

Saku Penttinen

Puurakentamisen kannattavuuden parantamisen tutkiminen Lujatalo Oy Savo-Karjala alueen toiminnassa

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Teollinen puurakentaminen

2023



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Saku Penttinen
Työn nimi	Puurakentamisen kannattavuuden parantamisen tutkiminen Lujatalo Savo-Karjala alueen toiminnassa
Toimeksiantaja	Lujatalo Oy
Vuosi	2023
Sivut	47sivua, liitteitä 8 sivua
Työn ohjaaja(t)	Petteri Härkönen, Marko Voutilainen (Xamk) Erno Olkkonen (Lujatalo)

TIIVISTELMÄ

Puurakentaminen on ollut paljon esillä lähivuosina, eritoten yhteyksissä ilmastomuutoksen hidastamiseksi ja päästöjen pienentämiseksi rakennusalaalla. Suomen tavoite on olla hiilineutraali vuonna 2035, joka tulee mahdollisesti nostamaan puurakentamisen osuutta lähivuosina voimakkaasti.

Opinnäytetyössä tutkittiin puurakentamisen kehittämistä Lujatalo Oy Savo-Karjalan yksikössä. Yrityksen nykyinen puurakentamistapa on perinteinen runkorakentaminen pitkistä puumateriaalista. Johtavana ajatuksena on kehittää toimintaa nopeampaan ja kustannustehokkaampaan suuntaan.

Tutkimuksessa tutkittiin Precut-aseman perustamista Lujatalon kalustovaraston yhteyteen. Tutkimuksen kohteena olivat myös Precut-osista valmistetut runko kokonaisuudet ja niiden käyttäminen rakentamisessa.

Tutkimuksen loppupäässä selostetaan tarkemmin Precut-laitteistoa ja sen tuomia mahdollisuuksia nopeuttaa rakennusaikataulua. Optimoimalla raaka-aineiden pituuksia saadaan oleellista hyötyä materiaalihukan minimoinnissa. Tutkimuksen mukaan Precut-osista rakentaminen nopeuttaa runkovaihetta 3,5-kertaisesti.

Konseptin toimivuutta arvioitiin kyselytutkimuksella yksikön edellisissä projekteissa toimineilta toimihenkilöiltä. Kyselytutkimuksella pyrittiin myös saamaan esille rakennusvaiheessa esiin tulleita ongelmia, joita voitaisiin kehittää.

Kyselyn perusteella tutkimuksessa käsitelty Precut-tekniikan yhdistäminen Platform-rakentamiseen koetaan myönteiseksi. Precut-aseman hankkiminen rakennusliikkeelle koetaan positiiviseksi, mikäli jatkumo ja tilauskanta saadaan tarpeeksi kattavaksi.

Tehokkuutta normaaliin runkorakentamiseen verrattuna saadaan Precut-osien hyödyntämisestä rakentamisen nopeutumisenä. Yrityksen omalla työvoimalla kasatuissa elementeissä jää elementtiyrityksen toimittamat elementit tuotantoketjusta pois. Tämä puolestaan lisää kilpailukykyä, koska jokainen yritys rakentamisen ketjussa pyrkii tuottamaan itselleen voittoa.

Asiasanat: Precut, elementti, opinnäytetyö, Lujatalo

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Saku Penttinen
Thesis title	Study of improving the profitability of wood construction in the operations of the Lujatalo Savo-Karjala area
Commissioned by	Lujatalo Oy
Time	2023
Pages	47 pages, 8 pages of appendices
Supervisor	Petteri Härkönen, Marko Voutilainen (Xamk) Erno Olkkonen (Lujatalo)

ABSTRACT

Wood construction has been much on the agenda in recent years, especially to slow down climate change and reduce emissions in construction Finland aims to be carbon neutral in 2035, which will potentially increase the share of wood construction significantly in the coming years.

The thesis examined the development of wood construction in Lujatalo Oy Savo-Karjala. The company currently employs traditional frame construction using long wood material. The primary objective is to create a faster and more cost-effective approach.

The investigation examined the establishment of a Precut station for Lujatalo. The purpose of the study was also to investigate using Precut frame packages in construction.

At the end of the study the Precut equipment and their possibilities in accelerating a construction schedule will be further explained. Optimizing the length of raw materials provides essential benefits in minimizing material loss. According to the study, Precut construction speeds up the frame phase by 3.5 times.

The effectiveness of the concept was assessed by a survey among staff working in previous projects. The survey also aimed to identify problems during the construction phase that could be addressed to.

Based on the survey, the integration of Precut technology into Platform construction is considered to be positive. The acquisition of a Precut station for the construction company will be considered positive if the project pipeline and order book are sufficiently comprehensive.

Efficiency compared to normal frame construction is obtained from the utilisation of Precut components for faster construction. The elements produced by the company's own workforce replace the elements supplied by a subcontractor thereby streamlining the production chain. This, in turn, will increase competitiveness, as every company in the construction chain aims to generate profits for itself.

Keywords: Precut, element, thesis, Lujatalo

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	OPINNÄYTETYÖN AIHEEN VALINTA.....	8
2.1	Aineisto ja tutkimusmenetelmät.....	8
2.2	Tutkimuskysymykset ja rajaus.....	9
3	PUURAKENTAMINEN.....	9
3.1	Rakentamisen historia Suomessa.....	9
3.2	Puurakentaminen nyky-Suomessa.....	13
3.3	Puurakentamisen mahdollisuudet tulevaisuudessa.....	15
4	RANKARUNKORAKENTAMINEN.....	16
4.1	Rungon tehtävä.....	16
4.2	Rungon toimintaperiaate.....	16
4.3	Rungon osat.....	17
4.4	Yleisesti käytetyt rungon materiaalit.....	18
4.4.1	Liimapuu.....	18
4.4.2	Viilupuu eli LVL.....	20
4.4.3	Rakennesahatavara.....	21
4.5	Runkotyön kesto pitkästä runkotavarasta.....	22
5	PRECUT.....	23
5.1	Precut edut.....	23
5.2	Precut-laitteisto.....	24
5.3	Tarjous.....	24
5.4	Tilantarve.....	25
5.5	Logistiikka.....	25
6	PLATFORM.....	25
6.1	Edut.....	26
6.2	Ratu laskenta.....	26
7	RUNKORAKENTAMISKOE.....	27

7.1	Periaate- ja toteutus.....	27
7.2	Välineet- ja valmistelu.....	28
7.3	Kokeen suoritus.....	29
7.4	Analyysi.....	34
8	HAASTATTELUT.....	36
8.1	Haastateltavat ja haastattelu.....	37
9	YHTEENVETO.....	39
10	POHDINTA.....	41
	LÄHTEET.....	44
	KUVALUETTELO.....	46
	LIITTEET.....	48

LIITTEET

Liite 1. Saateteksti haastattelulle

Liite 2. Kattomodulin kasaus alusta

Liite 3. Haastattelukysymykset

Liite 4. Elementtirunkopiirustus

Liite 5. Platform-laskelma

Liite 6. Normaali runkorakentaminen laskelma

Liite 7. Aikalaskelma

KÄSITTEET

Kantopuu

Rankarungoissa lovettona ylälaitaan seinärunkoa, jonka tehtävä on jakaa tasanaisesti yläpohjasta tulevaa painoa runkotolpille.

Lamasalvos

Yleisnimi puiselle seinärakenteelle, jossa hirret ovat vaakasuorassa. Rakenteeseen kuuluu oleellisesti salvokset, joilla rakenne sidotaan.

Precut

Precut on valmiiksi tehdasoloissa määrämittäisiin työstetty puutavara. Sahaus tapahtuu koneellisesti 3D-suunnitteluohjelmasta saadun sahaustiedon mukaisesti. Valmiit osat ovat merkittyjä, ja helppoja asentaa mukana tulevan asennuskuvan mukaan.

Platform

Runkorakennus menetelmä, jossa aluksi rakennetaan alapohja, joka levytetään. Alapohjan päällä valmistetaan seinäelementit, jotka nostetaan pystyyn rakennuksen rungoksi. Menetelmä hyödyntää valmista ala- ja välipohjaa valmiina työalustana.

Runkotolppa

Seinärakenteen kuormia perustuksille välittävä pystytolppa.

1 JOHDANTO

Puurakentamisen tulevaisuuden näkymät ovat hyvät ja erityisesti teollisella puurakentamisella, jolla saadaan työmaan läpimenoaikaa pienemmäksi. Elementti, Precut, moduulirakentaminen nopeuttaa huomattavasti rakentamistyötä työmaalla, koska suuri osa työstä on tehty valmiiksi tehtaassa ennen työmaalle saapumista. Elementit ovat valmiiksi tehtaalla rakennettuja seiniä, joiden mitat vaihtelevat rakennuksen mukaan. Precut tarkoittaa tehtaalla valmiiksi leikattuja, numeroituja ja esivalmistettuja puurunkojen osia. Moduulirakentaminen on tehtaassa valmiiksi rakennettu kokonainen osa rakennusta, jossa on lattia, seinät ja katto valmiina. Mahdollisesti kalustus paikallaan ja tekniikka liittämistä vajaa valmiit. Työssä tutkitaan puurakentamisen kehittämistä Lujatalo Oy Savo-Karjala alueella. Yksikön kannattavuus puurakennuskohteissa on ollut matala, koska työ on suoritettu vanhalla runkorakentamismenetelmällä. Rakentamiseen on tällä perinteisellä tavalla kulunut paljon aikaa, sillä esivalmistelujen osuus on ollut kovin pieni. Tarkoituksena on pohtia tuotantoprosessin nopeuttamista ja samalla saatavia kustannushyötyjä tätä kautta. Tutkimuksessa kehitetään Precut-valmisosista työmaalla koottavia elementtejä, joilla saadaan merkittävä ajallinen säästö perinteiseen runkorakentamiseen. Ajatuksena on toteuttaa rakentamista Platform-menetelmällä, josta saadaan hyötyä sisäpuolen valmiina työtasoina. Tämän menetelmän ansiosta tulevien kerrosten elementit on helppo kasata asennuspaikan viereen. Tällaista tekniikkaa ei juurikaan hyödynnetä, vaan rakentaminen tapahtuu elementteinä tai perinteisenä pitkistä runkotavarasta valmistamalla. Toimintatavan etuna on, ettei sääsuoja olisi välttämätön, jota yksikkö pitää rasitteena puurakentamisen kohteissa. (Olkkonen 2023.)

Toimeksiantaja on Lujatalo Oy:n tarkemmin Joensuun yksikkö.

Lujatalo on yksi Suomen suurimmista rakennusalan konserneista. Lujatalossa työskenteli vuonna 2021 noin 900 rakennusalan ammattilaista. Lujatalo toimii asunto- ja toimitilarakentamisen alueella. Yrityksen ajatuksena on kehittyä puurakentamisen puolelle ja referenssikohteena onkin Kontiotuote Oy:n kanssa yhdessä rakennettava Tuusulan Monion lukio- ja kulttuuritalo. Hankkeen kokonaisurakan summa on noin 27 miljoonaa euroa. Yrityksellä on pitkät perinteet vuodesta 1953, jolloin Felix Isotalo perusti yrityksen. Yritystä on ohjattu nimestä johdetuilla arvoilla. L= Liian suuria riskejä ja velkoja vältetään,

U= Uudistumme ja kehitymme, J= Johtamistapamme on osallistuva, A= Asiakas on avainasemassa ja T= Tehokkuus ja kannattavuus on eilinehtomme. Lujatalon etiikassa tärkeänä pidetään työturvallisuutta, ympäristöä, yhdenvertaisuutta ja lakien noudattamista. (Lujatalo Oy.)

2 OPINNÄYTETYÖN AIHE

Vuoden 2022 talvella kävin työmaakäynnillä Lujatalon työmaalla Savonlinnassa yhdessä luokkamme kanssa. Samalla käynnillä otin puheeksi kesätyöt ja mahdollisen työnjohtoharjoittelun. Työsopimuksen saimmekin aikaan ja kesän mittaan olin paloasematyömaalla työnjohdossa. Työnkuvani sisälsi laajalaisesti dokumentointia, työnjohtoa, aikataulusuunnittelua, sopimuspaperien läpikäyntiä ja työsuunnitelmien laatimista. Harjoittelun aikana tuli puheeksi projektipäällikkö Erno Olkkosen kanssa opinnäytetyö ja välittömästi saatiinkin aihe, joka edistäisi mahdollisesti yksikön tulevaisuuden näkymiä. Puurakentamisen kannattavuus oli osoittautunut kyseenalaiseksi ja aiheena itselle tämän kehittäminen tuntui erittäin mielenkiintoiselta.

2.1 Aineisto ja tutkimusmenetelmät

Aineisto käytetään rakennusalan kirjallisuutta, internet-artikkeleita, Lujatalon vanhoja työtoteumia, kyselytutkimusta, rakennustietokannan RT-kortteja sekä internet-sivuja. Tietoja hyödynnetään kirjalliseen tuotokseen ja kyselytutkimusta käytetään suoraan opinnäytetyössä kehityksessä olevan rakennustavan toimivuuden arviointiin. Kyselytutkimus on edellisissä projekteissa mukana olleiden työnjohtotehtävistä vastanneiden henkilöiden kanssa ja vastauksia hyödynnetään kehitystyössä. Tutkimus on kvalitatiivinen eli tutkimuksella pyritään selvittämään kokonaisvaltaisesti tutkimuskohteen laatua, ominaisuuksia sekä merkityksiä. Tutkimuksessa toteutuu pienimuotoinen kenttätutkimus ja mittaus ajallisesta säästöstä valmisosilla rakentaminen verrattuna pitkistä runkotavarasta rakentamiseen.

Haastattelut toteutettiin strukturoituina, koska niitä on helppo vertailla keskenään. Menetelmä tarkoittaa kysymysten esittämistä kaikille haastateltaville samassa järjestyksessä. Haastattelun kysymykset ja kysymysten sanamuoto on

määritelty ennakkoon (liite 3). Haastattelulla on pyritty keräämään paljon rakennustietoa omaavilta henkilöiltä mahdollisia ongelmakohtia suunnittelemani rakennustavasta ja kehitysideoita. Työmailla toimineilla on hyvää käytännön tietoa saatavilla. Saturoituminen kyselytutkimuksessa tulee 2–6:lla asiantuntevalla työnjohdon henkilöllä eli tietoa saavutetaan tarpeeksi ja tutkimusta voidaan pitää luotettavana tältä osin.

2.2 Tutkimuskysymykset ja rajaus

Miten kannattavuutta voisi parantaa?

Kuinka rakennus aikaa saataisiin pienemmäksi?

