

Vili Petäjäniemi

CLT-RAKENTAMINEN KOHTUUHINTAISEN JA KESTÄVÄN ASUMISEN RATKAISUNA

Mahdollisuudet vastuullisena ja houkuttelevana
kokonaisuutena

Opinnäytetyö

Kulttuurialan ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Kestävän rakentamisen ja muotoilun koulutus (ylempi amk)

2025



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Muotoilija (ylempi amk)
Tekijä/Tekijät	Vili Petäjaniemi
Työn nimi	CLT-rakentaminen kohtuuhintaisen ja kestävän asumisen ratkaisuna. Mahdollisuudet vastuullisena ja houkuttelevana kokonaisuutena.
Toimeksiantaja	-
Vuosi	2025
Sivut	104 sivua
Työn ohjaaja(t)	Vertti Vallenius

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö tutkii CLT-rakentamisen (Cross-Laminated Timber) mahdollisuuksia kohtuuhintaisen omistusasumisen edistämässä. Työssä tarkastellaan erityisesti CLT-rakentamisen kustannustehokkuutta, muuntojoustavuutta sekä kaupallisten tilojen integrointia asuinrakennuksiin keinoina edistää kohtuuhintaista asumista. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys rakentuu CLT:n teknisten ominaisuuksien, kohtuuhintaisen asumisen määritelmien sekä kaupallisten tilojen ja asumisen yhdistämisen tarkastelun varaan.

Tutkimuksen menetelminä käytettiin kirjallisuuskatsausta, tulevaisuustutkimusta sekä case-analyysyjä. Tulokset osoittavat, että CLT-rakentamisen merkittävimmät edut kohtuuhintaisen asumisen näkökulmasta ovat materiaalin mahdollistama muuntojoustavuus, rakentamisen nopeus ja esivalmistuksen tuomat kustannushyödyt sekä pitkäaikainen ekologinen kestävyys. Kaupallisten tilojen integrointi CLT-asuinrakennuksiin voi tukea kohtuuhintaisuutta tuomalla lisätuloja ja parantamalla asuinalueiden palvelutarjontaa.

Tutkimuksen johtopäätöksenä todetaan, että CLT-rakentaminen tarjoaa potentiaalisia ratkaisuja kohtuuhintaisen asumisen haasteisiin, kun hyödynnetään materiaalin muuntojoustavuutta ja yhdistetään asuminen ja kaupalliset tilat toimivalla tavalla. Tämä edellyttää kuitenkin kokonaisvaltaista elinkaariajattelua ja kustannustehokkuuden parantamista standardoinnin ja modulaarisuuden kautta. CLT-rakentamisen laajempi käyttöönotto kohtuuhintaisessa asumisessa vaatii teknisen osaamisen kehittämistä, arvoketjun toimijoiden yhteistyötä sekä kustannustehokkuuden ja elinkaarivaikutusten parempaa huomiointia.

Asiasanat: CLT-rakentaminen, kohtuuhintainen asuminen, muuntojoustavuus, yhdistelmä-rakentaminen, kaupalliset tilat, modulaarisuus, kestävä rakentaminen

Degree title	Master of Culture and Arts
Author (authors)	Vili Petäjaniemi
Thesis title	CLT-construction as a solution for affordable and sustainable housing. Opportunities as a responsible and attractive concept.
Commissioned by	-
Time	2025
Pages	104 pages
Supervisor	Vertti Vallenius

ABSTRACT

This thesis examines the potential of CLT (Cross-Laminated Timber) construction in promoting affordable homeownership. The study particularly focuses on the cost-efficiency and adaptability of CLT construction, as well as the integration of commercial spaces into residential buildings as means to promote affordable housing. The theoretical framework is built upon the technical properties of CLT, definitions of affordable housing, and the examination of combining commercial spaces with residential use.

The research methods included a literature review, futures research, and case analyses. The results indicate that the most significant advantages of CLT construction from the perspective of affordable housing are the adaptability enabled by the material, the speed of construction and cost benefits of prefabrication, and together with long-term ecological sustainability. Integrating commercial spaces into CLT residential buildings can promote affordability by generating additional income and improving service availability in residential areas.

The study concludes that CLT construction offers potential solutions to the challenges of affordable housing when utilizing the adaptability of the material and combining residential and commercial spaces in a functional way. However, this requires comprehensive life cycle thinking and improved cost-efficiency through standardization and modularity. Broader adoption of CLT construction in affordable housing requires development of technical expertise, cooperation between value chain actors, and better consideration of cost-efficiency and life-cycle impacts.

Keywords: CLT-construction, affordable housing, adaptability, hybrid construction, commercial spaces, modularity, sustainable construction

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Tutkimuksen tausta	8
1.2	Tutkimuskysymykset ja tavoitteet.....	8
1.3	Rajaus	9
2	TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT	10
2.1	Viitekehys.....	10
2.1.1	Viitekehysten elementit ja niiden vuorovaikutus	12
2.1.2	Tutkimusmenetelmien rooli viitekehyksessä.....	12
2.1.3	Viitekehysten soveltaminen tutkimuksessa.....	13
2.2	Keskeiset käsitteet	14
2.2.1	CLT (Cross-Laminated Timber).....	14
2.2.2	Kestävä rakentaminen ja kestävä kehitys.....	15
2.2.3	Vähähiilisyys ja hiilinielut	17
2.2.4	Muuntojoustavuus	18
2.2.5	Modulaarisuus rakentamisessa	20
2.2.6	Standardointi rakentamisessa	21
2.2.7	Yhdistelmä-rakentaminen (hybridirakentaminen)	22
2.2.8	Sosiaalisesti houkutteleva ja kestävä asuminen.....	24
2.2.9	Kohtuuhintainen omistusasuminen.....	25
2.2.10	Kaupallisten tilojen integraatio asumiseen.....	27
2.2.11	Taloudellinen kestävyys asumisessa ja rakentamisessa.....	28
2.2.12	Tilatehokkuus ja asumisen kustannukset	30
3	TUTKIMUSMENETELMÄT	31
3.1	Kirjallisuuskatsaus.....	32
3.2	Tulevaisuustutkimus.....	34
3.3	Case-esimerkkien analyysi.....	36
3.4	Tulosten synteesi ja analyysi.....	38

4	CLT-RAKENTAMINEN.....	38
4.1	CLT-rakentamisen lähtökohdat	41
4.2	Kestävä ja vähähiilinen rakentaminen	42
4.3	CLT-rakentamisen haasteet ja mahdollisuudet kohtuuhintaisen asumisen näkökulmasta	45
4.4	CLT-rakenteiden tekniset ja suunnittelulliset ominaisuudet.....	46
4.5	Puurakentamisen vaikutukset laatuun ja asumisviihtyvyyteen	49
4.6	CLT ja muuntojoustavuus.....	50
4.6.1	CLT:n tukemat muuntojoustavat ratkaisut	53
4.6.2	Kaupallisten tilojen ja muuntojoustavuuden yhdistäminen.....	53
4.6.3	CLT:n muuntojoustavuuden merkitys kaupallisissa ja yhdistelmätiloissa	55
4.7	CLT ja yhdistelmä rakentaminen	57
4.8	CLT-rakentamisen kustannustehokkuus ja potentiaaliset säästökeinot	60
5	KOHTUUHINTAISEN ASUMISEN JA CLT-RAKENTAMISEN YHDISTÄMINEN	63
5.1	Kohtuuhintaisen omistusasumisen määritelmä ja siihen vaikuttavat tekijät	66
5.2	CLT-rakentamisen taloudelliset ja tekniset keinot kustannusten hillitsemiseksi.....	68
5.3	Kaupallisten tilojen rooli kohtuuhintaisen asumisen mahdollistajana.	70
5.4	CLT-rakentamisen laajemman käyttöönoton edellytykset ja esteet...	72
5.5	CLT-rakentamisen tulevaisuusskenaariot kohtuuhintaisen asumisen mahdollistajana.....	74
5.5.1	Skenaario 1: CLT valtavirtaistuu – "Puukerrostalojen läpimurto".	75
5.5.2	Skenaario 2: CLT erikoistuu – "Premium-puuasuminen joustaa"	77
5.5.3	Skenaario 3: CLT integroituu – "Hybridimalli normalistuu"	78
6	CASE-ESIMERKKIEN ANALYYSI	80

6.1	Esimerkki 1. TOAS Kauppi - CLT-tilaelementtirakentamista opiskelija-asumiseen	81
6.2	Esimerkki 2 – Nurmijärven puukerrostalokortteli	83
6.3	Make 2.0 – Puinen mallikerrostalo	85
6.4	CASE-analyysin yhteenveto.....	87
7	TUTKIMUSMENETELMIEN TULOSTEN SYNTEESI JA VASTAUKSET TUTKIMUSKYSYMYKSIIN.....	88
7.1	Miten CLT-rakentaminen voidaan yhdistää kohtuuhintaiseen asumiseen?	88
7.2	Millaiset konseptit mahdollistavat kohtuuhintaisen asumisen CLT- rakennuksissa?.....	89
7.3	Millä keinoilla CLT-rakentamista voidaan tehdä kustannustehokkaammaksi?.....	90
7.4	Miten asuin- ja liiketilojen yhdistäminen voi vaikuttaa asumiskustannuksiin CLT-rakennuksissa?	91
8	TULOKSET, JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	91
8.1	Jatkotutkimusmahdollisuudet	94
	LÄHTEET	96
	KUVALUETTELO	103
	TAULUKKOLUETTELO.....	104

1 JOHDANTO

Rakennettu ympäristö muodostaa yhteiskunnan perustan ja vaikuttaa merkittävästi taloudelliseen ja ekologiseen kestävyYTEEN. Rakennusala kuluttaa huomattavan määrän luonnonvaroja ja tuottaa merkittävän osan kasvihuonekaasupäästöistä. Suomessa rakentaminen ja rakennusten käyttö vastaavat noin 35 prosentista maan kokonaispäästöistä (Huttunen 2021, 11). Samanaikaisesti asumisen kustannusten hallinta on keskeinen yhteiskunnallinen haaste, joka vaatii innovatiivisia ratkaisuja. Kaupunkialueilla asuntojen hintojen nousu on tehnyt omistusasumisesta yhä haastavampaa tavallisille palkansaajille. (Helsingin kaupunki 2023.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, miten CLT-rakentaminen voidaan yhdistää kohtuuhintaiseen omistusasumiseen niin, että lopputulos täyttää taloudelliset, ekologiset ja sosiaaliset kestävyYDEN kriteerit. Tutkimus keskittyy analysoimaan keinoja hallita CLT-rakentamisen kustannuksia ja kehittää konsepteja, jotka mahdollistavat kustannustehokkaan ja laadukkaan asuntotuotannon.

Puurakentaminen on noussut lupaavaksi vaihtoehdoksi, joka voi yhdistää ekologisen kestävyYDEN ja korkealaatuisen rakentamisen. Ristiinliimattu massiivipuuta (CLT) edustaa moderneja puurakentamisen teknologioita, jotka mahdollistavat vähähiilisiä, modulaarisia ja muuntojoustavia rakennusratkaisuja. Vaikka CLT-rakentamisen kustannukset ovat toistaiseksi rajoittaneet sen käyttöä kohtuuhintaisessa asuntotuotannossa, niin viimeaikaiset paloturvallisuusmääräysten muutokset ovat parantaneet sen kilpailukykyä merkittävästi, avaten mahdollisuuksia monipuolisemmille rakennusprojekteille ja laskien kustannuksia suhteessa perinteisiin rakennusmateriaaleihin (FCG Finnish Consulting Group 2021, 7–8; Sweco 2021, 2).

Tutkimuksessa huomioidaan myös kaupalliset palvelut osana toimivaa yhdyskuntarakennetta, sillä niiden sijainti vaikuttaa merkittävästi asukkaiden arkeen ja alueen elinvoimaisuuteen. Rakentamisen mahdollistama muuntojoustavuus tarjoaa uusia mahdollisuuksia yhdistää asuminen ja kaupalliset tilat tavalla, joka tukee palveluiden saavutettavuutta ja asuinalueiden vetovoimaisuutta (Winogradow 2024, 9).

1.1 Tutkimuksen tausta

Asumisen hinta on viime vuosikymmeninä kasvanut merkittävästi, erityisesti kaupunkialueilla. Asuntojen pienenemyssä ja runkosyvyyden kasvaessa asukkaille jää samalla budjetilla yhä vähemmän tilaa (Meriläinen & Tervo 2022, 18). Kohtuuhintaisen asumisen haaste kietoutuu kiristyviin ekologisiin tavoitteisiin, ja Helsingin tilanne on paljastava: vain 22 prosentilla asutokunnista asuminen on kohtuuhintaista, kun mittarina käytetään 40 prosentin osuutta tuloista (Helsingin kaupunki 2023).

Puurakentaminen on nähty lupaavana ratkaisuna vähähiiliseen rakentamiseen, ja CLT edustaa innovatiivisia materiaaleja, jotka mahdollistavat uudensuunnittelu- ja kestävyysratkaisuja. Puurakenteisessa kerrostalossa elinkaaren aikainen hiilijalanjälki voi olla jopa 20 prosenttia pienempi kuin perinteisissä rakennuksissa, vaikka rakentamisen kustannukset ovat usein korkeammat (FCG Finnish Consulting Group 2021, 7–8).

Teknologinen kehitys on avannut uusia mahdollisuuksia modulaarisiin, esivalmistisiin ja muuntojoustaviin ratkaisuihin, jotka voivat tehostaa rakentamista ja hillitä kustannuksia. Yhdistelmä rakentamisen malli, jossa asuminen ja kaupalliset tilat yhdistyvät samaan rakennukseen, on erityisen lupaava. Marttisen (2022, 2–11) mukaan hybridimallit voivat luoda sosiaalisesti vetovoimaisia ja taloudellisesti kestäviä asuinympäristöjä yhdistämällä tehokkaan tilankäytön, palveluiden saavutettavuuden ja yhteisöllisyyden tukemisen.

Kaupallisten palveluiden sijainti ja saavutettavuus vaikuttavat suoraan alueiden elinvoimaisuuteen ja vetovoimaan. Palvelut eivät ole vain liiketoimintaa, vaan keskeinen osa kaupunkisuunnittelua ja asukkaiden hyvinvointia. (Wingradow 2024, 13; Heinimäki 2006, 156–160.)

1.2 Tutkimuskysymykset ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön päätutkimuskysymys on:

”Miten CLT-rakentaminen voidaan yhdistää kohtuuhintaiseen asumiseen?”

Lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan seuraavia alakysymyksiä:

”Millaiset konseptit mahdollistavat kohtuuhintaisen asumisen CLT-rakennuksissa?”

”Millä keinoilla CLT-rakentamista voidaan tehdä kustannustehokkaammaksi?”

”Miten asuin- ja liiketilojen yhdistäminen voi vaikuttaa asumiskustannuksiin CLT-rakennuksissa?”

Tutkimuksen tavoitteena on tarjota konkreettisia näkökulmia ja ratkaisuja siihen, miten CLT-rakentaminen voisi tulevaisuudessa olla osa kustannustehokasta, muuntojoustavaa ja ekologisesti kestäväää asuntorakentamista. Tarkastelun kohteena ovat erityisesti asuinrakennusten ja liiketilojen yhdistäminen, modulaariset ja standardoidut rakennusratkaisut sekä taloudelliset mallit, jotka voivat mahdollistaa kustannusten hallinnan ja asumisen hinnan kohtuullistamisen.

1.3 Rajaus

Tässä tutkimuksessa keskitytään omistusasumiseen, ja vuokra-asuminen rajataan tarkastelun ulkopuolelle. Kantavana ajatuksena on, että asuntovarallisuus on tavalliselle palkansaajalle merkittävä keino vaurastua ja valtaosa kotitalouksien varallisuudesta on asuntovarallisuutta (Topo 2024). ja tämän vuoksi tutkimuksessa tarkastellaan rakentamisen näkökulmasta keinoja, joilla mahdollisimman moni pääsisi omistusasumiseen kiinni yhdistäen samalla kestäväen rakentamisen ja muotoilun periaatteita.

Maantieteellisesti tarkastelu rajautuu Suomeen ja Suomen markkinoihin sekä paikallisiin rakentamiskäytäntöihin. Tutkimus keskittyy CLT-rakentamisen tekniisiin ja taloudellisiin näkökulmiin, jolloin asukkaiden kokemukset, toiveet ja käyttäjälähtöinen näkökulma jäävät jatkotutkimuksen aiheiksi. Rakennustyyppin osalta keskitytään uudisrakentamiseen, ja korjaus- ja muutosrakentaminen on rajattu tämän työn ulkopuolelle.

Myös lainsäädäntö, sääntely ja ympäristömerkinnät jätetään tarkastelun ulkopuolelle, vaikka niillä on vaikutusta CLT-rakentamisen toteutukseen. CLT-rakentamisen kattava ympäristövaikutusten analyysi rajataan pois, joskaan ra-

kentämisen hiilijalanjälkeä ja elinkaarivaikutuksia ei voida täysin sivuuttaa kestävän rakentamisen kontekstissa (Häkkinen & Kuittinen 2020, 18–19). Taloudelliset mallinnukset ja yksityiskohtaiset taloudellisten vaikutusten laskelmat jäävät niin ikään tutkimuksen ulkopuolelle, ja taloudellisia näkökulmia käsitellään yleisemmällä tasolla. Tutkimus pyrkii ilmiön kuvaamiseen ja analysointiin ennemmin kuin suorien suositusten tuottamiseen.

2 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT

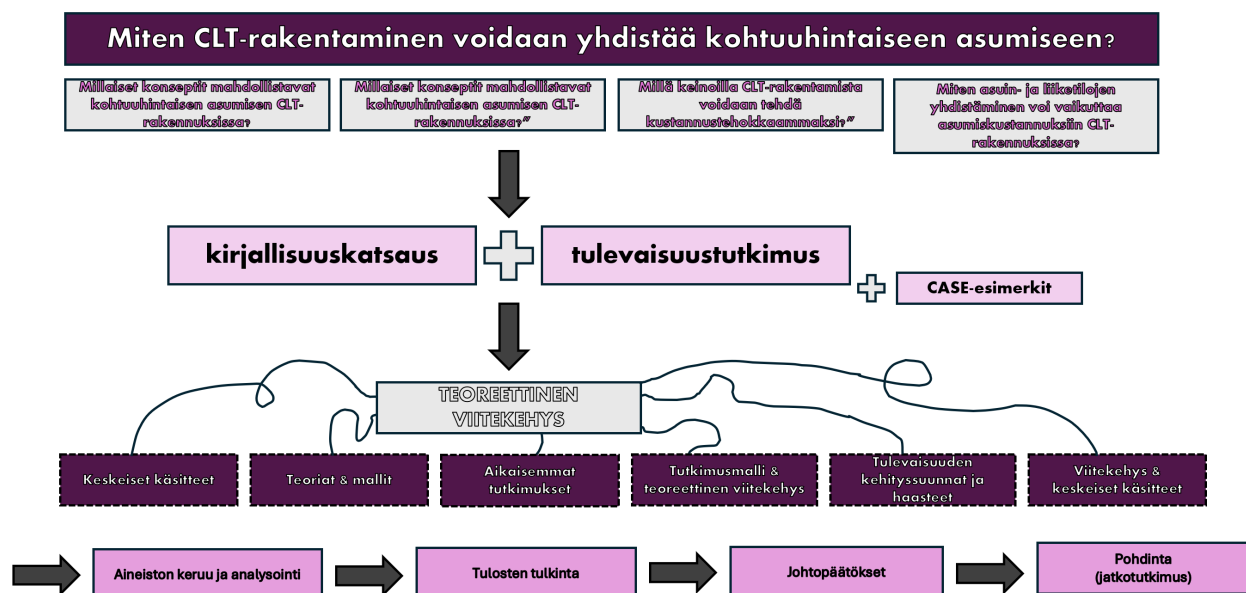
Parhaimmillaan tutkimus on, kun ilmiötä kuvaava tai selittävä järjestelmä, eli teoria ja havaintoihin perustuva tieto, eli empiria, ovat luovassa vuoropuhelussa keskenään. Teoria tarjoaa kehyksen tai hypoteesin, joka pyrkii selittämään tiettyä ilmiötä. Empiria puolestaan tarjoaa konkreettisia havaintoja, joiden avulla teoriaa voidaan testata ja arvioida. (Saarela-Kinnunen & Eskola 2010, 198.) Teoreettinen viitekehys ei toimi vain käsitteellisenä lähtökohtana, vaan ohjaa koko tutkimusprosessia tarkentaen tutkimuskysymyksiä ja kohdentaa analyysia. Tässä tutkimuksessa viitekehys muodostaa pohjan CLT-rakentamisen roolin tarkastelulle kohtuuhintaisessa asumisessa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella CLT-rakentamisen mahdollisuuksia ja haasteita osana kestävän kehityksen periaatteita erityisesti kohtuuhintaisen asumisen näkökulmasta. Rakennusala on merkittävä tekijä ympäristön kuormituksen vähentämisessä ja luonnonvarojen kestävän käytön edistämässä, mutta samalla rakentamisen kustannukset ja asumisen saavutettavuus ovat keskeisiä haasteita. (Huttunen 2021, 11.) Työssä tarkastellaan erityisesti CLT-rakentamisen mahdollisuuksia laajemmissa asuin- ja hybridirakennusprojekteissa, joissa yhdistyvät asuminen ja kaupalliset tilat. Tavoitteena on selvittää, miten nämä konseptit voivat vaikuttaa asumisen kohtuuhintaisuuteen ja kuinka CLT:n ominaisuuksia voidaan hyödyntää asumiskustannusten hillitsemiseksi.

2.1 Viitekehys

Teoreettinen viitekehys toimii tutkimuksen rakenteellisena ja käsitteellisenä lähtökohtana, joka auttaa jäsentämään ja ymmärtämään tutkimusongelmaa (Vilkkä 2023, 35–125). Tässä tutkimuksessa viitekehys rakentuu kolmen toisi-

aan täydentävän menetelmän varaan, joiden avulla pyritään vastaamaan tutkimuskysymyksiin. Kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan CLT-rakentamisen teknisiä, taloudellisia ja kestävän kehityksen näkökulmia. Tulevaisuustutkimuksen avulla hahmotellaan skenaarioita CLT:n roolista kohtuuhintaisen asumisen kehityksessä. Case-analyyseissä tarkastellaan jo toteutettuja CLT-hankkeita, joissa asuminen ja kaupalliset tilat yhdistyvät, ja arvioidaan niiden vaikutuksia rakennushankkeen taloudelliseen ja toiminnalliseen kannattavuuteen. Näiden menetelmien avulla pyritään muodostamaan kokonaiskuva siitä, miten CLT-rakentamista voidaan kehittää taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestäväksi asuntorakentamisen ratkaisuksi. Visualisoidussa viitekehyksessä (kuva 1) on kuvattu tutkimuskysymykset, -menetelmät, teoreettinen viitekehys ja työn eteneminen.



Kuva 1. Visualisoidu viitekehys (Petäjäniemi 2025)

Nämä elementit ja niiden väliset vuorovaikutussuhteet muodostavat pohjan, jonka avulla voidaan analysoida CLT-rakentamisen potentiaalia kestävän ja kohtuuhintaisen asumisen toteuttamisessa. Visuaalinen viitekehys havainnollistaa, kuinka eri tutkimusmenetelmät ja teoreettiset käsitteet kytkeytyvät toisiinsa. Tämä auttaa jäsentämään tutkimuksen vaiheita ja varmistaa, että tutkimuksen analyysi etenee loogisesti ja johdonmukaisesti.

2.1.1 Viitekehyyksen elementit ja niiden vuorovaikutus

CLT-rakentamisen tekniset ominaisuudet, kuten modulaarisuus ja muuntojoustavuus, luovat perustan rakennusten pitkäaikaiselle käytettävyydelle (Pertola 2024, 18). Peltokorpi (2021, 2) korostaa, että tilaelementtirakentamisessa esivalmistetut CLT-elementit nopeuttavat työmaavaihetta ja mahdollistavat korkean laadunvalvonnan. Tämä tekninen ulottuvuus yhdistyy suoraan taloudellisiin tekijöihin, sillä tehokas tuotantoprosessi ja rakenteiden pitkäikäisyys vaikuttavat merkittävästi kokonaiskustannuksiin (Sorri 2017, 60).

Kohtuuhintaisen asumisen näkökulmasta keskeisiä tekijöitä ovat tilatehokkuus ja muuntojoustavuus. Ruutikainen (2013, 19) toteaa työssään, että muuntojoustavuuden avulla asuinneliöiden tarvetta voidaan optimoida, mikä voi alen-
taa asumiskustannuksia. Tämä kytkeytyy suoraan CLT:n teknisiin ominaisuuksiin, sillä materiaalin modulaarisuus mahdollistaa tilojen tehokkaan suunnittelun ja muunneltavuuden (Tarpio 2015, 31–33).

Kaupallisten tilojen integraatio tuo viitekehyykseen kolmannen ulottuvuuden, joka vaikuttaa sekä rakennusten taloudellisuuteen että sosiaaliseen kestävyys-
teen. Kuten Marttinen (2022, 2) osoittaa, eri toimintojen yhdistäminen hybridi-
konseptien kautta voi tukea sekä taloudellista kannattavuutta että yhteisöllisyyttä. Tarpio (2015, 31–33) painottaa, että joustavat tilaratkaisut mahdollistavat erilaisten toimintojen yhdistämisen samaan rakennukseen, mikä voi parantaa rakennuksen käyttöastetta ja taloudellista kannattavuutta.

2.1.2 Tutkimusmenetelmien rooli viitekehyyksessä

Tutkimuksen metodologinen lähestymistapa rakentuu kolmen toisiaan täydentävän menetelmän varaan. Kirjallisuuskatsaus luo teoreettisen perustan tutkimukselle, auttaen ymmärtämään CLT-rakentamisen ja kohtuuhintaisen asumisen välisiä yhteyksiä. Vilkka (2023, 7–12) korostaa kirjallisuuskatsauksen merkitystä teoreettisen ymmärryksen rakentamisessa ja tutkimusaukkojen tunnistamisessa.

Case-analyysit tuovat tutkimukseen käytännön näkökulman. Saarela-Kinnusen & Eskolan (2010, 189–198) mukaan ne mahdollistavat ilmiön tarkastelun sen todellisessa kontekstissa. Kananen (2013, 54) painottaa case-analyysien

arvoa konkreettisten esimerkkien kautta. Tässä työssä erityisesti tarkasteltaessa CLT-rakentamisen hyödyntämistä kohtuuhintaisen asumisen ja kaupallisten tilojen yhdistämisessä.

Tulevaisuustutkimus laajentaa näkökulmaa nykyhetkestä tulevaisuuden mahdollisuuksiin. Häkkisen & Kuittisen (2020, 3–4) mukaan tämä on erityisen merkityksellistä rakennusalan pitkän aikajänteen vuoksi. Näin tutkimus kykenee hahmottamaan paitsi nykyiset käytännöt, myös alan potentiaaliset kehitysuunnat.

Nämä kolme menetelmää muodostavat toisiaan täydentävän kokonaisuuden, jossa kirjallisuuskatsaus tarjoaa teoreettisen pohjan, case-analyysit käytännön esimerkit ja tulevaisuustutkimus pitkän aikavälin näkökulman. Yhdessä ne mahdollistavat CLT-rakentamisen syvällisen ja monipuolisen tarkastelun kohtuuhintaisen asumisen kontekstissa.

2.1.3 Viitekehysten soveltaminen tutkimuksessa

Viitekehys ohjaa tutkimusta yhdistämällä teoreettisen ymmärryksen käytännön sovelluksiin. CLT:n tekniset ominaisuudet luovat pohjan rakennusten muuntojoustavuudelle, jota Peltokorpi (2021, 14) pitää keskeisenä tekijänä tulevaisuuden asumisratkaisuissa. Tämä tekninen ulottuvuus yhdistyy taloudellisiin tekijöihin, kuten Sorri (2017, 60) osoittaa käsitellessään tilaelementtirakentamisen kustannustehokkuutta omassa työssään.

Kaupallisten tilojen integraatio tuo mukaan sosiaalisen ulottuvuuden, jota Kraama (2021, 8–9) tarkastelee erityisesti rakennusten pitkäaikaisen käytettävyyden näkökulmasta. Tämä monipuolinen lähestymistapa mahdollistaa CLT-rakentamisen potentiaalisen kokonaisvaltaisen arvioinnin osana tulevaisuuden kaupunkirakentamista (FCG Finnish Consulting Group 2021, 35).

Viitekehysten avulla voidaan analysoida, miten CLT-rakentamisen tekniset ratkaisut, kustannustehokkuus ja muuntojoustavuus voivat yhdessä tukea kohtuuhintaista asumista (Tarpio 2015, 236). Samalla se auttaa tunnistamaan ne keskeiset tekijät, jotka vaikuttavat CLT-rakentamisen soveltuvuuteen erilaisissa rakennushankkeissa ja käyttötarkoituksissa (Perttola 2024, 18).

2.2 Keskeiset käsitteet

Tutkimuksen käsitteellinen tarkastelu on olennainen osa tieteellistä työtä, sillä käsitteet muodostavat tutkimuksen teoreettisen perustan. Kuten Kananen (2013, 37) toteaa: *merkitystieteessä käsitteet ovat yhtä tärkeitä kuin kirjaimet kielessä - ne ovat tieteellisen toiminnan perusrakennusaineeksiä, joiden merkitys usein unohdetaan tai otetaan itsestäänselvyyksinä*. Tämän luvun tavoitteena on avata tutkimuksen ydinkäsitteet, jotka auttavat lukijaa ymmärtämään tutkimusongelmaa ja syventämään CLT-rakentamisen tarkastelua osana kestävämpää ja monipuolisempaa tulevaisuuden asuntotuotantoa.

2.2.1 CLT (Cross-Laminated Timber)

Ristiinliimattu massiivipuu (CLT) on innovatiivinen rakennusmateriaali, joka yhdistää puun ja betonin hyvät ominaisuudet. Se mahdollistaa puurakentamisen monipuolistamisen ja avaa uusia mahdollisuuksia arkkitehtuurissa. CLT:n etuja ovat muun muassa rakennusten hengittävyys, huoneilman kosteuden tasapaino ja kestävyuden parantaminen (Lahden puurakentajat s.a.).

CLT-elementit valmistetaan tarkasti mitoitetuina, ja ne voidaan helposti pystyttää, eristää ja ulkokuorata suoraan työmaalla. Kuvassa 2 näkyvät CLT-levyt havainnollistavat materiaalikerrosten ristiinlaminoitua rakennetta, joka antaa elementeille niiden rakenteellisen lujuuden. Vaikka CLT soveltuu erinomaisesti pientaloihin, sen hyödyntäminen on mahdollista myös suurissa rakennuksissa, joissa tarvitaan suurempia jännevälejä ja korkeita rakenteita. CLT-elementit ovat monikäyttöisiä ja ne voidaan yhdistää muihin rakennusmateriaaleihin, kuten betoniin tai teräkseen, halutun lopputuloksen saavuttamiseksi (Palomäki 2018, 2).



Kuva 2. Erilaisia CLT-levyjä (Puuinfo 2023)

Ympäristön kannalta CLT on erittäin houkutteleva valinta: sen valmistus perustuu uusiutuvaan metsäpuuhun ja valmistusprosessi on nopea. Sen käytöstä syntyy vähemmän päästöjä verrattuna perinteisiin rakennusmateriaaleihin, kuten betoniin. CLT toimii myös pitkäaikaisena hiilivarastona koko sen elinkaaren ajan, mikä tekee siitä kestäväen valinnan. Kuljetuksessa on tärkeää huomioida, että tuotteiden kuljettaminen vaakatasossa maksimoi kuljetustilan ja vähentää kuljetuksen osuutta hiilijalanjäljestä. (Hoisko s.a.)

2.2.2 Kestävä rakentaminen ja kestävä kehitys

Kestävä rakentaminen on osa laajempaa kestäväen kehityksen periaatteita, joissa taloudelliset, ekologiset ja sosiaaliset näkökulmat yhdistyvät pitkäjänteiseksi ja vastuulliseksi suunnitteluksi. Rakennuksen elinkaaren aikana tulee huomioida energiankulutus, materiaalien vaikutukset ympäristöön sekä rakenteiden pitkäikäisyys. Ilmastonmuutoksen torjunta on keskeinen tavoite, mutta kestäväen rakentamisen periaatteet eivät rajoitu vain vähähiilisyyteen. Rakennusten tulee myös olla terveellisiä, turvallisia ja toiminnallisesti kestäviä sekä

tarjota pitkäaikaisia asumisratkaisuja ilman tarpeetonta resurssien tuhlausta. (Rakennusteollisuus s.a.)

Kestävä rakentaminen perustuu energiatehokkuuteen, uusiutuviin materiaaleihin ja vähähiilisiin ratkaisuihin. Puurakentaminen, kuten CLT-rakentaminen, on yksi tapa vähentää rakentamisen päästöjä ja pienentää rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia. Puu toimii pitkäaikaisena hiilivarastona, ja sen käyttö voi vähentää betonin ja teräksen osuutta rakentamisessa, jotka ovat tunnetusti hiili-intensiivisiä materiaaleja. (Huttunen 2021, 11–17.)

