



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# HALLIRAKENNUKSEN RUN- KORAKENTEIDEN VER- TAILU

Opinnäytetyöraportti

TEKIJÄ:

Heikki Pelli

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Koulutusala<br>Tekniikan ja liikenteen ala                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                            |
| Tutkinto-ohjelma<br>Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                            |
| Työn tekijä<br>Heikki Pelli                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                            |
| Työn nimi<br>Hallirakennuksen runkorakenteiden vertailu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                            |
| Päiväys<br>5.4.2021                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Sivumäärä/Liitteet<br>24/1 |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani<br>Rakennustyö Salminen Oy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                            |
| Tiivistelmä<br><p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää hallirakennuksen runkorakenteiden valintaperiaatteita ja tutkia runkorakenteiden vaikutusta työmaan taloudelliseen kannattavuuteen. Tarkastelun kohteena työssä olivat kustannukset, laatu- ja työturvallisuusmääräykset, hallin vaipparakenteet, käyttötarkoituksen asettamat vaatimukset, rakenteiden paloturvallisuus, sekä runkotehtävän aikataulutus. Tilaajana toimi Rakennustyö Salminen Oy.</p> <p>Tarkemmin opinnäytetyössä perehdyttiin hallirakennuksen runkorakenteiden kustannusten seurantaan. Tilaajalle tehtiin Excel-taulukko, jossa on esitetty kustannukset eriteltynä työkustannuksiin, eri rakenneosien kustannuksiin, sekä rahdin aiheuttamiin kustannuksiin. Oleellisena osana työssä oli ennakkotarjouspyyntöjen laatiminen ja lähettäminen. Työssä tutkittiin, miten eri materiaalin käyttö vaikuttaa runkotehtävän aikatauluun.</p> <p>Kohtalaisen pieneen hallirakennukseen, jossa P3-paloluokka ei määrää runkorakenteille palonkestoaikaa, valikoitui kannattavaksi runkorakennemateriaaliksi liimapuu ja vesikatonkannattajaksi kantava poimulevy edullisten kustannusten vuoksi. Aikatauluvertailussa huomiota herättivät elementtirakentamisen erittäin nopeat työvaiheet. Runkotehtävien suunnitteluun on panostettava, jotta tavoiteaikatauluissa pysytään.</p> |                            |
| Avainsanat<br>Runkorakenteet, kustannukset, aikataulu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Field of Study<br>Technology, Communication and Transport                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                          |
| Degree Programme<br>Degree Programme in Construction Management                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                          |
| Author<br>Heikki Pelli                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                          |
| Title of Thesis<br>Comparison of Frameworks of a Hall Building                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                          |
| Date<br>19.4.2021                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Pages/Appendices<br>24/1 |
| Client Organisation /Partners<br>Rakennustyö Salminen Oy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                          |
| <p>Abstract</p> <p>The aim of this final project was to find out the principles of choosing the framework for a hall building and study the costs of the frame and its effect on the profitability of the construction site. The focus was on the costs, quality and safety regulations and leaf structures, requirements set by the purpose of use of the building, fire safety of structures as well as the schedule of building the framework. The project was commissioned by Rakennustyö Salminen Oy.</p> <p>First, the cost control of the framework costs was surveyed. An Excel spreadsheet was made for the client which showed the costs divided into labour costs, the costs of structural parts and cargo. An essential part of the work was making and sending calls for offer. The work investigated how the use of different materials effect on the schedule of building the framework.</p> <p>As a result, this final project showed that for a reasonably small hall building where P3-fire grading does not affect the fire-resistance period of the framework, glued laminated timber was selected as a feasible material for a bearing structure and supporting corrugated sheet was selected as a supporting material because of its low costs. In the schedule comparison, attention was drawn to the very fast work steps in prefabricated construction. To keep to the schedule, attention needs to be paid to the planning of building process of frame structures.</p> |                          |
| Keywords<br>framework, costs, schedule                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                          |

## SISÄLTÖ

|     |                                                                |    |
|-----|----------------------------------------------------------------|----|
| 1   | JOHDANTO .....                                                 | 5  |
| 2   | RUNKOMATERIAALIT JA PALOMÄÄRÄYKSET .....                       | 6  |
| 2.1 | Betoni .....                                                   | 6  |
| 2.2 | Puu .....                                                      | 6  |
| 2.3 | Teräs .....                                                    | 6  |
| 2.4 | Hallirakennuksen paloturvallisuus.....                         | 7  |
| 2.5 | Hallin käyttötarkoituksen asettamat vaatimukset.....           | 8  |
| 3   | HALLIN VAIPPARAKENTEET .....                                   | 10 |
| 4   | RUNKOTÖIDEN LAATUMENETELMÄT JA TYÖTURVALLISUUS.....            | 11 |
| 4.1 | Laatumenetelmät.....                                           | 11 |
| 4.2 | Tehtävän työturvallisuus.....                                  | 12 |
| 5   | TARJOUSPYyntÖ .....                                            | 15 |
| 6   | KOHTEEEN KUSTANNUSARVIO KUSTANNUSTIETO-OHJELMISTOLLA.....      | 17 |
| 7   | TEHTÄVÄN AIKATAULU VERTAILUA JA TARJOUKSEN KÄSITTELY .....     | 18 |
| 8   | POHDINTA.....                                                  | 22 |
|     | LÄHTEET .....                                                  | 23 |
|     | LIITE 1: KUSTANNUSTEN JAKAUMA LIIMAPUURUNGOLLA (SALATTU) ..... | 24 |

## KUVALUETTELO

|          |                                                                                         |    |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| KUVA 1.  | Mahdolliset paloluokat opinnäytetyökohteessani (Puuinfo.) .....                         | 8  |
| KUVA 2.  | Työn turvallisuussuunnitelmassa huomioitavat vaaratekijät. (ttk.fi) .....               | 13 |
| KUVA 3.  | Käyttämäni ennakkotarjouspyyntö pohja. ....                                             | 16 |
| KUVA 4.  | Kustannustieto ohjelmiston jakauma. (Pelli CC BY-NC-ND).....                            | 17 |
| KUVA 5.  | Liimapuurunkoinen kattoristikoidilla kannatettu yläpohja (Pelli CC BY-NC-ND) .....      | 18 |
| KUVA 6.  | Betoni mastopilari-palkki kantavalla poimulevyllä. (Pelli CC BY-NC-ND).....             | 19 |
| KUVA 7   | Teräspilareilla ja -ristikoilla kannatettu yläpohja. (Pelli CC BY-NC-ND).....           | 19 |
| KUVA 8.  | Liimapuu mastopilari-palkki kantavalla poimulevyllä. (Pelli CC BY-NC-ND).....           | 20 |
| KUVA 9.  | Rakenneratkaisuiden aikatauluvertailu. (Pelli CC BY-NC-ND) .....                        | 20 |
| KUVA 10. | Kustannusten jakauma liimapuu mastopilari-palkki rakenteella. (Pelli CC BY-NC-ND) ..... | 21 |

## 1 JOHDANTO

Rakennuksen rungon kustannukset ovat huomattava kustannuskokonaisuus työmaalle. Rakennuksen rungon materiaalin valintaan vaikuttavat mm. rakennuksen käyttötarkoitus, palomääräykset, materiaalin ominaisuudet, rakennuksen jänneväli ja taloudelliset tekijät. Perustan työmaan haahtelan kustannuslaskentaohjelmaan, jotta saan tietoa hallirakennuksen kustannusjakaumasta.

Työn tilaajana on Rakennustyö Salminen Oy, joka pyysi minua vertailemaan tulevaan hallirakennustyömaahan runkorakenteita. Työmaa on työtilaksi tehtävä hallirakennus, joka on noin 540 m<sup>2</sup> kokoinen. Hallin jänneväli on noin 22 metriä ja korkeus noin 7 metriä. Kyseisen hallirakennuksen rakentamisajankohtaa ei ole vielä vahvistettu. Hallirakennus sijoittuu P3-paloluokkaan, jolloin kantaville rakenteille ei ole asetettu palonkesto vaatimuksia.

Opinnäytetyössäni tarkastelen hallirakennuksen runkorakenteiden valintaperiaatteita. Opinnäytetyön tarkoituksena on löytää kustannustehokas tapa rakentaa hallirakennuksen runko- ja kantavat rakenteet, joka täyttää sille asetetut laatuvaatimukset ja palomääräykset. Kilpailutan runkorakenteita eri materiaalin toimittajilta ja tarjousten pohjalta kokoan tilaajalle tarjousten vertailun Excel-taulukon, missä jaan kustannukset positioittain, jolloin kustannusten vertailu on helppoa.

