

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Rakennustekniikka  
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Perttu Laine

## **Liimapuurunkoisen mastokehähallin liitostekniikka**

Opinnäytetyö 2012

## Tiivistelmä

Perttu Laine

Liimapuurunkoisen mastokehähallin liitostekniikka, 45 sivua, 5 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Rakennustekniikka

Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2012

Ohjaajat: lehtori Timo Lehtoviita, Saimaan ammattikorkeakoulu, projektipäällikkö Päivi Myllylä, Puuinfo Oy / Puuhalliklusteri

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä tietoa tällä hetkellä suomalaisessa liimapuuhallirakentamisessa käytetyistä runkorakenteiden liitostyypeistä. Opinnäytetyö rajattiin käsittelemään rakennemalliltaan mastokehäisiä rakennuksia. Työn toisena tavoitteena oli tuottaa liitoskortit tällä hetkellä liimapuisessa mastokehärakennuksessa yleisesti käytössä olevista liitostyypeistä. Työn tilaajana toimi Puuhalliklusteri, jonka tavoitteena on puisten hallirakennusten kilpailukykyyn parantaminen ja puun käytön lisääminen hallirakentamisessa. Työssä olivat lisäksi mukana Versowood Oy, jonka edustajina toimivat Tero Vesanen ja Jonna Kauhtila, sekä Metsä Wood Kuningaspalkki, jonka edustajana toimivat Petri Silvonen ja Jaakko Huhtamella.

Tiedot kyseisessä rakennustyyppissä käytetyistä liitostyypeistä kerättiin opinnäytetyössä mukana olevilta yrityksiltä. Tietoa koottiin myös aiheeseen liittyvistä julkaisuista, internetistä sekä valokuvaamalla toteutettuja liitoksia. Lisäksi opinnäytetyössä haastateltiin liimapuisia mastokehärakennuksia suunnitellutta arkkitehtia Petri Tavilampea.

Opinnäytetyössä esiteltiin liimapuisen mastokehärakennuksen toimintaperiaate sekä kyseisessä rakennustyyppissä esiintyvät runkorakenteiden liitokset, joita ovat jäykkä pilarin ja peruspilarin liitos, pilarin ja pääkannattajan nivelliitos, pilari-palkkiliitos sekä sekundääripalkkien liitokset. Näissä liitoksissa käytetyistä liitostyypeistä kerättyjen tietojen perusteella tutkittiin liitosten ominaisuuksia, toimintaperiaatteita, liitoksille asetettuja vaatimuksia sekä liitosten valintaperusteita. Liitoskorteissa esiteltiin edellä mainitut liitostyyppit kirjallisesti sekä kuvien ja piirustusten avulla. Opinnäytetyössä pyrittiin lisäksi löytämään mahdollisia ongelmakohtia sekä kehitysmahdollisuuksia tulevaisuuden tarpeita ajatellen.

Työssä saatiin selkeä kuva mastokehäisissä liimapuurakennuksissa käytetyistä liitostyypeistä ja liitosten ominaisuuksista sekä vaatimuksista. Lisäksi saatiin selvitettyä liitosten valintaperusteita eri tilanteissa. Opinnäytetyössä esitettiin myös ajatuksia liitosten jatkokehitystyöhön ja yhtenäisen liitosjärjestelmän kehittämiseen liittyen.

Avainsanat: liimapuu, mastokehä, liitos, runkorakenne, halli

## **Abstract**

Perttu Laine

Joint technology of glulam halls with rigid columns and beam structures,  
45 Pages, 5 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta  
Technology, Civil and Construction Engineering

Thesis 2012

Instructors: Lecturer Timo Lehtoviita Saimaa University of Applied Sciences,  
Project Manager Päivi Myllylä Puuhalliklusteri

The objective of the study was to collect information about joints that are used in glulam halls in Finland at the moment. The study was restricted to buildings with rigid columns and beam structures. Another objective of the study was to produce information cards of the joints that are currently used in this building type in Finland. The study was commissioned by Puuhalliklusteri, which is an organization that promotes building of halls made of wood. Also companies Versowood Oy with representatives Tero Vesanen and Jonna Kauhtila and Metsä Wood Kuningaspalkki with representatives Petri Silvonen and Jaakko Huhtamella were involved in this study.

The information about the joints that are used was collected from the companies involved. Information was also collected from literature, the internet and by photographing joints in buildings. Also architect Petri Tavilampi was interviewed for the study.

The basic principles of halls with rigid columns and beam structure were introduced briefly in the study. Also different joints were explained. The used joints were rigid joint of column and foundation column, pinned joint of column and beam, other joints of columns and beams and joints of secondary beams. Solutions used in these joints were inspected and the qualities, principles, requirements and criteria for selection were studied. Commonly used solutions for different joints were introduced in information cards in writing and with pictures. Also possible problems in different joint types and potential ways of future development were searched in the study.

A clear view of joint types that are used in glulam buildings with rigid columns and beam structures was obtained based on the findings. Also different properties, requirements and criteria for selection were clarified. In addition ideas for future development and development of common connection system were presented in the study.

Keywords: glulam, glued laminated timber, joint, connection, wood, frame, hall

## Sisältö

1 Johdanto .....	5
2 Liimapuu materiaalina .....	6
3 Mastokehärakenteen periaatteet.....	7
3.1 Pääpilarit .....	9
3.2 Pääkannattajat .....	9
3.3 Päätyrakenteet .....	9
3.4 Sekundäärirakenteet .....	10
3.5 Jäykistys .....	10
4 Liitoksille asetetut vaatimukset.....	11
4.1 Rakennetekniset vaatimukset.....	11
4.2 Muut vaatimukset .....	14
5 Pilarin alapään liitokset .....	16
5.1 Liimaruuviliitos .....	17
5.1.1 Pultattava pilarikenkä.....	19
5.1.2 Pultattava teräslevy.....	20
5.1.3 Hitsattava pilarikenkä.....	21
5.2 Muut liitostyypit.....	22
6 Pilarin ja pääkannattajan liitos.....	24
6.1 Hankolautaliitos .....	24
6.2 Lattateräsliitos .....	26
6.3 Liimatankoliitos.....	27
6.4 Tukipinnan laajennusmenetelmät.....	28
7 Pilari-palkkiliitos .....	30
8 Sekundääripalkkien liitokset.....	32
8.1 Liimapuuklossi.....	33
8.2 Hitsattu palkkikenkä .....	36
9 Liitosten valintaperusteet ja kehitysmahdollisuuksia .....	37
9.1 Liitosten valintaperusteet.....	37
9.2 Arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan rooli liitosten valinnassa .....	37
9.3 Liitosten kehitys- ja yhtenäistämismahdollisuuksia.....	38
9.4 Arkkitehdin näkemyksiä liitosten suunnitteluun ja kehittämiseen.....	40
10 Päätelmät.....	41
Kuvat.....	43
Taulukot.....	44
Lähteet.....	45

### Liitteet

- Liite 1 Pilarin alapään liimaruuviliitos
- Liite 2 Pilarin ja palkin hankolautaliitos
- Liite 3 Tukipinnan laajennus
- Liite 4 Lovettu pilarin ja palkin liitos
- Liite 5 Sekundääripalkkien liitokset

# 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää suomalaisten liimapuuvalmistajien tällä hetkellä käyttämät runkorakenteiden liitostyypit mastokehärakenteisessa liimapuuhallissa, joka on yleinen rakennustyyppi varasto- ja tuotantohalleissa sekä esimerkiksi myymälärakennuksissa. Työssä on tarkasteltu Versowood Oy:n sekä Metsä Wood Kuningaspalkin yleisesti käyttämiä liitosratkaisuja sekä muita vaihtoehtoisia ratkaisuja.

Opinnäytetyössä on tuotettu liitoskortit yritysten käyttämistä liitoksista opinnäytetyön osapuolten käyttöön. Liitoskortit sisältävät kirjallisen kuvauksen liitoksesta ja sen toiminnasta, liitokselle asetettuja vaatimuksia, valokuvan, havainnepiirustuksen sekä detaljipiirustuksen liitoksesta. Liitoskortit ovat tämän esityksen liitteinä.

Työssä selvitetään liitoksille asetettuja rakenneteknisiä, arkkitehtonisia sekä muita vaatimuksia ja esitetään liitosten rakennetekninen toimintaperiaate. Lisäksi tarkastellaan mahdollisia ongelmakohtia sekä yrityskohtaisia eroja käytetyissä liitostyypeissä. Lisäksi työssä etsitään liitosten yhtenäistämistä- ja kehitysmahdollisuuksia tulevaisuuden tarpeita, kuten yhteistä mitoitus- ja liitosjärjestelmää, ajatellen. Opinnäytetyössä ei käsitellä liitosten lujuusopillista mitoittamista.

Työssä käsitellyt liitostyypit on kerätty opinnäytetyössä mukana olevilta yrityksiltä ja niille asetettuja vaatimuksia on kerätty yritysten suunnittelijoilta, aiheeseen liittyvistä julkaisuista, sekä haastatteleamalla liimapuurunkoisia mastokehähalleja suunnitellutta arkkitehti Petri Tavilampea. Hänen näkemyksiään liitosten valintaperiaatteista ja kehitysmahdollisuuksista on esitetty luvussa 9. Tietoa toteutetuista liitoksista on kerätty myös valokuvaamalla toteutettuja liitoksia.

## 2 Liimapuu materiaalina

Liimapuu on puusta jalostettu rakennusmateriaali, jossa puun ominaisuuksia on parannettu liimaus- ja jatkostekniikoiden avulla. Liimapuu tehdään lujuuslajittelusta kuusesta tai männystä sahatuista lamelleista liimaamalla ne yhteen halutun poikkileikkausdimension aikaansaamiseksi. Näin saadaan vakio-ominaisuudet sisältävä määrämittainen ja muotoinen rakennusosa. Liimapuussa käytetty lamellipaksuus on yleensä 45 millimetriä. Lamellirakenteen ansiosta liimapuun lujuusarvot ovat paremmat kuin vastaavankokoisella sahatavarakappaleella (Taulukko 2.1). Liimapuun keveyden ja hyvän lujuuden ansiosta liimapuurakentamisessa päästään pitkiin jänneväleihin ja näyttäviin rakenteisiin.

Lujuusarvot N/mm <sup>2</sup>		GL24c	GL28c	GL30c*	GL32c
Taivutus	$f_{m,k}$	24	28	30	32
Veto	$f_{t,0,k}$	14	16,5	20	19,5
Veto poikittain	$f_{t,90,k}$	0,35	0,4	0,5	0,45
Puristus	$f_{c,0,k}$	21	24	25	26,5
Puristus syitä vasten	$f_{c,90,k}$	2,4	2,7	3,0	3,0
Leikkaus	$f_{v,k}$	2,2	2,7	3,5	3,2
Kimmomoduuli	$E_{0,mean}$	11 600	12 600	13 000	13 700
Tiheys	$\rho_k$	350	380	390	410

\*Lujuusluokan GL30c lujuusarvot voivat muuttua standardin EN14080 tullessa voimaan.

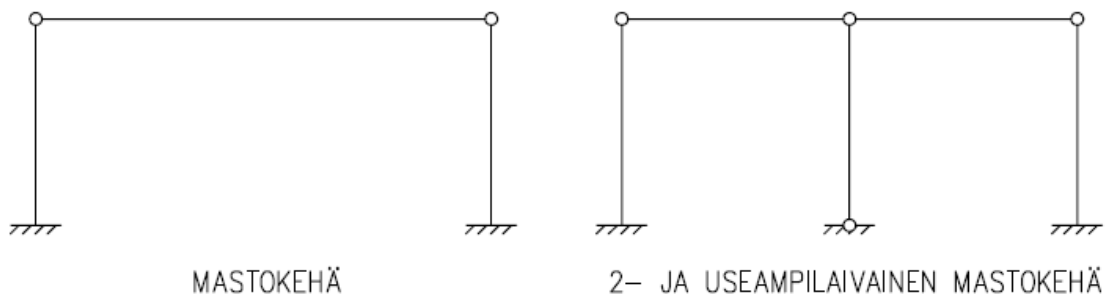
Taulukko 2.1. Liimapuuluokkien lujuusominaisuudet (1; 15)

Liimapuuta on käytetty jo 1800-luvun loppupuolelta alkaen. Vuonna 1906 tehdyn saksalaisen patentin (Hetzer Binder) myötä teollinen liimapuunvalmistus alkoi Saksassa. Suomessa liimapuun tuotanto rakennusteollisuuden tarpeisiin alkoi kehittyä 1960-luvulla. Nykyisin Suomessa on 9 standardin mukaista liimapuuta valmistavaa tehdasta ja suurin osa Suomessa valmistetusta liimapuusta viedään ulkomaille. (2, s. 8.)

Hallirakentamisessa liimapuu on kilpailukykyinen runkovaihtoehto sekä rakennus- että ylläpitokustannuksiltaan. Erityisesti rakentamisen nopeus, korkea esivalmistusaste sekä kehittynyt liitostekniikka ovat liimapuun etuja. Liimapuusta voidaan toteuttaa joustavasti erityyppisiä halleja ja valita kuhunkin tarkoitukseen teknisesti ja taloudellisesti sopivin vaihtoehto. Nykyisin noin 15 % suomalaisista hallirakennuksista ja noin 40 % maatilarakennuksista on liimapuurunkoisia.

### 3 Mastokehärakenteen periaatteet

Opinnäytetyössä tarkasteltava rakennuksen rakennemalli on mastokehä, joka on yleisin Suomessa käytetty liimapuurunkoisen hallirakennuksen rakennemalli. Mastokehä on yksinkertainen ja edullinen rakennemalli, jonka rakentamisesta on paljon kokemusta. Se on pilareista ja pääkannattajasta muodostuva kehärakenne, jossa rungon pääpilarit toimivat jäykkinä mastoina rungon poikkisuunnassa eli ne ovat liitetty jäykästi alapäästään perustuksiin (Kuva 3.1). Liitos välittää siis pysty- ja vaakasuuntaiset tukireaktiot sekä tukimomentin. Pilareiden päällä oleva pääkannattaja on liitetty pilareihin nivelellisesti, eli pilareiden ja pääkannattajan välinen liitos suunnitellaan siirtämään pysty- ja vaakavoimia.



