



Modulaarisen ja perinteisen rakentamisen vertailu

Artturi Vartiainen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2025

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

VARTIAINEN, ARTTURI:
Modulaarisen ja perinteisen rakentamisen vertailu

Opinnäytetyö 26 sivua
Toukokuu 2025

Tämä opinnäytetyö tarkastelee modulaarisen ja perinteisen rakentamisen eroja, keskittyen erityisesti niiden hyötyihin ja haittoihin. Modulaarinen rakentaminen tarkoittaa esivalmistettujen rakennusmoduulien kokoonpanoa työmaalla, kun taas perinteinen rakentaminen toteutetaan pääosin työmaalla vaiheittain. Aihe on ajankohtainen, sillä rakennusosalalla etsitään jatkuvasti tehokkaampia ja kestävämpiä toteutustapoja.

Työssä pyritään vastaamaan kysymykseen: mitkä ovat modulaarisen ja perinteisen rakentamisen keskeiset erot, ja miten ne vaikuttavat rakentamiskohteen valintaan? Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena alan tutkimusten ja asiantuntijalähteiden pohjalta.

Modulaarisen rakentamisen etuihin perinteiseen rakentamiseen verrattuna kuuluvat nopeampi rakennusaika, vähäisempi materiaalihävikki ja pienemmät ympäristövaikutukset, sillä suuri osa työstä tehdään kontrolloiduissa tehdasolosuhteissa. Se voi tarjota myös parempaa kustannustehokkuutta ja laadunvarmistusta. Haittapuolia ovat esimerkiksi kuljetukseen ja asennukseen liittyvät rajoitukset sekä suunnitteluratkaisujen vähäisempi joustavuus.

Perinteisen rakentamisen etuina verrattuna modulaariseen rakentamiseen pidetään suurempaa joustavuutta suunnittelussa ja muutostöissä sekä sitä, ettei rakentaminen ole yhtä riippuvainen esivalmistettujen komponenttien saatavuudesta. Haittapuolina ovat pidemmät rakennusajat, suuremmat sääolosuhteista johtuvat riskit sekä korkeammat työvoimakustannukset.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Construction Site Management

VARTIAINEN, ARTTURI:
Comparison of Modular and Traditional Construction

Bachelor's 26 pages
May 2025

This thesis examines the differences between modular and traditional construction, focusing particularly on their advantages and disadvantages. Modular construction refers to the assembly of prefabricated building modules on-site, whereas traditional construction is primarily carried out on-site in sequential phases. The topic is timely, as the construction industry continuously seeks more efficient and sustainable implementation methods.

This study aims to answer the question: what are the key differences between modular and traditional construction, and how do they affect the suitability for different building projects? The thesis was carried out as a literature review based on industry research and expert sources.

Compared to traditional construction, the benefits of modular construction include faster construction time, reduced material waste, and lower environmental impact, as most of the work is carried out in controlled factory conditions. It can also offer improved cost-efficiency and quality assurance. However, disadvantages include limitations related to transportation and installation, as well as reduced flexibility in design solutions.

In contrast, the advantages of traditional construction compared to modular construction are greater flexibility in design and modifications, and the fact that it is not as dependent on the availability of prefabricated components. The disadvantages include longer construction times, higher risks due to weather conditions, and increased labor costs.

Key words: modular construction, traditional construction

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TEOREETTINEN VIITEKEHYS	6
2.1	Perinteinen rakentaminen	6
2.1.1	Määritelmä.....	6
2.1.2	Rakennushankkeen vaiheet	6
2.1.3	Vahvuudet	7
2.1.4	Haasteet	8
2.1.5	Historia ja käyttö nykypäivänä	10
2.2	Modulaarinen rakentaminen.....	11
2.2.1	Määritelmä.....	11
2.2.2	Rakennusprosessin vaiheet	11
2.2.3	Vahvuudet	13
2.2.4	Haasteet	13
2.2.5	Historia ja käyttö nykypäivänä	14
3	MODULAARISEN- JA PERINTEISEN RAKENTAMISEN VERTAILU	16
3.1	Rakennusprosessin vertailu	16
3.2	Kustannus- ja aikataulu vertailu	17
3.3	Laatu ja virheet rakennusprosessissa	18
3.4	Ympäristövaikutukset ja kestävyys.....	19
4	TULOSTEN YHTEENVETO	21
5	POHDINTA	23
	LÄHTEET	25

1 JOHDANTO

Rakennusala on jatkuvassa muutoksessa, kun alan toimijat pyrkivät vastaamaan yhä monimutkaisempiin tarpeisiin, kuten tiukempiin aikatauluihin, pienempiin budjetteihin, pienempiin resursseihin ja kestävän kehityksen vaatimuksiin. Tässä murrosvaiheessa modulaarinen rakentaminen on noussut esiin lupaavana vaihtoehtona perinteisille rakennusmenetelmille. Modulaarinen rakentaminen perustuu valmiiden elementtien valmistamiseen tehtaassa ja niiden asentamiseen työmaalla, mikä mahdollistaa huomattavasti nopeamman rakennusprosessin, paremman laadunhallinnan ja potentiaalisesti pienemmät ympäristövaikutukset. Toisaalta perinteisellä rakentamisella on edelleen vankka asema, erityisesti suurten ja monimutkaisten projektien toteutuksessa, joissa räätälöivät ratkaisut ovat välttämättömiä.

Tämä opinnäytetyö tarkastelee modulaarisen ja perinteisen rakentamisen eroja ja yhtäläisyyksiä erityisesti kustannusten, aikataulujen laadun ja ympäristövaikutuksen näkökulmista. Työssä pyritään paitsi arvioimaan molempien menetelmien hyödyt ja haasteet myös hahmottamaan modulaarisen rakentamisen tulevaisuuden näkymiä.

Opinnäytetyö on ajankohtainen, sillä modulaarisen rakentamisen suosiota kasvattavat erityisesti sen potentiaali ratkaista työvoimapulan ja kaupunkien kasvavan asuntokysynnän kaltaisia ongelmia. Työ tuo lisäarvoa rakennusalan toimijoille ja päätöksentekijöille tarjoamalla tietoa, joka auttaa valitsemaan oikean rakennustavan eri projektityypeissä.

Työssä hyödynnetään laajaa kirjallisuuskatsausta, kustannus- ja aikatauluanalyysiä. Lisäksi käytännön näkökulmaa tuo kirjoittajan kesätyökokemus kesältä 2024, jolloin hän työskenteli modulaaristen rakennusprojektien parissa.

2 TEOREETTINEN VIITEKEHYS

2.1 Perinteinen rakentaminen

2.1.1 Määritelmä

Perinteisellä rakentamisella tässä työssä tarkoitetaan tapaa, jossa kaikki työvaiheet suoritetaan pääosin rakennustyömaalla. Perinteinen rakentaminen sisältää maarakennustyöt, perustusten tekemisen, runkorakenteiden pystytyksen, materiaalien asentamisen sekä viimeistelytyöt. Perinteinen rakentaminen perustuu yleensä käsillä tehtävään työhön ja materiaalien käsittelyyn työmaalla, mikä mahdollistaa yksilöllisten ratkaisujen toteuttamisen asiakkaan toiveiden mukaisesti.