Rakennustyö Salminen Oy on rakennusalan yritys, joka toimii koko suomen laajuisesti. Toimipaikkoina Kuopion pääkonttorin lisäksi ovat Varkaus, Helsinki, Kouvola ja Oulu. Yrityksen toiminta käynnistyi vuonna 2004 ja nykyään työllistää jo yli 100 rakennusalan ammattilaista. Tänä päivänä yrityksen liiketoiminta perustuu kolmeen liiketoiminta-alueeseen. Urakointi ja korjausrakentaminen palvelee asiakkaita koko Suomen alueella. Kunnossapito ja palvelurakentaminen keskittyy Pohjois-Savon alueen puitesopimusasiakkuuksiin. Asuntotuotanto ja kiinteistökehitys toteuttaa asunto- ja kiinteistökehityshankkeita Kuopion ympäristössä. (Rakennustyö Salminen.)

## 2 RUNKOMATERIAALIT JA PALOMÄÄRÄYKSET

### 2.1 Betoni

Betoni on todella yleinen rakennusmateriaali maailman laajuisesti. Betoni on useasti käytetty materiaali, silloin kun tavoitteena ovat kantavat rakenteet, paloturvallisuus ja rasi- tusta kestävä rakentaminen, kuten perustus ja sokkeli rakenteet ja julkisivut. Betoniteollisuus on kehittänyt kattavan järjestelmän erilaisia elementti ratkaisuja. Betonia käytetään myös useasti työmaalla valettavissa rakenteissa. Betonin koostuu runkoaineesta, puhtaasta vedestä ja sementtiliimasta ja muista sidosaineista. Betonia valmistaessa käytetään useasti erilaisia lisäaineita, joiden tarkoitus on muokata betonimassa sopivaksi käyttötarkoitusta varten. Lisäaineilla pystytään säätämään betonimassan not- keutta, kovettumista ja säänkestävyyttä. (Betoni 2015.)

Betonirakenteilla saavutetaan pitkiä jännevälejä materiaalin lujuuden ja kestävyuden ansioista, jol- loin betoni soveltuu hyvin hallirakennuksiin ilman kantaviaseinälinjoja tai pilareita. Betoni kestää hy- vin palotilanteessa ja kestää kosteutta ja säärasituksia. Hallirakennuksessa voidaan käyttää esijänni- tettyjä betonirakenteita, jolloin päästään erittäin pitkiä jännevälejä.

### 2.2 Puu

Monipuolinen puu on pehmeä ja helposti työstettävä materiaali. Puuta voidaan käyttää kantavana rakenteena, julkisivumateriaalina ja sisäverhousmateriaalina. Puu on lämpöä ja ääntä eristävä mate- riaali. Puiset rakennusosat säilyvät asianmukaisesti huollettuna koko rakennuksen käyttöiän ajan. Puu säilyy hyvin, kun osat eivät ole jatkuvasti kosteudelle alltiita. Samalla puu vaikuttaa huoneil- maan tasaamalla kosteutta vähentäen ilmanvaihdon tarvetta samalla tuoden myös energiansäästöjä. Puun jalostamisessa suuriksi rakennuselementeiksi kuluu myös kilpailijoita vähemmän energiaa. Energiansäästön lisäksi puu on kustannuksiltaan kilpailukykyinen materiaali. (Finnbuild 2016.)

Mikäli puu valitaan runkorakenteeksi hallirakennukseen, se toteutetaan yleensä pilari-palkkiraken- teena. Tällöin saadaan toteutettua hallille ominainen pitkä jänneväli. Puisten rakennuselementtien käytössä on huomioitava jännevälin ylittäessä 20 metriä, että puiset NR-kattoristikot ja suorat liima- puupalkit ovat aivan käyttörajalla pituutensa puolesta. Pitkiä jännevälejä suunnitellessa voi käyttää mm. liimapuisia harja- ja mahapalkkeja, tai tappivaarnaristikoita. Tavallista on, että ulkovaippa teh- dään pilari-palkkirungon ulkopuolelle. Pystykuormien ja jäykistysten takia pilareiden tulee sijaita sa- moilla kohdilla eri kerroksissa. Tämä tulee ottaa huomioon tilasuunnittelussa. Aukotusten näkökul- masta pilari-palkkirunko antaa laajat mahdollisuudet tilasuunnitteluun, koska seinärakenteet ovat ei- -kantavia rakennusosia. (Puuinfo 2020.)

### 2.3 Teräs

Suuri lujuus on teräksen ominaisuus, jonka ansiosta teräs poikkeaa muista rakennusaineista kuten betonituotteista ja puusta. Teräksen valmistuksessa koostumusta pystytään muuttamaan, jotta saa- daan osalle tarvittavat mekaaniset ominaisuudet.

Teräksen etuja rakennusmateriaalina on mm. sen lujuus-painosuhte, pienet rakennemitat, liitosten tekeminen ja kiinnittäminen helppoa, sekä se on palamaton materiaali. Teräsrunko on mittasuhteiltaan pieni ja moniin muihin materiaaleihin verrattuna kevyt. Tämä vaikuttaa edullisesti perustuskustannuksiin. Teräsrungon rakenneosat voidaan valmistaa konepajalla valmiiksi, jolloin asennusvaihe rakennuspaikalla on nopea ja tehokas. Teräsrunko tarjoaa myös hyvät mahdollisuudet lisärakentamiseen ja siihen on helppo hitsata vahvistuksia, jos kantavuutta on tarpeen lisätä.

Teräksisillä rakenteilla pystytään helposti tekemään pitkiä jännevälejä ilman välissä olevia pilareita. Urheiluhallit, varastot ja kauppakeskukset ovat esimerkkejä missä usein käytetään teräsrunkoa. Myös suuria kantavuuksia vaativat rakenteet ovat tyypillisiä teräksen käyttökohteita. Liikerakennuksissa muuntojoustavuus nousee usein tärkeimmäksi rungon valintaperusteeksi. Teräsrunko mahdollistaa erittäin suuren muuntojoustavuuden rakennuksen tiloille. Tiloja pystytään muokkaamaan jokaista vuokralaista varten pienellä työmäärällä. Tämä parantaa investoinnin kannattavuutta, kun tilat ovat vuodesta toiseen houkutteleva vaihtoehto uusille käyttäjille. (Teräsyhdistys.)

Teräksisen rungon etuus on myös se, että rungosta saadaan helposti tehtyä kehärakenne. Tällöin mastopilarin ja primäärikannattajan väliin tulee momentti jäykkä liitos. Kun pilarin ja palkin välissä, sekä pilari on sidottu perustuksiin momenttijäykästi, voidaan laskea rakennetta kehänä. Tämä tekee rungon jäykistämisestä yksinkertaisempaa, kun kannatin suuntainen tuenta tapahtuu itsestään, kun runko kasataan oikein.

Teräs osien liittäminen toisiinsa on myös yleensä todella yksinkertaista. Teräksisten osien liittäminen yleensä tapahtuu pulttiliitoksilla, jolloin liitoksista saadaan erittäin tukevia ja ne ovat todella yksinkertaista kasata. Toinen tapa liittää teräksisiä osia on hitsaamalla. Hitsaamisen heikkous on se, että osat alkavat helposti ruostua hitsatun kohdan ympäriltä, jos niitä ei asian mukaisesti suojata. Hitsaamisen ongelmaksi voi koitua myös se, että työmaalla tehtäessä ei välttämättä päästä suunnittelijan vaatimaan hitsausluokkaan.

## 2.4 Hallirakennuksen paloturvallisuus

Betoni on täysin palamaton rakennusmateriaali, joten sitä käytetään yleensä P1-paloluokan kohteissa. Betonia ei yleensä tarvitse erikseen palolta suojata, vaan sen materiaali vahvuutta kasvattaa, mikäli tarvittava rakenteiden palonkesto aika ei täyty. Yleensä betonirakenteet saavuttavat vähintään tunnin standardipalon keston. Palamattomilla rakenteilla myös vältetään se, että palokuorma lisääntyy ja näin ollen rajoittaa tulipalon ajallista kesto.

Vaikka teräs ei osallistu paloon lainkaan on muistettava, että se menettää lujuutta lämpötilan noustessa. Teräksisiä rakenteita voidaan tarvittaessa suojata esim. palosuojamaaleilla ja -massoilla, sekä mahdollisesti myös puulla, joka estää teräsosien lämpötilan kasvun hitaan hiiliumien ansioista.

Puu on palava materiaali, silti sitä voi pitää paloturvallisena. Palotilanteessa puu hiiltuu tasaisesti, noin 1 millimetriä minuutissa, joten sen sortuminen on palotilanteessa tarkasti ennakoitavissa. Usein puurakenteille saadaan lisää palonkesto aikaa, kun niitä suojataan kipsikartonkilevyillä tai käytetään puurakenteiden hiiltymävaramitoitusta. (Puuinfo 2020.)

