

Otto Laukkanen

Puiset runkorakenteet pientaloissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

19.4.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Otto Laukkanen Puiset runkorakenteet pientaloissa 39 sivua + 0 liitettä 19.04.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat	Tuotantovastaava Ville Nummela Ohjaaja Anne Pietilä, Metropolia Ammattikorkeakoulu
<p>Tämän insinööryön tarkoituksena oli tutkia vakiintuneita suunnitteluratkaisuja puurakenteisissa pientaloissa, sekä löytää niistä kehitysideoita. Tavoitteena oli rankarunkoisten pientalojen runkojaon kasvattaminen, sekä runkotalppien yläosassa sijaitsevan lovilankun siirtäminen pystyrungon yläpuolelle.</p> <p>Insinööryössä käytiin läpi useita kirjallisuuslähteitä, tutkittiin jo toteutuneita rakennesuunnitelmia, sekä suoritettiin kysely suurimmille talotehtaille. Uusia rakenneratkaisuja tutkittiin yrityksen tiloihin valmistetussa malliseinässä.</p> <p>Insinööryö tavoitti halutun lopputuloksen ja yritykselle pystyttiin kehittämään uusia rakennetyyppejä, joilla voidaan tuottaa laadukkaampia sekä edullisempia rakennuksia. Työssä pyrittiin kehittämään tehokkaampia rakennustapoja puurakentamiseen ja siinä onnistuttiin.</p> <p>Nykyisille runkoratkaisuille ei löytynyt perusteita ja tutkimuksen johtopäätöksenä oli, että käytössä olevat runkoratkaisut ovat vanhanaikaisia ja niitä on mahdollista kehittää. Opinnäytetyön pohjalta syntyi kokonaan uudenlaisia runkoratkaisuja, joilla pystytään rakentamaan edullisempia ja korkealaatuisempia rakennuksia.</p>	
Avainsanat	Pientalo, puutalo, puurunko, runkorakentaminen

Author Title	Otto Laukkanen Wooden Frame Structures in Single-family Houses
Number of Pages Date	39 pages + 0 appendices 19 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Bachelor of Civil Engineering
Professional Major	Project Management for Construction
Instructors	Ville Nummela, Production Supervisor Anne Pietilä, Instructor
<p>The purpose of this engineering thesis was to study the design solutions in small wooden buildings and to find ideas for development. The main objective was to study the change of the existing wooden frame. The study was done for a company named Rakennusliike I. Laukkanen.</p> <p>Several design instructions were studied, numerous existing building plans were explored, and several representatives of the biggest building companies were interviewed. A model wall was built at the premises of the company.</p> <p>The final result was achieved and the wooden frame was developed. The company got instructions for making cheaper and higher quality buildings. The project aimed at creating more efficient building methods.</p> <p>There were no basis for the existing frame solutions. The conclusion of the project was that the available frame solutions are old-fashioned and have the potential to be developed. On the basis of the study, entirely new kind of frame solutions were created, which enable the construction of more advantageous and high-quality buildings.</p>	
Keywords	Wooden house, wooden frame, single-family house

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimusongelma	1
1.2	Tutkimusmenetelmät	1
1.3	Työn rajaus	2
1.4	Työn tavoite	2
2	Puurunkorakentaminen	3
2.1	Puu materiaalina	3
2.1.1	Puun kosteusteknisiä ominaisuuksia	4
2.1.2	Puun lujuusteknisiä ominaisuuksia	5
2.1.3	Puun lämpötekniisiä ominaisuuksia	6
2.1.4	Puun paloteknisiä ominaisuuksia	7
2.1.5	Puun äänitekniisiä ominaisuuksia	7
2.2	Puun käyttö rakentamisessa	7
2.3	Erilaiset runkorakenteet	9
2.4	Puurunkoisten talojen toteutusmenetelmiä	9
2.4.1	Paikalla rakentaminen	10
2.4.2	Elementtirakentaminen	13
2.5	Runkojako	17
3	Lovilankku	18
3.1	Lovilankku	18
3.2	Lovilankun tehtävä	19
4	Runkojaon muutos	20
4.1	Runkojaon muuttaminen	20
4.2	Edut	21
4.3	Materiaalien sopivuus	25
4.3.1	Eristevillat	25
4.3.2	Tuulensuojalevyt	26
5	Lovilankun siirtäminen	29
5.1	Ongelma nykyisellä sijainnilla	29
5.2	Lovilankun uusi sijainti	30

5.3	Vaatimukset lovilankun siirtämiselle	30
6	Käytännön kokeet	32
6.1	Runkotolppien työstön tehokkuuden parantuminen	32
6.2	Malliseinän rakentaminen k900 runkojaolla	33
7	Pohdintaa	36
8	Yhteenveto	37
	Lähteet	38

Lyhenteet

Alajuoksu Perustusten päällä lappeellaan oleva lankku, joka toimii kiinnitysalustana runkotolpille.

Lovilankku Pystyyn asetettu lankku rungon yläosassa, joka jäykistää runkoa, sekä ottaa kattotuolien kuorman vastaan.

Runkotolppa Pystyyn asetettu lankku ulkoseinällä, joka toimii rakennuksen runkona.

Yläjuoksu Runkotolppien yläpäässä lappeellaan oleva lankku.

1 Johdanto

Insinööriyö tehdään Rakennusliike I. Laukkaselle. Rakennusliike I. Laukkanen on pieni, n. 1 miljoonan euron liikevaihdolla toimiva rakennusliike, joka on perustettu vuonna 1993. Yrityksen toiminta on painottunut pieniin julkisiin rakennushankkeisiin.

1.1 Tutkimusongelma

Rakennusliike I. Laukkasella ei ole omaa asuntotuotantoa, mutta yritys pyrkii laajentamaan toimintaansa aloittamalla oman asuntotuotannon. On huomattu, että kilpailu myytävien kohteiden kanssa on kovaa, joten yritys pyrkii useilla eri keinoilla saavuttamaan kilpailuetua asuntotuotannossa. Tämän työn tarkoituksena on tutkia jo vakiintuneita, yleispäteviä suunnittelukäytäntöjä ja löytää niistä kehityskohtia, joilla parannetaan rakennuksen laatua, energiatehokkuutta sekä saadaan yritykselle kilpailukeinoja rakentamiseen. On havaittu, että pientaloja suunnittelevat henkilöt käyttävät rakennesuunnittelussa samoja rakennetyyppejä ja detaljeja, eikä niitä ole yritetty kehittää tehokkaammiksi tai taloudellisemmiksi. Tässä työssä tutkitaan puurunkoisten pientalojen runkojen muuttamista, sekä lovilankun siirtämistä rungon yläpuolelle.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Yrityksessä havaitut tutkimusongelmat pyritään ratkaisemaan erilaisilla tutkimusmenetelmillä. Työssä tutustutaan puuhun materiaalina ja sen ominaisuuksiin, tutkitaan rakennemuutoksien teoreettisia mahdollisuuksia, sekä selvitetään rakennusosien yhteensopivuuksia vertailemalla niiden ominaisuuksia, tuotetietoja sekä valmistuskokoja. Puurakentamista säätelee useat määräykset ja ohjeet. Nämä voidaan jakaa neljään pääryhmään; lait, sitovat määräykset, hyväksytyt ratkaisut sekä epäviralliset ohjeet. Insinööriyössä käytetään apuna em. määräyksiä ja ohjeita. Yrityksen tuotantotiloihin rakennetaan malliseinä, jossa nähdään käytännön mahdollisuudet sekä havaitaan mahdolliset ongelmakohdat.

1.3 Työn rajaus

Työ rajataan koskemaan puurankarunkoisia yksikerroksisia rakennuksia. Insinööriyön pääpaino on tutkia mahdollisuutta runkotolppien jaon kasvattamiseen, sekä lovilankun siirtoa rungon yläjuoksun yläpuolelle. Insinööriyössä ei oteta huomioon rakennuksia, joissa on erityisvaatimuksia.

1.4 Työn tavoite

Työ toteutetaan huomioimalla Rakennusliike I. Laukkasen toimintatapoja, suunnitteluratkaisuja, vahvuuksia sekä resursseja, ja luomalla niiden pohjalta suunnitteluperusteita kehitettäville rakenteille. Tarkoituksena on kehittää yritykselle toimiva ohje, jolla voidaan perustella runkorakenteiden muutoksia, sekä selvittää kyseisten rakennemuutosten vaatimuksia. Tavoitteena on perustella puurankarunkoisten pientalojen runkotolppien jaon kasvattamista, sekä yläpohjan kuormia kannattelevan lovilankun siirtämistä rungon yläjuoksun yläpuolelle. Tämän tutkimuksen avulla - sekä sen hyödyntämisellä suunnittelussa - yritys voi saavuttaa huomattavaa kilpailuetua pientalojen runkorakentamisessa, verrattuna tällä hetkellä yleisesti käytössä oleviin rakennetyyppeihin. Jokaisen kohteen rakennetyyppejä ja -detaljeja koskevat valinnat on kuitenkin tehtävä rakennuskohteen erityispiirteet huomioon ottaen.

2 Puurunkorakentaminen

2.1 Puu materiaalina

Maapallolla kasvaa noin 60 000 kasvia, joista muodostuu puuta. Puu koostuu juurista, rungosta ja lehvästöstä. Puun kasvaessa rungon keskelle muodostuu sydänpuuta. Sydänpuu on tavallisesti kovempaa ja kestävämpää kuin pintapuu. Sydänpuu onkin suosittu rakennuspuu. Suomi on Euroopan metsäisin maa ja Suomen pinta-alasta 78% on metsätalousmaata. Metsät ovat havupuuvaltaisia, männyn osuus puuston tilavuudesta on noin 49%, kuusen noin 30%, hieskoivun noin 12% ja rauduskoivun noin 4%. Mänty ja kuusi ovat merkittäviä saha- sekä rakennusteollisuuden raaka-aineita. Muita puulajeja käytetään pääosin vaneri- tai huonekaluteollisuudessa.[7.] Monissa puulaaduissa on luontaisia, tuholaisien torjuntaan auttavia pihkayhdisteitä. Akustiikan osalta puu on loistavaa materiaalia. Ääni kulkee puun kuiduissa pehmentyneenä, ja puuta voidaan käyttää äänien heijastamiseen. Kosteus on puun suurimpia uhkia. Ilmankosteuden ollessa pitkään yli 80%, puun lahoaminen alkaa. [6.] Puu on luonnon materiaalia, ja sen ominaisuudet vaihtelevat. Puun käyttöä rakentamisessa on lisänneet sen lukuisat hyvät ominaisuudet. Puu on suhteellisen kevyttä materiaalia ja sen työstäminen on helppoa. Puisten materiaalien liittäminen toisiinsa onnistuu helposti. Puulla on myös rakennefyysikaalisesti viisaita ominaisuuksia, kuten hyvä lämmöneristävyys sekä lujuusominaisuudet painoonsa nähden. Paloteknisiltä ominaisuuksiltaan puu ei ole tehokkain rakennusmateriaali. Puu pehmenee sen lämmitessä sekä lopulta syttyy palamaan.[7.] Suomi on hyvää kasvualuetta laadukkaalle rakennepuulle, sillä kylmä ilmastovyöhykkeen ansiosta puun kasvu on hidasta. Hitaasti kasvavan puun ominaisuudet ovat erittäin hyviä, oksia on vähän, rungot ovat suoria ja pyöreitä, sekä vahvan sydänpuun osuus on suuri.[1.]; [7.]; [15.]; [11.]; [19.]



Kuva 1. Suomalainen mäntymetsä

Puun etuina voidaan pitää ekologisuutta, kustannustehokkuutta ja sen uusiutumista. Puun käyttöä rakennusmateriaalina pidetään äärimmäisen energiatehokkaana, sillä sen valmistuksessa tuotetaan enemmän energiaa kuin kulutetaan.[3.]

Puun käyttö rakennusmateriaalina on yleistä, ja viimeisen vuosikymmenen aikana puun käytölle on tullut uusia käyttökohteita. Puurakentaminen on painottunut Suomessa pientalopuolelle. Puukerrostalojen rakentaminen on ollut vähäistä, mutta viime vuosina sekin on yleistynyt. Syynä puukerrostalojen puuttumiselle voidaan pitää tiukkoja palomääräyksiä, sekä rakennusalalla totuttuja tapoja käyttää betonia sekä terästä.[3.]; [15.]