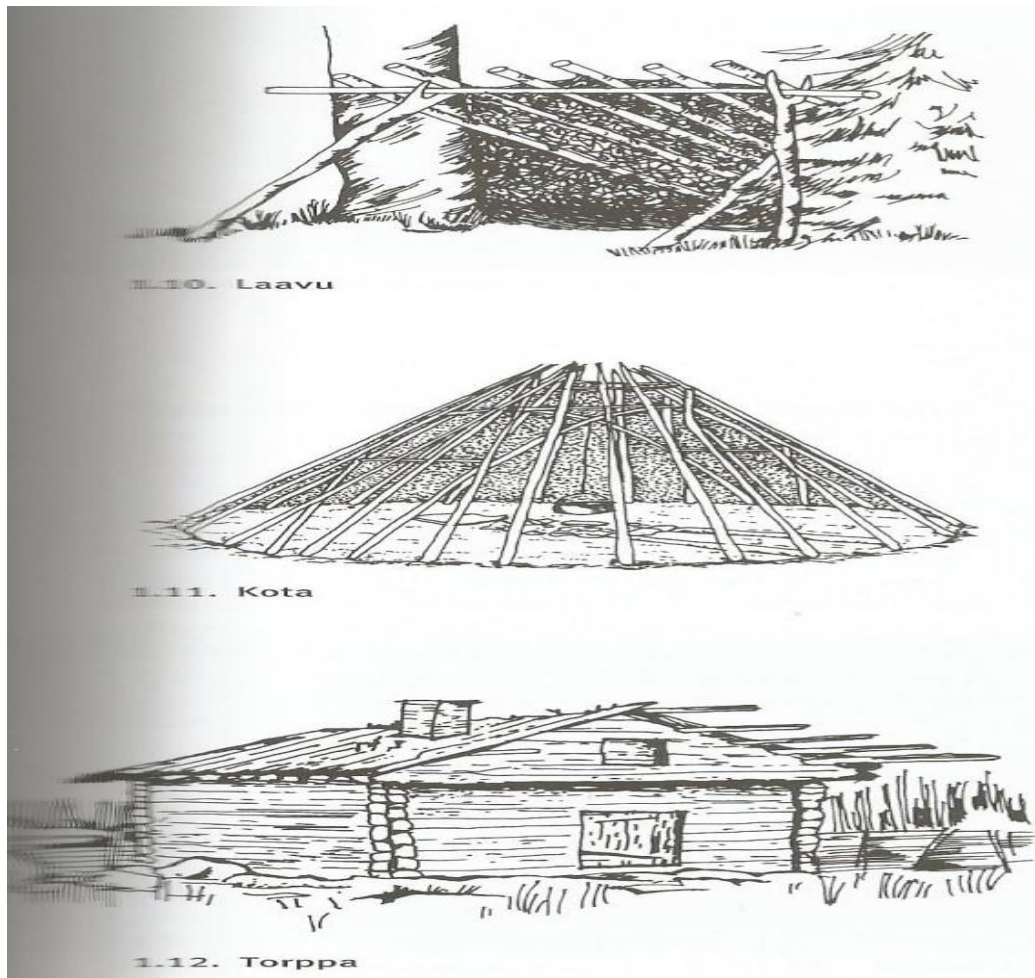
Tutkimuksen rajaus on runkorakenteissa ja rankarunkoisena. Yksikössä koetaan rankarunkorakentamisen olevan kehittämisen tarpeena ja puurakentamisen sääsuojaus koetaan rasitteena. Säästöä puurakentamisessa tulee jo anturatasolta lähtien, koska puurakentamisella saadaan huomattavasti kevyempiä rakenteita verrattuna esimerkiksi betonirakentamiseen. Tutkimus pysyy kuitenkin runkorakentamisen sisällä ja mahdollisen Precut-aseman suunnittelussa.

3 PUURAKENTAMINEN

3.1 Rakentamisen historia Suomessa

Puun käytöllä rakentamisessa on pitkät perinteet Suomessa. Aluksi rakennelmat olivat tilapäiseen majoittumiseen tarkoitettuja kota- ja laavutyyppeisiä rakennelmia (kuva 1). Ensimmäiset vakituisen asumisen hirsirakennelmat alkoivat yleistyä 800–1000-luvuilla ja ne valmistettiin veistämättömistä hirsistä lamasalvostekniikalla. Tyypillistä tämän ajan rakennuksissa oli maanvarainen lattia. Alussa tulisijat olivat maahan kasattuja kivisiä tulisijoja, joista savu johdettiin pois katossa olevasta reiästä. Ajan saatossa asumukset alkoivat kehittyä huomattavasti viihtyisämpään ja käytännöllisempään suuntaan. Lattioita korotettiin maatasosta ja ensimmäisiä muurattuja tulisijoja hormeineen alkoi

esiintyä Lounais-Suomessa Ruotsista saatujen oppien avustuksella 1000–1200-luvuilla. (Siikanen 2016, 12–13.)



Kuva 1. Torppa, kota- ja laavuasumuksia (Siikanen 2016)

1700-luvulla alkoi yleistyä pienet lasi-ikkunat tuomaan valoisuutta pirttiin. Rakennuksissa käytettiin edelleen lamasalvostekniikka, mutta hirsiiä opittiin jatkaamaan ja täten rakennuksista saatiin huomattavasti suurempia. Sahateollisuus alkoi yleistyä 1700-luvulla ja tämän seurauksena hirsirakennuksia ryhdyttiin verhoilemaan ulkoa lautavuorauksilla. Ensimmäisiä kivijalkaperustuksia rakennettiin 1800-luvulla. Kivijalkaperustus antoi alimmaisille hirsikerroksille suojan maakosteutta vastaan ja jatkuva kengittäminen eli alimmaisten hirsien vaihtaminen jäi vähemmälle. (Siikanen 2016, 13–14.)

1800-luvulla sahateollisuus jatkoi kasvuaan ja tuotevalikoima monipuolistui. Samoihin aikoihin puun hinta nousi ja aiheutti kehitystyötä puurakentamisen rintamalla. Kehitystyön tuloksena 1850-luvulla alettiin kokeilemaan runkora-

kentamista puun säästämiseksi ja kustannusten hallitsemiseksi. Samoihin aikoihin yleistyi myös puun käsittely maalaamalla. Maalaus toi lisäkestävyyttä puulle ja näin saavutettiin pidempi käyttöikä puuverhouksille. (Siikanen 2016, 14.)

Toinen maailmansota ja sen jälkeinen aika (1940–1970-luvut) toivat tullessaan uuden rakennustyyppin. Aikaisemmin tulisijat olivat olleet eri huoneissa omien hormien kanssa. Uudessa mallissa tuotiin kaikki tulisijat yhden hormin ympärille ja samalla muodostui uusi talotyyppi, jota kansankielellä kutsutaan rintamamiestaloksi. Tyypillisesti 1,5-kerroksisessa rakennuksessa oli kellari, johon usein peseytymistilat sijoitettiin. (Siikanen 2016, 14.)

Puusta rakentaminen oli johtava rakentamisen muoto 1950-luvun lopulle. Uudet rakennusmateriaalit ottivat tässä vaiheessa jalansijaa ja vuonna 1957 puurakentamisen osuus oli enää 47 %. Tiili, betoni, teräs ja kevytbetoni ottivat markkina-asemaa siinä määrin, että vuonna 1967 puurakenteisten uudisrakennusten osuus oli enää 26 %. Suurin syy rakentamisen murrokseen oli asuntotuotannon muuttuminen enenevässä määrin kerrostalotuotannoksi. Elementtirakentamisen aikakausi alkoi, mikä johti osaltaan puurakentamisen vähenemiseen. Asumismukavuuteen oleellisesti vaikuttava asia, ilmanvaihto toteutettiin 1960-luvulla pääsääntöisesti painovoimaisesti. Poisto on toteutettu pääsääntöisesti erillisillä hormeilla savupiipun yhteyteen. Ongelmia yleisesti tämän ajan ilmanvaihdossa on korvausilman saannissa ja siirtoilmaraoissa huoneistoiden väliovien yhteydessä. Usein poistot sijaitsevat kosteissa tiloissa ja varastoissa, joten korvausilman tulo oleskelutiloista poiston luo on syytä olla kunnossa. (Raksystems 2021a; Raksystems 2021d; Siikanen 2016, 17.)

Kokeiluiden aikakausi pientalorakentamisessa alkoi 1970-luvulla. Puun käyttö rakentamisessa nousi hiljalleen vuoteen 1977 asti, kunnes se rupesi lisääntymään nopeasti pientalorakentamisen ohittaessa kerrostalotuotannon määrän vuonna 1979. Tyypillistä tämän ajan taloille on rohkeat rakenneratkaisut ja materiaaliratkaisut, vaikka niiden toimivuudesta Pohjolan vaativissa olosuhteissa ei ollut tietoa. Erityistä 1970–1980-lukujen vaihteen taloissa on alppityylisten talojen yleistyminen ja niiden hyvin käkikellomaiset 45-asteen kattoratkaisut. 1980-luvulla huomioitavaa on omakotitalorakentamisen suuri määrä,

joka nousi lähes kahteensataan tuhanteen ollen satayhdeksänkymmentäseitsemäntuhattakolmesataaviisikymmentäkahdeksan kappaletta. Ajalle hyvin tyyppillistä oli ulkoverhoiluiden valmistaminen tiilestä, puisten runkorakenteiden suojaamiseksi. Aikajaksolla alettiin kiinnittää huomiota rakennuksen energiatehokkuuteen, mikä on jatkunut tähän päivään asti. Ilmanvaihdollisesti siirryttiin koneelliseen poistoilmanvaihtoon, koska ajanjakson talot olivat hyvin usein matalarakenteisia. Matalarakenteisissa taloissa ilmanvaihtokanavat kulkevat usein vaakatasossa, joten painovoimainen ilmanvaihto ei toimi kyseisissä rakennuksissa. Ongelmia alkoi erityisesti esiintymään puutteellisen korvausilman saannissa, joka aiheutti ilmavuotoja lattian ja ulkoseinien liitoksiin. Aikajakson rakentamisessa ei tyyppillisesti kiinnitetty erityistä huomiota rakennuksen tiiveyteen. 1980-luvun lopulla alkoi yleistyä koneellinen tuloilma- ja poistoilma. (Raksystems 2021b; Raksystems 2021d; Siikanen 2016, 17.)

1990-luvulla taloudelliset vaikeudet ohjasivat rakentamista entistä laadukkaampaan suuntaan. Rakennusvirheiden korjaukseen ei enää haluttu sijoittaa pääomaa ja suunnittelu tehostui laadukkaan rakentamisen ohella. Aikausi toi puurakentamiselle uusia näkymiä. Puuarkkitehtuuri alkoi kukoistamaan ja puusta valmistettiin massiivisiakin rakennelmia, kuten Suomen Metsämuseo Lusto Punkaharjulla 1993 (kuva 2). Palolainsäädäntö velvoitti kuitenkin silloin vielä tekemään runkorakenteet betonista, mutta julkisivuihin ja sisustaan saatiin paljon hienoa arkkitehtuuria puusta. Vuodesta 1997 on rakennettu 3- ja 4-kerroksisia puukerrostaloja, koska silloin palomääräykset muuttuivat. Uudet määräykset antoivat mahdollisuuden tietyin ehdoin rakentaa tiiviitä ja matalia pienkerrostaloja. 1990- ja 2000-luvun taitteessa alkoi märkätiloissa vedeneristykset olla tämän päivän normien mukaisia. Energiatehokkuus on nousut koko ajan tärkeämmäksi, sitä on parannettu asuntojen tiiveydellä, eristepaksuutta lisäämällä, 3–4 kerroksisilla selektiivilaseilla ikkunoissa ja koneellisella lämmöntalteenotolla. Selektiivilasi on eristetty hyvin ohuella metallioksidikerroksella, joka heijastaa lämpösäteilyä pois ja laskee valon sisälle asuntoon. Kesällä auringonvalo ei kuumenna asuntoa tarpeettomasti ja talvella saata-vissa oleva valo pääsee tulemaan sisälle, mutta lämpösäteily ei karkaa ulos. Lämmitysjärjestelmissä siirryttiin suurelta osin maa- ja kaukolämpöön, joissa lämmönjakojärjestelmänä on usein lattialämmitysjärjestelmä. Lisälämmityksenä usein käytetään ilmalämpöpumppua. Ilmanvaihtona 2000-luvulta lähtien on suosittu koneellista poisto- ja tuloilmajärjestelmää. Erityisesti poistoilman

lämmöntalteenotolla saadaan merkittäviä energiasäästöjä ja ilmanvaihtolaite onkin osa energialuokitusta. Muita energialuokitukseen vaikuttavia asioita on talon rakenteet, ikkunat, ja lämmitysmuoto. Energialuokitus tulee vuoden 2008 jälkeen rakennettujen talojen energiatodistukseen, minkä säätelee lain kohta 176/2013. Laki velvoittaa vuoden 1980 jälkeen rakennetut omakotitalot hankkimaan energiatodistuksen kauppatilanteissa. Energiatodistuksen perimmäinen tarkoitus on antaa selkeä kuva talojen vertailuun myynti- ja vuokraustilanteessa. Asuntohan on yksi elämän tärkeimpiä valintoja, jossa työkaluja on hyvä olla saatavilla. Raksystems 2021c; Raksystems 2021d; Siikanen 2016, 18; Kuningaskuluttaja 2014.)



Kuva 2. Suomen Metsämuseo Lusto (Koponen 2019)

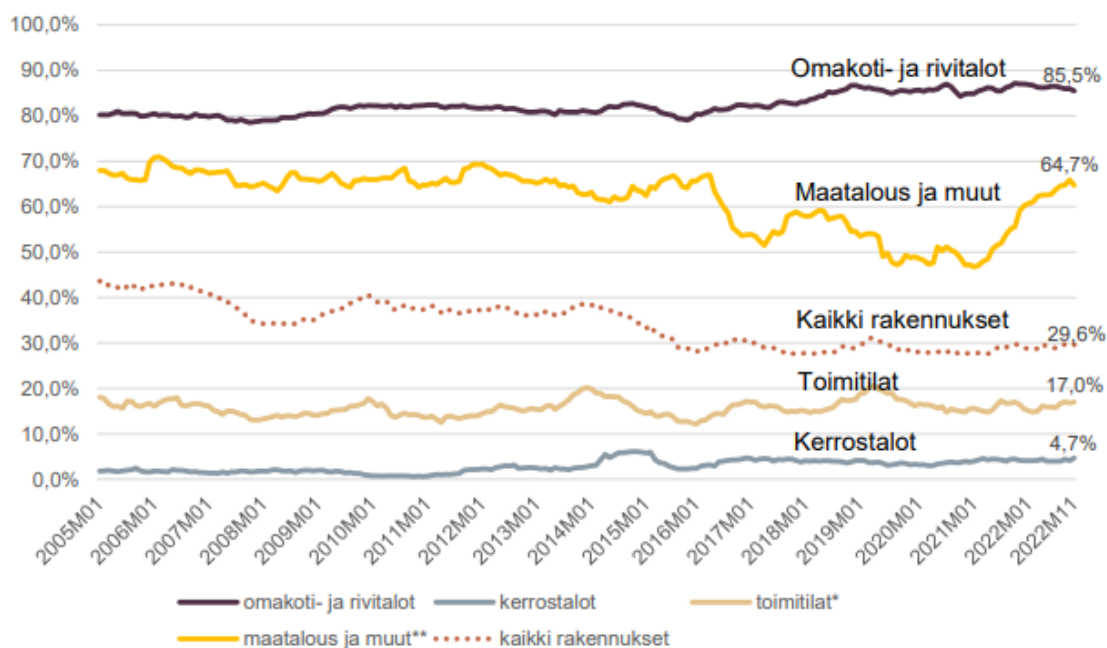
Vuonna 2011 voimaan tulleet palomääräykset antoivat jälleen vapautta korkeammille puurakennuksille. Asuinkerrostalojen kerrosluku voitiin tämän jälkeen kasvattaa jopa kahdeksaan. Palomääräysten uudistuksen jälkeen onkin rakennettu useita 5–8-kerroksisia asuinrakennuksia. (Siikanen 2016, 19.)

3.2 Puurakentaminen nyky-Suomessa

Puurakentamiseen vaikuttavat yleinen taloudellinen tilanne, kuten muuhunkin rakentamiseen. Vuonna 2020 alkanut koronaviruksen aiheutti nopean talouden

taantumana ja yleinen epävarmuus tulevasta on aiheuttanut aloitettavien rakennusten määrän laskua. Rakennushankkeiden aloittamisen määrä laski heinäsyyskuussa 2022 edelliseen vuoteen verrattuna 31 prosenttia. Kolmanneksen lasku kohdentuu koko rakentamiseen, mutta erityisesti puurakentaminen kärsii laskusta. Rakennuttajien ja rakennusyhtiöiden on vaikeimpina laskun aikoina keskityttävä perustekemiseen, mikä osaltaan lamaannuttaa uuden kehittämistä. Osaltaan kustannustehokkuudelta riskialttiimman puurakentamisen vetävyys kärsii varsinkin puukerrostalorakentamisessa. Puun käyttö varsinkin pienrakentamisessa on jo todella hyvällä tasolla puurunkoisten pientalojen osuuden ollessa yli 90 % koko tuotannosta. (Nyman ym. 2023.)