Rakennuksilla on neljä paloluokkaa P0 – P3, joista P0 paloluokkaa käytetään, kun rakennus suunnitellaan oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät palotilanteet. Paloluokat P1 – P3 ovat taulukkimitoituksessa käytettyjä paloluokkia. Taulukkimitoituksessa käytetyt arvot ovat tutkittu vastaamaan yleisimpiä palotilanteita. (Puuinfo 2020.)

Käyttötarkoitus: Toimisto / Työpaikkatila

Kerros määrä: 2-kerroksinen

Sprinklaus:  Ei

Korkeus: 7 m

Kerrosala: 509 m<sup>2</sup>

Henkilömäärä: 50 hlö

Palo-osaston koko kerroksissa: 250 m<sup>2</sup>

### Mahdolliset paloluokat

| Paloluokka | Runko       | Mitoitus                               | Kerros määrä | Korkeus | Kerrosala | Henkilöm. | Palo-osasto |
|------------|-------------|----------------------------------------|--------------|---------|-----------|-----------|-------------|
| ✓ P1       | R 60        | Taulukko<br>alle 600 MJ/m <sup>2</sup> | ✓            | ✓       | ✓         | ✓         | ✓           |
| ✓ P2       | R 30        | Taulukko                               | ✓            | ✓       | ✓         | ✓         | ✓           |
| ✓ P3       | -           | Taulukko                               | ✓            | ✓       | ✓         | ✓         | ✓           |
| ✓ P0       | Tapauskohd. | Toiminnallinen                         | ✓            | ✓       | ✓         | ✓         | ✓           |

KUVA 1. Mahdolliset paloluokat opinnäytetyökohteessani (Puuinfo.)

Opinnäytetyön kohteessa tarkastelin taulukkimitoituksella sen paloluokkaa. Opinnäytetyön kohteessa käytettäessä taulukkimitoitusta voidaan käyttää P3-paloluokkaa. P3-Paloluokan etuutena on se, että rungolle ei ole määritetty R palonkestoaikaa, eli kuinka kauan rungon täytyy kestää palotilanteessa kantavana. Tämä määrittäminen helpottaa mm. puun ja teräksen käyttöä runkomateriaalina ilman erityisiä palosuojaus menetelmiä. Mikäli halliin haluttaisiin korkeutta enemmän kuin 9 metriä, hallin kerrosalaa haluttaisiin kasvattaa tai henkilömäärää nostaa yli 50 henkilön putoaisi P3-paloluokka pois käytöstä ja jouduttaisiin käyttämään tiukemman paloluokan määräyksiä, jossa puu soveltuisi runkorakenteeksi esimerkiksi lisäämällä rakennukseen sprinklerisjärjestelmän. Edellä mainitut muutokset lisäävät rakennuskustannuksia ja on tarkkaan harkittava, onko muutokset välttämättömiä.

## 2.5 Hallin käyttötarkoituksen asettamat vaatimukset

Hallin käyttötarkoitus voi määrittää käytettäviä rakennusmateriaaleja niin paloturvallisuuden, kuin käytettävyyden kannalta. On huomioitava tilan tarkoitus suunnitelmassa millä materiaaleilla päästään toivottuun tulokseen. Esimerkiksi onko tilassa siltanosturi? Ajetaanko hallissa trukilla tai tarvitaanko jostain muusta syystä törmäyskestävyyttä? Tehdäänkö hallin sisälle erillisiä palo-osastoja? Nämä ovat oleellisia seikkoja materiaali valinnoissa.



Palo-osastoja on hallin sisällä kohtalaisen helppo jakaa, sillä esimerkiksi, jos hallin sisälle rakennetaan toimisto, se onnistuu rautakaupasta saatavilla materiaaleilla. Kipsikartonkilevy on yleinen valinta palo-osastointeja tehtäessä, jolloin voidaan käyttää puu- tai metallirankarunkoa ja saadaan palo-osastoivista seinistä ja katoista standardit täyttäviä.

Joissakin tapauksissa rakennuksen sisäilmaolosuhteet voivat aiheuttaa haasteita. Esimerkkinä uimahallit, jossa on tarkkaan mietittävä kosteuden vaikutus runkorakenteissa. Korkea kosteuspitoisuus sisäilmassa voi aiheuttaa korroosiota teräsosissa ja lahoamista puuosissa, jos kosteuden poistoa ei ole huomioitu riittävästi.

Hallirakennuksissa runkorakenteen valintaan voi vaikuttaa arkkitehtuuriset näkemykset, jolloin runkorakenteen kauneus voi asettaa ylimääräisiä vaateita. Tällaisia tiloja on yleensä julkiset kokoontumistilat, kuten kirjastot, jäähallit ja kauppakeskukset.

Yleisesti ottaen siltanosturin pystyy asentamaan runkorakenteen materiaalista riippumatta halliin. Suunnittelussa on erityisen tärkeää huomioida nosturin aiheuttamat lisääntyvät kuormat, jolloin varmistutaan, ettei nosturi aiheuta murtumia tai kiepahduksia rakenteissa. Nosturin kokoa valittaessa on oltava tietoisia käyttäjän, rakenteiden ja nosturin toimittajan tarpeista, jotta nosturin asennus saadaan tehtyä turvallisesti. Siltanosturille voidaan myös rakentaa täysin oma runko, mikäli sen asentaminen hallin primäärirunkoon aiheuttaa ongelmia esimerkiksi kuormien muodossa.

Haarukkatrukille voidaan laskea törmäyskuormat ympäristöministeriön asetuksen eurokoodin standardin SFS-EN 1991-1-1-7 mukaan. Asetus määrittää, jos tarkempaa menetelmää ei käytetä, kuorman F suuruutena käytetään kuormitetun trukin nettopainon ja taakan painon summaa W. Kuorma F vaikuttaa korkeudella 0,75 m lattian pinnasta. (Suomen rakentamismääräyskokoelma.) Muita huomioitavia asioita on mm. riittävä käyttökulutuksen kestävyys.

### 3 HALLIN VAIPPARAKENTEET

Hallin vaipparakenteita tarjoavat puu-, betoni- ja terästeollisuus, samoin kuin runkorakenteita. Hallin vaipparakenteet jaetaan yleensä ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin. Monissa tapauksissa hallinrakennuksen vaipparakenteeksi valitaan jonkun muun toimittajan vaipparakenne kuin mitä runkorakenne on. Esimerkiksi todella suosittu vaihtoehto ulkoseinävaipparakenteeksi on peltisandwichelementti, joka voidaan asentaa runkorakenteen materiaalista riippumatta, miltei kaikkiin halleihin. Myös betoniteollisuus tarjoaa sandwichelementtejä, joita useasti käytetään myös kantavana runkona esimerkiksi kerrostalorakentamisessa.

Sekundäärikannattajilla tarkoitetaan varsinaisen kantavan runkopalkin päälle tai väliin laitettavia rakenneosia, jotka kantavat runkopalkin nähden ristikkäissuunnassa kuormia. Sekundäärikannattimiksi valitsin tässä opinnäytetyössä käsittelemääni halliin kantavan poimulevyn, joka soveltuu erityisesti pitkän jännevälin kattorakenteisiin. Muita vaihtoehtoja sekundäärikannattimiksi ovat puiset yläpohjaelementit, joilla saavutetaan usein pidempi sekundäärikannatinväli kuin esimerkiksi poimulevyllä. Puuelementtien etuus on myös se, että niissä on yläpohjan eristeet ja aluskate liimattuna valmiiksi ja alakatto valmiiksi asennettuna.

Betoniteollisuus tarjoaa edellisiin nähden kovin raskaita vaihtoehtoja sekundäärikannattimiksi. Ontelolaatta tai T-T-laatta ovat useimmin käytettyjä yläpohja vaihtoehtoja betonista. T-T laatan etuus on se, että sillä voidaan päästä todella pitkiä jännevälejä, jolloin se voi toimia itsessään primääri ja sekundäärikannattajana.

## 4 RUNKOTÖIDEN LAATUMENETELMÄT JA TYÖTURVALLISUUS

### 4.1 Laatumenetelmät

Rakentamisen laatu koostuu suuresta kokonaisuudesta. Rakennushankkeessa on otettava huomioon hankkeen suunnittelun, rakennusmateriaalien ja työnhankinnan kuin rakennusvaiheen edellyttämät ajalliset tarpeet. Rakennushanketta tulee aikatauluttaa eri tasoilla, jotta suunnittelu ja työmaa pysyvät aikataulussa. (Rakennusteollisuus 2015.)