2.1.2 Rakennushankkeen vaiheet

Rakennushankkeen vaiheet ovat seuraavat:

- Tarveselvitys
- Hankesuunnittelu
- Rakennesuunnittelu
- Rakentaminen
- Käyttöönotto

(RT 10-10387 Talonrakennushankkeen kulku 2016.)

Rakennusprosessi isoissa ja pienemmissäkin kohteissa alkaa tarveselvityksellä, jossa kartoitetaan asiakkaan tarpeita kohteen mukaan. Tarveselvitys muodostuu yleensä rakennusohjelmasta, aikataulusta ja kustannus- ja kannattavuusarviosta. (RT 10-10387 Talonrakennushankkeen kulku 2016.)

Hankesuunnittelulla pyritään hakemaan lopullinen ratkaisumalli ja hankkeen kustannukset arvioidaan yksityiskohtaisesti. Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään hankkeen laajuus-, laatu-, kustannus-, ja aikatavoitteet. (RT 10-10387 Talonrakennushankkeen kulku 2016.)

Rakennesuunnittelu vaiheessa suunnittelijat alkavat toteuttaa suunnitelmia hankesuunnitelman pohjalta tiiviissä yhteistyössä keskenään ja asiakkaan kanssa. Rakennesuunnittelulla on merkittävä merkitys, että rakennushanke saadaan viettyä onnistuneesti loppuun. (RT 10-10387 Talonrakennushankkeen kulku 2016.)

Rakennusvaiheessa toteutettujen suunnitelmien mukaan rakennetaan rakennuskohde. Rakentaminen suoritetaan sovitun urakkamuodon ja solmitun urakkasopimuksen puitteissa. (RT 10-10387 Talonrakennushankkeen kulku 2016.)

Käyttöönotto on nimensä mukainen toimenpide, jossa käyttäjä ottaa rakennuskohteen käyttöön. Käyttöönottoon liittyvät kokonaisuudet on otettava huomioon jo hankesuunnittelussa ja selvittävä yksityiskohtaisesti toteutuksen ja rakennesuunnittelun edetessä. (RT 10-10387 Talonrakennushankkeen kulku 2016.)

2.1.3 Vahvuudet

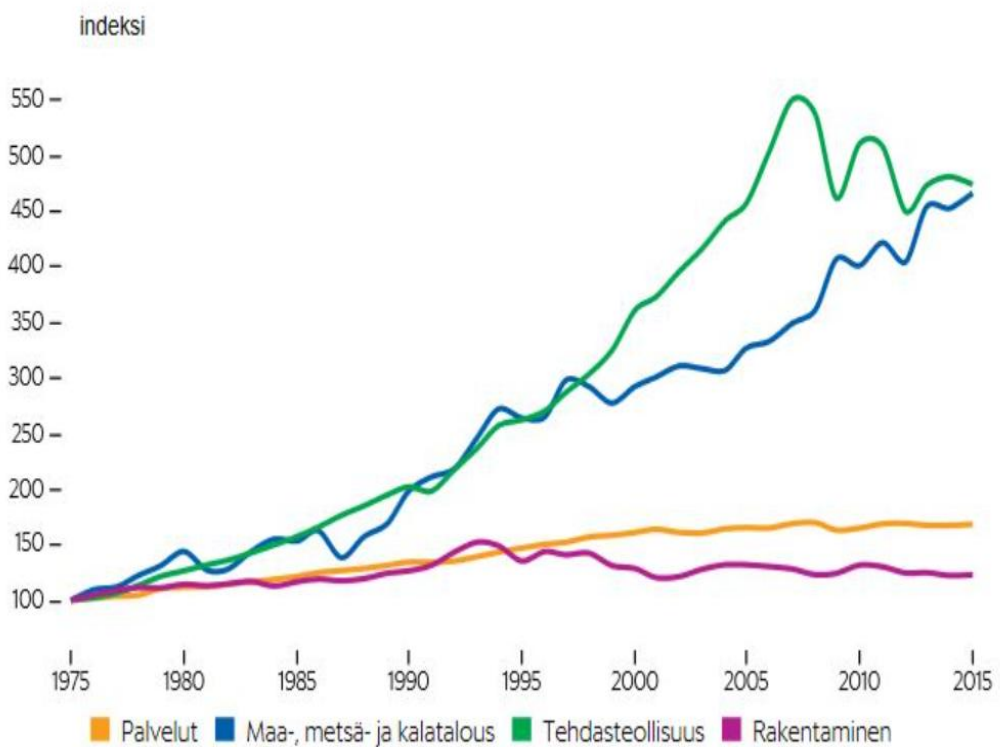
Perinteisen rakentamisen vahvuuksia voidaan pitää aikakautta, jona on harjoitettu perinteistä rakentamista. Ajansaatossa ihminen on oppinut virheistään, joka on edes auttanut rakennusmenetelmien kehityksen. Voidaan katsastella aikaa, jolloin ihminen asui vielä metsän materiaaleista tehdyissä puumajoissa. Nykyään lähes taivas on rajana. Suuret ja korkeat betoni/puu- elementti talot ja julkiset tilat, jotka voidaan toteuttaa täysin asiakkaan toiveiden mukaan.

Vahvuuksia perinteisessä rakentamisessa voidaan pitää rakennuskohteiden korkeuksia, jolloin saadaan lisää asuntoja tai liiketiloja tuotettua. Perinteisessä rakentamisessa digitalisoituminen on ollut suuri vahvuus rakennusalalla. Pystytään teettämään tietomalleja rakennuksista, joilla voidaan tarkastella valmista rakennusta ennen kuin rakennushanke on aloitettu. Tietomallilla on suuri merkitys rakennusvaiheiden sujuvan etenemisen kannalta koska talotekniikan suunnitteluohjauksessa voidaan tarkastella esimerkiksi risteily kohtia tai vaikka yksittäisen komponentin paikkaa. Tämä mahdollistaa työn sujuvan etenemisen ja säästää paljon aikaa taloteknisten ongelmien selvittämisessä, jolloin työntuottavuus on parempaa. (Lujatalo 2018.)

2.1.4 Haasteet

Haasteina perinteisessä rakentamisessa voidaan pitää uusien ja haastavien kohteiden toteuttamisen. Nykyaikana ja tulevaisuudessa rakennuksien korkeudet vain kasvavat, jotka tuottavat haasteita esimerkiksi: kuormien hallinnassa, jäykistyksissä, raudoituksissa, halkeilun hallinnassa, huojunnassa, värähtelyjen hallinnassa, muotojen suunnittelussa, toteutuksessa ja niin edelleen. (Harjuniemi 2021.)