2.1.1 Puun kosteusteknisiä ominaisuuksia

Puu on hygroσκοoppinen materiaali eli se imee kosteutta. Puuhun kulkeutuu kosteutta eri tavoin: kapillaarisesti eli imeytymällä, höyrynä sekä molekulaarisena diffuusiona soluseinämän kautta. Puun kosteus ilmaisee vesimärän ja puun välistä suhdetta. Jos puinen lankku painaa 10 kg ja veden osuus on 5 kg, tulee puun kosteusprosentiksi 100%. Sahatun puun kosteusprosentti vaihtelee 40% ja 200% välillä. Käytössä olevan

puun kosteus pysyy n. 8-25% välillä ja vaihtelee suhteellisen ilmankosteuden mukaan.[1.]

Puun tasapainokosteus vastaa pääosin ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Tasapainokosteutta tutkittaessa on huomioitava, että se määräytyy ilman suhteellisesta kosteudesta eikä absoluuttisesta kosteudesta. Esikuivatun puutavaran kosteus tasaantuu noin kahden viikon aikana. Kuivuessaan puu kutistuu, kun sen kosteus laskee alle kyllästymispisteen, ja laajeneminen päättyy kun kyllästymispiste on saavutettu. Puun kosteuskapasiteettia käytetään rakenteellisesti hyödyksi kosteuden kulun tasaamisessa.[1.]; [16.]

Puun kuivaamista hankaloittaa sydänpuun ja pintapuun kosteuserot, sillä sydänpuu on yleensä kuivempaa. Puun kuivatuksessa aiheutuva kieroutuminen johtuu puun sisäisistä jännityksistä, sekä puun kutistumisesta eri tavalla syiden ja vuosirenkaiden suuntaan. Puun eläminen kosteuden myötä tulee huomioida rakennesuunnittelussa, sillä puun kutistuminen voi aiheuttaa rungon painumista, sekä massiivisten puutuotteiden halkeilua.[1.]; [16.]

Puun vaurioituminen alkaa jos sen kosteusprosentti pysyy pitkään yli 20%:ssa. Ympäristön ilman kosteusprosentti on silloin yleensä hyvin korkea, n.80-90%. Puu homehtuu jo muutamassa kuukaudessa, jos ilmankosteus sen ympärillä ylittää jatkuvasti 80%. Jos ilman suhteellinen kosteus nousee yli 90%, alkaa puu lahoamaan. Lahoamisen sekä homehtumisen edellytyksenä on kuitenkin riittävä ilman lämpötila, joka on noin +0-+40°C. Kylmillä ilmoilla ilmankosteus voi helposti ylittää 80%, mutta puu säilyy hyvälaatuisena alhaisen lämpötilan seurauksena.[1.]

2.1.2 Puun lujuusteknisiä ominaisuuksia

Puun lujuus kasvaa suhteessa puun tiheyteen. Puun tiheyttä arvioitaessa pitää muistaa mittaushetken kosteustilanne, sillä vaikuttava kosteus vaikuttaa aina puun tiheyteen. Yleisesti puun tiheys ilmoitetaanilmakuivatiheytenä, jolloin puun kosteus on 15%. Suomen yleisimpien rakennuspuiden, eli männyn tiheys on 370-550kg/m³ ja kuusen 300-470 kg/m³. [1.]

Vahvana sydänpuuna tunnetun puun sydänosan kestävyys ei johdu sen tiheydestä, sillä valtapuulajeillamme tiheys kasvaa pintapuuhun mentäessä. Sydänpuuta vahvistaa sen suuri hartsi- ja pihkapitoisuus, joka samalla myös lisää puun lahonkestävyyttä. Yleisesti puun lujuus ja tiheys vähenee latvaan kohti mentäessä. Kuusella pituus-suuntainen tiheydenmuutos on pienempi kuin mänyllä.[1.]

Puun lujuuteen vaikuttaa sen kuormitustapa ja kuormituksen suunta syitä vastaan. Syysuunnassa taivutuslujuus on verrannollinen tiheyden kanssa. Virheettömällä puulla vetolujuus ja taivutuslujuus ovat samoja.[1.]

Vetolujuus syiden suuntaan on n.10-20-kertainen verrattuna puun kohtisuoraan lujuuteen syitä vastaan. Vetolujuuteen vaikuttaa myös puun tiheys. Leikkauslujuus on yleensä n. 10% syiden suuntaisesta vetolujuudesta. Halkeamat ja muut virheet puussa heikentävät leikkauslujuutta. [1.]

Puun tiheys vaikuttaa kimmoisuuteen sekä kulutuksenkestävyyteen, ja ne lisääntyvät samassa suhteessa toisiinsa. Syiden suunnassa puun kimmomoduuli voi olla jopa satakertainen verrattuna syitä vastaan kohtisuorassa olevaan.[1.]

2.1.3 Puun lämpötekniisiä ominaisuuksia

Puulla on suhteellisen huono lämmönjohtavuus sen huokoisuuden takia. Tiheyden vähentyessä myös lämmönjohtavuus pienenee. Myös lämmönjohtavuuteen vaikuttaa tarkastelusuunta syitä vastaan, ja se voi olla jopa kaksinkertainen syiden suuntaan verrattuna kohtisuorassa syitä vastaan. Puun sisältämä kosteus lisää lämmönjohtavuutta. Puun lämpölaajeneminen on erittäin vähäistä, ja se pysyy melko samana tarkastelusuunnasta riippumatta.[1.]

Puun lämpökapasiteettiin vaikuttaa puun tiheys, kosteus ja lämpötila. Kuusen ja männyn keskimääräinen ominaislämpökapasiteetti on noin 2300 J/kg°C. Veden ominaislämpö on suurempi kuin puun, joten kosteus lisää puun lämpökapasiteettia. Suuren lämpökapasiteetin ansiosta hirsiseinä toimii kohtuullisen hyvänä ulkoseinärakenteena lämmöneristävyytensä puolesta.[1.]; [13.]

2.1.4 Puun paloteknisiä ominaisuuksia

Jos puun lämpötila nousee yli 100°C, siitä höyrystyy pois kemiallisesti sitoutumaton vesi. Kuivan puun pehmentyminen alkaa lämpötilan ylittäessä 180°C ja maksimitason se saavuttaa noin 320-380°C:ssa. Tällöin puun sidokset alkavat hajota.[1.]

Puun syttymislämpötilaan vaikuttaa aika, jonka puu on lämmölle alltiina. Yleensä puu syttyy kun lämpötila on 250-300°C. Puun syttyessä palamaan sen pinta alkaa hiiltä ja palaminen hidastuu. Tätä hiiltymisominaisuutta hyödynnetään puisten kantavien rakenteiden mitoituksessa. Hiiltymisnopeus massiivipuulla on noin 0,8 mm minuutissa. Puun syttymisherkkyteen vaikuttaa tiheyden ja kosteuden vähentyminen, sekä terävät kulmat, säröt ja halkeamat.[1.]

2.1.5 Puun ääniteknisiä ominaisuuksia

Puu kevyenä materiaalina ei ole ääneneristävyydeltä hyvä. Tiivispintainen ja sileä puupinta ei myöskään vaimenna ääntä, sillä se ei ime ääniaaltoja itseensä. Tiivis puurakenne heijastaa hyvin ääntä, joten siitä voidaan muodostaa ääntä ohjaavia rakenteita tiloihin, joissa tarvitaan erityistä akustiikkaa. Äänen heijastavuus tulee myös eduksi soittimia rakennettaessa.[1.]

Puurakennusten riittävä äänieristävyys saavutetaan yleensä rakenteellisin ratkaisuin käyttämällä erilaisia rakennekerroksia. Sijoittamalla levyn tai paneloinnin taakse huokoinen ääniaaltoja imevä materiaali -esimerkiksi lämmöneristekerros- muodostuu värähtelevä äänenvaimentaja.[1.]

Puutaloissa, joissa on useampia kerroksia, on vaikeaa hallita ääneneristävyttä. Yleisesti ääneneristävyttä parantavat rakenneratkaisut ovat vastakkaisia rakenteen jäykkyyden kanssa. Esimerkiksi puuvälipohjien askeläänieristävyttä voidaan parantaa kasvattamalla rakenteen massaa tai käyttämällä kelluvia rakenteita. [1.]

2.2 Puun käyttö rakentamisessa

Puuta käytetään rakentamisessa ympäri maailmaa, ja sillä on hyvät rakennustekniset ominaisuudet. Puu monipuolisena rakennusaineena soveltuu sekä kantaviin rakentei-

siin, että pintamateriaaliksi. Puuta käytetään myös lämmöneristeenä. Puurakentamisen kulttuuri levisi hitaasti Pohjoismaihin. Vanhimmat tunnetut puurakenteet Pohjoismaissa on valmistunut n. 500 eaa. Suomeen puurakentaminen levisi vasta ajanlaskun alussa. Suomessa puun käyttö rakentamisessa yleistyi nopeasti ja nykyään se on käytetyin rakennusmateriaali. Tänä päivänä puurakennusten osuus talonrakennustuotannosta on tilavuudella mitattuna n.50%. Suomen sahatavarasta noin neljä viidesosaa käytetään rakentamiseen. [7.]; [11.]

Suomen noin puolesta miljoonasta vapaa-ajan asunnosta lähes 99% on puurakenteisia. Vuosittain määrä kasvaa noin seitsemällä tuhannella. [1.] Vuoden 2016 lopussa Suomessa oli 2,97 milj. asuntoa, ja viimeisen kolmenkymmenen vuoden ajan on rakennettu keskimäärin noin 29 000 uutta asuntoa vuosittain, eli asuinrakennuskantamme uudistuu noin prosentin vuosivauhdilla.[2.] Uudistuotannosta vajaa puolet on pientaloja eli rivi- ja omakotitaloja. Pientaloista yli 80% on puurunkoisia ja noin 75% niistä on puujulkisivu. Joka kymmenes pientalo on hirsitalo.[1.]



Kuva 2. Puurunkoinen pientalo

Ympäristöministeriön tavoitteena on, että rakennusten hiilijalanjälki otetaan huomioon rakentamisen säädöksissä 2020-luvun puoliväliin mennessä. Puu tulee pärjäämään rakennusmateriaalien kilpailussa entistä paremmin kotimaisena, paikallisena, uusiutuvana ja ympäristöystävällisenä energialähteenä.[1.]

2.3 Erilaiset runkorakenteet

Rakennuksen rungolla on monta tehtävää. Yläpohjan kannattamisen lisäksi se toimii sisä- ja ulkoseinien kiinnityspintana, antaa kiinnityspaikat ikkunoille, sekä mahdollistaa lämmöneristeen asentamisen. Runkorakenne on myös äänieriste ja kiinnityspaikka väliseinille.[4.] Puurakenteisissa pientaloissa on mahdollisuus käyttää erilaisia runkorakenteita. Suomessa yleisin käytetty runkorakenne on rankarunko, joka koostuu ylä- ja alajuoksusta, runkotolpista, eristeestä, sekä ulko- ja sisäverhoiluista. Rankarunkoisessa rakenteessa runkotolpat ja pilarit siirtävät rakennuksen kuormat perustuksille, ja toimivat kiinnitysalustana niihin liittyville rakennusosille. Vaaka- ja vinosuunnassa olevat lankut jäykistävät runkorakennetta, sekä siirtävät erilaisia kuormia runkotolpille.[4.] Noin kymmenen prosenttia pientaloista on hirsirunkoisia, jolloin runko koostuu erityyppisistä, yksittäisistä hirsistä. Kolmas suomessa käytetty puinen runkorakenne on clt-levyrakenne (ristiinlaminoitu puulevy), jonka käyttö on vielä vähäistä.[4.]

2.4 Puurunkoisten talojen toteutusmenetelmiä

Puurunkorakentaminen voidaan karkeasti jakaa kahteen osaan: paikalla rakentamiseen ja elementtirakentamiseen. Paikalla rakentamiseen liittyy myös platformmenetelmä sekä pre-cut-järjestelmä. Elementtirakentaminen koostuu pienelementeistä, suurelementeistä sekä tilaelementeistä. Tässä insinööriyössä tutkittavia rakennetyyppien muutoksia, eli runkotolppien jaon kasvattamista sekä lovilankun siirtämistä, voidaan soveltaa sekä elementtirakentamiseen, että paikalla rakentamiseen. Eri menetelmiä tutkittaessa sekä vertaillaessa huomataan suunniteltujen runkomuutoksien kiistaton hyöty runkorakentamisessa.[18.]

2.4.1 Paikalla rakentaminen

Paikalla rakentamiseksi kutsutaan rakentamista, joka suoritetaan rakennettavassa kohteessa suoraan oikealle loppupaikalle. Runkotolppina voidaan käyttää viilupuuta, massiivipuuta ja liimapuuta. Massiivipuuta höylättynä, mitallistettuna tai sahapintaisena on näistä yleisin.[7.] Ulkoseinien runko koostuu pääosin kantavasta sahatavarasta eli runkotolpista, jotka kiinnittyvät sokkeliin alajuoksun kautta. Tasakerta eli yläjuoksu toimii ylä- tai välipohjan kiinnitysalustana. Seinärungon syvyys määräytyy pitkälti lämmöneristysvaatimusten mukaan. Runkotolppien yleisin jakoväli on 600 mm.[12.]