Kestävän kehityksen näkökulmasta rakentamisen on oltava taloudellisesti kannattavaa, ekologisesti kestävää ja sosiaalisesti vastuullista. Tämä tarkoittaa muun muassa energiatehokkuutta, rakennusten muuntojoustavuutta ja elinkaaren aikaisten kustannusten hallintaa. Lisäksi sosiaalinen kestävyys edellyttää, että rakentaminen tukee asukkaiden hyvinvointia ja tarjoaa kohtuuhintaisia asumisratkaisuja eri väestöryhmille. (Heiskanen 2021, 99.)

Kestävässä rakentamisessa on huomioitava myös asuntomarkkinoiden kehityksen sosiaalinen ulottuvuus. Asuntojen hintojen merkittävä eriytyminen kaupungin eri osien välillä on haaste, joka kytkeytyy laajempiin kestävyyskysymyksiin. Helsingin kontekstissa kalleimman ja edullisimman postinumeroalueen välinen keskineliöhintojen ero on kolminkertaistunut vuosituhaten vaihteen jälkeen: kun ero oli vuosituhaten vaihteessa noin 2 000 euroa, se on nykyisellään yli 6000 euroa. Tämä kehitys on kiihtynyt 2000-luvun kuluessa siten, että erityisesti kalleimpien alueiden hintakehitys on ollut huomattavasti nopeampaa kuin lähtökohtaisesti edullisimpien. (Helsingin kaupunki 2021, 58.) Kestävän rakentamisen tulisikin huomioida sekä ekologinen että sosiaalinen ulottuvuus, jotta voidaan välttää alueiden liiallinen eriytyminen ja turvata monipuolinen asukasrakenne.

Kestävän kehityksen käsitteen ymmärtäminen on keskeistä tarkasteltaessa CLT-rakentamisen roolia tulevaisuuden rakentamisessa. Kestävä kehitys ymmärretään jatkuvana ja ohjattuna yhteiskunnallisena muutosprosessina, jonka tavoitteena on turvata hyvät elämisen mahdollisuudet niin nykyisille kuin tulevillekin sukupolville. Olennaista tässä lähestymistavassa on, että ympäristö,

ihminen ja talous huomioidaan tasavertaisesti kaikessa päätöksenteossa (Ympäristöministeriö 2023).

Kestävä kehitys jaetaan tyypillisesti kolmeen ulottuvuuteen: ekologiseen, taloudelliseen sekä sosiaaliseen ja kulttuuriseen kestävyys. Ekologisen kestävyys perusehtoina ovat biologisen monimuotoisuuden säilyttäminen ja ihmisen toiminnan sopeuttaminen luonnon kantokykyyn. Taloudellinen kestävyys puolestaan tarkoittaa tasapainoista kasvua, joka ei perustu velkaantumiseen tai resurssien ylikulutukseen. Sosiaalinen kestävyys keskittyy hyvinvoinnin edellytysten siirtämiseen sukupolvelta toiselle. (Ympäristöministeriö 2023.) CLT-rakentaminen koskettaa kaikkia näitä ulottuvuuksia, mikä tekee siitä erityisen kiinnostavan tutkimuskohteen kestävästä rakentamisen kontekstissa.

2.2.3 Vähähiilisyys ja hiilinielut

Vähähiilisyys rakentamisessa tarkoittaa rakennuksen koko elinkaaren aikaisen hiilidioksidipäästöjen minimointia. Tämä voidaan saavuttaa hyödyntämällä energiatehokkaita suunnitteluratkaisuja, vähäpäästöisiä ja pitkäikäisiä rakennusmateriaaleja sekä kierrätettäviä ja uudelleenkäytettäviä rakennusosia. Rakennusten vähähiilisuuden arvioinnissa tarkastellaan päästöjä kaikissa rakennuksen elinkaaren vaiheissa: materiaalien valmistuksessa, kuljetuksessa, rakentamisessa, käytössä ja purkamisessa. (Kysymyksiä ja vastauksia vähähiilisestä rakentamisesta s.a.)

Puurakentaminen on yksi merkittävä keino vähähiilisuuden tavoittelussa. Puu sitoo kasvaessaan hiiltä, ja puurakenteet toimivat pitkäaikaisina hiilivarastoina, mikä pienentää rakennuksen hiilijalanjälkeä. CLT:n käyttö rakennusmateriaalina voi vähentää päästöjä verrattuna perinteisiin materiaaleihin. Rakentamisen hiilijalanjäljen pienentämisessä on kuitenkin tärkeää huomioida koko elinkaaren aikaiset vaikutukset, sillä esimerkiksi rakennuksen käyttöiällä ja purkumateriaalien kierrätettävyydellä on merkittävä vaikutus ympäristövaikutuksiin. (Leinonen 2023.)



Kuva 3. Vähähiilisen rakentamisen suunnittelun tasot uudishankkeessa (Petäjaniemi 2025 mukaillen Häkkinen & Kuittinen 2020, 153)

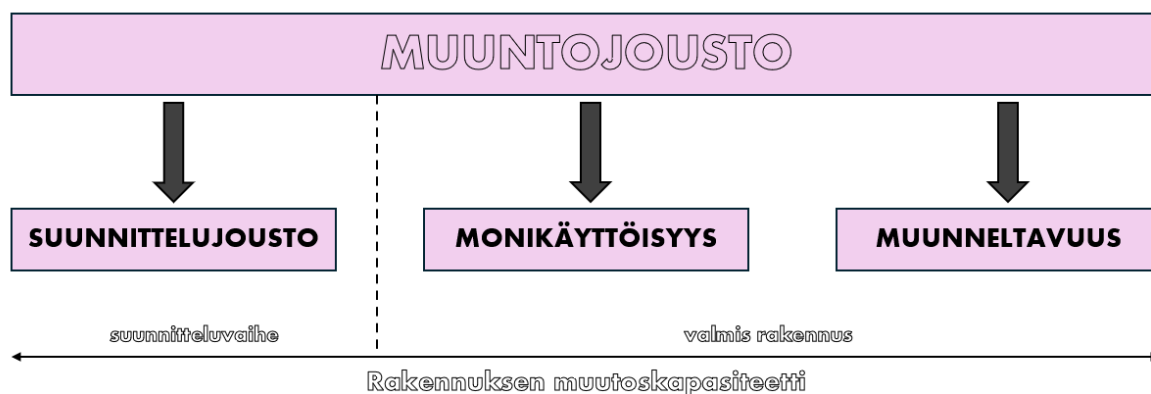
Kuvassa 3 havainnollistetaan vähähiilisyiden eri tasojen ja painopisteiden huomioimista rakennuksen suunnittelussa. Vähähiilisyteen vaikuttavia tekijöitä voidaan ryhmitellä niiden vaikuttavuuden mukaan suunnitteluprosessin eri vaiheissa. Vaikka hankkeet eroavat toisistaan, kuvan esittämät vähähiilisen suunnittelun tasot antavat mittakaavaa eri tekijöiden vaikutuksesta lopputulokseen, mikä tukee rakennuksen elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten hallintaa ja ilmastonmuutoksen torjuntaa. (Häkkinen & Kuittinen 2020, 152.)

Hiilinieluilla tarkoitetaan prosesseja, jotka poistavat hiilidioksidia ilmakehästä ja varastoivat sitä. Puurakennukset ovat teknisiä hiilinieluja, sillä niihin varastoituu hiiltä koko niiden käyttöiän ajaksi. Tämän vuoksi puurakentaminen nähdään keinona lisätä rakennetun ympäristön hiilivarastoja ja hidastaa ilmastonmuutosta. Myös metsät toimivat luonnollisina hiilinieluinä, mutta puurakentamisessa on tärkeää varmistaa, että käytetty puu on peräisin kestävästi hoidetuista metsistä, jotta nieluvaikutus säilyy pitkällä aikavälillä. (Leinonen 2023.)

2.2.4 Muuntojoustavuus

Arkkitehtuurissa muuntojoustavuus on moniulotteinen käsite, joka voidaan määritellä tilan joustavuutena, teknisenä joustavuutena, käyttäjäystävällisyytenä, laajennettavuutena ja kestävyutenä. Tarpion väitöskirjan (2015, 31–33) mukaan muuntojoustavuudella viitataan rakennusten, tilojen ja infrastruktuurin kykyyn sopeutua eri käyttötarkoituksiin, käyttäjien muuttuviin tarpeisiin ja ympäristöolosuhteisiin. Meriläisen ja Tervon (2022, 48) määritelmän mukaan

muuntojoustavuus tarkoittaa asunnon tai yksittäisen huoneen kykyä muokkautua erilaisiin tarpeisiin. Kuten kuvassa 4 on esitetty, muuntojouston keskeiset periaatteet rakennusten muutoskapasiteettia tarkasteltaessa sisältävät useita näkökulmia.



Kuva 4. Muuntojouston keskeiset periaatteet (Petäjaniemi 2025 mukailien Meriläinen & Tervo 2022, 48)

Muuntojoustavuus voidaan toteuttaa kolmella päätävällä: monikäyttöisyys tarkoittaa tilan käyttöä useisiin tarkoituksiin ilman rakenteellisia muutoksia, muunneltavuus edellyttää mahdollisuutta tehdä fyysisiä muutoksia tilaan, kuten siirtää väliseiniä tai muuttaa talotekniikkaa, ja laajennettavuus mahdollistaa rakennuksen myöhemmän laajentamisen tai supistamisen tilatarpeen muuttuessa. Rakennusten pitkäikäisyyden näkökulmasta muuntojoustavuus on keskeinen tekijä. Suunnitteluvaiheessa tulee ottaa huomioon rakennuksen mukautuminen erilaisiin käyttötilanteisiin sen elinkaaren aikana. Tilaelementtirakentamisessa muuntojoustavuus mahdollistaa tilojen monipuolisen käytön ilman merkittäviä rakenteellisia muutoksia. (Tarpio 2015, 59–60.)

Peltokorpi (2021, 14) toteaa, että muuntojoustavilla ratkaisulla voidaan parantaa tilankäytön tehokkuutta ja tukea muuttuvia asumistarpeita. Perttola (2024, 18) puolestaan korostaa muuntojoustavuuden merkitystä rakennuksen elinkaaren pidentämisessä ja tilojen tarpeettomaksi muuttumisen ehkäisyssä. Waldenin (2023) mukaan muuntojoustavuuden tavoittelu voi tuoda merkittäviä etuja rakennusten pitkäikäisyyden, käyttäjäkokemuksen ja resurssitehokkuuden näkökulmasta. Erityisesti modulaariset ja standardoidut rakentamisratkai-

sut tukevat muuntojoustavuutta ja voivat vähentää sekä rakennuskustannuksia että tilojen käyttöönottoon liittyviä haasteita. CLT-rakentamisessa muuntojoustavuutta voidaan edistää esimerkiksi kytköhuonelogiikan ja moduulistruktuurilogiikan avulla, jotka mahdollistavat rakennusten tilallisten ratkaisujen muokkaamisen tarpeiden mukaan (Tarpio 2015, 211; 285). Näitä logiikoita avataan myöhemmin työssä tarkemmin.

Muuntojoustavuus on teknisen ominaisuuden lisäksi syvällinen sosiaalinen innovaatio. Ojanen (2017, 19) korostaa fyysisten kohtaamisten merkitystä digitaalisessa ajassa, todeten: *On tärkeää antaa toiselle ihmiselle sataprosenttinen huomio ja jättää esimerkiksi puhelin ja sen sosiaalinen media siksi aikaa sivuun*. CLT-rakentamisen muuntojoustavat tilat voivat luoda ympäristöjä, jotka kannustavat syvälliseen sosiaaliseen vuorovaikutukseen ihmisten kesken.

Tikkasen (2015, 44) mukaan asuminen on kompleksinen ekosysteemi, joka muodostuu taloudellisista, sosiaalisista ja henkilökohtaisista tekijöistä. CLT-rakentaminen tarjoaa lupaavan lähestymistavan, jossa tekninen innovaatio ja sosiaalinen kestävyys kohtaavat.

Tilojen käyttötarkoitukset ilmenevät usein niiden nimeämistavoista, mutta tämä luokittelu voi olla ristiriidassa tilan monikäyttöisyyden periaatteen kanssa. Jos tila on alun perin nimetty tiettyyn tarkoitukseen, sen muuntojoustavuus voi jäädä rajoitetuksi. CLT-rakentamisen mahdollistama joustavuus voi kuitenkin auttaa ylittämään tämän ristiriidan, sillä tilojen rakenteet voidaan suunnitella ja rakentaa niin, että ne tukevat monikäyttöisyyttä ja muuntuvat asukkaittensa tarpeiden mukaan (Meriläinen & Tervo 2022, 58).

2.2.5 Modulaarisuus rakentamisessa

Modulaarisuus rakentamisessa viittaa menetelmään, jossa rakennus jaetaan itsenäisiin, esivalmistettuihin moduuleihin, jotka kootaan työmaalla valmiiksi kokonaisuudeksi. Tämä lähestymistapa nopeuttaa rakentamisprosessia, parantaa kustannustehokkuutta ja mahdollistaa tilojen joustavan muokkaamisen eri käyttötarkoituksiin. (Sarkkinen 2017.) Modulaarinen rakentaminen jakautuu kahteen päätyyppiin: tilaelementtirakentamiseen, jossa kokonaiset huonetilat

valmistetaan tehtaalla ja kuljetetaan työmaalle, sekä pienempiin rakennusmoduuleihin perustuvaan rakentamiseen, jossa esimerkiksi seinä- ja lattiaelementit kootaan työmaalla rakenteiksi (Peltokorpi 2021, 2.)

Modulaarinen rakentaminen tarjoaa merkittäviä etuja perinteiseen paikallarakentamiseen verrattuna. Moduulien valmistus tehdasolosuhteissa mahdollistaa tarkan laadunvalvonnan, mikä parantaa rakentamisen laatua ja vähentää virheitä (Sorri 2017, 60). Tehdasvalmistus myös suojaa rakenteita sääolosuhteilta, mikä pienentää kosteusriskien ja sisäilmaongelmien todennäköisyyttä (Sarkkinen 2017). Rakentamisen nopeus kasvaa merkittävästi, sillä moduulien valmistus ja perustustyöt voidaan tehdä samanaikaisesti – tämä voi lyhentää kokonaisrakennusaikaa jopa 50 % verrattuna perinteiseen rakentamiseen (Peltokorpi 2021, 2).

Modulaarisuus tukee myös muuntojoustavuutta. Esivalmistetut moduulit voidaan suunnitella siten, että niitä voidaan yhdistellä tai muunnella eri käyttötarkoituksiin (Tarpio 2015, 211). CLT-rakentamisessa modulaarisuus voi erityisesti parantaa kaupallisten tilojen ja asumisen yhdistämistä, sillä tilarakenteet voidaan suunnitella muunneltaviksi esimerkiksi liiketilojen tarpeiden mukaan (Peltokorpi 2021, 10).

Modulaariseen rakentamiseen liittyy myös haasteita. Suunnitteluvaiheessa vaaditaan erityisen tarkkaa ennakkosuunnittelua, sillä muutokset toteutusvaiheessa voivat olla kalliita ja vaikeasti toteutettavia (Sorri 2017, 101). Lisäksi moduulien kuljetus ja asennus edellyttävät erityistä logistiikkaa ja työmaan järjestelyjä, mikä voi vaikuttaa hankkeen aikatauluun ja kustannuksiin (Peltokorpi 2021, 10). Kokonaisuutena modulaarinen rakentaminen yhdistää kuitenkin teollisen valmistuksen tehokkuuden ja rakennusten pitkäikäisyyden, mikä tekee siitä erityisen soveltuvan kestäväen ja joustavan rakentamisen ratkaisuksi.

2.2.6 Standardointi rakentamisessa

Standardointi tarkoittaa yhteisten toimintatapojen määrittämistä ja dokumentoimista standardeiksi. Niillä pyritään tekemään viranomaisten, yritysten ja kulluttajien toiminnasta sujuvampaa, parantamaan tuotteiden yhteensopivuutta ja

turvallisuutta sekä suojelemaan kuluttajia ja ympäristöä. (Yhteinen toimialaliitto s.a.)

Standardi on asiantuntijoiden laatima asiakirja, joka määrittelee tuotteen tai palvelun vähimmäisvaatimukset perustuen kansainväliseen yhteisymmärrykseen. Vaikka standardien käyttö on vapaaehtoista, viranomaiset voivat vaatia niiden noudattamista päätöksissään. Standardointia soveltavat yritykset saavat merkittävää kilpailuetua, sillä ne voivat sopeuttaa tuotantoaan vastaamaan standardin vaatimuksia jo ennen kansallista vahvistamista. (Yhteinen toimialaliitto s.a.)

Suomessa standardisointi on hajautettu järjestelmä, jossa SFS Suomen Standardit ry vastaa standardoinnin yleisestä infrastruktuurista ja toiminnan koordinoinnista (Standardointi s.a). Rakennustuoteteollisuus RTT toimii toimialayhteisönä, jonka vastuulle kuuluu noin puolet rakennussektorin standardoinneista. Standardit jaetaan eurooppalaisiin (EN) ja maailmanlaajuisiin (ISO) standardeihin, joiden tavoitteena on luoda yhtenäiset toimintaperiaatteet eri maiden ja organisaatioiden välille. (Yhteinen toimialaliitto s.a.)

Rakennusalan standardointi kattaa laajan kokonaisuuden, jossa keskeisiä ovat rakennusmateriaalien laatu ja turvallisuus, rakentamisen prosessit, energia- ja ympäristövaatimukset, rakenteellinen kestävyys sekä esteettömyys. Standardien merkitys korostuu erityisesti kestävän rakentamisen ja innovatiivisten rakennusteknologioiden kehittämisessä, sillä ne luovat yhteisen kielen ja vertailupohjan eri toimijoiden välille. (Yhteinen toimialaliitto s.a.)

Standardoinnin avulla voidaan edistää alan kehitystä, varmistaa tuotteiden ja palveluiden laatu sekä tukea yritysten kilpailukykyä kansainvälisillä markkinoilla. Ne toimivat myös keskeisenä työkaluna teknologian kehittämisessä ja käyttöönotossa, mahdollistaen uusien innovaatioiden systemaattisen arvioinnin ja käyttöönoton. (Yhteinen toimialaliitto s.a.)

2.2.7 Yhdistelmä rakentaminen (hybridirakentaminen)

Yhdistelmä rakentaminen eli hybridirakentaminen on innovatiivinen lähestymistapa kaupunkisuunnitteluun, jossa yksityiset asunnot ja julkiset tai kaupalliset

tilat integroidaan yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Näitä rakennuksia kutsutaan hybriditaloiksi, ja ne edustavat uudenlaista ajattelua kaupunkitilan käytössä (Marttinen 2022, 2–3). Käytännössä yhdistelmärakentaminen pyrkii tehostamaan kaupunkitilaa vähentämällä liikkumisen tarvetta ja tarjoamalla monipuolisia palveluita samassa rakennuskokonaisuudessa, jossa asuminen, työskentely ja vapaa-ajan toiminnot sulautuvat saumattomasti yhteen (Tikkasen 2015, 16).

Yhdistelmärakentamisen keskeisiä piirteitä ovat yhteisölliset tilat, kuten yhteiset aulat, työtilat, kahvilat ja viherkentät, jotka edistävät asukkaiden vuorovaikutusta ja hyvinvointia. Näiden tilojen suunnittelussa korostuvat muuntojoustavuus ja monikäyttöisyys, mikä mahdollistaa rakennusten mukautumisen muuttuviin tarpeisiin (Marttinen 2022, 5–6). Tikkasen (2015) mukaan hybridirakentamisen tavoitteena onkin luoda tiloja, jotka ovat enemmän kuin osiensä summa - monipuolisia ja joustavia kaupunkiympäristöjä, jotka vastaavat nykyajan monimuotoisiin asumisen ja työn tarpeisiin.

Yhdistelmärakentaminen tukee vahvasti kestävän kehityksen tavoitteita. Se vähentää rakennusten tilantarvetta, mahdollistaa resurssien tehokkaamman käytön ja voi pienentää rakennuksen elinkaaren aikaisia päästöjä. Erityisesti tiiviissä kaupunkirakenteessa tämä lähestymistapa voi parantaa alueiden elinvoimaisuutta tarjoamalla monipuolisia asumis- ja palveluvaihtoehtoja (Marttinen 2022, 8–9).

Yhteistilojen merkitys korostuu tässä uudessa rakentamisen paradigmassa. Ne eivät ole vain pakollisia lisätiloja, vaan strateginen osa kokonaisvaltaista kaupunkisuunnittelua. Näiden tilojen vähimmäismäärä ja laatu vaihtelevat rakennushankkeen erityispiirteiden mukaan, mutta niihin kuuluvat sekä asukkaiden yhteiseen käyttöön tarkoitetut tilat että välttämättömät huoltotilat, kuten jäte- ja kierrätyspisteet, kiinteistönhoitotilat ja tekniset järjestelmät (Meriläinen & Tervo 2022, 106–107). Tämä kokonaisvaltainen lähestymistapa mahdollistaa entistä tehokkaamman ja joustavamman kaupunkitilan käytön, jossa rakennettu ympäristö palvelee asukkaidensa muuttuvia tarpeita.

2.2.8 Sosiaalisesti houkutteleva ja kestävä asuminen

Sosiaalisesti houkutteleva asuminen on moniulotteinen käsite, joka ylittää perinteiset asumisen fyysiset ulottuvuudet. Se tarkoittaa asuinympäristöjä, jotka aktiivisesti edistävät yhteisöllisyyttä, osallisuutta ja asukkaiden kokonaisvaltaista hyvinvointia. Tällaiset ympäristöt rakentuvat turvallisuuden, viihtyisyyden ja sosiaalisen vuorovaikutuksen mahdollistavien ratkaisujen varaan. (Kujanen 2004.)

Sosiaalisesti kestävä asuminen laajentaa tätä näkökulmaa tarkastelemalla asuinalueiden elinvoimaisuutta ja yhteisöllisyyttä pidemmässä ajallisessa kontekstissa (Sjöblom ym. 2020). Ojasen (2017, 19) tutkimus korostaa, että sosiaalisesti kestävä asuminen ei ole vain fyysisten tilojen suunnittelua, vaan aktiivista yhteisöllisyyden rakentamista. Hyvä asuinympäristö luo luonnostaan mahdollisuuksia kohtaamisille ja vuorovaikutukselle. Tätä täydentää näkemys kolmansista tiloista, jotka ovat keskeisiä inhimilliselle vuorovaikutukselle: *On kuitenkin aivan eri olla fyysisesti läsnä ja aistia toisen kuulumiset, nähdä ja kuulla muutakin kuin sanotut sanat.*

Käytännön tasolla sosiaalisesti kestävä asuminen edellyttää monipuolisia hallintamuotoja ja asukkaiden vaikutusmahdollisuuksien turvaamista (Valtioneuvosto s.a.). Kaupunkien kestävyyspyrkimykset voivat nostaa asumiskustannuksia ja siten heikentää sosiaalista kestävyyttä.

Hagfonnin (2020, 50) tutkimus tuo esiin yksilöllisten resurssien moninaisuuden tilankäytössä. Nämä resurssit muodostuvat taloudellisista, ajallisista ja sosiaalisista tekijöistä, kuten tuloista, käytettävissä olevasta ajasta, terveydestä ja sosiaalisesta pääomasta. CLT-rakentamisessa muuntojoustavuus tarjoaa innovatiivisen lähestymistavan näiden moninaisten resurssien huomioimiseen asumisratkaisuihin ja mahdollistaa tilojen suunnittelun, jotka tukevat merkityksellisiä kohtaamisia ja yhteisöllistä kanssakäymistä.

Sosiaalinen, taloudellinen ja ekologinen kestävyys eri tavoin painotettuina toimivat yhteisöllisen asumisen ajureina (Meriläinen & Tervo 2022, 113). Tämä näkökulma tukee CLT-rakentamisen roolia asuinympäristöjen kehittämisessä,

joissa kestävä rakentaminen, taloudelliset ratkaisut ja yhteisöllisyys voivat yhdistyä. CLT-rakentaminen tarjoaa mahdollisuuksia kehittää asuinalueita, jotka tukevat asukkaidensa elämänlaatua ja yhteisön hyvinvointia.

Yhdyskuntarakenteen tiivistäminen on keskeinen osa kestävästä kehityksestä. Hajanainen rakenne johtaa turhiin kustannuksiin, puutteellisiin palveluihin, luonnonvarojen liialliseen kulutukseen ja lisää päästöjä. Tiivis yhdyskuntarakenne tarjoaa merkittäviä etuja: liikkumistarpeen vähentyessä säästetään energiaa ja vähennetään liikenteen päästöjä. Tiivistetyt alueet mahdollistavat myös paremmat palvelut ja niiden järjestämisen kustannustehokkaammin. (Ojala 2000, 48.)

Julkinen tila on ilmiönä hyvin monitahoinen. Se ei rajoitu pelkästään kaupunkitilaan, vaikka usein urbaanin ympäristön avoimet kokoontumis- ja kohtaamispaikat ajatellaan ilmentävän sitä, millainen tila on julkinen tai mistä tilan julkisuudessa on kysymys (Ridell ym. 2009, 7). CLT-rakentaminen voi tukea tätä kehitystä tarjoamalla muuntojoustavia yhteistiloja, jotka voivat palvella paitsi asukkaita myös laajempaa yhteisöä ja luoda entistä houkuttelevampia, yhteisöllisiä asuinympäristöjä.

Kaupallisten palveluiden saavutettavuus on keskeinen osa sosiaalisesti houkuttelevaa asuinympäristöä. Heinimäen (2006, 24) mukaan palvelujen saavutettavuus on sekä kuluttajille että yhteiskunnalle tärkeä asia, ja sitä voidaan tutkia sekä fyysisenä että koettuna ilmiönä. Fyysiseen saavutettavuuteen vaikuttavat myymälöiden sijaintitekijät, palvelujen laatu ja väestön ominaisuudet. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston (2008, 21) mukaan Helsingissä lähin päivittäistavarakauppa on keskimäärin 300 metrin etäisyydellä asunnosta, mikä tukee asuinalueiden sosiaalista elinvoimaisuutta.

2.2.9 Kohtuuhintainen omistusasuminen

Kohtuuhintainen omistusasuminen on keskeinen asuntopoliittinen kysymys erityisesti alueilla, joissa asuntojen hinnat ja asumiskustannukset ovat merkittävästi muuta maata korkeammat, kuten pääkaupunkiseudulla. Se on osa väli- ja muodon asuntotuotantoa, joka sijoittuu vapaarahoitteisten asuntojen ja valtion tukemien ARA-vuokra-asuntojen väliin. (Helsingin kaupunki 2021, 21.)

Helsingin kaupungin (2021, 53) mukaan kohtuuhintaisuuden määrittely on monitahoista, ja sille voidaan tunnistaa kolme keskeistä näkökulmaa:

- Normatiivinen näkökulma tarkastelee asumiskustannusten suhdetta tuloihin, jossa yleisesti käytetty raja-arvo kohtuuttomille asumiskustannuksille on 30–40 prosenttia kotitalouden käytettävissä olevista tuloista.
- Kuluttajavalintoja painottavassa näkökulmassa kotitalous itse määrittelee kohtuullisen tason asumismenoilleen.
- Hallintamuotoihin perustuvassa näkökulmassa kohtuuhintaiseksi katsotaan säännelty asuntokanta.

Merkitys korostuu erityisesti kaupunkialueilla, joissa asuntojen hintojen nousu ja eriytyminen vaikeuttavat keskiluokkaisten palkansaajien mahdollisuuksia hankkia omistusasunto. Tämä on merkittävä yhteiskunnallinen haaste, sillä omistusasuminen on Suomessa keskeinen varallisuuden kartuttamisen muoto. Ilman kohtuuhintaisen omistusasumisen vaihtoehtoja riskinä on, että esimerkiksi julkisen sektorin työntekijät joutuvat muuttamaan edullisempien asuntojen paikkakunnille kauemmas palveluista ja työpaikoista. (Helsingin kaupunki 2021, 63.)

Asuntomarkkinoiden haasteet heijastuvat myös asuntojen suunnitteluun ja toteutukseen. Asuntojen keskikoon pieneneminen ja runkosyvyyden kasvu ovat johtaneet haasteellisiin tilaratkaisuihin. Pitkänomaiset ja yhteen suuntaan avautuvat tilat, säilytystilojen karsiminen ja keittiön ja oleskelutilan yhdistäminen ovat seurausta markkinoiden tehokkuusvaatimuksista. Asumisvalinnat eivät välttämättä heijasta asukkaiden todellisia toiveita tai tarpeita, vaan ovat usein seurausta asuntomarkkinoiden tarjonnasta ja taloudellisista realiteeteista. (Meriläinen & Tervo 2022, 18.)

Kohtuuhintaisen omistusasumisen järjestelmien tavoitteena on turvata monipuolinen asukasrakenne, ehkäistä asuinalueiden eriytymistä ja tarjota houkuttelevia asumismahdollisuuksia eri väestöryhmille. Järjestelmien toteuttamisessa on kuitenkin huomioitava kunnallisen päätösvallan rajoitukset sekä yhdenvertaisuusperiaatteet. (Helsingin kaupunki 2021, 66–67.)

2.2.10 Kaupallisten tilojen integraatio asumiseen

Kaupalliset palvelut ovat erottamaton osa ihmisten arkea ja niiden vaikutus ulottuu elämämme lähes kaikkiin osa-alueisiin. Ne muovaavat päivittäisiä totumuksiamme sekä elämäntapaamme niin lähikauppojen, erikoisliikkeiden kuin palveluiden muodossa. Kaupalliset palvelut eivät vastaa ainoastaan ai-neellisiin tarpeisiimme, vaan myös rikastuttavat sosiaalista elämäämme, tarjovat monipuolisia elämyshetkiä sekä edistävät kulttuurista moninaisuutta. (Winogradow 2024, 9.)

Kaupallisten palveluiden kokonaisuus muodostuu vähittäiskaupasta sekä kulluttajille myytävistä palveluista. Toimialat kattavat erilaisia kauneuden ja hyvinvoinnin, viihteen- ja vapaa-ajan, ravintoloiden ja kahviloiden sekä muiden kaupallisten palveluiden toimintoja. Niiden sijoittumista suunnitellaan osaksi yhdyskuntarakennetta vähittäiskaupan toimintojen yhteyteen, sillä ne tukevat toisiaan. Kaupallisten palveluiden osuuden tulisi olla noin 30–40 prosenttia kaavoitettavasta vähittäiskaupan pinta-alasta. (Heinimäki 2006, 93–94.)

Kauppapaikkojen suunnittelussa on keskeistä ymmärtää niiden rooli osana laajempaa yhdyskuntarakennetta. Kauppapaikka ei ole vain myymälätila, vaan myös sen lähiympäristö. Erilaiset kauppapaikat eroavat toisistaan niin sijainnilisesti kuin myös toimitila- ja toimialatarjonnaltaan. (Santasalo & Heusala 2002.) Kauppapaikan ympärille muodostuu vaikutusalue, jonka laajuuteen vaikuttavat muun muassa myymälän sijainti, koko, toimintatapa sekä liikenneyhteydet ja kilpailijoiden sijoittuminen (Heinimäki 2006, 170–173).

Nykyaikaisessa yhdyskuntarakenteessa hybridirakentaminen, jossa yhdistyvät asuminen ja kaupalliset palvelut, voi tarjota ratkaisuja kaupan alan nopeasti muuttuviin tarpeisiin. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston (2013, 15) näkemysten mukaan kahvilat, ravintolat ja kaupat muodostavat elintärkeän osan kaupunkielämää, tarjoten sekä palveluita asukkaille että elinvoimaa ympäristölleen. CLT-rakentamisen joustavuus ja mukautuvuus mahdollistavat tilojen käyttötarkoituksen muutokset rakennuksen elinkaaren aikana, mikä tukee kestävä kehityksen periaatteita ja mahdollistaa tilojen tehokkaan käytön.

Kaupallisten palveluiden rooli kaupunkirakenteessa on monitahoinen. Hagfonn (2020, 5–6) korostaa niiden keskeistä merkitystä arkipäivän toiminnoissa: *Kaupalliset palvelut ja niiden hankkiminen ovat oleellinen osa lähes jokaisen ihmisen arkea. Ostostentekoon liittyviä valintoja tehdään kotitalouksissa toistuvasti, useita kertoja viikossa.* CLT-rakentamisen muuntojoustavuus mahdollistaa näiden palveluiden innovatiivisen integraation asuinympäristöihin tavalla, joka tukee sekä alueiden elinvoimaisuutta että kohtuuhintaista asumista.

Kauppa ei ole pelkästään tuotteiden jakelua, vaan yhä useammalle suomalaiselle se on osa elämäntapaa ja jopa elämänsisältöä. Shoppailu, ostoksilla käynti ja kuluttaminen ovat keinoja ilmaista yksilöllisyyttä ja kuulumista eri ryhmiin. Kulutuksen rakenne on muuttunut, ja yhä enemmän merkitystä saavat virkistys, kulttuuri ja vapaa-aika, jotka ovat kasvavia menoeriä. (Ojala 2000, 50.)

Heinimäki (2006, 93–94) määrittelee kaupalliset palvelut erilleen julkisista palveluista niiden liiketaloudellisen kannattavuuden vaatimuksen kautta. Vähittäiskaupan ja kaupallisten palveluiden ero on siinä, että vähittäiskauppa tarjoaa ja myy kuluttajille tuotteita, kun taas kaupalliset palvelut käsittävät sekä palvelujen tarjontaa että myyntiä. Yhdyskuntasuunnittelussa vähittäiskauppa ja kaupalliset palvelut kulkevat käsi kädessä, sillä kuluttaja tarvitsee molempia asuinalueellaan.