Haasteina voidaan pitää myös paljon rakennusalalla puhuttava työntuottavuus ongelmat (kuvio 1). Tuottavuus ongelmaa voidaan pitää suurena ongelmana, kun puhutaan, että jopa 80 % tehtävistä töistä ei suoraan vaikuta rakennustyön varsinaiseen edistymiseen. (Ahtokivi 2024.)



KUVIO 1. Työn tuottavuus toimialoittain (Lohilahti 2017).

Projektien viivästyminen on yksi suurista haasteita, joita esiintyy perinteisessä rakentamisessa. Ongelmana esiintyy projektien liika laajeneminen alkuperäisestä tavoitteesta. Esimerkiksi kesken rakennushankkeen tulevat muutokset vievät resursseja ja aikaa, jotka aiheuttavat kustannuksia ja viivästyksiä, jotka eivät sisälly budjettiin. (Hilti n.d.)

Perinteisen rakentamisen haasteena on myös muuttuva maailman tilanne. Inflaatio, aseelliset konfliktit ja pandemiat, jotka 2020-luvun alussa olivat keskipisteenä. Voimme hyvin tarkastella kuinka muuttuva maailman tilanne vaikuttaa perinteiseen rakentamiseen. Pakotteiden myötä kaupankäynti ja materiaalihankinnat on jouduttu hankkimaan muualta, joka on näkynyt hinnoissa. Materiaalien hinnannousu saa rakennusliikkeet epäröimään hankkeiden käynnistämistä. Inflaatio, jolloin korot nousevat aiheuttaa sen, että ihmiset eivät uskalla hakea lainaa, josta seuraa se, että asuntoja/liiketiloja ei osteta ja rakennusliikkeet ymmärtävät, että siinä kohtaan rakentaminen ei kannata. Asiakkaita kun ei rakennusliikkeillä ole ja rakentaminen hiipuu, se ajaa automaattisesti rakennusalan yrityksiä konkurssiin (kuvio 2). Rakennusalan yritysten konkurssien määrä oli noin 600 kpl vuonna 2023. Näistä tilastoluokitusten mukaan asuin- ja muiden rakennusten rakentavien yritysten konkurssseja oli 345 kpl. (Lammassaari 2024.)



KUVIO 2. Vireille pannut konkurssit. (Lammassaari 2024)

2.1.5 Historia ja käyttö nykypäivänä

Suomea on rakennettu vuosisatojen ajan ihmiskäsin ja hevosvoimin, kuten maitakin maita ja työvoima oli pitkään halpaa. 1800-luvun alkupuolelta lähtien on otettu nopeasti käyttöön uusimmat keksinnöt ja tekniikan sovellukset, kuten höyrykone, -laiva ja -veturi, lennätin, sähkö, puhelin, polkupyörä, auto ja lentokone. Myöhemmin sivilisaation kehittyessä automaatio, robotiikka, digitalisaatio ja internet ovat valloittaneet Suomen. (Hautajärvi 2017, 8.)

Poikkeuksellisen kiivas rakentamisvaihe alkoi talvisodan 1939–1940 sekä jatkosodan ja Lapin sodan 1941–1945 tuhojen jälkeisenä jälleenrakennuksena ja oman maan pakolaisten ja muiden kodittomiksi jääneiden asuttamisena. 420 000 kodittomalle evakolle oli saatava nopeasti asunnot, jotka olivat paenneet Neuvostoliitolle luovutetuilta alueilta. (Hautajärvi 2017, 9.)

Suomen yhteiskunta koki poikkeuksellisen nopean kaupungistumisen ja modernisoitumisen erityisesti 1960- ja 1970-luvulla. Suomen elinkeinorakenne muuttui maataloudesta teollisuus- ja palveluyhteiskunnaksi nopeammin kuin missään muualla Euroopassa. Iso osa väestöstä siirtyi kaupunkeihin ja taajamiin. Betonielementtituotanto käynnistyi samanaikaisesti vauhdittamaan työn perässä muuttaneiden asuntorakentamista. Lukuisat suomalaiset vaihtoivat maalaistalon pihan kerrostalolähiön parvekkeeseen. (Hautajärvi 2017, 10.)

Vuonna 2017 Suomi on vahvasti kaupungistunut, ja suurin osa suomalaisista asuu kaupungeissa. Noin 84 prosenttia väestöstä elää kaupunkialueilla, ja kaupungit jatkavat kasvuaan, erityisesti suurimmat niistä. Helsinki ja pääkaupunkiseutu kasvavat nopeimmin – tällä hetkellä Helsingissä asuu 635 000 ihmistä, ja vuoteen 2050 mennessä asukasluvun ennustetaan nousevan noin 860 000:een. (Hautajärvi 2017, 65.)

Viimeisen sadan vuoden aikana rakentamisen osapuolten roolit ja tehtävät ovat muuttuneet, mutta lopputulos – valmis rakennus – syntyy yhä työmaalla. 1900-luvun alkupuolella suurimmat muutokset liittyivät itse työmaihin, kuten rakennusmateriaalien kehitykseen, koneistuksen lisääntymiseen, työtapojen ja -olojen kehittymiseen sekä myöhemmin tehdasvalmisteisten rakennusosien yleistymiseen.

Viime vuosikymmeninä merkittävimmät muutokset ovat koskeneet työolosuhteiden ja työturvallisuuden parantamista sekä rakentamisen sopimus- ja suunnittelukäytäntöjä. 2000-luvulla tietotekniikka on mullistanut suunnittelun, helpottanut hankkeiden hallintaa ja tehostanut tiedonkulkua. (Hautajärvi 2017, 311.)

2.2 Modulaarinen rakentaminen

2.2.1 Määritelmä

Moduuli on itsenäinen osa, jollaisista voidaan koota erilaisia kokonaisuuksia. Moduuleista koostuva kokonaisuus on modulaarinen. Modulaarisessa rakentamisessa rakennuksen osat, eli moduulit, valmistetaan teollisesti. Tehtaalla moduuleihin asennetaan muun muassa väliseinät, sisäpinnat ja kiintokalusteet. Myös ilmanvaihto-, putki-, viemärointi- ja sähkötyöt toteutetaan valmiiksi jo tehtaalla. Julkisivupinnat voidaan viimeistellä tuotantovaiheessa, mutta vaihtoehtoisesti ulkoverhous voidaan tehdä paikan päällä, esimerkiksi muuraamalla tiilestä. Valmiit moduulit kuljetetaan rakennuspaikalle, jossa ne yhdistetään toisiinsa sekä liitetään vesijohto-, viemäri-, sähkö- ja tietoliikenneverkostoihin. (Kotilainen 2013, 16.)

2.2.2 Rakennusprosessin vaiheet

Modulaarisen rakennusprosessin vaiheet eivät eroa perinteisen rakentamisen rakennusprosessista juurikaan. Isoin ero modulaarisessa rakennusprosessissa on se, että suurin osa työ vaiheista tehdään tehtaassa sisätiloissa. Arviolta n. 85 % koko rakennushankkeen töistä suoritetaan tehtaassa (Kotilainen 2013, 16).