Kuva 3.1 Mastokehän rakennemallit

Perusrakenteessa on kaksi kantavaa pilaria sekä niiden välillä yksi pääkannattaja. Mastokehärakenne voidaan toteuttaa myös useammalla pääkannattajalla, jolloin puhutaan useampilaivaisesta rakennuksesta. Tällöin keskimmäisten pilareiden ei tarvitse olla alapäästään jäykästi kiinnitettyjä.

Liimapuisen mastokehärakennuksen runko muodostuu vierekkäin pystytetyistä mastokehistä, joiden välille rakennetaan seinä ja kattorakenteet (Kuva 3.2). Tyypillinen kehäväli tämänkaltaisessa rakennuksessa on noin 6 metriä ja jänneväli alle 30 metriä. Tarvittava kehämäärä määräytyy siten rakennuksen mittojen mukaan. Pilarivälien määrä pyritään yleensä saamaan kolmella jaolliseksi seinä- ja kattoelementtien mittojen ja kuormitusten vuoksi (3). Rakennuksen päihin tehdään muita kevyempirakenteiset kehät sekä tuulipilarit kannattamaan päätyjen seinärakenteita ja vastaanottamaan päädyn tuulikuormia. Koska rakennuksen runkorakenteet eivät toimi jäykkänä kuin pääkannattajien suunnassa, tarvitaan rakennuksen pituussuunnassa lisäjäykistysrakenteita.



Kuva 3.2. Liimapuurunkoinen mastokehähalli ulkoapäin katsottuna (3)



### **3.1 Pääpilarit**

Pilareina mastokehärakenteessa käytetään suorakaiteen muotoisia liimapuupilareita, jotka asennetaan pidempi sivu rungon poikkisuuntaan. Näin pilareista saadaan jäykkiä mastoja, jotka välittävät rungon pidempään sivuun kohdistuvat tuulikuormat sekä muut vaakakuormat perustuksille. Liimapuupilareita saa vakiomittaisina 240 mm x 585 mm asti. Tätä suuremmat rakenteet tehdään tilauksesta. Liitostekniikan vuoksi pilarit pyritään suunnittelemaan yhtä leveiksi kuin pääkannattajat.

### **3.2 Pääkannattajat**

Mastokehärakenteessa on monia mahdollisia pääkannattajaratkaisuja kuten suora palkki, harjapalkki, mahapalkki, pulpettipalkki tai bumerangipalkki (4). Palkkirakenteilla päästään noin 30 metrin jänneväliin asti. Tämän suuremmille jänneväleille tarvitaan muita pääkannattajaratkaisuja. Käytetty pääkannattaja valitaan rakennukselta vaadittujen ominaisuuksien mukaan. Liitosten kannalta ei ole juurikaan merkitystä, mitä pääkannattajaratkaisua mastokehässä käytetään.

### **3.3 Päätyrakenteet**

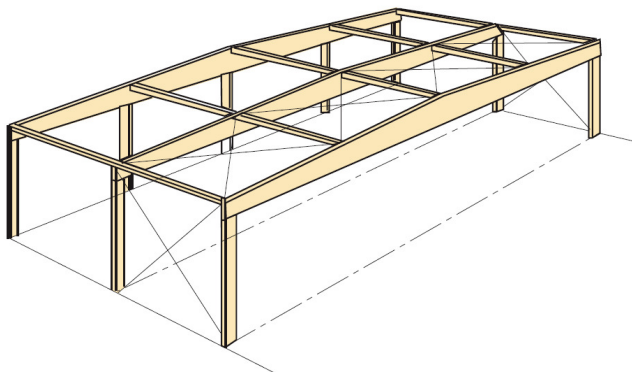
Rakennuksen päätyihin tehdään yleensä pääpilareita ja palkkeja kevyempirakenteiset kehät pienempien kuormitusten vuoksi. Ne muodostuvat kulmapilareista ja päätypalkeista sekä tuulipilareista. Tuulipilareiden tehtävä on välittää rakennuksen päätyyn kohdistuva tuulikuorma perustuksille sekä päätypalkille. Tuulipilarit välittävät myös yläpohjan pystykuormat perustuksille. Tuuli- ja nurkkapilarit kiinnitetään päätypalkkiin yleensä nivelellisesti. Tuulipilareiden alapään liitos voidaan tehdä joko niveleksi tai jäykäksi. Jäykkä liitos vähentää päätypalkille kohdistuvia kuormituksia mutta toisaalta vaatii suuremmat perustukset momentin vuoksi. Nykyisin suurin osa tuulipilareista toteutetaan jäykällä alapään liitoksella (12). Jos rakennukselle halutaan tehdä laajennusmahdollisuus, voidaan päätykehät tehdä samanlaisiksi kuin muut kehät. Näin rakennusta voidaan tarvittaessa jatkaa pituussuunnassa samalla rakennemallilla.

### 3.4 Sekundäärirakenteet

Sekundäärirakenteilla tarkoitetaan rungon poikkisuunnassa olevia palkkeja sekä muita rakenteita, joiden ei katsota kuuluvan rungon pää- eli primäärirakenteisiin. Sekundääripalkit ovat yleensä tasakorkuisia suorja palkkeja, ja ne toimivat rungon jäykistysosina tai kattorakenteiden kannattajina. Sekundäärirakenteiksi luetetaan myös esimerkiksi mahdollisia välipohjarakenteita tukevat palkit. Katon sekundäärirakenteina on mahdollista käyttää myös kattoelementtejä tai muita kattorakenteita kuten profiilipeltiä, jolloin varsinaisia sekundääripalkkeja ei tarvita.

### 3.5 Jäykistys

Mastokehärakenteinen rakennus jäykistetään poikkisuunnassa jäykillä mastopilareilla. Muita jäykistysosia ei tässä suunnassa tarvita. Pituussuunnassa mastopilarit eivät anna tarpeeksi jäykkyyttä vaakavoimia vastaan. Vaakavoimia muodostuu tuulikuormasta, pystyrakenteiden vinoudesta, pääkannattajien kiepahamisen estämisestä sekä esimerkiksi nosturien ja kuljettimien jarruvoimista.



Kuva 3.3. Mastokehähallin jäykistysperiaate (2)

Yleisin jäykistystapa pituussuunnassa on jäykistysristikko, joka tehdään pääpilareiden ja –palkkien välille (Kuva 3.3). Jäykistysosina käytetään teräksisiä vetotankoja sekä puisia puristussauvoja. Puristussauvoina voivat toimia esimerkiksi yläpohjan sekundäärirakenteet sekä räystäspalkit. Puristussauvat sijoitetaan koko rungon alueelle ja ne ohjaavat kuormat tiettyjen kehien välille tehdyille jäykistysristikoille, joiden kautta kuormat siirtyvät hallitusti perustuksille. Vetosauvat sijoitetaan yleensä mahdollisimman lähelle rakennuksen päätyjä, jotta päädyn tuulikuormat saadaan siirrettyä tehokkaasti yläpohjan tasolta perustuksille.

## 4 Liitoksille asetetut vaatimukset

Rakenteiden liitosten on oltava sellaisia, että ne siirtävät runkoon kohdistuvia kuormituksia rakenteiden välillä. Käytännössä tämä tarkoittaa rakennesuunnittelijan liitosten lujuusopillista mitoitus, jossa rakenteisiin kohdistuvat kuormitukset siirretään hallitusti alapuolisille rakenteille. Lujuusopillisen toimivuuden lisäksi liitokset on suunniteltava sellaisiksi, että ne kestävät niihin kohdistuvat kosteusrasitukset sekä mahdollisen tulipalotilanteen. Rakenneteknisten vaatimusten lisäksi on otettava huomioon liitosten ulkonäkö ja käytettävyys valmiissa rakennuksessa. Liitosten vaatimuksia on esitetty taulukossa 4.1.

Rakennetekniset vaatimukset	Muut vaatimukset
Lujuusopillinen toiminta	Asennus
Palotekninen toiminta	Ulkonäkö
Kosteustekninen toiminta	Rakennuksen käytettävyys, siivous yms.
Säilyvyys	Korjausmahdollisuudet

Taulukko 4.1. Liitoksille asetettuja vaatimuksia

### 4.1 Rakennetekniset vaatimukset

Liitosten on yhdistettävä rungon rakenteet siten, että kuormat siirtyvät hallitusti liitososien kautta rakenteelta toiselle. Puun ominaisuuksien vuoksi puurakenteiden liitokset ovat helpompia toteuttaa kuin muilla rakennusmateriaaleilla. Kuten liimapuurungon rakenneosat, myös liitokset suunnitellaan suunnitteluohjeen Eurokoodi 5:n tai Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B10 asettamien vaatimusten mukaan. Nämä suunnitteluohjeet asettavat vaatimuksia liitettävien rakenteiden, liitososien sekä liittimien mitoitukseen eri liitostyypeissä. Vaatimukset täyttämällä voidaan osoittaa liitosten lujuusopillinen toiminta.

Rakenneteknisiin vaatimukseen kuuluu lisäksi liitosten säilyvyystekijöiden huomioon ottaminen. Rakennukselle määritetään suunniteltu käyttöikä, jonka ajan rakennuksen osien on säilytettävä niille asetetut vaatimukset. Liitoksissa tämä tarkoittaa käytännössä liitososien ja rakenteiden vaatimusten mukaista pintakäsittelyä. Säilyvyystekijät korostuvat erityisesti poikkeuksellisiin olosuhteisiin rakennettavissa rakennuksissa sekä esimerkiksi maatalousrakennuksissa.

Säilyvyystekijöiden lisäksi suunnitteluvaiheessa on otettava huomioon liitosten kosteustekninen toiminta. Kosteussuojauksen peruseriaatteena on puurakenteiden suojaaminen kastumiselta. Kun puuta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on alle 85 %, puun lujuusominaisuudet pysyvät vakioina eikä kosteusliikkeitä tapahdu (3).

Puurakenne suojataan kosteudelta ensisijassa rakenteellisesti: puun kastuminen estetään erottamalla puu esimerkiksi perustusrakenteista kosteuden kulun katkaisevalla materiaalilla, esimerkiksi kumibitumikermikaistalla, tai jättämällä puurakenteen ja muun rakenteen väliin tuulettuva ilmarako. Puurakenteiden liitokset suunnitellaan siten, että puun kuivuminen on mahdollista kaikissa tilanteissa (3). Rakenteellisen suojauksen lisäksi liimapuurakenteet sekä liitososat tulee pintakäsittellä vaikka kastumisriskiä ei olisikaan. Liitoksissa on lisäksi tarvittaessa jätettävä tilaa puun kosteusliikkeille.

Kosteussuojauksen lisäksi rakenteiden suojauksessa on otettava huomioon tulipalotilanne. Rakennukselle määritetään sen ominaisuuksien mukaan palonkesto-aika, jonka ajan sen on kestävä tulipalotilannetta. Vaadittu palonkesto-aika liimapuisille mastokehärakennuksille on yleensä R30, eli 30 minuutin palonkesto rakenteiden kantavuuden osalta. Suuridimensioisilla liimapuurakenteilla on erittäin hyvät palonkesto-ominaisuudet. Vaikka rakenne pääsisi hiiltymään, on jäljelle jäänyt tehollinen poikkileikkaus riittävä kantamaan palotilanteessa vaikuttavat normaalitilannetta pienemmät kuormat, sillä liimapuun hiiltymisnopeudeksi oletetaan vain 0,7 millimetriä minuutissa (10).

Liitoksissa käytettävät puuosat ovat hyviä palonkeston suhteen. Puisilla liitososilla toteutetut liitokset saadaan yleensä täyttämään R30-luokan vaatimukset suurentamalla liitososien sivumittoja ja reunaetäisyyksiä sekä upottamalla liitinten päät puuosien sisään (5). Teräksiset liitoselimet muodostavat kuitenkin heikkoja kohtia, jotka tulee ottaa huomioon palomitoituksessa. Tarvittaessa nämä kohdat tulee palosuojata koteloimalla tai palonsuojamaalilla, kun halutaan rakenteen täyttävän R30 palonkestovaatimukset.

Normin EC 5 osat 1-2 antavat määräyksiä sekä palosuojattujen että suojaamattomien naula- ja ruuviliitosten palomitoitukseen. Tarkkoja ohjeita liitosten palon-aikaisen toiminnan ja kantavuuden laskentaan ei kuitenkaan ole. Arvioinnin perustana on yleensä tehtyjen palokokeiden tarjoamat tiedot. (2, s.188.)

## 4.2 Muut vaatimukset

Liitosten tärkein tehtävä on lujuusopillinen toimivuus ja kuormien siirto kaikissa tilanteissa. Liitosten suunnittelussa on kuitenkin otettava tämän lisäksi huomioon asennus- sekä käyttötilanteen vaatimukset sekä ulkonäkötekijät.

Asennusvaiheessa liitosten on oltava toteutettavissa ja ne on myös toteutettava suunnitelmien osoittamalla tavalla. Suunnitelmien on siis oltava sellaisia, että liitosten käytännön toteutus ja asennus on mahdollista eikä ristiriitoja tai muita epäkohtia synny.

Julkaisu RunkoRYL, Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset määrittää rakentamisessa yleisesti tunnistetun hyvän rakennustavan runkorakentamisen osalta ja asettaa asennustyölle ja liitosten toteuttamiselle vaatimuksia, joita noudattamalla liitoksista saadaan suunnitelmien mukaiset. Julkaisu asettaa vaatimuksia muun muassa käytettäville liitostarvikkeille, liitosten asennustyölle sekä liittimien asennustarkkuuksille (Taulukko 4.2).