2.2.11 Taloudellinen kestävyys asumisessa ja rakentamisessa

Taloudellinen kestävyys asumisessa tarkoittaa sitä, että asuinympäristöjen tulee olla paitsi kustannustehokkaita myös pitkäjänteisesti kestäviä. Rantanen (2012) ja Heinimäki (2006) korostavat, että kaupallisten palveluiden oikea sijoittaminen vaikuttaa merkittävästi asuinalueiden elinvoimaisuuteen ja alueen kaupalliseen vetovoimaan.

Rodionovan (2024, 22–23) mukaan rakennuksen tilaajatason tavoitteiden määrittelyssä on huomioitava hankkeeseen ryhtyvän tahon toimintamalli, joka voi olla esimerkiksi voittoa tavoitteleva tai tavoittelematon omistus, osaomistus tai myynti. Tämä vaikuttaa olennaisesti siihen, miten rakennuskomponenttien luokittelu sekä huolto- ja korjausohjeet määritellään.

Winogradow (2024, 20) painottaa, että kaupallisten palveluiden suunnittelu vaatii monipuolisesti erilaisia lähtötietoja suunnittelualueesta, erityisesti tarkastelualueen väestöpohjaa sekä väestöpohjan avulla selvitettäviä tietoja ostovoi-
masta. Nykytilanteen lisäksi on tärkeä pystyä arvioimaan tulevan kehityksen suuntaa.

Taloudellisesti kestävässä rakentamisessa on olennaista huomioida rakennuksen koko elinkaaren aikaiset kustannukset. Tämä tarkoittaa, että suunnittelussa ja toteutuksessa on tarkasteltava niin rakentamisvaiheen kuin käytön, huollon ja ylläpidon kustannuksia pitkällä aikavälillä. CLT-rakentamisessa tämä voi tarkoittaa esimerkiksi materiaalin pitkäikäisyyden, huollettavuuden ja muuntojoustavuuden huomioimista, mikä voi pienentää elinkaaren kokonaiskustannuksia merkittävästi verrattuna pelkkiin rakentamiskustannuksiin keskittyvään lähestymistapaan. (Häkkinen & Kuittinen 2020, 138.)

Kestävästi toteutettu asunto- ja liiketilarakentaminen edellyttää myös taloudellisesti kannattavia ratkaisuja. Vaikka ympäristönäkökulmat ja sosiaaliset tekijät ovat tärkeitä, on rakennushankkeiden oltava taloudellisesti perusteltuja, jotta ne voivat toteutua ja tuottaa pitkäaikaista lisäarvoa käyttäjilleen ja yhteiskunnalle. CLT-rakentaminen tarjoaa potentiaalinen yhdistää ekologinen, sosiaalinen ja taloudellinen kestävyys innovatiivisella tavalla. (FCG Finnish Consulting Group 2021, 35.)

Taloudellisen kestävyuden näkökulmasta kaupalliset tilat muodostavat merkittävän osan kiinteistöliiketoimintaa. Heinimäen (2006, 179–180) mukaan kiinteistöliiketoiminnalla tarkoitetaan kiinteistön omistamiseen, hyödyntämiseen tai asiakaspalvelujen tuottamiseen liittyviä toimintoja, joilla on liiketaloudelliset tavoitteet. Kiinteistöliiketoiminnan ohjaavia trendejä ovat sijoituskysyntä, pääomien vapauttaminen ja keskittyminen sijoittaja- ja vuokralaissuhteisiin. Sekä yrityksille että julkiselle sektorille kiinteistöt ovat resurssi, jonka tuottavuutta voidaan parantaa joustavilla ja muuntautumiskykyisillä tilaratkaisuilla.

2.2.12 Tilatehokkuus ja asumisen kustannukset

Tilatehokkuus on keskeinen tekijä kaupunkirakenteessa, jossa yhdyskuntasuunnittelun tavoitteena on minimoida hukkatilaa ja optimoida kaupallisten sekä asuinkäyttöön tarkoitettujen tilojen suhde (Winogradow 2024, 20). CLT-rakentamisessa joustavat tilaratkaisut voivat tarjota vastauksia tähän tarpeeseen mahdollistamalla muuntojoustavat ja monikäyttöiset tilat, joita voidaan mukauttaa käyttäjien tarpeiden mukaan. Asuntokannan rakenteelliset ominaisuudet vaikuttavat suoraan tilatehokkuuteen ja asumiskustannuksiin.

Esimerkiksi Helsingissä yleisin huoneistotyyppi on kaksio, joka kattaa 36 prosenttia asuntokannasta. Pienasunnot, kuten yksiöt ja kaksiot, muodostavat lähes 60 prosenttia huoneistotyypeistä. Näiden asuntojen keskipinta-ala on suhteellisen pieni, 63 neliometriä, ja erityisesti kerrostaloasunnoissa pinta-ala on vieläkin vähäisempi, 57 neliometriä. Omistusasunnot ovat keskimäärin 20 neliometriä suurempia kuin vuokra-asunnot, ja niiden huonemäärän jakauma on monipuolisempi. (Helsingin kaupunki 2021, 10–11.) Nämä tekijät korostavat tarvetta kehittää joustavia ja tehokkaita tilaratkaisuja, jotka pystyvät vastaamaan erilaisten asukasryhmien tarpeisiin.

Suomalainen asuntosuunnittelu on pitkälti perustunut pragmaattiseen lähestymistapaan, jossa asumisen toiminnot ja niiden tarvitsemat tilat ovat keskiössä. Tämä suunnittelufilosofia, joka on ohjannut työtä aina 1930-luvulta lähtien, juontaa juurensa modernismin läpimurtoon. Myös pitkään käytössä olleet RT-ohjekortit, jotka käsittelevät asuntojen suunnittelua, lähestyvät tilojen käyttöä ja toiminnallisuutta saman perusajatuksen kautta tilatehokkuuden ja muuntojoustavuuden pohdinnalle CLT-rakentamisessa. (Meriläinen & Tervo 2022, 58.)

Asumisessa on kyse enemmästä kuin pelkästään rakennuksen tilavuudesta; se on myös näkemys siitä, mitä asuminen ja koti tarkoittavat. Miten arvostamme edeltävien sukupolvien suunnitteluratkaisuja ja mitä odotamme omalta elinympäristöltämme? On selvää, että liian tiukka tilan mitoitus voi yksipuolistaa asumista ja hankaloittaa arkea monin tavoin. Suunnittelun tavoitetaso jää usein liian alhaiseksi, jos tyydytään vain määräyksiä ja vakiintuneita suunnitte-

lukäytäntöjä noudattaen, jättäen huomiotta tilan luonteen ja tunnelman. Kolmiulotteisten tilojen ainutlaatuisuus ei nimittäin selity pelkästään toiminnallisuudella. (Meriläinen & Tervo 2022, 58.)

Kalustettavuus ilmentää suomalaisessa asuntosuunnittelussa dominoivaa tilankäytön ekonomisuutta. Huoneiden tulee olla riittävän suuria, jotta ne ovat kalustettavissa, mutta ei liian suuria, jotta maksimimäärä neliöitä saadaan verrattain pieniin neliöihin. Tätä ajattelutapaa on perusteltu asuntosuunnittelua ohjaavalla asumisen hinnalla, joka kasvaa asuntokoon mukana. Tämä lähestymistapa ei kuitenkaan tue väljiä ja monikäyttöisiä huoneita, jotka mahdollistaisivat joustavampaa tilankäyttöä. (Meriläinen & Tervo 2022, 62.)

Tässä yhteydessä on tärkeää huomioida, että tilojen muuntojoustavuus on keskeinen tekijä, kun pyritään saavuttamaan sekä tilatehokkuus että asukkaille tarjottava elinympäristön joustavuus. CLT-rakentaminen voi mahdollistaa tilaratkaisujen tehokkaamman käytön ja monipuolisemman muokkautuvuuden, joka vastaa muuttuvia asumistarpeita.

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä työssä käytetään laadullisia tutkimusmenetelmiä, joiden avulla pyritään ymmärtämään CLT-rakentamisen mahdollisuuksia kohtuuhintaisessa asumisessa sekä asumisen ja kaupallisten tilojen yhdistämisessä. Päämenetelmiksi on valittu kirjallisuuskatsaus ja tulevaisuustutkimus, joita täydentää case-analyysi, eli tapaustutkimus. Näiden menetelmien yhdistelmä mahdollistaa tutkimuskysymyksiin monipuolisen vastauksen ja luo kattavan pohjan CLT:n roolin tarkastelulle tulevaisuuden asuntorakentamisessa.

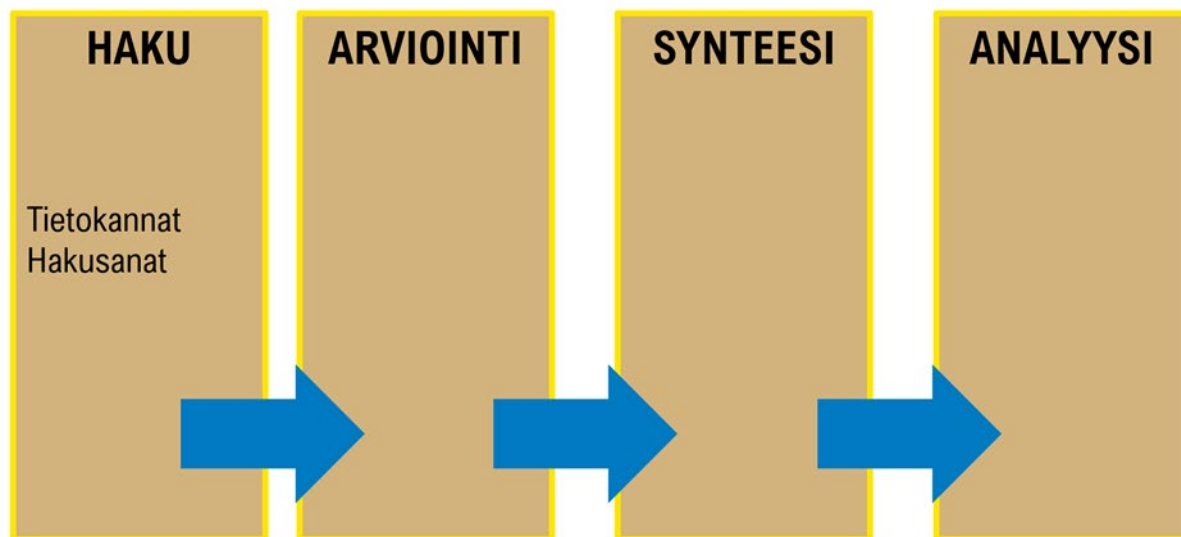
Kirjallisuuskatsaus on valittu, koska se tarjoaa vankkaa pohjaa aiemmalle tutkimukselle ja auttaa määrittämään, miten CLT voi edistää kohtuuhintaista asumista. Case-analyysi tuo puolestaan käytännön esimerkkejä ja vertailee, miten teoriassa esitetyt mallit toimivat käytännössä. Tulevaisuustutkimus mahdollistaa skenaarioiden luomisen CLT:n mahdollisuuksista kohtuuhintaisten asumisratkaisujen toteuttamisessa pitkällä aikavälillä.

Seuraavissa alaluvuissa esitellään tarkemmin kunkin menetelmän ominaisuudet ja niiden soveltaminen tässä opinnäytetyössä.

3.1 Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus on monimenetelmällinen ja analyyttinen tutkimustapa, joka mahdollistaa olemassa olevan tiedon systemaattisen tarkastelun ja analysoinnin. Sen avulla voidaan arvioida aiempia tutkimuksia, tunnistaa tutkimusaukoja ja hahmottaa tulevaisuuden kehityssuuntia ammatti- ja tieteenaloilla. Katsauksen tavoitteena on muodostaa kriittisesti tarkasteltu synteesi aiemmin tutkitusta aiheesta (Vilkkä 2023, 7–12).

Kirjallisuuskatsausta luonnehtii kurinalainen ja järjestelmällinen lähestymistapa. Tutkimusaineiston hankinta tapahtuu harkitusti ja läpinäkyvästi, mikä tarkoittaa valintakriteerien ja analyysiprosessin huolellista dokumentointia. Kirjallisuuskatsauksen tekemisessä hyödynnetään usein SALSA-kehystä (kuva 5), joka ohjaa aineiston hakua, arviointia, synteesiä ja analyysiä. Näiden vaiheiden avulla voidaan rakentaa systemaattinen ja perusteltu katsaus aiheesta. (Vilkkä 2023, 12–18.)



Kuva 5. SALSA-kehys (Petäjäniemi 2024 mukaillen Vilkkä 2023, 18.)

Kirjallisuuskatsaukset jaetaan neljään päätyyppiin: narratiivinen, integratiivinen, systemaattinen ja meta-analyysi. Valittu katsauksen tyyppi määräytyy tutkimuskysymyksen, tavoitteen ja kohderyhmän perusteella. Taulukossa 1 on esitelty näiden eri tyyppien tavoitteet, vahvuudet ja heikkoudet tiivistetysti.

Taulukko 1. Katsaustyyppien vertailu (Petäjaniemi 2024)

KATSAUSTYYPIT	TAVOITE	VAHVUUDET	HEIKKOUEDET
Narratiivinen katsaus	Tavoittelee edustavalla tai keskitetyllä aineistolla tiedon asteittaista laajentumista.	Tutkimusten hakuprosessia voi mukauttaa saatujen havaintojen suuntaamana.	Katsaukseen saattaa sisältyä tekijän julkilausumattomia
Integratiivinen katsaus	Tavoittelee kriittistä ja syntetisoitua tietoa valikoidulla aineistolla, jonka avulla voidaan luoda uusia näkökulmia ja käytäntöjä.	Pyrkii nivomaan yhteen systemaattisen lähestymistavan ja narratiivisen katsauksen luovan voiman tutkimuksien yhdistämisessä.	Puuttuu yhdenmukainen käsitys siitä, miten uudet teoreettiset oivallukset muodostuvat integratiivisessa prosessissa.
Systemaattinen katsaus	Tavoittelee tiettyyn tutkimuskysymykseen saatavilla olevien tutkimusten tyhjentävää ja puolueetonta ja toistuvaa katsausta.	Käyttää tarkkoja, läpinäkyviä ja järjestelmällisiä menetelmiä minimoimaan hakuprosessissa ja synteessissä.	Haastava laajan aiheen ja määrittelemättömän tutkimuskysymyksen käsitelyssä tai teorian kehittämisessä.
Meta-analyysi	Tavoittelee tiettyyn tutkimuskysymykseen saatavilla olevien tutkimusten tyhjentävää ja puolueetonta ja toistuvaa katsausta.	Tuottaa johtopäätöksiä valikoidusta joukosta tutkimuksia vähemmän subjektiivisesti kuin muut katsaustyyppit.	Sopii vain empiirisiin tutkimuskysymyksiin, joihin on saatavilla riittävästi tutkimuksia valitulla metodologisella lähestymistavalla.

Tässä opinnäytetyössä käytetään narratiivista eli kuvailevaa kirjallisuuskatsausta, jonka tavoitteena ei ole ilmiön yleisyyden selvittäminen, vaan keskeisten käsitteiden, teorioiden ja tutkimustulosten tarkastelu (Vilkkä 2023, 21–22, 35). Sen avulla voidaan muodostaa laaja-alainen kokonaiskuva CLT-rakentamisesta ja sen soveltuvuudesta tulevaisuuden asumiseen ja kaupallisiin tiloihin

Kirjallisuuskatsaus on perusteltu valinta tähän opinnäytetyöhön, sillä CLT-rakentaminen on kehittyvä ja monitahoinen aihe, josta tarvitaan kattava teoreettinen pohja ennen käytännön sovellusten tarkastelua. Menetelmä mahdollistaa aiempien tutkimusten ja käytäntöjen analysoinnin erityisesti kestävyiden ja vähähiilisen rakentamisen näkökulmasta. Se tukee tutkimuksen viitekehysten

rakentamista ja auttaa hahmottamaan CLT-rakentamisen tulevaisuuden mahdollisuuksia sekä siihen liittyviä haasteita.

3.2 Tulevaisuustutkimus

Tulevaisuudentutkimus pyrkii tarkastelemaan ja ymmärtämään erilaisia mahdollisia tulevaisuuksia sen sijaan, että se yrittäisi tarkasti ennustaa tulevaisuutta. Alan keskeinen periaate on, että tulevaisuutta ei nähdä ennalta määrättyinä, vaan se on avoin erilaisille mahdollisuuksille ja vaihtoehdoille. (Aalto ym. 2022, 22.)

Opinnäytetyön metodivalintana tulevaisuudentutkimus palvelee CLT-rakentamisen roolin tarkastelua tulevaisuuden asuntorakentamisessa. Se mahdollistaa erityisesti kestävyysnäkökulmien ja muuntojoustavuuden analysoinnin sekä CLT-rakentamisen potentiaalin arvioinnin kohtuuhintaisen asumisen ja sosioekonomisten haasteiden ratkaisijana. (Aalto ym. 2022, 12.)

Tutkimus hyödyntää kolmea toisiaan täydentävää menetelmää: skenaariotyöskentelyä, PESTE-analyysiä ja systeemiajattelua. Nämä muodostavat metodologisen kokonaisuuden CLT-rakentamisen tulevaisuuden monipuoliseksi tarkastelemiseksi. (Aalto ym. 2022, 13.)

Skenaariotyöskentelyssä hyödynnetään kahta erilaista lähestymistapaa. Eksploratiiviset skenaariot lähtevät nykyhetkestä ja tutkivat, miten erilaiset päätökset ja tapahtumat vaikuttavat tulevaisuuden kehittymiseen. CLT-rakentamisessa tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi sen tarkastelua, miten nykyiset asu-
miskustannusten kehitys, kaupallisten tilojen integrointi ja muuntojoustavien ratkaisujen hyödyntäminen vaikuttavat kohtuuhintaisen asumisen mahdollisuuksiin. Normatiiviset skenaariot puolestaan lähtevät liikkeelle toivotusta tulevaisuudenkuvasta ja selvittävät, mitä toimenpiteitä sen saavuttaminen edellyttää. (Aalto ym. 2022, 13–14.) CLT-rakentamisessa tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi tavoitetta, jossa 30 % kerrostalorakentamisesta toteutetaan CLT-ratkaisuille vuoteen 2035 mennessä, ja mitä toimenpiteitä tämän saavuttaminen vaatisi.

PESTE-analyysi on toimintaympäristön analyysimenetelmä kokonaiskuvan muodostamiseksi tutkimuskohteen tapahtumista, kehityskuluista ja riippuvuus-suhteista. PESTE-lyhenne tulee sanoista Poliittinen, Ekonominen, Sosiaali-nen, Teknologinen ja Ekologinen, jotka edustavat tarkasteltavia toimintaympä-ristön ulottuvuuksia. Menetelmä soveltuu erityisesti yhteiskunnan ja rakennus-sektorin muutostekijöiden tunnistamiseen. (Dufva 2022, 105.) Tutkimuksessa PESTE-analyysiä sellaisenaan voidaan soveltaa CLT-rakentamiseen tarkaste-lemalla esimerkiksi rakennusmääräysten kehitystä (P), CLT-rakentamisen kustannuskilpailukykyä (E), asukkaiden suhtautumista puurakentamiseen (S), CLT-elementtien tuotantoteknologian kehitystä (T) sekä hiilijalanjäljen lasken-tamenetelmiä (E). (Aalto ym. 2022, 15.) Tässä tutkimuksessa PESTE-analyy-siä hyödynnetään erityisesti kohtuuhintaisen omistusasumisen ja kaupallisten tilojen integroinnin näkökulmasta, keskittyen kustannustekijöihin, muuntojous-tavuuden sosiaalisiin ulottuvuuksiin sekä CLT:n tarjoamiin ekologisiin etuihin Suomen asuntomarkkinoilla.

Systeemiajattelu mahdollistaa rakennusalan kehityksen tarkastelun osana laa-jempaa yhteiskunnallista ja ympäristöllistä kontekstia. Sen ydinajatus on koko-naisuuden toiminnan, osien ja niiden välisten vuorovaikutusten ymmärtämi-nen. Systeemiajattelu ei ole yhtenäinen kokonaisuus, vaan eri tieteenalat ovat omaksuneet sen eri tavoin. (Suomi 2022, 80.) Systeemiajattelun avulla analy-soidaan, miten eri tekijät vaikuttavat toisiinsa - esimerkiksi miten tiukentuvat ympäristömääräykset vaikuttavat CLT:n kilpailukykyyn tai miten tuotantotekno-logian kehitys heijastuu kustannuksiin.

Menetelmät muodostavat toisiaan tukevan kokonaisuuden CLT-rakentamisen tulevaisuuden tutkimisessa. PESTE-analyysi tuottaa systemaattista tietoa toi-mintaympäristön muutoksista, jota systeemiajattelu auttaa jäsentämään tun-nistamalla muutosten välisiä yhteyksiä ja vaikutussuhteita. Näiden pohjalta voidaan rakentaa perusteltuja skenaarioita CLT-rakentamisen tulevaisuu-desta. Esimerkiksi PESTE-analyysin kautta tunnistettu ympäristösääntelyn ki-ristyminen ja systeemiajattelun avulla havaitut kytkökset markkinakysyntään voivat muodostaa pohjan skenaariolle, jossa CLT-rakentaminen yleistyy mer-kittävästi tiukentuvien hiilijalanjälkivaatimusten myötä. (Aalto ym. 2022, 15; Dufva 2022, 111.)

On huomioitava, ettei toimintaympäristön analyysistä voida tuottaa täysin objektiivista kuvausta. Analyysin laadun varmistamiseksi on tärkeää olla avoin valituista näkökulmista ja rajauksista sekä tiedostaa, mitä on jätetty tarkastelun ulkopuolelle. (Dufva 2022, 111.)

3.3 Case-esimerkkien analyysi

Tapaustutkimus (case-analyysi) on tutkimusmenetelmä, joka mahdollistaa yksittäisen ilmiön syvällisen tarkastelun sen luonnollisessa kontekstissa. Se soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa halutaan ymmärtää ilmiötä kokonaisvaltaisesti hyödyntämällä monipuolisia tietolähteitä. Tapaustutkimuksen avulla voidaan vastata kysymyksiin "miten?", "kuinka?" ja "miksi?", ja sen kohteena on aina ajankohtainen ilmiö. (Kananen 2013, 54.)

Tapaustutkimuksen keskeinen piirre on sen joustavuus ja monipuolisuus. Se ei rajoitu pelkästään teoreettiseen tarkasteluun, vaan yhdistää käytännön esimerkkejä ja havaintoja. Sen avulla voidaan analysoida erityisiä CLT-hankkeita, joista saatavat opit voivat toimia pohjana tuleville rakennushankkeille. Menetelmä mahdollistaa myös teorian ja käytännön yhdistämisen arvioimalla, kuinka valitut case-esimerkit vastaavat tutkimuskysymyksiin ja luovat pohjaa jatkotutkimukselle. (Saarela-Kinnunen & Eskola 2010, 189–198.)

Tapaustutkimus voidaan toteuttaa eri tavoin riippuen tutkimuksen tavoitteista. Taulukossa 2 on lueteltu erilaisia tapaustutkimuksen tyyppejä ja niiden kuvaukset.

Taulukko 2. Tapaustutkimuksen luokittelua (Petäjäniemi 2025)

Tapaustutkimuksen tyyppi	Kuvaus
Itsessään arvokas tapaustutkimus	Keskittyy yksittäiseen tapaukseen ilman pyrkimystä yleistykseen.
Välineellinen tapaustutkimus	Yksittäistä tapausta käytetään laajemman ilmiön ymmärtämiseen.
Kollektiivinen tapaustutkimus	Sisältää useita yksittäisiä tapaustutkimuksia, mahdollistaen teorian rakentamisen.
Etnografinen tapaustutkimus	Kohdistuu ryhmän tai kulttuurin toiminnan ymmärtämiseen havainnoinnin avulla.
Historiallinen tapaustutkimus	Tarkastelee ilmiön kehitystä ajallisesti ja perustuu dokumentteihin ja arkistoaineistoihin.
Psykologinen tapaustutkimus	Keskittyy yksilöiden käyttäytymisen ja psykologisten tekijöiden tarkasteluun.
Sosiologinen tapaustutkimus	Tutkii yhteiskunnallisia ja sosiaalisia rakenteita tapausten kautta.
Kuvaileva tapaustutkimus	Pyrkii esittämään yksityiskohtaisen ja tiiviin kuvauksen tutkittavasta ilmiöstä.
Selittävä tapaustutkimus	Etenee kuvailua pidemmälle ja pyrkii selvittämään, miksi tapaus on nykytilassaan.
Uutta löytävä tapaustutkimus	Tuottaa uusia teorioita tai hypoteeseja, joita voidaan testata uusissa tapauksissa.

Tässä opinnäytetyössä käytetään kuvailevaa tapaustutkimusta, jonka tavoitteena on tarkastella CLT-rakentamista selkeästi ja tiiviisti. Kuvaileva tapaustutkimus ei pyri tilastolliseen yleistettävyyteen, vaan tarjoaa syvällisen ja kontekstuaalisen ymmärryksen tutkittavasta ilmiöstä. Tarkastelemalla konkreettisia case-esimerkkejä voidaan havainnollistaa, miten CLT-rakentaminen on toteutettu ja millaisia vaikutuksia sillä on kestävyteen, kustannustehokkuuteen ja sosiaalisiin mahdollisuuksiin. (Kananen 2013, 28.)

Tapaustutkimus ei ole synonyymi laadulliselle tutkimukselle, vaan se voi sisältää myös määrällistä aineistoa ja analyysimenetelmiä (Kananen 2013, 28). Tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä tapaustutkimus on perusteltu valinta, sillä se mahdollistaa CLT-rakentamisen tarkastelun tulevaisuuden asuin- ja liiketiloissa. Sen avulla voidaan yhdistää kirjallisuuskatsauksen ja case-analyysin tuloksia, jotka tukevat tutkimuskysymyksiin vastaamista.

3.4 Tulosten synteesi ja analyysi

Tulosten analysointi ei vielä riitä kertomaan tutkimuksen tuloksia, vaan on pyrittävä laatimaan synteesejä, mikä tarkoittaa kerätyn tiedon ja saatujen tulosten yhdistelemistä ja kokoonpanemista (Lapin yliopisto s.a, 16).

Tässä opinnäytetyössä hyödynnetään synteesiä tutkimustulosten kokoamisessa ja jäsentämisessä, koska se mahdollistaa eri tutkimusmenetelmillä saatujen tulosten yhdistämisen ja tarkastelun laajemmassa kontekstissa. Synteesi on erityisen hyödyllinen työkalu, kun pyritään luomaan kokonaiskuvaa monimutkaisista ja monialaisista ilmiöistä, kuten CLT-rakentaminen tulevaisuuden asuin- ja liiketiloissa.

Synteesisprosessissa yhdistetään kirjallisuuskatsauksen, tulevaisuustutkimuksen ja case-analyysien havaintoja ja tuloksia, jolloin saadaan laajempi ja syvällisempi ymmärrys valitusta aiheesta. Se auttaa myös tunnistamaan tutkimusaukkoja, kehittämään uusia kysymyksiä ja tarjoamaan pohjaa jatkotutkimukselle. Lisäksi synteesi tukee tutkimustulosten soveltamista käytännön tilanteisiin, kuten CLT:n mahdollisuuksiin ja rajoituksiin.

Synteessin avulla voidaan tarkastella, miten eri tutkimusmenetelmillä saatu tieto ja käytännön kokemukset liittyvät toisiinsa ja millaisia johtopäätöksiä voidaan tehdä tulevaisuuden rakennusprojekteja varten. Tämä lähestymistapa sopii hyvin CLT-rakentamisen kaltaisten monivaiheisten ja dynaamisten ilmiöiden tarkasteluun, joissa on tärkeää huomioida niin teoreettinen tieto kuin käytännön sovellukset.

4 CLT-RAKENTAMINEN

CLT (Cross Laminated Timber) on massiivipuulevytuote, joka koostuu ristiin liimatuista lautalevykerroksista. Tämä rakenne antaa materiaalille erinomaisen lujuuden ja jäykkyyden, mikä mahdollistaa sen käytön kantavissa rakenteissa. CLT valmistetaan pääasiassa kuusi- ja mäntysahatavarasta. Samankaltainen tuote on MHM-levy (Massiv-Holz Mauer), joka liitetään yhteen alumiininauloilla ilman liimaa. Kuitenkin MHM:n taivutuslujuus on alhaisempi, minkä vuoksi sitä ei voida käyttää kantavana vaakarakenteena. (Puuinfo 2020a.)

CLT:n rakenteellinen jäykkyys mahdollistaa rakennuksen tehokkaan jäykistykseen myös silloin, kun seinissä on aukotuksia. Kantavat seinät voidaan toteuttaa joko kerroskohtaisina tai kahden kerroksen korkuisina, mutta niiden sijoittelun tulee pysyä johdonmukaisena kerroksesta toiseen, jotta kuormansiirto ja jäykistys ovat tehokkaita. Tämä rajoittaa tilasuunnittelua, erityisesti aukotusten koon ja sijainnin osalta. (Puuinfo 2020b; Kraama 2021, 46.)

Rakennusten palomääräykset vaikuttavat CLT:n käyttöön, erityisesti sen pintojen näkyvyyteen sisätiloissa. Enintään kaksikerroksisissa P2-paloluokan rakennuksissa suojaverhousta ei edellytetä, jos käytetään riittävän paloturvallisia lämmöneristeitä. Yli kaksikerroksisissa puurakenteisissa rakennuksissa suojaverhoamatonta puupintaa voidaan jättää näkyviin tietyissä rajoissa riippuen palo-osastoinnista. Tämä asettaa haasteita suunnittelulle, erityisesti silloin, kun tavoitteena on yhdistää CLT-rakenteiden estetiikka ja paloturvallisuusmääräykset. (Puuinfo 2020c; Sweco 2021, 2; Sorri 2017, 12.)

CLT:tä voidaan käyttää joko yksinomaisena runkojärjestelmänä tai yhdistettynä muihin materiaaleihin, kuten betoniin tai teräkseen. Se on erityisen suosittu jäykistävässä rakenteissa, kuten porrashuoneissa ja hissikuiluissa. Vaikka CLT-rakenne voi olla kalliimpi kuin perinteiset rankarakenteet, sen tarkasti esivalmistetut komponentit nopeuttavat rakennusprosessia ja voivat siten vähentää työvoimakustannuksia, mikä tekee siitä kilpailukykyisen vaihtoehdon myös laajamittaisessa rakentamisessa. (Puuinfo 2020d; Sorri 2017, 3.)

CLT-rakentamisen muuntojoustavuus mahdollistaa eri toimintojen yhdistämisen, kuten asumisen ja kaupalliset tilat. Kokoontumistilojen toteuttaminen edellyttää rakenteellisia ratkaisuja, joissa kantavat seinärakenteet voidaan korvata pilari-palkkirungolla. Näissä tapauksissa tulee varmistaa, että rakennuksen akustiikka- ja paloturvallisuusvaatimukset täyttyvät myös tilamuutosten jälkeen. (Puuinfo 2020e; Kraama 2021, 9; Perttola 2024, 18.)

Puun kosteuseläminen on keskeinen huomioon otettava tekijä CLT-rakentamisessa. Puu sitoo ja luovuttaa kosteutta ympäröivästä ilmasta, mikä voi aiheuttaa rungon painumista ja puun kutistumista. Tämä voi näkyä esimerkiksi halkeiluna, joka on luonnollinen ilmiö puumateriaalille. Tiiveytensä ansiosta CLT toimii vaipparakenteissa höyrynsulkuna, joten erillisten höyrynsulkumuovien

käyttö ei ole tarpeellista. Kosteudenhallinnan merkitys korostuu erityisesti rakennusvaiheessa, sillä puun liiallinen kostuminen voi johtaa mikrobikasvuston muodostumiseen. (Sweco 2021, 25; Sorri 2017, 14.)

Rakennukset jaetaan paloluokkiin P0, P1, P2 ja P3. CLT mahdollistaa puurakenteiden rakennuksen toteuttamisen kaikissa paloluokissa. Palotilanteessa puu hiiltyy tasaisesti, minkä ansiosta sen kantavuus ja sortuminen on ennakoitavissa. Näin puurakenteilla voidaan saavuttaa 30, 60, 90 tai 120 minuutin palonkesto-aika. (Sweco 2021, 6; Sorri 2017, 12.)

Rakennuksen akustiikka koostuu ääneneristyksestä, huoneakustiikasta, meluntorjunnasta ja tärinäneristyksestä. Akustiikkasuunnittelun tavoitteena on saada aikaan rakennuksen käyttötarkoitusta vastaavat ääniolosuhteet. Puurakentamisen akustiikassa ei ole vielä vakiintuneita ratkaisuja, mikä voi vaikuttaa CLT-rakennusten suunnitteluun ja toteutukseen. (Sweco 2021, 15, 23; Kraama 2021, 59–60.)

Puurakentaminen on tunnistettu merkittäväksi keinoksi vähentää rakennusten elinkaarenaikaisia hiilipäästöjä. CLT-rakenteiden avulla voidaan saavuttaa 10–20 % vähennys rakennuksen hiilijalanjäljessä verrattuna perinteiseen betonirakentamiseen. Lisäksi puurakennukset toimivat pitkäaikaisina hiilivarastoina, mikä parantaa niiden ympäristöystävällisyyttä (FCG Finnish Consulting Group 2021, 1; 3–4).