Rakennushanke alkaa huolellisella suunnittelulla, jossa huomioidaan moduulien koko, materiaalit, tekniset ratkaisut ja asiakkaan tarpeet. Suunnittelu vaiheessa määritellään, miten moduulit liitetään toisiinsa ja kuinka rakennus asettuu tontille. Tässä vaiheessa hyödynnetään usein tietomallinnusta (BIM), joka helpottaa yhteensovittamista ja optimointia.

Moduulit valmistetaan tehdasoloissa valvotuissa ja tehokkaissa olosuhteissa. Jokainen moduuli rakennetaan erikseen ja niihin asennetaan jo tehtaalla esimerkiksi seinät, lattiat, katot, sisäpinnat sekä kiintokalusteet. Taloteknisiä töitä kuten sähkö-, ilmanvaihto- ja putkityöt tehdään myös niin valmiiksi kuin mahdollista, jotta asennustyöt työmaalla olisi mahdollisimman nopeaa.

Moduulirakentamisessa yksi merkittävästä työvaiheista on suunnitella ja toteuttaa moduulien kuljetus rakennustyömaalle. Moduulirakentamiseen erikoistunut yritys Adapteon nettisivuilla on tietoa eri moduuleista ja niiden teknisistä tiedoista. Esimerkiksi A16-moduuli pinta-ala on 64m², pituus 16 150 mm, leveys 3960 mm, korkeus, ulkopuoli 3949 mm, korkeus, sisäpuoli 3000 mm ja paino 18–22 tonnia. Mittasuhteet ovat sen verran suuria, että moduulien pääasiallinen kuljettaminen tapahtuukin lavettiautolla. Yleensä yksi auto kuljettaa yhtä moduulia.

Rakennuspaikalla moduulit nostetaan paikoilleen yleensä ajoneuvonosturilla ja liitetään toisiinsa (kuva 1). Tässä vaiheessa moduulit yhdistetään rakenteellisesti sekä kytketään vesijohto-, viemäri-, sähkö-, ja tietoliikenneverkkoihin.



KUVA 1. Moduulien asennustyöt käynnissä. (Kiviranta 2022).

Moduulien yhdistämisen jälkeen alkaa viimeistelytyöt, kuten mahdolliset pihatyöt, julkisivun viimeistely, saumojen viimeistely, talotekniset viimeistely työt ja muut viimeistely työt. Lopuksi rakennus tarkastetaan ja valmistellaan käyttöönottovaiheeseen, jonka jälkeen se on valmis asiakkaan käyttöön.

2.2.3 Vahvuudet

Modulaarisessa rakentamisessa on useita etuja verrattuna perinteiseen paikalla rakentamiseen. Tehdasolosuhteissa työskentely suojaa sääolosuhteilta, kuten sateilta, lumelta ja kylmyydeltä, mikä vähentää rakennusprosessin ongelmia. Koska jopa 85 % koko rakennusprojektista tapahtuu tehtaalla, tontilla syntyy huomattavasti vähemmän melua, saastetta ja rakennusjätettä verrattuna perinteiseen rakennustapaan. Lisäksi tehdasolosuhteissa rakentaminen on kustannustehokkaampaa, erityisesti koska työvoiman osuus kokonaiskustannuksista on merkittävästi suurempi rakennusalalla kuin monilla muilla teollisuuden aloilla. Tehtaassa tapahtuva rakentaminen voi parantaa tarkkuutta ja tehokkuutta, koska työskentelyolosuhteet ovat hallittavissa ja tasaisia. Tehtäviä voidaan automatisoida, ja tarkastusprosessit sujuvat yksinkertaisemmin, mikä lisää kokonaisprosessin luotettavuutta ja nopeutta. (Kotilainen 2013, 16.)

Modulaarisen rakentamisen etuja on myös sen nopeus, sillä se voi lyhentää rakennusaikaa jopa 30–50 prosenttia verrattuna perinteiseen paikalla rakentamiseen. (Kotilainen 2013, 16.)

2.2.4 Haasteet

Modulaarisessa rakentamisessa moduulien kuljettaminen rakennuspaikalle voi olla ympäristön kannalta haasteellista, sillä se voi aiheuttaa suuria päästöjä, ja logistiikka voi olla sekä hankalaa että kallista (Kotilainen 2013, 16). Suurten moduulien kuljettaminen työmaalle voi vaatia erikoisjärjestelyjä ja lisäkustannuksia.

Valmiiksi valmistettuja moduuleja ei aina voi muokata joustavasti tai nopeasti, kun taas perinteisessä rakennusmenetelmässä kaikki rakentaminen tapahtuu paikan päällä, jolloin muutoksiin voidaan reagoida välittömästi.

Lisäksi suunnitelmien muutokset myöhemmässä vaiheessa voivat olla vaikeita toteuttaa ja voivat johtaa suurempiin kustannuksiin verrattuna perinteiseen paikalla rakentamiseen. Modulaarinen rakentaminen on kaikkein tehokkainta, kun koko rakennusprojekti suunnitellaan alusta alkaen modulaarisen menetelmän mukaan. (Kotilainen 2013, 16.)

2.2.5 Historia ja käyttö nykypäivänä

Moduulirakentaminen ei ole uusi käsite maailmanlaajuisesti. Sen varhaisia muotoja löytyy jo vuodelta 1103 Kiinasta, jossa luotiin aikansa rakentamisen yksityiskohtainen ohjeistus. Suomessa modulaarinen rakentaminen sai jalansijaa vasta toisen maailmansodan jälkeen 1940-luvulla, ja siihen vaikutti merkittävästi saksalaisen arkkitehdin Ernst Neufertin julkaisema suunnitteluohjeistus. (Nieminen 2023.)

Vuonna 1942 Yhdysvaltain hallitus palkkasi Skidmore, Owings & Merrillin suunnittelemaan huippusalaisen Oak Ridgen kaupungin Tennesseeeseen modulaarista rakentamista hyödyntäen. Rakennukset toteutettiin esivalmistetuista betoniosista, jotka voitiin liittää yhteen ja järjestellä eri kokoonpanoihin. Kaupungin rakentamisen on kuvattu tapahtuneen erittäin nopeasti, jopa lähes yhdessä yössä. Modulaarisen rakentamisen "plug-and-play" -ominaisuus osoittautui merkittäväksi innovaatioksi, joka vaikutti myöhempiin arkkitehtonisiin ratkaisuihin ja kehityssuuntiin maailmanlaajuisesti. (Gasc n.d.)