Liitin	Porattava materiaali	Suositus D	Sallittu D	Porauspituus
Naula, ruuvi	Metalli	$d + 1 \text{ mm}$	$d + 0,2 \dots 1 \text{ mm}$	Läpi
Esiporattava naula <sup>1)</sup>	Puu	$0,7d$	$0,5d \dots 0,8d$	$L - (0 \dots 5 \text{ mm})$
Esiporattava ruuvi <sup>2)</sup>	Puu	$0,7d$	$0,5d \dots 0,7d$	$L - (0 \dots d \text{ mm})$
Kansiruuvi	Sileä varren osa puussa	$d$	$d + (0 \dots 1 \text{ mm})$ <sup>3)</sup>	$0,4L \pm 5 \text{ mm}$ <sup>5)</sup>
	Kierreosa puussa	$0,7d$	$0,6d \dots 0,75d$ <sup>4)</sup>	$L - (0 \dots d)$
Tappivaarna <sup>6)</sup>	Puu	$d$	$0,95d \dots 1,0d$	$L + (0 \dots 5 \text{ mm})$
Tappivaarna <sup>6)</sup>	Metalli	$(d + 1 \text{ mm}) \leq 1,1d$	$[d + (0,5 \dots 1 \text{ mm})] \leq 1,1d$	Läpi
Pultti, kierretanko	Puu	$d + 1 \text{ mm}$	$d + (0 \dots 1 \text{ mm})$	Läpi
Pultti	Metalli	$(d + 1 \text{ mm}) \leq 1,1d$	$[d + (0,5 \dots 2 \text{ mm})] \leq 1,1d$	Läpi
Liimattu terästanko	Puu	$1,2d$	$1,15d \dots 1,25d$	$L + (0 \dots 5 \text{ mm})$
Liimattu kansiruuvi	Sileä varren osa puussa	$d + 1 \text{ mm}$	$d + (0,5 \dots 1 \text{ mm})$	$L_s \pm 5 \text{ mm}$ <sup>7)</sup>
	Kierreosa puussa	$0,85d$	$0,8d \dots 0,9d$	$L - (0 \dots d)$

D = reiän nimellishalkaisija, d = liittimen nimellishalkaisija, L = liittimen nimellispituus.

<sup>1)</sup> Esitetty suunnitelmassa esiporattavaksi.

<sup>2)</sup> Esitetty suunnitelmassa esiporattavaksi tai jos porakärjetön ruuvi, jonka  $d > 8 \text{ mm}$ .

<sup>3)</sup> Väijä reikä sallitaan ainoastaan kantaosan puuhun (käytetään porattaessa liitososat erikseen).

<sup>4)</sup> Koskee havupuutavaraa ja puulevyjä. Lehtipuutavaralla (D-lujuusluokat) sallittu  $D = 0,7d \dots 0,85d$ .

<sup>5)</sup> Osakierteiset standardin *ISO 1891-25.1* mukaiset kansiruuvit, joiden kierreosan pituus on  $0,6L$ .

<sup>6)</sup> Jos reikä porataan samalla kertaa puuhun ja metalliin, sallittu  $D = d + 0 \text{ mm}$ .

<sup>7)</sup>  $L_s$  on ruuvin sileän varren pituus.

Taulukko 4.2. RunkoRYL:n vaatimuksia liittimille esiporattaville rei'ille (6)

Valmiissa rakennuksessa näkyviin jäävät liitososat ovat kohta, johon katse helposti hakeutuu, ja niiden ulkonäköön kannattaa panostaa. Mastokehärakennuksissa liitostekniikka ja käytetyt liitostyypit ovat pitkälle vakioituja, mutta käyttämällä tilanteeseen sopivia liitostyyppejä ja kiinnittämällä huomiota yksityiskohtien suunnitteluun voidaan rakennuksen ulkonäköä parantaa helposti ja edullisesti.

Myös rakennuksen käytettävyys on tärkeä tekijä liitosten suunnittelussa. Rakennuksen käyttäjien kannalta hankalassa paikassa olevat liitososat tai huolimaton viimeistely voi hankaloittaa valmiin rakennuksen käyttäjien toimintaa usean kymmenen vuoden ajan. Esimerkiksi siivous voi vaikeutua esillä olevien liitososien vuoksi (Kuva 4.1).



Kuva 4.1. Käytettävyyden ja ulkonäön kannalta huono liitosratkaisu

## 5 Pilarin alapään liitokset

Mastokehän rakennemallin mukaan rakennuksen pääpilarit toimivat mastoina. Pilarit ovat siis alapäästään jäykästi kiinnitettyjä eli pilarin ja peruspilarin liitos välittää pysty- ja vaakavoimien lisäksi vaakavoimien aiheuttaman momentin peruspilarille ja edelleen anturalle (2). Jäykän kiinnityksen vuoksi peruspilarille sekä anturalle aiheutuu nivelliitosta enemmän kuormituksia. Nivellettyjä pilarin alapään liitoksia voidaan käyttää rakennuksen päätypilareiden yhteydessä. Usein nämäkin liitokset suunnitellaan kuitenkin jäykiksi.

Jäykässä pilarin alapään liitoksessa peruspultit, kiinnityslevyt tai muut liitososat välittävät vaakavoimat sekä momentin. Pystyvoimat siirtyvät liitoksessa pilarin alapään ja jälkivalun pintapuristuksen kautta (2). Pilarin alapuolinen peruspilari mitoitetaan yleensä asennusterästen tilantarpeen mukaan sekä pysty- että vaakasuunnassa (3). Liitoksen suunnittelussa on lisäksi otettava huomioon sokkelielementin sopivuus ja asennus peruspilarin ja liimapuupilarin ulkolaidalle.

Peruspilarin yläreunan ja liimapuupilarin alareunan väliin jätetään asennusvaraus, jonka korkeus riippuu liitostyypistä ja siinä käytettävistä liitososista. Peruspulttiliitosta käytettäessä tarvitaan selvästi suurempi asennusvaraus kuin hitsiliitoksessa. Peruspilarin yläreunan ja pilarin alareunan välinen tila valetaan asennuksen jälkeen kutistumattomalla juotosbetonilla, jotta käytetyt liitososat saadaan suojattua ja liitoksen jäykkyys varmistettua (3). Liitoksen korot suunnitellaan yleensä siten, että valmiin lattiapinnan taso on sama kuin pilarin alapinnan taso, jotta lattian ja pilarin liitoskohdasta saadaan siisti. Liitoksessa on myös mahdollista nostaa pilarin ja peruspilarin liitos selkeästi lattiapinnan yläpuolelle, jolloin peruspilari jälkivaluineen on näkyvissä lattiapinnan yläpuolella.

Liitosdetaljeissa on kiinnitettävä huomiota pilarin alapään kosteussulkuun suoraan betonipintaan kiinnitettäessä, jotta betoniosissa kapillaarisesti liikkuva kosteus ei siirry pilariin. Pilarin pintakäsittelyn lisäksi kosteussulkuna voidaan käyttää esimerkiksi öljykäsiteltyä puukuitulevyä tai kumimattoa. Jos tilassa esiintyy vettä, on myös pilarin pään kuivuminen mahdollistettava.



## 5.1 Liimaruuviliitos

Liimaruuviliitos on liimapuurakenteiden valmistajien yleisimmin käyttämä liitostyyppi jäykässä pilarin ja peruspilarin liitoksessa. Liitoksessa liimapuupilarin alapäähän kiinnitetään teräksiset liitososat liimaruuvien (Kuva 5.1) avulla. Vakiokokoiset 500 mm:n pituiset liimaruuvit kiinnitetään tehtaalla pilarin alapäähän porattuihin reikiin (Kuva 5.2). Ruuvien määrä vaihtelee liitoksessa kuormituksen mukaan. Yleensä liitoksessa käytetään joko kolmea tai kuutta liimaruuvia yhtä liitososaa kohden. Yhdessä pilarissa on kaksi liitososaa ja siten 6–12 liimaruuvia.



Kuva 5.1. Liimaruuvi

Liimaruuviliitoksen etuna on liimapuupilarin sisään piiloon jäävät liitososat. Puun sisällä olevat liitososat ovat hyvin palolta suojattuna, joten erillistä palosuojaa ei tarvita. Myös liitoksen ulkonäkö on piilotettujen liitososien vuoksi siisti.

Liimaruuveille asetetut reuna- ja keskinäisetäisyysvaatimukset aiheuttavat sen, ettei pilarin koko kapasiteettia saada käyttöön. Tämän vuoksi pilarin poikkileikkausmitat tulee olla suuremmat kuin muita liitostyyppejä käytettäessä. Toisaalta pilarin yläpäässä pääkannattajan tukipaine yleensä mitoittaa pilarin poikkileikkausmitat. Liimausliitosta voidaan käyttää vain käyttöluokkien 1 ja 2 rakenteissa, joihin ei kohdistu dynaamista tai väsytySKUORMITUSTA ellei tyyppihyväksynnällä muuta osoiteta (2).

Rakenteellisten liimatankoliitosten valmistaminen edellyttää ilmoitetun laitoksen antamaa, kyseisten liitosten liimauksen kattavaa, vaatimuksenmukaisuustodistusta tehtaan laadunvarmentamismenettelystä. Liimatankoliitoksissa käytetään valmistajakohtaisesti hyväksytyjä liimoja, valmistustekniikoita ja laadunvarmentusmenettelyjä. (7, s.126.)



Kuva 5.2. Liimaruuvien kiinnitys

Liimaruuvien kanssa käytetään erilaisia teräksisiä konepajalla pilarin mittojen mukaan valmistettuja liitososia kuormien siirtoon liimaruuveilta peruspilareille. Liitososat kiinnitetään joko peruspilariin upotettuihin kierteellisiin peruspultteihin muttereiden avulla, jolloin pilarin asentoa ja korkeusasemaa voidaan säätää helposti, tai hitsaamalla peruspilareissa oleviin kiinnityslevyihin (3). Koska teräksiset liitososat kiinnitetään pilareihin jo tehtaalla, on kuljetuksen aikana varottava liitososiin kohdistuvia iskuja.

### 5.1.1 Pultattava pilarikengä

Pultattava pilarikengä on nykyisin yleisin pilarin alapään liimaruuviliitoksessa käytettävä liitososa. Se on noin 100–150 millimetriä korkea hitsaamalla valmistettu liitososa, joka kiinnitetään liimaruuveilla kengän ylälaipasta pilarin alapäähän (Kuva 5.3). Pilarikengät valmistetaan konepajoilla pääsuunnittelijoiden tai liimapuuvalmistajien antamien mittojen mukaan. Yhdessä liitoksessa käytetään kahta pilarikengää poikittain pilarin pidemmän sivun päissä, jotta liitoksesta saadaan jäykkä. Pilari kiinnitetään peruspilariin yhteensä neljällä peruspultilla liitososien alalaipoista. Liitososan materiaalipaksuudet ja hitsit mitoitetaan kestämään liitoksessa vaikuttavat kuormat.

Etuna pultattavissa teräskengissä on liitoksen säätömahdollisuudet peruspulttien ansiosta sekä kokonaan jälkivalun sisään jäävät liitososat, jonka vuoksi liitos on ulkonäöllisesti siisti ja sillä on hyvä palonkesto. Haittapuolena tässä liitostyyppissä on liitososan vaatima suuri tila. Liitoksen korkeus peruspilarin yläpään tasosta pilarin alapäähän on noin 200 millimetriä.



Kuva 5.3. Pultattavat pilarikengät pilarin alapäässä

### 5.1.2 Pultattava teräslevy

Pultattava teräslevy (Kuva 5.4) on liimaruuviliitoksessa käytettävä liitososa, joka kiinnitetään liimaruuveilla pilarin alapäähän. Yhdessä pilarissa käytetään kahta teräslevyä pultattavien pilarikengien tapaan tai yhtä koko pilarin alapään pituista levyä. Levyt ovat valmistajakohtaisesti vakiokokoisia pilarin mitoista ja liimaruuvien määrästä riippuen. Pilarin kiinnitys peruspilariin tehdään yhteensä neljällä peruspultilla, jotka kiinnitetään teräslevyyn tehtyihin reikiin. Levyn on oltava melko paksu, jotta liitokselle saadaan vaadittu jäykkyys. Yleinen levynpaksuus on 20–40 millimetriä. Peruspulttien ansiosta liitoksen asemaa voidaan säätää muttereilla. Liitoksen korkeus peruspilarista on noin 100 millimetriä, joten liitos ei tarvitse niin paljon tilaa kuin peruspultteihin kiinnitettävät pilarikengät. Liitososana teräslevy on pilarikengää yksinkertaisempi ja edullisempi vaihtoehto.

Haittapuolena liitoksessa on peruspulttien päät ja mutterit, jotka yleensä jäävät näkyviin jälkivalun pinnalle. Tämän vuoksi tätä liitostyyppiä ei yleensä käytetä normaaleissa lattiatasoon jäävissä pilarin alapään liitoksissa. Liitostyyppin yleisin käyttökohte on lattiapinnan yläpuolelle sijoittuvat pilarin alapään liitokset, jossa ei tarvita tasaista lattiapintaa pilarin ympärillä. Esiin jäävät teräsosat voidaan joutua myös palosuojaamaan.



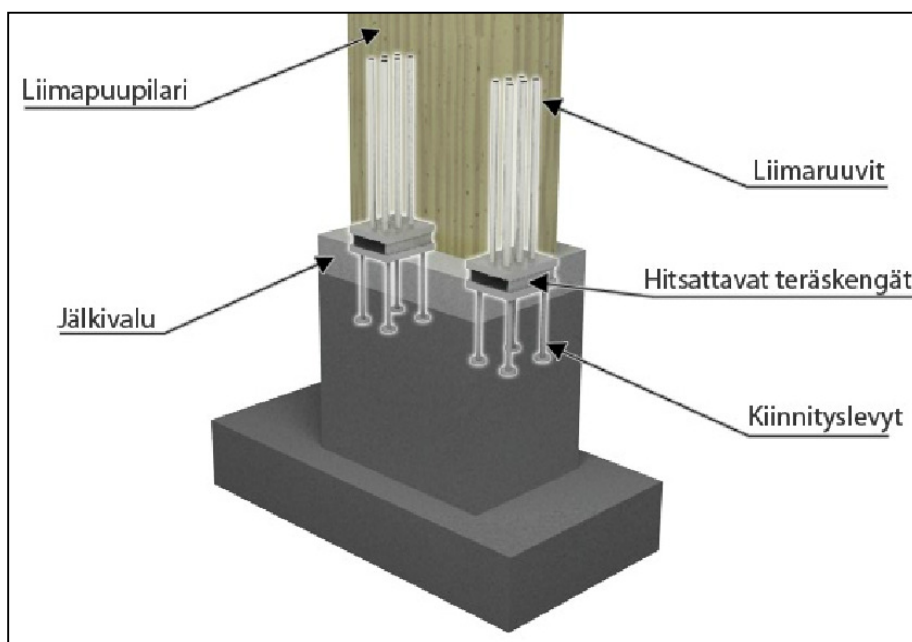
Kuva 5.4. Pultattava teräslevy. Keskellä reiät liimaruuveille.