Suurin kehittämisen tarve on julkisen puurakentamisen osuuden kasvu, mihin on ohjannut valtion puurakentamisen toimenpideohjelma vuosina 2016–2023. Ohjelman tavoitteita on lisätä puunkäyttöä rakentamisessa ja tällä tavoin kasvattaa hiilen pitkäaikaisia varastoja. Teollisen puurakentamisen yritystoiminnan kehittäminen ja puun käytön lisääminen julkisessa rakentamisessa ovat myös vahvasti kehityskohteina. Erityisesti kaupunkirakentamiseen ja suuriin puurakenteisiin tavoiteohjelma kiinnittää huomiota. Tavoiteohjelma oli jaettu eri teemoille ja niitä painotettiin eri vuosina. Vuosina 2016–2017 painotettiin kaupunkirakentamisen puun käytön lisäämistä ja suurten puurakenteiden rakentamisen lisäämistä. Alueellisen osaamisen ja suurten puurakenteiden rakentamisen lisääminen olivat vuosien 2018–2019 kehityskohteina. Kansainvälistyminen, viennin tukeminen, puun käytän edistäminen julkisessa rakentamisessa ja alueellisen osaamisen edistäminen oli vuosien 2020–2023 vuosien painopisteitä. Yksi puurakentamiselle konkreettisesti osoitettu nopeuttamistoimi oli vuonna 2020 valtion Ara-asuntotuotantoon osoitettu 20 prosentin korotettu avustus kohtuuhintaisissa puurakentamiskohteissa. ARA on asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus, jonka tarkoitus on toteuttaa valtion asuntopoliittikkaa ja tukea kohtuuhintaisten vuokra-asuntojen rakentamista eri puolille Suomea. Puurakentamiselle haasteena voidaan kuitenkin pitää erityisesti asemaa yleisesti rakennusteollisuudessa. Samoista markkinoista kilpailevat muutkin rakennusmateriaalit ja niistä rakennettavat rakennukset. Puurunkoisten rakennusten osuus on kuitenkin kehittynyt positiivisesti lähivuosina, kuten kuvan 3 perusteella voidaan todeta. (Nyman ym. 2023; Valtanen 2020.)



Kuva 3. Puurunkoisten rakennusten osuus uudisrakentamisesta vuodesta 2005–2022 (Nyman ym. 2023)

3.3 Puurakentamisen mahdollisuudet tulevaisuudessa

Rakennusala on hyvin konservatiivinen ja muutokset eivät ole nopeita. Puurakentamisen haasteena selvästi on asema yleisesti rakennusteollisuudessa. Puurakentamisen imagoa täytyisi selkeästi nostaa oman uusiutuvan energian hyödyntämisenä, sillä onhan puu ainut rakennusmateriaali, joka uusiutuu ja sitoo hiiltä pitkäikäisesti. Erityisen tärkeää olisi saada mielikuvissa puurakentaminen normaaliksi rakentamiseksi. Puurakentaminen mielletään usein yksittäisten profiilirakennusten kautta. (Nyman ym. 2023.)

Huomiota on kiinnitettävä jo tarjouspyyntövaiheessa, sillä rakennuttajalla on mahdollisuus ohjata rakentamista vähähiiliseen suuntaan. Kunnille ja kaupungeille koetaan tulevan puurakentamisesta jopa ilmastopolitiikan työkalu. Imagoa ympäristöystävällisestä infrasta luodaan juuri puurakentamisella. (Klami.)

Puun kyky sitoa hiilidioksidia rakennuksissa on 150–300 kiloa per neliömetri, kun taas vastaavanlaiseen betonitaloon sitoutuu vain 40 kiloa neliömetrille. Puurakentamista ei kuitenkaan tulisi lisätä siten, että hakkuiden määrä suurenee nykyisestä tasosta. Tärkeätä olisi hieman tinkiä viennistä ja ohjata raaka-aine omaan talotuotantoon. (Lamminen 2023.)

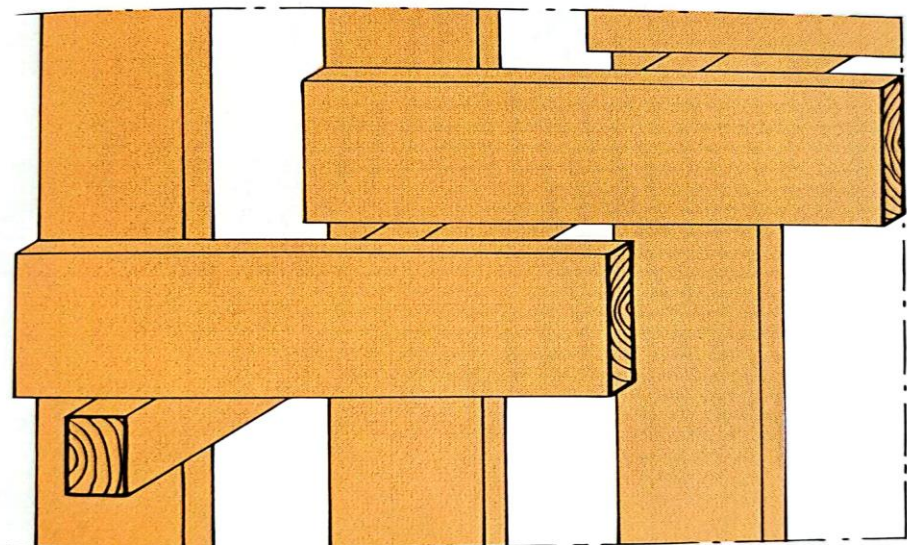
4 RANKARUNKORAKENTAMINEN

4.1 Rungon tehtävä

Rungon tarkoitus on kestää sille tulevat ulkoiset kuormat, muodostaa rakennuksen ympärille lämmöneristysvaippa ja luoda kiinnityspinnat julkisivuille. Suurin yksittäinen rasitus on talvisin lumen kerryttämä paino kattopinnoille. Suunnittelussa se otetaankin huomioimalla maantieteellinen sijainti, koska pääsääntöisesti Pohjois-Suomessa lumipeite on paksumpi kuin Etelä-Suomessa. Rungon omapaino, kalusteet, laitteet, tuulen paineet, yleisökuorma ja ajoneuvot myös mitoituskuormia vaikuttavia kuormia. (Myllärinen ym. 2019, 9.)

4.2 Rungon toimintaperiaate

Rankarungon rakennusjärjestelmä on kantavaseinäinen. Seinien korkeus voi olla kerroskohtainen tai kahden kerroksen korkeuteen ulottuva. Usein vaakarakenteet eli välipohjat kuitenkin rakennetaan kerrosten väliin, jolloin vaakarakenne kiinnitetään seinän yläpäähän. Mikäli seinä rakennetaan kahden kerroksen mittaan, vaakarakenteet kiinnitetään rungon sivuun kerroksia jakamaan, kuten kuva 4 osoittaa. Vaakarakenne voi olla massiivipuuta, palkkirakennetta tai hybridirakentamisessa jopa betonia. (Puuinfo 2020b.)



22.2. Välipohjapalkiston tuenta ulkoeinään.

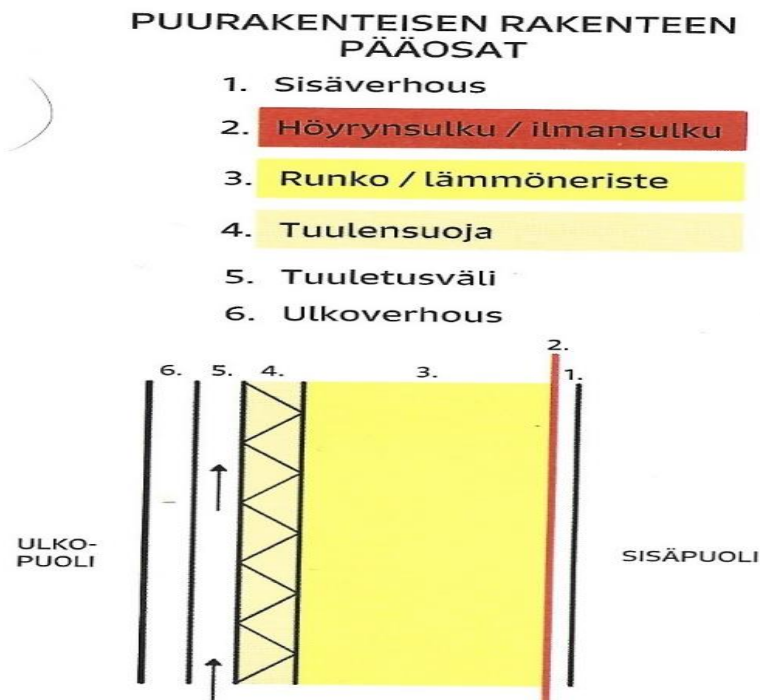
Kuva 4. Välipohjapalkiston tuenta runkotalpan sivuun (Siikanen 2016, 263)

Suunnittelussa huomioitavaa pystykuorman kantokyvyn kannalta on ala- ja yläjuoksupuun tukipainekestävyys, siihen voidaan vaikuttaa materiaalivalinnoilla ja rangan poikkileikkauksen koolla. Toinen mitoitukseen vaikuttava tekijä on rangan nurjahduskestävyys, jonka mitoitukseen vaikuttavat samat edellä mainitut asiat. (Puuinfo 2020b.)

Yleisesti kantavat seinät suunnitellaan rakennuksen jäykistäviksi rakennusosiksi. Rankarunko jäykistetään levyrakenteilla, joka antaa rungolle kestävyyttä sen heikommassa suunnassa nurjahdusta ja kiepahdusta vastaan. Levyt ja ulkovuorirakenteet kiinnitetään tavallisesti ruuveilla tai nauloilla, jolloin jäykistyskapasiteetti määräytyy pääsääntöisesti liittimien leikkauskestävyyden perusteella. (Puuinfo 2020b.)

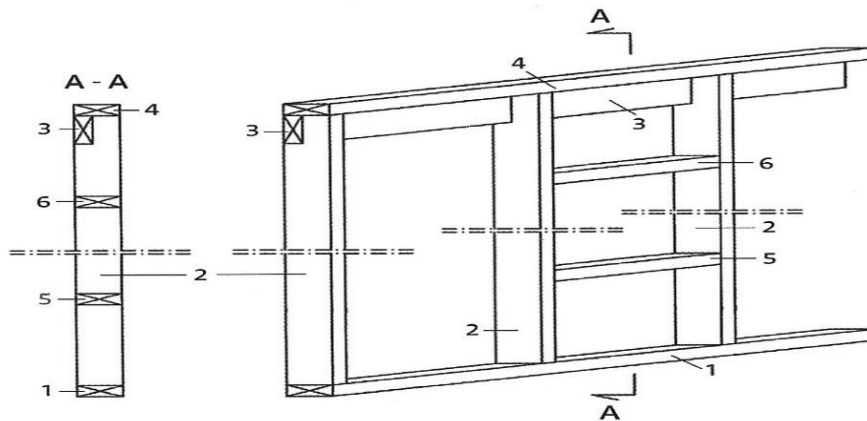
4.3 Rungon osat

Runkorakenne muodostuu kantavasta rakenteesta, tuulensuojasta ja lämmöneristeestä. Seinärakenteen toimivuuden kannalta erityisen tärkeitä osia ovat höyrynsulkumuovi, ilmansulkupaperi ja tuuletusväli. Ovien ja ikkunoiden sijoittelu sekä julkisivumateriaali antavat lopullisen ulkomuodon rakennukselle. Rakenteen järjestyksen sisältä ulos havainnollistaa (kuva 3), jossa on rakenteeltaan hyvin yleisluontoinen kantava seinä. (Myllärinen ym. 2019, 10)



Kuva 5. Puurakenteisen rakenteen pääosat (Myllärinen ym. 2019, 9)

Varsinaisen puurungon osat ovat kuvan 4 mukaisesti. Ala- ja yläsidepuu ottavat tukipainetta ja antavat sidoksen runkotolpille toisiinsa nähden. Ikkunoiden ja ovien ympärystyypuut antavat tukipisteet asennukselle. Kantopuu on tasaa massa ylhäältä tulevaa painetta ja antamassa tukea yläsidepuun painumisen ehkäisemiseksi. Runkojakona käytetään yleisesti kk600 eli runkotolpan keskeltä seuraavan runkotolpan keskelle 600 mm. Jako rungolle on levytyksen ja lämmöneristeiden mittojen mukaan suunniteltu. Oikealla runkojaolla levytykset ja villoitukset saadaan asennettua ilman tuotteiden kaventamista. (Myllärinen ym. 2019)



Puurungon rakenneosat:

1. alaside, joka kiinnitetään perustukseen
2. kantava runkopuu
3. kantopuu, joka ottaa rasituksia ylhäältä
4. yläside, jonka päälle kiinnitetään kattotuolit
5. ikkuna-aukon vaaka-alapuu
6. ikkuna-aukon vaakayläpuu

Kuva 6. Yleistä puurungosta (Myllärinen ym. 2019, 20)

4.4 Yleisesti käytetyt rungon materiaalit

Puurakenteisessa rungossa käytetään monia eri puumateriaaleja. Rakenteiden omapaino ja kuormat määrittävät suunnittelun yhteydessä käytettävän materiaalin.

4.4.1 Liimapuu

Kantaviin rakenteisiin tarkoitettu liimapuu on lujuusluokiteltua. Liimapuu on valmistettu toisiinsa päällekkäin liimatuista yhdensuuntaisista lamelleista.

Poikkileikkaus muodostuu ainakin kahdesta enintään 45 mm paksusta lamellista. Raaka-aineena yleisesti käytetään mänty- tai kuusisahatavaraa. (Puuinfo. 2020)

Liimapuut valmistetaan SFS-EN 14080 standardin mukaan ja yleisimmät liimapuun lujuusluokat ovat GL24c, GL30c, GL24h. Numero tarkoittaa materiaalin kestävyttä taivutettaessa syiden suuntaan. Rakennesuunnittelun kannalta tarvitaan muitakin tietoja kestävydestä, joita kuva 7 havainnollistaa. Kirjain C lujuusluokkamerkinnässä tarkoittaa sitä, että liimapuun rakenteen poikkileikkaus muodostuu eri lujuusluokkaa olevista lamelleista. Liimapuussa, jossa kaikki lamellit ovat samaa lujuusluokkaa käytetään kirjainmerkintää h. Eri lujuusluokilla olevista lamelleista valmistetulle liimapuulle käytetään nimikettä yhdistelmäliimapuu, kun taas samaa lujuusluokkaa olevista lamelleista valmistetulle homogeeninen liimapuu (kuva 8). (Puuinfo 2020a.)

Yhdistetyn liimapuun ominaislujuudet, kimmokertoimet ja tiheydet EN 14080:2013 mukaan. Yksiköt N/mm² ja kg/m³.

