,3%	16,7%	0,0%	2,5	2,5
Yhteensä	8,1%	21,0%	27,3%	26,2%	17,4%	3,3	3,0

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Rutiinin puute alalla	Perustekemisen puute laskee tehokkuutta, myös toistojen määrä vaikuttaa.
Rutiinin puute alalla	Alan hankkeiden parhaat läpivientävät ovat suurimmalle osalle vähän vieraita.
Rutiinin puute alalla	Rutiinit puuttuvat ja on vaikeaa soveltaa vanhoja käytäntöjä
Tiukat aikataulut ja kiire	Vastaava kiire on kaikessa rakentamisessa.
Tiukat aikataulut ja kiire	Rakentamisen aikataulut ovat lähes poikkeuksetta kiireisiä, ja erityisen kokemattomissa käsissä kiireä aikataulu tuo turhaan lisähaasteita.
Tiukat aikataulut ja kiire	Tiedon hankinta ja etsiminen on työlästä kiireen tai muun paineen alla
Jokin muu, mitä?	Puualan toimijoilla on keskimäärin heikko työmaaturamus
Jokin muu, mitä?	Alan yritysten lyhytkö elinkaari ja sen myötä jo opitun osaamisen katoaminen.
Hyvien työvälineiden ja resurssien puute	Suhteellisen hyviä työvälineitä on kyllä saatavilla, mutta kaikki yritykset eivät tahdo tai kykene sijoittamaan niihin.
Hyvien työvälineiden ja resurssien puute	Vitseliäisyyden puute ottaa selvää ja tutustua esimerkiksi materiaalipankkeihin
Kustannushaasteet	Raaka-aineen vaihtelu asettaa haasteita
Kustannushaasteet	Prosessin kaikkia vaiheista, ei vain levy
Kustannushaasteet	CLT-rakentamisessa ei ole aina hirveästi valinnanvaraa esimerkiksi tuotteiden osalta.
Haastavat kilpailutilanne yritysten välillä	Ulkomailla tulee halvemmalla ei niin laadukasta tavaraa
Haastavat kilpailutilanne yritysten välillä	Ertäisesti tuontilevyä vastaan
Haastavat kilpailutilanne yritysten välillä	Suomalainen tuotanto on n. 1-2% globaalista tuotannosta.
Haastavat kilpailutilanne yritysten välillä	Halkvimpien tarjousten antajien laatu ja toiminta on usein hieman kyseenalaista, tällaisessa tuotteessa kannattaisi enemmän mennä laatuaso ja referenssit edellä.
Suunniteluratkaisujen toteuttamisen haasteet	Yli suunnittelu esim. ruuvauksissa
Suunniteluratkaisujen toteuttamisen haasteet	CLT tehtaalta, asentajalta ja suunnittelijalta monesti hieman eri intressit.
Suunniteluratkaisujen toteuttamisen haasteet	Esimerkiksi työvarojen riittämätön huomiointi suunnittelussa aiheuttaa vallavaa hävikkiä työmaalla niin laadullisesti kuin ajallisesti.
Suunniteluratkaisujen toteuttamisen haasteet	Haastavat muodot ja suunnitelmat

Alan toimijoiden osaamistaso	Jos tarkoitetaan CLT toimijoita
Alan toimijoiden osaamistaso	Tässä on kirjittu muuhun tuoteteollisuuteen verrattuna. Toisaalta CLT sisältää paljon enemmän suunniteluosaamista ja integraatiota rakentamiseen verrattuna vaikkapa kipsilevyyn.
Alan toimijoiden osaamistaso	CLT-alan todellisia tuntihoitoja on hyvin vaikea löytää.
Alan toimijoiden osaamistaso	Osaamistasossa on parannettavaa, esim. arkkitehtisuunnittelussa
Tiedonkulun ongelmat	Tässä on voitettavaa.
Tiedonkulun ongelmat	Tiedonkulun ongelmat aiheuttavat usein turhia kustannuksia CLT-rakennushankkeen kaikilla tasoilla. Tiedonkulku ei osapuolten kesken jäädä usein helkoksi, varsinkin jos hankkeen vetäjä ei ota totuttua isompaa roolia.

Millaiset pitkän aikavälin tulevaisuudennäköymät koko CL-T-rakentamisen alalla on (vastaajan omasta) näkökulmasta?
Vastaajien määrä: 16



	n	Prosentti
Erittäin huonot	0	0,0%
Huonot	0	0,0%
Ei hyvät eikä huonot	2	12,5%
Hyvät	10	62,5%
Erinomaiset	4	25,0%

Muuta mieleen tulevaa CLT-alan haasteista, ongelmista ja mahdollisista ratkaisuista?

Vastaajien määrä: 9

Vastauksia yhteensä 9, joista 9 näkyvillä. Näytä vain 10 vastausta tai lue kaikki avoimet vastaukset Word tai PDF-dokumentissa

Vastaukset	
Y	Osaajapula. Ei välttämättä osata suunnitella tarpeeksi hyvin. LIS-suunnittelijat ei tottuneet CLT:n kanssa työskentelyyn. Timpuri eivät osaa / uskalla rakentaa CLT:stä
Y	- puupinnoille jäävien rakenteiden suojaus työmaavaiheessa ja pintakäsitellyt vaativat erityisosaamista - ääneneristysratkaisujen yksinkertaisemmat vaihtoehdot kerroksissa
Y	Palon suojaamisen moninkertaiset ja monimutkaiset säännöt. Käyttöluokka, hirsi ok, mutta CLT ei?? CLT rakenteiden kierrätettävyyden osoittamisen puute.
Y	HEN tarvitaan ja yhdenmukaiset suunnitteluohjeet. Detaljiikka ja rakennetyyppejä vakioitava
Y	Sprinkleri pakko
Y	Koulutusta lisäämällä suunnittelijoille ja valvonnalle, näin välttäisiin turhilla ylirmitoituksilta ja säästettäisiin kustannuksia.
Y	CLT-rakentamisen markkinaehtoinen kehitys tahtoo edetä varsin hitaasti. Onneksi yhteiskunnan tasolla esimerkiksi julkiset rakennuttajat ovat panostaneet materiaalin käyttöön. Tulevaisuudessa CLT-rakentamisen yleistymistä varmasti helpottaa materiaalin ekologisuus. Esimerkiksi CLT-runko on kierrätettävissä ja jopa siirrettävissä kuten hirsirunkokin eri paikkoihin käyttötarvikkeen ja tarpeiden muuttuessa. Tämä tuo mielenkiintoisen lisän CLT-rakennuksen elinkaareen, joka voi hyvällä suunnittelulla olla äärimmäisen pitkä. Näin varsinkin massiivinen CLT-runko on ekologinen investointi, jonka soisi yleistyvän huomattavasti nykyistä enemmän.
Y	CLT:n markkinoinnissa julkisille taholle ja kohteiden rakennusmateriaaleista päätettävälle on parantamisen varaa
Y	Kotimaisen tuotannon rajallisuus - sekä kokonaisvaltaisesti että toimintusaika isompaan kohteeseen