### 5.1.3 Hitsattava pilarikengä

Hitsattava pilarikengä on hitsaamalla valmistettava teräsosa, joka kiinnitetään liimaruuveilla pilarin alapäähän. Pilarikengässä on pilarin alapäätä vasten oleva levyosa sekä matalat seinämät, joiden sisään liimaruuvien kannat jäävät. Pilarikengä kiinnitetään peruspilarin valuun asetettuun teräksiseen tartuntalevyyn hitsaamalla. Havainnekuva liitoksesta on esitetty kuvassa 5.5. Liitososien materiaalipaksuudet ja hitsit on mitoitettava liitoksessa vaikuttavien kuormien mukaan.

Liitostyyppin etuna on liitososien tarvitsema vähäinen tila. Pilarikengän korkeus peruspilarivalun alapäästä vain noin 50 millimetriä. Myös valuun upotettavat tartuntalevyn kiinnitysosat ovat lyhyempiä kuin peruspultit. Käytettäessä tätä liitostyyppiä peruspilarista voidaan tehdä pienempi kuin muita liitostyyppejä, koska kiinnitysosat eivät vie niin paljon tilaa.

Haasteina liitoksessa ovat liitoksen asennustarkkuudet, hitsien mitoitus sekä säätövaran puute. Valuun asetetun aluslevyn on oltava suorassa ja hitsaus on tehtävä kerralla niin, että liitos on tarpeeksi kestävä ja pilari asettuu suoraan. Lisäksi ruuviliitos on asennuksen kannalta työmaalla huomattavasti helpompi toteuttaa kuin hitsaus. Näiden tekijöiden vuoksi tätä liitostyyppiä käytetään vain harvoin.

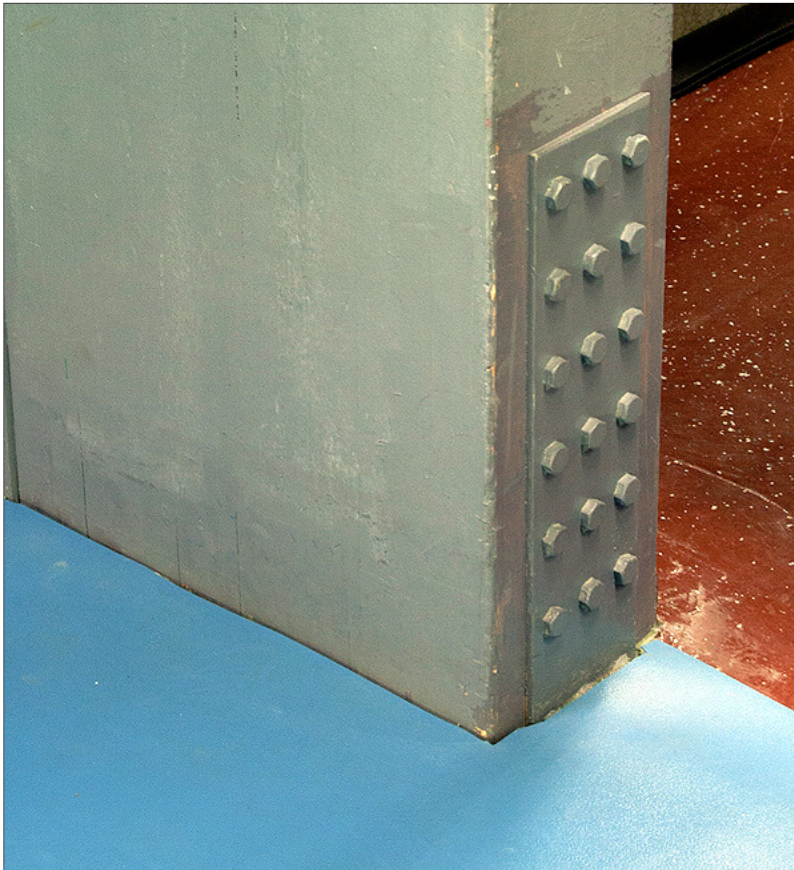


Kuva 5.5. Pilarin alapääliitos, jossa käytetty hitsattavia pilarikengkiä (7)

## 5.2 Muut liitostyypit

Liimaruuvikiinnityksen sijaan liimapuupilarin ja peruspilarin liitoksessa voidaan käyttää muita liitosratkaisuja. Ennen liimaruuviliitoksen kehittymistä yleisin liitostyyppi oli pilarin ulkopinnalle tehtävä lattateräsliitos.

Lattateräsliitos on yksinkertainen liitos, joka voidaan tehdä nivelliitokseksi tai jäykkänä liitoksena. Liitoksen tyyppi määräytyy levyn kiinnityskohdan ja käytettyjen kiinnitysosien mukaan. Nivelliitoksessa pilari kiinnitetään pidemmän sivun keskikohdasta, kun taas jäykässä liitoksessa kiinnitys tehdään pilarin lyhyemmille sivuille tai pidemmän sivun reunoille (Kuva 5.6).



Kuva 5.6. Jäykkä lattateräsliitos

Lattateräsliitoksessa liimapuupilari kiinnitetään molemmilta puoliltaan pilarin läpi menevällä kierretangolla tai kansiruuveilla lattateräsosiin, jotka kiinnitetään edelleen perustuksiin. Lattateräsosien kiinnitys peruspilariin voidaan tehdä teräsosiin hitsatun pohjalevyn ja peruspilarin peruspulttien välisellä ruuvikiinnityksellä. Toinen vaihtoehto on toteuttaa liitos ilman pohjalevyä valamalla kiinnitys-

teräkset suoraan peruspilarin sisään. Tällöin pilarin ja kiinnityslevyn välillä on käytettävä naula- tai puuruuvi kiinnitystä asennustoleranssien vuoksi. Liitoksessa vaakakuormat sekä mahdolliset nostavat pystykuormat ja momentti siirtyvät kiinnikkeiden ja kiinnitysterästen kautta peruspilarille. Alaspäin kohdistuvat momentti- ja pystykuormat siirtyvät pilarilta peruspilarille suoraan pintapuristuksena.

Toinen ennen liimaruuviliitoksen kehittymistä pilarin alapääliitoksissa käytetty liitososa oli teräksinen pilariholkki (Kuva 5.7). Liitoksessa holkki valetaan suoraan peruspilariin ja liimapuupilari asennetaan U-terästen muodostamaan hahloon (9). Asennuksen jälkeen teräkset puristetaan pilaria vasten ja sidotaan toisiinsa hitsaamalla.



Kuva 5.7 Pilarin alapään teräsholkkiliitos (14)

Lattateräs- ja teräsholkkiliitoksen lisäksi liimapuupilarin jäykkiin alapääliitoksiin on kehitetty teräsosavalmistajien toimesta erilaisia liitosratkaisuja, kuten Peikko LPK-pilarikengät ja Anstar APL-T -kantaliitokset. Nykyisin liimaruuviliitos on kuitenkin korvannut muut liitosratkaisut lähes kokonaan helpon toteutuksen ja muita liitososia paremman ulkonäkönsä sekä palosuojauksen vuoksi. Teräksiset liitososat jäävät näkyviin pilarin pinnalle, joten ne joudutaan usein palosuojamaan palonsuojamaalalla tai koteloimalla. Joissain tapauksissa lattateräslitosta käytetään yhä nivelliitoksissa esimerkiksi tuulipilareiden alapäässä.

## 6 Pilarin ja pääkannattajan liitos

Mastokehärakennuksen rakennemallin mukaan pääpilarin ja pääkannattajan välinen liitos toimii nivelenä, eli liitoksessa kulmamuutosten on oltava mahdollisia, jotta liitokseen ei muodostu ylimääräisiä jännityksiä. Jännitystilat voivat aiheuttaa liimapuun tai liitososien vaurioitumisen.

Nivelliitos välittää vaaka- ja pystyvoimia. Vaakavoimat ja mahdolliset nostavat pystyvoimat siirtyvät liitososien kautta. Alaspäin kohdistuvat pystyvoimat siirtyvät liitoksessa palkin ja pilarin välisenä pintapuristuksena.

### 6.1 Hankolautaliitos

Hankolautaliitos on yleisin pilarin ja pääkannattajan välinen liitostyyppi. Se on yksinkertainen ja edullinen liitostyyppi, joka soveltuu suurillekin kuormille. Liitososina hankolautaliitoksessa käytetään sahatavarasta tai liimapuusta valmistettuja noin 1500 mm pituisia puuosia (Kuva 6.1). Hankolaudan muut mitat sekä tarvittava kiinnitysosien määrä mitoitetaan liitoksen välittämien voimien mukaan.



Kuva 6.1. Hankolautaliitoksia asennusvaiheessa



Hankolaudat kiinnitetään nauloilla pilarin pidemmille sivuille molemmin puolin siten, että pääkannattajan kulmamuutokset ovat mahdollisia ja liitos pääsee toimimaan nivelenä. Sopiva etäisyys pilarin sisäreunasta on noin 1/3 pilarin pidemmän sivun mitasta (3). Hankolaudat voidaan kiinnittää joko työmaalla naulaamalla ne sekä pilariin että palkkiin tai jo tehtaalla liimanaulaamalla ne pilariin. Työmaalla pääkannattaja lasketaan paikoilleen ja kiinnitetään naulaamalla hankolautaan. Pääkannattajan asennusta voidaan helpottaa käyttämällä eri puolilla hieman eripituisia hankolautoja tai asettamalla laudat eri korkoon, jotta pääkannattaja saadaan painettua helposti hankolautojen väliin. Pilareiden, joihin hankolaudat on kiinnitetty jo tehtaalla, kuljetuksessa on varottava hankolautoihin kohdistuvia iskuja.

Yleensä pääkannattaja ja pilari ovat yhtä leveitä, sillä pääkannattajan alapinnan pintapuristus määrittää pilarin leveyden. Jos pilari kuitenkin on leveämpi kuin pääkannattaja, käytetään hankolaudan ja pääkannattajan välissä esimerkiksi vanerista valmistettuja täyteosia.

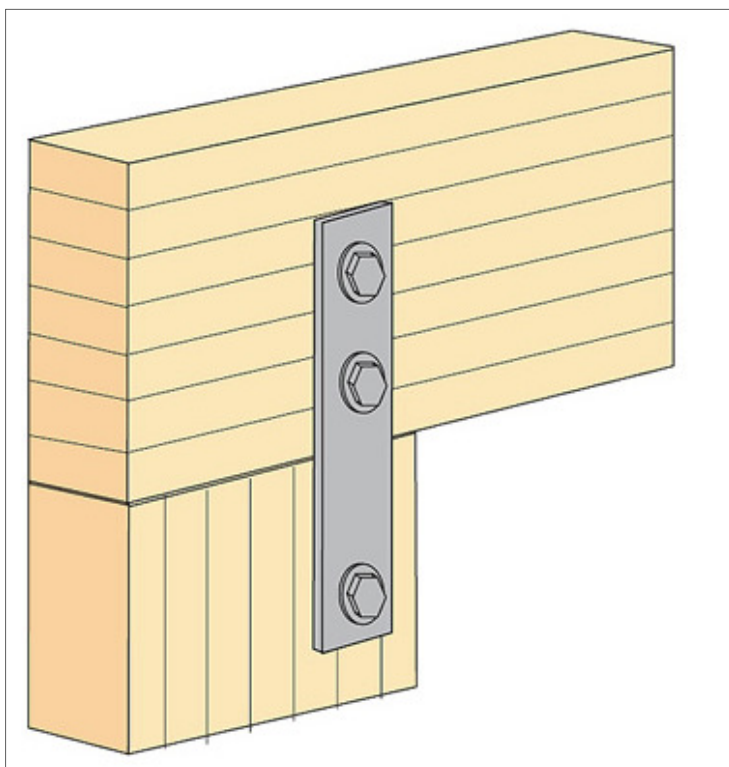
Hankolautaliitoksen normaali palonkesto-aika on 15 minuuttia, kun liitinpaksuudet, liitinvälit, reuna- ja päätyetäisyydet sekä puukappaleiden paksuudet täyttävät niille asetetut vaatimukset. Liitoksen palonkesto-aikaa voidaan kasvattaa ilman erillistä suojausta enintään 30 minuuttiin kasvattamalla hankolaudan mittoja sekä naulojen reuna- ja päätyetäisyyksistä. Edellytyksenä on se, että nauloissa ei ole ulkonevia kantoja (5). Liitoksen palonkesto-aikaa voidaan kasvattaa yli 30 minuuttiin suojaamalla naulojen päät levytyksellä tai puutulpilla. Yli 30 minuutin vaadittu palonkesto-aika on kuitenkin tämän kaltaisissa rakennuksissa harvinaista.

Hankolautaliitos on esiin jäävistä liitoksista ulkonäöllisesti huomaamattomin, sillä se on samaa materiaalia liitettävien osien kanssa. Liitoksen ulkonäköä parannetaan sahaamalla hankolaudan päät 45 asteen kulmaan ja käsittelemällä se samoin kuin rakenne-osat. Edullisten materiaalien, helpon toteutuksen, hyvän palosuojauksen ja ulkonäkötekijöiden vuoksi hankolautaliitos on käytetyin liitostyyppi pilarin ja pääkannattajan liitoksessa.

Hankolautaliitoksen sijaan pilarin ja pääkannattajan liitoksessa on mahdollista käyttää vaihtoehtoisia liitosratkaisuja, jos liitokselta vaaditaan erityisiä ominaisuuksia, kuten kokonaan piiloon jääviä liitososia.