Ominaisuus	GL20c	GL22c	GL24c	GL26c	GL28c	GL30c	GL32c
<i>Lujuusarvot</i>							
Taivutus syiden suuntaan $f_{m,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Veto syiden suuntaan $f_{t,0,k}$	15	16	17	19	19,5	19,5	19,5
Veto syitä vastaan kohtisuoraan $f_{t,90,k}$				0,5			
Puristus syiden suuntaan $f_{c,0,k}$	18,5	20	21,5	23,5	24	24,5	24,5
Puristus syitä vastaan kohtisuoraan $f_{c,90,k}$				2,5			
Leikkauslujuus $f_{v,k}$ (leikkaus ja vääntö)				3,5			
Leikkauslujuus syitä vastaan kohtisuoraan $f_{r,k}$				1,2			
<i>Kimmokertoimet jännityksiä laskettaessa</i>							
Kimmokerroin $E_{0,05}$	8600	8600	9100	10000	10400	10800	11200
Kimmokerroin $E_{90,05}$				250			
Liukukerroin G_{05}				540			
<i>Kimmokertoimet muodonmuutoksia laskettaessa</i>							
Kimmokerroin $E_{0,mean}$	10400	10400	11000	12000	12500	13000	13500
Kimmokerroin $E_{90,mean}$				300			
Liukukerroin G_{mean}				650			
<i>Tiheys</i>							
Ominaiistiheys ρ_k	355	355	365	385	390	390	400
Keskimääräinen tiheys ρ_{mean}	390	390	400	420	430	430	440

Kuva 7. Liimapuun suunnittelulujuuksia (Suomen liimapuuyhdistys ja Puuinfo Oy 2015.)



Kuva 8. Liimapuu (Puuinfo 2020a.)

Vakioleveydet poikkileikkauksissa vaihtelevat 25 mm:n välein 90...290 mm. Korkeus suorilla liimapuutuotteilla vaihtelee 45 mm välein välillä 225...2000 mm. Pituuksissa on vaihtelua valmistajakohtaisesti, mutta enimmäispituus rajoittuu yleensä 30 metrin pituuteen. Liimapuu työstetään muotoonsa höyläämällä, joten kaikki pinnat ovat höylättyjä. (Puuinfo 2020a.)

Liimapuusta on markkinoilla myös halkaistu versio kantaviin rakenteisiin. Valmistustapa on muutoin sama liimapuun kanssa, mutta tämä tuote halkaistaan vannesahalla valmiista liimapuusta. Ongelmana prosessissa kuitenkin on, että lujuusominaisuudet heikkenevät. Halkaistulla liimapuulla onkin omat lujuusluokat esimerkiksi GL30cs, jossa s-kirjain merkitsee halkaistua liimapuuta. Vakioleveyksiä halkaistuilla liimapuilla on 42 mm, 56 mm, 66 mm. Korkeus poikkileikkauksille vaihtelee 45 mm:n välein 225...405 mm välillä. (Puuinfo 2020a.)

4.4.2 Viilupuu eli LVL

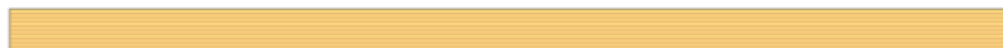
Viilupuu valmistetaan sorvista saaduista viiluista päällekkäin liimaamalla. Valmistuksen raaka-aineena käytetään kuusitukkeja. Viilupuuta eli LVL valmistetaan vähintään viidestä viilusta päällekkäin liimaamalla, joiden paksuus on enintään 6 mm, mutta yleinen paksuus viiluille on 3 mm. Viilupuuta on sekä viilut samaan suuntaan liimattu sekä - että viilut ristikkäin liimattua. Nämä erottavat toisistaan merkinnöillä LVL-P eli viilut samaan suuntaan ja LVL-C eli osa viiluista liimattu ristiin. LVL-P käyttökohteet ovat yleensä pilarit tai palkit, kun taas LVL-C on enemmän levytuotetyyppinen. Yleensä tuotteet ovat paikkaamattomia ja hiomattomia, joten tuotteita ei suositella näkyväksi pinnaksi. Tuotteet luokitellaan SFS-EN 14374 mukaan. (Puuinfo 2020a.)

LVL-P (kuva 9) vakioleveydet vaihtelevat välillä 27–75 mm ja korkeudet välillä 200–600 mm. Enimmäispituus valmistajasta riippuva, mutta yleensä 18–25 m. LVL-C (kuva 10) vakioleveydet ovat 900–2500 mm ja vakiopaksuudet ovat välillä 21–75 mm. Näitä tuotteita on käytössä erityisesti välipohjarakenteissa. (Puuinfo 2020a.)



LVL-P

Kuva 9. LVL-P samaan suuntaan liimattu (Puuinfo 2020a.)



LVL-C

Kuva 10. LVL-C ristikkäin liimattu levymäinen viilupuu (Puuinfo 2020a.)

4.4.3 Rakennesahatavara

Kantaviin rakenteisiin tarkoitettu sahatavara on mitallistettua ja lujuusluokiteltua yleensä C24 lujuusluokkaa. Sahatavara (kuva 11) on työstetty lopulliseen mittaansa höyläämällä suurella syöttönopeudella noin 1 mm jokaiselta sivulta, joten höyläysjälki on karkeaa. Poikkileikkauksen koko vakiotuotteena on maximissaan 48x223 mm ja pituus vaihtelee 300 mm välein alkaen 2,7 metristä 5,4 metriin. Sormijatkettuna saavutetaan 12–14 metrin pituudet.



Kuva 11. Sahatavara C24 (Prisma 2023)

Liimattu sahatavara (kuva 12) on vaihtoehto, mikäli tarvitaan vielä poikkileikkaukseltaan suurempia sahatavaroita. Poikkileikkauuskoot vaihtelevat valmistajakohtaisesti. (Puuinfo 2020a.)



Kuva 12. Liimattu sahatavara (Puutoimi 2023)

4.5 Runkotyön kesto pitkistä runkotavarasta

Puurunkotyö voidaan aloittaa, kun edeltävät rakenteet ovat oikeissa fyysisissä mitoissaan ja tarkastettuna. Puutavara on oltava valmiina työmaalla, jolloin se on valmiina siirrettäväksi asennuspaikan viereen. Asennusosat ja kalusto on oltava valmiina asennusta varten. Tätä vaihetta kutsutaan alkutilaksi.

Työ suoritetaan usein 2–4:n työntekijän ryhmällä, joka on määritetty RT-kortin 0416 (2014, 1) mukaan. Työlle on määritelty kortin mukaan työvaiheittain aika-

menekit ja niiden pohjalta on tehty esimerkkilaskelma (liite 6). Laskelman perusteella Platform-menetelmällä ja pitkällä runkotavaralla rakentamisessa ei ole merkittävää ajallista eroa.

5 PRECUT

Precut on menetelmä, jossa rakentamiseen tarvittava puutavara katkotaan määrämittäiseksi tehdasolosuhteissa. Puutavaraan voidaan samalla tehdä mittatarkkuudeltaan $\pm 0,5$ mm koloja, loveuksia tai reikiä. Yleisesti työstöön käytettävissä laitteissa on mustesuihkumerkitsin, jolla voidaan yksilöidä eri rungon osat ja osoittaa esimerkiksi alajuoksuun asennuspaikka.

5.1 Precut-menetelmän edut

Etuina Precut-menetelmässä on mittatarkkuus ja vaivattomuus rakentamis-kohteessa. Kohteen ollessa 3D-suunniteltu saadaan nykyaikaisille sahausasemille luotua suoraan tiedot työstettävistä rungon osista. Oikein suunnitellulla ja valmistetulla Precut-paketilla rakentajan ei tarvitse työstää runkopuita laisinkaan. Rakentaminen onnistuu käytännössä, naulaimen tai ruuvinvääntimen avulla, joilla runko kasataan. (Asumus 2023.)

Rakentamiskokeessa todettu 3,5-kertainen nopeus verrattuna normaaliin pitkää runkotavarasta valmistamiseen on huomattava ero työmaalla. Esimerkiksi skaalaamalla tuhanteen seinäneliömetriin on $8,93 \text{ min/m}^2 \times 1000 \text{ m}^2 = 8930 \text{ min}$ ero perinteiseen rakentamiseen. Ajallinen säästö tunneissa on 148,83 tuntia.

Rakentamisen jouhevuus valmiista osista rakentamalla on myös suuri etu. Eri-tyisesti vaativissa työstöissä, kuten loveukset, viistoukset ja reiät, Precut-tekniikalla saadaan suurempaa ajallista hyötyä. Edellä mainittujen työstöissä vaaditaan erikoistyökaluja sekä vaativaa mitoitusta. Konetyöstöllä kappale tulee sekunneissa, kun taas työmaalla tarvittavan työkalun etsiminen vie usein huomattavan ajan.

5.2 Precut-laitteisto

Markkinoilla on laitteistoa monenlaisiin tarpeisiin. Mariocon Oy:ltä saadun laitetarjouksen perusteella Hundeggerin laite olisi varteenotettava vaihtoehto Lujatalolle. Hundeggerillä on pitkät perinteet puutyöstölaitteiden valmistuksessa. Valmistus on aloitettu vuonna 1978. Toiminta ja asiakaskunta on kansainvälistä, sillä Hundeggerin laitteita on toimitettu yli 5000 yli 40 eri maahan. (Asumus 2023.)

Kuvaillun tarpeen perusteella tarjous tuli Hundegger SpeedCut 480 -laitteesta. Työstettävien kappaleiden mitat laitteella voivat olla 20 x 40 mm - 240 x 480 mm. Maksimi syöttönopeus on 180 m/ min eli puutavaran työstö on parhaimmillaan todella nopeaa. (Asumus 2023.)

Koneessa on Cambium-ohjelmisto. Ohjelmiston lisäksi sahausyksikkö sisältää tietokoneen, näytön, näppäimistön, USB:n ja verkkoyhteyden. Tiedot koneelle voidaan tuoda kaikista yleisistä CAD- ja komponenttisuunnitteluohjelmista. Koneella suoraan voi myös suunnitella työstöjä. Ohjelmisto sisältää valmiiksi erilaisia esiohjelmoituja työstöjä, katkaisuja, porauksia, lovityöstöjä, lohenpystötyöstöjä ja merkkauksia. Ohjelmisto on tuotettu asiakkaan valitsemalla kielellä. (Asumus 2023.)

Koneen puutavaran sisään syöttö tapahtuu kuuden syöttöketjun avulla, täyttölevyden ollessa 2 m. Esimerkiksi eri pituinen puutavara voidaan asettaa eri syöttöketjuille, jolla voidaan optimoida tavaran sahaushukkaa. Sisääntulolinja voi olla maksimissaan 12 m pitkä, joka on työstettävän puutavaran maksimipituus. Ulostuloalueella on kaksi pöytää peräkkäin ja pneumaattinen kappaleen sivusiirrin. Tavara kulkeutuu siis linjasta sivulle halutusti valmiiksi pakkausta varten. Jätepuu ja puru tulevat alakautta omaa kuljetintaan pitkin. (Asumus 2023.)

5.3 Tarjous

Mariocon Oy antoi laitteesta tarjouksen sähköpostilla 21.4.2023 (liite 8). Nykyisessä markkinatilanteessa tarjous on vain hetkellinen, joten mahdollisessa

hankintatilanteessa tarjous on pyydetty uudestaan. Tarjouksessa hankintahinta oli erittäin monikäyttöiselle laitteelle 326 520 € sekä asennus ja rahti noin 35 000 € (Asumus 2023.)

Laitteilla on hyvä jälleenmyyntiarvo käytettynä. Keskustelua kävimme 2009 vuoden huolletusta, silloiselta hankintahinnaltaan huomattavasti matalammasta koneesta ja nykyisin tuollainen laite on noin 100 000 € arvoinen. (Asumus 2023.)

5.4 Tilantarve

Laitteiston vaatima tila on arviolta 450–700 m². Tilan määrittelee hyvin pitkälti työstettävien kappaleiden maksimipituus. Mahdollisuus 12-metrin työstöihin vaatii rakennukselta 30 metriä pituutta ja noin 15 metriä leveyttä. Kalustovaraston yhteyteen Kuopioon, josta Lujatalo Oy hankkii työmaille välineistön, olisi todennäköisesti mahdollista rakentaa tuotantotila. Valmista lämmintä tilaa siellä ei ole. Ressuhalleja kalustovarastolla on ja niihin tehtävälle asemalle mahdollisuuksia tulisi jatko selvittää. (Kalustokeskus 2023.)

5.5 Logistiikka

Kalustokeskus toimittaa työmaille Mikkelistä – Kajaaniin välille työmaiden tarvitsemia rakennuslaitteita. Puutavaran hankinta isoissa erissä Kuopioon ja siitä työstettyinä jakelu työmaille onnistuisi muiden lähetysten yhteydessä erinomaisesti. Käytännössä aina Kalustokeskukselta työmaalle tulevaan rahtiin mahtuisi muutakin tavaraa, joten runkopakettien lähettäminen mukana ei oleellisesti lisäisi kuluja.

6 PLATFORM-MENETELMÄ

Platform-menetelmä on yksinkertaisuudessaan tapa, missä rakennus aloitetaan puurakenteisella alapohjalla. Alapohjapalkit asennetaan perustusten päälle, alapuoli levytetään tuulensuojalevyllä, palkkien välit eristetään ja palkkien päällinen levytetään umpeen. Tässä vaiheessa on asennettu mahdollinen tekniikka alapohjaan. Seuraava vaihe on seinäelementtien valmistus alapoh-

jan päällä ja seinien pystytys. Riippuen rakennuksen kerrosmäärästä seuraa-
vaksi asennetaan seinärungon päälle välipohja tai kattorakenne. (Ratu KI-
6020, 141–145:2011.)

6.1 Edut

Platform-rakentamisen edut ovat selkeästi valmiin työtason hyödyntämisessä. Välipohjan päällä on helppo rakentaa seuraavan kerroksen seinäelementtejä, ja välipohjaelementtejä. Näin rakennustoissa ei tarvita rakennustelineitä, kun pystytysvaiheen yhteydessä. Telineillä työskentely hidastaa rakentamista läh-
tökohtaisesti aina. Esimerkiksi perinteisessä runkorakentamisessa yläside- ja kantopuu ja mahdolliset väliaikaiset reivaukset joudutaan suorittamaan teli-
neeltä. Työturvallisuudenkin kannalta lattiatasossa tapahtuva rakentaminen on aina turvallisempaa. (Ratu KI-6020, 141:2011.)

Paloteknisen kestävyuden kannalta Platform rajaa erilliset kerrokset yhtenäisillä vaakarakenteilla. Tätä voidaan pitää erittäin hyvänä paloturvallisuuden kannalta. (Ratu KI-6020, 141:2011.)

Elementtien valmiusasteen rajana on vain paino. Mikäli elementit valmistetaan ulkovooraus mukaan lukien valmiiksi, ulkopuolelle rakennusta ei jää viimeistelytyöiden osalta kuin liitoskohtien viimeistely. Etuna mahdollisimman pitkälle valmistetussa elementtityössä tulee ulkopuolisten telinerakennelmien välttämättömyyden poistuminen. Viimeistelytyöt voidaan suorittaa rakennusnostimilla, jolloin työturvallisuudenkin puolesta hankala telinetyö jää pois.

6.2 Ratu-laskenta

Laskelma on suoritettu (RT-0417: 2014) mukaan. Esimerkin rakennuksen mitat ovat pohjan pinta-ala (25 m x 5 m) yhteensä 125 m². Ulkoseinää 60 juoksu-
metriä ja seinän korkeus on 3,5 m. Talossa on ulko-ovia 3 kpl ja ikkunoita 18 kpl, joiden pinta-ala on yhteensä 45 m². Seinän pinta-alaksi jää siis 3,5 m x 60 m – 45 m² = 165 m². Laskelmaa (liite 5) voidaan vertailla normaalin runkorakentamisen nopeuteen (liite 6). Eroa normaalin rakentamistavan ja Platform-

menetelmän välillä ajallisesti ei ole juurikaan. Platform-menetelmä on laskelmien (liitteet 5 ja 6) mukaan esimerkkilaskelmassa 0,69 tv nopeampi eli 11 tuntia nopeampi normaalissa omakotitalon kokoisessa työssä.