CLT tarjoaa kestävän ja monipuolisen ratkaisun tulevaisuuden rakentamiseen. Sen rakenneominaisuudet, muuntojoustavuus ja ympäristöystävällisyys tekevät siitä houkuttelevan vaihtoehdon niin asuinrakentamiseen kuin kaupallisten tilojen yhdistämiseen. Puurakentamisen kehittämistä tukevat myös kunnalliset ja valtakunnalliset linjaukset, joiden tavoitteena on vähentää rakentamisen hiilidioksidipäästöjä ja edistää vähähiilisiä ratkaisuja. (FCG Finnish Consulting Group 2021, 35.) Tulevaisuudessa CLT:n rooli osana kestäviä kaupunkiratkaisuja tulee todennäköisesti kasvamaan, ja sen sovellusmahdollisuuksia kehitetään jatkuvasti edelleen.

4.1 CLT-rakentamisen lähtökohdat

CLT-rakentaminen yhdistää rakenteellisen tehokkuuden ja arkkitehtonisen joustavuuden. Rakennuksen luonnossuunnitteluvaiheessa CLT tarjoaa mahdollisuuden tilojen selkeään rajaamiseen ja rakennusmassojen hahmottamiseen, mutta samalla sen rakenteelliset vaatimukset voivat rajoittaa tilaratkaisuja. Erityisesti kantavien seinien sijoittelun johdonmukaisuus kerroksittain on tärkeää kuormansiirron ja jäykistyksen kannalta, mikä vaikuttaa tilasuunnitteluun ja esimerkiksi aukotusten kokoon ja sijaintiin. CLT:n teknisten ominaisuuksien ymmärtäminen on olennaista, jotta arkkitehtisuunnitelmat voidaan sovittaa yhteen rakenteellisten ja taloudellisten realiteettien kanssa. (Sorri 2017, 1.)

CLT-rakentamisen kehitys Suomessa on kulkenut pitkän tien. Puun käyttö suurissa rakennushankkeissa oli pitkään rajoitettua erityisesti rakentamismääräysten vuoksi, jotka estivät yli kaksikerroksisten puurunkoisten ja puuverhoiltujen rakennusten rakentamisen. 1990-luvun alussa puun uusia käyttökohteita alettiin etsiä aktiivisemmin, mihin vaikutti erityisesti ympäristötietoisuuden kasvu ja ekologisten arvojen korostuminen rakentamisessa. Euroopan unioniin liittymisen myötä rakennusmääräysten yhtenäistäminen avasi uusia mahdollisuuksia. (Tolppanen ym. 2013, 16–17.)

Merkittävä käännekohta tapahtui vuonna 2011, kun palo- ja rakennusmääräykset uudistettiin. Tämä antoi puulle tasapuolisemman aseman rakennusmateriaalina ja mahdollisti jopa kahdeksankerroksisten puukerrostalojen rakentamisen. Samanaikaisesti ympäristöarvot ja energiatehokkuus nousivat keskeisiksi tekijöiksi, mikä on lisännyt puun merkitystä rakennusmateriaalina. Viranomaiset, rakentajat ja potentiaaliset asiakkaat ovat alkaneet nähdä puun ekologisuuden ja kestävyuden entistä tärkeämpinä tekijöinä. (Tolppanen ym. 2013, 18–19.)

CLT:n käyttö rakentamisessa on yleistynyt erityisesti sen kestävyuden, nopean rakennusprosessin ja sisäilmaolosuhteiden hallinnan ansiosta. Tilaelementtirakentamisessa esivalmistetut CLT-elementit nopeuttavat työmaavaihetta ja mahdollistavat korkean laadunvalvonnan. Teollisessa tuotannossa

elementit valmistetaan kuivissa ja säältä suojatuissa olosuhteissa, mikä minimoi kosteusvauriot ja työmaalla tapahtuvat virheet. Tämä on merkittävä etu verrattuna paikalla rakentamiseen, jossa sääolosuhteet voivat vaikuttaa rakenteiden kestävyYTEEN ja työmaan aikatauluihin. (Peltokorpi 2021, 2.)

Rakennusten suunnittelu muuntojoustaviksi on keskeinen osa CLT-rakentamisen lähtökohtia. Muuntojoustavuus vähentää riskiä siitä, että rakennukset muuttuvat ajan myötä tarpeettomiksi, sillä tilaratkaisuja voidaan mukauttaa käyttäjien ja toimintojen muuttuviin tarpeisiin. Tämä pidentää rakennuksen elinkaarta ja parantaa sen käytettävyyttä eri vaiheissa. (Perttola 2024, 18.) Muuntojoustavuuden toteutuminen edellyttää kuitenkin huolellista suunnittelua jo varhaisessa vaiheessa, sillä esimerkiksi kantavien seinien sijainti, aukotus ja talotekniikan reititys voivat vaikuttaa merkittävästi muunneltavuuteen. (Ruutikainen 2013, 19; Tarpio 2015, 59.)

Rakentamisen trendit ohjaavat vahvasti CLT-rakentamisen mahdollisuuksia ja kehityssuuntia. Merkittävää on, että noin puolet rakentamisesta on täydennysrakentamista, mikä asettaa erityisiä vaatimuksia rakennustekniikoille ja materiaalivalinnoille. Uudistuotannossa sääntelemättömien omistus- ja vuokra-asuntokohteiden osuus on 55 prosenttia. Samalla perheasuntojen osuus on kaventunut 60 prosentista 40 prosenttiin vuodesta 2014 alkaen, ja asuntojen keskipinta-ala on pienentynyt erityisesti yksityisessä omistus- ja vuokra-asuntotuotannossa. (Helsingin kaupunki 2021, 13–14.) Nämä kehityssuunnat korostavat tarvetta innovatiivisille rakennusratkaisuille, joissa yhdistyvät tehokas tilankäyttö ja muuntojoustavuus.

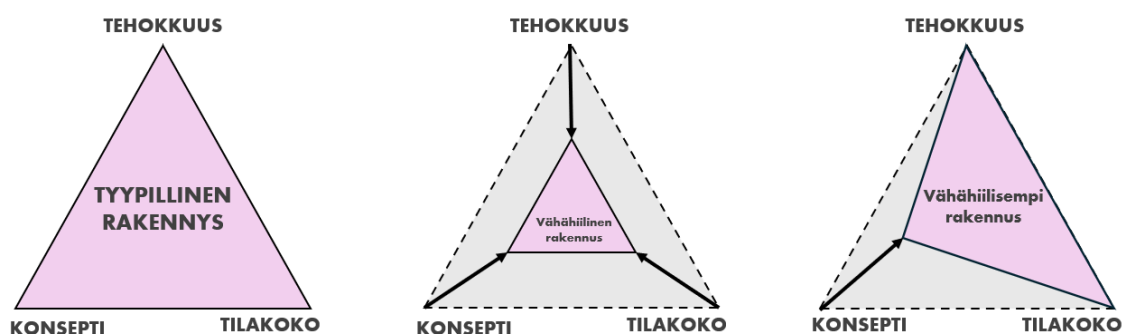
4.2 Kestävä ja vähähiilinen rakentaminen

Rakennusalalle tarvitaan uudenlaista osaamista, jotta päästään kohti vähähiilisyttä ja hiilineutraalia yhteiskuntaa. Tällä hetkellä vähähiilisyys on puutteellisesti mukana alan koulutuksessa, eikä vähähiilisen suunnittelun tai rakentamisen periaatteista ole saatavilla kootusti tietoa. Toistaiseksi rakentamisen ympäristöohjaus on keskittynyt rakennuskannan energiankäyttöön ja energiatehokkuuteen, mutta tulevaisuudessa on tärkeää laajentaa näkökulmaa ja ottaa huomioon rakennusten ja rakentamisen koko elinkaari. Tämä tarkoittaa sitä,

että materiaalivalinnoilla, rakennusmenetelmillä ja kiertotaloutta tukevilla ratkaisuilla on keskeinen rooli kestävän kehityksen tavoitteiden saavuttamisessa. (Häkkinen & Kuittinen 2020, 3–4.)

Suunnittelijoilta ja muilta rakennusalan toimijoilta vaaditaan paljon uutta osaamista ja ennen kaikkea ymmärrystä rakennusten vähähiilisyyteen vaikuttavista tekijöistä ja niiden vuorovaikutuksesta. On tärkeää hallita vähähiilisen rakentamisen peruskäsitteet, arviointimenetelmät ja tiedon keskeiset lähteet. Ilmasto-vaikutus on tuotava suunnitteluun ja rakentamiseen keskeisenä näkökulmana kaikkiin eri vaiheisiin. Tulevaisuudessa vähähiilisyydestä on tarkoitus tulla rakentamisen keskeinen ominaisuus, joka otetaan huomioon suunnittelun, tuotekehityksen ja hankinnan kaikissa prosesseissa. (Häkkinen & Kuittinen 2020, 3–4; FCG Finnish Consulting Group 2021, 23.)

Rakennusalan merkitys ilmastonmuutoksen hillinnässä on keskeinen, sillä ala on tunnistettu yhdeksi kustannustehokkaimmista toimijoista päästövähennyksen saavuttamisessa (Häkkinen & Kuittinen 2020, 18). Kuvassa 6 on esitetty vähähiilisen rakentamisen toteuttamisen kolme keskeistä näkökulmaa: rakennuksen peruskonsepti, tilakoko ja tehokkuus. Näiden yhdistelmällä voidaan saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä koko rakennuksen elinkaaren aikana. (Häkkinen & Kuittinen 2020, 92–93.)

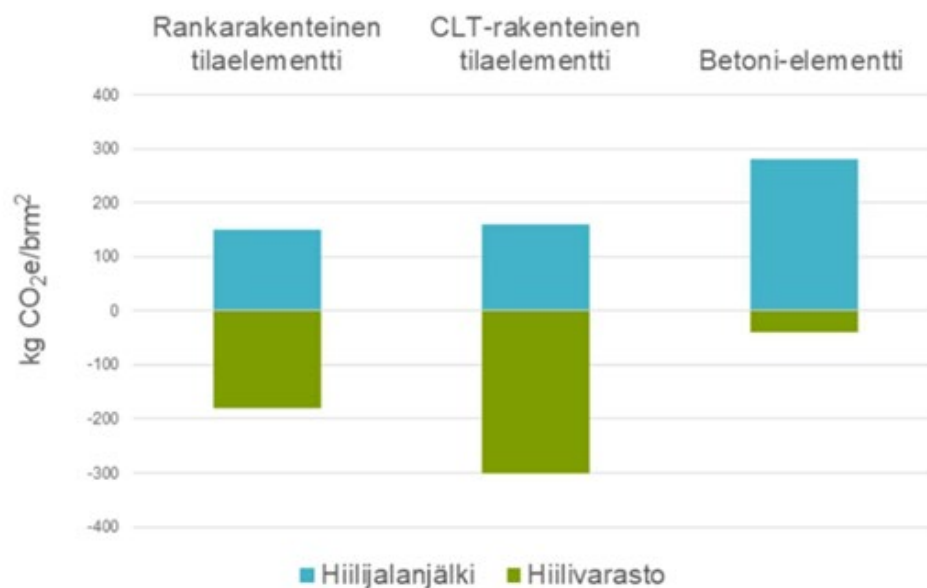


Kuva 6. Lähestymistavat vähähiiliseen rakentamiseen (Petäjaniemi 2025 mukailen Häkkinen & Kuittinen 2020, 92)

Rakennuksen kantavan rungon osuus rakennuksen koko elinkaaren aikaisista päästöistä on merkittävä. RAKLIn teettämän Vähähiilisen rakennuttamisen kliinikka -tulosraportin mukaan kantavan rungon osuus rakennuksen tuotesidon-

naisista päästöistä on keskimäärin 35 prosenttia. Puurunkoisessa rakennuksessa elinkaaren aikainen hiilijalanjälki voi olla 10–20 prosenttia pienempi verrattuna tyyppilliseen betonirakenteeseen, koska puu sitoo hiiltä koko käyttökänsä ajan (FCG Finnish Consulting Group 2021, 23). CLT-rakentaminen tarjoaa tässä suhteessa merkittäviä mahdollisuuksia, sillä se mahdollistaa pitkäikäisen ja resurssitehokkaan rakentamisen samalla kun se toimii hiilivarastona.

Rakennusten elinkaarenaikaisia päästöjä voidaan vähentää valitsemalla kestäviä ja uusiutuvia materiaaleja. Puurakentaminen nähdään osana tätä kehitystä, sillä se hyödyntää uusiutuvaa raaka-ainetta ja mahdollistaa kierrätettävien rakenteiden toteuttamisen. Kuvassa 7 on esitetty eri runkorakenteiden hiilijalanjälki ja -varasto, mikä havainnollistaa puurakentamisen etuja suhteessa muihin materiaaleihin.



Kuva 7. Runkorakenteet ja hiilijalanjälki sekä -varasto (FCG Finnish Consulting Group 2021, 23)

Puurakenteet, kuten CLT, eivät ole vain vähäpäästöisiä valmistusvaiheessa, vaan ne myös tukevat rakennuksen energiatehokkuutta koko sen elinkaaren ajan. CLT-rakenteiden lämpötekniset ominaisuudet auttavat tasaamaan sisälämpötilan vaihteluita, mikä vähentää rakennuksen energiankulutusta (Peltonen 2021, 2). Lisäksi puun kosteudensitomiskyky voi parantaa sisäilman laa-

tua ja vähentää mekaanisen ilmanvaihdon tarvetta (Tarpio 2015, 17). Näin ollen CLT-rakenteiden käyttö tukee paitsi vähähiilisyttä myös kokonaisvaltaisesti kestäväää rakentamista.

Tulevaisuudessa vähähiilisyteen tähtäävät tavoitteet ja määräykset tulevat todennäköisesti kiristymään, mikä lisää painetta puurakentamisen ja erityisesti CLT-rakenteiden kehittämiseen. Tavoitteena on, että kunnianhimoisiin saavutuksiin tähtäävä vähähiilisyys olisi kilpailu- ja menestystekijä markkinoilla. Onnistuminen kaikkein vakavimpien ja peruuttamattomien ilmastonmuutoksen vaikutusten hillitsemisessä riippuu ratkaisevasti seuraavien vuosikymmenten päätöksistä ja rakennusalan kyvystä omaksua vähähiilisiä ratkaisuja laajamittaisesti. (Häkkinen & Kuittinen 2020, 3–4.)

4.3 CLT-rakentamisen haasteet ja mahdollisuudet kohtuuhintaisen asumisen näkökulmasta

Vaikka tyypillisessä 2020-luvun uudessa asunnossa on usein olohuone, siihen saumattomasti liittyvä keittotila, pienempiä makuuhuoneita, kylpyhuone ja lasitettu parveke, tämä suunnitelma ei välttämättä ole pysyvä tai pitkäikäinen. Tämä osoittaa, että perinteinen tilasuunnittelu ei aina pysty vastaamaan asukkaiden muuttuvien tarpeiden ja elämäntilanteiden kanssa. (Meriläinen & Tervo 2022, 60.) CLT-rakentaminen tarjoaa kuitenkin mahdollisuuden joustavampiin tilaratkaisuihin, jotka voivat sopeutua asukkaittensa tarpeiden mukaan pitkällä aikavälillä.

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että pienimmässäkin asunnossa on oltava riittävästi tarkoituksenmukaista tilaa oleskeluryhmälle ja sängylle. Tämä varmistaa, että tilan toiminnallisuus ja asumismukavuus täyttyvät, vaikka asunnon koko olisikin rajallinen. (Meriläinen & Tervo 2022, 61.)

CLT-rakentaminen voisi vastata kohtuuhintaisen asumisen haasteisiin tarjoamalla joustavaa ja tehokasta tilankäyttöä. Perinteisiin ratkaisuihin verrattuna CLT mahdollistaa tilojen monipuolisemman käytön ja mukautumisen eri elämäntilanteisiin. Vaikka CLT-rakentamisen materiaalikustannukset voivat olla korkeammat kuin betonirakentamisen, nopeampi rakennusprosessi ja pienem-

mät työvoimakustannukset voivat tehdä siitä kilpailukykyisen vaihtoehdon kustannustehokkuuden näkökulmasta. (Peltokorpi 2021, 10.) Myös prosesseja kehittämällä kustannuksia voitaisiin saada alemmas.

Eräs merkittävä mahdollisuus kohtuuhintaisen asumisen edistämiseksi on tilojen yhteiskäyttö ja monikäyttöisyys. CLT-rakentamisessa voidaan toteuttaa tehokkaasti yhteistiloja, jotka palvelevat useita asukkaita ja vähentävät yksittäisten asuntojen tilantarvetta. Tämä voi alentaa asuntokohtaisia kustannuksia ja samalla parantaa asuinympäristön laatua tarjoamalla monipuolisempia tiloja asukkaiden käyttöön. (Ruutikainen 2013, 19; Meriläinen & Tervo 2022, 105.)

Haasteena CLT-rakentamisessa on edelleen sen rakennuskustannukset verrattuna perinteisiin menetelmiin. Jotta CLT-rakentaminen voisi olla merkittävässä roolissa kohtuuhintaisen asumisen ratkaisuna, tarvitaan investointeja tuotantoteknologiaan, standardointia ja alan osaamisen kehittämistä. (FCG Finnish Consulting Group 2021, 7–8.) Lisäksi tarvitaan laajempaa ymmärrystä CLT:n koko elinkaaren aikaisista kustannushyödyistä, kuten ylläpitokustannusten alhaisuudesta ja rakennuksen pitkästä käyttöiästä (Häkkinen & Kuittinen 2020, 122).

4.4 CLT-rakenteiden tekniset ja suunnittelulliset ominaisuudet

CLT mahdollistaa tehokkaan tilaelementtirakentamisen, mutta se asettaa omat vaatimuksensa suunnittelulle ja tuotannolle. Rakennuselementtien maksimikokoja ja kuljetettavuutta rajoittavat sekä valmistusprosessin että työmaan olosuhteet. Teollisen tuotantotavan vuoksi CLT-elementtien mitoitus on tärkeä osa suunnitteluprosessia, sillä elementit on valmistettava, kuljetettava ja asennettava tehokkaasti ilman tarpeettomia työvaiheita työmaalla. (Sorri 2017, 60.)

CLT eroaa perinteisistä puurakenteista siinä, että yksi rakennustuote voi toimia useassa eri tehtävässä. Se toimii kantavana runkona, jäykistävänä elementtinä, höyrynsulkuna ja ilmansulkuna, ja se voi olla myös valmiina sisäpinntana. Tämä monikäyttöisyys tekee siitä kilpailukykyisen vaihtoehdon, mutta samalla se asettaa haasteita suunnittelulle, erityisesti akustiikan ja kosteudenhallinnan osalta. (Sorri 2017, 14.)

Rakennusten muuntojoustavuus ja tilaratkaisujen pitkäikäisyys ovat keskeisiä tekijöitä kestäväen rakentamisen näkökulmasta. CLT mahdollistaa erilaisia joustavia suunnitteluratkaisuja, kuten avotila- ja kytköhuonelogiikkaan perustuvat pohjaratkaisut, joissa tilojen käyttöä voidaan muokata eri elämänvaiheiden tarpeisiin. (Tarpio 2015, 59–60.) Näin ollen CLT:n käyttö voi edistää rakennusten käyttöiän pidentymistä, kun tilaratkaisut voidaan sopeuttaa asukkaiden muuttuviin tarpeisiin ilman merkittäviä rakenteellisia muutoksia.

Puurakenteiden akustiikka eroaa perinteisistä betonirakenteista, ja CLT:n kohdalla erityisesti askelääneneristävyys ja värähtelyominaisuudet ovat suunnittelun kannalta merkittäviä tekijöitä. Koska CLT-levyt ovat jäykkiä ja yhtenäisiä, niiden äänenläpäisyominaisuudet eroavat tavanomaisista puurakenteista. Ääni- ja värähtelyeristykseen parantamiseksi käytetään usein erillisiä kelluvia lattia-rakenteita ja ääneneristysmateriaaleja. Ihmisen herkkä aistimiskyky värähtelyyn tekee välipohjan suunnittelusta kriittisen osa-alueen CLT-rakennuksissa. Esimerkiksi kävelyn aiheuttama värähtely voi aiheuttaa häiritsevää resonanssia, mikä edellyttää tarkkaa mitoittamista, jotta lattian ominaistajuus pysyy riittävän korkeana. (Sorri 2017, 32.)

Muuntojoustavuuden kannalta yksi keskeisistä suunnitteluperiaatteista on rakenteiden eriyttäminen toisistaan siten, että rakennuksen kantava runko ja sisäiset tilajärjestelyt voidaan suunnitella erikseen. Tämä mahdollistaa tilojen muokkaamisen ja joustavan käytön ilman merkittäviä rakenteellisia muutoksia. (Tarpio 2015, 86.) Tilaratkaisujen suunnittelussa voidaan hyödyntää esimerkiksi muuntoaluelogiikkaa, jossa asuinpohja muodostetaan aluksi avoimeksi tilaksi, jota voidaan myöhemmin jakaa eri tavoin (Tarpio 2015, 239).

CLT-rakenteiden kosteustekninen käyttäytyminen poikkeaa perinteisistä puu- ja betonirakenteista. Puu sitoo ja luovuttaa kosteutta ympäröivän ilman kosteuspuitoisuuden mukaan, mikä voi aiheuttaa rakenteiden pientä elämistä ajan myötä. CLT toimii kuitenkin luonnostaan höyrynsulkuna, mikä vähentää erillisen muovisen höyrynsulun tarvetta vaipparakenteissa. Tämä ominaisuus voi parantaa rakenteiden tiiveyttä ja vähentää kosteuden tiivistymiseen liittyviä riskejä. (Sweco 2021, 25.) Rakennusvaiheessa kosteudenhallinta on kriittinen osa CLT-rakentamisen onnistumista. Jos elementit altistuvat liialliselle kosteudelle, ne voivat vaurioitua ja muodostaa kasvualustan mikrobeille. Teollisessa

esivalmistuksessa elementit suojataan kosteudelta, mutta työmaalla kosteudenhallintatoimenpiteet, kuten säänsuojaus ja nopea asennus, ovat välttämättömiä. (Sweco 2021, 25.)

CLT:n palotekninen käyttäytyminen perustuu sen kykyyn hiiltä hallitusti. Palotilanteessa puurakenteet muodostavat pinnalleen hiilikerroksen, joka hidastaa palon etenemistä ja säilyttää rakenteen kantavuuden. Paloluokitusjärjestelmän mukaisesti CLT-rakenteilla voidaan saavuttaa 30, 60, 90 tai 120 minuutin palonkesto aika riippuen rakenteiden paksuudesta ja lisäsuojauksista. (Sweco 2021, 6.) Rakennusten paloturvallisuudessa on otettava huomioon paloluokitukset ja suojaverhouksen tarpeellisuus. Enintään kaksikerroksisissa puurakenteisissa P2-paloluokan rakennuksissa suojaverhousta ei tarvita, jos käytetään palonkestäviä lämmöneristeitä. Korkeammissa puurakenteisissa rakennuksissa suojaverhoamatonta CLT-pintaa voidaan jättää näkyviin vain rajoitettusti palo-osastointiin liittyvien säädösten mukaisesti. (Puuinfo 2020c.)

CLT:n käyttö asuinrakentamisessa edellyttää tarkkaa taloteknisten järjestelmien suunnittelua. Talotekniikan reitityksen sijoittelu CLT-rakenteisiin on haasteellisempaa kuin kevytrakenteisissa seinissä, koska massiivipuu ei mahdollista yhtä helppoa kaapelointia ja putkituksia. Käytännössä talotekniikan reitit tulee suunnitella jo tuotantovaiheessa, jotta asennus voidaan toteuttaa ilman rakenteiden merkittävää muuttamista jälkikäteen. (Sorri 2017, 16--17.) Erityisesti märkätilojen osalta tekniset ratkaisut ovat keskeisiä. Märkätilaelementit voidaan esivalmistaa tehtaalla ja asentaa suoraan CLT-runkoon, mikä vähentää työmaalla tapahtuvan vesieristystyön määrää. Tämä voi parantaa rakentamisen laatua ja vähentää kosteusvaurioiden riskiä. (Sorri 2017, 15.)

Rakenteellisten ja teknisten ominaisuuksiensa vuoksi CLT tarjoaa joustavuutta ja mahdollisuuksia erilaisten tilaratkaisujen toteuttamiseen. Sen monikäyttöisyys kantavana, jäykistävänä ja osin myös sisäpintana käytettävänä rakenteena tekee siitä ainutlaatuisen rakennusmateriaalin. Kuitenkin akustiikan, kosteudenhallinnan, paloturvallisuuden ja talotekniikan integroinnin huomiointi on keskeistä onnistuneessa CLT-rakentamisessa. Näiden tekijöiden suunnittelussa voidaan hyödyntää modulaarisia ja muuntojoustavia ratkaisuja, kuten Tarpion (2015, 372–373) esittämiä tilallisia logiikoita, jotka mahdollistavat rakennuksen mukautumiskykyisyyden eri käyttötarkoituksiin.

Rakennuksen toiminnalliset perusratkaisut luovat pohjan vähähiiliselle elinkaarille. Kun rakennus palvelee loppukäyttäjiä hyvin ja on helposti muunneltavissa, se todennäköisemmin säilyttää korkean käyttöasteen ja saavuttaa pitkän käyttöiän (Häkkinen & Kuittinen 2020, 138). Materiaalitehokkuuden rooli korostuu erityisesti, kun energiantuotannon päästöt vähenevät. Vähähiilisyttä voidaan edistää sekä vähentämällä materiaalien kokonaistarvetta että valitsemalla vähähiilisiä materiaaleja. (Häkkinen & Kuittinen 2020, 122.)

Suunnittelussa kalustaminen on menetelmä, jossa arkkitehti testaa tilan soveltuvuutta sen oletettuihin käyttötarkoituksiin. Tämä prosessi perustuu tilan mitasuhteiden, ovien ja ikkunoiden sijaintien arviointiin, eikä se ole sisustussuunnittelua, vaan visuaalinen keino arvioida ja perustella suunnitteluratkaisuja asiakkaalle. (Meriläinen & Tervo 2022, 61.) Kalustettavuuden tarkastelu tukee CLT-rakentamisessa erityisesti tilojen muuntojoustavuutta, sillä se mahdollistaa tilojen toimivuuden ja käyttötarkoitusten muokkaamisen asukkaiden tarpeiden mukaan.

Asunnon kalustamisen näkökulmat auttavat arvioimaan tilan asuttavuutta ja toimivuutta. Esimerkiksi monessa asunnossa ruokapöydän ympärille ei ole riittävästi tilaa tuoleille, tai sängylle ei löydy tilaa, jos sen leveys on yli 900 mm. Lisäksi on tärkeää tarkastella, millaiset näkymät avautuvat asunnon sisällä ja sieltä ulospäin. Kalustettavuutta voidaan parantaa tilaa säästävillä kiintokalusteilla, mutta räätälöidyt ratkaisut voivat myös rajoittaa tilojen käyttömahdollisuuksia ja lisätä kustannuksia (Meriläinen & Tervo 2022, 61–62). Yksi keino kustannusten laskemiseen kiintokalusteiden osalta voisi olla tilojen mitoittaminen standardoiduille kiintokalustesarjoille, joissa moduulien määrä on laskettu minimiin. Sarjatuotannon tehostaminen yhdenmukaistamalla komponentteja vähentäisi tuotevariaatioita ja mahdollistaisi suuremmat tuotantoerät, mikä tyypillisesti alentaa yksikkökustannuksia.

4.5 Puurakentamisen vaikutukset laatuun ja asumisviihtyvyyteen

CLT-rakenteiden käytöllä on tutkitusti positiivisia vaikutuksia ihmisten hyvinvointiin. Puupinnat koetaan lämpimiksi, kodikkaiksi ja rauhoittaviksi, ja ne voit-

tavat nämä ominaisuudet tarkasteltaessa lähes kaikki tavanomaiset rakennusmateriaalit. Puuinfo (2020f) tuo esiin, että puupintojen kosketus on paitsi kokeuksellisesti myös fysiologisesti miellyttävämpi kuin muiden materiaalien. Tutkimuksissa on havaittu, että huoneenlämpöisen metallin tai muovin koskettaminen aiheuttaa elimistössä stressireaktion, kun taas puupinta ei aiheuta vastaavaa reaktiota. Tämä huomionarvoinen psykologinen näkökulma CLT-rakentamisessa on todistettu sekä työympäristöissä että oppilaitoksissa – puiset sisätilat näyttävät tukevan stressitason säätelyä paremmin kuin muista materiaaleista valmistetut tilat. Puisissa työtiloissa myös ensivaikutelma tilan käyttäjästä on usein myönteisempi, mikä voi edistää sosiaalista vuorovaikutusta ja yhteisöllisyyttä. Nämä psykologiset hyödyt eivät näytä välittyvän puujäljitelmien kautta, vaan edellyttävät aidon puun käyttöä. (Puuinfo 2020f.)

CLT-rakenteiden hyvinvointivaikutukset ulottuvat myös rakennusfysikaalisiin ominaisuuksiin hengittävien rakenteiden muodossa. Hengittävällä rakenteella tarkoitetaan sellaista rakennuksen ulkovaipan rakennetta, joka mahdollistaa ilmassa olevien kaasujen osapaineiden tasoittumisen diffuusiona rakenteen läpi, ei vapaata ilmavirtausta, joka olisi rakennusvirhe. Myös hengittävän rakenteen tulee olla ilmatiivis. Puuinfo (2020g) korostaa, että hengittävän rakenteen terveellisyys perustuu ajatukseen sisäilman ja ulkoilman kaasujen, kuten hiilidioksidin ja hapen, vaihtumisesta ilmanvaihdon ohella. Hengittävän rakenteen etuja ovat muun muassa parempi kuivumiskyky, sisäilman kosteuden tasaaminen eri vuodenaikoina ja hiilidioksidin poistuminen rakenteiden läpi. Eriytisesti yhdistettynä kosteutta imevään orgaaniseen eristeeseen rakenne voi merkittävästi tasata sisäilman kosteusvaihteluita. Hengittävien rakenteiden ensisijainen hyöty käyttäjien kannalta on rakenteiden pintojen kyky tasata ilman kosteutta, mikä tekee sisäilmasta miellyttävämpää hengittää ympäri vuorokauden. (Puuinfo 2020g.)

4.6 CLT ja muuntojoustavuus

Joustavuus on olennainen osa kestävästä rakentamisesta, ja se voidaan toteuttaa erilaisin tilallisin periaattein. Keskeisille irtokalusteille on suunniteltava tilassa vähintään yksi, mutta mieluiten useampi paikka, jotta tilasta saadaan moni-

käyttöinen. Irtokalusteiden valintamahdollisuuksien lisääntyminen mahdollistaa tilan muokkaamisen käyttäjien tarpeiden mukaan, mikä tukee tilojen joustavuutta ja monipuolista käyttöä. (Meriläinen & Tervo 2022, 61.)

Yhteistilojen suunnittelun kannalta on tärkeää tunnistaa, ettei tilojen jakaminen välttämättä edellytä yhteisöllisyyttä. Tilojen jakaminen omalla vuorolla käytettäviin ja samanaikaisesti asuntokuntien käyttämiin tiloihin on tärkeä yhteistilojen luokittelun tapa. Monet voivat olla kiinnostuneita yhteisten tilojen tarjoamasta lisäpotentiaalista erilaisiin asumisen tarpeisiin, vaikka eivät olisi kiinnostuneita yhteisöllisestä asumistavasta. Asunnon ja yhteistilojen vuorovaikutus on myös yksi joustavuuden ulottuvuus. (Meriläinen & Tervo 2022, 105.)

Väitöskirjassaan Tarpio (2015) on esittänyt joustavuuden tarkasteluun seitsemän tilallista logiikkaa, jotka tarjoavat eri tavoin mahdollisuuden mukauttaa asuintiloja käyttäjien tarpeiden mukaan. CLT-rakentamisen yhteydessä nämä logiikat mahdollistavat rakenteiden ja tilojen tehokkaan muunneltavuuden, mikä lisää rakennusten käyttöikä ja mahdollistaa paremman tilatehokkuuden. Seuraavaksi käydään läpi nämä logiikat:

Avotilalogiikka

Asunnon sisäinen tila pidetään mahdollisimman avoimena ja monikäyttöisenä. Toiminnot erotellaan kevyillä rakenteilla, kuten verhoilla tai kalusteilla, jolloin tilan käyttö on helposti muunneltavissa ilman rakenteellisia muutoksia. (Tarpio 2015, 111; 142–143.)

Halli ja huoneet -logiikka

Asunnon huoneet ovat erillisiä, mutta niitä yhdistää keskeinen hallitila. Tämä mahdollistaa huoneiden monipuolisen käytön ja niiden mukauttamisen eri elämäntilanteisiin. (Tarpio 2015, 149.)

Monireittilogiikka

Asuntoon luodaan useita kulkureittejä, jolloin tilojen käyttömahdollisuudet monipuolistuvat. Huoneiden käyttötarkoitusta voidaan muuttaa sulkemalla tai avaamalla kulkuaukkoja. (Tarpio 2015, 149.)