## 6.2 Lattateräслиitos

Lattateräслиitos oli yleisesti käytetty liitostyyppi pilarin ja pääkannattajan liitoksessa ennen hankolautaliitoksen yleistymistä. Sen toimintaperiaate on sama kuin hankolautaliitoksessa, mutta liitososina toimivat latta- tai U-teräksestä valmistetut liitososat (Kuva 6.2). Kuormien siirto kiinnitysteräkseltä liimapuupilariin ja -palkkiin tapahtuu rakenteiden läpi menevän kierretangon tai puuruuvin välityksellä. Kiinnitysteräksset sijoitetaan liitoksessa molemmille puolille mahdollisimman lähelle pilarin sisäreunaa niin, etteivät ne estä pääkannattajan kulmamutoksia. Ruuvi- tai pulttikiinnitystä käytettäessä on otettava huomioon palkin kosteudesta ja kulmamutoksista johtuva eläminen tekemällä ruuvirei'istä soikean muotoisia.

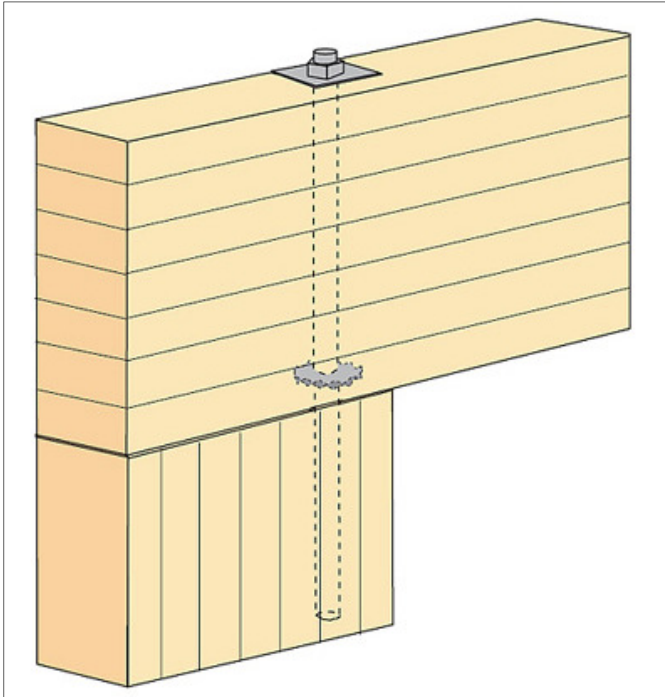


Kuva 6.2. Palkin ja pilarin lattateräслиitos (2)

Lattateräслиitoksen sijaan nykyään käytetään pääosin hankolautaliitosta. Lattateräслиitoksen kalliimmat liitososat, heikompi palonsuojaus ja ulkonäkö ovat tekijöitä, jonka vuoksi sen käyttö on vähentynyt.

### 6.3 Liimatankoliitos

Liimatankoliitoksessa liitososana käytetään liimapuupilarin sisään liimattavaa terästankoa. Tanko menee liitoksessa pääkannattajan läpi ja se kiinnitetään mutterilla pääkannattajan yläpinnasta (Kuva 6.3). Liitososat voidaan upottaa pääkannattajan sisään ja peittää puutulpalla, jotta saadaan täysin piilossa oleva liitos, joka on samalla palosuojattu.



Kuva 6.3. Palkin ja pilarin liimatankoliitos (2)

Jotta liitos toimisi nivelenä, on tanko liimattava lähelle pilarin sisäreunaa. Sopiva etäisyys on 4 kertaa tangon halkaisijan verran sisäreunasta. Useampaa tankoa käytettäessä ne on samasta syystä sijoitettava vierekkäin. Liimattu tanko ei tarjoa tarpeeksi sivuttaistuenta pääkannattajalle, joten palkin yläreuna on tuettava esimerkiksi räystäspalkin ja sekundäärirakenteiden avulla (2).

Liimatankoliitos ei sovi kosteisiin olosuhteisiin tai väsytkuormitettuihin liitoksiin liimauksen vuoksi. Liitosta ei voida käyttää myöskään yli 500 millimetriä korkeiden pääkannattajien kanssa liian suurten kosteusliikkeiden vuoksi. Näiden teki-  
jöiden ja lisäksi hankolautaliitosta kalliimpien valmistuskustannusten vuoksi liimatankoliitosta käytetään nykyisin harvoin.

## 6.4 Tukipinnan laajennusmenetelmät

Pilarin poikkileikkausmitat määrittävät pääkannattajan pintapuristusrasituksen pääkannattajan tukipisteissä. Koska liimapuun syysuuntaan poikittainen puristuskestävyys on huomattavasti pienempi kuin puristuskestävyys syysuuntaan (Taulukko 2.1), on tukipinta usein riittämätön. Jos pilarin poikkileikkaus ei riitä pääkannattajan tukipinnaksi, voidaan tukipintaa suurentaa seuraavilla menetelmillä a, b, c ja d.

a. Pilarin päähän kiinnitetään tehtaalla liimapuusta valmistettu viiste, joka suurentaa pilarin yläpäähän poikkileikkausta ja siten lisää tukipintaa. Tämä on nykyisin yleinen menetelmä edullisen hinnan ja ulkonäkötekijöiden vuoksi (Kuva 6.4).



Kuva 6.4. Tukipinnan laajennus liimapuuviisteellä

b. Pääkannattajan pää viedään pilarin yli ulkoseinän puolella, jotta saadaan pilariin niin sanottu keskeinen puristus (9). Tämän ansiosta tehollisen tukipinnan voidaan laskea kasvavan ulkoseinän puolelta 30 millimetrin pituudella (7).

c. Osa pystykuormista siirretään käytettyjen liitososien kautta (9). Kiinnikkeet ja liitososat on tällöin mitoitettava siirtämään myös pystykuormia. Tätä tapaa käytettäessä on mahdollistettava liitoksen toiminta nivelenä.

d. Pilarin ja pääkannattajan väliin asennetaan pilarin poikkileikkausta suurempi teräslevy, joka lisää tukipintaa. Tätä menetelmää on käytetty kuvan 6.5 hankolautaliitoksissa.



Kuva 6.5 Tukipintaa laajennettu teräslevyllä

## 7 Pilari-palkkiliitos

Mastokehärungossa on edellä esitellyn pilari-pääkannattajaliitoksen lisäksi pilarin ja palkin liitoksia, joissa palkki on poikittain pilariin nähden. Tällainen tilanne on esimerkiksi päätypalkin liitoksissa kulma- ja tuulipilareihin. Tällöin liitostyyppinä käytetään niin sanottua lovettua pilarin yläpään liitosta (Kuva 7.1). Lovettua liitosta käytetään usein myös räystäspalkkien liitoksissa pääkannattajiin.



Kuva 7.1. Liimapuupilarin ja palkin lovettu liitos kierretankokiinnityksellä

Liitoksessa liimapuupilariin tehdään palkin levyinen lovi, johon palkki kiinnitetään kierretangolla pilarin sekä palkin läpi. Kiinnitys voidaan tehdä myös ruuveilla tai naulattavilla kulmalevyillä, jos liitoksen välittämät vaakavoimat ovat pieniä. Pilarin ja palkin liitos suunnitellaan niveleksi ja liitoksen kiinnikkeet suunnitellaan siirtämään nostavia pystyvoimia sekä vaakavoimia, jotka kohdistuvat loven seinämästä poispäin. Alaspäin kohdistuvat pystyvoimat sekä loven seinämää kohti suuntautuvat vaakavoimat siirtyvät liitoksessa pintapuristuksen kautta. Liitostyyppiä voidaan käyttää myös tilanteessa, jossa pilari jatkuu ylöspäin. Tällöin liimapuupilari kaventuu palkin leveyden verran jatkuessaan ylöspäin.

Liitoksessa on varmistettava, että palkki tukeutuu pilariin ja pystyvoimat siirtyvät pintapuristuksena eikä kiinnikkeille kohdistu leikkauskuormitusta. Pilarin ja palkin väliin mahdollisesti jäävä rako on kiilattava umpeen (Kuva 7.1). Tarvittaessa palkin ja pilarin väliin voidaan asentaa myös lattateräsosa, joka kasvattaa liitoksen kapasiteettia pystyvoimien osalta lisäämällä pintapuristuksen vaikutusalaa. Epäkeskeisen kiinnitystavan vuoksi pilariin aiheutuu lisämomentti, joka on otettava huomioon pilaria ja sen alapään liitosta sekä perustuksia mitoitettaessa.

Pilari lovetaan päätyrakenteiden liitoksissa siten, että lovettu osa ja palkki ovat rakennuksen seinää vasten. Näin seinärakenteet saadaan tarvittaessa kiinnitetyä sekä pilariin että päätypalkkiin. Kiinnikkeiden päät voidaan upottaa seinän puolelta palkin sisään, jotta ne eivät estä seinärakenteiden kiinnitystä päätypalkkeihin.

Palosuojauksen ja ulkonäön osalta ruuviliitos on kierretankoliitosta parempi vaihtoehto. Ulkoseinän puolelta kiinnitettävien ruuvien päät saadaan tarvittaessa upotettua palkin sisään ja näin parannettua liitoksen palonkestoa. Ruuveja käytettäessä ei myöskään pilarin pinnalle jää mitään näkyviä osia, jotka voivat olla palonkeston lisäksi myös ulkonäöllisesti epäedullisia. Pilarin pinnalle näkyviin jäävät kierretangon päät ja muut kiinnitysosat eivät ole siistin näköisiä (Kuva 7.1).

## 8 Sekundääripalkkien liitokset

Liimapuisen hallirakennuksen rungossa sekundääripalkeilla tarkoitetaan pääkannattajien ja päätypalkkien eli primäärirakenteiden poikkisuunnassa olevia palkkirakenteita, jotka toimivat rakennuksen jäykistysosina ja mahdollisesti katon kannattajina (Kuva 8.1). Sekundääripalkkeja kutsutaan yleisesti myös sekundääriorsiksi.



Kuva 8.1. Primääripalkkien sivulle kiinnitettyjä sekundääripalkkeja (13)

Sekundääripalkit kiinnitetään primäärirakenteisiin joko niiden sivulle tai päälle. Sekundääripalkki, joka on kiinnitetty primääripalkin päälle, siirtää pystyvoimia sekä pieniä primääripalkin suuntaisia vaakavoimia. Sekundääripalkki, joka on kiinnitetty primääripalkin sivuun, siirtää myös sekundääripalkin suuntaisia vaakavoimia. Tarvittaessa liitos voidaan tehdä myös momenttijäykäksi (2).

Vain primääripalkin toiselle puolelle kiinnitetty sekundääripalkki aiheuttaa primääripalkkiin vääntömomentin, joka on otettava huomioon mitoituksessa. Yleensä sekundääripalkit ovat kuitenkin symmetrisesti primääripalkin molemmilla puolilla. Primääripalkin halkeamisriski on sitä suurempi, mitä alemmas palkin sivua sekundääripalkin kiinnitys tehdään. Tähän on kiinnitettävä huomiota mitoitusvaiheessa.



## 8.1 Liimapuuklossi

Sekundääripalkin ja primääripalkin liitoksessa käytetään usein liitososana liimapuusta tehtyä palkkikenkää eli liimapuuklossia. Primääripalkin sivulle ja päälle tehtävissä liitoksissa käytetään tyypiltään erilaisia liimapuuklosseja.

Primääripalkin sivulle tehtävässä liitoksessa käytettävä liimapuuklossi on tyypiltään yleensä 90–140 millimetriä paksu kahdesta liimapuuosasta valmistettu liitososa (Kuva 8.2). Se kiinnitetään primääripalkkiin puuruuveilla tehtaalla. Ruuvit ruuvataan yläviistoon paremman tartunnan aikaansaamiseksi. Sekundääripalkki asetetaan työmaalla klossin muodostamaan hahloon. Näin sekundääripalkki on tuettu sekä alhaalta että molemmilta sivuilta. Klossi voidaan tehdä myös yhdestä liimapuuosasta siten, että sivuttaistuki on vain toisella puolella sekundääripalkkia. Tällöin tuettu puoli on katon kaltevuussuuntaan alapuolinen puoli, johon palkki on herkempi kallistumaan. Sekundääripalkki kiinnitetään paikoilleen naulaamalla klossin sivuilta. Tämän tyyppistä liimapuuklossia käytettäessä molempien palkkien yläpinnat saadaan tarvittaessa samaan tasoon.



Kuva 8.2. Primääripalkin sivulle liimapuuklosseilla kiinnitetyt sekundääripalkit

Kiinnitettäessä sekundääripalkki primääripalkin päälle käytetään liitososina suoraa liimapuuklosseja, joilla sekundääripalkki tuetaan sivulta (Kuva 8.3). Tällaista liitostyyppiä käytetään yleisesti päätypalkin ja sekundääripalkin liitoksissa. Liitoksessa pystykuormat siirtyvät suoraan pintapuristuksena primääripalkille ja liimapuuklossin tehtävänä on estää sekundääripalkin kiepahdus sekä siirtää pienet vaakakuormat. Liimapuuklosseja voidaan käyttää joko yhdellä tai molemmilla puolilla palkkia vaakakuormista riippuen. Liimapuuklossi kiinnitetään sekä primääri- että sekundääripalkkiin puuruuveilla. Sekundääripalkkiin ruuvit porataan yläviistoon paremman tartunnan aikaansaamiseksi.

Suoria liimapuuklossia käytetään myös matalien primääripalkkien sivulle tehtävissä liitoksissa, joissa suuremman kaksiosaisen palkkia alareunasta tukevan klossin käyttö ei ole mahdollista. Tämäntyyppinen liitos ei pysty siirtämään suuria pystykuormia, koska sekundääripalkin alla ei ole tukipintaa. Yleensä sekundääripalkin tehtävänä onkin vain vaakakuormien siirto tällaista liitostyyppiä käytettäessä.



Kuva 8.3. Primääripalkin päälle liimapuuklossilla liitetty sekundääripalkki

Koska liimapuuklossit ovat puuta, niiden palonkesto on hyvä. Liimapuuklossiliitoksessa päästään helposti 30 minuutin palonkestävyyteen upottamalla ruuvit puun sisään. Hyvän palonkestävyyden lisäksi liitostyyppin etuna on liimapuuklossien edulliset valmistuskustannukset. Myös liitoksen ulkonäkö on melko hyvä, koska liitososien materiaali on sama kuin itse rakenteissa. Ulkonäköä voidaan parantaa muotoilemalla liimapuuklosseja hankolautojen tapaan ja peittämällä ruuvireiät.