Modulaarisen rakentamisen kehitys jatkui 1960-luvulla, ja vuonna 1967 israelilainen arkkitehti Moshe Safdie suunnitteli Habitat 67:n, 12-kerroksisen asuinrakennuksen, joka koostui 354 identtisestä, esivalmistetusta betonimoduulista. Hankkeen tavoitteena oli luoda ratkaisu, joka maksimoi luonnonvalon, ilmanvaihdon ja avoimen tilan hyödyntämisen kaupunkirakenteessa. (Gasc n.d.)

Vastaavanlaisia modulaarisia rakennusratkaisuja sovellettiin myös Yhdysvalloissa. Vuonna 1970 amerikkalainen arkkitehti Paul Rudolph suunnitteli New Havenin, Connecticutissa sijaitsevan Oriental Masonic Gardens -asuinalueen, jonka tarkoituksena oli vastata kasvavaan asuntopulaan. Projektissa käytettiin 148 esivalmistettua rakennusyksikköä, jotka järjestettiin ryhmiin ja keskitettiin yhteisten käyttötilojen ympärille. Yksiköiden suunnittelussa painotettiin toimivuutta: yhteiset oleskelutilat sijoitettiin pohjakerrokseen, kun taas makuuhuoneet sijoitettiin ylempiin kerroksiin. Lisäksi rakennuksiin oli mahdollista lisätä kolmas kerros lisätilaa varten. (Gasc n.d.)

Japanissa modulaarista rakentamista kehitettiin edelleen 1970-luvulla. Vuonna 1972 arkkitehti Kisho Kurokawa suunnitteli ja toteutti Nagakin Capsule Towerin, joka koostui 140 täysin itsenäisestä moduuliyksiköstä. Jokainen yksikkö sisälsi valmiiksi asennetut kylpyhuoneet, kiintokalusteet sekä sisäänrakennetut elektroniikkalaitteet, kuten television, radion ja puhelimen. Rakennus suunniteltiin siten, että yksittäiset moduulit voitiin tarvittaessa irrottaa ja korvata uusilla, mikä pidentää rakennuksen elinkaarta ja mahdollistaa sen joustavan muokkauksen. (Gasc n.d.)

Teknologian nopea kehitys 1990-luvulla ja 2000-luvun alussa edisti osaltaan modulaarisen rakentamisen kehitystä. Teknologisten innovaatioiden myötä myös modulaarisen rakentamisen mahdollisuudet ovat laajentuneet, ja sen sovellusalueet ovat laajentuneet perinteisestä asuinrakentamisesta monipuolisempiin kohteisiin. Rakennusmarkkinoilla on viime vuosikymmeninä kasvanut tarve entistä kestävämmille ja taloudellisemmille ratkaisuille, mikä on nostanut modulaarisen arkkitehtuurin yhä keskeisempään asemaan. (Gasc n.d.)

Vuonna 2015 Modular Building Institute raportoi, että modulaarinen rakentaminen kattoi 2,9 % kaikesta rakentamisesta kyseisenä vuonna. Alan kasvun arvioitiin jatkuvan, ja vuonna 2020 osuuden odotettiin lähes kaksinkertaistuvan 5 %:iin. Vaikka rakennusalan kehitys COVID-19-pandemian jälkeisessä maailmassa on osittain epävarmaa, modulaarisen rakentamisen kasvutrendi on jatkunut. Teknologisten innovaatioiden ja kestävien ratkaisujen kysynnän kasvu viittaavat siihen, että modulaarisen rakentamisen merkitys tulee todennäköisesti lisääntymään tulevaisuudessa. (Gasc n.d.)

3 MODULAARISEN- JA PERINTEISEN RAKENTAMISEN VERTAILU

Modulaarinen rakentaminen eroaa perinteisestä rakennustavasta merkittävästi, sillä siinä hyödynnetään valmiiksi valmistettuja rakennusmoduuleja, jotka valmistetaan tehtaalla ja kuljetetaan rakennuspaikalle koottavaksi. Tämä lähestymistapa mahdollistaa tehokkaamman, säältä suojatun rakentamisen ja voi lyhentää rakennusaikoja merkittävästi. Modulaarisessa rakentamisessa käytetään teollistuneita prosesseja, jotka varmistavat tarkkuuden ja laadun hallinnan. Perinteinen rakentaminen taas tapahtuu suoraan rakennustyömaalla, jossa kaikki työ tehdään paikan päällä – aina perustusten kaivamisesta aina rakennuksen viimeistelyyn. Perinteinen menetelmä on joustavampi ja mahdollistaa reagoimisen muuttuviin olosuhteisiin, mutta on usein alttiimpi viivästyksille ja sääolosuhteiden vaikutuksille.

3.1 Rakennusprosessin vertailu

Rakennusprosessin vertailu modulaarisen ja perinteisen rakentamisen välillä paljastaa merkittäviä eroja työskentelytavoissa ja aikarajoitteissa. Modulaarisessa rakentamisessa prosessi jakautuu selkeisiin vaiheisiin, jotka alkavat huolellisella suunnittelulla, joka ottaa huomioon rakennuksen modulaarisen rakenteen. Suunnitteluvaiheessa huomioidaan tarvittavat moduulit ja niiden yhteensopivuus, ja tämä vaihe on oleellinen projektin onnistumisen kannalta. Moduulit valmistetaan tehtaalla valmiiksi, mukaan lukien seinät, sisäpinnat, kiintokalusteet ja usein myös tekniset järjestelmät, kuten sähkö- ja putkistot. Valmistus tapahtuu tarkasti kontrolloiduissa teollisissa olosuhteissa, jolloin sääolosuhteet eivät vaikuta työprosessiin ja laatu pysyy tasaisena. Valmiit moduulit kuljetetaan työmaalle, jossa ne kootaan paikalleen ja liitetään rakennuksen perusrakenteisiin, kuten perustuksiin ja infrastruktuuriin.

Perinteisessä rakentamisessa prosessi alkaa rakennustyömaan valmistelulla, kuten kaivuutöillä ja perustusten tekemisellä. Työt tapahtuvat paikan päällä vaiheittain, ja koko rakennusprosessia ei voida täysin ennakoida, sillä se on herkempi ulkoisille tekijöille, kuten sääolosuhteille. Työt etenevät perinteisessä rakentamisessa osissa, alkaen perustuksista ja päättyen rakennuksen viimeistelyyn. Tämä

tarkoittaa, että työmaan olosuhteet, kuten sää, voivat vaikuttaa suoraan työskentelyn aikarajoihin ja työntekijöiden työskentelymukavuuteen. Koko rakennus toteutetaan paikan päällä, mikä mahdollistaa tietynasteisen joustavuuden ja reagoinnin rakennusprosessin aikana, mutta toisaalta se tuo mukanaan myös mahdollisia viivästyksiä ja aikarajoitteiden rikkoutumista.