Hyvän laadun varmistaminen on useiden eri asiakirjojen, suunnitelmien ja tarkastusten summa. Lisään alle puuelementtirakentamisen, pilarit ja palkit Ratu-kortin 0435 ohjeistuksia. Niin kuin useimmat ohjekortit, myös Ratu-kortti 0435 kertoo aluksi, mitä työkokonaisuus pitää sisällään ja mikä on työmaan alkutila, josta kyseisen tehtävä voidaan aloittaa. Ohjekortissa kerrotaan karkeutetut työmenekit tehtävälle, sekä suositeltu työryhmä.

Seuraavaksi ohje kertoo työmaalle tarvittavat asiakirjat ja suunnitelmat laadun varmistamiselle. Seuraavat tulisi laatia jokaiselle työmaalle.

- Työmaan laatusuunnitelma
  - Laatusuunnitelmassa määritetään esimerkiksi työmaan aikataulussa pysyminen ja työmaan taloudelliset tavoitteet. Laatusuunnitelmassa kartoitetaan työmaan riskejä ja esitetään laadunvarmistus, sekä turvallisuustoimet.
- Työmaan aluesuunnitelma
  - Aluesuunnitelma on laadittu mittakaavaan esimerkiksi asemapiirroksen päälle. Aluesuunnitelmassa tulee esittää rakentamisvaiheelle oleelliset asiat, kuten työmaajärjestys, sähköistys, kulkutiet, ajoväylät, nostopisteet, niiden sijainnit ja nostimien toimintasäteet, varastointialueet, sekä purkualueet.
- Yleisaikataulu
  - Yleisaikataulu on ennen työmaan aloittamista laadittu suunnitelma, joka antaa pohjan tarkemmalle aikataulu suunnittelulle.
- Työmaapäiväkirja
  - Työmaapäiväkirjaan kirjataan, joka päivältä merkintöjä sääoloista, alkavista-, meilläään olevista ja päättyivistä työvaiheista. Asiakirjaan tulee kirjata työmaan resurssit.
- Hankinta-aikataulu
  - Yleisaikataulun pohjalta laadittu suunnitelma, josta selviää milloin mitäkin materiaalia saapuu työmaalle. Asiakirjasta selviää myös siirtojen ja välivarastoinnin tarve.
- Putoamissuojaussuunnitelma
  - Suunnitelmassa esitetään tavat, jolla voidaan välttyä putoamiseen liittyviltä tapaturmilta.
- Kosteudenhallintasuunnitelma
  - Määrittää rakenteille ja materiaaleille tavoitekosteudet, sekä tavat hallita kosteutta rakentamisen eri vaiheissa.
- Purku- ja suojaussuunnitelma

- Ohjaa työmaajärjestelyitä ja työmaa aikaiseen kosteuden hallintaan sekä säilyviksi tarkoitettujen rakennusosien suojaamisen niin, että ne ovat käyttökelpoisia rakennustyön jälkeen.
- Työselostus
  - Työselostuksessa kerrotaan käytettävien materiaalien laatu, kerrosvahvuudet ja työmenetelmät, sekä rakenteet.
- Tulityösuunnitelma
  - Määrittää missä työmaalla saa tehdä tulitöitä, onko vakituista tulityöaluetta määritetty ja toimii ohjeena tulityölupia kirjoittavalle henkilölle.

Ennen suurtehtävän aloitusta tulisi pitää aloituspalaveri työryhmän tai aliurakoitsijan kanssa, joka tulee työn suorittamaan. Suurtehtävällä tarkoitetaan ajallisesti tai kustannuksiltaan huomattavaa tehtävää, kuten runkovihe tai vesikattotyöt. Aloituspalaverissa käydään läpi mm. työn aikataulu, suunnitelmat, laadunvarmistus ja turvallisuusasiat.

Suurtehtävästä laaditaan tehtäväsuunnitelma hyvissä ajoin ennen työn aloittamista. Tehtäväsuunnitelmasta on käytävä ilmi tehtävänviikkoaikataulu, tehtävän laatuvaatimukset, työturvallisuus, käytettävät materiaalit ja kalusto, sekä käytettävä työryhmä. Päätoteuttajan työnjohto huolehtii, että asennussuunnitelma laaditaan ja, että se on kirjallisena työmaalla. Asennussuunnitelma laaditaan asennustyönjohdon ja rakennesuunnittelijan kanssa yhteistyönä.

CE-merkintä on pakollinen rakennustuotteille. Tuotteiksi on valittava sellaisia, joiden suoritusasointukset vastaavat suunnitelmien valintoja ja vaatimuksia. Tuotteet tulee asentaa käyttö- tai asennusohjeiden mukaisesti ja tarkastaa rakennusvalvonnan edellyttämällä tavalla.

Tämän kaiken lisäksi Ratu 0435 ohjekortti pitää sisällään erittäin seikkaperäiset työmenetelmä ja asennusohjeet. Aluksi käydään läpi aloitusedellytysten varmistaminen, jossa tärkeä osa on työntekijöiden perehdyttäminen. Seuraava vaihe on työkohteen vastaanotto ja otollisten asennusolosuhteiden varmistaminen. Ohje kortti listaa ohjeet kaluston ja koneiden tarkistukselle, elementtien vastaanotolle ja varastoinnille. Tämän jälkeen tulee ohjeet pilarien ja palkkien asennuksille ja nostoille, joita seuraa lopettavat työt laatu tarkastuksineen.

Suurtehtävästä yleensä teetetään mallityö, joka tehdään samalla työryhmällä, materiaaleilla ja työvälineillä, kun itse tehtävä tulnaisiin suorittamaan. Mallityössä on helpompi havaita virheet kuin suuremmassa kokonaisuudessa. Mallityö tarkastetaan tehtäväsuunnitelmassa määritetyillä tavoilla ja tarkkuuksilla, jonka jälkeen annetaan lupa suorittaa tehtävä. Laadunvalvonta helpottuu, kun pystytään varmistamaan siitä, että työryhmä on ymmärtänyt mitä ja miten työ on tarkoitus tehdä. (Ratu 0435 Puuelementtirakentaminen, pilarit ja palkit. Menetelmät ja menekit 2014.)

## 4.2 Tehtävän työturvallisuus

Laadukkaasti suunnitellulla työmaalla on otettu huomioon työturvallisuusriskit ja niiden ennalta ehkäisy. Rakennusala on kovin haasteellinen ala työturvallisuuden suhteen. Rakennusala poikkeaa muista aloista, koska työ on dynaamista ja liikkuvaa. Termi yhteinen rakennustyömaa tulee siitä, kun tehdään rakennustyötä ja työmaalla on samanaikaisesti tai peräkkäin useamman työnantajan

työntekijöitä. Yhteinen rakennustyömaa eroaa monesta muusta työympäristöstä, sillä työntekijöiden vaihtuvuus on suurta. Tämä aiheuttaa haasteita työturvallisuuden takaamiselle. Yhteisellä työmaalla, mitä ovat käytännössä kaikki työmaat omakotiorakentamisesta suuriinprojekteihin, on oltava selvät perehdytyskäytännöt, jossa opastetaan työntekijöille työmaan turvallisuussäännöt. (Työsuojelu 2019.)

Suurtehtävälle laaditaan aina oma työn turvallisuussuunnitelma, joka tehdään yhdessä työntekijöiden kanssa jokaisesta alkavasta työmaan viikkosuunnitelmaan merkitystä tehtävästä sekä jokaisesta korkean riskin työvaiheesta erikseen ennen sen aloittamista. Työn turvallisuussuunnitelmaan kirjataan suurtehtävän erivaiheet alkaen materiaalien vastaanotosta ja päättyen työalueen siivoukseen. Työn turvallisuussuunnitelmaan listataan jokaiselle vaiheelle alla näkyvästä listasta vaarat ja sitten mietitään, kuinka vaarat voidaan poistaa tai riskiä pienentää esim. suojauksilla tai suojaimilla. Työn turvallisuussuunnitelman allekirjoittaa aliurakoitsijan työnjohtaja, työntekijöiden edustaja ja päätoimeuttajan työnjohtaja. Laaja tehtäväsuunnitelma tai muu vaarat käsittelevä suunnitelma voi korvata työn turvallisuussuunnitelman.

| Työn vaarat (poimi vaaraa vastaava numero yllä olevaan taulukkoon) |                                  | Muut vaaratekijät                        |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|
| 1. Melu                                                            | 10. Putoaminen                   | 19. Toiset urakoitsijat / yhteensovitus  |
| 2. Tärinä                                                          | 11. Esineen putoaminen           | 20. Viestintä (esim. kielimuun)          |
| 3. Sähköisku                                                       | 12. Kompastuminen                | 21. Liikkuvat ajoneuvot, nosturit        |
| 4. Puutteellinen valaistus                                         | 13. Liukastuminen                | 22. Hankala sääolosuhde / lämpöolot      |
| 5. Lentävät hiukkaset, kipinät                                     | 14. Vaara-alueella työskentely   | 23. Ilman epäpuhtaudet; pöly, kaasu      |
| 6. Puristuminen                                                    | 15. Käsien tehtävät siirrot      | 24. Home, bakteerit, asbesti, kreosootti |
| 7. Viilto, leikkaantuminen, hiertymä                               | 16. Kemikaalit                   | 25. Työ tiellä tai tien penkalla         |
| 8. Takertuminen                                                    | 17. Polttoaineet, palavat kaasut | 26. Työ veden äärellä                    |
| 9. Isku                                                            | 18. Vuodot                       | 27. Muu, mikä                            |

KUVA 2. Työn turvallisuussuunnitelmassa huomioitavat vaaratekijät. (ttk.fi.)