Kytköhuonelogiikka

Asuntoihin liitetään erillisiä huonetiloja, jotka voidaan ottaa käyttöön tai luovuttaa muille käyttäjille tarpeen mukaan. Tämä mahdollistaa asuntojen laajentamisen tai pienentämisen ilman suuria rakenteellisia muutoksia. (Tarpio 2015, 211.)

Muuntoalueologiikka

Asunnon tilajako muodostetaan kahdessa vaiheessa, jolloin asukkaalla on mahdollisuus muokata huonejakoa omien tarpeidensa mukaan. Tämä tukee elämäntilanteiden muutoksia ja pitkän aikavälin joustavuutta. (Tarpio 2015, 239.)

Moduulistrukturilogiikka

Rakennuksen tilat muodostetaan modulaarisesti, jolloin ne voidaan jakaa tai yhdistää eri tavoin. Tämä mahdollistaa asunnon koon ja tilajärjestyksen muuttamisen rakennuksen elinkaaren aikana. (Tarpio 2015, 285.)

Ytimestä kasvamisen logiikka

Asunto suunnitellaan kasvamaan ajan myötä. Aluksi toteutetaan välttämättömät ydinrakenteet, ja lisätilaa voidaan rakentaa vaiheittain tarpeen mukaan. (Tarpio 2015, 364.)

4.6.1 CLT:n tukemat muuntojoustavat ratkaisut

Edellisessä luvussa esiteltyjen logiikoiden kautta voidaan tarkastella, miten CLT-rakentaminen tukee muuntojoustavuutta ja mahdollistaa pitkäikäisiä rakennuksia, jotka voivat mukautua käyttäjien muuttuviin tarpeisiin. Esimerkiksi kytköhuonelogiikka sopii erityisen hyvin CLT-tilaelementtirakentamiseen, jossa huonetilat voidaan yhdistää tai erottaa suhteellisen yksinkertaisin toimenpitein. Samoin moduulistruktuurilogiikka tukee CLT:n teollista esivalmistusta ja modulaarisuutta, mikä voi edistää kustannustehokkuutta ja rakennusten elinkaarren hallintaa.

CLT:n ominaisuudet tukevat muuntojoustavuutta myös laajemmassa mittakaavassa. Ytimeistä kasvamisen logiikkaa voidaan soveltaa esimerkiksi kaupunki-kehityksessä tai kerrostalorakentamisessa, jossa lisärakentaminen tai jälkiasennettavat tilaelementit tarjoavat uusia mahdollisuuksia asuinrakentamisen skaalautuvuuteen. CLT:n keveys ja rakenteellinen vahvuus tekevät siitä potentiaalisen vaihtoehdon rakennusten laajennuksille ja jälkiasennettaville kerrosratkaisuille.

4.6.2 Kaupallisten tilojen ja muuntojoustavuuden yhdistäminen

CLT-rakentamisen joustavuutta voidaan hyödyntää myös kaupallisten tilojen suunnittelussa, jossa muuttuvat markkinatilanteet ja kulutustottumukset vaativat tiloilta muunneltavuutta. Kaupallisten tilojen suunnittelu muuntojoustaviksi mahdollistaa liiketilojen tehokkaan käytön ja sopeuttamisen erilaisiin toimintoihin. Esimerkiksi monireittilogiikka voisi tukea tilojen jakamista eri käyttäjäryhmien kesken, kun taas moduulistruktuurilogiikka mahdollistaisi liiketilojen laajentamisen tai supistamisen tarpeen mukaan. (Tarpio 2015, 149, 285; Tikkanen 2015, 16.)

Muuntojoustavuus on keskeinen innovaatio hybridirakentamisessa. Tikkasen (2015) tutkimus korostaa, että nykyaikainen kaavoitus vaatii uusia lähestymistapoja, jotka huomioivat tilojen muuntautumiskyvyn. Kaupallisten tilojen integrointi edellyttää ratkaisuja, jotka mahdollistavat tilojen käyttötarkoituksen joustavan muuttamisen ajan ja tarpeiden mukaan. Tämä tarkoittaa suunnittelua, joka sallii tilojen muokkaamisen ilman mittavia rakenteellisia muutoksia.

Kaupalliset palvelut eivät vastaa ainoastaan aineellisiin tarpeisiimme, vaan myös rikastuttavat sosiaalista elämäämme, tarjoavat monipuolisia elämystehkeitä sekä edistävät kulttuurista moninaisuutta (Winogradow 2024, 9). Kaupan alan ja rakentamisen näkökulmien yhdistäminen on haastavaa, sillä kauppa pyrkii reagoimaan nopeasti ympäristön ja kilpailutilanteiden muutoksiin, kun taas rakentamisessa ja yhdyskuntasuunnittelussa tähdätään pitkän aikavälin ratkaisuihin (Winogradow 2024, 23–24). CLT:n muuntojoustavuus voi tarjota ratkaisun tähän vastakkainasetteluun, sillä se mahdollistaa tilojen käyttötarkoituksen muuttamisen tarpeiden muuttuessa.

Kaupallisten tilojen suunnittelu vaatii monipuolisesti erilaisia lähtötietoja suunnittelualueesta, erityisesti tarkastelualueen väestöpohjaa sekä väestöpohjan avulla selvitettäviä tietoja ostovoimasta. Nykytilanteen lisäksi on tärkeä pystyä arvioimaan tulevan kehityksen suuntaa. (Winogradow 2024, 20.) CLT-rakentamisessa tämä tarkoittaa erityisesti tilojen muuntojoustavuuden ja monikäyttöisyyden huomioimista jo suunnitteluvaiheessa, jotta rakennus voi mukautua alueen kehittyviin tarpeisiin.

Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston (2008, 35) mukaan kaupan täytyy uusiutua ja luoda nahkansa aina uudelleen säilyttääkseen vetovoimansa. Erityisesti suurten kaupallisten keskustien rakentuessa tai laajentuessa seuraa merkittäviä muutoksia liikennejärjestelyihin, katutiloihin ja muihin julkisiin reitteihin. CLT-rakentamisen muuntojoustavuus tarjoaa mahdollisuuden toteuttaa rakennuksia, joiden perusrakenteet säilyvät pitkään, mutta joiden ilmettä ja käyttötarkoitusta voidaan muuttaa tarpeiden mukaan. Näin rakennuksen arvo säilyy, vaikka sen toiminnot muuttuisivatkin ajan myötä.

Kaupallisten tilojen integroiminen asuinrakennuksiin tukee myös kestävä kehityksen tavoitteita. Heinimäen (2006, 156–160) mukaan kaupallisten palveluiden määrä, sijainti ja laatu vaikuttavat yhdessä siihen, mihin yksilö suuntaa ostosreissunsa. CLT-rakentaminen mahdollistaa sellaisten hybridikiinteistöjen toteuttamisen, joissa kaupalliset palvelut ja asuminen voivat tukea toisiaan optimaalisella tavalla, vähentäen liikkumisen tarvetta ja tehostaen tilankäyttöä.

4.6.3 CLT:n muuntojoustavuuden merkitys kaupallisissa ja yhdistelmätiloissa

Muuntojoustavuus on yksi CLT:n keskeisistä ominaisuuksista, joka mahdollistaa rakennusten tilojen helpon muokkaamisen käyttäjien tarpeiden mukaan. Rakennuksen suunnittelussa voidaan käyttää modulaarisia ratkaisuja, joissa osia voidaan liittää toisiinsa eri tarkoituksiin ilman suuria rakennustöitä. (Tarpio 2015, 236.)

Modulaarisuus ja muuntojoustavuus mahdollistavat myös tilojen monikäyttöisyyden, mikä voi edistää asukkaiden ja yhteisöjen hyvinvointia (Peltokorpi 2021). Asunnot, joissa on mahdollista muuttaa huoneiden käyttötarkoitusta tai laajentaa tilaa, voivat parantaa elinympäristön joustavuutta ja tehokkuutta. Tämä on erityisen tärkeää kaupunkikehityksessä, jossa tilankäyttö on usein rajallista ja kiinteistön arvo riippuu sen monikäyttöisyydestä. (Tarpio 2015, 59–60.)

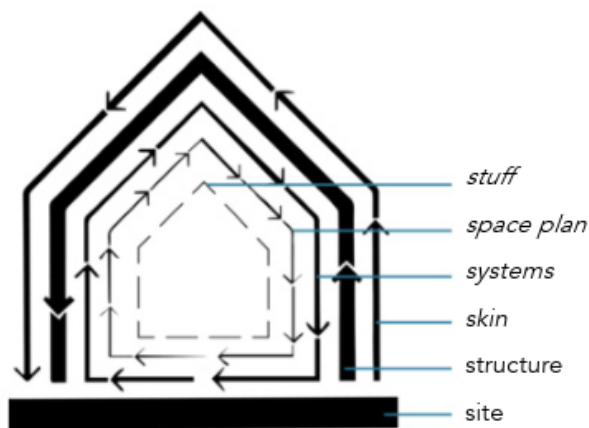
Kraaman (2021, 8–9) opinnäytetyössä ajankäsitettä tarkastellaan muutoksen ja kehityksen näkökulmasta, erityisesti Brandin (1994, 13) esittämien muutoksen tasojen kautta. Brand esittää, että rakennusten muutokset tapahtuvat eri aikajäniteillä ja tasoilla, jotka vaikuttavat niiden elinkaareen ja käyttöön. Näitä muutoksen tasoja ovat esimerkiksi rakennuksen rakenne, tekniset järjestelmät, sisätilojen muokattavuus ja käyttötarkoituksen muutokset.

Brandin mallissa muutoksen nopeus vaihtelee eri tasoilla: rakenteelliset muutokset tapahtuvat hitaasti, kun taas esimerkiksi sisustukseen ja käyttöön liittyvät muutokset voivat olla nopeita ja dynaamisia. Tämä ajattelu liittyy myös CLT-rakentamiseen, sillä massiivipuurakenteet tarjoavat mahdollisuuksia sekä pitkäikäisiin että joustaviin rakenteisiin.

Smithin (2010, 222) näkökulma tukee tätä ajatusta korostaen, että rakennusten suunnittelussa on tärkeää huomioida eri muutostasojen, jotta tilat pysyvät muunneltavina ja kestävätkä paremmin ajan myötä. Tämä on erityisen tärkeää CLT-rakentamisessa, jossa muuntojoustavuus ja pitkä käyttöikä ovat keskeisiä tavoitteita.

Kraama (2021, 9) soveltaa Brandin ja Smithin ajatuksia rakentamiseen, korostaen, että rakennusten suunnittelussa tulee huomioida eri muutostasot ja aikajänteet, jotta ne voivat vastata muuttuviin käyttötarpeisiin (kuva 8). CLT-rakentamisen kannalta tämä tarkoittaa, että puurakenteiden suunnittelussa tulisi huomioida sekä pitkäaikainen kestävyys että mahdollisuus joustaviin tilaratkaisuihin, jotka vastaavat ajan myötä muuttuviin tarpeisiin.

Kuvassa on havainnollistettu Brandin muutoksen tasot ns. ”shearing layers” -mallin avulla. Rakennuksen eri kerroksilla on erilainen muutostahti, jossa uloimpien kerrosten muutokset ovat hitaampia ja sisempien nopeampia. Alimpana on tontti (site), joka on käytännössä muuttumaton, kun taas rakennus (structure) on suunniteltu kestäväksi 50+ vuotta. Tilojen (space plan) muutossykli on tyypillisesti 3–30 vuotta, julkisivun (skin) noin 20 vuotta ja talotekniikan (services) 7–15 vuotta. Kaikkein nopeimmin muuttuu sisustus (stuff), joka on jatkuvassa muutoksessa. (Brand 1994, 13; Kraama 2021, 9.) CLT-rakentamisen kannalta on olennaista ymmärtää, miten eri muutostasot vaikuttavat toisiinsa ja miten CLT-rakenteet voivat mahdollistaa sisempien kerrosten joustavan muutoksen kestäväällä tavalla.



Shearing Layers of Change. (Brand 1994, s.13)

Muutoksen tasot pysyvimmästä eniten vaihtuvaan:

(i) Paikka (SITE)	ikuinen
(ii) Rakenne (STRUCTURE)	50+ v.
(iii) Tilat (SPACE PLAN)	3-30 v.
(iv) Kuori (SKIN)	20 v.
(v) Talotekniikka (SERVICES)	7-15 v.
(vi) Sisustus (STUFF)	jatkuva muutos

Tarpion (2015, 31–33) mukaan joustavuus voidaan jakaa eri tasoihin ja se voi tarkoittaa muun muassa tilan muunneltavuutta, monikäyttöisyyttä tai laajennettavuutta. CLT-rakentamisen kohdalla tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen tilajärjestelyt voidaan suunnitella niin, että niitä on mahdollista mukauttaa eri elämäntilanteisiin. Esimerkiksi kytköhuonelogiikan mukainen ratkaisu mahdollistaa asuntojen laajentamisen tai pienentämisen suhteellisen helposti, mikä voi olla tärkeää esimerkiksi erilaisten perhemuotojen tai yhteisöllisten asumisratkaisujen tukemisessa. (Tarpio 2015, 236.)

Tilaelementtirakentamisen näkökulmasta Peltokorpi (2021, 14) toteaa, että muuntojoustavuus voi tarkoittaa myös sitä, että rakennuksen eri tiloja voidaan käyttää moniin eri tarkoituksiin ilman suuria rakenteellisia muutoksia. Tämä on erityisen relevanttia CLT-rakentamisessa, jossa modulaarisuus ja esivalmistus mahdollistavat tehokkaat muutokset rakennuksen käyttöön. Lisäksi Perttola (2024, 18) korostaa, että muuntojoustavuus on tärkeä tekijä rakennuksen elinkaaren pidentämisessä ja siinä, että rakennus ei muutu ajan myötä tarpeettomaksi.

Kokonaisuudessaan CLT tarjoaa joustavan ja kestävä vaihtoehdon rakentamiselle, jossa rakenteelliset ja tilalliset ratkaisut voidaan suunnitella tukemaan pitkäikäisiä ja muunneltavia rakennuksia. Tämä on erityisen tärkeää, kun pyritään vastaamaan asumisen moninaistuviin tarpeisiin sekä yhdistämään asuin- ja liiketiloja taloudellisesti ja sosiaalisesti kannattavalla tavalla.

4.7 CLT ja yhdistelmä-rakentaminen

Yhdistelmä-rakentamisessa CLT tarjoaa useita etuja, jotka tukevat asumisen ja kaupallisten tilojen joustavaa yhdistämistä. Materiaalin keveys, tekninen joustavuus ja muuntojoustavuus mahdollistavat erilaiset tilaratkaisut ja käyttötarkoituksen muutokset rakennuksen elinkaaren aikana.

CLT-rakentaminen tarjoaa mahdollisuuksia yhteisöllisten asumisratkaisujen kehittämiseen. Yhteistilat voivat lisätä sosiaalista kanssakäymistä ja parantaa tilojen käytön tehokkuutta. Kun osa asunnon perinteisistä toiminnoista, kuten kodinhoito- tai ruokailutilat, voidaan sijoittaa jaettuihin tiloihin, asuineliöiden

tarve voi vähentyä. Tämä voi osaltaan vaikuttaa asumiskustannuksiin ja mahdollistaa kohtuuhintaisempaa asumista. (Ruutikainen 2013, 19.)

Kaupallisten palveluiden integrointi CLT-rakenteisiin asuinrakennuksiin voi merkittävästi parantaa alueiden taloudellista ja sosiaalista kestävyyttä. Winogradow (2024, 26) toteaa, että vetovoimaisimmat asuinalueet syntyvät, kun palvelut ja asuminen yhdistyvät optimaalisella tavalla. Kaupalliset palvelut eivät vastaa ainoastaan aineellisiin tarpeisiimme, vaan myös rikastuttavat sosiaalista elämäämme, tarjoavat monipuolisia elämymishetkiä sekä edistävät kulttuurista moninaisuutta (Winogradow 2024, 9).

Peltokorpi (2021, 4–5) korostaa, että perinteinen asuinkerrostalorakentaminen on usein sidottu vakiintuneisiin tila- ja varusteluratkaisuihin, jotka eivät aina vastaa nykyajan monimuotoistuneisiin asumispreferensseihin. Yhteisöllinen asuminen voi tarjota vaihtoehdon tähän kehitykseen, kun tilasuunnittelussa huomioidaan joustavuutta ja yhteistilojen hyödyntämistä. CLT-rakenteet mahdollistavat monipuolisten asumisratkaisujen toteuttamisen, sillä ne soveltuvat hyvin modulaariseen rakentamiseen, jossa eri asuintiloja voidaan yhdistellä tai erottaa tarpeen mukaan.

Yhteistilojen rinnalla käytetään käsitettä jaetut tilat, joka kuvaa sitä, miten tilojen yhteiskäytössä ei ole pelkästään kyse yhteisöllisyydestä, vaan myös tilojen ja resurssien jakamisesta, ja yksityisen tilan laajenemisesta. Yhteiskäytössä olevilla tiloilla voidaan lisätä asuinympäristön yhteisöllisyyttä ja monipuolisuutta sekä asunnon käyttöarvoa. Taloyhtiöiden yhteistilojen vahva käytännönläheinen pohja tarjoaa hyvän lähtökohdan uudistaa tilojen jakamiseen liittyvää ajattelua resurssiviisaasti. (Meriläinen & Tervo 2022, 104.)

Yhteistilojen suunnittelun kannalta on tärkeää tunnistaa, ettei tilojen jakaminen välttämättä edellytä yhteisöllisyyttä. Jako omalla vuorolla käytettäviin tiloihin ja asuntokuntien samanaikaisesti käyttämiin tiloihin on tärkeä yhteistilojen luokittelun tapa. Monet voivat olla kiinnostuneita yhteisten tilojen tarjoamaan lisäpotentiaalista erilaisiin asumisen tarpeisiin, vaikka eivät olisi kiinnostuneita yhteisöllisestä asumistavasta. Asunnon ja yhteistilojen vuorovaikutus on myös yksi joustavuuden ulottuvuus. (Meriläinen & Tervo 2022, 105.)

Tarpio (2015, 236) esittelee kytköhuonelogiikan, jossa yksittäisiä huoneita voidaan liittää osaksi asuntoja tai vapauttaa yhteiskäyttöön. Tämä mahdollistaa esimerkiksi joustavammat yhteisölliset asumismallit, joissa asukkaat voivat jakaa tietyt tilat, kuten työtilat, vierashuoneet tai ruokailutilat. Tämän tyyppinen ratkaisu voi vastata kasvavaan tarpeeseen yhdistää yksityisyys ja yhteisöllisyys asumisessa.

Pääsääntöisesti yhteistiloihin suunnitellaan sisäänkäynnit porrashuoneista tai ulkoa. Sisäänkäynnin suunnitteluratkaisuja voi pohtia myös muuntojoustavuuden näkökulmasta, jolloin tarkasteluun otetaan esimerkiksi tilan vuokraaminen ulkopuoliselle toimijalle. Tämä lisää yhteistilojen käytön joustavuutta ja tukee rakennuksen monipuolista hyödyntämistä myös muiden kuin asukkaiden tarpeisiin. (Meriläinen & Tervo 2022, 107.)

Yhteistilojen suunnittelu ei ole ainoastaan teknisten suunnitteluohjeiden seuraamista. Asumisessa jaetuilla tiloilla ja yhteisöllisyydellä voi olla erityinen merkitys, joka kiteytyy suunnitelman konseptissa. Parhaimmillaan yhteiset tilat kompensoivat jotain, mitä omasta asunnosta puuttuu tai tuovat asukkaille muuta lisäarvoa. (Meriläinen & Tervo 2022, 113.) Tämä ajattelutapa tukee CLT-rakentamisen joustavuutta ja monikäyttöisyyttä, jossa yhteistilojen rooli on entistä keskeisempi osana asuin- ja liiketilojen yhdistelmää.

Kaupallisten tilojen suunnittelussa on huomioitava niiden sijainti yhdyskuntarakenteessa. Heinimäen (2006, 156–160) mukaan kaupallisten palveluiden määrä, sijainti ja laatu vaikuttavat yhdessä siihen, mihin yksilö suuntaa ostoreissunsa ja missä tekee lopulliset kulutuspäätöksensä. CLT-rakentaminen mahdollistaa sellaisten hybridikiinteistöjen toteuttamisen, joissa kaupalliset palvelut ja asuminen voivat tukea toisiaan optimaalisella tavalla.

Yhteisöllisissä asumisratkaisuissa liikkumistilat ja asuintilat limittyvät yksityisiin ja puolijulkisiin tiloihin. Jos suunnitelma sisältää tiloja, joiden käyttäjäryhmä ei rajaudu vain talon asukkaisiin, nousee yksityisten, puolijulkisten ja julkisten tilojen rajaaminen suhteessa kaupunkirakenteeseen tärkeäksi suunnittelutehtäväksi. (Meriläinen & Tervo 2022, 121.) CLT-rakentamisen muuntojoustavuus mahdollistaa näiden rajapintojen joustavan suunnittelun ja muokkaamisen tarpeiden muuttuessa.

Kaupan rakentaminen muodostaa arkkitehtuurillisen haasteen, koska se muuttaa ympäristöään, mutta sen esteettinen elinkaari on usein lyhyt. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston (2008, 35) mukaan kaupan täytyy uusiutua ja luoda nahkansa aina uudelleen säilyttääkseen vetovoimansa. Erityisesti suurten kaupallisten keskusten rakentuessa tai laajentuessa seuraa merkittäviä muutoksia liikennejärjestelyihin, katutiloihin ja muihin julkisiin reitteihin. Tämä tarjoaa mahdollisuuden parantaa alueen esteettistä tilaa. Esteettisesti hyvin suunniteltu, kaavoitettu ja toteutettu kaupan ympäristö tukee alueen arvostuksen pysyvyyttä, jolloin väliaikainen kaupallinen toiminta voi jättää jälkeensä positiivista kaupunkikehitystä.

4.8 CLT-rakentamisen kustannustehokkuus ja potentiaaliset säästökeinot

Rakennuksen kustannustehokkuuteen vaikuttaa merkittävästi se, kuinka paljon tilaelementtejä voidaan standardoida ja toistaa. Suuremmat ja yhtenäisemmät tilaelementit vähentävät valmistus- ja asennuskustannuksia. Lisäksi tehokas tilaelementtien sijoittelu ja niiden määrän optimointi voi merkittävästi vähentää rakentamisen kustannuksia. (Sorri 2017, 101.)

Rodionova (2024, 22–23) korostaa, että rakennuksen tilaajatahon tavoitteiden määrittelyssä on huomioitava hankkeeseen ryhtyvän tahon toimintamalli, joka voi olla esimerkiksi voittoa tavoitteleva tai tavoittelematon omistus, osaomistus tai myynti. Tämä vaikuttaa olennaisesti siihen, miten rakennuskomponenttien luokittelu sekä huolto- ja korjausohjeet määritellään. Erityisen merkittävää on hyödyke- ja palvelukeskeisen logiikan ero: hyödykekeskeinen logiikka keskittyy tavaroiden vaihtoon ja maksimaalisen tehokkuuden saavuttamiseen standardoinnin kautta, kun taas palvelukeskeinen logiikka näkee arvon perustuvan palveluun. Tilaelementtirakentamisessa tuotantoprosessin teollistaminen mahdollistaa nopeamman ja tarkemman rakentamisen, mikä puolestaan lyhentää työmaavaihetta ja tuo säästöjä työvoimakustannuksissa (Peltokorpi 2021, 2).

CLT-rakentamisen kustannustehokkuutta voidaan edistää viiden erilaisen arvonluontimallin kautta (Rodionova 2024, 23–27):

Tilojen vuorottais- ja yhteiskäyttöisyys:

- Optimoii rakennusten hyötykäyttöaika jopa päivittäin.
- Hyödyntää digitaalisia työkaluja tilankäytön tehostamisessa.

Monikäyttöisyys ja rakenteellinen muunneltavuus:

- Parantaa rakennusten sopeutumiskykyä muuttuvissa markkinaolosuhteissa.
- Mahdollistaa tilojen käyttötarkoituksen muutokset kustannustehokkaasti.

Rakennusten siirtyväisyys:

- Keskittyy rakennustonttien käyttöasteen optimointiin
- Mahdollistaa käyttötarkoituksen muutokset tarpeen mukaan

Jäännösarvomalli:

- Huomioi rakennuskomponenttien säilyvyyden ja jälleenmyyntiarvon
- Tukee kiertotalouden periaatteita

Suorituskykyyn perustuva hankintamalli:

- Laajentaa tuote palveluna -periaatteen koko rakennuksen mittakaavalle
- Soveltuu erityisesti vuokra-asumiseen ja yhteiskäyttötiloihin

CLT-rakentamisen taloudellinen kilpailukyky verrattuna perinteisiin betonirakenteisiin perustuu pitkälti rakentamisen nopeuteen ja esivalmistettujen komponenttien tehokkaaseen hyödyntämiseen. Perinteiseen paikallavalettuun betoniin verrattuna CLT-rakenteet mahdollistavat lyhyemmät rakennusajat, mikä voi vähentää työmaalla tapahtuvia häiriöitä ja parantaa hankkeen kannattavuutta. (Peltokorpi 2021, 10.) Lisäksi puurakentamisen keveys vähentää perustusten kustannuksia, mikä voi osaltaan kompensoida materiaalikustannuksia (FCG Finnish Consulting Group 2021, 23).

Vaikka CLT on materiaalina lähtökohtaisesti kalliimpi kuin perinteiset rankarakenteet, sen pitkä käyttöikä ja alhaisemmat elinkaarikustannukset voivat tehdä siitä kannattavamman pitkällä aikavälillä. Rakennusten joustavuus ja muuntojoustavuus voivat pidentää rakennuksen käyttöikää ja vähentää tarvetta peruskorjauksille tai rakenteellisille muutoksille. (Perttola 2024, 18.) CLT-rakenteiden huoltokustannukset voivat olla alhaisemmat kuin perinteisten materiaalien, sillä massiivipuorakenteet eivät altistu samalla tavalla betonirakenteiden

rapautumiselle tai teräsrakenteiden korroosiolle (Tarpio 2015, 86). Lisäksi puurakennukset toimivat pitkäaikaisina hiilivarastoina, mikä voi tulevaisuudessa lisätä niiden houkuttelevuutta sijoittajien ja rakennuttajien näkökulmasta, erityisesti jos päästökauppa ja hiilijalanjäljen hinnoittelu yleistyvät rakennusalalla (FCG Finnish Consulting Group 2021, 1).

Tilaelementtirakentamisessa tärkeä taloudellinen näkökulma on myös tilatehokkuus. Ruutikainen (2013, 19) toteaa, että muuntojoustavuuden avulla asuinneliöiden tarvetta voidaan optimoida, mikä voi alentaa asumiskustannuksia. Yhteisöllisten tilojen ja kaupallisten palveluiden yhdistäminen asumiseen voi mahdollistaa entistä kustannustehokkaampia ratkaisuja, kun tilat voidaan jakaa useiden käyttäjien kesken ja niiden käyttöaste pysyy korkeana. Lisäksi asukkaiden käytössä olevien yhteistilojen hyödyntäminen mahdollistaa pienempiä ja tehokkaammin suunniteltuja asuntoja, mikä voi tuoda säästöjä sekä rakentamisen että ylläpidon kustannuksiin. (Peltokorpi 2021, 14.)

Julkinen sektori ja lainsäädäntö voivat vaikuttaa merkittävästi CLT-rakentamisen kustannustehokkuuteen ja markkinapotentiaaliin. Monet kaupungit ja valtiot ovat alkaneet edistää puurakentamista osana hiilineutraaliustavoitteitaan, mikä voi tarkoittaa erilaisia tukia, kannustimia tai kevennettyjä kaavoitusvaatimuksia CLT-rakenteisille hankkeille. Esimerkiksi Suomessa julkisten rakennushankkeiden hankintakriteereissä voidaan suosia vähähiilisiä materiaaleja, mikä voi lisätä CLT-rakentamisen kilpailukykyä. (FCG Finnish Consulting Group 2021, 35.) Puurakentamista tukevien poliittisten linjausten lisäksi myös puurakenteiden palomääräyksiä on viime vuosina tarkistettu, mikä voi vähentää rakentamisen lisäkustannuksia ja tehdä CLT:stä entistä houkuttelevamman vaihtoehdon. (Sweco 2021, 6.)

Rakennuttajan näkökulmasta CLT-rakentamisen kannattavuus riippuu monista tekijöistä, kuten rakennusmarkkinoiden tilanteesta, kysynnän kehitymisestä ja rahoituksen saatavuudesta. Kustannusten hallinnan kannalta CLT-rakentaminen hyötyy erityisesti suurista ja skaalautuvista hankkeista, joissa esivalmistettujen elementtien käyttö voidaan optimoida. (Sorri 2017, 60.) Lisäksi sijoittajille ja rakennuttajille CLT-rakentaminen voi tarjota kilpailuetua, jos vähähiili-

syydelle asetetaan tulevaisuudessa tiukempia vaatimuksia ja vihreät investoinnit saavat enemmän painoarvoa markkinoilla (FCG Finnish Consulting Group 2021, 1).

Rakennusten elinkaaren aikaiset kustannukset ovat yhä keskeisempi tekijä hankepäätöksissä, ja CLT:n pitkä käyttöikä yhdistettynä sen vähäiseen kunnossapitotarpeeseen voi tehdä siitä houkuttelevan vaihtoehdon erityisesti suurissa kiinteistökehityshankkeissa (Tarpio 2015, 87–89). Tulevaisuudessa CLT-rakenteiden kustannustehokkuuden arviointi voi laajentua myös kiertotalousnäkökulmaan, jossa materiaalien uudelleenkäytettävyys ja rakennusten elinkaaren jatkaminen tulevat yhä tärkeämmiksi taloudellisiksi tekijöiksi. Myös kauppapaikkojen oikea sijoittaminen ja niiden rooli kaupunkirakenteessa voivat tukea CLT-rakentamisen kustannustehokkuutta (Winogradow 2024.)

5 KOHTUUHINTAISEN ASUMISEN JA CLT-RAKENTAMISEN YHDISTÄMINEN

Tulevaisuuden asumisen ja kaupallisten tilojen kehitys edellyttää joustavien ja muuntojoustavien ratkaisujen lisäämistä rakennussuunnitteluun. Asumistarpeet muuttuvat yksilöllisten ja yhteiskunnallisten tekijöiden myötä, ja rakennusten on kyettävä mukautumaan erilaisiin elämäntilanteisiin sekä muuttuvaan kaupunkirakenteeseen. Tarpio (2015, 31–33; 236) toteaa, että joustavuus voi tarkoittaa tilan muunneltavuutta, monikäyttöisyyttä tai laajennettavuutta. CLT-rakentamisessa tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen tilajärjestelyt voidaan suunnitella niin, että niitä voidaan mukauttaa käyttäjän tarpeiden mukaan (Peltokorpi 2021, 14).

Asuntojen hinnat nousevat Helsingissä tavalla, joka vaikeuttaa jo keskiluokkaisissa palkkatöissä käyvien ihmisten mahdollisuuksia ostaa asuntoa kaupungin alueelta. Koska omistusasuminen on sekä verokohtelun että kulttuurin ansiosta keskeinen tapa, jolla suomalaiset säästävät, on tämä huolestuttava kehitys kaupungin kannalta. Omistusasunnon hankkimisen vaihtoehto ei Suomessa käytännössä ole vuokralla asuminen, vaan halvempien asuntojen paikkakunnille muutto. Omistusasunnon perässä muuttaminen on erityisen huolestuttavaa ammateissa, joissa palkat eivät merkittävästi jousa asumiskustan-

nusten mukaan. Ennen kaikkea opetus-, sosiaali- ja terveysalan ammattilaisten jäämisestä Helsinkiin on oltu aiheellisesti huolissaan. (Helsingin kaupunki 2021, 63.)

Nykyaikaisen asumisen haasteet eivät liity pelkästään asuntojen hintatasoon, vaan myös asuntosuunnittelun tilan käyttöön ja joustavuuteen. Meriläinen ja Tervo (2022, 58) huomauttavat, että suomalaisessa asuntosuunnittelussa on pitkään vallinnut pragmaattinen, toiminnallisiin tarpeisiin keskittyvä lähestymistapa, joka juontaa juurensa modernismin läpimurtoon 1930-luvulla. Tämä on johtanut tilanteeseen, jossa tilojen luokittelu ja käyttötarkoitus ovat lähtökohtaisesti vastoin tilan monikäyttöisyyttä.

CLT-rakentamisen potentiaali kohtuuhintaisen asumisen edistämässä liittyy olennaisesti sen mahdollistamaan muuntojoustavuuteen. Vaikka tyypillisessä 2020-luvun uudessa asunnossa on oletusarvoisesti olohuone, siihen saumattomasti liittyvä keittotila, olohuonetta selkeästi pienempiä makuuhuoneita, kylpyhuone ja lasitettu parveke, ei ratkaisu välttämättä ole pysyvä tai edes pitkäikäinen (Meriläinen & Tervo 2022, 60). CLT-rakentaminen tarjoaa mahdollisuuden haastaa nämä vakiintuneet suunnittelukäytännöt mahdollistamalla joustavamman tilankäytön, jossa huoneiden käyttötarkoitusta voidaan muuttaa tarpeiden mukaan.