7 RUNKORAKENTAMISKOE

7.1 Periaate ja toteutus

Kokeen tarkoitus on selvittää valmiista Precut-osista tehdyn elementin ja pitkistä sahatavarasta tehdyn elementin valmistamiseen kuuluvan ajan eroa. Koerakentamista varten on Cads-ohjelmistolla piirretty elementtirunko. Cads-ohjelmisto on Kyndata Oy:n kehittämä suunnitteluohjelmisto. Elementissä on yksi 1220 x 1440 mm:n ikkuna-aukko. Koe käsittelee vain puurungon osuutta elementistä. Pitkälle vietyä esivalmisteluna voisi tulla koolauspuut, paneelit ja muu puutavara valmiiksi oikeaan mittaan sahattuna. Tämä vaatisi erittäin paljon suunnittelulta. Suunnittelutyön kustannuksellista vaikutusta ei oteta huomioon opinnäytetyössä, koska opinnäytetyön rajausta ei sisällä suunnittelua. Kellotus on pyöristetty lähimpään puoleen minuuttiin.

Kokeen suorittaja on opinnäytetyön tekijä Saku Penttinen. Koulutus talonrakentaja ja työkokemusta rakennusalan töistä 19 vuotta. Koe suoritetaan normaalilla työntekijän työtahdilla ja tutkimusta voidaan pitää luotettavana suorittajan kokemus huomioon ottaen.

Rungon kokonaismittaksi on valittu täydelle rakennuslevyjaolle sopiva leveys 3600 mm ja korkeutta elementille tuli 2800 mm. Rakenne toteutetaan 48x98 sahatavarasta, koska kokeen toteutusryhmä oli vain yksi henkilö, normaalin 2–4:n henkilön sijaan. Runkorakenteen materiaalivahvuus olisi normaalisti poikkimitaltaan suurempaa, mikä hidastaa hieman työstöä. Työstön hidastuminen materiaalin poikkileikkauksen pienentyessä ei kuitenkaan ole merkittävää, joten sitä ei mittauksessa huomioida. Kasaus tapahtuu molemmissa rakenteissa ruuveilla kooltaan 5x90 mm.

Rakentamiseen käytetty aika kellotetaan työvaiheittain ja esitetään lopullisessa analyysissä. Ensimmäinen elementti valmistetaan pitkistä runkotavaraista ja samalla siihen tulevat tarvittavat työstöt. Oleellisesti rakentamisaikaan

vaikuttavat tekijät, kuten sirkkelin- ja materiaalin siirto ja ennakkolaskenta on huomioitu pitkästä tavarasta runkoa valmistettaessa. Rakentamisaikaan oleellisesti vaikuttavia tekijöitä on mittaukset ja merkinnät runkotolppien paikoille, jotka on sisällytetty rungon valmistamisen kellotukseen. Toinen elementti valmistetaan ensimmäisen elementin puretuista osista, jotka ovat ns. valmiita Precut-osia. Toisen elementin valmistamisen kellotuksessa ei oteta huomioon sirkkelin- ja materiaalin siirtoa, koska oletuksena on Precut-paketin tuleminen suoraan kasauspaikalle. Pystytysvaihetta ei käsitellä, koska molemmissa rakennustavoissa se on sama.

Valmiin testin jälkeen on mahdollista vertailla rakentamiseen kulunutta aikaa rakennettua neliometriä kohden. Rakentamistavan nopeudesta saatu prosentuaalinen ero osoitetaan. Myös työntekoon käytetyn ajan kustannuspuolta tullessaan käsittelemään analyysi osiossa. Testin tulokset ovat skaalattavissa suuremman rakennuksen mukaan, kertomalla yhden seinän neliometrille mennyt aika tulevan rakennuksen seinän neliometreillä. Kyseisellä tavalla saatu tulos ei ole kuitenkaan kuin suuntaa antava, koska rakenteet voivat olla erilaisia. Huomioon on otettava toistuvuuden tuoma tuottavuus. Rakentaminen nopeutuu, kun samaa tehtävää on suuri määrä. Kaavat rakennusajan vertailuun pitkästä runkotavarasta- ja Precut-runkotavarasta ovat analyysiosiossa. Myös skaalauskaava on saatavilla samassa osiossa.

7.2 Välineet ja valmistelu

Välineitä kokeeseen tarvitaan seuraavasti:

- jiirisirkkeli jalustalla.
- akkuruuvinväännin.
- rullamitta.
- suorakulma.
- timpurin kynä.
- sähkökaapelikela.
- ruuvit 5 x 90 mm.
- kuljetuskalusto puutavaralle.
- muistiinpanovälineet.
- sekuntaattori.
- taltta.
- puukko.

7.3 Kokeen suoritus

Kokeen aloitus päivämäärä oli 15.4.2023, jolloin suoritettiin esilaskentoja ja sirkkelipaikan siirto. Kokeessa rakennettiin kaksi elementtiä ja molemmat valmistetaan Platform-menetelmää mukaillen. Elementti yksi rakennetaan pitkistä runkotavarasta ja elementti kaksi valmiista osista. Rakennuspaikkana toimi tyhjänä oleva pihapatio, joka voidaan kuvitella välipohjaksi. Rakenne ei ole täysin samanlainen kuin normaalissa väli- ja alapohjassa. Ominaisuuksiltaan pihapatiota voidaan pitää kuitenkin edellä mainittuja vastaavana. Alkuun kokeessa laskettiin menevä runkotavara (liite 4) elementtikuvasta. Tärkeää alkuun on saada listattua tarvittavat runkotolppien määrät- ja pituudet, kuten (kuva 13) osoittaa. Laskelmien jälkeen (kaavat 1 ja 2) runkotavara siirretään työpisteen lähelle, josta sen työstäminen on nopeaa ja vaivatonta (kuva 14). Aluksi on suunniteltava katkomajärjestys, jotta materiaali voidaan hyödyntää mahdollisimman tarkasti, mahdollisen hukan minimoimiseksi. Työstäminen suoritetaan seuraavaa työjärjestystä noudattaen. Aluksi runkotolpan pääty katkaistaan sirkkelillä suoraksi ja tämän jälkeen suoritetaan mittaus, merkkaus ja katkaisu määrämittäiseksi. Tämän jälkeen merkataan loveuksien paikat, niihin runkotolppiin joihin loveukset tulevat. Loveukset sahataan sirkkelillä osittain valmiiksi ja loppu lohkaistaan puukolla tai taltalla (kuva 15). Ala- ja yläjuoksuun merkitään (liite 4) mukaisesti runkotolppien paikat ja ne asennetaan ruuveilla 5x90 mm paikalleen. Viimeiseksi merkataan pystytolppiin ikkunan vaakapuiden paikat ja pystypuun paikka, niiden asennuksen jälkeen elementti on valmis.

(1)

$$\text{Metrit yht.} = \frac{\text{KPL} \times \text{Pituus mm}}{1000}$$

jossa	KPL	Runkotolppien lukumäärä
	Pituus mm	Tolppien pituus millimetreinä
	1000	Jakoarvo milleistä metreiksi

(2)

$$\text{Runkopuiden hinta} = \text{Runkopuut yhteensä} \times \text{Hinta/m}$$

jossa	Runkopuut yhteensä	runkopuut metreinä
	Hinta/m	runkopuut euroa/metri

Alkutila elementti kuva käsiin

KPL	Pituus mm	Metrit yht.
3	3600	10,8 m
5	2704 lovettava	13,5 m
4	794	3,2 m
4	394 lovettava	1,6 m
1	1420	1,4 m
2	1800	3,6 m

Runkopuut yhteensä: 34,1 m

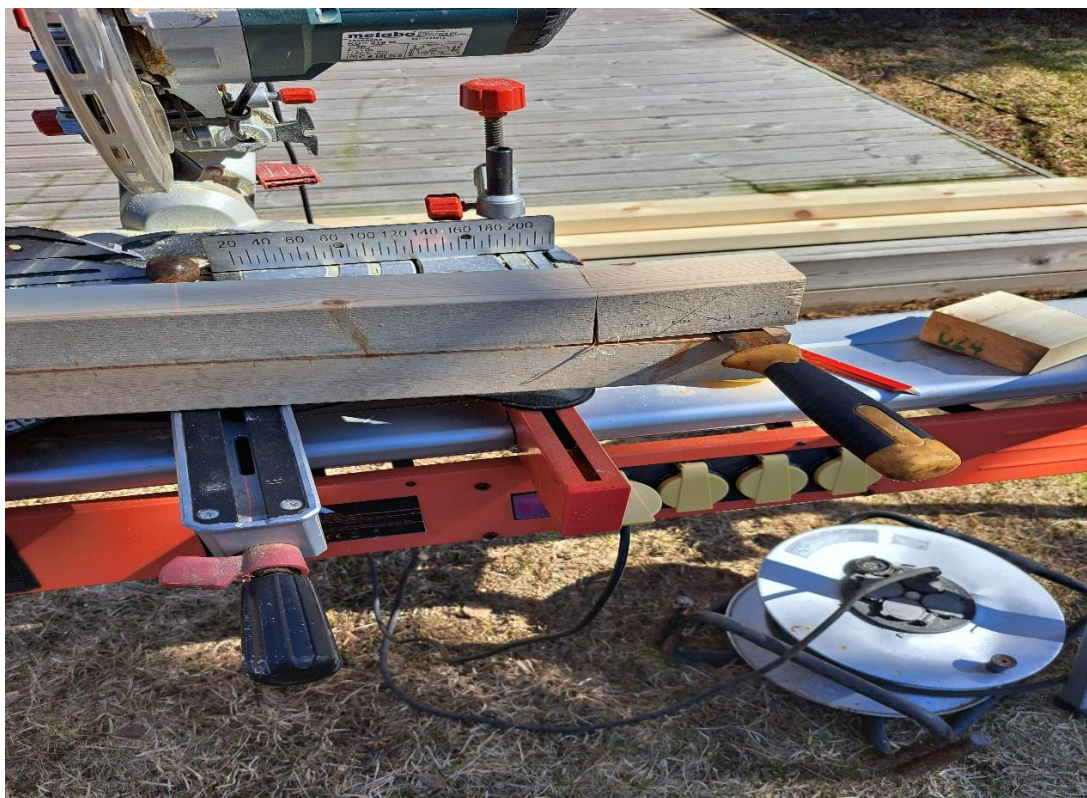
Hinta/m: 2,59 €

Runkopuiden hinta: 88,30 €

Kuva 13. Kuva runkotolppien muistiinpanoista



Kuva 14. Alkutila



Kuva 15. Runkotolpan loveuksen valmistus

Ensimmäisen elementin valmistumisen jälkeen on kelloitettu pitkästä runko-tavarasta valmistetun rungon valmistamisen kesto. Elementti yksi puretaan tämän jälkeen. Valmiit runko-osat kasataan pinoon valmiiksi, elementin kaksi kasaamista varten.

Elementin kaksi kasaaminen alkaa valmiilla Precut-komponenteilla (kuva 16). Kasaaminen tapahtuu samalla tapaa kuin ensimmäisen elementin kasaaminen. Ruuvien kiinnitys tehdään kuitenkin eri kohtiin kuin aikaisemmassa elementissä, ettei saavuteta kiinnitystapa etua. Vanhoille paikoille ruuvattaessa tulee merkittävää etua kiinnityksen nopeudessa, joten tämä mahdollisuus tutkimuksessa poistetaan. Kasaamista oleellisesti nopeuttaa valmiit merkinnät kaikille runkotolpille ja ikkunan kehyspuille (kuva 17). Elementin kaksi kasauksen jälkeen on kelloitettu valmistukseen käytetty aika ja tällöin voidaan analyysi osion vertailut suorittamaan. Valmis elementtirunko (kuva 18) ja elementtirunko pystytettynä yhden miehen voimalla (kuva 19). Oleellinen osa testissä oli, myös todeta rungon käsiteltävyyttä. Varsinkin 2–4 hengen rakennusryh-

mällä voidaan elementti valmistaa tuulensuojaa, koolausta ja ulkokuorta myöten valmiiksi. Elementin nostaminen kymmenen neliön koossa onnistuu miesvoimin.



Kuva 16. Precut-osat valmiina kasauspaikalla



Kuva 17. Precut-osien merkinnät



Kuva 18. Elementti valmiina



Kuva 19. Runko pystytettynä yhden miehen voimalla

7.4 Analyysi

Ensimmäisen elementin rakentamisessa oleellisesti aikaan vaikuttaa runkotolppien leikkaus ja runkotolppien paikkojen merkitseminen. Huomioon otettavaa on myös sirkkelipaikan kasaamiseen ja purkamiseen menevä aika. Valmistus vaiheessa syntyy myös leikkuujätettä, joka on siivottava pois. Hukkaa työmaolosuhteissa syntyy huomattavasti enemmän kuin Precut-aseamalla optimoidulla sahausjärjestyksellä. Huomattavaa on myös se, että painavien runkotolppien käsittely sirkkelijalustalla on haastavaa. Mittatarkkuus työstöissä työmaalla ei ole samaa tasoa kuin Precut-aseamalla tehdyissä työstöissä.

Toisen elementin tekoa valmiista Precut-osista voi kuvailla miellyttäväksi. Kasaaminen tapahtuu pelkällä ruuvinvääntimellä. Valmiit runkotolppien merkinnot eivät edellytä edes mittanauhan käyttöä. Valmistus- ja asennuspaikka pysyvät koko työnteon ajan siisteinä ja turvallisina.

Platform-menetelmällä rakennettaessa verrattuna normaaliin pitkästä runkotasavara rakentamiseen myös etuja työturvallisuuden näkökulmasta. Valmiiksi tasolla kasattu elementti on pystytettävissä tason päältä ilman telineitä. Normaalilla rankarakentamismenetelmällä runkotolpat pystytetään ja telineillä asennetaan yläside- ja kantopuu.

Oleellista on huomioida myös ulkopuolella rakennusta tehtävien työvaiheiden väheneminen verrattuna normaaliin rankarakentamiseen. Elementiksi valmistettaessa voidaan ulkokuori tehdä valmiiksi ja viimeistelytyöt voidaan suorittaa nostimilla työskennellen. Normaalissa runkorakentamisessa ulkopuolen tuulensuojalevytykset, koolaukset ja ulkovuoren asennus joudutaan tekemään nostimilla tai telineillä, joka hidastaa työtä huomattavasti. Runkovaiheessa Ratu-laskentojen (liite 5) Platform-menetelmä (liite 6) ja rankarakentaminen pitkästä tavara ei ole oleellista ajallista eroa. Runkorakentamisvaiheessa ajan säästöä saadaan vain Precut-osista valmistamisella. Voidaan kuitenkin ajatella, että Platform-rakentamisen hyväksi eroa syntyisi lopullisen seinärakenteen valmistumisajassa, koska elementin kasaus ulkuvuorta myöten hyvällä työtasolla on turvallista ja nopeaa. Rankarunkorakentamisessa joudutaan rakennuksen ulkopuolella telineillä suorittamaan monta työvaihetta, joka hidastaa rakentamista.

Laskelma Platform-menetelmän eroista pitkällä runkotavara tehdystä elementistä ja valmiista Precut-osista valmistetusta elementistä kellotettuna. Mit-taustulos pyöristetty lähimpään puoleen minuuttiin (30 s).