Työturvallisuuslaki määrittää, että työntekijälle on annettava opetus ja ohjaus. Eli käytännössä velvoittaa päätoteuttajan perehdyttämään uuden työntekijän kyseiselle työmaalle. Perehdytyskäytännöt määritetään kohteelle tehdyssä työturvallisuussuunnitelmassa. Perehdytyksessä tarkistetaan työntekijöiden pätevyys ja tarvittavat työturvallisuus- ja tulityökortit.

Pilari- ja palkkielementtien asennuksessa on huomioitava seuraavat asiat:

- Henkilökohtaiset suojaimet
  - Työmaalla on aina käytettävä suojakypärää, huomioväri vaatetusta, silmäsuojaimia, suojakäsineitä ja turvajalkineita.
- Olosuhteet
  - Lumi ja jää voivat aiheuttaa liukkautta kulkuteillä ja telineillä. Liukkautta pyritään torjumaan hiekoittamalla tai poistamalla jäätä ja lunta kulkuteiltä ja työpisteiltä. Elementtejä ei tule nostaa liian tuulisissa olosuhteissa.
- Elementtinostot
  - Nostolaitteen tulee olla ominaisuuksiltaan riittävä nostettaville elementeille ja nostolaitteen sijainti täytyy miettiä niin, että se on vakaalla alustalla ja se ulottuu hyvin asennuspisteille. Elementtien nostolenkit ja nostoissa käytettävät välineet, kuten nostoliinat on tarkistettava ennen noston aloittamista.
- Elementtien asennus ja tuenta

- Tehdään asennussuunnitelmien mukaisesti. Elementtien tuenta ja kiinnitys on kuitenkin varmistettava ennen nostoapuvälineiden irrottamista.
- Elementtien välivarastointi
  - Elementeille on suunniteltava asianmukainen tarpeeksi vakaa välivarastointi alue tai teline. Vaikka tavoite on asentaa elementit suoraan kuormasta, silti välivarastointi alue on mietittävä etukäteen, jos elementit esimerkiksi tulevat väärässä järjestyksessä.
- Putoamisturvallisuus
  - Käytetään asianmukaisia telineitä tai henkilönostimia. Tikkaiden käyttöä tulee välttää. Mikäli putoamisvaara on olemassa, on käytettävä turvavaljaita. Mikäli työtä tehdessä joudutaan poistamaan putoamissuojauksia, on nämä huolehdittava takaisin heti työsuorituksen jälkeen.
- Työhön opastus
  - Perehdytetään ja varmistetaan, että työntekijä ymmärtää työmaan yhteiset pelisäännöt ja on pätevä suorittamaan työtehtävänsä.
- Ensiapu
  - Työmaalta on löydyttävä ensiapu välineet ja sen antamiseen perehdytetty henkilö.
- Siisteys ja järjestys
  - Työntekijät huolehtivat asennuspaikan yleisestä siisteydestä ja järjestyksestä. Työntekijät huolehtivat ylimääräiset rakennusaineet ja muut roskat pois asennuspaikalta.
- Työmaan ajotiet ja tavaranpurku
  - Varmistetaan, että työmaan ajotiet ovat tarpeeksi kantavia ja leveitä käytettävän kuljetuskaluston vaatimuksille. Purkupisteet ja ajosuunnat tulee olla merkitty työmaan aluesuunnitelmaan.

## 5 TARJOUSPYYNTÖ

Ennakkotarjouspyynnöillä pyritään saada kohteelle yksilöidyt tarjouspyynnöt, joiden avulla materiaalin toimittajat ja aliurakoitsijat pystyvät mahdollisimman helposti perehtymään kyseiseen hankintaan. Ennakkotarjouspyynnöillä selvitetään kustannusarviota, mutta myös tulevalle kohteelle alihankkijoita. Pyrkimys on, että ennakkotarjouskilpailun voittaja valitaan myös alihankkijaksi työmaalle. (Pöytälaakso 2011.)

Ennakkotarjouspyyntöpohja on hyvä tehdä jokaiselle hankintakokonaisuudelle omanaan. Tarjouspyynnön tulisi pitää seuraat asiat sisällään:

- työmaan tiedot
- tarjouksen pyytäjätiedot
- tarjoajan tiedot
- toimitusaika
- toimitusehto
- sopimusehto
- tarjouksen voimassaoloaika
- viivästyssakko
- takuu
- laatuvaatimukset
- tarjouserittely
- tarjouksen palautus
- liitteet

Tarjouksen erittelyssä määritetään, kuinka tarjous halutaan jätettäväksi. Yleensä on kilpailutuksen kannalta edullista, jos tarjoukset eritellään positioittain. Näin saadaan helpommin kilpailutettua erikennusosia ja työn osuutta. Jos päädytään tilanteeseen, jossa todetaan, että tarjouksia ei saada kuin esimerkiksi yhdeltä yritykseltä, tulee tältäkin pyytää ennakkotarjous, josta ilmenevät tarvittavat hinnat.

Tarjouspyyntöjä jätettäessä on huomioitava, että liitteinä on tarvittavat asiakirjat, josta ilmenee tarvittavat tiedot tarjouksen jättämiselle. Kuten alla olevassa asiakirjassa on huomattavissa, käytössäni oli erittäin rajallinen määrä teknisiä asiakirjoja tukemaan tarjouksen jättämistä, mikä aiheutti sen, että suuri osa yrityksistä ei pystynyt tarjoamaan mitään näillä lähtötiedoilla. Runkorakenteille tarjouspyyntöjä lähetettäessä olisi oleellista, että olisi käytössä rakennesuunnittelijan määrittämä lista tarvittavista osista.

|                                                                                                       |                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>TARJOUSPYYNTÖ</b>                                                                                  |                                                                       |
|                                                                                                       | Työmaan nimi:<br>Työnumero:<br>Osoite:                                |
| <b>TARJOUSPYYNNÖN VASTAANOTTAJA</b>                                                                   |                                                                       |
|                                                                                                       | YRITYKSEN NIMI                                                        |
| Puh:<br>Sähköposti:                                                                                   | Tarjousosoite:<br>Tarjouksen laatijat/yhteyshenkilöt:<br>Sähköpostit: |
| <b>Toimitusaika: Ennako tarjouspyyntö</b>                                                             |                                                                       |
| Toimitusehto: Finsterm: DDU                                                                           | Tarjouksen voimassaoloaika: 3kk tarjouspyynnön jättämisestä           |
| Sopimusehdot: RYHT -2000                                                                              | Viivästysrangaistus: RYHT -2000                                       |
|                                                                                                       | Takuu: RYHT -2000                                                     |
| <b>Tarjouspyyntöteksti:</b>                                                                           |                                                                       |
| Pyydämme tarjoustasi kohteen runkorakenteista: mastopilarista ja pääkannattimista.                    |                                                                       |
| <b>LAATUVAATIMUKSET:</b>                                                                              |                                                                       |
| <b>TARJOUSERITTELY:</b>                                                                               |                                                                       |
| Tarjous tulee eritellä positiivisesti: POS1: mastopilarit, POS2: Pääkannattimet, POS3: toimituskulut. |                                                                       |
| <b>TARJOUSTEN PALAUTUS:</b>                                                                           |                                                                       |
| Tarjoukset palautetaan sähköpostilla yhteyshenkilölle.                                                |                                                                       |
| <b>LIITTEET:</b> Tekniset asiakirjat: Julkaisuvut_A4, Leikkaus_A4, Pohja_1krs_A4                      |                                                                       |

KUVA 3. Käyttämäni ennakkotarjouspyyntö pohja.