Kohtuuhintaisen asumisen näkökulmasta on oleellista ymmärtää, että asumiskustannusten mittaaminen ja määrittely on monitahoinen haaste. Omistusasumisen kustannusten kartoittaminen on erityisen monimutkaista, sillä asuntolainojen suuruuden ja korkojen selvittäminen sekä vastikkeiden vakiointi tietylle tasolle on haasteellista. Omistusasunnosta muodostuu myös muita kustannuksia, kuten tontinvuokrat, mikäli rakennus ei sijaitse omalla maallaan. (Helsingin kaupunki 2021, 54–55.)

Kalustettavuus ilmentää suomalaisessa asuntosuunnittelussa dominoivaa tilankäytön ekonomisuutta. Huoneiden tulee olla riittävän suuria, jotta ne ovat kalustettavissa, mutta ei liian suuria, jotta maksimimäärä neliöitä saadaan verrattain pieniin neliöihin. Tätä on perusteltu asuntosuunnittelua ohjaavalla asumisen hinnalla, joka kasvaa asuntokoon mukana. Tämä ajattelutapa ei suosi

väljiä monikäyttöisiä huoneita. (Meriläinen & Tervo 2022, 62.) CLT-rakentaminen voi tarjota ratkaisun tähän haasteeseen mahdollistamalla tilojen muuntojoustavuuden ilman merkittäviä lisäkustannuksia, jolloin tilasuunnittelussa voidaan painottaa monipuolisempaa käytettävyyttä.

Rakennusten muuntojoustavuus on keskeinen tekijä niiden elinkaaren pidentämisessä. Peltokorpi (2021, 14) tuo esille, että muuntojoustavuus voi tarkoittaa myös sitä, että rakennuksen eri tiloja voidaan käyttää moniin eri tarkoituksiin ilman suuria rakenteellisia muutoksia. Tämä on erityisen tärkeää CLT-rakentamisessa, jossa modulaarisuus ja esivalmistus mahdollistavat tehokkaat muutokset rakennuksen käyttöön. Perttola (2024, 18) puolestaan korostaa, että rakennuksen suunnittelu muuntojoustavaksi vähentää riskiä siitä, että se muuttuu tarpeettomaksi, mikä auttaa optimoimaan rakennuksen käyttöikä ja vähentää purkamisesta syntyviä ympäristövaikutuksia.

Kohtuuhintaisen omistusasumisen määritelmä rakentuu kolmen eri näkökulman kautta: normatiivisen, kuluttajavalintoja painottavan ja hallintamuotoihin perustuvan näkökulman. Normatiivisessa näkökulmassa asumiskustannuksia tarkastellaan suhteessa tuloihin, jolloin kohtuuttomiksi katsotaan yleensä yli 30–40 prosenttia tuloista vievät asumiskustannukset. Kuluttajavalintoja painottavassa näkökulmassa kotitalous itse määrittelee valinnoillaan kohtuullisen tason, kun taas hallintamuotoihin perustuvassa näkökulmassa kohtuuhintaiseksi määritellään säännelty asuntokanta. (Helsingin kaupunki 2021, 53.)

CLT-rakentaminen voi edistää kohtuuhintaisuutta useiden tekijöiden kautta: nopeampi rakennusprosessi vähentää rahoituskustannuksia, standardoidut ja modulaariset ratkaisut alentavat suunnittelu- ja toteutuskustannuksia, ja muuntojoustavuus pidentää rakennuksen käyttöikä ja vähentää muutostöiden tarvetta. Lisäksi kaupallisten tilojen integrointi voi tuoda lisätuloja, jotka alentavat asumiskustannuksia. (Peltokorpi 2021, 10; Rodionova 2024, 23–27; Marttinen 2022, 8–9.)

Suomen asuntopoliittisessa kehittämissuunnitelmassa vuosille 2021–2028 on määritelty selkeitä tavoitteita, jotka tukevat myös CLT-rakentamisen kaltaisten innovatiivisten ratkaisujen käyttöönottoa. Ohjelman lähtökohtana on näkemys, että jokaisella on oikeus asuntoon ja hyvinvointia tukevaan asuinympäristöön.

Siinä korostetaan erityisesti asumisen ympäristö- ja ilmastovaikutusten huomiointia kaikessa asuntopoliittisessa päätöksenteossa. (Asuntopoliittinen kehittämisohjelma s.a.)

Kehittämisohjelman tavoitteissa painotetaan, että jokaisella on oikeus hyvään ja kohtuuhintaiseen asumiseen, asuntotarjonnan tulee vastata eri väestöryhmien tarpeisiin, ja asuinalueiden tulee olla sosiaalisesti kestäviä. Lisäksi tavoitteena on, että rakentamisen ja asumisen ilmastopäästöt ovat kestäväällä tasolla. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan uudenlaisia ratkaisuja, joissa yhdistyvät kohtuuhintaisuus, sosiaalinen kestävyys ja ympäristöystävällisyys – kaikki osa-alueita, joissa CLT-rakentamisella on potentiaalia tarjota merkittäviä hyötyjä. (Asuntopoliittinen kehittämisohjelma s.a.)

5.1 Kohtuuhintaisen omistusasumisen määritelmä ja siihen vaikuttavat tekijät

Kohtuuhintaisen omistusasumisen konsepti rakentuu useiden toisiinsa kytkeytyvien tekijöiden varaan. Erityisen tärkeää on ymmärtää, että kohtuuhintaisuus ei tarkoita pelkästään asunnon hankintahintaa, vaan se käsittää koko asumisen elinkaaren aikaiset kustannukset. Tähän kokonaisuuteen vaikuttavat rakennuksen energiatehokkuus, huolto- ja ylläpitokustannukset sekä rakennuksen muuntojoustavuus ja sopeutumiskyky erilaisiin käyttötarkoituksiin. Helsingin kaupungin (2021, 53) määrittelemät kolme näkökulmaa kohtuuhintaisuuteen – normatiivinen, kuluttajavalintoja painottava ja hallintamuotoihin perustuva – tarjoavat kehyksen, jonka avulla voidaan tarkastella CLT-rakentamisen potentiaalia kohtuuhintaisen asumisen mahdollistajana.

Normatiivisesta näkökulmasta tarkasteltuna CLT-rakentaminen voi edistää kohtuuhintaisuutta, mikäli sen avulla voidaan tuottaa asuntoja, joiden asumiskustannukset pysyvät kohtuullisina suhteessa asukkaiden tuloihin. Tätä voidaan mitata esimerkiksi AM-ohjelman käyttämillä 30 ja 40 prosentin raja-arvoilla tuloista (Helsingin kaupunki 2021, 55). CLT-rakentamisen mahdollistama rakennusprosessin nopeutuminen ja elinkaarikustannusten optimointi voivat tukea tätä tavoitetta.

Kuluttajavalintojen näkökulmasta CLT-rakentaminen voi tarjota vaihtoehtoja, jotka vastaavat asukkaiden muuttuviin tarpeisiin. Meriläinen ja Tervo (2022, 58) huomauttavat, että asuntosuunnittelussa on syytä kiinnittää huomiota myös siihen, miten tilat toimivat ja tuntuvat käytössä: *Varmaa on, että tilan liian tiukka mitoitus yksipuolistaa asumisen tapoja ja hankaloittaa monella tapaa arkielämää. Suunnittelun tavoitetaso jää turhan vaatimattomaksi myös silloin, jos tyydytään mitoittamaan asunnot määräyksiä ja hyväksi havaittuja suunnittelukäytäntöjä noudattaen.*

CLT-rakentaminen voi haastaa vakiintuneet suunnittelukäytännöt mahdollistamalla joustavamman tilankäytön. Kuten Meriläinen ja Tervo (2022, 60) kysyvät: *Voisiko esimerkiksi makuuhuoneiksi nimettyjä tiloja sulkea, avata tai jakaa niin, että ne toimisivat esimerkiksi ruokailutiloina, työhuoneina, vierashuoneina tai kirjastoina?* CLT:n teknisten ominaisuuksien ansiosta tämänkaltaiset joustavat tilaratkaisut ovat mahdollisia, mikä voi olennaisesti parantaa asuntojen käytettävyyttä ja pitkäikäisyyttä.

Hallintamuotoihin perustuvasta näkökulmasta CLT-rakentamista voidaan hyödyntää osana erilaisia asumisen hallintamuotoja, kuten perinteistä omistus-asumista, asumisoikeusasumista tai muita välimuodon malleja. CLT:n mahdollistama modulaarisuus ja standardoidut ratkaisut voivat tukea erityisesti sellaisten hallintamuotojen kehittämistä, joissa tilojen muunneltavuus ja monikäyttöisyys ovat keskeisessä roolissa.

CLT-rakentamisen ja kohtuuhintaisen asumisen yhdistämisessä on keskeistä huomioida myös kalustettavuus ja tilatehokkuus. Meriläisen ja Tervon (2022, 62) mukaan suomalaisessa asuntosuunnittelussa vallitsee tilankäytön ekonomisuus, joka ei suosi väljiä monikäyttöisiä huoneita. CLT-rakentaminen voi tarjota ratkaisun tähän haasteeseen mahdollistamalla tilojen muuntojoustavuuden ilman merkittäviä lisäkustannuksia.

Kaupallisten tilojen integrointi CLT-rakenteisiin asuinrakennuksiin voi edistää kohtuuhintaista asumista useilla tavoilla. Liiketiloihin saatavat vuokratulot voivat alentaa yhtiövastikkeita, mikä pienentää asumiskustannuksia pitkällä aikavälillä. Lisäksi monipuoliset palvelut samassa rakennuksessa voivat vähentää

liikkumiskustannuksia ja parantaa asukkaiden elämänlaatua. CLT:n mahdollista muuntojoustavuus tukee tilojen käyttötarkoituksen muuttamista markkinatilanteen mukaan, mikä tehostaa kiinteistön tuottavuutta ja kestävyyttä. (Marttinen 2022, 8–9; Winogradow 2024, 13.)

CLT-rakentamisen etuna kohtuuhintaisen asumisen edistämässä on myös sen ekologinen kestävyys. FCG Finnish Consulting Groupin (2021, 23) mukaan puurunkoisessa rakennuksessa elinkaaren aikainen hiilijalanjälki voi olla 10–20 prosenttia pienempi verrattuna tyypilliseen betonirakenteeseen. Tämä kestävyysnäkökulma voi tulevaisuudessa entisestään korostua, kun päästöjen hinnoittelu ja kestävä kehityksen tavoitteet alkavat yhä vahvemmin ohjata asuntomarkkinoita.

Yhteenvedon voidaan todeta, että CLT-rakentaminen tarjoaa monipuolisia mahdollisuuksia kohtuuhintaisen asumisen edistämiseen. Sen tekniset ominaisuudet tukevat joustavaa tilasuunnittelua, modulaarisuus mahdollistaa kustannustehokkaan rakentamisen, ja ekologiset hyödyt tekevät siitä kiinnostavan vaihtoehdon tulevaisuuden rakentamisessa. Yhdistämällä nämä ominaisuudet kaupallisten tilojen integrointiin voidaan luoda asumisratkaisuja, jotka ovat sekä taloudellisesti että ekologisesti kestäviä.

5.2 CLT-rakentamisen taloudelliset ja tekniset keinot kustannusten hillitsemiseksi

Ristiinliimattu massiivipuu (CLT) on noussut esiin yhtenä lupaavimmista vaihtoehdoista ekologisessa ja kustannustehokkaassa rakentamisessa. CLT:n käyttö mahdollistaa suurten tilaelementtien valmistamisen ja asennuksen, mikä voi huomattavasti nopeuttaa rakennusprosessia ja parantaa kustannustehokkuutta. Tilaelementtien valmistus teollisessa ympäristössä takaa korkean laadun ja vähentää rakennusvirheitä. (Sarkkinen 2017, 60.) Tämä valmistusmenetelmä voi myös vähentää sääolosuhteiden vaikutuksia ja parantaa rakennustyömaan turvallisuutta ja tehokkuutta (Sorri 2017).

Kustannusvertailuissa CLT on usein todettu hieman kalliimmaksi kuin perinteiset materiaalit, kuten betoni ja teräs (Peltokorpi 2021). Tämä lisäkustannus voi

kuitenkin olla oikeutettu, mikäli pitkän aikavälin energiankulutuksessa saavutetaan merkittäviä säästöjä ja rakennuksen elinkaaren aikana käytettävien materiaalien ja energian kulutus saadaan optimoitua (Leinonen 2023). Tällöin CLT:n käytöstä syntyy ympäristön kannalta positiivisia vaikutuksia, ja sen kestävyys ja vähähiilisyys korvaavat alkuperäiset kustannuslisät tällä hetkellä (Hoisko, s.a). Kustannusten alentamiseksi keskeisiä keinoja ovat tuotannon mittakaavan kasvattaminen, investoinnit teknologiseen kehitykseen, standardoitujen CLT-elementtien käyttöönotto sekä paikallisen puuteollisuuden ja CLT-valmistuksen tukeminen, mikä voisi pitkällä aikavälillä johtaa merkittäviin hintajoustoihin ja kustannustehokkuuden paranemiseen.

Tälläkin hetkellä CLT-rakentamisen kustannustehokkuutta voidaan parantaa useilla teknisillä ja taloudellisilla keinoilla. Standardointi on yksi tärkeimmistä menetelmistä, sillä se mahdollistaa toistettavuuden ja sarjatuotannon edut. Tämä tarkoittaa, että suunnittelukustannukset jakautuvat useammalle rakennukselle, ja tuotantoprosessit tehostuvat toiston myötä. Modulaarisuus puolestaan lisää joustavuutta ja vähentää hukkaa, kun rakennuselementit voidaan suunnitella optimaalisiksi sekä valmistuksen että kuljetuksen näkökulmasta. (Sorri 2017, 101; Rodionova 2024, 23–27.)

Toinen merkittävä keino kustannusten hillitsemiseksi on tehokas projektinhallinta ja suunnittelun integrointi. Kun arkkitehtisuunnittelu, rakennesuunnittelu ja tuotannon suunnittelu toteutetaan tiiviissä yhteistyössä alusta alkaen, voidaan välttää monia kalliita muutoksia rakennusprosessin myöhemmissä vaiheissa. (Peltokorpi 2021, 2; Häkkinen & Kuittinen 2020, 138.)

Tuotannon siirtäminen mahdollisimman suurelta osin tehdasolosuhteisiin on myös keskeinen keino kustannustehokkuuden parantamiseksi. Tehdastuotanto mahdollistaa tasaisen laadun, vähentää sääolosuhteiden vaikutusta ja nopeuttaa rakennusprosessia. Tämä vähentää työmaalla tapahtuvaa työtä, mikä puolestaan alentaa työvoimakustannuksia ja parantaa työturvallisuutta. (Sarkkinen 2017; Peltokorpi 2021, 10.)

5.3 Kaupallisten tilojen rooli kohtuuhintaisen asumisen mahdollistajana

Kaupalliset tilat ovat puolijulkisia ympäristöjä, kuten liikkeet, ostoskeskukset ja virastot, jotka on suunniteltu avoimeen julkiseen käyttöön, mutta joiden käyttöä voidaan rajoittaa tietyin ehdoin. Näissä tiloissa oleskeluun liittyy usein kaupallisuus, ja ne tarjoavat asiakkailleen erilaisia palveluita ja tuotteita. (Neuvonen 2017, 201–207.)

Kohtuutalouden näkökulmasta tilallinen suunnittelu voi asettaa ihmisen toiminnalle ekologisesti kestävät rajat ja samalla tukea yhteisöllisiä ratkaisuja. Tämä näkyy esimerkiksi kiinnostuksessa yhteisasumista, kaupunkiviljelyä ja muita yhteisöllisiä toimintamalleja kohtaan (Kärki 2024, 20–21). Kaupallisten tilojen integrointi asumiseen voi tukea näitä tavoitteita ja luoda uudenlaisia, kestäviä asumisen malleja.

Kaupallisten palveluiden suunnittelu vaatii monipuolisesti erilaisia lähtötietoja suunnittelualueesta. Lähtötiedot koskevat erityisesti tarkastelualueen väestöpohjaa sekä väestöpohjan avulla selvitettäviä tietoja ostovoimasta. Nykytilanteen lisäksi on tärkeä pystyä arvioimaan tulevan kehityksen suuntaa. (Wingradow 2024, 20.) CLT-rakentamisessa tämä tarkoittaa erityisesti tilojen muuntojoustavuuden ja monikäyttöisyyden huomioimista jo suunnitteluvaiheessa.

Kaupallisten tilojen integrointi asumiseen voi vaikuttaa asumiskustannuksiin usealla tavalla:

1. Tilojen vuokra- tai myyntituotot voivat alentaa asumisen kustannuksia.
2. Palveluiden läheisyys voi vähentää liikkumisen tarvetta ja siten kustannuksia.
3. Monikäyttöiset tilat mahdollistavat tehokkaamman tilankäytön.
4. Muuntojoustavuus mahdollistaa tilojen mukautumisen markkinatilanteen muutoksiin.

Kaupalliset tilat voivat toimia merkittävänä taloudellisena vipuvartena kohtuuhintaisessa asumisessa. Ne tuovat lisätuloja, mahdollistavat kustannusten jakamisen ja luovat elinvoimaista kaupunkiympäristöä. Ojasen (2017) tutkimus korostaa, että näiden tilojen integroiminen asumiseen ei ole vain taloudellinen ratkaisu, vaan myös sosiaalinen innovaatio, joka rikastuttaa kaupunkielämää.

Kaupallisten tilojen integroiminen CLT-rakenteisiin asuinrakennuksiin voi konkreettisesti edistää kohtuuhintaista asumista useilla tavoilla. Ensinnäkin liiketiloista saatavat vuokratulot voivat alentaa yhtiövastikkeita, mikä pienentää asumiskustannuksia pitkällä aikavälillä. Toiseksi monipuoliset palvelut samassa rakennuksessa voivat vähentää liikkumiskustannuksia ja parantaa asukkaiden elämänlaatua. Kolmanneksi muuntojoustavat tilat mahdollistavat tilojen käyttötarkoituksen muuttamisen markkinatilanteen mukaan, mikä tehostaa kiinteistön tuottavuutta ja kestävyyttä. (Marttinen 2022, 2–3; Heinimäki 2006, 177; Winogradow 2024, 23–24.)

CLT-rakentamisen etuna on materiaalin muuntojoustavuus, joka mahdollistaa tilojen helpon muokkaamisen eri käyttötarkoituksiin rakennuksen elinkaaren aikana. Tämä on erityisen merkittävää kaupallisten tilojen kohdalla, sillä liiketoiminnan tarpeet voivat muuttua nopeasti. CLT-rakenteet sallivat esimerkiksi tilojen yhdistämisen, jakamisen tai käyttötarkoituksen muuttamisen ilman massiivisia rakenteellisia muutoksia, mikä alentaa muutuskustannuksia ja pidentää rakennuksen käyttöikä.

Kiinteistömarkkinoiden kehittyessä Suomessa liiketiloista kiinnostuneita sijoittajia on runsaasti, ja etenkin hyvistä kohteista ovat kiinnostuneita sekä kotimaiset että ulkomaiset sijoittajat. Heinimäen (2006, 177) mukaan sijoittajien päätöksentekoa ohjaavat myös kiinteistön vaihtoehtoiset käyttömahdollisuudet tulevaisuudessa sekä tuotto ja arvonnousuodotukset. Tämä näkökulma tukee CLT-rakenteiden muuntojoustavuuden taloudellista potentiaalia kiinteistösijoittajien näkökulmasta.

5.4 CLT-rakentamisen laajemman käyttöönoton edellytykset ja esteet

Kaupallisten tilojen integroiminen CLT-rakenteisiin asuinrakennuksiin voi konkreettisesti edistää kohtuuhintaista asumista useilla tavoilla. Ensinnäkin liiketiloista saatavat vuokratulot voivat alentaa yhtiövastikkeita, mikä pienentää asumiskustannuksia pitkällä aikavälillä. Toiseksi monipuoliset palvelut samassa rakennuksessa voivat vähentää liikkumiskustannuksia ja parantaa asukkaiden elämänlaatua. Kolmanneksi muuntojoustavat tilat mahdollistavat tilojen käyttötarkoituksen muuttamisen markkinatilanteen mukaan, mikä tehostaa kiinteistön tuottavuutta ja kestävyyttä. (Marttinen 2022, 2–3; Heinimäki 2006, 177; Winogradow 2024, 23–24.)

CLT-rakentamisen yleistymisen keskeinen edellytys on riittävä tietotaito ja osaaminen koko rakentamisen prosessissa. Kuten Sorri (2017, 101) toteaa, suunnitteluvaiheessa vaaditaan erityisen tarkkaa ennakkosuunnittelua, sillä muutokset toteutusvaiheessa voivat olla kalliita ja vaikeasti toteutettavia. Tämä korostaa tarvetta kehittää suunnittelijoiden, arkkitehtien ja rakennusinsinöörien osaamista erityisesti CLT-rakenteiden ominaisuuksista ja mahdollisuuksista. Häkkinen ja Kuittinen (2020, 3–4) toteavat, että rakennusalalle tarvitaan uudenlaista osaamista, sillä vähähiilisyys on toistaiseksi puutteellisesti mukana alan koulutuksessa.

Merkittävä este CLT-rakentamisen yleistymiselle on kustannuksiin liittyvä epävarmuus. FCG Finnish Consulting Group (2021, 7–8) toteaa, että CLT-rakentamisen korkeat kustannukset ovat toistaiseksi rajoittaneet sen käyttöä kohtuuhintaisessa asuntotuotannossa. Peltokorpi (2021, 10) kuitenkin huomauttaa, että CLT-rakentamisen taloudellinen kilpailukyky verrattuna perinteisiin betonirakenteisiin perustuu pitkälti rakentamisen nopeuteen ja esivalmistettujen komponenttien tehokkaaseen hyödyntämiseen. Tämä epäsuhta rakentamisen aikaisissa kustannuksissa verrattuna elinkaaren aikaisiin hyötyihin luo epävarmuutta rakennuttajille, mikä hidastaa CLT:n käyttöönottoa.

CLT-rakentamisen laajempi käyttöönotto edellyttää myös kaupallisten palveluiden onnistunutta integrointia rakennushankkeisiin. Kaupalliset palvelut ovat merkittävä osa asuinalueiden vetovoimaisuutta ja niiden sijainnilla on vaikutus

asukkaiden arjen sujuvuuteen. Winogradow (2024, 13) toteaa, että kaupallisten palveluiden sijainnilla on merkittävä vaikutus yhdyskuntarakenteen toimivuuteen sekä ihmisten kulutuskäyttäytymiseen.

Sweco (2021, 2) tuo esiin, että viimeaikaiset paloturvallisuusmääräysten muutokset ovat parantaneet CLT:n kilpailukykyä merkittävästi. Uudet säännökset ovat tehneet materiaalista entistä houkuttelevamman avaten mahdollisuuksia monipuolisemmille rakennusprojekteille ja laskien kustannuksia suhteessa perinteisiin rakennusmateriaaleihin. Tämä osoittaa, kuinka sääntelykehityksen muutokset voivat merkittävästi vaikuttaa uusien rakennusmateriaalien käyttöönottoon.

CLT-rakentamisen yleistyminen edellyttää myös tuotannon skaalaetuja. Standardointi ja modulaarisuus ovat keskeisiä keinoja kustannustehokkuuden parantamiseksi. Sorri (2017, 101) korostaa, että rakennuksen kustannustehokkuuteen vaikuttaa merkittävästi se, kuinka paljon tilaelementtejä voidaan standardoida ja toistaa. Suuremmat ja yhtenäisemmät tilaelementit vähentävät valmistus- ja asennuskustannuksia, mikä puoltaa suurempien tuotantovolyymien kehittämistä.

Kaupallisten tilojen suunnittelu CLT-rakennuksiin vaatii erityistä huomiota muuntojoustavuuteen, sillä kaupan ala muuttuu ja kehittyy nopeasti. Kauppa pyrkii reagoimaan nopeasti ympäristön ja kilpailutilanteiden muutoksiin, kun taas rakentamisessa ja yhdyskuntasuunnittelussa tähdätään pitkän aikavälin ratkaisuihin (Winogradow 2024, 23–24). CLT:n muuntojoustavuus voi tarjota ratkaisun tähän haasteeseen, sillä se mahdollistaa tilojen käyttötarkoituksen muuttamisen tarpeiden muuttuessa.

Arvoketjun yhteistyön kehittäminen on myös tärkeä edellytys CLT-rakentamisen yleistymiselle. Rodionova (2024, 22–23) korostaa, että rakennuksen tilaajatahon tavoitteiden määrittelyssä on huomioitava hankkeeseen ryhtyvän tahon toimintamalli, joka voi olla esimerkiksi voittoa tavoitteleva tai tavoittelematon omistus, osaomistus tai myynti. Tämä vaikuttaa olennaisesti siihen, miten rakennuskomponenttien luokittelu sekä huolto- ja korjausohjeet määritellään. Arvoketjun toimijoiden välinen tiivis yhteistyö jo hankkeen alkuvaiheessa on

tärkeää, jotta CLT:n mahdollisuudet voidaan huomioida parhaalla mahdollisella tavalla.

Toimivan hybridikonseptin luominen edellyttää osaamista sekä rakentamisen että kaupallisten palveluiden suunnittelusta. Winogradow (2024, 20) huomauttaa, että kaupallisten palveluiden suunnittelu vaatii monipuolisesti erilaisia lähtötietoja suunnittelualueesta, erityisesti tarkastelualueen väestöpohjasta sekä ostovoimasta. Tämä osaaminen on tärkeää integroida osaksi CLT-rakentamisen suunnitteluprosessia.

CLT-rakentamisen laajempi käyttöönotto edellyttää siis teknisen osaamisen kehittämistä, arvoketjun toimijoiden tiivistä yhteistyötä, kustannustehokkuuden parantamista standardoinnin ja modulaarisuuden avulla, sekä kokonaisvaltaista elinkaarikustannusajattelua. Lisäksi tarvitaan julkisen sektorin tukitoimia ja sääntelykehityksen kehittämistä, jotka tukevat puurakentamisen yleistymistä. Näiden edellytysten täytyessä CLT-rakentaminen voi tarjota kestävä ja kohtuuhintaisen vaihtoehdon tulevaisuuden asuntotuotantoon. (FCG Finnish Consulting Group 2021, 35; Häkkinen & Kuittinen 2020, 3–4; Sweco 2021, 6.)

Heinimäki (2006, 23) toteaa, että kauppa on yhteiskunnan muutoksista riippuva elinkeino, joka sopeutuu toimintaympäristönsä muutoksiin. Tämä sopeutumiskyky on keskeinen näkökulma, kun tarkastellaan CLT-rakentamisen ja kaupallisten tilojen yhdistämisen mahdollisuuksia. CLT-rakenteiden muuntojoustavuus voi tarjota kaupalle parempia edellytyksiä sopeutua toimintaympäristön muutoksiin, mikä puolestaan vahvistaa sekä kaupallisten tilojen että asuinrakennusten pitkäaikaista toiminnallisuutta ja arvoa.

5.5 CLT-rakentamisen tulevaisuusskenaariot kohtuuhintaisen asumisen mahdollistajana

PESTE-analyysin ja systeemiajattelun pohjalta voidaan hahmotella tulevaisuusskenaarioita CLT-rakentamisen roolista kohtuuhintaisen asumisen edistämiseksi. Skenaarioanalyysissä on tunnistettu keskeisiä muutostekijöitä, jotka vaikuttavat CLT-rakentamisen rooliin kohtuuhintaisen asumisen mahdollistajana tulevaisuudessa. Näitä ovat erityisesti:

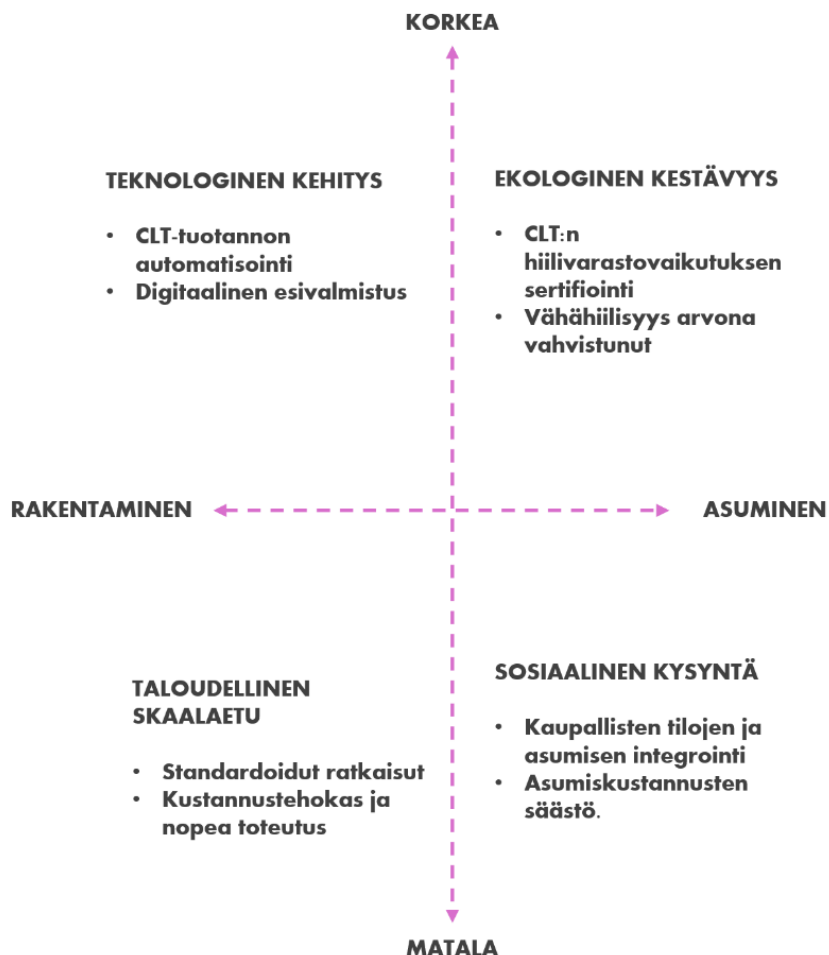
1. Tuotannon skaalaetujen toteutuminen, mikä vaikuttaa suoraan materiaalikustannuksiin (Sorri 2017, 101).
2. Standardoinnin ja modulaarisuuden kehitys, mikä tukee muuntojoustavuutta ja asennusnopeutta (Peltokorpi 2021, 2; Rodionova 2024, 23–27).
3. Markkinarakenteiden kehitys, erityisesti kilpailun lisääntyminen tuotantoketjussa (FCG Finnish Consulting Group 2021, 7–8).
4. Sääntelykehitys hiilineutraaliuden saavuttamiseksi rakentamisessa (Häkkinen & Kuittinen 2020, 3–4; Sweco 2021, 2).
5. Asumiseen ja työn tekemiseen liittyvät muutokset ja niiden vaikutus tilatarpeisiin (Meriläinen & Tervo 2022, 58; Winogradow 2024, 9).

Näiden tekijöiden yhteisvaikutus määrittää, missä määrin CLT-rakentaminen voi edistää kohtuuhintaista asumista. Todennäköisimpänä kehityskulkuna näyttäytyy elementtejä kaikista skenaarioista yhdistävä tulevaisuus, jossa CLT-rakentaminen lisääntyy vaiheittain, keskittyen aluksi erikoistuneisiin segmentteihin ja laajentuen vähitellen osaksi valtavirtaa yhdistelmä rakenteissa. (Aalto ym. 2022, 13–15; Dufva 2022, 111; Häkkinen & Kuittinen 2020, 3–4.) Seuraavassa tarkastellaan kolmea mahdollista kehityskulkua noin kymmenen vuoden aikaikkunan sisään.

5.5.1 Skenaario 1: CLT valtavirtaistuu – "Puukerrostalojen läpimurto"

Tässä skenaariossa poliittinen ohjaus (P) voimistuu merkittävästi hiilijalanjäljen pienentämiseksi rakentamisessa. Rakennusten hiilijalanjäljen laskenta tulee pakolliseksi ja puumateriaalien käyttöä tuetaan verohelpotusten avulla. Taloudellisesta näkökulmasta (E) CLT-tuotannon skaalaedut toteutuvat, kun tuotantokapasiteetti kasvaa ja kilpailu lisääntyy, mikä alentaa materiaalikustannuksia verrattuna nykyiseen tasoon. Sosiaalisesti (S) puurakentamisen arvostus ja kysyntä kasvavat merkittävästi kuluttajien ympäristötietoisuuden kasvessa. Teknologinen kehitys (T) automatisoi CLT-tuotantoa ja mahdollistaa entistä tarkemman digitaalisen esivalmistuksen. Ekologisesta näkökulmasta (E) CLT:n hiilivarastovaikutus aletaan huomioida rakennusten ilmastosertifioinneissa. (FCG Finnish Consulting Group 2021, 35; Häkkinen & Kuittinen 2020, 18–19.)

Tätä skenaariota voidaan hahmottaa nelikentän avulla, jossa keskeisiksi ulottuvuuksiksi nousevat teknologinen kehitys, ekologinen kestävyys, taloudellinen skaalaetu ja sosiaalinen kysyntä (kuva 9).