Pitkä runkotavara:

- Leikkauslistan laatiminen 4 min 30 s.
- Sirkkelipaikan kasaus 9 min 30 s.
- Runkotavaran siirto työmaalle 10 min.
- Mittaukset ja merkinnät 8 min 30 s.
- Runkotolppien työstö 41 min 30 s.
- Sirkkelipaikan siivous ja järjestely 4 min 30 s.
- Elementin kasaus 38 min 30 s.
- Sirkkelipaikan purku 9 min.

Yhteensä kulunut aika ilman taukoja 126 min.

Precut-osista:

- Rungon kasaus 36 min

Ero valmistuksessa on 90 minuuttia. Pitkästä runkotavarasta valmistaminen kesti 126 minuuttia ja Precut-osista valmistaminen 36 minuuttia. Precut-osista valmistettu elementti valmistui 350 % (kaava 3) nopeammin verrattuna itse pitkästä runkotavarasta valmistamalla (liite 7). Yhden seinäneliömetrin ajallinen säästö Precut-osilla rakentamalla on siis $90 \text{ min} / 2,8 \text{ m} \times 3,6 \text{ m} = 8,93 \text{ min/m}^2$.

$$\frac{\text{Pitkä runkotavara min}}{\text{Precut osat min}} \times 100 \% = 350 \% \quad (3)$$

Precut osat min

jossa	Pitkä runkotavara min	rakennusaika minuutteina
	Precut osat min	rakennusaika minuutteina

Kokeen pitkästä runkotavarasta valmistetun elementin kokoamisaika neliömetriä (m^2) kohden oli 0,21th.

8 HAASTATTELUT

Haastattelu jaettiin kolmelle eri henkilölle, jotka olivat työskennelleet yksikössä. Haastattelulla pyrittiin saavuttamaan tietoa ja ajatuksia opinnäytetyön kohteena olevan yksikön näkökulmasta. Haastattelun pohjana toimi kaikille vastaajille sama kysymyskaavake (liite 3), havainnekuva (liite 2) ja saateteksti (liite 1). Vastausten pyydettiin olevan lyhyitä, mutta asiasisällöltään rakentavia ja sisältäen kehitysehdotuksia. Haastatteluun oli mahdollisuus osallistua nimettömänä, mutta haastateltavat antoivat luvan käyttää nimiään.

Haastattelun kysymyksillä erityisesti haluttiin saada rakentamisen parissa pitkään olleilta henkilöiltä kokemusperäistä tietoa puurakentamisesta. Otanta haastattelussa on verrattain pieni, mutta yhteenlaskettuna kohderyhmällä on erittäin paljon kokemusta rakennusalasta. Kysymyksissä käsiteltiin yleisesti puurakentamista ja tämän jälkeen tutkimuksen kehitystyön variaatioita.

Haastattelu toimitettiin suoraan kyselyyn osallistuvien sähköpostiin. Vastaukset saapuivat nopeasti. Vastaajista yhdellä oli kokemusta puurakentamisesta Suomen ulkopuolella. Tämä oli erityisen tärkeätä ja kannustavaa tietoa. Haas-

tatteluista koostettiin yhteenvedot, joista vastaajia ei voi tunnistaa. Kaikki vastaukset on pyritty huomioimaan, ja muutaman yksittäinen suora lainaus henkilön luvalla on haastatteluun julkaistu.

8.1 Haastateltavat ja haastattelu

Haastattelin kolmea asiantuntijaa, jotka ovat olleet töissä Lujatalo Oy:n Joensuu-yksikössä. Asiantuntijat ovat Juha Hämäläinen hänen koulutuksensa on Rakennusmestari ja kokemusta alalta 34 vuotta. Erno Olkkonen hänen koulutuksensa on Rakennusinsinööri (AMK) 1999, YAMK 2011 painottuen korjausrakentaminen ja kokemusta alalta 24 vuotta. Jarmo Kosonen hänen koulutuksensa on Rakennusmestari ja kokemusta alalta 40 vuotta.

Kysymys 3: Minkälaisena koet puurakentamisen tulevaisuuden näkymät?

Puurakentamisen näkymät koetaan varsin myönteiseksi, varsinkin julkisen rakentamisen puolella. Erityisesti esille nostetaan koulujen, päiväkotien ja hoivakotien mahdollisuudet puurakentamiskohteina. Rakennuksien tilaratkaisut ovat suotuisia puurakentamiselle palosäädösten puolesta. Kaikki vastaajat uskovat puurakentamisen lisääntyvän lähivuosina.

”Hiilineutraaliustavoitteet ja muu vastaava kehitys lisäänee puurakentamisen osuutta rakentamisessa” ajattelee Erno Olkkonen.

Kysymys 4: Minkälaisia puurakentamisen isoja kohteita olet ollut saattamassa valmiiksi?

Juha Hämäläinen oli Norjassa Trondheimissa Kynstverksted kohteessa. Suomessa Koy Tahko Par Nilsiässä, Lieksan Metsotien hoivakodissa ja Outokummun soteasemalla.

Erno Olkkonen on ollut puurakentamisen parissa hoivakotirakentamisessa ja yksittäisissä tuotantotilarakennuksissa.

Jarmo Kosonen on ollut Palvelutalon rakentamisessa Lieksassa.

Kysymys 5: Mitkä kaksi asiaa koet haasteellisimmiksi puurakentamisessa?

Materiaalien saatavuus on ajoittainen ongelma ja palosuojauksen ongelmallisuus nousee useasti esiin haastattelun vastauksissa. Huomiota herättää käytökä ja huoltotarve verrattuna esimerkiksi betoniin. Kaikilla vastaajilla on yhteinen huoli paloturvallisuuden haasteellisuudesta. Kosteudenhallinta on nostettu esille yhdessä vastauksessa.

Kysymys 6: Mitkä kaksi asiaa koet eduksi puurakentamisessa?

Erityisesti esiin nouseva tekijä on ympäristöystävällisyys, mikä koetaan markkinaetuna. Rakennuksen muuntautumiskyky puurakenteisena on rakenteelle laskettava etu kilpaileviin materiaaleihin verrattuna. Puurakenteet ovat keveitä ja niiden muokkaaminen tilamuutosten edessä on vaivattomampaa, kuin esimerkiksi betoni- tai harkkorakenteisten seinien. Omavaraisuus Suomessa nähdään tärkeäksi eduksi.

Kysymys 7: Kokisitko kuvailemallani tavalla Precut osista rakentamalla olevan oleellista hyötyä ajallisesti, laadullisesti tai materiaalitehokkuuden suhteen?

Kyllä koen (työskennellessäni Norjassa käytettiin pääosin Precut-tekniikkaa ja kotimaassa olen suosinut mm. runkotolppien tilaamista määrämittäisinä) toteaa Juha Hämäläinen.

Tekniikka yleisesti koetaan mahdolliseksi toteuttaa. Huomiota tulisi kuitenkin kiinnittää työryhmien opettamisen, motivaation luomisen ja harjaantumisen kehittämiseksi. Jarmo Kosonen toteaa ”Hyöty tulee joka suhteessa, vaatii että lähtötaso on myös millintarkka”. Huomio on hyvä, koska Precut käyttö vaatii lähtötasoilta erinomaista mittatarkkuutta.

Kysymys 8: Elementit rakennettaisiin kuvailemallani tavalla kevyen sääsuojan alla. Voisiko mielestäsi Platform-menetelmä toimia nostettavan sääsuojan alla?

Tekniikka koetaan suotuisaksi toimivuuden kannalta tarkasteltuna. Sääsuojan toimivuuden tarkastelu on tarpeellinen osa kehitystyötä. Erityistä huomiota nostettavan sääsuojan kohdalla toivottiin kiinnitettävän tuulikuormiin myrskyn sattuessa.

Kysymys 9: Olisiko mielestäsi järkevää hankkia Lujalle oma Precut-asema, joka toimisi esimerkiksi kalustovaraston yhteydessä. Sieltä se palvelisi lähettämällä osapaketteja yhdessä työmaalle tulevien laitteiden kanssa samoilla rahdeilla?

Huoli tilauskannasta tulee haastattelussa ilmi, mutta mikäli kohteita olisi riittävästi, koetaan aseman hankkiminen myönteiseksi. Tilauskannan jatkuvuus olisi kartoitettava, jotta investointia asemaan voitaisiin suunnitella tarkemmin. Yrityksen tulisi saada Precut-rakentaminen sisäistettyä omaan rakentamisajatukseseen, sillä aseman hankkiminen on vahvasti liitoksissa oman tuotannon tarpeisiin. Alihankintasopimus toimijan kanssa, jolla on valmis tila ja koneet, nousee esille yhdessä haastattelussa. Toimijoita isolle tuotannolle on vielä vähän, joten alihankkijan saaminen voi olla hankalaa.

Kysymys 10: Olisiko kuvailemani kattojen kasaus alustalle moduuleina mielestäsi käyttökelpoinen ratkaisu?

Tekniikkaa on käytetty jo pelkistetympänä versiona haastateltavan kohteessa Outokummussa. Tekniikka koetaan erittäin käyttökelpoiseksi, mutta samalla tiedostetaan tilan aiheuttamat rajoitukset. Urakka-alueella tulee olla tarpeeksi tilaa kasauspisteen rakentamiselle. Nostovaiheen reivaus eli kattorakenteiden sidonta toisiinsa tiiviiksi paketiksi tulee olla riittävän kestävä.

9 YHTEENVETO

Runkorakentamiskokeessa tulokset Precut-osien hyväksi olivat varsin selvät. 3,5-kertainen työn nopeutuminen on erittäin huomattava. Kellotuksen perusteella pitkästä runkotavarasta rakentamalla seinäelementin valmistaminen kesti 126 minuuttia, yhden neliömetrin rakentamiseen kului aikaa 12 minuuttia 30 sekuntia. Precut-osista seinäelementin valmistus kesti 36 minuuttia, yhden neliömetrin rakentamiseen kului aikaa noin 2 minuuttia 30 sekuntia. Rakentamisessa Precut-osilla tarvitaan huomattavasti vähemmän laitteita, mikä vähentää oleellisesti aikaa. Työstöjen ja mittaamisen poistuminen on suurin nopeuttava tekijä.

RT-korteista tehdyn laskelman (liitteet 5 ja 6) mukaan Platform-menetelmän ja puurunkorakentamisen pitkästä runkotavarasta ero ajallisesti ei ole huomattava. Ajallinen menekki oli Platform 0,31 tth/m² ja Puurunkorakentaminen 0,39 tth/m². Oman kokeeni seinäelementin ajallinen menekki oli pienemmällä koealalla perinteisen pitkästä runkotavarasta rakentamisen osalla 0,21 tth/m². Precut-osilla valmistetun seinäelementin ajallinen menekki oli 0,042 tth/m². Alla ajallinen menekki minuutteina neliometriä kohden.

- Platform 18 min 36 s.
- Puurunkorakentaminen pitkästä runkotavarasta 23 min 24 s.
- Koerakentaminen pitkästä runkotavarasta 12 min 36 s.
- Koerakentaminen Precut-osista 2 min 31 s.

Kokeen osalta rakentaminen oli nopeampaa verrattuna RT-korttien laskelmaan verrattuna. Ero aikaan tulee oletettavasti siitä, etteivät rakenteet ole suoraan vertailukelpoisia. Tavaroiden- ja materiaalien siirrot olivat myös melko läheltä, joten ne eivät vieneet kohtuuttomasti aikaa. Selkeästi kuitenkin pystytään toteamaan erittäin suuri ero Precut-osien hyväksi.

Kyselytutkimuksessa selkeästi esille tuli, että puurakentamisen kasvuun uskotaan. Huomattavaa oli myös usko valmisosista rakentamisen hyötyihin. Ulkomailla hankittu kokemus osoitti Precut-tekniikan toimivuuden puolesta positivistista merkkiä. Tältä pohjalta voisi todeta investoinnin tulevaan olevan ajankohdainen. Investointia laitteistoon ei ole välttämätöntä suorittaa, mikäli sopiva yhteistyökumppani löytyy toimittamaan Precut-valmisosia. Uuden rakentamistekniikan omaksumisen pääomaan tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Referenssikohteilla kerättäisiin tärkeää osaamista ja tietoa valmiiksi siihen tilanteeseen, kun markkinoilla on aika iskeä puurakentamisella. Kyselytutkimuksessa nähdään mahdollisuus Precut-aseman tuotteiden ulosmyynnille, jolla voitaisiin saavuttaa hyvässä markkinatilanteessa erinomaista tuottoa.

Tarjouksen perusteella Precut-aseman koneistolle asennettuna hintaa tulisi noin 360 000 €. Tilantarve tulisi kartoittaa, samoin osaavan työvoiman saanti koneen käyttöön. Aseman investoinnin takaisinmaksuaikaa on mahdoton arvioida ennen markkinakartoitusta. Rakennusliikekäytössä vastaavia laitteistoja ei tietojeni mukaan juuri ole, joten laitteiston hyödyntämiseen on rajattomasti vaihtoehtoja. Huomioitavaa on laitteiston hyvä jälleenmyyntiarvo. Mahdollisesti

investoitaville tiloille löytyy varmasti kalustokeskuksella käyttöä, mikäli Precut-
aseman tuotteet eivät rupea myymään ja kalustosta halutaan luopua.

10 POHDINTA

Työ alkoi hahmottua kesällä 2022. Erno Olkkosen kanssa keskusteltuamme puurakentamisen tilanteesta ja koetusta haasteellisuudesta oli luonnollista puurakentamisen insinöörikoulutusta käyvänä ryhtyä tutkimaan asiaa. Runko tutkimukseen muodostui tarpeesta nopeuttaa rakentamista ja saada sitä kautta kustannuksia matalammiksi. Heti alussa koin tärkeäksi saada haastateltua kyseisen yrityksen työnjohtoa.

Alkuun työ lähti lokakuussa 2022. Varsinaista kustannusvertailua aiheen tiimoilta oli hankala suorittaa, koska eri yritykset eivät hintatietoja suorittamilleen toiminnoille halunneet ymmärrettävistä syistä toimittaa. Opinnäytetyöntekijä ei saanut tutkimuskohteena olevan yrityksen laskentatietoja lukuisista pyynnöistä huolimatta.

Ajallinen tutkinta oli oikeastaan ainut mitä saamillani lähtötiedoilla voin ruveta toteuttamaan. Rakentamistavassa ideoin uuden ja vanhan tavan yhdistämistä. Paikalla rakentamisen ja elementtituotteen variaatio muodostui lopulliseksi johtavaksi ideaksi. Rakennusy yrityksillä ei kyselyjen perusteella ole juurikaan omaa tuotantoa puuelementeistä. Uutena ajatuksena tuli mieleen yhdistää 1990-luvulla Suomessa hieman alkuun yritetty Platform-menetelmä ja erityisesti siinä mahdollisuuksia herättävä Precut-osien käyttö.