TYÖMENEKIT ¹⁾			
Aloittavat työt	Työnosa		Työmenekki (T3)
Tavaran vastaanotto ja välivarastointi	seinät	4 tth/kuorma	0,01 tth/seinä-m ²
	ala-, väli- ja yläpohjat	4 tth/kuorma	0,01 tth/pohja-m ²
Mittaus	seinät		0,08 tth/seinä-jm
Siirrot	nosturin valmistelu		16 tth/kerta
	nosturi, nosto 1. ... 4. krs.		0,20 tth/siirtokerta
	traktori, alle 50 m		0,25 tth/siirtokerta
	käsinsiirrot, 20 ... 50 m		0,08 tth/siirtokerta
	materiaalisiirrot, seinät		0,05 tth/seinä-m ²
	materiaalisiirrot, ala-, väli- ja yläpohjat		0,03 tth/pohja-m ²
Paikalla rakennettu puurunkoinen seinä työvaiheittain ²⁾	Työnosa		Työmenekki (T3)
	ala- tai yläsidepuut		0,02 tth/seinä-m ²
	runkotolpat k 600		0,14 tth/seinä-m ²
	ristiinkoolaus k 600		0,04 tth/seinä-m ²
	ikkuna- ja oviaukkojen teko		0,40 tth/kpl
Paikalla rakennetut runkokokonaisuudet ²⁾ sis. aukkojen teon, ei sisällä levytystä, höyrynsulkua ja lämmöneristystä	Työnosa		Työmenekki (T3)
Seinät k 600	alasidepuut, runkotolpat, yläsidepuut	1,1 tth/seinä-jm	0,28 tth/seinä-m ²
	alasidepuut, runkotolpat, lisäkoolaus, yläsidepuut	1,8 tth/seinä-jm	0,45 tth/seinä-m ²
Alapohja	alapohjapalkit		0,18 tth/pohja-m ²
	alapohjapalkit, eristepohja, korokekoolaus		0,36 tth/pohja-m ²
Välipohja	välipohjapalkit, eristepohja, korokekoolaus		0,40 tth/pohja-m ²
Yläpohja	yläpohjapalkit, eristepohja, korokekoolaus		0,40 tth/pohja-m ²

Kuva 3. Paikalla rakennettavan puurungon työmenekkejä[8.]

Perinteisen paikalla rakennetun puurungon työ etenee seuraavalla tavalla:

Aloitusedellytysten tarkastaminen: sovitaan työtehtävistä ennen työn aloitusta. Aloituspalaverissa sovitaan koko työryhmän kesken työn aikataulusta, laadusta, työturvallisuudesta, kalustovalinnasta, materiaalien saatavuudesta ja muista työhön liittyvistä asioista. Tarkastetaan myös työhön liittyvät erityispiirteet sekä viranomaismääräykset.

Työntekijöiden perehdyttäminen kohteeseen, sekä työmenetelmien kertaaminen sovi-
taan aloituspalaverin jälkeen. Samalla tarkastetaan työntekijöiden suojaruusteet. Työ-
kohteen vastaanotossa tarkastetaan edeltä sovittujen asioiden paikkansapitävyys, sekä
varmistetaan edeltävien työvaiheiden valmius puurunkotyötä varten. Tarkistetaan myös
alustan vaaka- ja pystysuoruus ja ristimita, sekä merkitään ylös mahdolliset virheet ja
puutteet. Olosuhteet tulee asennuskohteessa järjestää riittäviksi vaaditun laatutason
saavuttamista varten. Samalla varmistetaan myös olosuhteiden vastaaminen turvalli-
suus- sekä materiaalivaatimuksia. Vallitsevan vuodenajan vaikutus työhön tulee arvi-
oida ennen työn aloitusta. [8.]; [12.]

Seinien mitoitus suunnitellaan aina tapauskohtaisesti kantavuus- ja jäykkyyksvaatimus-
ten mukaisesti. Runkotolppajako on tavallisesti k600. Seinärungon kasaaminen alkaa
kosteuden katkaisevan kerroksen asennuksella sokkelin päälle esimerkiksi bitumikais-
talla, joka voi toimia samalla radonkatkona. Alajuoksu valitaan seinäpituuteen sopivaksi
ja asennetaan bitumikaistan päälle. Paineekyllästetyn puun käyttöä ei suositella, ellei
puurakenne ole säärasitukselle alttiina. Alajuoksun kiinnittäminen tapahtuu siihen so-
pivilla kiinnitystarvikkeilla. [8.]; [12.]

Runkotolpiksi valitaan mahdollisimman suoran puut ja ne katkaistaan valmiiksi oikeaan
mittaan. Runkotolppien asennus aloitetaan merkkamalla alajuoksuun jokaisen runko-
tolpan paikka, sekä ikkuna- ja oviaukkojen sijainnit. Runkotolpat lovetaan lovilankulle
sopiviksi ja aloitetaan pystytys. Pystytystyö alkaa pystyyn tuetuista kulmatolpista, jonka
jälkeen asennetaan loput runkotolpat. Yläjuoksu sekä lovilankku kiinnitetään runkotolp-
pien yläpäähän. Jatkoskohdat vahvistetaan kahden runkotolpan väliltä jatkoslankulla.
Yläjuoksun ja lovilankun asentamisen jälkeen kiinnitetään ikkunoiden sekä ovien ala- ja
yläpuut vaaditulle korkeudelle. Ulkoseinien lämmöneristävyyttä voidaan parantaa
48x48 lisäkoolauksella, joka asennetaan rungon ulko- tai sisäpintaan. Lisäkoolaus
asennetaan usein sisäpintaan, jolloin se tuo asennustilaa seinään sijoitettaville sähkö-
varusteille, sekä jättää höyrynsulkumuovin turvalliselle paikalle. Lisäkoolaus ei jäykistä
seinää, vaan rungolle tarvitaan erilliset jäykisteet.[8.]; [12.]

Pre-cut-järjestelmässä runko rakennetaan samalla tavalla kuin paikalla rakennettava
runko. Runkotolpat sekä muu puutavara on valmiiksi katkaistua ja lovettua. Pre-cut-
järjestelmän teollinen esivalmistus on alhainen. Lähinnä rungon kantavat osat ja ulko-
vuorauslaudat ovat valmiiksi katkaistuja. Pre-cut-järjestelmä sopii hyvin omatoimiraken-

tamiseen, sillä puutavara on valmiiksi työstettyä ja mitallistettua. Järjestelmässä rakennesuunnittelu on tärkeää, ja siihen kuuluu työpiirustusten piirtäminen ja materiaalmäärän laskenta. Työpiirustukset toimivat apuna eri teknisten ratkaisujen selvittämisessä sekä määrälaskennassa. [8.]; [12.]

Pre-cut-järjestelmä antaa hyvät vapaudet arkkitehtisuunnitteluun joustavuutensa ansiosta. Järjestelmä sopii hyvin nykyisiin puutavarapituuksiin ja myös sahalaitosten jatkojalosteeksi. Pienin materiaalihukka voi olla vain 3%, kun metritavarasta perinteisellä menetelmällä valmistetussa voi hukkaprosentti olla jopa 25. Koska pre-cut-menetelmässä rakennustyö tapahtuu työmaalla, voi valinnan ratkaisuksi tulla työtä helpottava tekijä, eikä niinkään materiaalien hinta. Pre-cut-menetelmällä tehty runko voi olla huomattavasti nopeampi, kuin perinteisellä tavalla paikanpäällä tehty. [8.]; [17.]; [18.]

Menetelmän joustavuudesta huolimatta järjestelmää rajoittavat vakiorakenteet. Vakiorakenteet on välttämättömiä, jos halutaan päästä järkevään suunnitteluun sekä rakentamiseen. Jos pre-cut-järjestelmä haluaa ottaa kaiken hyödyn irti, tulee vakiomittaisten kappaleiden lisäksi käyttää muita vakiomittaisia rakennusosia, kuten ikkunoita ja ovia. Tällä järjestelmällä rakennettu talo on tiivis ja lämmin sen saumattoman rakenteen ansiosta. Pre-cut-järjestelmän hyödyt korostuvat käytettäessä erilaisten rakennusosien yhdistelmiä, kuten betonista tehtyjä välipohjia tai väliseiniä. Rakennerratkaisut eri talo-tyypeissä kuten pien- ja rivitaloissa eivät eroa toisistaan.[8.]; [17.]; [18.]

Platform-runkomenetelmässä materiaalityö tapahtuvat samalla tavalla kuin pre-cut-järjestelmässä, eli valmiiksi määrämittaan katkaistuna ja lovetuna. Platformmenetelmässä runko valmistetaan paikan päällä kerroksittain ja ideana on, että runko katkaistaan aina välipohjan kohdalla. Valmiiksi leikatut osat kootaan valmiin alapohjan päällä vaakatasossa elementeiksi ja nostetaan pystyyn, sekä asennetaan paikalleen. Seinärungon valmistuttua sen päälle asetetaan joko välipohjapalkit tai kattoristikot. Rakennuksen ollessa useampikerroksinen, välipohjapalkkien jälkeen asennetaan lattian aluslevyt ja jatketaan sen päältä seuraavan seinärungon valmistamista. [8.]; [18.]

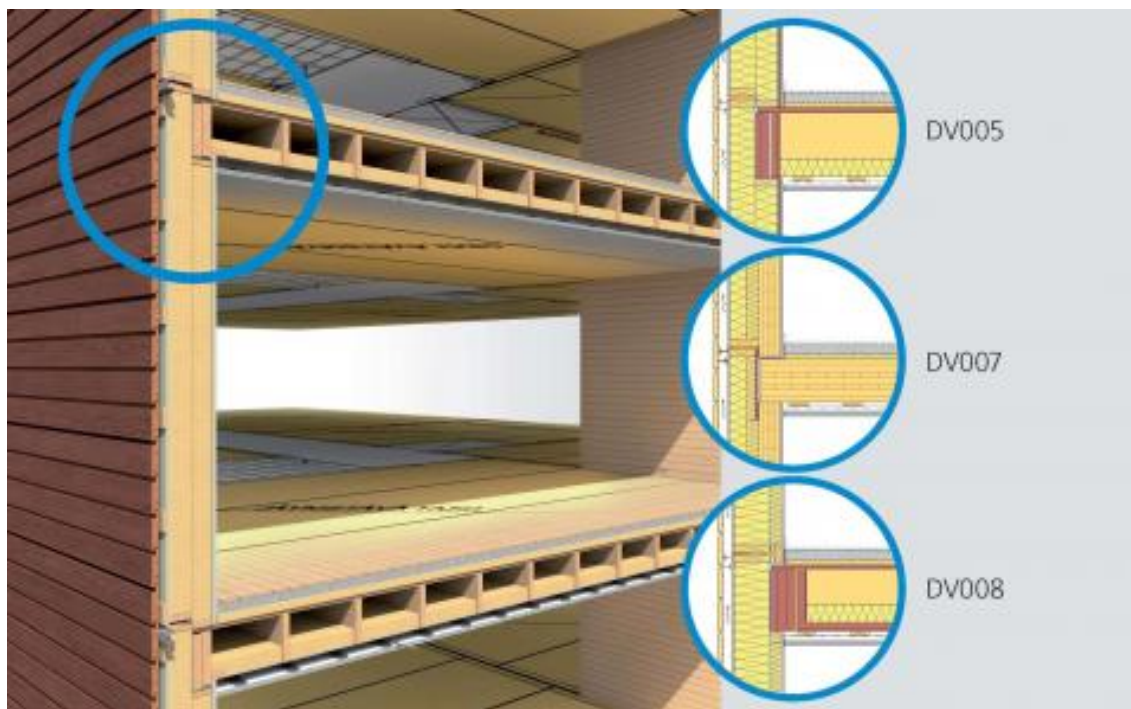
Platformmenetelmän etuina on rungon pystytyksen nopeus, sekä rakenteen toimivuus. Työmaalla käytävä aika vähenee, sillä puutavaraa ei tarvitse leikata eikä mitoittaa. Tästä syntyy myös säästöä materiaalihukan osalta, sekä jätteiden määrän vähentymi-

sestä. Käytettäessä platform-menetelmää, työmaalla korostuu oikea- aikaiset materiaalin toimitukset oikeaan paikkaan, sillä menetelmä on tarkasti vaiheistettu. Työmaalla ei tarvita kallista nosturikalustoa, sillä kerrokset rakennetaan toistensa päälle, ja elementtien paino pysyy maltillisena sen valmiusasteen vuoksi. Platform- ja pre-cut-menetelmät ovat hyvin paljon toistensa kaltaisia, ja eroavaisuuksina nähdään vain pystytys. Platform-menetelmää käytettäessä rakennuksen suunnittelu tapahtuu valmiiden rakennuskappaleiden perusteella, kun taas pre cut-menetelmässä kappaleet voidaan valmistaa suunnitelmien mukaisiksi. Rungossa käytettäviä komponentteja on varsin vähän ja ne on hyvin yksinkertaisia. Peruskomponentteihin kuuluu runkotolpat, välipohjan tarvikkeet ja kiinnikkeet. Rakennusvaiheet pystytään suorittamaan kerralla loppuun, ja ne ovat omia kokonaisuuksia. Työ alkaa puurungon rakentamisella kokonaisuudessaan välipohjaan saakka, jonka jälkeen on talotekniikan vuoro. Käytettävien rakennuskappaleiden yhteensopivuus varmistetaan yhtenäisellä mitoitusohjeella. [8.]; [18.]