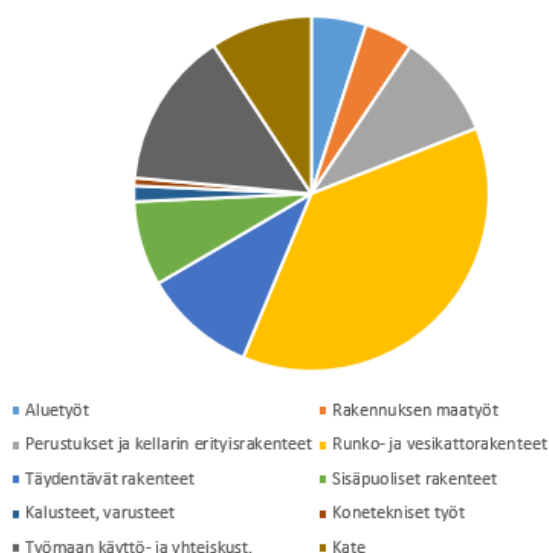
## 6 KOHTEEN KUSTANNUSARVIO KUSTANNUSTIETO-OHJELMISTOLLA

Kustannustieto TAKU®-ohjelmistoa käytetään rakennushakkeen budjetoinnin tukena ja suunnitelmien taloudenohjaukseen. Sillä voidaan tutkia rakennuksen hinnan muodostumista, sekä uudis- ja korjaushankkeissa.

Kävin kohteeni läpi Haahtelan kustannustietoohjelmalla, jotta saisin tietoa kustannusten jakautumisesta hallirakennustyömaalla. Käytin kohteessa 2020 Haahtela-tarjoushintaindeksiä, joka ottaa huomioon mm. suhdannekuvan, kuten koronaviruksen aiheuttamat kustannukset, talonrakentamisen kysynnän ja tarjonnan määrän ja eri alueiden hintatasot. Loin ohjelmaan hallirakennuskohteen saamieni piirustusten mukaisesti tilaohjelmaa käyttäen. Tilaohjelmassa luodaan tilan käyttötarkoituksen mukaisesti jokainen huone, toimisto, varasto, tekninen tila yms. kerrallaan ja ohjelma luo tiloille kustannukset käyttäen niille asetettuja talotekniikka- ja rakennevaatimuksia mukaillen.

Huomioitavaa kustannuslaskelmasta on se, että huomattava määrä kustannuksista painottui runko- ja vesikattorakenteet litteralle. Hieman asetuksista riippuen runko- ja vesikattorakenteet litteran osuus kokonaiskustannuksista oli noin 25–30 %.

|                                          |  |         |
|------------------------------------------|--|---------|
| Rakennus tekniset työt                   |  | 70 %    |
| Aluetyöt                                 |  | 3,50 %  |
| Rakennuksen maatyöt                      |  | 3,10 %  |
| Perustukset ja kellarin erityisrakenteet |  | 6,70 %  |
| Runko- ja vesikattorakenteet             |  | 26,10 % |
| Täydentävät rakenteet                    |  | 7,20 %  |
| Sisäpuoliset rakenteet                   |  | 5,40 %  |
| Kalusteet, varusteet                     |  | 1,00 %  |
| Konetekniset työt                        |  | 0,50 %  |
| Työmaan käyttö- ja yhteiskust.           |  | 10 %    |
| Kate                                     |  | 6,50 %  |



KUVA 4. Kustannustieto ohjelmiston jakauma. (Pelli CC BY-NC-ND)

## 7 TEHTÄVÄN AIKATAULU VERTAILUA JA TARJOUKSEN KÄSITTELY

Alla olevat aikataulu vertailut on tehty Aikataulukirja 2016 määritettyjä T3-menekkejä käyttäen. T3-työmenekkiä käytetään rakentamisvaihe aikataulua, viikkoaikatauluja ja tehtäväsuunnitelmia laadittaessa ja on siis tarkempi kuin yleisaikataulua laadittaessa käytetty T4-työmenekki. Valitsin mahdollisia rakennevaihtoehtoja eri rakennusmateriaaleille, jonka mukaan keräsin yhteismenkit tehtäville ja jaoin ne suorittavalla työryhmällä.

Ajatuksena seuraavissa taulukoissa oli vertailla runkorakenteiden asennukseen menevää tehollista aikaa eri rakenneratkaisuilla. Pyysin jokaiselle seuraavissa taulukoissa esitetyille rakenneratkaisuille ennakkotarjoukset, joten on luonnollista laskea rakenneratkaisuille työmenekit. Tavoitteena jokaisessa ratkaisussa on se, että rakennus saadaan säältä suojaan mahdollisimman nopeasti. Ensimmäisessä taulukossa tosin vaneroinnin päälle täytyisi vielä asentaa aluskate ennen kuin rakennus on säältä suojassa. Muissa ratkaisuisa ajatus on, että kantava poimulevy suojaa rakennusta säältä, kunnes vesikatto saadaan rakennettua.

Kaikki seuraavissa taulukoissa esitetyt työvaiheet ovat varsin nopeita, joten on erittäin tärkeää suunnitella ja hankkia tehtävään tarvittava kalusto hyvissä ajoin ennen tehtävän aloitusta, jotta häiriöiltä vältytään ja pysytään tavoiteaikataulussa.

Alla esitetyssä vaihtoehdossa asennettaisiin 14 kappaletta liimapuisia esim. 195 mm x 495 mm leveitä mastopilareita, jotka yhdistettäisiin reunoilta palkeilla. Kattoristikot asennettaisiin 900 mm:n välein, yläpohja vaneroitaisiin ja kattorakenteen ympärille tehtäisiin räystäät.

| <b>Liimapuuelementti runkoinen halli kattoristikoilla</b> |                                       |               |                                             |  |  |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------------------------------------|--|--|
| Työmenekeillä laskettuna T3                               |                                       |               |                                             |  |  |
| Puuelementtien asennusmäärä = <25                         | Laskelma ei sisällä juotosbetonointia |               |                                             |  |  |
|                                                           | tth/kpl                               | 14            | kpl                                         |  |  |
| Pilareiden vastaanotto                                    | 0,01                                  |               |                                             |  |  |
| Koron mittaus                                             | 0,05                                  |               |                                             |  |  |
| Puupilareiden nosto(asennus ja kiinnitys)                 | 0,66                                  |               |                                             |  |  |
| Jäykisteiden asennus                                      | 0,4                                   |               |                                             |  |  |
| Suojaus ja siivous                                        | 0,01                                  |               |                                             |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                                           | <b>1,13</b>                           | <b>7,91</b>   | <b>h Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |
| <b>Kattoristikoilla 600 mm välein</b>                     |                                       |               |                                             |  |  |
|                                                           | tth/kpl                               | 36            | kpl                                         |  |  |
| Tavaran vastaanotto                                       | 0,01                                  |               |                                             |  |  |
| mittaus                                                   | 0,04                                  |               |                                             |  |  |
| nosturisiirrot                                            | 0,2                                   |               |                                             |  |  |
| Kattoristikot >12 000 mm                                  | 0,5                                   |               |                                             |  |  |
| Suojaus ja siivous                                        | 0,01                                  |               |                                             |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                                           | <b>0,76</b>                           | <b>13,68</b>  | <b>h Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |
|                                                           | tth/katto m2                          | 509           | m2                                          |  |  |
| Vanerointi                                                | 0,078                                 |               |                                             |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                                           | <b>0,078</b>                          | <b>19,851</b> | <b>h Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |
|                                                           | tth/jm                                | 44            | jm                                          |  |  |
| Räystäät                                                  | 0,45                                  |               |                                             |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                                           | <b>0,45</b>                           | <b>9,9</b>    | <b>h Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |
| <b>Työvaiheet yhteensä</b>                                |                                       |               | <b>51,341 h</b>                             |  |  |

KUVA 5. Liimapuurunkoinen kattoristikoilla kannatettu yläpohja (Pelli CC BY-NC-ND)

Seuraavassa taulukossa rakenne olisi betoniset mastopilarit, jotka yhdistetään vastapuolelle betoni-palkein. Betonipilareita tulisi asentaa 22 metriä leveään ja pitkään halliin ainakin 14 kappaletta, jotta voidaan käyttää sekundäärikannattajana kantavaa poimulevyä, jolla voidaan ylittää noin 5 metrin palkkijako.