## 8.2 Hitsattu palkkikenkä

Sekundääripalkin liitoksessa primääripalkin sivulle voidaan käyttää myös teräksestä hitsattua palkkikenkää eli teräsklossia (Kuva 8.4). Se valmistetaan konepajalla kuumavalssatusta U- tai lattateräslevystä palkkien mittojen mukaan. Liimapuuklosseja korkeampien valmistuskustannusten, palosuojauksen sekä ulkonäkötekijöiden vuoksi hitsattua palkkikenkää käytetään tilanteissa, joissa sekundääripalkki on niin korkea tai kuormat niin suuria, ettei liimapuuklossia voida käyttää.



Kuva 8.4. Sekundääripalkin liitos primääripalkkiin teräsisellä palkkikengällä

Palkkikenkä tukee sekundääripalkkia alapinnasta sekä sivuilta. Kuormat siirtyvät sekundääripalkilta liitososalle pintapuristuksena. Sekundääripalkki kiinnitetään palkkikenkään kierretangolla palkin sivulta. Palkkikenkä voidaan kiinnittää primääripalkin sivuun ruuveilla. Palkin sivulle kiinnitettäessä on otettava huomioon primääripalkin halkeamisriski. Symmetrisesti primääripalkin molemmilla puolilla rakennuksen harjalla olevien sekundääripalkkien kiinnitys voidaan tehdä yhdellä primääripalkin päälle tukeutuvalla kaksipuolisella palkkikengällä (Kuva 8.4). Näin primääripalkin sivuilla ei välttämättä tarvita näkyviä kiinnikkeitä ja palkkikengästä saadaan kapeampi. Tämän tyyppinen palkkikenkä on myös paloteknisesti parempi kuin palkin sivuille kiinnitettävä palkkikenkä, sillä primääripalkin sivulla ei ole palolle alttiita kiinnikkeitä.

## **9 Liitosten valintaperusteet ja kehitysmahdollisuuksia**

### **9.1 Liitosten valintaperusteet**

Rakennukselle asetetut ulkonäkö ja laatutavoitteet määräytyvät sen käyttötarkoituksen mukaan. Työssä käsiteltävä mastokehähalli toimii usein tuotanto-, varasto- tai myymälärakennuksena tai urheiluhallina. Tämän tyyppisten rakennusten tavoitteet eroavat toisistaan, joten myös ulkonäkövaatimuksilla on eroja. Tuotanto- ja varastorakennusten ulkonäkövaatimukset eivät ole yleensä ole tärkeimmässä osassa vaan rakennukselta vaaditaan ensi sijassa muita ominaisuuksia kuten tehokasta tilankäyttöä. Esimerkiksi myymälärakennuksissa taas vaatimukset voivat keskittyä enemmän ulkonäköön, jolloin myös liitoksiin kiinnitetään enemmän huomiota. Huolellisesti toteutettu myymälärakennus antaa asiakkaille myönteisen kuvan yrityksestä.

Rakennettaessa tämän tyyppisiä hallirakennuksia urakkamuotona on yleensä joko KVR- tai kokonaisurakka. Kokonaisvastuurakentamishankkeissa sama taho hoitaa rakennuksen suunnittelun sekä rakentamisen. Tämän tyyppisissä hankkeissa kustannuspaineet ovat kovat ja rakennuksesta pyritään saamaan mahdollisimman kustannustehokas. Siten myös liitoksissa käytetään mahdollisimman edullisia ratkaisuja eivätkä ulkonäkötekijät ole tärkeässä asemassa. Jos rakennuksen suunnittelu ja toteutus on eriytetty toisistaan, on suunnitteluun ja liitoksiin mahdollisuus kiinnittää enemmän huomiota.

### **9.2 Arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan rooli liitosten valinnassa**

Arkkitehti on usein ensimmäinen asiantuntija, joka tulee mukaan hallirakennushankkeeseen ja on mukana hankkeessa toteutukseen asti (11). Hän vaikuttaa rungon materiaaleihin ja yksityiskohtiin hankkeen tavoitteista ja urakkamuodosta riippuen. Jos hankkeen tavoitteet keskittyvät muualle kuin ulkonäkötekijöihin, valitsee käytettävät liitostyyppit usein rakennesuunnittelija yleisesti käytetyistä liitostyypeistä rakennuksen mittojen ja kuormitusten mukaan. Ulkonäkötekijöiden ollessa tärkeässä asemassa haluaa arkkitehti usein vaikuttaa käytettäviin liitostyyppisiin ja liitososien suunnitteluun. Jos hankkeen arkkitehtisuunnittelu on hankittu erikseen, on arkkitehdilla huomattavasti paremmat mahdollisuudet

vaikuttaa rakenteiden ja liitosten suunnitteluun ja ulkonäköön. Tällöin rakenne-suunnittelijan tehtävinä on liitosten mitoitus arkkitehdin suunnitelmien pohjalta.

### **9.3 Liitosten kehitys- ja yhtenäistämismahdollisuuksia**

Kuten muussakin rakentamisessa, myös liimapuurunkoisessa mastokehära-kennuksessa käytettävät liitostyypit ovat kehittyneet nykyisen kaltaisiksi pitkän kehityksen myötä. Uusia ratkaisuja on kehitetty edellisten tilalle niiden parempi-en ominaisuuksien vuoksi ja vähitellen uudet paremmat ratkaisut ovat muuttu-neet yleisesti käytetyiksi. Nykyisin käytetyt ratkaisut eivät suinkaan ole lopullisia ja täydellisiä, vaan jatkuvan kehitystyön kautta niistä pyritään saamaan entistä parempia ja toimivampia.

Yleinen suuntaus liitoksissa on ollut siirtyminen keveämpiin liitososiin ja puuosi-en käyttöön liitoksissa. Joitain vuosikymmeniä sitten liitoksissa käytettiin vielä paljon teräsosia, kuten lattateräksiä, naulalevyjä ja palkkikenkiä. Nykyisin puu-osat, kuten hankolaudat ja liimapuuklossit, ovat korvanneet suuren osan näistä. Myös kokonaan piilotettujen liitosten käyttö on lisääntynyt. Liimaruuvien ansios-ta pilarin alapääliitokset saadaan kokonaan piilotettua näkyvistä. Myös piiloon jäävien teräksisten palkkikenkien käyttö sekundäärirakenteiden liitoksissa on lisääntynyt.

Liitoksia on mahdollista kehittää myös tulevaisuudessa. Liitoksissa käytettäviä liitososia on mahdollista kehittää tehokkaammiksi sekä edullisimmiksi ja liitosten ulkonäköä on mahdollista parantaa entisestään. Lisäksi liitososien mittoja yhte-näistämällä on liitosten suunnittelua ja toteutusta mahdollista helpottaa nykyi-destä. Yhtenäistämismahdollisuuksia on eniten pilarin alapään liitoksissa, joissa käytetyt liitososat ovat nykyisin liimapuuvalmistajakohtaisia. Jos osien mitoitus olisi yhtenäinen valmistajasta riippumatta, olisi liitoksen korkojen ja peruspultti-en aseman suunnittelu nykyistä helpompaa.

Liitosten yhtenäistämässä mahdollinen kehityskohde on yhtenäisen mitoitus- ja liitosjärjestelmän luominen. Finnish Wood Research on kehittänyt puuelementtirakentamiseen RunkoPES-teollisuusstandardin (PuuElementtiSysteemi), joka voisi tuoda etuja myös liimapuurunkorakentamiseen. Järjestelmä on tällä hetkellä käyttöönottovaiheessa puuelementtirakentamisessa. RunkoPES-järjestelmässä mittamoduulit, liitosperiaatteet ja perusrakenneratkaisut ovat yhteensopivia valmistajasta riippumatta. Tämän kaltainen järjestelmä olisi hyödyllinen myös runkorakentamisessa. Suurimman hyödyn yhtenäinen liitosjärjestelmä toisi hallirakentamisessa luultavasti suunnitteluvaiheeseen, jossa standardiliitosten myötä suunnittelutyö nopeutuisi ja käytettävät liitosratkaisut voitaisiin päättää rungon toimittajasta riippumatta. Lisäksi nykyisin vielä vain harvoin liimapuurunkorakentamisessa käytettävä tietomallipohjainen suunnittelu helpotuisi yhtenäisen liitosjärjestelmän myötä, sillä käytettäviin suunnitteluohjelmiin saataisiin luotua yleisesti käytetyt standardiliitostyyppit. Myös rungon asennuksessa standardityyppiset liitokset toisivat luultavasti aika- ja kustannussäästöjä. Elementtirakentamisen puolella RunkoPES-järjestelmän ehkä merkittävin yksittäinen etu on eri valmistajien tuotteiden yhteensopivuus. Hallien runkorakentamisessa tämä tekijä ei ehkä nouse yhtä suureen asemaan, sillä rungot hankitaan yleensä kokonaisuutena, vaikka jo nykyisin eri rakenteet olisi mahdollista hankkia myös eri valmistajilta. Juuri tämä tekijä on luultavasti myös järjestelmän kehittämistä hidastava tekijä, sillä valmistajat haluavat toimittaa koko rungon, jolloin myös valmistajakohtaisten liitosten käyttö on mahdollista eikä standardisoinnin kehitykselle ole suurta tarvetta.

#### 9.4 Arkkitehdin näkemyksiä liitosten suunnitteluun ja kehittämiseen

Arkkitehti Petri Tavilammen haastattelussa ilmi tulleita kehityskohteita olivat pilarin alapääliitos, jossa arkkitehdin mukaan turhan usein näkyy lattian pinnassa olevia pulttien päitä, jotka voivat olla jopa turvallisuusriskejä, sekä muita huonosti viimeistelyjä ratkaisuja. Yhtenä ratkaisuna voisi olla lattiatason yläpuolelle nostettu liitos. Toisena kohtana haastattelussa nousi esiin pilarin ja pääkannattajan hankolautaliitos, johon Tavilampi toivoisi jotain siistimpää vaihtoehtoa, esimerkiksi jonkinlaista lovettua liitosta. Myös sekundääripalkkien liitoksissa olisi kehitettävää. Ulkopuoliset teräskengät ovat helppoja ratkaisuja ja niiden sijaan tulisi käyttää esimerkiksi rakenteisiin upotettuja pulttikiinnitteisiä teräskenkiä. Lisäksi kattoelementtien liitoksissa käytettävät näkyviin jäävät vaneriosat ovat epäsiistejä ja väliaikaisen näköisiä. Yleisesti kehittämistä vaativia yksityiskohtia ovat myös jäykistävien ristiksiteiden kiinnitykset ja niiden sijoitus. Siteet saattavat olla suoraan ikkunan edessä tai muuten käytön kannalta hankalassa paikassa, ja ne ovat myös ulkonäöllisesti harvoin onnistuneita. (11.)

Tavilammen näkemyksen mukaan liitososat saavat olla näkyvissä, mutta näkyviin jäädessään liitososan tulisi olla viimeistellyn ja suunnitellun näköinen. Muotoiltu tai lovettu puuosa sopii useimmiten rakennuksen kokonaisuuteen. Myöskään eri materiaalien käyttöä ei pitäisi hylkiä. Usein viimeistely teräksinen liitososa tuo kaivattua keveyttä puiseen rakenteeseen. Muualla maailmassa liitoksiin on panostettu jo jonkin aikaa Suomea enemmän ja tuo ero pitäisi saada kirittyä kiinni. Rakennuksen liitosten pitäisi olla aina viimeistelyjä ja hyvin suunniteltuja eikä vain erikseen tilaamalla tai lisähinnalla. Tästä olisi puurakentamiselle etua. (11.)



## 10 Päätelmät

Opinnäytetyössä oli tarkoituksena tutustua liimapuurunkoisen mastokehärakennuksen liitostekniikkaan ja selvittää tämänkaltaisissa rakennuksissa yleisesti käytettävät runkorakenteiden liitostyypit. Työssä pyrittiin kuvaamaan eri liitostyyppien rakennetekninen toiminta sekä selvittämään liitostyypeille asetettuja rakenneteknisiä, arkkitehtonisia sekä muita mahdollisia vaatimuksia. Pyrin myös tuomaan esille havaitsemiani eri liitostyyppien heikkouksia ja vahvuuksia sekä mahdollisia kehittämiskohteita liitostyypikohtaisesti.

Sain opinnäytetyössä mukana olleiden Versowood Oy:n sekä Metsä Wood Kuningaspalkin edustajilta piirustuksia sekä tietoa heidän käyttämistään liitostyypeistä ja niissä käytetyistä liitososista. Etsin tietoa käytetyistä liitoksista, niiden toiminnasta ja liitoksille asetetuista vaatimuksista myös muista lähteistä, kuten Puuinfon julkaisemista aiheita käsittelevistä julkaisuista. Lisäksi kävin valokuvaamassa useita toteutettuja liimapuurakennuksia Lappeenrannassa sekä Versowoodin liimapuurunkoisia tuotantorakennuksia Heinolassa ja sain käyttööni valokuvia muista toteutetuista rakennuksista. Näiden tietojen sekä itselläni jo aiheesta olleen tiedon perusteella sain hyvän kuvan liimapuurunkoisessa mastokehärakennuksessa tällä hetkellä käytettävistä liitoksista. Rakennusten suunnittelijan näkemyksiä aiheeseen liittyen sain haastattelemalla mastokehäisiä liimapuurakennuksia suunnitellutta arkkitehtiä.