2.4.2 Elementtirakentaminen

Elementtirakentaminen on haluttujen rakennusosien valmistamista etukäteen tehtaalla, sekä asentamista suoraan paikalleen. Elementtirakentamisen etuina pidetään korkeaa esivalmistuksen tasoa, sekä työn vähentymistä työmaa-alueella. Tällä rakennustavalla kohteen elementit pystytään valmistamaan haluttuun valmiusasteeseen kuivissa sisätiloissa jo ennen työmaan aloittamista. Runkotyöhön käytettävä työmenekki vaihtelee elementtejä valmistavan tehtaan tasosta.[18.]

Elementtirakentaminen on lisääntynyt viime vuosina merkittävästi. Tähän on vaikuttanut puuelementtirakentamisen nopeus ja sen mahdollistama kustannussäästö rakentajille ja rakentajille. Myös puuelementtiliitosten standardisoinnin myötä elementtirakentaminen on yleistynyt isomman kaavan rakennusprojekteissa. [18.]



Kuva 4. Puuelementtien liitosdetaljeja [1.]

Elementtirakentaminen on monessa kohteessa huomattavasti tehokkaampaa kuin paikalla rakentaminen. Elementtirakentamisen etuina voidaan pitää seuraavia: puuelementtinen runkoratkaisu on nopea pystyttää, jolloin se säästää työvoimakustannuksia sekä nopeuttaa rakennuksen käyttöönottoa. Puiset elementit ovat mittatarkkoja ja rakennukset saadaan ilmatiiviiksi, sekä näin ollen myös energiatehokkaiksi. Elementit ovat kevyitä, joten käsittely ja kuljetus on helpompaa sekä edullisempaa verrattuna betonielementteihin. Elementtirakentaminen mahdollistaa rakentamisen myös painorajoitetuilla alueilla.[18.]

Puuelementtien valmistaminen kuivissa tehdasoloissa varmistaa kuivat ja laadukkaat rakenteet. Laadunvarmistus ja työn kontrollointi on helpompaa tehtaalla kuin työmaalla. Elementtien suojaaminen kuljetuksen ja asennuksen ajaksi pitää rakenteet kuivina koko rakennusajan. Tehdasoloissa valmistettujen elementtien raaka-aineiden käyttöä ja jätteiden kierrätystä pystytään tehostamaan. Mittatarkat elementit mahdollistavat materiaalimäärän optimoinnin ja hukkamateriaalin kierrätys on helppoa tehtaalla.[9.]

Elementtirakentaminen jakaantuu käytännössä kolmeen osaan: pienelementteihin, suurelementteihin ja tilaelementteihin. Pienelementeillä, kuten muillakin elementtityypeillä pyritään tehostamaan työmaalla tapahtuvaa rakentamista. Pienelementtien pys-

tytys onnistuu hyvin rakennusmiehiltä niiden pienen koon ansiosta, eikä työmaalla tarvita nostureita. Pienelementtien koosta johtuen elementtien määrä on kuitenkin suuri, joka taas lisää tehtävän työn määrää. Pienelementeistä rakennettu talo poikkeaa paikalla rakennetusta puutalosta ulkoseinillä olevien saumojen ansiosta, jotka vaikuttavat seinän tiiviyyteen sekä ulkonäköön. Pienelementtien vakioleveydet ovat 300, 600, 900 sekä 1200 mm:ä. Joitain kevyitä elementtejä, kuten väliseiniä, voidaan yleensä valmistaa leveämpinä. Vakioleveydestä poikkeavia elementtikokoja kutsutaan erikoiselementeiksi. Vakioelementit ovat yleensä valmiin seinärungon korkuisia. Pienelementtijärjestelmä antaa useita mahdollisuuksia talon pohjaratkaisun miettimiseen.[17.] ; [18.]

Elementtien valmiusaste vaihtelee toimittajasta sekä tilauksesta. Yleensä elementti sisältää kantavan rungon, tuulensuojan, eristyksen, höyrynsulun sekä sisäverhouksen. Elementtien valmiusastetta voi lisätä täydentävillä rakennekomponenteilla, kuten ovilla ja ikkunoilla, jotka voidaan asentaa valmiiksi elementteihin kiinni. Kantava runko valmistetaan pääsääntöisesti massiivipuusta tai kevytpilareista. Sisäverhouksena on usein joko kipsi-, lastu- tai kuitulevy. Ulkoverhoaus voi olla valmiina elementeissä, mutta käytettäessä vaakalaudoitusta tai tiiliverhousta, se joudutaan asentamaan paikanpäällä. [17.]; [18.]

Pienelementtijärjestelmä säästää aikaa runkorakennusvaiheessa, sekä mahdollistaa elementtirakentamisen myös ahtaissa paikoissa, joihin ei saada isoja nostureita. Kevyt rakennusmenetelmä myös säästää maastoa ja kasvillisuutta rakennuspaikan ympäristössä. Pienelementtijärjestelmä sopii myös hyvin omatoimirakentajille sen helppouden vuoksi. Järjestelmän heikkouksina pidetään juuri ulkoseinillä olevaa elementtisaumojen lukumäärää niiden rakenteellisen heikkouden, sekä julkisivun ulkonäköön vaikuttavien seikkojen vuoksi. Huonoihin puoliin lasketaan lisäksi ovi- ja ikkunatyyppeiden rajallinen määrä. Elementtien valmiusaste on pienempi kuin tila- tai suurelementeillä. [17.]; [18.]

Suurelementeillä tarkoitetaan yleensä isoja, koko seinän pituisia elementtejä. Elementtien valmistus tapahtuu elementtitehtailla kuivissa sisätiloissa. Elementeissä on yleensä ulkoverhoaus valmiina. Suurelementeille on monia käyttökohteita kuten rivitalot, omakotitalot, hallirakennukset ja kerrostalot. Parhaimman hyödyn saavuttamiseksi tulee tuntea elementtijärjestelmän suunnittelu- sekä rakennusvaihe. Pienelementtien asennuksen hoituessa käsivoimin, tarvitaan suurelementtien käsittelyyn aina nosturi. Nostureiden sekä elementtien vaatima tila on otettava huomioon rakennuspaikalla. Suurele-

menteistä rakennettavan pientalon pystytys on nopeaa ja parhaimmillaan seinät saadaan valmiiksi neljästä elementistä. Suurelementtitoimitukseen kuuluu ulkoseinien lisäksi yleensä myös väliseinäelementit, ala-, väli- ja yläpohjat, päätykolmiot, kattoristikot sekä palokatkoseinät. Suurelementtitoimitukseen kuuluu yleensä vähemmän rakennustarvikkeita kuin pienelementtitoimitukseen niiden korkean valmiusasteen takia. Ulkovoori on yleensä jopa valmiiksi maalattu. Elementeissä on myös valmiiksi kiinnitetyt ovet sekä ikkunat pielilautoineen ja vesipelteineen. [17.]; [18.]

Suurelementtien koot vaihtelevat tilausten mukaan mutta maksipituus on usein rajoitettu 14 m:iin ja korkeudet vaihtelevat 3000 mm:stä 3500 mm:iin. Elementtien valmistuskokoa rajoittaa yleensä ainoastaan suurimmat kuljetuskoot elementtitehtaalta rakennuspaikalle. Väliseinät voivat olla yhtä suuria kuin ulkoseinät, ja ne voivat olla joko kevyitä, kantavia tai osastoivia väliseiniä. Osastoivissa väliseinissä otetaan huomioon palo- sekä ääneneristysvaatimukset. Kuten muissakin elementtijärjestelmissä, tässäkin hukkamateriaalit pysyvät pieninä, ja sääolosuhteet eivät vaikuta elementtien valmistukseen. Suurelementtijärjestelmä antaa enemmän suunnittelijalle vapauksia kuin pienelementtijärjestelmässä, mutta kuitenkin vähemmän kuin paikalla rakennettavassa talossa. Elementit suunnitellaan tilaajan toiveiden mukaan, ja sen takia niitä ei voida valmistaa varastotuotteiksi. [17.]; [18.]

Suurelementtijärjestelmän edut ovat parhaimmillaan kohteessa, jossa rakennetaan useita samantyyppisiä huoneistoja ja elementtien menekki on suurta. Elementtien suuri valmiusaste vaatii tarkat suunnitelmat koko rakennuksesta jo elementtitehtaalle. Esimerkiksi sähköasennukset ja vesiputket voidaan vapaasti sijoittaa elementteihin, kunhan niiden paikka on jo valmiiksi tiedossa. Suurelementtijärjestelmä eroaa pienelementtijärjestelmästä lähinnä paremman valmiusasteen, sekä isomman elementtikoon avulla. Suurelementeissä käytettävät rakenteet ovat hyvin tavanomaisia. Ulkoseinillä olevien saumojen pienemmästä määrästä johtuen suurelementeistä rakennettu talo saadaan helpommin tiiviiksi ja runkopuutavaraa menee vähemmän. Muuten saumat ovat samanlaisia pienelementtien kanssa. Suurelementtien valmistus tapahtuu samalla tavalla kuin pienelementtienkin. Elementit tehdään kuivissa sisätiloissa tehdasolosuhteissa. Suurelementtien valmistusaika on luonnollisesti pidempi kuin pienelementeillä ja tuotantotilaa tarvitaan enemmän. Kaikkeen elementtien siirtelyyn ja käsittelyyn tarvitaan nosturia. [17.]; [18.]

Tilaelementeiksi kutsutaan tehdasvalmisteisia huoneistoja, jotka kuljetetaan valmiina tehtaalta asennuspaikalle, ja yhdistetään valmiiksi rakennukseksi. Menetelmä soveltuu sekä omakoti- että rivitalojen valmistuksiin, jossa kerroksia on maksimissaan kaksi. Tilaelementeistä on mahdollista valmistaa myös mm. kouluja ja päiväkoteja. Tilaelementtien ajatuksena on tehdä kaikki mahdolliset työvaiheet tehdastiloissa. Tämä rakennustapa nopeuttaa huomattavasti rakennuksen työmaa-aikaista valmistumista, ja tilaelementtiratkaisua pidetäänkin nopeimpana rakennusmenetelmänä. Kun elementit saapuvat rakennuspaikalle, niiden asentaminen sujuu yleensä jopa tunneissa. Tilaelementtien asennukseen varattavan nosturin tilantarve, sekä elementtejä kuljettavan kuljetuskaluston pääsy rakennuspaikalle tulee huomioida työmaan aluesuunnitelmassa. Tilaelementit valmistetaan tehtaalla kokonaan valmiiksi. Valmistus tapahtuu suur- ja pienelementtien tavoin vaakatasossa, mutta poikkeuksena elementit kootaan valmiiksi moduuleiksi jo tehtaalla, ja rakennuspaikalle kuljetetaan vain muutama täysin valmiiksi rakennettu tilaelementti. Tilaelementteihin tehdään yleensä myös suurin osa kalusteasennuksista ja talotekniset työt jo tehtaalla. Tilaelementtien etuina ovat korkea valmiusaste sekä lyhyt työmaalla tapahtuva rakennusaika. Tehtaalla tapahtuvan optimoitun materiaalikäytön ja pienen hukkaprosentin ansiota rakennuskustannuksia saadaan edullisemmiksi. Menetelmän miinuspuolena voidaan pitää yksilöllisen suunnittelun rajallisuutta. Suunnittelussa tulee muistaa elementtien suuri kuljetuskoko sillä kuljetukset joudutaan suorittamaan maanteitä pitkin. [17.]; [18.]