Kuva 9. Nelikenttä "puukerrostalojen läpimurto" -skenaariosta (Petäjäniemi 2025)

Nelikentän yläosassa teknologinen kehitys näkyy CLT-tuotannon automatisoinnissa ja digitaalisessa esivalmistuksessa, kun taas ekologinen kestävyys korostuu hiilivarastovaikutuksen sertifiointissa ja vähähiilisyiden arvostuksen vahvistumisessa. Alapuolella taloudellinen skaalaetu ilmenee standardoitujen ratkaisujen ja kustannustehokkaan toteutuksen muodossa, sosiaalisen kysynnän painottuessa kaupallisten tilojen ja asumisen integrointiin sekä asumiskustannusten säästöihin.

5.5.2 Skenaario 2: CLT erikoistuu – "Premium-puuasuminen joustaa"

Toisessa skenaariossa CLT säilyy erikoistuotteena, joka kohdentuu tietyille markkinasegmenteille. Poliittisesti (P) kestävästä rakentamisesta edistetään, mutta konkreettiset toimet jäävät vähäisiksi. Ekonomisesta näkökulmasta (E) CLT-rakentaminen ei saavuta merkittäviä kustannushyötyjä, mutta se erikoistuu premium-segmenttiin, jossa asiakkaat ovat valmiita maksamaan puumateriaalin tuomista hyvinvointi- ja ympäristöhyödyistä. Sosiaalisesti (S) kasvaa vaatimus yhteisöllisemmistä ja joustavammista asuinympäristöistä. Teknologisesti (T) kehittyä erityisesti muuntojoustavuutta mahdollistavia ratkaisuja, kuten modulaarisia väliseinäjärjestelmiä. Ekologinen (E) tietoisuus kasvaa, mutta konkretisoituu lähinnä markkinoinnissa. (Puuinfo 2020f; Heiskanen 2021, 99; Ojanen 2017, 19.)



Kuva 10. Nelikenttä "Premium puuasuminen joustaa" -skenaariosta (Petäjäniemi 2025)

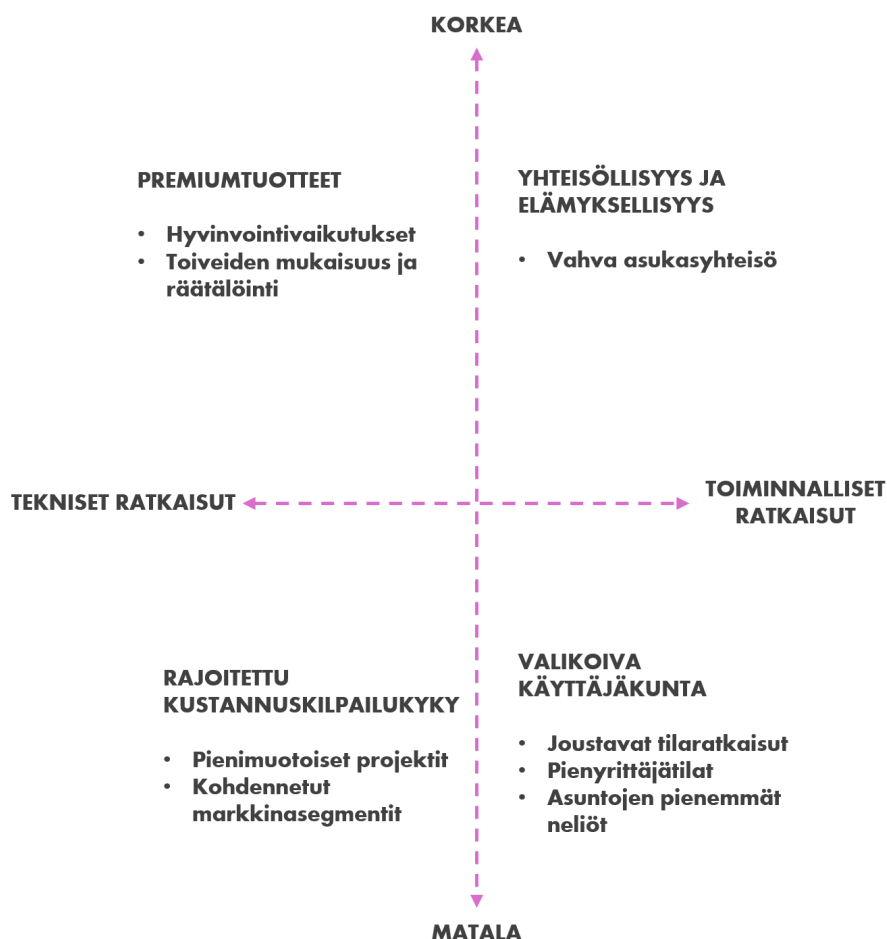
Tämän skenaarion keskeisiä ulottuvuuksia voidaan tarkastella nelikentässä (kuva 10), jossa ylhäällä korostuvat premium-tuotteet ja yhteisöllisyys, kun taas alhaalla painottuvat rajoitettu kustannuskilpailukyky ja valikoiva käyttäjäkunta. Nelikentän vasemmalla puolella erikoistumisen ulottuvuudessa nousevat esiin pienimuotoiset projektit ja kohdennetut markkinasegmentit. Oikealla puolella integraation näkökulmasta korostuvat joustavat tilaratkaisut, pienyrittäjätilat ja asuntojen pienemmät neliöt. Premium-tuotteissa keskeisiä ovat hyvinvointivaikutukset ja kustomoitavuus, kun taas yhteisöllisyyden ja elämyksellisyyden kentässä korostuvat vahva asukasyhteisö, yhteiskäyttötilat ja asuinalueiden profiloituminen.

Tämä skenaario johtaa tilanteeseen, jossa CLT-rakennuksia toteutetaan rajallinen osa uudistuotannosta, erityisesti korkeamman hintaluokan hankkeissa ja kestävyyttä korostavissa kaupunginosissa. Kohtuuhintaisen asumisen näkökulmasta CLT-ratkaisut keskittyvät yhteisöllisen rakentamisen hankkeisiin, joissa jaetut tilat ja muuntojoustavuus mahdollistavat pienemmät asuntokohtaiset neliöt. Kaupallisten ja asuintilojen hybridiratkaisut toimivat erityisesti pienemmässä mittakaavassa, kuten katutason pienyrittäjätiloina ja asukkaiden omina työtiloina. (Meriläinen & Tervo 2022, 104–105; Helsingin kaupunki 2021, 63.)

5.5.3 Skenaario 3: CLT integroituu – "Hybridimalli normaalistuu"

Kolmannessa skenaariossa CLT integroituu osaksi rakentamisen valtavirtaa yhdessä muiden materiaalien kanssa. Poliittinen ohjaus (P) painottaa materiaalineutraalia hiilijalanjäljen pienentämistä. Taloudellisesti (E) rakentamisen kokonaiskustannukset kasvavat, mutta CLT:n kustannustehokkuus paranee erityisesti pitkän elinkaaren ja muuntojoustavuuden ansiosta. Sosiaalisessa ulottuvuudessa (S) työelämän murros lisää hybridityötilojen tarvetta, ja monipaikkainen asuminen yleistyy. Teknologinen kehitys (T) painottuu älykkäiden tilaratkaisujen kehittämiseen ja tilojen käyttöasteen optimointiin. Ekologinen (E) näkökulma keskittyy rakennusten kokonaiselinkaaren optimointiin. (Puuinfo 2020d; Tikkanen 2015, 16; Suomi 2022, 80–88.)

Tämän skenaarion keskeiset ulottuvuudet voidaan kuvata nelikentässä (kuva X), jossa pystyakselilla ylhäällä painottuvat materiaalien yhdistelmät ja rakennuksen elinkaari, kun taas alhaalla korostuvat kustannustehokkuus elinkaarinäkökulmasta ja käyttäjälähtöinen suunnittelu. Vaaka-akselin vasemmalla puolella tekniset ratkaisut näkyvät älykkäinä tilaratkaisuina ja tehokkaana tilankäyttönä, oikealla puolella toiminnalliset ratkaisut ilmenevät kerrosten välisenä joustavuutena, monipaikkaisena asumisena ja hybridirakennuksina. Materiaalien yhdistelmissä CLT, betoni ja teräs toimivat rinnakkain optimoituina käyttötarkoituksen mukaan. Rakennuksen elinkaaren näkökulmasta keskeisiä ovat käyttötarkoituksen muutokset ja pitkäikäiset struktuuriratkaisut.



Kuva 11. Nelikenttä "CLT integroituu – Hybridimalli normaalistuu" -skenaariosta (Petäjaniemi 2025)

Tässä skenaariossa CLT-rakenteet yleistyvät erityisesti yhdistelmä rakennuksissa, joissa betoni-, teräs- ja puurakenteet toimivat rinnakkain eri toimintoihin

optimoituina. CLT:n osuus rakennuksissa keskittyy erityisesti välipohja- ja seinärakenteisiin, jotka mahdollistavat tilojen joustavan muuttamisen. Kaupallisten tilojen ja asumisen yhdistelmissä CLT-rakenteet mahdollistavat kerrosten välisen joustavuuden, jolloin sama rakennus voi tarpeen mukaan muuttaa käyttötarkoitusta kerroskohtaisesti. Kohtuuhintaisen asumisen näkökulmasta merkittävimmät hyödyt tulevat tilatehokkuudesta ja rakennusten käyttöiän pidentymisestä, mikä laskee elinkaarikustannuksia. (Winogradow 2024, 20; Kraama 2021, 9; Sorri 2017, 60.)

6 CASE-ESIMERKKIEN ANALYYSI

CLT-rakentamisen ja kohtuuhintaisen asumisen yhdistämisen mahdollisuuksia voidaan parhaiten havainnollistaa tarkastelemalla toteutuneita rakennushankkeita. Tässä luvussa analysoidaan kolme erilaista puurakennuskohdetta, jotka edustavat erilaisia lähestymistapoja puurakentamiseen ja kohtuuhintaisen asumisen edistämiseen. Ensimmäinen esimerkki on opiskelijoille suunnattu CLT-tilaelementtitekniikalla toteutettu kerrostalo, toinen on konseptoidulla tilaelementtiratkaisulla toteutettu useamman rakennuksen korttelikokonaisuus ja kolmas on tulevaisuuden puurakentamista edustava konseptikerrostalo.

Case-esimerkkien valinnassa on painotettu monipuolisuutta sekä käyttäjäryhmien, toteutustapojen että tehokkuusnäkökulmien osalta. Näin saadaan kattava kuva siitä, miten puurakentaminen toimii erilaisissa konteksteissa ja miten sitä voidaan hyödyntää kohtuuhintaisen asumisen mahdollistajana.

Jokaista case-esimerkkiä tarkastellaan yhtenäisen analyysikehikon avulla, jossa huomioidaan kohteen perustiedot, puurakenteiden käyttötapa, muuntojoustavuuden toteutuminen, kohtuuhintaisuuden mekanismit, sosiaaliset näkökulmat sekä ympäristövaikutukset. Analyysissa pyritään tunnistamaan erityisesti ne tekijät, jotka ovat mahdollistaneet kohtuuhintaisen asumisen ja puurakentamisen onnistuneen yhdistämisen.

Tapaustutkimus soveltuu hyvin CLT-rakentamisen tutkimiseen, sillä se mahdollistaa monipuolisen ja kokonaisvaltaisen lähestymistavan tutkittavaan ilmiöön. Vuori (2021) toteaa, että tapaustutkimuksessa tutkittava asia on usein esimerkki tai näyte laajemmasta ilmiöstä, mikä soveltuu hyvin CLT-rakentami-

sen ja kohtuuhintaisen asumisen välisen suhteen tarkasteluun. Olennaista tapaututkimuksessa on ymmärtää tutkittava tapaus kontekstissaan, sillä tapauksen ja sen kontekstin välinen raja on usein häilyvä (Vuori 2021).

Seuraavissa alaluvuissa esitellään ja analysoidaan valitut case-esimerkit yksityiskohtaisesti. Nämä esimerkit tarjoavat konkreettisen kuvan siitä, kuinka CLT-rakentamista ja muita puurakentamisen menetelmiä hyödynnetään erilaisissa asuinkehteissa. Samalla ne auttavat hahmottamaan, miten tutkimuksen aiemmissa luvuissa käsitellyt teemat – kuten muuntojoustavuus, kustannustehokkuus ja kestävyys – toteutuvat käytännön rakennushankkeissa.

6.1 Esimerkki 1. TOAS Kauppi - CLT-tilaelementtirakentamista opiskelija-asumiseen

TOAS Kauppi (kuva 12) on Tampereen opiskelija-asuntosäätiön ensimmäinen puukerrostalo, joka on toteutettu CLT-tilaelementtitekniikalla. Kahdeksankerroksinen rakennus sisältää 70 opiskelija-asuntoa, jotka ovat pääasiassa yksioita. Rakennuksessa puurunkoiset asuinkerrokset (2–8) sijoittuvat betonisen jalustakerroksen päälle, jossa sijaitsevat yhteistilat kuten sauna, pesula ja kerhotila. Kohde valmistui vuonna 2021, ja rakennusaika oli noin 11 kuukautta. (Puuinfo 2021.)



Kuva 12. TOAS Kauppi (Puuinfo 2021)

Kohtuuhintaisuuden näkökulmasta CLT-tilaelementtitekniikka mahdollisti nopean asennuksen ja lyhyen kokonaisrakennusajan, mikä pienensi rahoituskustannuksia ja työmaakustannuksia. Elementit toimitettiin työmaalle pitkälle viimeistelyinä, mikä nopeutti rakentamista ja vähensi työmaavaiheen riskejä (Puumies-lehti 2021). Toisaalta TOASin toimitusjohtaja Kirsi Koski toteaa; *vielä puu on kalliimpaa, mutta uskon, että kun saamme hyvää kokemusta tältä työmaalta, voimme käyttää sitten niitä oppeja seuraavaksi esimerkiksi Hippoksella* (Matson-Mäkelä 2021). Kohde nähtiin siis investointina osaamisen kehittämiseen, mikä voi johtaa kustannushyötyihin tulevissa hankkeissa.

Muuntojoustavuus ei noussut kohteessa erityiseksi teemaksi, mikä johtunee opintoasumisen erityisluonteesta. Sen sijaan yhteisöllisyys on huomioitu suunnittelussa, vaikka asunnot ovat pääosin yksiöitä. TOAS on tietoisesti pyrkinyt edistämään yhteisöllisyyttä yhteistilojen avulla, sillä Kosken mukaan opiskelijat kaipaavat rauhaa ja omaa tilaa, mutta pitää keksiä uusia muotoja, mikä sitä yhteistä tilaa tuo. (Matson-Mäkelä 2021).

CLT-rakenteet näkyvät asunnoissa lähinnä kattopinnoissa, jotka on käsitelty kuultavalla palonsuoja-aineella. Porrashuoneissa ja käytävillä näkyviin on jätetty CLT-kannatuskonsolit, hissikuilut ja portaiden alapinnat. Ulkoverhouksena on käytetty lehtikuusipaneelia, joka on palosuojattu mutta jota ei muuten tarvitse pintakäsitellä sen luontaisen säänkeston vuoksi. (Puuinfo 2021; Siparila s.a.)

Kohde on ollut erittäin suosittu opiskelijoiden keskuudessa – jokaista asuntoa haki keskimäärin 10 opiskelijaa, mikä on enemmän kuin TOASin muissa uusissa kohteissa. Tämä viittaa siihen, että puurakentaminen voi lisätä kohteen houkuttelevuutta erityisesti ympäristötietoisten opiskelijoiden keskuudessa, joille ekologiset arvot ovat tärkeitä. (Luoma 2021.)

Vaikka muuntojoustavuus ei ollut TOAS Kauppi -kohteessa keskeinen suunnitteluperiaate, CLT-tilaelementtirakentaminen mahdollistaisi tulevaisuudessa tilojen uudelleenjärjestelyn suhteellisen helposti. Opiskelija-asuntolassa huoneistokoon muuttaminen, kuten yksiöiden yhdistäminen suuremmiksi asunnoiksi tai yhteistilojen muuttaminen asuinkäyttöön, olisi teknisesti mahdollista CLT-elementtien ansiosta. Tätä potentiaalia ei kuitenkaan ole rakennettu aktiivisesti kohteen suunnitteluun, mikä kuvastaa sitä, että CLT:n muuntojoustavia ominaisuuksia ei vielä täysin hyödynnetä kaikissa rakennushankkeissa.

6.2 Esimerkki 2 – Nurmijärven puukerrostalokortteli

Nurmijärven Klaukkalaan vuonna 2023 valmistunut puukerrostalokortteli (kuva 13) koostuu kolmesta viisikerroksisesta puukerrostalosta, joista kaksi toteutettiin A-Kruunun vuokra-asunnoiksi ja yksi BoKlokin myyntiin omistusasunnoiksi. Kortteli käsittää yhteensä 90 asuntoa, ja se on toteutettu konseptoidulla tilaelementtiratkaisulla, jossa rakennukset ovat muotokieleltään pelkistetyn rationaalisia. (Puuinfo 2024.)



Kuva 13. Nurmijärven puukerrostalokortteli (Puuinfo 2024)

BoKlok-konseptin ytimessä on vastuullisuus ja ympäristötehokkuus, mikä näkyy muun muassa siinä, että kohteiden päärakennusmateriaali on puu. BoKlokin maajohtaja Kati Valtonen korostaa, että *asumiskustannuksissa näkyvät fiksimusti suunnitellut neliöt ja muut energiatehokkaat ratkaisut. Kotimme ovat tehokkaita ja toimivia ilman turhia lämmitettäviä neliöitä, mikä on osa energiatehokkuutta ja materiaalitehokkuutta.* (Skanska 2022.) BoKlok-kotien kehittäminen Suomessa on päättynyt, ja valmistuneiden kohteiden myynti on siirtynyt Skanska Kodeille (Skanska s.a).

Kohtuuhintaisuuteen on pyritty standardoiduilla ratkaisuilla ja korkealla esivalmistusasteella. A-Kruunun asuinkohteessa keskivuokra on 15,13 €/m², mikä on pääkaupunkiseudun vuokratasoa edullisempi. Tavoitteena on ollut mahdollistaa puutaloasuminen mahdollisimman monelle, ja A-Kruunun toimitusjohtaja Jari Mäkimattila toteaaakin; *asuntojen laatu ja kohtuuhintaisuus ovat aina hankkeidemme toteuttamisen edellytyksiä.* (Projektiutiset 2023; Skanska 2022.)

Kaikkien rakennusten runkorakenne perustuu rankarakenteisiin tilaelementteihin, jotka on valmistettu tehdasolosuhteissa mahdollisimman valmiiksi kalusteineen ja varusteineen. Asunnot koostuvat 1–3 tilaelementistä, ja asuntojen

parvekkeet ovat osa tilaelementtiä, mikä parantaa työturvallisuutta ja nopeuttaa asennusaikaa. Ensimmäiset kerrokset ovat osin betonirakenteisia. Ainoat CLT-rakenteet rakennuksissa ovat hissikulut (lukuun ottamatta ensimmäistä kerrosta) sekä porrashuoneiden reisilankut. (Puuinfo 2024.)

Muuntojoustavuuden sijaan kohteessa on panostettu energiatehokkuuteen ja tilankäytön optimointiin. Asuntokohtaisista saunoista on luovuttu, ja sen sijaan molemmissa taloyhtiöissä on asukkaiden yhteinen saunatila, mikä vähentää asuntokohtaista energiankulutusta. A-Kruunun kohteesta löytyvät myös pesula ja kerhohuone sekä pysäköintialueelta sähköauton latauspiste. (Skanska 2022.)

Rakennushanke eteni nopeasti. Rakennuslupa myönnettiin kesäkuussa 2022, rakennustyöt aloitettiin elokuussa 2022, tilaelementtien asennus tehtiin tammi-maaliskuussa 2023, ja kohteet luovutettiin asukkaille lokakuussa 2023. Nopeaa etenemistä edesauttoivat vakioidut ratkaisut ja aiempi kokemus vastaavista hankkeista. (Puuinfo 2024.)

Nurmijärven kohteessa muuntojoustavuuden sijaan on panostettu modulaariseen toteutukseen, joka mahdollistaa tehokkaan tehdastuotannon. Tämä valinta kuvastaa Tarpion (2015) tilallisten logiikoiden näkökulmasta enemmän moduulistrukturilogiikkaa kuin varsinaista tilojen sisäistä muuntojoustavuutta. Rakennusten tilaelementtirakenne olisi kuitenkin teoriassa mahdollistanut Brandin (1994) muutoksen tasojen huomioimisen - erityisesti tilajaon (space plan) muutokset olisivat toteutettavissa kohtuullisin kustannuksin. Puurakenteisiin perustuvassa tilaelementtirakentamisessa kiinteä ydin voisi säilyä, vaikka tilojen käyttötarkoitukset muuttuisivat rakennuksen elinkaaren aikana.

6.3 Make 2.0 – Puinen mallikerrostalo

Make 2.0 on Helsingin asuntotuotantopalvelun kehittämä puinen mallikerrostalo-konsepti (kuva 14), joka on suunnattu erityisesti täydennysrakentamiskohteisiin. Konsepti perustuu aiempaan betonirakenteiseen Make-taloon (2014–2016), jonka kokemuksia on hyödynnetty puisen version kehittämisessä. Tavoitteena on sujuvoittaa suunnittelu- ja rakennuttamisprosesseja sekä kasvat-
taa puurakentamisen määrää Helsingin asuntotuotannossa. (Puuinfo 2023.)



Kuva 14. Make 2.0 mallikerrostalokonsepti eri kattomuoto- ja parvekevariaatioilla (Helsingin kaupunki 2022, 30)

Hanke kytkeytyy Helsingin kaupungin Hiilineutraali Helsinki 2035 -ohjelmaan, ja sen pääkonseptina on luoda monistettava, pienin variaatioin eri paikkoihin sovitettava kerrostalomalli. Make 2.0:n erityispiirteenä on Noppa-katalogi, joka mahdollistaa rakennuksen perusratkaisun nopean hahmottelun. Katalogi antaa tilaajalle erilaisia puurakentamisen rakennusvaihtoehtoja, jotka soveltuvat kohteeseen. Puukerrostalon valmistaja voi sisällyttää tuotevalikoimaansa katalogin sisältämät moduulit ja siten standardoida tuotantoaan. (Puuinfo 2023; Helsingin kaupunki 2022, 3.)

Kohtuuhintaisuutta on pyritty edistämään standardoinnin ja modulaarisuuden avulla. Kustannusselvityksen perusteella mallikerrostalon eri vaihtoehtojen rakennuskustannukset olivat välillä 5 515–6 235 €/asm². Tämä ylittää ARA:n pääkaupunkiseudun normaalien vuokra- ja aso-asuntojen keskimääräisen hyväksyttävän tason (n. 4 500 €/asm²) noin 1 015–1 735 €/asm². Kustannuksia nostaa muun muassa pieni koko, julkisivun sisäänveto, puurakentaminen (+200 €/asm²) ja sprinklaus (+250 €/asm²). (Helsingin kaupunki 2022, 52.)

Muuntojoustavuus näkyy erilaisina vaihtoehtoisina ratkaisuin, joiden avulla rakennusta voidaan mukauttaa erilaisiin tarpeisiin. Peruserroksessa on neljä asuntoa, jotka kaikki avautuvat kahteen suuntaan. Asuntojen pohjaratkaisu mahdollistaa parvekkeiden sijainnin vaihtelun julkisivujen välillä tontin suuntauksen ja aurinkosuojavaatimusten mukaan. Rakennuksen kerroslukua, kattomuotoa ja ilmanvaihtoratkaisua voidaan varioida tarpeen mukaan. (Helsingin kaupunki 2022, 13.)

Rakennuksen runko on suunniteltu tilaelementeistä koottavaksi, puurankarakenteiseksi kokonaisuudeksi, mutta suunnitelma on sovellettavissa myös muihin puurakenne- ja elementtiratkaisuihin. Maantasokerroksesta on esitetty sekä puu- että betonirakenteinen vaihtoehto. Maantasokerrokseen sijoittuvat asuintalon yhteis- ja aputilat sekä 1–2 asuntoa (Helsingin kaupunki 2022, 13). Kaupallisia tiloja Make 2.0:ssa ei olla erikseen huomioitu, vaan konsepti keskittyy puhtaasti asumiseen.

Make 2.0 -konseptissa muuntojoustavuus ilmenee selkeämmin kuin edellä esitellyissä toteutetuissa kohteissa. Konsepti ilmentää käytännössä Tarpion (2015) esittämää avotilalogiikkaa ja muuntoaluelogiikkaa, sillä asuntojen pohjaratkaisu mahdollistaa erilaisia variaatioita ja käyttötarkoituksen muutoksia. Tämä lähestymistapa vastaa parhaiten tutkimuksen teoriaosuudessa käsitellyä CLT:n muuntojoustavuuspotentiaalia, sillä konseptissa on jo suunnitteluvaiheessa huomioitu rakennuksen mukautumiskyky eri tarpeisiin. Make 2.0 osoittaa, että CLT:n muuntojoustavuuden edut voidaan saavuttaa parhaiten, kun ne sisällytetään suunnitteluun alusta alkaen standardoitujen ja modulaaristen ratkaisujen kautta.

6.4 CASE-analyysin yhteenveto

Case-esimerkit osoittavat, että CLT-rakentamisen muuntojoustavuuspotentiaalin hyödyntäminen on vielä kehitysvaiheessa. Toteutetuissa kohteissa (TOAS Kauppi ja Nurmijärven puukerrostalokortteli) etusijalla ovat olleet tuotannon tehokkuus ja standardisointi, kun taas konseptitasolla (Make 2.0) muuntojoustavuuden mahdollisuuksia on huomioitu laajemmin. Tämä kuvastaa Rodionovan (2024) havaintoa siitä, että rakentamisen kustannustehokkuus ja muuntojoustavuus voivat yhdistyä optimaalisesti vasta, kun tuotantoprosessit ja -volyymit kehittyvät riittävästi. Case-esimerkit vahvistavat näkemystä, että muuntojoustavuus CLT-rakentamisessa kaippaa vielä konkreettista todentamista käytännön hankkeissa, vaikka teoreettinen potentiaali on tunnistettu.

7 TUTKIMUSMENETELMIEN TULOSTEN SYNTEESI JA VASTAUKSET TUTKIMUSKYSYMYKSIIN

Tässä luvussa yhdistän kirjallisuuskatsauksen, tulevaisuustutkimuksen ja case-analyysin tulokset kokonaisvaltaiseksi näkemykseksi CLT-rakentamisen mahdollisuuksista kohtuuhintaisen asumisen edistämisessä sekä vastaan tutkimuskysymyksiin.

Kirjallisuuskatsauksen, tulevaisuustutkimuksen ja case-analyysien kautta on muodostunut monipuolinen kuva CLT-rakentamisen potentiaalista kohtuuhintaisen asumisen edistämisessä. Kirjallisuuskatsaus osoitti CLT:n tekniset mahdollisuudet ja rajoitukset, joista merkittävimpiä ovat materiaalin muuntojoustavuus, modulaarisuus ja ekologisuus, mutta myös nykyiset kustannushaasteet. Tulevaisuustutkimus puolestaan hahmotti kolme erilaista kehityspolkuja, joista todennäköisimpänä näyttäytyy hybridimalli, jossa CLT integroituu osaksi rakentamisen valtavirtaa yhdessä muiden materiaalien kanssa. Case-analyysit vahvistivat käsitystä siitä, että CLT-rakentaminen tarjoaa merkittäviä etuja erityisesti rakennusprosessin nopeuden ja laadun osalta, vaikka kustannukset ovat toistaiseksi perinteisiä menetelmiä korkeammat.

Menetelmien tulosten synteesisistä nousee esiin kolme keskeistä havaintoa:

1. CLT-rakentamisen kilpailukyky riippuu merkittävästi standardoinnin ja tuotannon mittakaavan kehittymisestä.
2. Muuntojoustavuus on CLT-rakentamisen merkittävin yksittäinen etu kohtuuhintaisen asumisen näkökulmasta.
3. Kaupallisten tilojen integrointi CLT-rakenteisiin asuinrakennuksiin tarjoaa potentiaalisen keinon jakaa kustannuksia ja lisätä rakennuksen arvoa.

7.1 Miten CLT-rakentaminen voidaan yhdistää kohtuuhintaiseen asumiseen?

CLT-rakentamisen yhdistäminen kohtuuhintaiseen asumiseen edellyttää kokonaisvaltaista lähestymistapaa, jossa huomioidaan rakennusten koko elinkaari. Vaikka CLT-elementit voivat olla materiaalikustannuksiltaan perinteisiä menetelmiä kalliimpia, rakentamisprosessin nopeus, korkeampi laatu ja vähäisempi materiaalihukka voivat kompensoida näitä kustannuksia. Rakennusten pitkän

aikavälin kustannustehokkuutta parantavat CLT:n mahdollistamat muuntojoustavat ratkaisut, jotka pidentävät rakennuksen käyttöikä ja vähentävät muutosten tarvetta.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella CLT:n kustannuskilpailukykyä voidaan parantaa standardoinnilla, modulaarisuudella ja tuotantoprosessien tehostamisella. Case-analyyseistä ilmeni, että esimerkiksi TOAS Kauppi -kohteessa korkeampaa alkuiinvestointia perusteltiin CLT-rakentamisen tuottamalla osaamis- pääomalla tuleviin hankkeisiin. Nurmijärven puukerrostalokorttelissa puolestaan kustannustehokkuus saavutettiin pitkälle viedyllä standardoinnilla ja tehokkaalla tilasuunnittelulla.

Tulevaisuustutkimuksen skenaarioista todennäköisimmäksi nousi hybridimallin normalisoituminen, jossa CLT-rakenteet integroituvat osaksi rakentamisen valtavirtaa muiden materiaalien rinnalla. Tämä kehityssuunta tukee kohtuuhintaista asumista, sillä eri materiaalien vahvuuksia voidaan hyödyntää kustannustehokkaasti erilaisissa rakennuksen osissa.

7.2 Millaiset konseptit mahdollistavat kohtuuhintaisen asumisen CLT-rakennuksissa?

Tutkimuksen perusteella tehokkaimmiksi kohtuuhintaisen asumisen konsepteiksi CLT-rakennuksissa nousevat:

1. Tilaelementtirakentaminen korkealla esivalmistusasteella: Tehdasvalmistus mahdollistaa korkean laadun, vähentää virheitä ja nopeuttaa rakentamisprosessia, mikä alentaa kustannuksia. Nurmijärven puukerrostalokorttelin esimerkki osoittaa, että pitkälle viety esivalmistus ja vakioidut ratkaisut mahdollistavat kustannustehokkaan toteutuksen.
2. Modulaariset ja standardoidut ratkaisut: Toistettavat ratkaisut ja sarjatuotannon edut laskevat suunnittelu- ja toteutuskustannuksia. Make 2.0 -mallikerrostalokonsepti edustaa tätä lähestymistapaa, jossa standardoitujen moduulien avulla pyritään sujuvoittamaan suunnittelu- ja rakennuttamisprosesseja.
3. Muuntojoustavat hybridirakennukset: Yhdistämällä asuminen ja kaupalliset tilat voidaan jakaa kustannuksia ja lisätä rakennuksen käyttöarvoa. Tarkastelluissa skenaarioissa erityisesti "Hybridimalli normaalistuu" -skenaario korostaa tämän konseptin potentiaalia.

4. Yhteisöllisyyteen perustuvat ratkaisut: Asuntokohtaisen tilantarpeen vähentäminen yhteistilojen avulla mahdollistaa tehokkaamman kokonaisratkaisun. TOAS Kauppi -kohteessa tätä lähestymistapaa on sovellettu opiskelija-asumiseen.

Näitä konsepteja yhdistää ajatus siitä, että kohtuuhintaisuus tulee ymmärtää laajempänä kokonaisuutena kuin pelkkänä rakentamisen hintana. Muuntojoustavuus, tilatehokkuus, rakennuksen pitkäikäisyys ja käyttötarkoituksen muutosmahdollisuudet ovat keskeisiä tekijöitä, jotka tekevät CLT-rakentamisesta potentiaalisen ratkaisun kohtuuhintaisen asumisen edistämiseen.

7.3 Millä keinoilla CLT-rakentamista voidaan tehdä kustannustehokkaammaksi?

Tutkimuksen perusteella CLT-rakentamisen kustannustehokkuutta voidaan parantaa seuraavin keinoin:

1. Tuotannon mittakaavan kasvattaminen: Suuremmat tuotantovolyymit mahdollistavat investoinnit tehokkaampaan tuotantoteknologiaan ja alentavat yksikkökustannuksia.
2. Standardointi ja modulaarisuus: Toistettavat ratkaisut vähentävät suunnittelukustannuksia ja tehostavat tuotantoprosesseja. Erityisesti tilaelementtien standardointi ja toistuvuus alentavat valmistus- ja asennuskustannuksia, kuten Sorri (2017, 101) on todennut.
3. Tehokas projektinhallinta ja integroitu suunnittelu: Kun arkkitehtisuunnittelu, rakennesuunnittelu ja tuotannon suunnittelu toteutetaan tiiviissä yhteistyössä alusta alkaen, voidaan välttää kalliita muutoksia rakennusprosessin myöhemmissä vaiheissa (Peltokorpi 2021, 2; Häkkinen & Kuittinen 2020, 138).
4. Tilaelementtitekniikan hyödyntäminen: Tehdasvalmistus mahdollistaa tasaisen laadun, vähentää sääolosuhteiden vaikutusta ja nopeuttaa rakennusprosessia (Peltokorpi 2021, 10).
5. Digitaalisten työkalujen hyödyntäminen: Rakennuksen kokonaissuunnittelussa ja tilojen käytön optimoinnissa digitaaliset työkalut voivat tuoda merkittäviä kustannushyötyjä.