Keräämäni materiaalin perusteella sain selville, että tällä hetkellä opinnäytetyössä käsiteltävässä rakennustyyppissä käytettävät liitokset ovat suurelta osin samanlaisia riippumatta rakennuksen rakenteet toimittavasta yrityksestä tai rakennuksen suunnittelijoista. Näen tämän johtuvan pitkälle vakiintuneista ja yleisesti tunnetuista liitosratkaisuista, joiden suunnittelu- ja mitoitusperusteet ovat yleisesti tiedossa. Lisäksi vakiotyyppisten liitosten valmistus ja asennus on tunnettujen menetelmien myötä nopeaa ja verrattain edullista, joten niitä pyritään käyttämään mahdollisimman paljon. Vakiotyyppisten liitosten käyttöön ajaa myös rakennushankkeen luonne. Työssä käsiteltävää rakennustyyppiä rakennettaessa hankkeen kustannuspaineet ovat usein kovat, joten liitosten osalta päädytään usein tunnettuihin ja edullisiin ratkaisuihin.

Tällä hetkellä selkeästi yleisimpiä runkorakenteiden liitostyyppinä mastokehäisessä liimapuurakennuksessa ovat liimaruuviliitos pilarin ja peruspilarin liitoksessa, hankolautaliitos pilarin ja pääkannattajan liitoksissa, lovettu pilarin yläpääliitos muissa pilarin ja palkkien liitoksissa sekä palkkikengät sekundääripalkkien liitoksissa. Näissä liitostyypeissä on kuitenkin valmistajakohtaisia eroavuuksia käytetyissä liitososissa ja siten myös koko liitoksen mitoissa. Ellei pääsuunnittelija määritä käytettyjä liitososia mittoineen, liimapuurakenteiden valmistajat käyttävät liitososia, jotka he ovat vakioineet tietynkokoisille rakenteille.

Tulevaisuutta ajatellen juuri liitososia ja liitosten mittamaailmaa yhtenäistämällä voitaisiin ottaa käyttöön RunkoPES-liitosjärjestelmä, joka toisi etua liimapuuhalirakentamiselle. Yhtenäinen liitosjärjestelmä toisi etuja rakenteiden suunnitteluun sekä asennukseen. Järjestelmän kehittäminen vaatisi kuitenkin eri valmistajien yhteistyötä sekä yleisesti hyväksyttäviä sopimuksia, jotta saataisiin päätettyä järjestelmässä käytettävät liitostyypit.

Jotta liimapuurungon kilpailukykyä tämän tyyppisten hallien rakentamisessa saataisiin pidettyä yllä ja edelleen kehitettyä, on tärkeää kehittää myös liitosten ulkonäköä ja kiinnittää huomiota liitosten yksityiskohtiin sekä suunnittelun että toteutuksen osalta. Lisäksi arkkitehti Tavilammen haastattelussa esille tullut kehityskohde, johon tulisi kiinnittää tulevaisuudessa enemmän huomiota, on jäykistävässä osissa käytettävät ratkaisut.

Työssä tuotettiin liitoskortit tällä hetkellä yleisesti käytetyistä liitostyypeistä. Liitoskorttien tarkoituksena on esitellä eri liitosten käyttökohteet sekä niiden toimintaperiaate ja mitoituksessa huomioon otettavia asioita kirjallisesti ja piirustuksen avulla. Lisäksi liitoskorteissa esitetään liitosten hyviä ja huonoja puolia rakenneteknisesti sekä muiden ominaisuuksien kuten ulkonäkötekijöiden osalta. Kortteihin sisällytettiin valokuvat toteutetuista liitoksista, kolmiulotteiset havainnekuvat, jossa esitetään liitoksen eri osat sekä detaljipiirustukset liitoksista eri liitososilla.

## Kuvat

Kuva 3.1. Mastokehän rakennemallit, s. 7

Kuva 3.2. Liimapuurunkoinen mastokehähalli ulkoapäin katsottuna (3), s. 8

Kuva 3.3. Mastokehähallin jäykistyksen periaate (2), s. 10

Kuva 4.1. Käytettävyyden ja ulkonäön kannalta huono liitosratkaisu, s. 15

Kuva 5.1. Liimaruuvi, s. 17

Kuva 5.2. Liimaruuvien kiinnitys, s. 18

Kuva 5.3. Pultattavat pilarikengät pilarin alapäässä, s. 19

Kuva 5.4. Pultattava teräslevy. Keskellä reiät liimaruuveille, s. 20

Kuva 5.5. Pilarin alapääliitos, jossa käytetty hitsattavia pilarikenkiä, s. 21

Kuva 5.6. Jäykkä lattateräsliitos, s. 22

Kuva 5.7. Pilarin alapään teräsholkkiliitos (14), s. 23

Kuva 6.1. Hankolautaliitoksia asennusvaiheessa, s. 24

Kuva 6.2. Palkin ja pilarin lattateräsliitos (2), s. 26

Kuva 6.3. Palkin ja pilarin liimatankoliitos (2), s. 27

Kuva 6.4. Tukipinnan laajennus liimapuuvästeellä, s. 28

Kuva 6.5. Tukipintaa laajennettu teräslevyillä, s. 29

Kuva 7.1. Liimapuupilarin- ja palkin lovettu liitos kierretankokiinnityksellä, s. 30

Kuva 8.1. Primääripalkkien sivulle kiinnitettyjä sekundääripalkkeja (13), s. 32

Kuva 8.2. Primääripalkin sivulle liimapuuklossilla kiinnitetyt sekundääripalkit,  
s. 33

Kuva 8.3. Primääripalkin päälle liimapuuklossilla liitetty sekundääripalkki, s. 34

Kuva 8.4. Sekundääripalkin liitos primääripalkkiin teräksisellä  
palkkikengällä, s. 36

## **Taulukot**

Taulukko 2.1. Liimapuun lujuusominaisuudet (1), s. 6

Taulukko 4.1. Liitoksille asetettuja vaatimuksia, s. 11

Taulukko 4.2. RunkoRYL:n vaatimuksia liittimille esiporattaville rei'ille (6), s. 14

## Lähteet

1. Versowood Oy [http://www.versowood.fi/easydata/customers/versowood/files/tuotekortit/versowood\\_liimapuu.pdf](http://www.versowood.fi/easydata/customers/versowood/files/tuotekortit/versowood_liimapuu.pdf). Luettu 26.4.2012.
2. Carling, O., Gross, H., Holmestad, Å., Karlsson, R., Lehtonen, V. & Sundström, T. 2003. Liimapuukäsikirja. Helsinki: Wood Focus Oy / Suomen liimapuuyhdistys.
3. Keronen, A. 2002. Puuhallin rakenteet - Esisuunnittelu ja valintaperusteet. Wood Focus Oy.
4. Liimapuurunkojen rakenteet ja liitosratkaisut. Versowood Oy:n esite. 2010.
5. RIL 205-2-2007. Puurakenteiden suunnitteluohje, eurokoodi EN 1995-1-2. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2007.
6. RunkoRYL. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, talonrakennuksen runkotyöt. 2010. Rakennustieto Oy.
7. RIL 205-1-2009. Puurakenteiden suunnitteluohje, eurokoodi EN 1995-1-1. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2009.
8. Esittelyvideo Versowood Oy:n verkkosivuilla. <http://www.versowood.fi/easydata/customers/versowood/files/video/preloader.swf>. Luettu 26.4.2012.
9. RIL 153. 1984. Liimapuurakenteet. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
10. Keronen, A., Lod, T. & Salonen, K. 2002. Puuhallin suunnittelu - Esisuunnittelu ja arkkitehtoniset valinnat. Wood Focus Oy
11. Arkkitehti SAFA Petri Tavilammen haastattelu 16.4.2012
12. Versowood Oy:n suunnitteluinsinööri Jonna Kauhtilan haastattelu 20.3.2012
13. Termo Panels Oy <http://www.termopanel.fi/cms/suomeksi/referenssit/list/3>  
Luettu 5.5.2012
14. Vilkkö V. & Behm K. 2012. Puurakenteiden perusteet -kurssiesitelmä. Saimaan ammattikorkeakoulu. Lappeenranta
15. VTT:n Tutkimusselostus VTT-S-01554-12 Liimapuuluokka GL30.



Kuva 1. Peruspultteihin pultattavat pilarikengät

### Käyttökohteet

Liimaruuviliitos on käytössä jäykässä liimapuupilarin alapään ja peruspilarin välisessä liitoksessa.

### Liitoksen toiminta ja mitoitusperiaatteet

Liimaruuviliitos toimii momenttijäykkänä liitoksena, eli se välittää pystyvoimat, vaakavoimat sekä momentin pilarilta peruspilarille. Vaakavoimat sekä momentin aiheuttamat nostavat pystyvoimat siirtyvät liitososien kautta. Alaspäin kohdistuvat pystyvoimat siirtyvät liitoksessa pintapuristuksena. Liitoksessa vaadittujen liimaruuvien määrä sekä muut liitososat mitoitetaan kuormitusten perusteella. Peruspilarin yläpinnan ja pilarin alapinnan väliin jätetään asennusvaraus, jonka korkeus riippuu käytettävistä liitososista. Pilarin asennuksen jälkeen asennusvaraus peitetään kutistumattomalla jälkivalulla.

### Liitososat

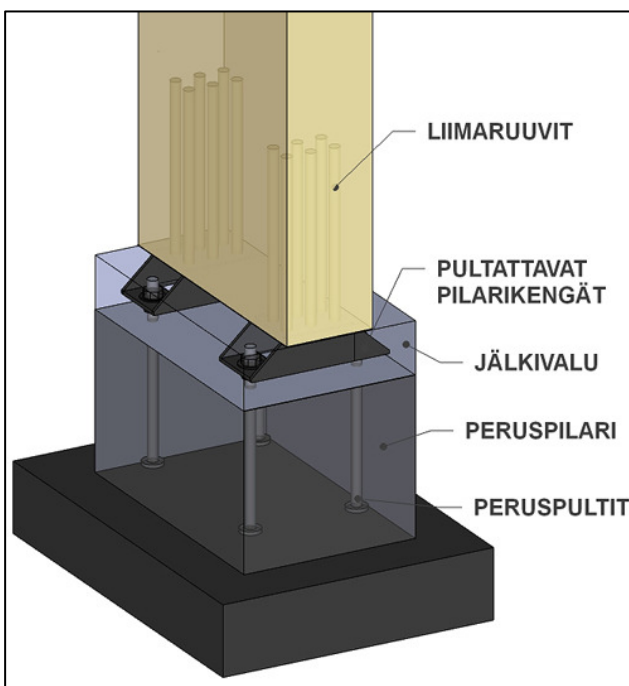
Pilarin alapintaan kiinnitetään liimapuutehtaalla liimaruuveilla liitososat, joilla pilari kiinnitetään peruspilariin. Liitososina voidaan käyttää:

- Peruspultteihin pultattavia pilarikenkiä
- Peruspultteihin pultattavia lattateräslevyjä
- Kiinnityslevyihin hitsattavia pilarikenkiä

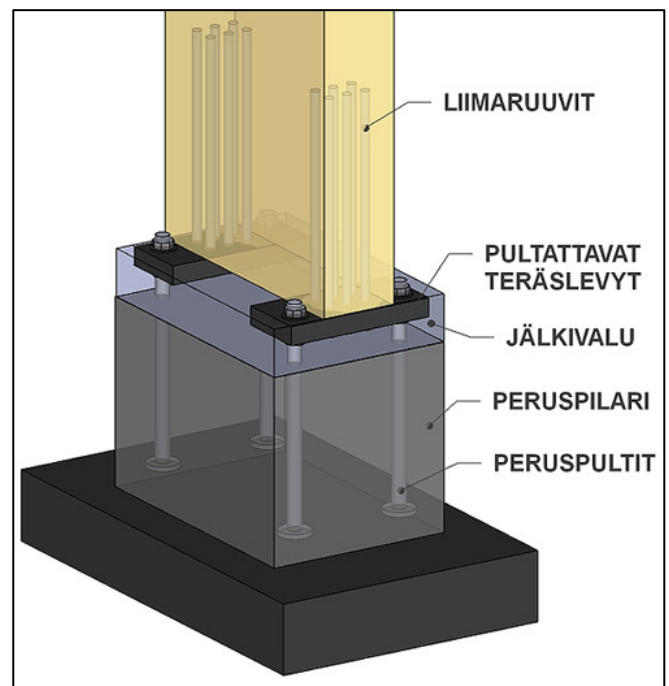
Peruspultteihin kiinnitettävien liitososien etuna on helppo pilarin asennon ja korkeusaseman säätö asennuksen aikana sekä nopea ja helppo asennus. Hitsiliitos on työmaoloissa hitaampi ja hankalampi toteuttaa ja pilarin asennon säätö asennusvaiheessa on vaikeampaa.

**Peruspultteihin pultattava pilarikengä** on 100–150 mm korkea hitsaamalla koottu liitososa, joka kiinnitetään ylälaipastaan pilarin alapäähän ja alalaipoistaan peruspultteihin. Yhdessä pilarissa käytetään kahta pilarikengää. Pilarikengän materiaalipaksuudet ja hitsit on mitoitettava kestämään liitoksessa vaikuttavia kuormituksia. Liitososan vaatima asennusvaraus on noin 200 mm. Liitostyyppin etuna on kokonaan jälkivalun sisään piiloon jäävät liitososat. Siistin ulkonäön ja hyvän palonkeston vuoksi pultattavat pilarikengät ovat nykyisin yleisimmin liimaruuviliitoksessa käytettäviä liitososia.

**Peruspultteihin pultattava lattateräslevy** on 20–40 mm paksu suora teräslevy, joka kiinnitetään liimaruuveilla pilarin alapintaan. Yhdessä pilarissa voidaan käyttää yhtä koko pilarin levyistä tai kahta pienempää teräslevyä. Levy kiinnitetään peruspultteihin pulttikiinnityksellä. Levyn mitat ja paksuus määräytyvät pilarin mittojen ja liitoksen kuormitusten mukaan. Liitoksen vaatima asennusvaraus on noin 100 mm. Lattateräslevy on pilarikengää edullisempi vaihtoehto, mutta liitoksen käyttöä rajoittaa valmiissa liitoksessa jälkivalun päälle esiin jäävät kiinnitysmutterit ja peruspulttien päät.