2.5 Runkojako

Tämä insinööri työ on rajattu tutkimaan rankarunkoisia pientaloja. Rankarunko koostuu ylä- ja alajuoksusta, lovilankusta sekä runkotolpista. Runkojaoksi kutsutaan runkotolppien välistä etäisyyttä. Seinärakenne tulee mitoittaa aina tapauskohtaisesti jäykkyys- sekä kantavuusvaatimusten mukaisesti. Runkotolppien jako on vakiintunut k600 eli etäisyys tolpan keskeltä seuraavan tolpan keskelle on 600 millimetriä. Tämä ilmeisesti johtuu standardisoiduista rakennustuotteista, jotka liittyvät runkotolppien jakoon esim. eristevilloista ja tuulensuojalevyistä. Seinän kantavuutta voidaan vahvistaa tarvittaessa käyttämällä useampaa runkotolppaa vierekkäin. Osittain runkojakoa määrittelee suunnittelijoiden ajatus siitä, että sitä ei voida muuttaa koska se on aina ollut sama. Runkotolpista valmistettu seinärakenne jäykistetään usein tarkoitukseen sopivilla tuulensuojalevyillä tai sisäpuolisella levyillä. [10.]; [12.]; [16.]

3 Lovilankku

3.1 Lovilankku

Lovilankuksi kutsutaan lankkua, joka on lovettu pystyyn runkotolppien yläpäähän, sisäpintaan ja tukee näin yläjuoksua. Sen materiaalina käytetään yleensä massiivipuuta tai kertopuuta. Lovilankku vie paksuutensa verran seinäeristettä ja näin heikentää seinän lämmöneristävyyttä. Lovilankku myös tuottaa huomattavasti lisätyötä runkorakentamiseen, sillä jokaiseen runkotolppaan pitää sahata oikean kokoinen lovi. Myös rungon eristäminen hankaloituu lovilankun takia, sillä eristemateriaali joudutaan pujottamaan lovilankun taakse ja se samalla poistaa eristämisen tarkastusmahdollisuuden.



Kuva 5. Lovilankku runkotolppien yläosassa

Lovilankun sijainnille ei ole tarkkaa ohjetta rakentamismääräyksissä tai muissa suunnitteluohjeissa. Tämä nykyinen sijainti runkotolppien yläosassa, sisäpinnassa, on johonkin suunnitelmaan joskus suunniteltu ja se on jäänyt näin yleisesti käyttöön. Puurakenteiden suunnittelua ohjaa lait, sitovat määräykset, hyväksytyt ratkaisut sekä epäviralliset ohjeet. Missään näissä ohjeissa ei ole mainintaa lovilankun sijainnille, mutta se on silti yleisesti käytössä. [16.]

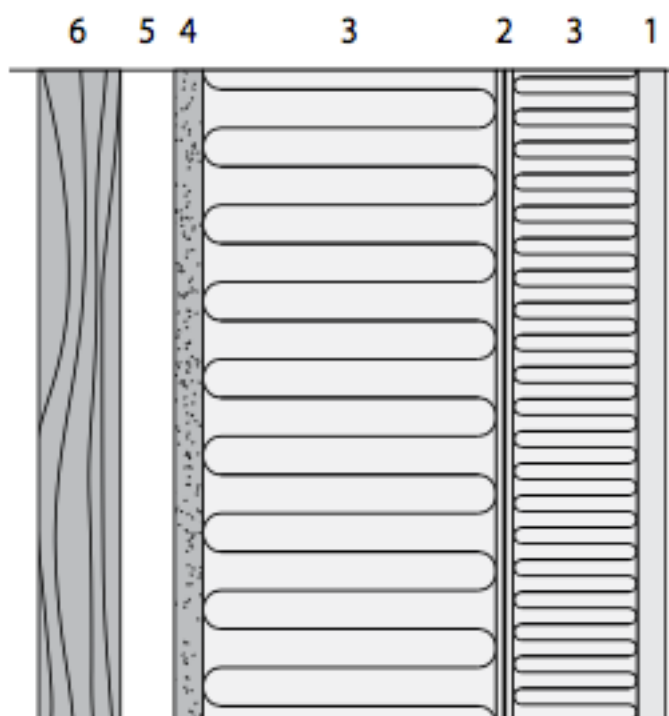
3.2 Lovilankun tehtävä

Lovilankun tehtävä on tukea runkorakennetta ja siirtää yläpohjan kuormia runkotalpille. Lovilankku asetetaan syrjälleen ja lovetaan runkotolppiin yläjuoksun alanpintaan. Tässä asennossa puutavaralla on luonnollisesti suurin taivutuslujuus ja se kestää parhaiten yläpohjasta tulevia kuormia.[16.]

4 Runkojaon muutos

4.1 Runkojaon muuttaminen

Yleinen pientaloissa käytetty kaksoisrunkorakenne on seuraavanlainen: ulkovuoraus, ristikoolaus ulkovuoren tuuletukselle, tuulensuojalevy, runkotolppa k600, höyrynsulku-
muovi, vaakakoolaus ja sisäverhouslevy.



Kuva 6. Yleinen käytössä oleva ulkoseinän rakenne 1. kipsilevy 2.höyrynsulku 3.eriste 4. tuulensuojalevy 5. tuuletusväli 6. ulkovuori

Pientalojen energiavaatimusten kasvamisen myötä runkotolppien koko on kasvanut vuosien saatossa riittävän eristevahvuuden saavuttamiseksi. Tein pienen tutkimuksen Lahdessa, sodan jälkeen rakennettuihin tyyppitaloihin (rintamamiestalo), jossa mittasin runkotolppien paksuuden. Kaikissa sattumanvaraisesti valituissa tutkimuskohteena olevissa taloissa oli 100 mm vahvuinen rankarunko ja runkojakona 600 mm. Nykyään riittävän energiatehokkuuden saavuttamiseksi, nykyisillä yleisimmin käytetyillä eristemateriaaleilla rungon vahvuuden tulee olla vähintään 200 mm. Toimeksiantajarityksessä heräsi ajatus, että tarvitseeko nykyisiä 48mmx198mm runkotolppia enää niin tiheäs-

ti, vai pystyttäisiinkö runkojakoa kasvattamaan. Tässä työssä tutkitaan runkojaon kasvattamista vakiintuneesta 600 millimetristä 900 millimetriin. 900 mm jako tulee siihen soveltuvilta, runkotolppiin liittyviltä rakenneosilta, joita käydään läpi seuraavissa kappaleissa. Markkinoilla olevat eristevillat sekä tuulensuojalevyt ovat suunniteltu sopiviksi nykyisen 600 mm runkojaon kanssa, mutta tutkiessani asiaa huomasin, että lähes kaikista markkinoilla olevista eristevilloista sekä tuulensuojalevyistä löytyy vakiokokoja jotka sopivat 900 mm runkojaolle. Runkojaon kasvattaminen tehostaisi runkorakentamista ja parantaisi rakennuksen energiatehokkuutta kylmäsiltojen vähenemisen myötä. Muuttunut runkojako vaatii kuitenkin tolppien mitoittamisen ylhäältä tuleville kuormille ja niiden aiheuttamalle puristuskestävyydelle, tuulikuorman taivutuskestävyydelle sekä mahdolliselle nurjahtamiselle. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan kantavien rakenteiden suunnittelun on perustuttava rakenteiden mekaniikan sääntöihin ja yleisesti hyväksyttäviin suunnitteluperusteisiin, luotettaviin koetuloksiin tai muihin käytettävissä oleviin tietoihin.

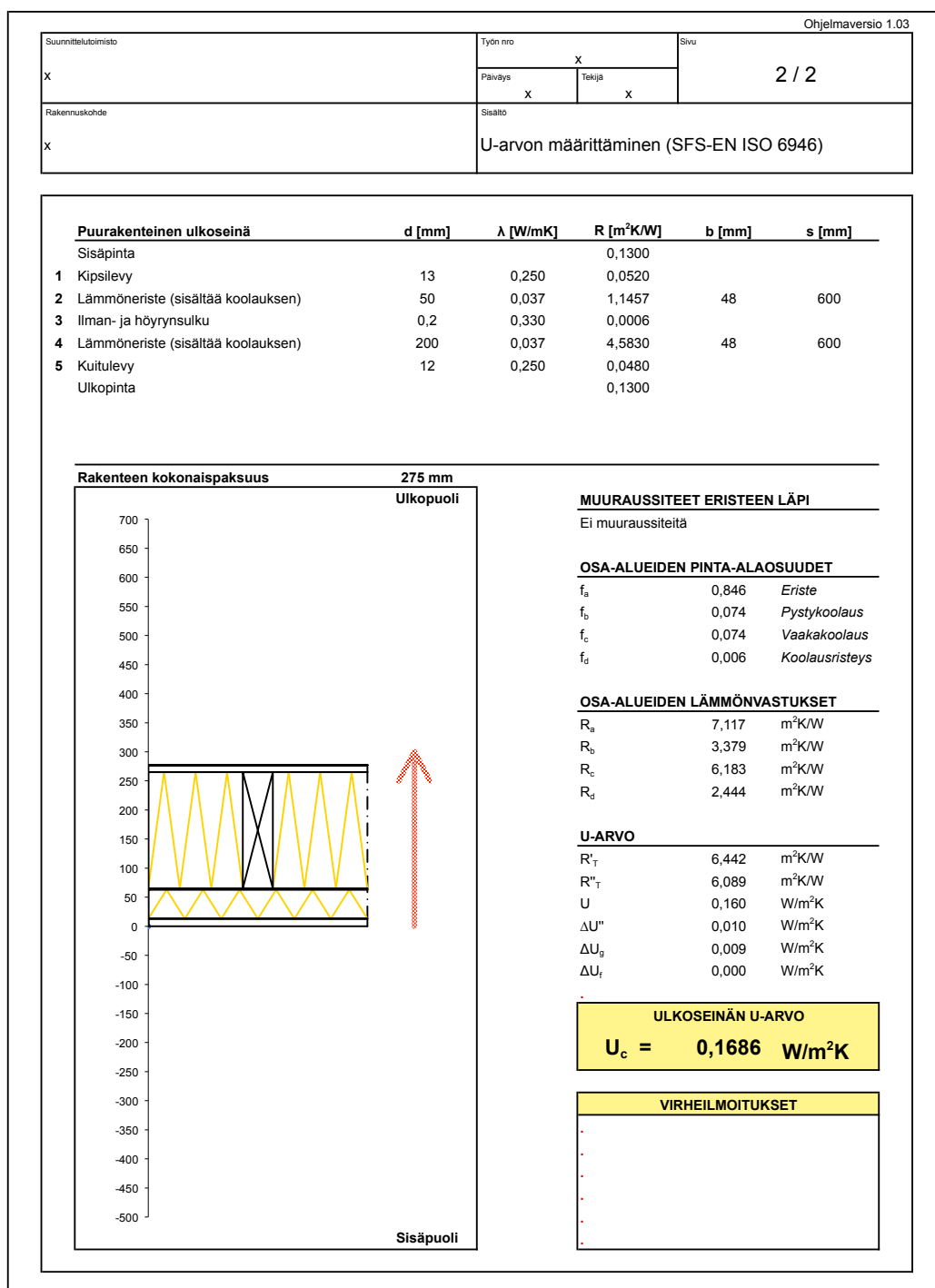
4.2 Edut

Runkotolppien jaon muutoksella voidaan saavuttaa huomattavia etuja runkotyössä. Työn osuus pienenee koko runkorakentamisen osalta, ja runkoon kuluu vähemmän puutavaraa sekä kiinnitystarvikkeita. Seiniin tulee vähemmän runkotolppia, jotka toimivat eräänlaisina kylmäsiltoina eristeessä puun lämmönjohtavuuden ollessa suurempi, kuin nykyisten eristevillojen, jolloin seinän energiatehokkuus paranee. Vähemmän runkotolppia sisältävä runkorakenne on myös kevyempi, ja näin ollen hyödyttää myös nykyisin yleistä elementtirakentamista. Kevyemmät seinäelementit eivät vaadi yhtä suurta kuljetuskapasiteettia, eivätkä yhtä isoja nostureita elementtiasennustyössä. Laskelmas- ta voidaan todentaa että runkotolppien osuus suoralla seinäpinnalla vähenee 33% kun runkojako muutetaan 600 millimetristä 900 millimetriin. Tämä myös vaikuttaa samassa suhteessa työn sekä kiinnitystarvikkeiden osuuteen.