Case-analyysien perusteella erityisesti standardoinnin ja modulaarisuuden merkitys korostuu. Nurmijärven puukerrostalokorttelin esimerkki osoittaa, että

konseptoidulla tilaelementtiratkaisulla voidaan saavuttaa kustannustehokkuutta, joka tekee CLT-rakentamisesta kilpailukykyisen vaihtoehdon myös hin-
tanäkökulmasta.

7.4 Miten asuin- ja liiketilojen yhdistäminen voi vaikuttaa asumiskustannuksiin CLT-rakennuksissa?

Kaupallisten tilojen integrointi CLT-rakenteisiin asuinrakennuksiin voi vaikuttaa asumiskustannuksiin useilla tavoilla:

1. Tulovirtojen monipuolistaminen: Liiketiloi-
sta saatavat vuokratulot voivat alentaa yhtiövastikkeita, mikä pienentää asumiskustannuksia pitkällä aikavälillä.
2. Tilankäytön tehostaminen: Yhdistelmä-
rakennuksissa voidaan optimoida tilojen käyttöä ja jakaa yhteisiä tiloja eri toimintojen kesken, mikä alentaa kokonaiskustannuksia.
3. Muuntojoustavuuden hyödyntäminen: CLT:n mahdollistama muuntojoustavuus sallii tilojen käyttötarkoituksen muuttamisen markkinatilanteen mukaan, mikä tehostaa kiinteistön tuottavuutta ja kestävyyttä.
4. Palveluiden läheisyys: Monipuoliset palvelut samassa rakennuksessa vähentävät liikkumiskustannuksia ja parantavat asukkaiden elämänlaatua, mikä voi heijastua asuntojen kysyntään ja arvoon.

Tulevaisuustutkimuksen "Hybridimalli normaalistuu" -skenaariossa korostuu erityisesti näiden tekijöiden merkitys. Skenaariossa CLT-rakenteet yleistyvät yhdistelmä-
rakennuksissa, joissa betoni-, teräs- ja puurakenteet toimivat rinnakkain eri toimintoihin optimoituina. Tämä mahdollistaa kerrosten välisen joustavuuden ja tilojen mukautumisen erilaisiin käyttötarkoituksiin, mikä laskee elinkaarikustannuksia ja parantaa rakennuksen käyttöarvoa.

8 TULOKSET, JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tämän tutkimuksen keskeisenä tuloksena on havainto siitä, että CLT-rakentaminen voi edistää kohtuuhintaista asumista erityisesti muuntojoustavuuden, materiaalitehokkuuden ja rakennusten pitkäikäisyyden kautta. Vaikka CLT-rakentamisen suorat materiaalikustannukset ovat toistaiseksi perinteisiä menetelmiä korkeammat, elinkaarinäkökulmasta tarkasteltuna CLT tarjoaa merkittäviä etuja, jotka voivat kompensoida korkeampaa alkuinvestointia.

Tutkimuksessa tunnistettiin kaksi avainmekanismia, joiden kautta CLT-rakentamisella voidaan edistää kohtuuhintaista asumista:

1. Elinkaarikustannusten optimointi: CLT-rakenteiden pitkäikäisyys, vähäinen huoltotarve ja muuntojoustavuus pidentävät rakennuksen käyttöikää ja vähentävät elinkaaren aikaisia kustannuksia.
2. Kaupallisten tilojen integrointi: CLT:n mahdollistama tilojen joustava käyttötarkoituksen muutos tukee asuin- ja liiketilojen yhdistämistä tavalla, joka voi tuottaa taloudellista hyötyä ja parantaa asuinympäristön laatua.

Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että CLT-rakentamisen kustannustehokkuutta voidaan merkittävästi parantaa standardoinnin, modulaarisuuden ja tehokkaiden tuotantoprosessien avulla. Nämä tekijät ovat ratkaisevassa asemassa, kun pyritään tekemään CLT-rakentamisesta kilpailukykyinen vaihtoehto perinteisille rakennusmenetelmille.

CLT-rakentamisen tulevaisuus kohtuuhintaisen asumisen ratkaisuna riippuu useista toisiinsa kytkeytyvistä tekijöistä. Kolmen tutkimusmenetelmän (kirjallisuuskatsaus, tulevaisuustutkimus ja case-analyysit) tulokset johtavat seuraaviin johtopäätöksiin:

1. CLT-rakentamisen kustannuskilpailukyky paranee tuotannon mittakaavan kasvaessa ja standardoinnin lisääntyessä. Case-esimerkit osoittavat, että järjestelmällisellä kehittämistyöllä voidaan saavuttaa kustannustehokkaita toteutuksia jo nyt, vaikka laajamittainen hintakilpailukyky on vielä kehittymässä.
2. Muuntojoustavuus on CLT-rakentamisen merkittävin kilpailuetu pitkällä aikavälillä. Tarpion (2015) esittämät tilalliset logiikat ja Brandin (1994) muutoksen tasot tarjoavat teoreettisen pohjan CLT:n muuntojoustavuuden hyödyntämiselle, ja case-esimerkit antavat viitteitä näiden mahdollisuuksien käytännön sovelluksista.
3. Kaupallisten tilojen ja asumisen yhdistäminen tarjoaa potentiaalisen väylän kohtuuhintaisuuden edistämiseen. Erityisesti "Hybridimalli normaalistuu" -skenaariossa tämä kehityssuunta korostuu, ja se voi tarjota ratkaisuja sekä taloudellisiin että sosiaalisiin kestävyysaasteisiin.
4. CLT-rakentamisen laajempi käyttöönotto edellyttää koko arvoketjun yhteistyötä. Tutkimus osoittaa, että suunnittelijoiden, rakennuttajien, elementtivalmistajien ja viranomaisten on tehtävä tiivistä yhteistyötä, jotta CLT-rakentamisen potentiaali voidaan hyödyntää täysimääräisesti.

5. Ekologiset hyödyt voivat muuttua taloudellisiksi eduiksi sääntelyyn perustuvien kannustimien kautta. Tulevaisuuden skenaarioissa erityisesti "CLT valtavirtaistuu" -skenaariossa korostuu tiukentuvan ympäristösääntelyn vaikutus CLT:n kilpailukykyyn.

Tämän tutkimuksen tuloksia arvioitaessa on huomioitava tiettyjä rajoituksia. CLT-rakentaminen on Suomessa vielä suhteellisen uusi ilmiö, joten pitkäaikaista kokemusta ja kustannustietoa eri ratkaisuista on rajoitetusti saatavilla. Myös tutkimuksen case-analyysit perustuvat rajalliseen määrään esimerkki-kohteita, joista kaikki eivät edusta puhtaasti CLT-rakentamista, vaan myös muita puurakentamisen muotoja, mutta jotka koettiin tähän työhön relevantteiksi esimerkeiksi.

Tutkimuksen luotettavuutta on pyritty parantamaan käyttämällä kolmea toisiinsa täydentävää tutkimusmenetelmää, jotka tarjoavat erilaisia näkökulmia tutkittavaan ilmiöön. Kirjallisuuskatsaus luo teoreettisen pohjan, case-analyysit tuovat käytännön näkökulman ja tulevaisuustutkimus auttaa hahmottamaan pidemmän aikavälin kehityssuuntia. Yhdessä nämä menetelmät muodostavat kokonaisvaltaisen kuvan CLT-rakentamisen mahdollisuuksista kohtuuhintaisen asumisen edistämässä.

CLT-rakentamisen potentiaali kohtuuhintaisen asumisen edistämässä on merkittävä, mutta sen täysimääräinen hyödyntäminen edellyttää systemaattista kehitystyötä useilla osa-alueilla. Erityisesti standardointi, modulaarisuus ja tehokkaat tuotantoprosessit ovat avainasemassa kustannuskilpailukykyyn parantamisessa.

CLT tarjoaa mahdollisuuden yhdistää ekologinen ja sosiaalinen kestävyys taloudellisesti mielekkäällä tavalla. Materiaalin muuntojoustavuus, pitkäikäisyys ja ympäristöystävällisyys vastaavat moniin tulevaisuuden rakentamisen haasteisiin. Erityisen lupaavalta vaikuttaa hybridimallin normalisoituminen, jossa CLT-rakenteet integroituvat osaksi rakentamisen valtavirtaa yhdessä muiden materiaalien kanssa, hyödyntäen kunkin materiaalin vahvuuksia optimaalisesti.

Asumisen kohtuuhintaisuus edellyttää uudenlaista ajattelua, jossa huomioidaan rakennuksen koko elinkaari ja arvon säilyminen pitkällä aikavälillä. CLT-

rakentaminen voi tarjota tähän ratkaisuja erityisesti muuntojoustavuuden kautta, mikä mahdollistaa tilojen mukautumisen muuttuviin tarpeisiin ilman suuria rakenteellisia muutoksia.

Kaupallisten tilojen ja asumisen yhdistäminen avaa kiinnostavia näkymiä kaupunkirakenteen kehittämiseen. CLT:n mahdollistama tilojen joustava käyttötarkoituksen muutos tukee monipuolisten, elinvoimaisten asuinympäristöjen luomista. Tämä voi vastata tehokkaasti myös muuttuviin työn tekemisen tapoihin, kun asumisen ja työn rajat jatkavat hämärtymistään.

8.1 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Tämä tutkimus on avannut useita kiinnostavia näkökulmia CLT-rakentamisen ja kohtuuhintaisen asumisen yhdistämiseen. Jatkotutkimusta tarvitaan erityisesti seuraavilla osa-alueilla:

1. CLT-rakentamisen todellisten elinkaarikustannusten selvittäminen pitkäaikaisilla seurantalutkimuksilla, jotka huomioivat ylläpito-, energia- ja muutuskustannukset.
2. Asukaskokemusten ja -tarpeiden kartoittaminen CLT-rakennuksissa, jotta ymmärretään paremmin materiaalin koettuja hyötyjä ja mahdollisia haasteita.
3. Liiketoimintamallien kehittäminen, jotka mahdollistavat CLT:n muuntojoustavuuden hyödyntämisen ja tuottavat taloudellista lisäarvoa.
4. Hybridiratkaisujen tekninen ja taloudellinen optimointi, jossa CLT yhdistyy muihin materiaaleihin kustannustehokkaasti.
5. Kaupallisten tilojen ja asumisen yhdistämisen toimintamallit ja vaikutukset asuinyhteisöihin ja kaupunkirakenteeseen.
6. Standardoinnin ja modulaarisuuden vaikutukset arkkitehtoniseen laatuun ja asumiskokemukseen, erityisesti muuntojoustavuuden näkökulmasta.

Nämä jatkotutkimusaiheet voivat merkittävästi syventää ymmärrystä CLT-rakentamisen potentiaalista kohtuuhintaisen asumisen edistämiseksi ja tukea käytännön ratkaisujen kehittämistä.

Kokonaisuutena tämä tutkimus osoittaa, että CLT-rakentaminen tarjoaa lupauksia mahdollisuuksia kohtuuhintaisen asumisen edistämiseen, mutta näiden

mahdollisuuksien täysimääräinen hyödyntäminen edellyttää järjestelmällistä kehitystyötä, eri toimijoiden yhteistyötä ja kokonaisvaltaista elinkaarinäkökulmaa. Tutkimuksen tulokset voivat osaltaan edistää siirtymää kohti kestävämpää ja kohtuuhintaisempaa asumista, jossa puurakentamisen innovaatiot yhdistyvät sosiaalisesti ja taloudellisesti kestäviin ratkaisuihin.

LÄHTEET

Aalto, H., Heikkilä, K., Keski-Pukkila, P., Mäki, M., Pöllänen, M. (toim.). 2022. Tulevaisuudentutkimus tutuksi: perusteita ja menetelmiä. Tulevaisuudentutkimuksen Verkostoakatemia julkaisuja 1/2022. Turku: Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun yliopisto. E-kirja. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-249-563-1> [viitattu 20.2.2025].

Asuntopoliittinen kehittämisohjelma. s.a. Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/asuntopoliittikka> [viitattu 20.2.2025].

Brand, S. 1994. How buildings learn: What happens after they're built. Lontoo: Penguin.

Dufva, M. 2022. Toimintaympäristön analyysi: peste ja sen variaatiot. Teoksessa Aalto, H., Heikkilä, K., Keski-Pukkila, P., Mäki, M., Pöllänen, M. (toim.). 2022. Tulevaisuudentutkimus tutuksi: perusteita ja menetelmiä. Tulevaisuudentutkimuksen Verkostoakatemia julkaisuja 1/2022. Turku: Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun yliopisto, 105–112. E-kirja. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-249-563-1> [viitattu 20.2.2025].

FCG Finnish Consulting Group. 2021. Selvitys puurakentamisen edistämisestä Sipoon kunnassa. PDF-dokumentti. Päivitetty 28.6.2021. Saatavissa: https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/a768b882-659e-4bc8-9884-288911644521/RA-PORTTI_20220909041520.pdf [viitattu 6.2.2025].

Hagfonn, I. (2020). Kaupallisten palveluiden koettu saavutettavuus Siltamäen lähiössä. Oulun yliopisto, Maantieteen tutkimusyksikkö. Pro gradu -tutkielma. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://oulurepo.oulu.fi/bitstream/handle/10024/16741/nbnfioulu202011133111.pdf?sequence=1> [viitattu 21.2.2025].

Heiskanen, E. 2021. Millaisilla asumisen ja rakennetun ympäristön ratkaisuilla tuetaan ekologisesti kestävää elämäntapaa? Teoksessa Huttunen, E. (toim.) Kiertotalous rakennetussa ympäristössä. Helsinki: Rakennustieto Oy, 99–107.

Heinimäki, H. 2006. Kaupan toimintaympäristö. Helsinki: WSOY.

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. 2008. Kaupan kaavoitus Helsingissä. Osa 1. Päivittäistavarakauppa. Helsinki: Helsingin kaupunki.

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. 2009. Kaupan kaavoitus Helsingissä. Osa 2. Erikoiskauppa. Helsinki: Helsingin kaupunki.

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. 2014. Helsingin yleiskaava. Korkea rakentaminen Helsingin esikaupunkialueilla. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2014:19. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/yos_2014-19.pdf [viitattu 21.2.2025].

Helsingin kaupunki. 2021. Kohtuuhintaisen omistusasumisen taustaa. PDF-dokumentti. Päivitetty 15.12.2021. Saatavissa: https://www.hel.fi/static/kanslia/Julkaisut/2021/Hitas/Hitas_Kohtuuhintaisen_omistusasumisen_taustaa.pdf [viitattu 21.2.2025].

Helsingin kaupunki. 2022. Make 2.0. Puinen mallikerrostalo. Konsepti ja viite-suunitelma. PDF-dokumentti. Päivitetty 31.5.2022. Saatavissa: https://www.hel.fi/static/liitteet-2019/Kymp/Att/Make2_0_loppuraportti_low-res.pdf [viitattu 4.3.2025].

Helsingin kaupunki. 2023. Kohtuuhintaisen asumisen mittaristo: Asumisen kustannukset korkeita Helsingissä etenkin lapsiperheillä. WWW-dokumentti. Päivitetty 29.6.2023. Saatavissa: <https://www.hel.fi/fi/uutiset/kohtuuhintaisen-asumisen-mittaristo-asumisen-kustannukset-korkeita-helsingissa-etenkin> [viitattu 4.2.2025].

Hoisko. s.a. Ympäristö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://hoisko.fi/laatu-ja-ymparisto/ymparisto/> [viitattu 29.1.2025].

Huttunen, E. 2021. Kiertotalous vie kohti kestävää rakennettua ympäristöä. Teoksessa Huttunen, E. (toim.) Kiertotalous rakennetussa ympäristössä. Helsinki: Rakennustieto Oy, 8–20.

Häkkinen, T. & Kuittinen, M. 2020. Kohti vähähiilistä rakentamista. Opas arviointiin ja suunnitteluun. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kananen, J. 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kraama, A. 2021. CLT-tilaelementtirakenteiset opiskelijakerrostalot ideasta toteutukseen - research-by-design. Tampereen yliopisto. Arkkitehtuurin yksikkö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202104284088> [viitattu 7.2.2025].

Kujanen, J. 2004. Itsenäistä asumista ja elämistä. *Turun Sanomat*. Verkkolehti. Päivitetty 22.8.2004. Saatavissa: <https://www.ts.fi/koti/1073987393> [viitattu 4.2.2025].

Kysymyksiä ja vastauksia vähähiilisestä rakentamisesta. s.a. Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/kysymyksia-ja-vastauksia-vahahiilisesta-rakentamisesta> [viitattu 28.1.2025].

Kärki, O. 2024. Koti kohtuutalouden Helsingissä: Helsingin asuntotuotannon arviointi kohtuutalouden näkökulmasta. Aalto-yliopisto. Arkkitehtuuri, kaupunkisuunnittelu. Saatavissa: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202501231650> [viitattu 17.2.2025].

Lahden puurakentajat. s.a. Mitä on CLT? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.lahdenpuurakentajat.fi/mita-on-clt/> [viitattu 28.1.2025].

Lapin yliopisto. s.a. Tieteellisen kirjoittamisen ohjeet. Lapin yliopisto. Sosiaalityön laitos. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ulapland.fi/loader.aspx?id=ac4cc7f9-0aec-44fd-b926-3b7c152d2cdf> [viitattu 4.2.2025].

Leinonen, I. 2023. Hiilinielut – mitä ne ovat ja miksi niitä tarvitaan? Blogi. Päivitetty 28.7.2023. Saatavissa: <https://www.luke.fi/fi/blogit/hiilinielut-mita-ne-ovat-ja-miksi-niita-tarvitaan> [viitattu 28.1.2025].

Luoma, H. 2021. Tampereella rakennetaan puusta. *Puumies-lehti*. 5/2021. Verkkojlehti. Saatavissa: <https://puumieslehti.fi/kuukauden-juttu/tampereella-rakennetaan-puusta/> [viitattu 3.3.2025].

Marttinen, A. 2022. Osiensa summa: Tunnusmerkit hybridirakennusten toteutumismahdollisuuksiin. Tampereen yliopisto. Diplomityö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202210318035> [viitattu 4.2.2025].

Matson-Mäkelä, K. 2021. Ensimmäinen puukerrostalo opiskelijoille valmistuu vauhdilla Tampereella – TOASin toimitusjohtaja: "Olen todella ylpeä". WWW-dokumentti. Päivitetty 19.1.2021. Saatavissa: <https://yle.fi/a/3-11743646> [viitattu 3.3.2025].

Meriläinen, S. & Tervo, A. 2022. Asuntoarkkitehtuurin käsikirja. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ojala, K. 2000. Kestävän yhdyskunnan käsikirja. Helsinki: KL-kustannus Oy.
Ojanen, A. 2017. Yhdessä - tilan ja ympäristön vaikutus sosiaaliseen elämään. Aalto-yliopisto. Tilasuunnittelun koulutusohjelma. Taiteen maisterin opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201805082164> [viitattu 21.2.2025].

Palomäki, V. 2018. Vertailututkimus CLT-rakenteisen talon ulkoseinien hiilijalanjäljen muodostumisesta. Kiertotalous – uusia mahdollisuuksia puurakennusteollisuudelle – CE Wood -projekti raportti 11/2018. Saatavissa: <https://hoisko.fi/wp-content/uploads/2020/09/Hoisko-hiilijalanjalkilaskenta-raportti-2018-marraskuu-1.pdf> [viitattu 29.1.2025].

Peltokorpi, L. 2021. Asuinkerrostalorakentaminen CLT-tilaelementeistä joustavuuden ja yhteisöllisyyden näkökulmasta – CASE Äijälänsalmi. Tampereen yliopisto. Rakennetun ympäristön tiedekunta. Diplomityö. Saatavissa: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202111038121> [viitattu 7.2.2025].

Perttola, K. 2024. QBN: modulaarinen CLT-pientalojärjestelmä. Oulun yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Diplomityö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-202406144552> [viitattu 7.2.2025].

Projektiutiset. 2023. Nurmijärvelle valmistui 90 asunnon puukerrostalokortteli. WWW-dokumentti. Päivitetty 31.10.2023. Saatavissa: <https://projektiutiset.fi/nurmijarvelle-valmistui-90-asunnon-puukerrostalokortteli/> [viitattu 5.3.2025].

Puuinfo. 2020a. Materiaalivaihtoehdot. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.7.2020. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/massiivipuulevyrakenteet/materiaalivaihtoehdot/> [viitattu 6.2.2025].

Puuinfo. 2020b. Rungon toimintaperiaate. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.7.2020. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/massiivipuulevyrakenteet/rungon-toimintaperiaate/> [viitattu 6.2.2025].

Puuinfo. 2020c. Puupinnat sisällä. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.7.2020. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/massiivipuulevyrakenteet/puupinnat-sisalla/> [viitattu 6.2.2025].

Puuinfo. 2020d. Soveltuvuus kantavana runkona. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.7.2020. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/massiivipuulevyrakenteet/soveltuvuus-kantavana-runkona/> [viitattu 6.2.2025].

Puuinfo. 2020e. Yhdistelmäkäyttö. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.7.2020. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/massiivipuulevyrakenteet/yhdistelmakaytto/> [viitattu 6.2.2025].

Puuinfo. 2020f. Fysiologiset ja psykologiset ominaisuudet. WWW-dokumentti. Päivitetty 24.6.2020. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-sisailmavaikutukset/fysiologiset-ja-psykologiset-ominaisuudet/> [viitattu 6.2.2025].

Puuinfo. 2020g. Hengittävä rakenne. WWW-dokumentti. Päivitetty 24.6.2020. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-sisailmavaikutukset/hengittava-rakenne/> [viitattu 6.2.2025].

Puuinfo. 2021. TOAS Kauppi. WWW-dokumentti. Päivitetty 3.9.2021. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/arkkitehtuuri/asuinkerrostalot/toas-kauppi/> [viitattu 3.3.2025].

Puuinfo. 2023. Puinen mallikerrostalo täydennysrakentamiseen. WWW-dokumentti. Päivitetty 12.1.2023. Saatavilla: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/tyyppisuunnitelmat/puinen-mallikerrostalo-make-2-0/> [viitattu 4.3.2025].

Puuinfo. 2024. Nurmijärven puukerrostalokortteli. WWW-dokumentti. Päivitetty 4.10.2024. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/arkkitehtuuri/asuinkerrostalot/nurmijarven-puukerrostalokortteli/> [viitattu 5.3.2025].

Rakennusteollisuus. s.a. Kestävä rakentaminen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://rt.fi/tietoa-alasta/ymparisto-ja-ilmasto/kestava-rakentaminen/> [viitattu 29.1.2025].

Standardointi. s.a. Rakennusteollisuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://rt.fi/tietoa-alasta/standardointi/> [viitattu 28.1.2025].

Rantanen, A. (2012). Kaupan typologinen evoluutio dynaamisissa monitoimijaisissa verkostoissa. Julkaisussa: Mäntysalo, R. Joutsiniemi, A. Nenonen, S. & Syrman, S. (toim.). Kestävät kauppapaikat verkostokaupungissa. Espoo: Maankäyttötieteiden laitos, Aalto-yliopisto. 32–45. Saatavissa: <https://aalto-doc.aalto.fi/items/3e6db20f-f4e9-4a90-8f84-8e5c384803b8> [viitattu 21.2.2025].

Ridell, S., Kymäläinen, P. & Nyyssönen, T. 2009. Julkinen tila tänään. Kuhuinaa lomittuvilla rajapinnoilla. Teoksessa Ridell, S., Kymäläinen, P. & Nyyssönen, T. (toim.) Julkisen tilan poetiikkaa ja politiikkaa. Tampere: Tampere University Press. 7–38.

Rodionova, K. (toim.) 2024. Puukerrostalon elinkaarisuunnittelu: Tiedonhallinta ja kestävä kehitys. Helsinki: RIL ry.

Ruutikainen, T. 2013. Kennosta kodiksi - tutkielmia moduulirakenteisista asuinkerrostaloista. Tampereen teknillinen yliopisto. Arkkitehtuurin laitos. Diplomityö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tyt-201609304573> [Viitattu 7.2.2025].

Saarela-Kinnunen, M. & Eskola, J. 2010. Tapaus & tutkimus = tapaustutkimus? Teoksessa Aaltola, J. & Valli, R. (toim.) Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1, Metodien valinta ja aineiston keruu / virikkeitä aloittelevalle tutkijalle. 3. uudistettu ja täydennetty painos. Jyväskylä: PS-kustannus, 189–199.

Santasalo, T. & Heusala, H. (2002). Erikoiskauppa kaavoituksessa. Helsinki: Tuomas Santalosalo Ky.

Sarkkinen, M. 2017. Modulaaristen työtilojen käyttötarkoitusta on helppo muuttaa. Työpiste. Verkkolehti. Päivitetty 28.9.2017. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/tyopiste/modulaaristen-tyotilojen-kayttotarkoitusta-on-helppo-muuttaa> [viitattu 4.2.2025].

Siparila s.a. TOAS Kauppi. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.siparila.com/referenssi_kohteet/toas-kauppi-4/ [viitattu 3.3.2025].

Sjöblom, J., Wallin, A. & Rikala, S. 2020. Kohti sosiaalisesti kestävästä kaupungista. Alusta. Verkkolehti. Päivitetty 26.9.2020. Saatavissa: <https://www.tuni.fi/alustalehti/2020/06/29/kohti-sosiaalisesti-kestavaa-kaupunkia/> [viitattu 4.2.2025].

Skanska. 2022. Nurmijärvellä rakennetaan 90 asunnon BoKlok-puukerrostalokortteli yhdessä A-Kruunun kanssa. WWW-dokumentti. Päivitetty 27.6.2022. Saatavissa: <https://www.epressi.com/tiedotteet/rakentaminen/nurmijarvelle-rakennetaan-90-asunnon-boklok-puukerrostalokortteli-yhdessa-a-kruunun-kanssa.html> [viitattu 5.3.2025].

Skanska. s.a. BoKlok-kotien myynti siirtyi Skanska Kodeille. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://kodat.skanska.fi/artikkelit/boklok-kotien-myynti-siirtyi-skanska-kodeille/> [Viitattu 4.3.2025].

Smith, R. 2010. Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction. Hoboken: Wiley.

Sorri, S. 2017. CLT-tilaelementtikerrostalon rakennussuunnitteluohjeistus. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Diplomityö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:tyt-201708241765> [viitattu 6.2.2025].

Suomi, R. 2022. Systeemiajattelu – erottamaton osa tulevaisuudentutkimusta. Teoksessa Aalto, H., Heikkilä, K., Keski-Pukkila, P., Mäki, M., Pöllänen, M. (toim.). 2022. Tulevaisuudentutkimus tutuksi: perusteita ja menetelmiä. Tulevaisuudentutkimuksen Verkostoakatemia julkaisuja 1/2022. Turku: Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun yliopisto, 80–88. E-kirja. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-249-563-1> [viitattu 20.2.2025].

Sweco. 2021. Tutkimus puurakentamisesta. PDF-dokumentti. Päivitetty 30.6.2021. Saatavissa: <https://korsholm.fi/wp-content/uploads/2021/11/Tutkimus-puurakentamisesta.pdf> [viitattu 6.2.2025].

Tarpio, J. 2015. Joustavan asunnon tilalliset logiikat. Erilaisiin käyttöihin mukautumiskykyisen asunnon tilallisista lähtökohdista ja suunnitteluperiaatteista. Tampereen teknillinen yliopisto. Väitöskirja. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-3510-9> [viitattu 7.2.2025].

Tikkanen, U. 2015. Vertikaaliset kaupungit - Liikkuminen hybridirakennuksissa. Aalto-yliopisto. Arkkitehtuurin laitos. Diplomityö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201512165540> [viitattu 21.2.2025].

Tolppanen, J., Karjalainen, M., Lahtela, T., Viljakainen, M. 2013. Suomalainen puukerrostalo. Rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki: Opetushallitus.

Topo, U. EKP julkaisee uutta kokeellista tilastotietoa kotitalouksien varallisuudesta. 2024. WWW-dokumentti. Päivitetty 16.2.2024. Saatavissa: <https://www.eurojatalous.fi/fi/2024/artikkelit/ekp-julkaisee-uutta-kokeellista-tilastotietoa-kotitalouksien-varallisuudesta/> [viitattu 26.2.2025].

Valtioneuvosto. s.a. Asuntopoliittinen kehittämissuunnitelma vuosiksi 2021–2028. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/documents/1410903/40549091/Selontekoehdotus%20verkkosivuille.pdf> [viitattu 4.2.2025].

Vilka, H. 2023. Kirjallisuuskatsaus metodina, opinnäytetyön osana ja tekstilajina. Helsinki: Art House.

Vuori, J. 2021. Tapaustutkimus. Teoksessa Vuori, J. (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/tutkimusasetelma/tapaustutkimus/> [viitattu 5.12.2023].

Walden, M. 2023. Mitä on muuntojoustavuus? Blogi. Päivitetty 6.7.2023. Saatavissa: <https://teho-opisto.fi/mita-on-muuntojoustavuus/> [viitattu 29.1.2025].

Winogradow, J. 2024. Toimistotyöskentelyä tukevat kaupalliset palvelut: Case Keski-Pasila. Aalto-yliopisto. Diplomityö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202408255792> [viitattu 21.2.2025].

Yhteinen toimialaliitto. s.a. Tutustu Standardointiin! WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ytl.fi/mita-teemme/standardointi/> [viitattu 28.1.2025].

Ympäristöministeriö. 2023. Mitä on kestävä kehitys? WWW-dokumentti. Päivitetty 15.3.2023. Saatavissa: <https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys> [viitattu 28.1.2025].

Kuvaluettelo

Kuva 1. Visualisoitu viitekehys. Petäjäniemi, V. 2025.

Kuva 2. Erilaisia CLT-levyjä. Puuinfo. 2023. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puu-tieto/insinoorituotteet/monikerroslevy-clt/> [viitattu 25.2.2025].

Kuva 3. Vähähiilisen rakentamisen suunnittelun tasot uudishankkeessa. Petäjäniemi, V. 2025. Mukailen Häkkinen, T. & Kuittinen, M. 2020. Kohti vähähiilistä rakentamista. Opas arviointiin ja suunnitteluun. Helsinki: Rakennustieto Oy, 153.

Kuva 4. Muuntojouston keskeiset periaatteet. Petäjäniemi, V. 2025. Mukailen Meriläinen, S. & Tervo, A. 2022. Asuntoarkkitehtuurin käsikirja. Helsinki: Rakennustieto Oy, 48.

Kuva 5. SALSA-kehys. Petäjäniemi, V. 2025. Mukailen Vilkka, H. 2023. Kirjallisuuskatsaus metodina, opinnäytetyön osana ja tekstilajina. Helsinki: Art House, 18.

Kuva 6. Lähestymistavat vähähiiliseen rakentamiseen. Petäjäniemi, V. 2025. Mukailen Häkkinen, T. & Kuittinen, M. 2020. Kohti vähähiilistä rakentamista. Opas arviointiin ja suunnitteluun. Helsinki: Rakennustieto Oy, 92.

Kuva 7. Runkorakenteet ja hiilijalanjälki sekä -varasto. FCG Finnish Consulting Group. 2021. Selvitys puurakentamisen edistämisestä Sipoon kunnassa. PDF-dokumentti. 23. Päivitetty 28.6.2021. Saatavissa: https://api.hankeikuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/a768b882-659e-4bc8-9884-288911644521/RAPORTTI_20220909041520.pdf [viitattu 7.2.2025].

Kuva 8. Muutoksen tasot. Kraama, A. 2021. CLT-tilaelementtirakenteiset opiskelijakerrostalot ideasta toteutukseen - research-by-design. Tampereen yliopisto. Arkkitehtuurin yksikkö. PDF-dokumentti. 9. Saatavissa: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202104284088>. Mukailen Brand, S. 1994. How buildings learn: What happens after they're built. Lontoo: Penguin, 13. [viitattu 7.2.2025].

Kuva 9. Nelikenttä "puukerrostalojen läpimurto" -skenaariosta. Petäjäniemi, V. 2025.

Kuva 10. Nelikenttä "Premium puuasuminen joustaa" -skenaariosta. Petäjäniemi, V. 2025.

Kuva 11. Nelikenttä "CLT integroituu – Hybridimalli normaalistuu" -skenaariosta. Petäjäniemi, V. 2025.

Kuva 12. TOAS Kauppi. Puuinfo. 2021. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/arkkitehtuuri/asuinkerrostalot/toas-kauppi/> [viitattu 3.3.2025].

Kuva 13. Nurmijärven puukerrostalokortteli. Puuinfo. 2024. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/arkkitehtuuri/asuinkerrostalot/nurmijarven-puukerrostalokortteli/> [viitattu 5.3.2025].

Kuva 14. Make 2.0 mallikerrostalokonsepti eri kattomuoto- ja parvekevariaatioilla. Helsingin kaupunki. 2022. Make 2.0. Puinen mallikerrostalo. Konsepti ja viitesuunnitelma. PDF-dokumentti. 30. Päivitetty 31.5.2022. Saatavissa: https://www.hel.fi/static/liitteet-2019/Kymp/Att/Make2_0_loppuraportti_low-res.pdf [viitattu 5.3.2025].

Taulukkoluetelo

Taulukko 1. Katsaustyyppien vertailu. Petäjaniemi, V. 12.3.2024.

Taulukko 2. Tapaustutkimuksen luokittelua. Petäjaniemi, V. 20.2.2025.