| <b>Betoni mastopilari palkki halli</b>       |             |                             |                                             |  |  |  |  |
|----------------------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------------------------------------|--|--|--|--|
| Kantava poimulevy jänneväli n. 5m            |             | Työmenekeillä laskettuna T3 |                                             |  |  |  |  |
| Betonielementtien asennusmäärä = <15         |             |                             |                                             |  |  |  |  |
|                                              | tth/kpl     | 14                          | kpl                                         |  |  |  |  |
| Välivarastointi                              | 0,18        |                             |                                             |  |  |  |  |
| Mittaus                                      | 0,14        |                             |                                             |  |  |  |  |
| Asennus ja kiinnitys pulttiliitos alle 3000k | 0,78        |                             |                                             |  |  |  |  |
| Juotos                                       | 0,48        |                             |                                             |  |  |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                              | <b>1,58</b> | <b>7,37</b>                 | <b>h Kokonaistyömenekki 3+0 työryhmällä</b> |  |  |  |  |
| <b>Betoni palkeilla</b>                      |             |                             |                                             |  |  |  |  |
|                                              | tth/kpl     | 5                           | kpl                                         |  |  |  |  |
| Välivarastointi                              | 0,18        |                             |                                             |  |  |  |  |
| Asennus tuelle, pulttikiinnitys              | 1,08        |                             |                                             |  |  |  |  |
| nosturisiirrot                               | 0,24        |                             |                                             |  |  |  |  |
| Juotos                                       | 0,36        |                             |                                             |  |  |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                              | <b>1,86</b> | <b>3,1</b>                  | <b>h Kokonaistyömenekki 3+0 työryhmällä</b> |  |  |  |  |
|                                              | tth/m2      | 509                         | m2                                          |  |  |  |  |
| Kantava poimulevy ampumalla                  | 0,14        |                             |                                             |  |  |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                              | <b>0,14</b> | <b>35,63</b>                | <b>h Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |  |  |
|                                              | tth/jm      | 88                          | jm                                          |  |  |  |  |
| Räystäät                                     | 0,5         |                             |                                             |  |  |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                              | <b>0,5</b>  | <b>22</b>                   | <b>h Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |  |  |
| <b>Työvaiheet yhteensä</b>                   |             | <b>68,10</b>                | <b>h</b>                                    |  |  |  |  |

KUVA 6. Betoni mastopilari-palkki kantavalla poimulevyllä. (Pelli CC BY-NC-ND)

Teräspilari ja ristikko vaihtoehto ei poikkea oleellisesti ensimmäisessä taulukossa esitetystä puuristikko ratkaisusta. Ristikkojako on harvempi, kuin puu ristikoita käytettäessä.

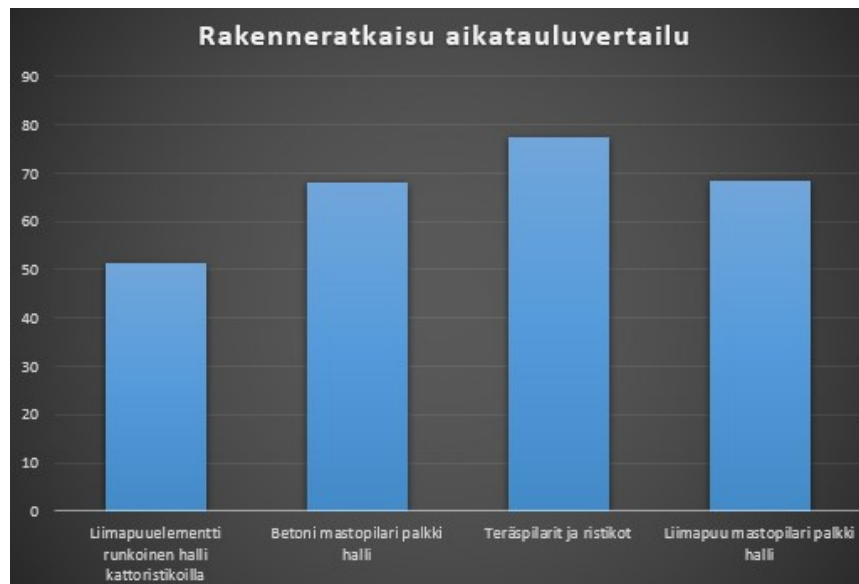
| <b>Teräspilarit ja ristikot</b>      |             |              |                                             |  |  |  |  |
|--------------------------------------|-------------|--------------|---------------------------------------------|--|--|--|--|
| Kantavalla poimulevy yläpohjalla     |             |              |                                             |  |  |  |  |
|                                      | tth/kpl     | 14           | kpl                                         |  |  |  |  |
| Välivarastointi                      | 0,05        |              |                                             |  |  |  |  |
| Nostot                               | 0,37        |              |                                             |  |  |  |  |
| Pilarit 1-2krs asennus, pulttiliitos | 0,81        |              |                                             |  |  |  |  |
| Jäykisteet                           | 0,42        |              |                                             |  |  |  |  |
| Mittaus                              | 0,26        |              |                                             |  |  |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                      | <b>1,91</b> | <b>13,37</b> | <b>h Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |  |  |
|                                      | tth/kpl     | 18           | kpl                                         |  |  |  |  |
| Ristikot k1200                       | 1,94        |              |                                             |  |  |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                      | <b>1,94</b> | <b>17,46</b> | <b>h Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |  |  |
|                                      | tth/m2      | 509          | m2                                          |  |  |  |  |
| Kantava poimulevy ruuveilla          | 0,14        |              |                                             |  |  |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                      | <b>0,14</b> | <b>35,63</b> | <b>h Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |  |  |
|                                      | tth/jm      | 44           | jm                                          |  |  |  |  |
| Räystäät                             | 0,5         |              |                                             |  |  |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                      | <b>0,5</b>  | <b>11</b>    | <b>h Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |  |  |
| <b>Työvaiheet yhteensä</b>           |             | <b>77,46</b> | <b>h</b>                                    |  |  |  |  |

KUVA 7 Teräspilareilla ja -ristikoilla kannatettu yläpohja. (Pelli CC BY-NC-ND)

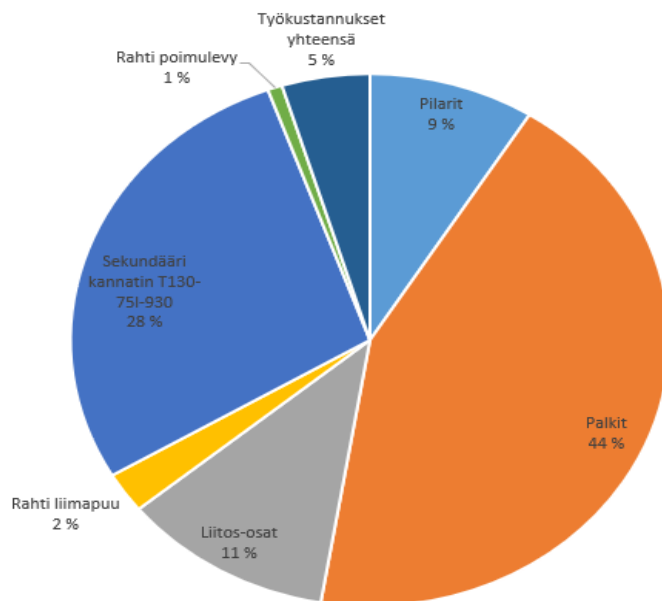
Viimeisenä vaihtoehtona tarkastelin liimapuu mastopilari-palkki rakennetta. Työmenetelmiltään tämä ratkaisu on kohtalaisen lähellä tarkastelemaani betoni vaihtoehtoa. Tällä ratkaisulla tein kokonaiskustannus laskelman tilaajalle, jossa erittelin työnosuuden, eri materiaali osien kustannukset ja rah-tien aiheuttamat kustannukset.