Modulaarisessa rakentamisessa prosessien tarkkuus ja ennakoitavuus ovat sen suurimpia etuja, sillä suurin osa työstä tehdään tehtaalla. Tämä voi johtaa nopeampaan valmistumisaikaan verrattuna perinteiseen rakentamiseen, sillä työmaa-aika jää lyhyemmäksi, ja rakennus voidaan saada valmiiksi nopeammin. Perinteisessä rakentamisessa taas koko prosessi on hajautetumpi ja se on altis viivästyksille ja odottamattomille esteille. Sääolosuhteet, materiaalien toimitusongelmat ja työvoiman saatavuus voivat kaikki vaikuttaa rakennusaikaan.

3.2 Kustannus- ja aikataulu vertailu

Kustannus- ja aikarajoitteet ovat keskeisiä tekijöitä rakennusprosessin suunnittelussa ja toteutuksessa, ja modulaarinen sekä perinteinen rakentaminen eroavat merkittävästi näillä osa-alueilla. Modulaarisen rakentamisen etuna on se, että suurin osa työstä tapahtuu tehtaalla, missä työolosuhteet ovat kontrolloidut ja sääolosuhteet eivät vaikuta rakentamiseen. Tämä lisää tehokkuutta ja ennakoitavuutta. Moduulien valmistus tehtaalla voi lyhentää kokonaisaikaa jopa 30–50 prosentilla verrattuna perinteiseen rakentamiseen, mikä säästää myös kustannuksia. Koska suuri osa työstä on valmis ennen työmaan aloittamista, työmaalla vietetty aika on lyhyempi, mikä vähentää työvoimakustannuksia ja rakennusmateriaalien varastoinnin tarpeita. Lisäksi, kun työskentely tapahtuu valmiissa teollisessa ympäristössä, saadaan aikaan tarkempia ja laadukkaampia rakenteita, mikä voi pienentää virheiden korjauskustannuksia rakennusprosessin aikana.

Perinteisessä rakentamisessa taas koko rakennusprosessi tapahtuu paikan päällä, ja tämä tekee aikarajoitteiden hallinnasta monimutkaisempaa. Perinteinen rakentaminen on usein altis sääolosuhteille, toimitusongelmille ja työvoiman saatavuuden vaihteluille, mikä voi johtaa viivästyksiin ja lisäkustannuksiin. Työmaan valmistelut, kuten kaivuutyöt, perustusten tekeminen ja rakennuksen vaiheittainen valmistuminen voivat johtaa aikarajoitteiden rikkomiseen ja aikaisempaa

suurempiin kustannuksiin. Perinteinen rakentaminen vaatii myös enemmän työvoimaa ja monimutkaisempia logistiikkaratkaisuja, mikä voi nostaa rakennuskustannuksia ja pidentää valmistumisaikaa. Lisäksi mahdolliset virheet työmaalla voivat johtaa kalliisiin korjauksiin, mikä lisää kustannuksia ja viivästyttää projektia entisestään.

Vaikka modulaarinen rakentaminen voi vaikuttaa kalliimmalta alkuvaiheessa, erityisesti moduulien valmistuksen ja kuljetuksen osalta, se voi pitkällä aikavälillä olla kustannustehokkaampi, sillä rakentamisen aikarajoitteet ja virheet ovat hallittavissa. Perinteinen rakentaminen voi olla joustavampaa suunnitelmien muutosten suhteen, mutta se voi myös tuoda mukanaan odottamattomia kustannuksia ja aikaviivästyksiä, joita modulaarinen rakentaminen voi osittain välttää.

3.3 Laatu ja virheet rakennusprosessissa

Modulaarisessa ja perinteisessä rakentamisessa laatutason hallinta ja virheiden minimointi eroavat merkittävästi. Modulaarisessa rakentamisessa prosessi on teollistettu, ja suurin osa työstä tehdään tehtaalla tarkasti kontrolloiduissa olosuhteissa. Tämä mahdollistaa korkeampaan laatuun tähtäävän valmistusprosessin, jossa moduulit valmistetaan ammattitaitoisesti ja tarkasti erikoistuneilla koneilla ja laitteilla. Koska tehtaassa työolosuhteet ovat vakaita ja sääolosuhteet eivät vaikuta rakentamiseen, laatu pystytään varmistamaan tehokkaasti ja yhdenmukaisesti. Tämä vähentää virheiden mahdollisuutta ja takaa, että komponentit täyttävät tiukat laatuvaatimukset ennen kuin ne siirretään rakennustyömaalle. Lisäksi moduulien valmistuksessa on usein käytössä laaja automaatio ja tarkastusprosessit, jotka vähentävät inhimillisten virheiden mahdollisuutta ja takaavat jatkuvan laadunvalvonnan.

Perinteisessä rakentamisessa laatu on enemmän riippuvainen työmaan olosuhteista ja työvoimasta. Koska kaikki työ tehdään paikan päällä, rakennusprosessin laatu voi vaihdella työmaan olosuhteista, kuten säästä ja työvoiman kokemusasusteesta riippuen. Esimerkiksi huono sää voi estää tiettyjä rakennusvaiheita etenevästä ajallaan ja vaikuttaa materiaalien käsittelyyn, mikä voi johtaa virheisiin. Työmaan epävakaa olosuhteet, kuten vaihteleva lämpötila tai kosteus, voivat

myös vaikuttaa rakennusmateriaalien laatuun ja rakennuksen lopulliseen kestävyteen. Lisäksi perinteisessä rakentamisessa virheet voivat ilmetä rakennusprosessin aikana, ja korjaukset voivat olla aikaa vieviä ja kalliita.

Modulaarisessa rakentamisessa virheiden mahdollisuus on pienempi, koska moduulien valmistus tapahtuu tehtaassa tarkasti määritellyn prosessin mukaan. Tehtaassa käytettävä laadunvalvonta ja automaatio mahdollistavat virheiden havaitsemisen jo ennen kuin moduulit saapuvat työmaalle, jolloin korjaustoimenpiteet voidaan tehdä aikaisessa vaiheessa. Perinteisessä rakentamisessa virheitä voi ilmetä työmaalla, ja ne voivat olla kalliimpia ja aikaa vievämpiä korjata, sillä ne voivat vaikuttaa koko rakennusprosessiin ja aiheuttaa viivästyksiä.

3.4 Ympäristövaikutukset ja kestävyys

Modulaarinen ja perinteinen rakentaminen eroavat toisistaan myös ympäristövaikutusten ja kestävä kehityksen näkökulmasta. Modulaarinen rakentaminen tarjoaa useita etuja ympäristön kannalta, sillä suurin osa työstä tapahtuu tehtaassa, jolloin työmaa-alueen ympäristövaikutukset ovat huomattavasti pienemmät verrattuna perinteiseen rakentamiseen. Tehtaalla tapahtuva valmistus mahdollistaa tarkempien materiaalmäärien laskemisen ja jätteiden minimoimisen. Työmaalla syntyy vähemmän rakennusjätettä, koska suurin osa rakenteista ja komponenteista valmistetaan tehtaassa valmiiksi. Tämä vähentää rakennusmateriaalien hukkaa ja säästää resursseja, mikä tukee kiertotaloutta ja kestävä kehitystä.