$$\frac{(900 - 600)}{900} = 0,333 = 33\%$$

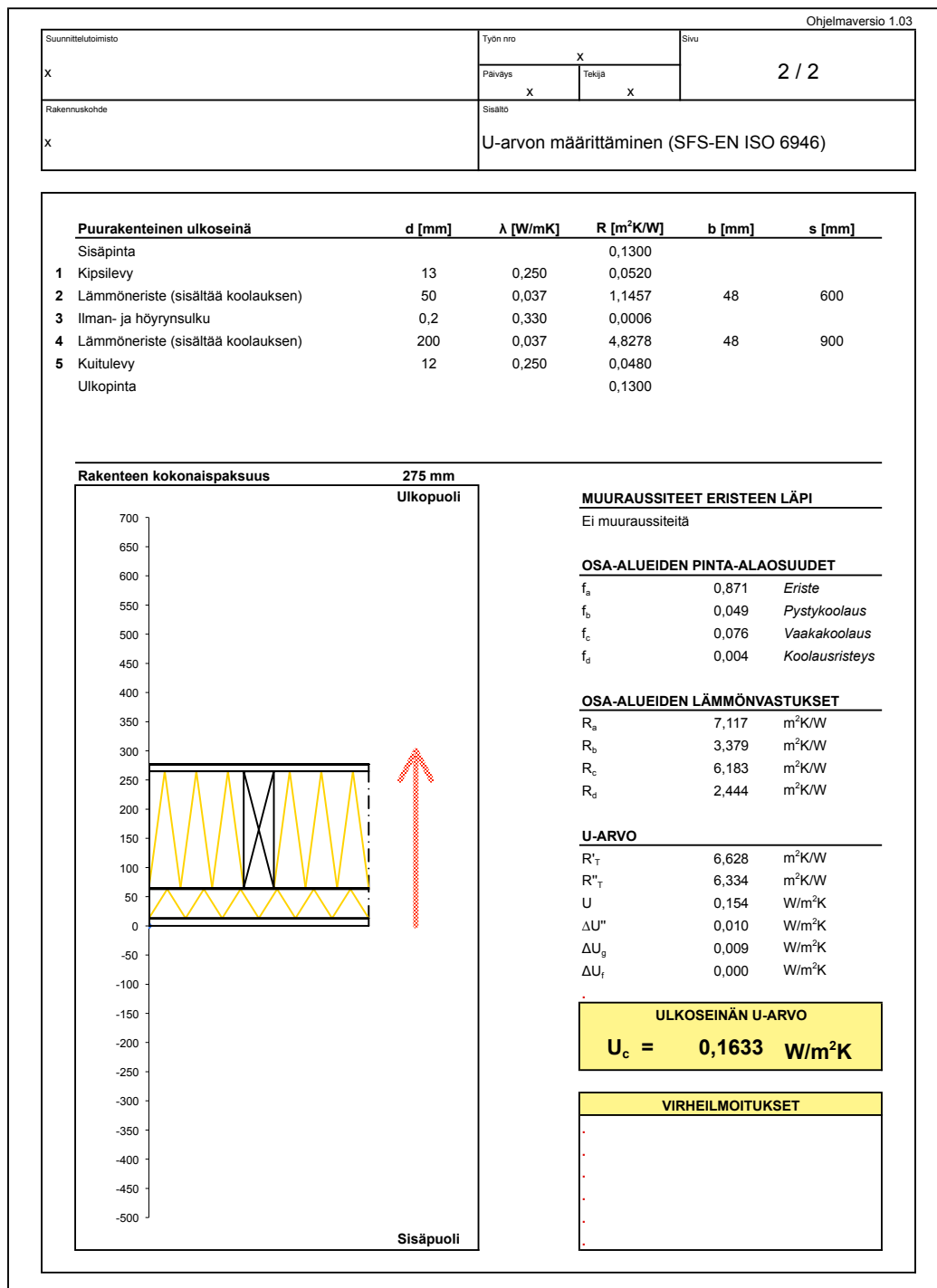
Runkotolppien osuuden vähentyminen seinärakenteessa vaikuttaa suoraan myös niihin liittyvien rakennusosien asennustyöhön sekä kiinnitystarvikkeiden määrään.

U-arvo on määritelmä, joka kuvaa eri rakennusosien lämmöneristävyyttä. Seuraavissa laskelmissa kuvataan miten ulkoseinän U-arvo muuttuu, jos runkojakoa kasvatetaan 300millimetrillä. Laskelmassa on käytetty tavanomaista pientalojen seinärakennetta, joten lämmöneristävyys muuttuu eri rakennetyyppien valinnalla.



Kuva 7. Ulkoseinän U-arvo K600 runkojaolla[1.]

U-arvojen laskemisessa käytettiin apuna Puuinfon Excel-taulukkoa.



Kuva 8. Ulkoseinän U-arvo K900 runkojaolla [1.]

Tuloksia lukemalla nähdään, kuinka seinän lämmönläpäisy pienenee runkojaon kasvaessa. Tämä siis edelleen puoltaa runkojaon kasvattamista, sillä parantuneen energiatehokkuuden lisäksi myös eristeiden virheellisen asentamisen mahdollisuus pienenee eristettävien runkovälien vähentyessä.

4.3 Materiaalien sopivuus

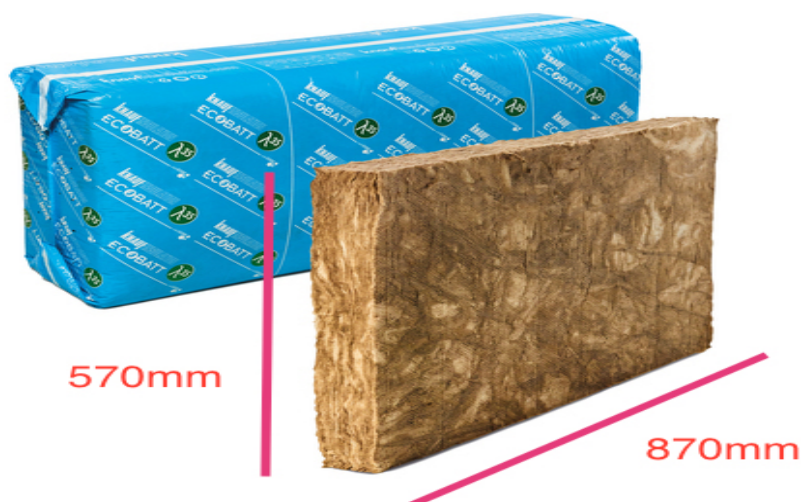
Yksi syy nykyiselle runkojaolle on siihen liittyvien muiden rakennusosien; eristeiden sekä tuulensuojalevyjen vakioitu mitoitus. Edellä mainitun rakennetyypin ansiosta, runkotolppien jakoa määrittää ainoastaan ulkopuolen tuulensuojalevy sekä tolppien välissä oleva eristemateriaali. Sisäpinnassa olevalle vaakakoolaukselle runkojaolla ei ole suurta merkitystä, sillä siinä käytettävää puutavaraa saa tilattua eri pituuksina, ja sitä on helppo työstää asennusvaiheessa oikeaan pituuteen. Pientalojen rakentamiseen on monia eri tapoja ja rakennusmateriaalit poikkeavat toisistaan. Eri rakennustuotteille löytyy monia valmistajia, ja materiaalien ominaisuudet poikkeavat usein valmistajasta riippuen, vaikka käyttötarkoitus olisi sama. Tässä insinööriyössä on käytetty esimerkimmateriaaleina, yleisesti käytettyjä, Suomesta saatavia tuotteita. Materiaalien sopivuus kohteeseen tulee tarkistaa tilausta tehdessä.

4.3.1 Eristevillat

Runkojaon ollessa 600 mm, jää runkotolppien väliin 48 mm runkotolpan vahvuuden myötä 552 mm. Tähän 552 mm väliin sopivat kaikki suomen markkinoilla olevat vakio-mittaiset seinäeristevillat. Runkojaon muuttuessa 900 millimetriin, jää runkotolppien väliin 852 mm. Selvitettyäni asiaa, huomasin että ainakin seuraavilta yleisiltä eristevalmistajilta saa 852 mm väliin sopivia eristevilloja: Ursa, Ekovilla, Isover sekä Knauf. Näin ollen eristelevyn valmistuskoko ei ole ongelma runkojaon kasvattamiselle.

ECOBATT 035

with ECOSE **KNAUFINSULATION**
it's time to save energy



Kuva 9. Knauf-villaeriste

4.3.2 Tuulensuojalevyt

Toinen rakennuksen runkojaosta riippuvainen rakennusosa on eristemateriaalin lisäksi tuulensuojalevyt. Tuulensuojalevyllä on monia tehtäviä rakennusvaiheessa ja valmiissa talossa. Se estää tuulen vapaan virtauksen rakenteisiin, toimii taustalevynä seinäeristeelle sekä usein jäykistää talon runkorakenteelle. Ulkoseinän tulee olla riittävän tuulitiivis, jotta tuulenpaine ei pääse heikentämään seinärakenteen sisällä olevaa lämmöneristettä. Tuulensuojalevyinä on mahdollista käyttää erilaisia puukuitulevyjä, kipsilevyä tai siihen suunniteltuja villalevyjä. Seuraavaksi käydään läpi tuote-esimerkkejä sekä selvitetään niiden sopivuus 900 mm runkojaolle. Tuulensuojalevyjen asennus tulee toteuttaa niin, että levyjen saumat saadaan runkotolppiin kiinni, joten levykokojen on sovittava yhteen runkojaon kanssa.

Isover RKL-31 Facade on tuulensuojakäyttöön kehitetty villalevy. Se on pontattu, tuulensuojapinnoitteella pinnoitettu eristelevy. Eristelevyjen paksuus valitaan kohteen vaatimuksien mukaan, leveys on aina 1200 mm ja pituus 1800 mm tai 3000 mm.[5.] Runkojaon ollessa 900 mm, voidaan siihen asentaa 1200mm x 1800mm kokoinen tuulensuojavilla. Myös muilta valmistajilta löytyy uudelle runkojaolle sopivia tuulensuojavilla-levyjä eri paksuisina. Tuulensuojavilla parantaa ulkoseinän lämmöneristävyttä pa-

remmin kuin puukuituiset tai kipsilevystä valmistetut tuulensuojalevyt. Tuulensuojavillojen käyttöä vähentää niiden korkeampi hinta sekä villalevyn pehmeys, sillä pehmeä levy ei toimi niin hyvin jäykisteenä rungossa. Tuulensuoja villoja käytetään enemmän saneerauskohteissa sekä sellaisissa tapauksissa, jossa rungon eristepaksuus ei ole riittävä ja tarvitaan lisäeristettä.



Kuva 10. Isover-tuulensuojavilla[5.]

Puukuitupohjaisten tuulensuojalevyjen pääraaka-aineena on käytetty puuteollisuuden sivutuotteina syntynyttä sahanpurua ja puuhaketta. Suomen markkinoilta löytyy monia puukuituisia tuulensuojalevyjä tarjoavia valmistajia. Tuotekoot ovat yleisimmillään 1200x2700-3000mm. 2700 mm on jaollinen 900 millimetrillä eli myöskään puukuitutuulensuojalevyn asennuksessa ei tule ongelmaa muuttuneella runkojaolla. Nämä tuulensuojalevyt ovat yleisimpiä pientaloissa käytettäviä tuulensuojamateriaaleja. Puukuitupohjaisten tuulensuojalevyjen käyttöä lisää niiden kevyt rakenne, joka helpottaa asennustyötä. Levyt kiinnitetään runkotolppiin hakas- tai huopanauloilla. Puukuitupohjaiset tuulensuojalevyt ovat myös ohuita verrattuna tuulensuojavilloihin sekä edullisen hintaisia.