Oletus on puurakentamisen kasvavan lähivuosina varsinkin julkisen rakentamisen osalta. Tässä vaiheessa olisi hyvä olla iskukykyä markkinoille ja omalla Precut-asemalla siihen olisi oiva mahdollisuus. Tällöin rakentamalla normaaliilla runkorakentamisella, paikalla tehdyillä elementeillä tai itse tehdasolosuhteissa kasatuilla elementeillä toimitettavuus ei nousisi haasteeksi. Omavaraisuus osatuotannon suhteen ei sitoisi käsiä tilanteessa, jolloin rakentajia eli Precut-osien tarvitsijoita on paljon ja tarjontaa vähän. Merkittävää säästöä tulisi raaka-aineen hankinnasta suurilla volyyymeilla ja työssäni mainitsemalla sijainnilla jakelun helpottamiseksi. Precut-osien tutkimuksen mukaan tuoma 3,5-kertainen nopeus rungon kasaamisessa jouduttaa rakentamista kohteessa

huomattavasti ja täten työmaan yleiskustannuksetkin jäävät pienemmiksi. Työmaan rakennusajan pienentyessä voidaan myös ajatella, että yleisesti rakennuksia saadaan tuotettua samalla yksiköllä enemmän. Erityistä etua koneistosta saadaan vaativimmissa puuntyöstöissä. Tarkkuus Precut-laitteilla on huippuluokkaa ja nopeus 3,5-kertainen verrattuna käsin työstöön. Tärkeätä laitehankinnan tiimoilta olisi kartoittaa jatkuvuutta ja mahdollisia sidosryhmiä. Esimerkiksi muille toimijoille valmistetuilla Precut-osilla saataisiin koneen kapasiteettia hyödynnettyä paremmin. Precut-laitteiston kalustokeskukselle sijoittaminen vaatii lisäkartoitusta tilojen ja henkilöstön puolesta. Kalustokeskuksen vastaava oli mahdollisille hankkeelle hyvinkin myötämielinen puhelinkeskustelussa. Työmaan puolesta Precut-osat olisivat hyviä siinä mielessä, että ylimääräistä puujätettä ei synny työmaalle. Ylijäämä puutavara jäisi niin ikään historiaan, koska usein lankkutavara tilataan nipuittain. Jokainen rakennustyömaalla toiminut tietää ylijäämä lankkuja jäävän lojumaan rakentamisen jälkeen. Työmaan materiaalilaskelmat jäävät myös vähemmälle puumateriaalien osalta, kun puutavara tulee valmiiksi määrämittäisenä ja oikea määrä.

Yrityksen puolelta erityisesti haluttiin, että tutkittaisiin mahdollisuutta rakentaa ilman sääsuojasta. Sääsuojaus koetaan kustannusrasitteeksi. Rakennus Platform-menetelmällä tai rakennuksen vieressä koottavilla elementeillä tulisi suorittaa mahdollisuuksien mukaan kesällä. Tällöin runkovaihe saataisiin ohi ilman lumen tuomia haasteita. Kerroksien kokoamisen jälkeen asennettaisiin valmiiksi elementeiksi rakennetut välipohjat. Tämän vaiheen jälkeen välipohja suojattaisiin valmiiksi rakennetuilla kattoelementeillä, jolloin seuraavat elementit tehtäisiin rakennuksen ulkopuolella. Mikäli välipohja suojattaisiin peitteillä seuraavan kerroksen elementtien valmistus voisi tapahtua välipohjan päällä. Tällöin tärkeää olisi tietenkin rakennuksen sivustoille rakentaa putoamissuojaus. Välipohjan päälle nostettavasta sääsuoja ideasta luovuin, koska haasteelliseksi olisi tullut sen kestävyys nostettaessa. Ajatuksena Platform-menetelmässä siirrettävästä sääsuojasta välitason päälle olisi ollut paljon mahdollisuuksia. Se olisi luonut samalla suojan putoamiselle, elementtien kasaamiselle ja säälle. Mikäli sääsuojarakenteista pystyisi rakentamaan kestävästi siirrettävän rakenteen, tulisi siihen suunnitella helppo nostaminen nostopisteistä. Ankkuroiminen onnistuisi helposti välipohjaan esimerkiksi tarpeeksi suurilla kansipulteilla. Erityisen tärkeää nostettavassa katosrakenteessa olisi saada lohkottua sitä pienemmiksi osiksi noston ja muunneltavuuden takia.

Kattoelementtien, seinäelementtien ja välipohjaelementtien kasaaminen (liite 2) mukaisella kasausalustalla olisi varmasti toimiva ratkaisu. Valmiiksi runko- ja kattotuolijaolla olevat kulmaraudat toimisivat hyvin rytmittämässä kasaamista. Elementtien valmistus rakennuksen vieressä olisi myös mahdollista pienikokoisen sääsuojan alla, jolloin työntekeminen olisi mielekkäämpää.

Työmaalla valmistettavat elementit tulisi valmistaa rakennuksen ulkopuolisilta osilta mahdollisimman valmiiksi ulkokuorta myöten. Näin rungolle saadaan välittömästi suoja ulkoisia rasitteita, kuten kosteutta vastaan. Sisävalmistustyöt tapahtuisivat kerroksien valmistumisen myötä omaa aikatauluun noudattaen. Esimerkiksi eristys, LVI, sähkö ja levytystyöt olisivat valmiita alkamaan asennetun kerroksen osalta välittömästi.

Rakentamistapa olisi hyvä kokeilla käytännössä. Precut-osat kannattaisi aluksi hankkia alihankkijalta, jolloin oma kalustoinvestointi ei olisi välttämätöntä rakennustavan kokeiluvaiheessa. Todennäköisesti kokeilun jälkeen hyväksi havaittu rakennustapa ohjaisi hankkimaan oman Precut-aseman, jolloin toiminnan kehittämiseen avautuisi huomattavasti vapaammat resurssit.

11 LOPPUSANAT

Osaamiselleni opinnäytetyö antoi hyvää lisää. Läpikäyty materiaali oli laajaa ja osittain täysin uutta. Nykyisten laitteiden mahdollisuudet yllättivät erittäin positiivisesti. Erityisen kiitoksen haluan antaa Petteri Härköselä, joka on ohjannut opinnäytetyötä antaumuksella ja tarjonnut korvaamatonta myötävaikutusta. Kiitokset Lujatalo Oy:lle, eritoten Erno Olkkoselle opinnäytetyöaiheesta.

LÄHTEET

Asumus, A. 2023. Sähköpostiviesti 21.4.2023. Mariocon Oy

Demos Helsinki. Puurakentamisen tulevaisuus- loppuraportti. 2023. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/ab767032-1b60-4f24-be97-3bfe1b8c7f56/RA-PORTTI_20230308111645.pdf [viitattu 8.4.2023]

Kalustokeskus. Puhelinkeskustelu 18.4.2023. Lujatalon kalustokeskus Kuopiossa.

Kuningaskuluttaja. Talon energiatodistus: mikä se on? 2014. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2014/10/16/talon-energiatodistus-mika-se> [viitattu 16.2.2023]

Lamminen, K. 29.3.2023. Maaseudun tulevaisuus. Puurakentamisen lisääminen toteutettava muuten kuin kasvattamalla hakkuita.

Lujatalo Oy. Arvot ja eettiset ohjeet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.lujatalo.fi/tietoa-meista/historia/arvot-ja-eettiset-ohjeet/> [viitattu 14.1.2023]

Mittaviiva Oy, tutkijat. 2017. Ratu: Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. 3. tarkistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.
Mittaviiva Oy. 2020. Rok2020 rakennusosien kustannuksia. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Myllärinen, T. Pahajoki, H. Saarikko, J. Peltonen, P. 2019. Talonrakennus: Kantavat rakenteet ja sisävalmistustyöt. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
Nyman, J. Antikainen, J. Pyykkönen, S. Anttila, S. Heikkinen, B. 31.1.2023. Puurakentamisen ohjelman 2016–2023 vaikutusarviointi. Saatavissa: https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/916bd875-8c42-4816-9b3a-29a53676ba06/RA-PORTTI_20230308095007.pdf [viitattu 8.4.2023]

Olkkonen, E. Puhelinkeskustelu 12.12.2023. Lujatalo Oy Joensuun yksikkö.

Puuinfo. Materiaalivaihtoehdot. 2020a. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/rankarakenteet/materiaalivaihtoehdot/> [viitattu 13.2.2023]

Puuinfo. Rungon toimintaperiaate. 2020b. Puuinfo. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/rankarakenteet/rungon-toimintaperiaate/> [viitattu 8.4.2023]

Raksystems. 2021a. Suomalaiset talot 1940–1960-luvuilla. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://raksystems.fi/ajankohtaista/suomalaiset-talot-1940-1960-luvuilla/> [viitattu 22.1.2023]

Raksystems. 2021b. Suomalaiset talot 1970–1980-luvuilla. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://raksystems.fi/ajankohtaista/suomalaiset-talot-1970-1980-luvuilla/> [viitattu 12.3.2023]

Raksystems. 2021c. Suomalaiset talot vuosina 1990–2021. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://raksystems.fi/kotiapp/suomalaiset-talot-vuosina-1990-2021/> [viitattu 6.1.2023]

Raksystems. 2021d. Ilmanvaihtojärjestelmät eri aikakausina. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://raksystems.fi/kotiapp/ilmanvaihtojarjestelmat-eri-ai-kakausina/> [viitattu 6.1.2023]

Ratu KI-6020. 2011. Rakennustieto. Rakentamisen tuotantotekniikka.

RT-0416. 2014. Rakennustieto. Puurunkorakentaminen, paikalla rakennettu puurunko. Menekit ja menetelmät.

Sami Klami. Vähähiilinen rakentaminen kirjattava tarjouspyyntöön. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://rakentaminen.puussaontulevaisuus.fi/teemat/rakennushankkeen-hankevalmistelu-ja-kilpailutus/vahahiilinen-rakentaminen-kirjattava-tarjouspyyntoon> [viitattu 16.1.2023]

Siikanen, U. 2016. Puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sipiläinen, I. 2020. Katsaus teolliseen puurakentamiseen – puuelementit. Työ- ja elinkeinoministeriö. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.6.2020. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162338/TEM_2020_16.pdf?sequence=1 [viitattu 4.4.2023]

Suomen liimapuuyhdistys ry ja Puuinfo Oy. Liimapuukäsikirja. 2015. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/Liimapuuk%C3%A4sikirja-Osa-3.pdf> [viitattu 27.1.2023]

Valtanen, T. 2020. Yle. Päivitetty 19.1.2023. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://yle.fi/a/3-11164756> [viitattu 16.3.2023]

KUVALUETTELO

Kuva 1. Torppa, kota- ja laavu asumuksia. Siikanen, U. 2016. Puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kuva 2. Suomen Metsämuseo Lusto uudistaa konseptiaan. Koponen, P. 17.1.2019. Saatavissa: <https://yle.fi/a/3-10601857> [viitattu 15.4.2023]

Kuva 3. Puurunkoisten rakennusten osuus uudisrakentamisesta vuodesta 2005–2022. Nyman, J. Antikainen, J. Pyykkönen, S. Anttila, S. Heikkinen, B. 31.1.2023. Puurakentamisen ohjelman 2016–2023 vaikutusarviointi. Saatavissa: https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/916bd875-8c42-4816-9b3a-29a53676ba06/RA-PORTTI_20230308095007.pdf [viitattu 11.2.2023]

Kuva 4. Välipohjapalkiston tuenta runkotolpan sivuun. Siikanen, U. 2016. Puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kuva 5. Puurakenteisen rakenteen pääosat. Talonrakennus: Kantavat rakenteet ja sisävalmistustyöt. Myllärinen, T & Pahajoki, H & Saarikko, J & Peltonen, P & Sanoma Pro Oy. 2019.

Kuva 6. Yleistä puurungosta. Talonrakennus: Kantavat rakenteet ja sisävalmistustyöt. Myllärinen, T & Pahajoki, H & Saarikko, J & Peltonen, P & Sanoma Pro Oy. 2019. s. 20

Kuva 7. Liimapuun suunnittelulujuuksia. Liimapuukäsikirja osa 3. Suomen liimapuuyhdistys ja Puuinfo Oy. Helsinki. 2015. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/Liimapuuk%C3%A4sikirja-Osa-3.pdf> [viitattu 16.2.2023]

Kuva 8. Kuvakaappaus materiaalivaihtoehdot sivulta. Puuinfo. 2020. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/rankarakenteet/materiaalivaihtoehdot/> [viitattu 9.1.2023]

Kuva 9. Kuvakaappaus materiaalivaihtoehdot sivulta. Puuinfo. 2020. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/rankarakenteet/materiaalivaihtoehdot/> [viitattu 9.1.2023]

Kuva 10. Kuvakaappaus materiaalivaihtoehdot sivulta. Puuinfo. 2020. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/rakenteet/rankarakenteet/materiaalivaihtoehdot/> [viitattu 10.1.2023]

Kuva 11. Kuvakaappaus Prisman sivuilta. Prisma. 2023. Saatavissa: <https://www.prisma.fi/tuotteet/100176879/polkky-mitallistettu-c24-48x123-manty-100176879> [viitattu 11.1.2023]

Kuva 12. Kuvakaappaus Puutoimen sivuilta. Puutoimi. 2023. Saatavissa: <https://puutoimi.fi/liimapuu-viilupuuvaihtoehtoja/liimapuutolppa-115x115x3000-mm-2/> [viitattu 16.1.2023]

Kuva 13. Oma ottama kuva muistiinpanoista. Penttinen, S. 16.4.2023

Kuva 14. Oma ottama kuva alkutila. Penttinen, S. 17.4.2023

Kuva 15. Oma ottama kuva runkotolpan loveuksen valmistus. Penttinen, S. 17.4.2023

Kuva 16. Oma ottama kuva Precut-osat valmiina kasauspaikalla. Penttinen, S.17.4.2023

Kuva 17. Oma ottama kuva Precut-osien merkinnät. Penttinen, S.17.4.2023

Kuva 18. Oma ottama kuva elementti valmiina. Penttinen, S.17.4.2023

Kuva 19. Oma ottama kuva runko pystytettynä yhden miehen voimalla. Penttinen, S.17.4.2023

Liitteet

Liite 1

Moi

Ajatuksena siis rankarakentamisen kehittämistä Precut suuntaan, jossa osat tulisivat ostopalveluna, tai mahdollisesti omalta asemalta esim. kalustovaraston yhteydestä. Tällä toiminnalla omasta mielestäni, voisi saada hyvin tehokasta logistiikan hyödyntämistä vuokrattavien kalustojen yhteyteen. Precut mahdollistaisi nopeamman rungon kasauksen, jolloin läpimenoaika pienenesi ja materiaalitehokkuus kasvaisi optimoimalla runkotavaran mittaa, myös laatu paranisi. Nykyisillä laitteilla voi tehdä melkein mitä vain merkkauksista, koloista, loveuksista jopa reikiin.

Toiseksi on ollut puhetta sääsuojan kustannusrasitteesta. Olen ajatellut rakentamisen tapahtuvan ns. Platform-menetelmällä, jolloin kerros kerrallaan rakennettaisiin nostettavan kevytrakenteisen sääsuojan alla välipohjan ollessa työtasona. Välitasolle nostettaisiin seuraavan kerroksen valmistamiseen tarvittavat osat ja työ tapahtuisi noin 3–4 metriä korkean sääsuojan alla, jossa olisi turvallisuuden kannalta laidoilla putoamissuojat. Katos ankkuroitaisiin välipohjaan ruuvattuna esimerkiksi täkkipulteilla. Katoksen tulisi olla suunniteltu helposti nostettavaksi, joko osina- tai kokonaan valmiilla nosto-osilla. Tällä tavalla aina työturvallisuusriskejä sisältävä telinerakentaminen jäisi pois.