Lisäksi modulaarisessa rakentamisessa voi olla helpompi käyttää kierrätettäviä ja ympäristöystävällisiä materiaaleja, koska valmistusprosessi on teollistettu ja tarkasti hallittu. Moduulien valmistus tehdasolosuhteissa mahdollistaa materiaalien tarkemman valinnan ja kierrätysprosessien suunnittelun. Myös rakennuksen elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset voivat olla vähäisemmät, sillä modulaarinen rakentaminen mahdollistaa helposti rakennuksen osien purkamisen ja uudelleenkäytön, mikä edistää materiaalien elinkaaren pidentämistä.

Perinteinen rakentaminen puolestaan on usein alttiimpi suuremmille ympäristövaikutuksille. Koska kaikki työ tehdään paikan päällä, rakennusjätteet ja saasteet

voivat kertyä työmaalle ja lähialueelle. Rakennusmateriaalien kuljetus ja varastointi voivat myös aiheuttaa merkittäviä hiilidioksidipäästöjä. Perinteisessä rakentamisessa on myös haastavampaa hallita materiaalihukkaa ja tarkasti valita ympäristöystävällisiä materiaaleja, sillä valinnat tehdään usein työmaalla ja materiaalien käsittely voi olla vähemmän kontrolloitua. Rakentaminen voi myös kärsiä sääolosuhteiden aiheuttamista viivästyksistä, mikä voi johtaa pitkiin rakentamisaikoihin ja lisääntyneisiin ympäristön kuormituksiin.

Modulaarinen rakentaminen tukee myös kestävämpää kaupunkikehitystä, koska se mahdollistaa nopeamman rakennusprosessin ja vähemmän häiriöitä ympäristölle. Koska rakentaminen tapahtuu suuressa osassa tehtaassa, ei tarvitse tehdä laajoja maansiirtotöitä tai muita ympäristöä kuormittavia toimia työmaalla. Tämä tekee modulaarisesta rakentamisesta ympäristöystävällisemmän vaihtoehdon erityisesti tiheästi asutuilla alueilla, joissa maapohjan ja tilan säästäminen on tärkeää.

Kestävyysnäkökulmasta katsottuna modulaarinen rakentaminen voi myös tarjota etuja rakennuksen elinkaaren aikana. Moduuleja voidaan helposti päivittää, laajentaa tai jopa purkaa ja siirtää toisiin kohteisiin. Tämä joustavuus voi pidentää rakennuksen käyttöikää ja vähentää tarvetta uusien rakennusten rakentamiselle. Perinteinen rakentaminen on yleensä vähemmän joustavaa ja voi olla haastavampaa purkaa tai muokata ilman merkittäviä kustannuksia ja ympäristövaikutuksia.

4 TULOSTEN YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä on vertailtu modulaarista ja perinteistä rakentamista keskittyen niiden hyötyihin ja haasteisiin. Työssä on käyty läpi rakennusprosessin eri vaiheet, kustannus- ja aikataulutarkastelut, laatuun ja virheisiin liittyvät näkökulmat sekä ympäristövaikutukset. Tarkastelun perusteella voidaan todeta, että modulaarinen rakentaminen tarjoaa merkittäviä etuja erityisesti nopeuden, kustannustehokkuuden ja työmaan hallinnan osalta, mutta samalla se tuo mukanaan haasteita, kuten suunnittelun jäykkyyden ja kuljetuskustannukset.

Modulaarinen rakentaminen mahdollistaa rakennusprosessin tehostamisen siirtämällä valtaosan työstä tehtaisiin, mikä vähentää sääolosuhteiden vaikutusta ja parantaa työn laatua. Tämän myötä työmaalla tapahtuva rakentaminen nopeutuu, mikä lyhentää kokonaisrakennusaikaa jopa 30–50 prosenttia verrattuna perinteiseen rakentamiseen. Lisäksi työmaan häiriöt, melu ja jäte vähenevät, mikä parantaa sekä työntekijöiden että ympäristön olosuhteita.

Kustannusten osalta modulaarinen rakentaminen voi tuoda säästöjä erityisesti suurissa ja toistettavissa hankkeissa, kuten kouluissa, sairaaloissa ja asuinrakennuksissa. Kuitenkin yksilöllisten ja monimutkaisempien rakennusprojektien kohdalla perinteinen rakentaminen saattaa olla joustavampi ja taloudellisesti kilpailukykyisempi vaihtoehto. Yksi merkittävimmistä haasteista modulaarisessa rakentamisessa on suunnittelun tarkkuus: muutokset myöhäisessä vaiheessa voivat aiheuttaa huomattavia lisäkustannuksia ja viivästyksiä.

Laatuun liittyen modulaarinen rakentaminen tarjoaa paremman valvonnan ja tarkemmat laatustandardit teollisten prosessien ansiosta, mikä vähentää virheiden ja rakennusvikojen määrää. Toisaalta perinteisessä rakentamisessa työmaan olosuhteet ja käsityönä tehtävä työ saattavat johtaa suurempiin vaihteluihin rakennuksen laadussa.

Ympäristönäkökulmasta modulaarinen rakentaminen vähentää rakennusjätettä ja optimoi materiaalien käyttöä. Samalla kuitenkin moduulien kuljetus rakennuspaikalle voi aiheuttaa päästöjä ja logistisia haasteita, erityisesti silloin, kun rakennuspaikka sijaitsee kaukana tuotantolaitoksesta.

Tulevaisuudessa modulaarinen rakentaminen voi kehittyä entistä kilpailukykyisemmäksi teknologian ja digitalisaation myötä. Esimerkiksi tietomallinnuksen (BIM) ja automaation hyödyntäminen voivat edelleen parantaa prosessien tehokkuutta ja suunnittelun tarkkuutta. Myös ympäristöystävällisemmät materiaalit ja kiertotalousratkaisut voivat lisätä modulaarisen rakentamisen houkuttelevuutta.

Kaiken kaikkiaan modulaarinen ja perinteinen rakentaminen eivät ole toisiaan täysin poissulkevia vaihtoehtoja, vaan niiden yhdistelmä voi tarjota parhaat hyödyt erilaisiin rakennushankkeisiin. Modulaarinen rakentaminen on erityisen tehokas ratkaisu silloin, kun rakennusprojektin aikataulu ja kustannukset ovat keskeisiä prioriteetteja, kun taas perinteinen rakentaminen mahdollistaa paremman joustavuuden ja muokattavuuden projektin aikana.