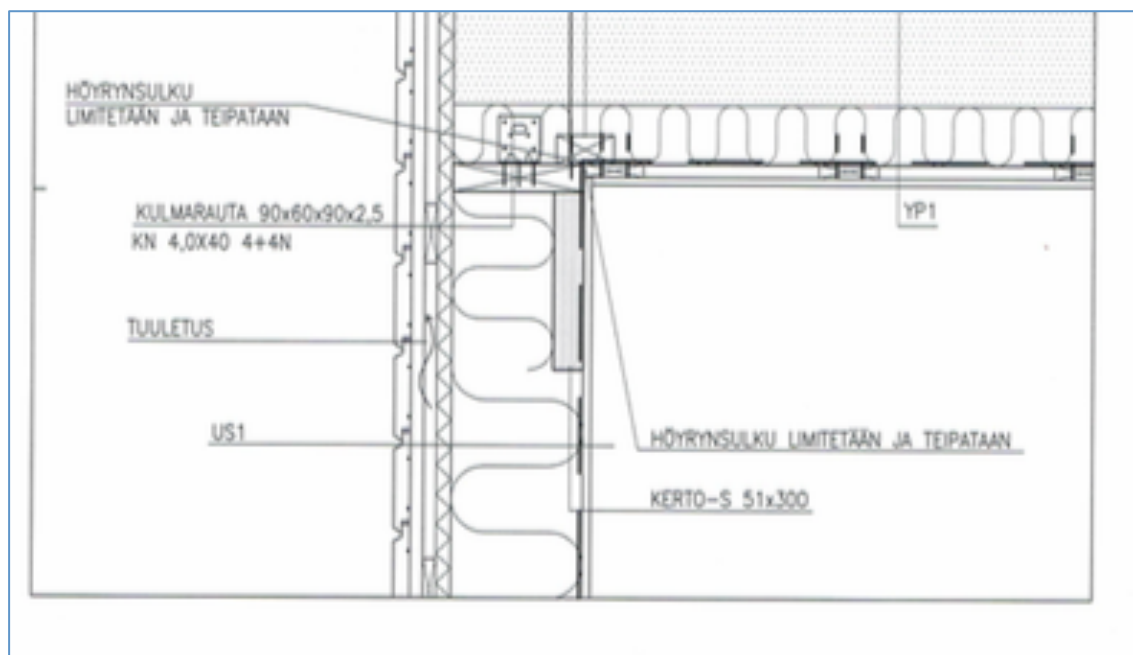
Kolmas Suomessa yleisesti käytetty tuulensuojamateriaali on kipsilevy. Kipsilevyn etuina muihin materiaaleihin on sen jäykkyys sekä ohut rakenne. Ainakin seuraavilta valmistajilta saa vakiokokona 1200x2700mm tuulensuojakipsilevyjä: Gyproc, Siniat. Kipsilevystä valmistetut tuulensuojalevyt kestävät hyvin ulkoilmassa ja ne voivatkin yleensä olla seinällä jopa 12 kuukautta ilman ulkoverhousa. Kipsilevyt ovat hyvin mittatarkkoja, joten niillä saadaan laadukas lopputulos ja hyvä pohja ulkoverhoukselle.

5 Lovilankun siirtäminen

5.1 Ongelma nykyisellä sijainnilla

Lovilankun nykyinen sijainti lisää työtä runkorakentamisessa. Jokaiseen runkotolppaan sahataan lovilankun mittojen mukainen lovi, jotta lankku saadaan oikealle paikalle lisäämään seinän kantavuutta. Monella pientaloja valmistavalla yrityksellä ei ole resursseja hankkia erikseen runkotolppien loveamiseen käytettävää massiivista puuntyöstökonetta, jolloin loveus toteutetaan jo olemassa olevilla rakennusliikkeiden perustyökaluilla. Tämä loven sahaaminen hidastaa huomattavasti runkorakentamista.

Runkorakenteen ollessa valmiina, se levytetään tuulensuojalevyllä ulkopuolelta, jonka jälkeen asennetaan seinän eristevillat. Lovilankku nykyisellä sijainnillaan estää eristevillalevyn vapaan asettamisen ja se joudutaan pujottamaan lovilankun taakse. Myös eristevillan istuvuuden tarkastaminen runkotolppien väliin estyy, sillä lovilankku peittää näkyvyyden.



Kuva 11. Runkoleikkaus, jossa näkyy lovilankun sijainti

Kuvassa 11 näkyy tyypillinen pientalojen runkorakenne, ja kuvasta huomataan, kuinka lovilankku hankaloittaa eristystyötä ja asennustyön laadun silmämääräistä tarkastamis-

ta. Lovilankun sijainnille ei löydy erillistä määräystä tai ohjetta, vaan sitä käytetään yleisesti hyväksyttynä suunnittelutapana.

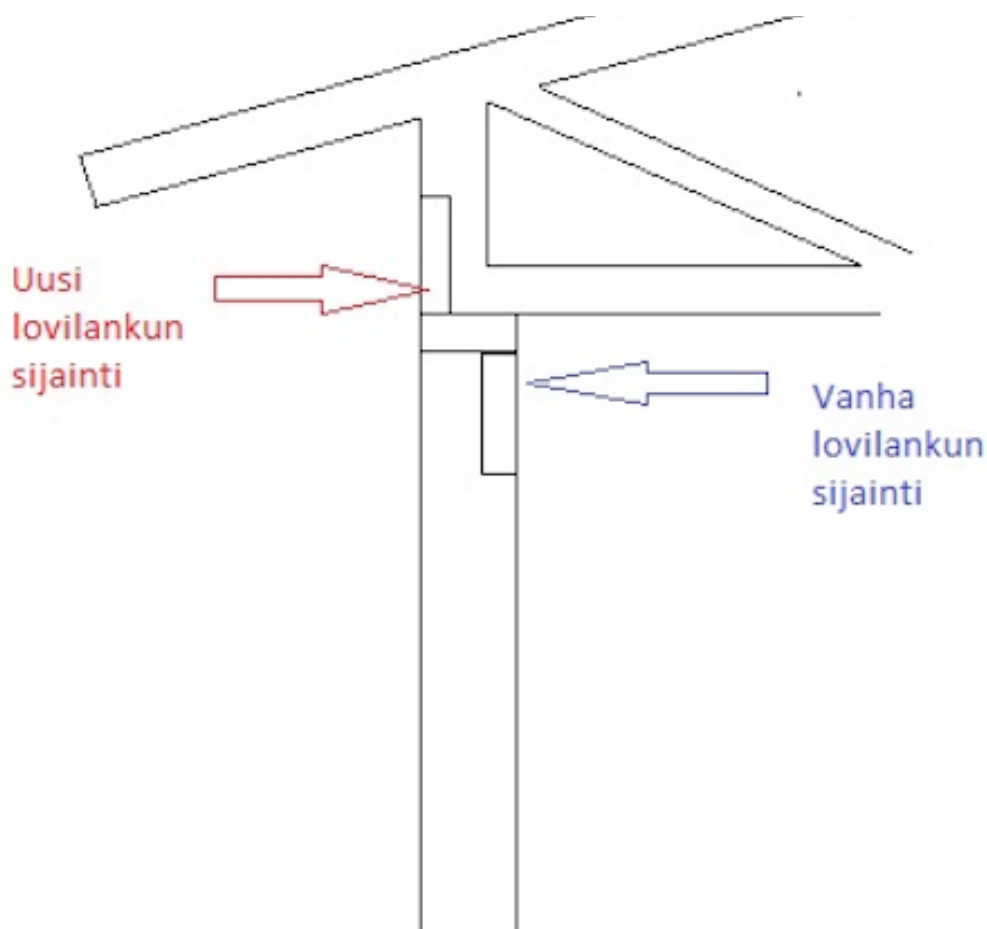
5.2 Lovilankun uusi sijainti

Lovilankulle tarvittavien lovien työlään sahaamisen, sekä sen hidastavan vaikutuksen runkotyöhön, sai yrityksemme ajattelemaan uutta sijoituspaikkaa yläpohjan kuormia kannattelevalle lovilankulle. Myös jo edellä mainittu seinäeristeiden asennustyön hankaluus edisti edelleen uuden sijoituspaikan kehittelyä. Tässä tapauksessa esittelemme lovilankulle uuden sijoituspaikan rungon yläjuoksun yläpuolelle. Yläjuoksun päälle asetettuna, kattotuolien loviin sovitettuna lovilankku kantaisi kuormia samalla tavalla kuin aikaisemmin, mutta se ei olisi työllistämässä runkotolppien sahausta, eikä villoitusta. Tämä uusi sijoituspaikka poistaisi kokonaan runkotolppien loveamisen ja nopeuttaisi huomattavasti runkorakentamista. Alun perin yhden runkotolpan työstämiseen asennusvalmiiksi tarvittiin kolme erilaista sahauskertaa, mutta tässä tapauksessa riittäisi pelkästään runkotolppien katkaisu oikeaan mittaan. Runkotolppien työstössä saavutettavan tehokkuuden havainnollistamiseen suoritimme pienen testin yrityksen tuotantotiloissa. Testissä mitattiin yhden runkotolpan työstämiseen käytettävää aikaa kahdessa seuraavassa tapauksessa. Tapaus 1: sahauslinjasto valmiina ja puutavaranippu sahauslinjaston vieressä, runkotolpan katkaisu määrämittaan, tolpan loveaminen käytävissä olevilla työstökoneilla sekä siirtäminen välivarastoon. Tapaus 2: sahauslinjasto valmiina sekä puutavaranippu sahauslinjaston vieressä, runkotolpan katkaisu määrämittaan ja siirtäminen välivarastoon. Testi suoritettiin pienellä, 10 runkotolpan otannalla ja siitä laskettiin työstöön kulunut keskiarvoaika. Testin ollessa suhteellisen suppea ja pelkästään omissa tuotantotiloissa suoritettu, se ei ole validi työhön kuluvan ajan tarkempaan laskemiseen, mutta antaa selkeän esimerkin tehokkuuden paranemisesta. Testitulokset esitellään myöhemmässä luvussa.

5.3 Vaatimukset lovilankun siirtämiselle

Uusi lovilankun sijainti ei vaikuta seinärakenteen kantavuuteen. Lovilankun siirtyessä runkotolppien yläpuolelle se kuitenkin vaikuttaa yläjuoksun yläpuolisiin rakenteisiin. Yleisesti käytetyllä kattoristikkorakenteella uusi rakennetyyppi vaatii muutoksia kattoristikoihin. Kattoristikot tulee tilata päistään lovetuna käytössä olevan lovilankun mittoihin.

Kun lovilankku siirretään yläjuoksun yläpuolelle, se asennetaan kattoristikoiissa olevan loven kohdalle ja kiinnitetään kattoristikoihin sekä yläjuoksuun kiinni. Tällä rakenneratkaisulla lovilankku saadaan siirrettyä sen edellisestä, runkotyön kannalta hankalasta paikasta, uuteen kohtaan.



Kuva 12. Havainnekuva lovilankun siirtämisestä

Lovilankun siirtämisessä saavutetaan huomattava etu koko runkotyön nopeutumisessa. Runkotolppien työstöön riittää pelkkä määrämittaan katkaisu, rungon eristäminen helpottuu huomattavasti ja rungon kasausvaihe nopeutuu. Lovilankku on myös helppo kiinnittää esimerkiksi naulaamalla se suoraan kattotuoleihin sekä yläjuoksuun sen uudella sijainnilla. Optimaalisin tapaus olisi, jos lovilankkua ei rakenteen kantavuuden vaatimuksesta tarvitsisi ollenkaan, jolloin rakennus olisi vielä helpompi toteuttaa. Tämä edellyttää tarkkaa rakennesuunnittelua, sekä rungon kantavuuden laskemista jokaiseen kohteeseen.

6 Käytännön kokeet

6.1 Runkotolppien työstön tehokkuuden parantuminen

Yrityksen tuotantotiloissa tehtiin testi, jolla pyrittiin havainnollistamaan sekä mittaamaan runkotolppien työstämiseen käytettävää aikaa kahdessa eri tapauksessa. Ensimmäisessä tapauksessa runkotolppa katkaistiin määrämittaan ja siihen lovettiin kolo yleisesti pientaloissa käytetylle 48x198 lovilankulle. Toisessa tapauksessa runkotolppa ainoastaan katkaistiin määrämittaan. Oheisella taulukolla nähdään, kuinka työ nopeutuu. Runkotolpan työstämiseen käytettävää aikaa mitattiin karkeasti sekuntikellolla, ja testi pyrittiin pitämään suhteellisen helposti toteutettavana. Testissä käytettävän pienen otannan takia testi ei anna tarkkaa kuvaa runkotolppien työstämisestä, ja työhön kulunut aika vaihtelee suuresti tapauksesta riippuen.

Taulukko 1. Runkotolpan työstöajan mittaaminen

	Aika (s)								Keskiarvo
Tapaus 1	126,1	134,5	110,4	140,9	122,9	131,0	142,8	137,6	130,7
Tapaus 2	11,2	11,0	12,3	13,0	11,7	11,1	12,3	11,9	11,8
Erotus									118,9

Testin tuloksia tulkitessa huomataan, kuinka paljon lovilankulle tehtävä lovi hidastaa runkotolppien esivalmistamista. Jos yhden runkotolpan esivalmistamista pystytään nopeuttamaan näin helposti lähes kahdella minuutilla, niin esimerkiksi tuhannen keskikokoisen pientalon runkotolppien valmistukseen käytettävä aika on jo merkittävä. Näillä pienillä, viisaasti mietityillä yksityiskohdilla pystymme kasvattamaan yrityksemme kilpailukykyä kaikessa puurakentamisessa.

6.2 Malliseinän rakentaminen k900 runkojaolla

Yrityksen tuotantotiloissa rakennettiin malliseinä. Malliseinän rakenne on toteutettu 900 mm runkojaolla, muuten tyypilliseen käytössä olevaan rakennetyyppiin. Testin tavoitteena oli varmistaa ja kokeilla rakenneosien sopivuus muutettuun runkojakoon, sekä tehdä aistinvaraisia testejä ja muutenkin arvioida rungon tuntumaa. Malliseinän sisäpinnan jäykkyyttä tutkittiin ainoastaan aistivaraisilla testeillä.