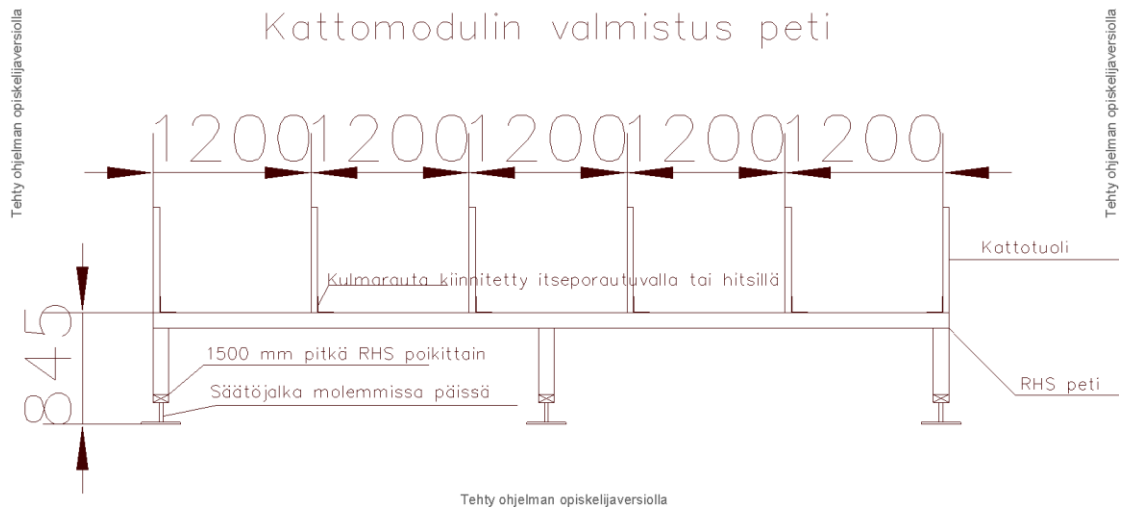
Kerroksen elementit valmistettaisiin ns. kylmiksi, mutta mahdollisimman valmiiksi ulkokuorta myöten, mahdollisesti ikkunat asennettuna paikalleen. Tällä tavoin saataisiin kosteuden kestoa ilman eristeitä ja mahdolliset ilmansulut yhtenäisempänä, toki välipohjaliitoksen kanssa olisi suunnittelijoilla miettimistä. Rajana pidetään pystyttämistä miesvoimin, mutta katoksen noston yhteydessä on oltava jonkinlainen nostin joka tapauksessa. Mahdollisena pidän myös sitä, että nosturia käytetään elementtien nostoon siinä vaiheessa, mikäli niiden koko ja massa muodostuu miesvoimin mahdottomaksi nostaa. Näin ulkotöiksi jäisi vain elementtien saumojen laudoitus, mahdolliset ikkuna smyygit ja ikkunoiden asennus. Nämä voisi hoitaa ilman ihmeempiä telinerakennelmia nostimilla.

Kattorakennelmat tehtäisiin kattomodulleina säädettävän alustan päällä, mistä (liite 2) kuva. Suunnittelin sen rautapalkkina, jota voisi hyödyntää vastaisuudessa muilla työmailla. Yhtä kaikki se voi olla valmistettu, vaikka kertopuupalkista, kunhan siinä olisi säädöt jaloissa niin asennus vaakatasoon toisen laidan kanssa onnistuu helposti. Kattomodulleihin valmiit nosto-osat tai liinan paikat, jolloin ne ovat nopeita siirtää valmiin välitason päälle. Maassa rakentamalla työturvallisuus ja nopeus olisivat valttia.

Kattotöiden jälkeen viimeistään pystyisi aloittamaan eristystyöt, mutta näkisin ettei kosteusvaaraa tällä rakentamisella tapahdu. Elikä työt voisivat alkaa heti kerroksen valmistuttua ja tekniikan ym. asennus välittömästi samaan aikaan.

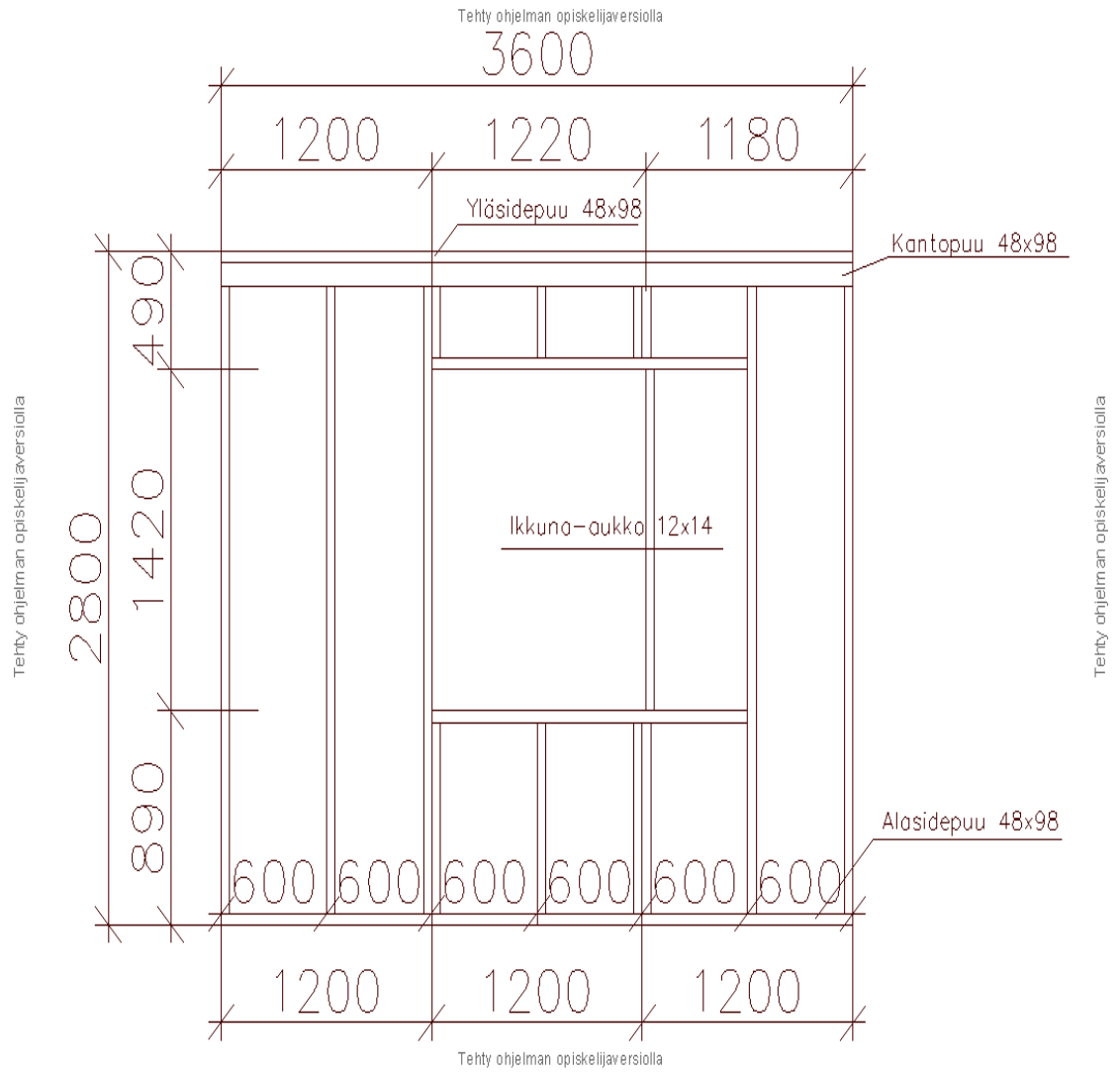
Liitteenä kysymykset ja kuva suunnitellusta kattomodulin rakennusalustasta.

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

1. Nimesi ja koulutuksesi?
2. Työkokemus vuosina rakennusalasta?
3. Minkälaisena koet puurakentamisen tulevaisuuden näkymät?
4. Minkälaisia puurakentamisen isoja kohteita olet ollut saattamassa valmiiksi?
5. Mitkä kaksi asiaa koet haasteellisimmiksi puurakentamisessa?
6. Mitkä kaksi asiaa koet eduksi puurakentamisessa?
7. Kokisitko kuvailemallani tavalla Precut osista rakentamalla olevan oleellista hyötyä ajallisesti, laadullisesti tai materiaalitehokkuuden suhteen?
8. Voisiko mielestäsi Platform menetelmä toimia nostettavan sääsuojan alla? Elementit rakennettaisiin kuvailemallani tavalla kevyen sääsuojan alla?
9. Olisiko mielestäsi järkevää hankkia Lujalle oma Precut-asema, joka toimisi esimerkiksi kalustovaraston yhteydessä. Sieltä se palvelisi lähettämällä osapaketteja yhdessä työmaalle tulevien laitteiden kanssa samoilla rahdeilla?
10. Olisiko kuvailemani kattojen kasaus alustalle moduuleina mielestäsi käyttökelpoinen ratkaisu?



Platform

Alapohjan runkokokonaisuus	Määrä m ²	Työmenekki (T3) m ²	Yhteensä
Tavaran vastaanotto ja välivarastointi	125	0,01 tth	1 tth
Materiaalisiirrot	125	0,03 tth	4 tth
Alapohjan asennus ja levytys	125	0,38 tth	48 tth
Suojaus ja siivous	125	0,01 tth	1 tth
			54 tth Summa
Suoritemääräkerroin 125m ² pohja	1,0375		56 tth
Yhden neliömetrin valmistamiseen menevä aika 56tth/125 m ²			0,45 tth
Laskenta tapahtuu kertomalla pohjan neliömäärä Ratu-kortin määrämällä työvaiheen työmenekillä (T3). Laskemalla kaikkien työvaiheiden vaatimat tth yhteen saadaan rakennus vaiheen vaatima aika selville. Laskennassa tulee huomioida suoritemääräkerroin. Mitä enemmän neliömäärää on, sitä pienemmäksi suoritemääräkerroin muuttuu, koska työ nopeutuu.			
Seinän runkokokonaisuus	Määrä m ²	Työmenekki (T3) m ²	Yhteensä
Tavaran vastaanotto ja välivarastointi	165	0,01 tth	2 tth
Mittaus	60	0,08 tth	5 tth
Materiaalisiirrot	165	0,05 tth	8 tth
Seinän kokoaminen ja asennus	165	0,21 tth	35 tth
Suojaus ja siivous	165	0,01 tth	2 tth
			51 tth Summa
Suoritemääräkerroin 165 m ² seinä	1,0175		51,9 tth
Yhden neliömetrin valmistamiseen menevä aika 51,9tth/165 m ²			0,31 tth /m ²
Laskenta tapahtuu kertomalla seinien neliömäärä Ratu-kortin määrämällä työvaiheen työmenekillä (T3). Laskemalla kaikkien työvaiheiden vaatima tth yhteen saadaan rakennus vaiheen vaatima aika selville. Laskennassa tulee huomioida suoritemääräkerroin. Mitä enemmän neliömäärää on, sitä pienemmäksi suoritemääräkerroin muuttuu, koska työ nopeutuu.			
Kokonaismenekki	Työn kesto yhteensä		
	56 tth+67 tth= 108 tth		
Kokonaisaika eli työvaiheaika (T4) saadaan kertomalla työvuoroaika T3 lisäkertoimella TL3. TL3-lisäaikakerroin puurunkotyössä on 1,1...1,2 valitaan, joten valitaan 1,2.			
TL3 x Työn kesto yhteensä =	129 tth		
Työn kesto, 2 asentajaa	108 tth/((8t tth/tv)x 2RAM)		8,07 tv

RAM= Rakennusammattimiestä

tth= tehollinen työaika, joka menee eri työvaiheiden valmistumiseen

Puurunkorakentaminen pitkästä materiaalista

Alapohjan runkokokonaisuus	Määrä m ²	Työmenekki (T3) m ²	Yhteensä
Tavaran vastaanotto ja välivarastointi	125	0,01 tth	1 tth
Materiaalisiirrot	125	0,03 tth	4 tth
Alapohjan asennus ja levytys	125	0,36 tth	45 tth
Suojaus ja siivous	125	0,01 tth	1 tth
			51 tth Summa
Suoritemääräkerroin 125m ² pohja	1,0375		53 tth
Yhden neliömetrin valmistamiseen menevä aika 53tth/125 m ²			0,43 tth

Laskenta tapahtuu kertomalla pohjan neliömäärä Ratu-kortin määräämällä työvaiheen työvuoroaika (T3). Laskemalla kaikkien työvaiheiden vaatimat tth yhteen saadaan rakennusvaiheen vaatima aika selville. Laskennassa tulee huomioida suoritemääräkerroin. Mitä enemmän neliömäärää on, sitä pienemmäksi suoritemääräkerroin muuttuu, koska työ nopeutuu.

Seinän runkokokonaisuus	Määrä m ²	Työmenekki (T3) m ²	Yhteensä
Tavaran vastaanotto ja välivarastointi	165	0,01 tth	2 tth
Mittaus	60	0,08 tth	5 tth
Materiaalisiirrot	165	0,05 tth	8 tth
Seinän kokoaminen ja asennus	165	0,28 tth	46 tth
Suojaus ja siivous	165	0,01 tth	2 tth
			63 tth Summa
Suoritemääräkerroin 165m ² seinä	1,0175		64 tth
Yhden neliömetrin valmistamiseen menevä aika 64tth/165 m ²			0,39 tth

Laskenta tapahtuu kertomalla seinien neliömäärä Ratu-kortin määräämällä työvaiheen työmenekillä (T3). Laskemalla kaikkien työvaiheiden vaatima tth yhteen saadaan rakennusvaiheen vaatima aika selville. Laskennassa tulee huomioida suoritemääräkerroin. Mitä enemmän neliömäärää on, sitä pienemmäksi suoritemääräkerroin muuttuu, koska työ nopeutuu.

Kokonaismenekki	Työn kesto yhteensä	
	53 tth+64tth= 117 tth	
Kokonaisaika eli työvaiheaika (T4) saadaan kertomalla työvuoroaika T3 lisäkertoimella TL3. TL3-lisäaikakerroin puurunkotyössä on 1,1...1,2 valitaan, joten valitaan 1,2.		
TL3 x Työn kesto yhteensä =	140 tth	
Työn kesto, 2 asentajaa	140tth/((8t tth/tv)x 2RAM)	8,76 tv

RAM= Rakennusammattimestä

tth= tehollinen työaika, joka menee eri työvaiheiden valmistumiseen

Pitkä runkotavara

	Min
Leikkauslistan laatiminen 4 min 30 s	4,5 min
Sirkkelipaikan kasaus 9 min 30 s	9,5 min
Runkotavaran siirto työmaalle 10 min	10,0 min
Mittaukset ja merkinnät 8 min 30 s	8,5 min
Runkotolppien työstö 41 min 30 s	41,5 min
Sirkkelipaikan siivous ja järjestely 4 min 30 s	4,5 min
Elementin kasaus 38 min 30 s	38,5 min
Sirkkelipaikan purku 9 min	9,0 min
	126,0 min Summa

Precut-osat

36,0 min

HUNDEGGER

Innovationen für den Holzbau



SC4-4030
Jättekuljetin
 Koneen alla, pituus 3690mm

Yhteenveto

SC4-B400
 SC 480 Täysautomaattinen katkaisu yksikkö, sisältäen 5 akselisen sahayksikön

TD-2500
 Hundegger CAMBIUM -tuotanto-ohjelmisto

SC4-1085
 Turva-aita ja -laitteet, 2 turvaovea

SC4-8561
 Etädiagnostikka/tukijärjestelmä

SC4-1278
 Automaattinen sisäänsyöttö puskuritoiminnolla 12 m:n puunpituuteen

SC4-1400
 Pehmeäynnistin sisäänsyöttökettulle

SC4-5140
 Ulostuloalueen pöytä, 2 kpl.

SC4-5202
 Varastovarret ulostuloalueella

SC4-8635
 Jätehuollon ohjausyksikkö
 SC4-2020
 Työkalutuki pystytyökaluille

SC4-2310
 4-akselinen Revolveri yksikkö 7.5 kW

SC4-2160
 Pystypora yksikkö 3.0 kW hydropneumaattinen

SC4-3120
 Väivänpöytätyökalu, vasten puolelta

SC4-3340
 Mustesuikun erkitin HP, m-erkitin vasten puolelta

SC4-4030
 Jättekuljetin

Hinta yhteensä 326.520,00 €