| <b>mastopilari palkki halli</b>           |                                       |              |          |                                           |  |  |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|----------|-------------------------------------------|--|--|
| Työmenekeillä laskettuna T3               |                                       |              |          |                                           |  |  |
| Puuelementtien asennusmäärä = <25         | Laskelma ei sisällä juotosbetonointia |              |          |                                           |  |  |
|                                           | tth/kpl                               | 14           | kpl      |                                           |  |  |
| Pilareiden vastaanotto                    | 0,01                                  |              |          |                                           |  |  |
| Koron mittaus                             | 0,05                                  |              |          |                                           |  |  |
| Puupilareiden nosto(asennus ja kiinnitys) | 0,66                                  |              |          |                                           |  |  |
| Jäykisteiden asennus                      | 0,4                                   |              |          |                                           |  |  |
| Suojaus ja siivous                        | 0,01                                  |              |          |                                           |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                           | <b>1,13</b>                           | <b>7,91</b>  | <b>h</b> | <b>Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |
|                                           |                                       |              |          |                                           |  |  |
| <b>Palkkien asennus</b>                   |                                       |              |          |                                           |  |  |
|                                           | tth/kpl                               | 5            | kpl      |                                           |  |  |
| Tavaran vastaanotto                       | 0,01                                  |              |          |                                           |  |  |
| mittaus                                   | 0,04                                  |              |          |                                           |  |  |
| Palkkien asennus                          | 1,08                                  |              |          |                                           |  |  |
| Suojaus ja siivous                        | 0,01                                  |              |          |                                           |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                           | <b>1,14</b>                           | <b>2,85</b>  | <b>h</b> | <b>Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |
|                                           |                                       |              |          |                                           |  |  |
|                                           | tth/katto m2                          | 509          | m2       |                                           |  |  |
| Kantava poimulevy asennus                 | 0,14                                  |              |          |                                           |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                           | <b>0,14</b>                           | <b>35,63</b> | <b>h</b> | <b>Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |
|                                           |                                       |              |          |                                           |  |  |
|                                           | tth/jm                                | 88           | jm       |                                           |  |  |
| Räystäät                                  | 0,5                                   |              |          |                                           |  |  |
| <b>Yhteensä</b>                           | <b>0,5</b>                            | <b>22</b>    | <b>h</b> | <b>Kokonaistyömenekki 2+0 työryhmällä</b> |  |  |
|                                           |                                       |              |          |                                           |  |  |
| <b>Työvaiheet yhteensä</b>                |                                       | <b>68,39</b> | <b>h</b> |                                           |  |  |

KUVA 8. Liimapuu mastopilari-palkki kantavalla poimulevyllä. (Pelli CC BY-NC-ND)



KUVA 9. Rakenneratkaisuiden aikatauluvertailu. (Pelli CC BY-NC-ND)



KUVA 10. Kustannusten jakauma liimapuu mastopilari-palkki rakenteella. (Pelli CC BY-NC-ND)

Työn osuus kustannuksissa, osoittautui varsin pieneksi, tämä selittyy töiden keston ollessa varsin lyhyitä. Syy, miksi tarkastelin ainoastaan liimapuumastopilari-palkkirakenteen tarkemmin, oli se, että tälle rakenneratkaisulle sain ainoan tarjouksen. Ennen opinnäytetyön aloittamista keskustelin erään rakennuttamispäällikön kanssa, joka kertoi rakennuttaneensa hallirakennuksia. Kysyessäni häneltä, mikä olisi kustannustehokkain ratkaisu rakentaa halli, hän kertoi palomääräysten salliessa kannattavaksi käyttää liimapuurunkoa. Tulin tätä opinnäytetyötä tehdessäni samaan johtopäätökseen, vaikka en saanut tarjouksia betoni- ja teräsratkaisuille. Puun käyttö rakentamisessa on työmaalle edullista sen kustannusten, muokattavuuden ja keveyden vuoksi.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyötä tavoitteena oli tutustua hallirakennusten palomääräyksiin, hallin runkorakennetekniikkaan ja materiaalivalintoihin, tarjouspyynnön laadintaan ja tarjousten käsittelyyn, runkotehtävän aikataulutukseen, sekä hallirakennuksen vaipparakenteisiin ja kustannuslaskentaohjelman käyttöön. Työ opetti minulle paljon kaikista edellä mainituista asioista.

Runkorakenteiden valinta on useiden asioiden summa. Rakenteiden valintaan vaikuttaa hallin jänneväli ja koko, paloluokka, hallin käyttötarkoitus ja rakenteilta vaadittu kulutuksen kestävyys, rakenteiden kustannukset ja julkisissa tiloissa rakenteiden arkkitehtuuriset ominaisuudet.

Epäilemättä opinnäytetyö oli enemmän opettavainen minulle kuin tilaajalle. Pyysin suuren määrän ennakkotarjouksia ja sain ainoastaan yhden tarjouksen. Tarkoituksena oli, että kokoaisin tilaajalle Excel-taulukon, minkä avulla olisi helppo vertailla runkorakenteiden kustannuksia eri materiaaleja käyttäen. Se että sain vain yhden tarjouksen, aiheutti muutoksen alkuperäiseen suunnitelmaan tilaajalle tekemääni työhön. Ajatuksena oli se, että saisin tavarantoimittajilta suunnittelun rakenteille, mutta tehtaot osoittautuivat niin kiireisiksi, että apua rakenteiden määrittämiseen en juurikaan saanut toimittajilta. Lopullisessa työssä tilaajalle sain tehtyä laskelman liimapuu pilari-palkkirakenteiseen halliin, jossa jaoin kustannukset positiivisesti. Tarkoituksena siis oli tehdä samanlaiset taulukot myös betoni- ja teräsratkaisuille.

Vaikka työ jäi vajaaksi tarjousten saatavuuden vuoksi, mielestäni tein kaiken voitavan työn eteen. Työn aikataulu myös venyi ennalta määritetystä hieman, sillä emme saaneet ohjaavan opettajan, minun ja työn tilaajan aikatauluja sovitettua yhteen pitääksemme kaikkia tarvittavia palavereja.

Jatkoa ajatellen tämän tyylinen tehtävä tulisi suorittaa siten, että rakenteet määrittää rakennesuunnittelija ja näiden suunnitelmien mukaisesti tuotannon insinööri tai rakennusmestari pyytää tarjoukset runkorakenteista. Tällä vältyttäisiin siltä, että suunnittelua tarvitsisi pyytää tehtailta ja tarjousten saaminen muuttuisi huomattavasti helpommaksi.

## LÄHTEET

Betoni 2015. Mitä betoni on? Pdf-tiedosto. Julkaistu 1.8.2015. [https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/08/BET1502\\_38-43.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/08/BET1502_38-43.pdf) Viitattu 5.4.2021.

Betoni (ei pvm.). Perustietopaketti. Verkkojulkaisu. <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/> Viitattu 5.4.2021.

Betoni (ei pvm.). Paloturvallisuus & palovahingot. Verkkojulkaisu. Betoni.com betonin turvallisuus. Ei päiväystä. <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/turvallisuus/paloturvallisuus-palovahingot/> Viitattu 5.4.2021.

Eurofins (ei pvm.). Rakennusmateriaalien ja rakennustuotteiden paloluokitus SFS-EN 13501-1+A1. Verkkojulkaisu. <https://www.eurofins.fi/expertservices/palvelut/testaus-ja-tarkastus/rakennusmateriaalien-ja-tuotteiden-palotestaus/paloluokitus/> Viitattu 5.4.2021.

Finnbuild 2016. Puurakentaminen kannattaa. Verkkojulkaisu. Julkaistu 23.9.2016. <https://finnbuild.messukeskus.com/puurakentaminenkannattaa/> Viitattu 5.4.2021.

Puufin 2020. Rungon toiminta periaatteet. Verkkojulkaisu. Julkaistu 10.7.2020. <https://puufin.fi/rakenteet/pilari-palkkirakenteet/rungon-toimintaperiaate/>. Viitattu 5.4.2021.

Puufin 2020. (10.7.2020). Paloturvallisuus. Verkkojulkaisu. Julkaistu 10.7.2020. <https://puufin.fi/puutieto/kayttokohteet/paloturvallisuus/> Viitattu 5.4.2021.

Pöytälaakso, Erno 2011. Rakennusyrityksen tarjousvaiheen kustannuslaskenta. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29663/Poytalaakso\\_Erno.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29663/Poytalaakso_Erno.pdf?sequence=1) Viitattu 5.4.2021.

Rakennusteollisuus 2015. Laadukasta rakentamista. Pdf-tiedosto. [https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/laatu/laadukasta\\_rakentamista\\_2015\\_netti\\_isbn\\_.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/laatu/laadukasta_rakentamista_2015_netti_isbn_.pdf) Viitattu 5.4.2021.

Rakennustyö Salminen. (ei pvm.). Verkkojulkaisu. <http://www.rakennustyo.net/yritys/>. Viitattu 5.4.2021.

Ratu 0435 Puuelementtirakentaminen, pilarit ja palkit 2014. Menekit ja menetelmät. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://rt.rakennustieto.fi/etusivu>. Viitattu 19.4.2020.

Teräsyhdistys (ei pvm.). Teräs materiaalina. Verkkojulkaisu. <http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/terasrakenneteollisuus/teras-materiaalina/> Viitattu 5.4.2021.

Työsuojelu 2019. Verkkojulkaisu. Julkaistu 14.5.2019. <https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/478411/Rakennusty%C3%B6+ja+yhteinen+rakennusty%C3%B6maa+-muistio/fa759677-b231-4398-b5f6-6866e194a2ac> Viitattu 5.4.2021.

LIITE 1: KUSTANNUSTEN JAKAUMA LIIMAPUURUNGOLLA (SALATTU)