5 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin modulaarisen ja perinteisen rakentamisen eroja ja vertailua, ja pohdinta keskittyy näiden rakennustapojen potentiaaliin mahdollisuuksiin ja haasteisiin sekä niiden soveltuvuuteen eri rakennusprojekteihin. Modulaarinen rakentaminen tuo merkittäviä etuja erityisesti silloin, kun rakennusprojekteissa korostuvat aikarajat ja kustannustehokkuus. Tehtaan olosuhteissa valmistettavat moduulit mahdollistavat nopeamman rakennusprosessin ja tarkemman laadunhallinnan, mikä puolestaan vähentää työmaan haasteita, kuten sääolosuhteiden vaikutusta ja virheiden määrää. Tämä tekee modulaarisesta rakentamisesta houkuttelevan vaihtoehdon erityisesti suurissa ja toistettavissa projekteissa, kuten koulurakennuksissa, sairaaloissa ja asuinalueiden kehittämisessä.

Kuitenkin, kuten työssä kävi ilmi, modulaarisen rakentamisen ei voida aina katsoa olevan täydellinen ratkaisu kaikkiin rakennushankkeisiin. Yksi keskeinen haaste on suunnittelun jäykkyys ja rajoitukset, joita moduulien kuljetus ja valmistuspaikan etäisyys voivat aiheuttaa. Tämä saattaa estää suurempia räätälöintejä ja lisätä kustannuksia, erityisesti silloin, kun projekti vaatii poikkeuksellista joustavuutta ja muutoksia rakentamisen aikana. Perinteinen rakentaminen, joka tapahtuu suoraan työmaalla, tarjoaa enemmän joustavuutta ja reagointikykyä, mutta on samalla alttiimpi viivästyksille ja laadunvaihteluille. Tämä tuo esiin mielenkiintoisen kysymyksen siitä, milloin kumpaakin rakennustapaa pitäisi käyttää erikseen ja missä tilanteessa niiden yhdistäminen voisi tuottaa parhaan mahdollisen lopputuloksen.

Toinen pohdittava näkökulma liittyy ympäristövaikutuksiin ja kestävyYTEEN. Modulaarinen rakentaminen tarjoaa merkittäviä etuja ympäristön kannalta, erityisesti työmaan jätteen ja saasteiden vähentämisessä. Kuitenkin, kuten työssä todettiin, moduulien kuljetus voi tuoda lisäpäästöjä, erityisesti silloin, kun tuotanto- ja rakennuspaikka sijaitsevat kaukana toisistaan. Tämä korostaa tarvetta kehittää logistisia ratkaisuja ja optimoida kuljetuksia, jotta ympäristöhyödyt maksimoitaisiin.

Tulevaisuudessa modulaarisen rakentamisen kehittyminen teknologian ja digitalisaation avulla voi tuoda lisää mahdollisuuksia prosessien tehostamiseen ja ympäristövaikutusten minimointiin. Esimerkiksi automaatio, 3D-tulostus ja älykäs materiaalien käyttö voivat tehdä modulaarisesta rakentamisesta entistä kilpailukykyisempää ja kestävämpää. Tällöin modulaarinen rakentaminen voi olla entistä houkuttelevampi vaihtoehto niin taloudellisesti kuin ekologisestikin.

Yhteenvetona voidaan todeta, että sekä modulaarisella että perinteisellä rakentamisella on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Valinta näiden kahden välillä riippuu useista tekijöistä, kuten projektin laajuudesta, aikarajoista, kustannusrajoista ja ympäristövaikutuksista. Tulevaisuudessa rakennusalan kehityksessä on odotettavissa entistä enemmän hybridiratkaisuja, joissa yhdistetään modulaarisen rakentamisen tehokkuus ja perinteisen rakentamisen joustavuus. Tällöin rakennushankkeet voivat hyödyntää molempien menetelmien parhaita puolia, ja alan kehitys voi vastata yhä paremmin ympäristön ja yhteiskunnan tarpeisiin.

LÄHTEET

Ahtokivi, I. 2024. Pysäyttävä väitös: Jopa 80 prosenttia työmaiden työstä ei vie rakennustoita eteenpäin -artikkeli. Verkkosivu. Viitattu 22.1.2025.

<https://www.verkkouutiset.fi/a/pysayttava-vaitos-jopa-80-prosenttia-tyomaiden-tyosta-ei-vie-rakennustoita-eteenpain/#a4527cd5>

Gasc, M. n.d. A Brief History on Modular Architecture. Verkkosivu. Viitattu

24.2.2025. <https://www.gkvarchitects.com/news/a-brief-history-on-modular-architecture>

Harjuniemi, M. 2021. Loistavaa kehitystä ja kovia haasteita -blogi 19.3.2021.

Verkkosivu. Viitattu 22.1.2025.

<https://rakennusliitto.fi/2021/03/19/loistavaa-kehitysta-ja-kovia-haasteita/>

Hautajärvi, H. 2017. Rakennetun Suomen tarina. Helsinki. Rakennustieto Oy

Hilti. n.d. 5 suurinta haastetta rakennusprojektien hallinnoissa -blogi. Verkkosivu. Viitattu 22.1.2025.

<https://www.hilti.fi/content/hilti/E1/FI/fi/business/news/hilti-blog/top-5-construction-management-challenges.html>

Kiviranta, L. 2022. Uusi päiväkotikoti valmistuu kesällä – noin 30 tonnia painavien moduulien asentaminen alkoi Hirvikoskella -artikkeli. Verkkosivu. Viitattu

10.3.2025. <https://www.loimaanlehti.fi/2022/04/uusi-paivakoti-valmistuu-kesalla-noin-30-tonnia-painavien-moduulien-asentaminen-alkoi-hirvikoskella/>

Kotilainen, S. 2013. Modulaarirakentaminen. Ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. Pdf-dokumentti. Viitattu 5.2.2025.

https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116748/kotilainen_moduulirakentaminen.pdf;jsessionid=8BB851A6D02619B7AF84EB72CABEE851?sequence=1

Lamassaari, J. 2024. Noin 600 rakennusalan konkurssia Suomessa vuonna

2023 – Suurimman liikevaihto 115 miljoonaa -artikkeli. Verkkosivu. Viitattu 22.1.2025.

<https://rakennusmaailma.fi/noin-600-rakennusalan-konkurssia-suomessa-vuonna-2023-suurimman-liikevaihto-115-miljoonaa/>

Lohilahti, O. 2017. Arvolisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain -artikkeli. Verkkosivu. Viitattu 10.3.2025

<https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/>

Lujatalo. 2018. Rakennusalan vahvuudet, heikkoudet, haasteet ja mahdollisuudet -blogi 04.09.2018 Verkkosivu. Viitattu 21.1.2025.

<https://www.lujatalo.fi/ajankohtaista/2018/09/04/rakennusalan-vahvuudet-heikkoudet-haasteet-ja-mahdollisuudet/>

Nieminen, S. 2023. Teräksinen moduulirakentaminen on ekologinen vaihtoehto.

Verkkosivu. Viitattu 5.2.2025 <https://rakentaja.pro/artikkelit/ter%C3%A4ksinen-moduulirakentaminen-on-ekologinen-vaihtoehto/>

RT 10-10387 Talonrakennushankkeen kulku. 2016. RT-kortisto. Rakennustieto Oy. Viitattu 21.1.2025. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/>