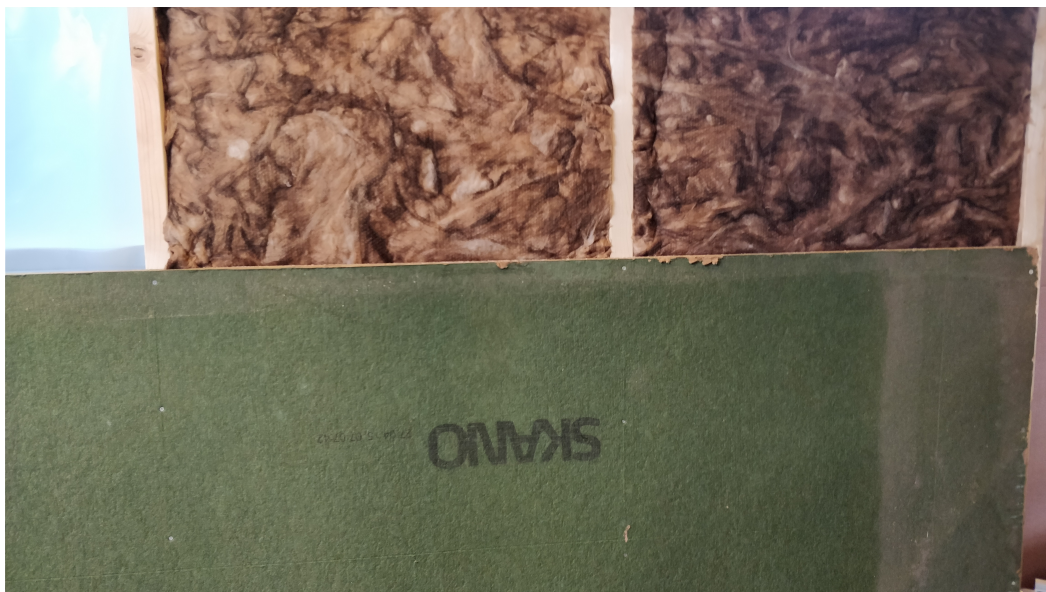
Kuva 13. Malliseinä k900 runkojaolla

Malliseinän leveydeksi valittiin 2750 mm, jotta siihen saatiin neljä pystytolppaa ja pystyttiin varmistamaan 2700 mm kokoisen tuulensuojalevyn asentamisen esteettömyydestä. Korkeus oli 1850 mm. Malliseinän pystyrunko toteutettiin 48x98mm puutavaraa todellisen 48x198mm puutavaran sijasta sen keveyden, sekä helpomman liikuteltävyyden vuoksi. Tällä pienemmällä pystyrungon valinnalla ei ollut merkitystä testin lopputulokseen.



Kuva 14. Malliseinän rakenne

Malliseinän rakenne ulkopinnasta sisäpintaan oli seuraavanlainen: 25 mm tuulensuoja, 48x98mm pystyrunko k900 jaolla, höyrynsulkumuovi, 48x48mm vaakakoolaus k600 jaolla, kipsilevy.



Kuva 15. Malliseinän ulkopinta

Kuvassa 15 nähdään, kuinka villalevyt istuvat täydellisesti k900 runkojakoon. Tällä malliseinällä varmistettiin, että runkojaon kasvattamiseen ei ole mitään rakenteellista estettä, eivätkä nykyiset vakiomittaiset levy- ja villatuotteet vaadi k600 jakoa.

Ainoa käytännön asia, joka arvelutti tällä rakenneratkaisulla oli sisäpuolisen vaakakoolauksen jäykkyys kasvaneella tolppavälillä. Rakenteen kantavuuteen tai jäykistykseen sisäpuolinen vaakakoolaus ei vaikuta, joten ainoa merkitsevä asia oli vaakakoolauksen taipuma käsivoimin runkotolppien suuntaan. Tämä taipuman katsottiin vaikuttavan ainoastaan kipsilevyjen saumatsoitusten kestävyteen sekä ulkoseinien yleistuntu-
maan. Tätä testattiin malliseinässä, ja vertailtiin tuntumaa valmistuneisiin kohteisiin, joissa runkojako on ollut k600 ja merkittävää eroa ei havaittu.

Tämän malliseinän valmistamisen ja sillä suoritettujen testien avulla uskallamme ottaa rakennetyypin yrityksen käyttöön, ja valmistaa pilottikohteen tässä insinööriyössä esitetyillä kehitysideoilla.

7 Pohdintaa

Opinnäytetyössä tutkittiin, ja selvitettiin uusia rakennetyyppejä puurunkoisiin taloihin. Tutkittavat ideat tulivat yritykseltä, jolle tämä insinöörityö tehtiin. Puurakentaminen on aiheena mielenkiintoinen sen pitkän historian ja hyvien tulevaisuuden näkymien vuoksi. Puurakentamisen suosio pientaloissa ei luultavasti tule laskemaan, ja se avaa markkinoita uusille talotoimittajille. Tässä työssä tutkittavina kehityskohtina olivat sekä runkojaon kasvattaminen sekä lovilankun siirtäminen. Idea näihin kehityskohtiin tuli yrityksen urakoimista rakennusurakoista, joissa rakennuksen suunnittelu tuli tilaajan puolelta, eikä siihen päästy itse vaikuttamaan. Työtä varten käytiin läpi monia eri rakennesuunnitelmia eri kohteista, ja vertailin suunnitelmia rakentajan sekä tilaajan näkökulmasta.

Tutkimusta varten tehtiin myös suppea haastattelu isoimmille talopakettiyrityksille sekä talovalmistajille ja lähes samanlaisia tehottomia rakenneratkaisuja löytyi jokaiselta haastatteluun vastanneelta yritykseltä. Haastattelukysymyksissä oli esimerkiksi seuraavanlainen kysymys: Millä runkojaolla puiset pientalonne valmistetaan ja miksi? Vastaus edelliseen kysymykseen oli useimmilla se, että talojen runkojako on k600, villa- sekä levyjaon takia. Tämä osoittaa myös sen valtaosalla olevan harhakuvitelman, että runkoon liittyvät rakennusmateriaalit olisivat ainoastaan tietyn kokoisia, eikä runkotolppien jakoon pystyisi tekemään muutoksia.

Huomattiin, että nykyisistä rakennesuunnitelmista löytyy monia hankalasti toteutettavia rakenneleikkauksia. Eri rakenneratkaisuja tutkittaessa havaittiin myös monta kohtaa, jossa erilaisilla rakenneratkaisuilla pystyisi parantamaan rakennuksen laatua, energia- tehokkuutta sekä säästämään rakennuskustannuksissa. Runkotolppien jako oli kaikissa suunnitelmissa 600 mm, vaikka sitä voisi hyvin kasvattaa 300 mm, jolloin siihen sopisivat eristelevyt sekä tuulensuojalevyt samalla tavalla kuin 600 mm:n jaolle. Tietysti kantavien rakenteiden suunnittelussa tulee huomioida niitä ohjaavat säännökset ja suunnitteluohjeet. Jos puisen rankarungon haluaa suunnitella k900 runkojaolla, se edellyttää aina kohteeseen liittyvien rakennesuunnitelmien laatimista vakauden ja rakenteen kantavuuden osalta, mutta muut rakenneosat eivät tätä ratkaisua rajoita.

Runkojaon kasvattamista sekä lovilankun siirtämistä tutkittaessa päädyttiin siihen tulokseen, että molemmat muutokset ovat mahdollisia puurunkoisissa rakennuksissa. Lovilankun siirtämiselle ei ole mitään ongelmaa ja se nopeuttaa huomattavasti runko-

rakentamista. Lovilankun siirtäminen yläjuoksun yläpuolelle vaatii ainoastaan huomi-
oinnin kattoristikoiden tilausvaiheessa, jotta kattoristikoihin saadaan tarvittava lovi.
Runkojaon kasvattaminen k900 jaolle vaatii samat lujuuslaskelmat rakennesuunnitte-
luun, kuin nykyisellä k600 jaolla, mutta muita esteitä sille ei ole.

8 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutkia vakiintuneita suunnitteluratkaisuja puura-
kenteisissa pientaloissa, sekä löytää niistä kehitysideoita. Opinnäytetyön pääaiheet
päättiin jo hyvissä ajoin ennen työn aloitusta. Tutkimuskohteena oli rankarunkoisten
pientalojen runkojaon kasvattaminen, sekä runkotolppien yläosassa sijaitsevan lovilan-
kun siirtäminen pystyrungon yläpuolelle.

Insinööriyötä varten selvitettiin rakennuksen runkoa koskevia määräyksiä sekä ohjeita.
Työssä pyrittiin unohtamaan vakiintuneet, yleisesti käytössä olevat rakenneratkaisut ja
kehittämään uusia, parempia ratkaisuja pientalojen runkorakentamiseen. Tutkinnan
pääkohteiksi otettiin nykyinen yleisesti pientaloissa käytettävä k600 runkojako, sekä
runkotolppien yläosaan lovetun lovilankun siirtäminen yläjuoksun yläpuolelle.

Insinööriyötä varten tutkittiin useita, jo toteutuneita rakennesuunnitelmia sekä suoritet-
tiin kysely useille talotehtaille. Nykyisille runkoratkaisuille ei löytynyt perusteita ja tutki-
muksen johtopäätöksenä oli, että nykyiset runkoratkaisut ovat vanhanaikaisia. Opin-
näytetyön pohjalta syntyi kokonaan uudenlaisia runkoratkaisuja, joilla pystytään raken-
tamaan edullisempia ja korkealaatuisempia rakennuksia. Tässä työssä pyrittiin kehit-
tämään tehokkaampia rakennustapoja pientaloihin ja siinä onnistuttiin.

Tutkimusta haluttiin varmentaa yrityksen tuotantotiloihin rakennetulla malliseinällä, se-
kä havainnollistettiin lovilankun siirtämisestä syntyvää työajan säästöä. Malliseinässä
saatiin sama tulos kuin tutkimustietoa kerätessä jo havaittiin. Insinööriyö saavutti ase-
tetut tavoitteet ja yritykselle saatiin hyvät perusteet tietyille rakennemuutoksille, joilla
saavutetaan huomattavaa etua pientalojen runkorakentamisessa. Tulosten ohella insi-
nööriyö myös herätti lisäkysymyksiä. Nykyisiä yleisesti käytössä olevia suunnittelukäy-
täntöjä pitäisi tarkastella kriittisesti, ja etsiä niistä lisää samanlaisia kehityskohteita,
joilla voidaan toteuttaa parempia rakennuksia.

Lähteet

- 1 Puuinfo, <<http://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina>>
- 2 Tilastokeskus, <https://www.stat.fi/til/asas/2016/01/asas_2016_01_2017-10-11_kat_001_fi.html>
- 3 Metsäteollisuus, <<https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/puutuotteet-ja-rakentaminen/>>
- 4 Puutuoteteollisuus, <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/puurakentaminen/runkoon_liittyvat_rakenteet/index.html>
- 5 Isover, <<https://www.isover.fi/tuotteet/isover-rkl-31-facade>>
- 6 Puu, <<http://fwr.fi/puun-ominaisuudet-rakennusmateriaalina/>>
- 7 Siikanen, Unto. 2017. Puurakentaminen. Vantaa: Kustantaja.
- 8 Ratu, Puurunkorakentaminen, paikalla rakennettu puurunko
- 9 Pyhännän Rakennustuote, <<http://www.prt-pro.fi/puuelementtirakentamisen-edut.php>>.
- 10 RT 82-10852. Puurakenteinen pienkerrostalo: Avoin puurakennusjärjestelmä
- 11 Myllärinen. Pahajoki. Peltonen. Saarikko. 2017. Rakentamisen perusteet. Helsinki: Sanoma Pro Oy
- 12 Kavaja, Reino. 1987. Rakennan Puutalon. Jyväskylä: Rakentajain Kustannus Oy
- 13 Kavaja, Reino. 2011. Rakennuksen puutyöt. Tampere: Kirjapaino Tammerprint Oy
- 14 Ojala, Kari. 2009. Parempi pientalo. Tallinna: Alfamer Oy
- 15 Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 1996. Puurakenteet Step 1. Tampere: Rakennustieto
- 16 Rakentajan tietokirjat. 2006. Puutalon runkotyöt. Gummerus Kirjapaino oy

- 17 Siikanen, Unto. 1998. Puurakennusten suunnittelu. Vammala: Rakennustieto
- 18 Teollinen Puurakentaminen. Rakennustieto
- 19 Luonnonvarakeskus. www.luke.fi