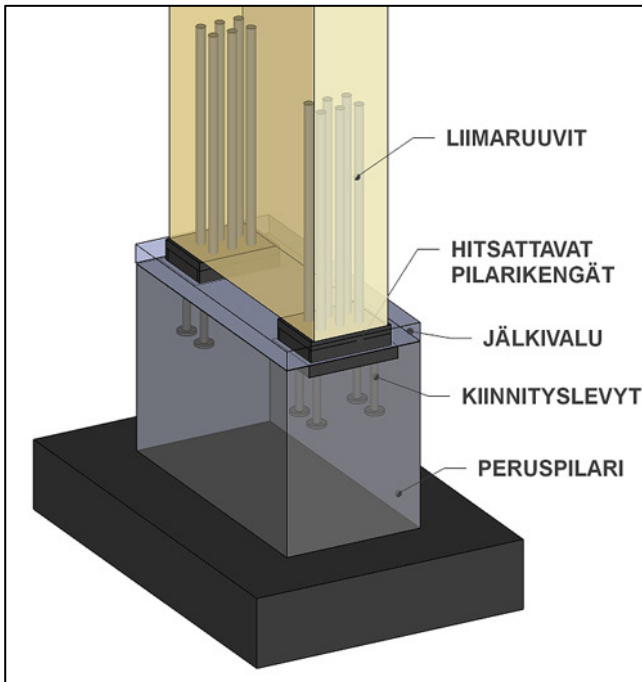


Kuva 2. Periaatekuva pulttavasta pilarikengäliitoksesta



Kuva 3. Periaatekuva pulttavasta teräslevyliitoksesta

**Kiinnityslevyihin hitsattava pilarikengä** kootaan hitsaamalla ja kiinnitetään liimaruuveilla pilarin alapintaan. Osa koostuu pilarin alapintaa vasten olevasta levystä ja levyn reunoihin hitsattavista matalista seinämistä. Yhdessä liitoksessa voidaan käyttää joko yhtä koko pilarin alapinnan kokoista tai kahta pienempää pilarikengää. Pilari kiinnitetään pilarikengän seinämistä peruspilarin yläpinnassa oleviin kiinnityslevyihin hitsaamalla. Hitsit sekä liitososien mitat on mitoitettava tapauskohtaisesti. Hitsiliitoksen vuoksi liitostyyppin vaatima asennusvaraus on vain noin 50 mm. Myös peruspilariin upotettavat kiinnityslevyt ovat matalampia kuin peruspilarit, joten peruspilarista voidaan tehdä matalampi. Hitsattavan liitoksen toteutus työmaalla on pulttikiinnitystä hankalampi ja pilarin asennon säätömahdollisuudet ovat huonommat, minkä vuoksi hitsattavien pilarikengien käyttö on melko vähäistä.



Kuva 4. Periaatekuva hitsattavasta pilarikengäliitoksesta



Kuva 5. Liimaruuviliitos piilossa valmiin lattiapinnan alla

### **Palo- ja kosteussuojaus**

Liimaruuviliitoksella on hyvä palonkesto liimapuupilarin ja jälkivalun sisällä olevien liitososien vuoksi. Liitostyyppi täyttääkin yleensä vaaditut palonkestovaatimukset ilman erillistä palosuojausta. Poikkeuksena ovat pulttavassa teräslevyliitoksessa esille jäävät teräsosat, jotka voidaan joutua palosuojaamaan.

Liitoksessa on huomioitava kosteussuojaus ja kosteuden kapillaarinen nousu peruspilarissa. Pilarin alapää on suojattava kosteuden kulun katkaisevalla materiaalilla kuten kumibitumikermillä ja puu on käsiteltävä puunsuoja-aineella. Myös liitoksen korot on suunniteltava siten, että lattialla mahdollisesti oleva kosteus ei pääse vaikuttamaan puupilariin ja pilarin kuivuminen on mahdollista.

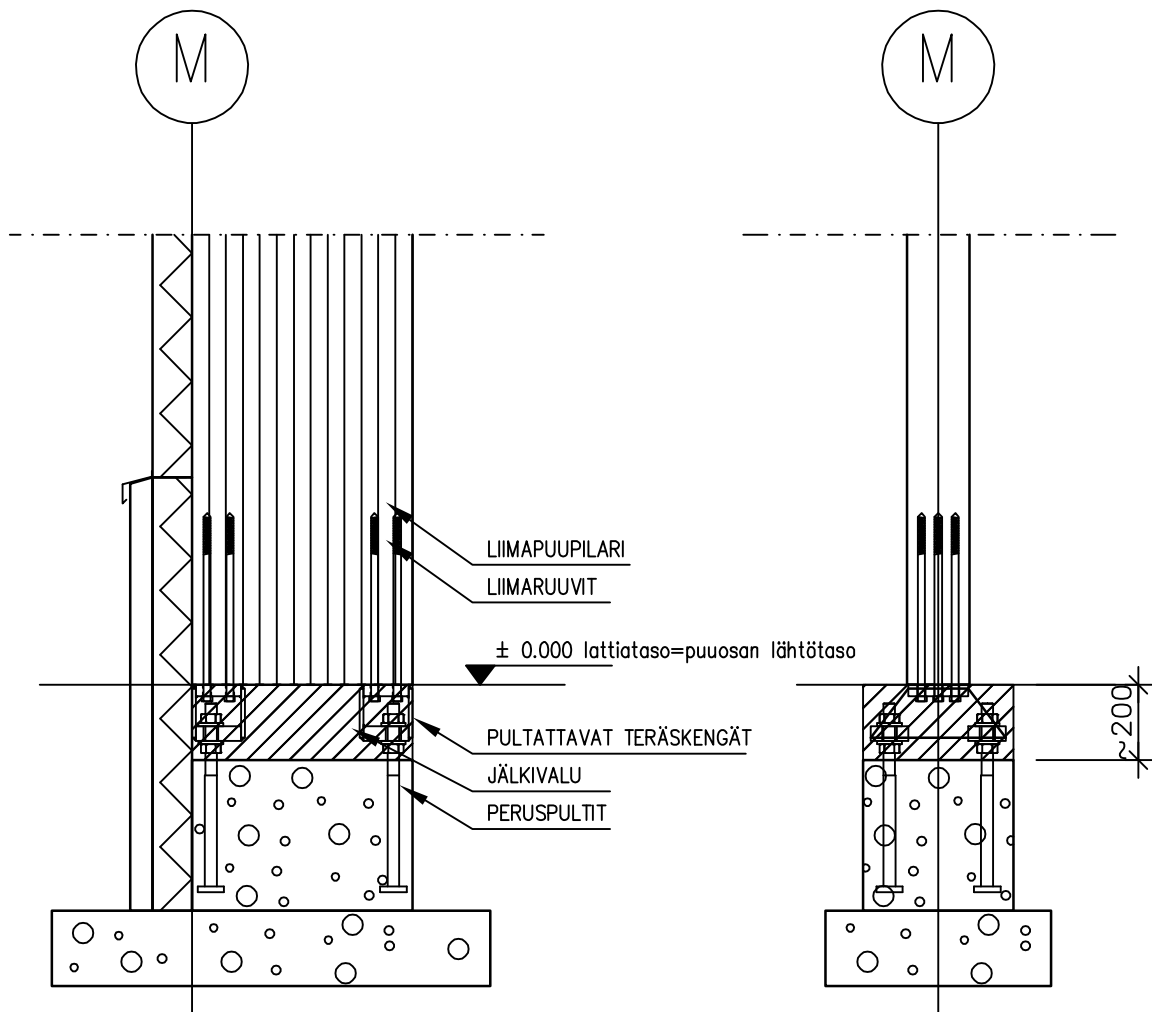
### **Liitoksen käytettävyys ja ulkonäkö**

Liimaruuviliitos on ulkonäöllisesti siisti pilarin sisällä piilossa olevien liitososien vuoksi. Liitoksen toteutuksessa on ulkonäön osalta huomioitava kuitenkin myös valmiin lattiapinnan ja pilarin liitos. Liitoksen korot on suunniteltava siten, että valmis lattiapinta liittyy siististi pilariin tai liitoskohta saadaan peitettyä lattiallistalla. Lattian pintaan jääviä peruspultin päitä ja muttereita on vältettävä.

Ulkonäkötekijöiden, helpon asennuksen ja hyvän palonkeston vuoksi liimaruuviliitos on nykyisin selvästi yleisin jäykän pilarin alapääliitoksen liitostyyppi. Liitososista käytetään eniten peruspultteihin liitettäviä pilarikengäitä. Pilarikengät valmistetaan liimapuuvaikeiden antamien mittojen mukaan, joten vaaditun asennusvarauksen korkeudessa ja kiinnitysmoiteissa on vaihtelua liimapuuvaikeiden riippuen.



	Työn nro		DET 101
	Päiväys 16.4.2012	Tekijä PuL	
Rakennuskohde/Käyttökohde KOHDE KATUOSOITE PAIKKAKUNTA	Sisältö PILARIN JA PERUSPILARIN LIITOS LIIMARUUVIT JA PULTATTAVA PILARIKENKÄ 1:20		



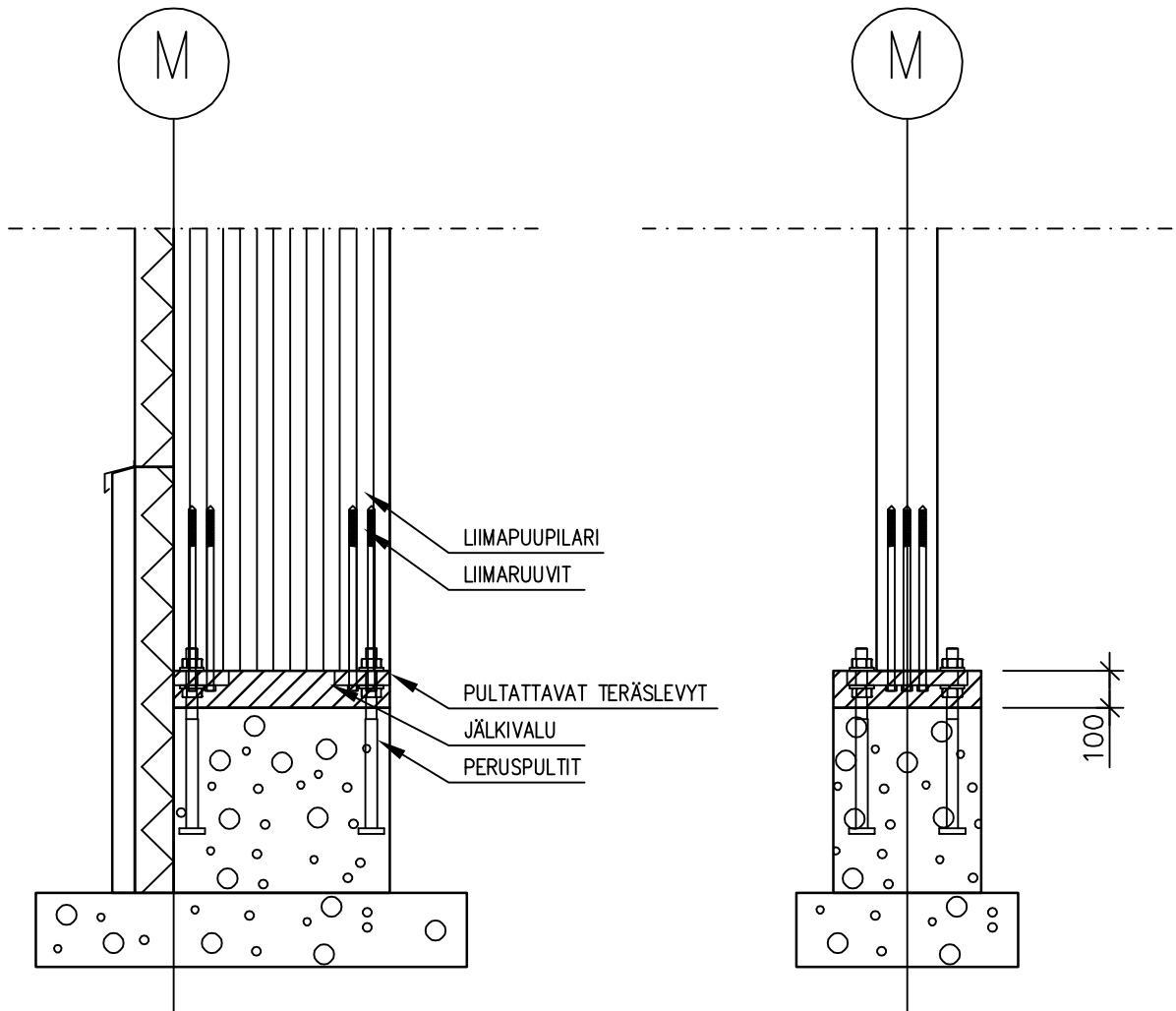
**ESIMERKKILIITOS:**

LIIMAPUUPILARI 165x585  
 LIIMARUUVIT Ø19 x 500, 6+6 KPL, LIIMAUUS TEHTAALLA  
 PULTATTAVAT TERÄSKENGÄT, KIINNITYS TEHTAALLA  
 PERUSPULTIT HPM30/L 4 KPL

PILARIN ALAPÄÄSSÄ KOSTEUSSULKU

HUOM! RAKENNESUUNNITTELIJA MÄÄRITTÄÄ MITAT, KOOT. LIITTIMET JA PALOVAATIMUKSET TAPAUSKOHTAISESTI

	Työn nro		DET 102
	Päiväys 11.4.2012	Tekijä PuL	
Rakennuskohde/Käyttökohde KOHDE KATUOSOITE PAIKKAKUNTA	Sisältö PILARIN JA PERUSPILARIN LIITOS LIIMARUUVIT JA PULTATTAVA TERÄSLEVY 1:20		



ESIMERKKILIITOS:

LIIMAPUUPILARI 585x165  
 LIIMARUUVIT Ø19 x 500, 6+6 KPL, LIIMAUUS TEHTAALLA  
 PULTATTAVAT TERÄSLEVYT 325 x 150 x 40, KIINNITYS TEHTAALLA  
 PERUSPULTIT HPM30/L 4 KPL

PILARIN ALAPÄÄSSÄ KOSTEUSSULKU

HUOM! RAKENNESUUNNITTELIJA MÄÄRITTÄÄ MITAT, KOOT, LIITTIMET JA PALOVAATIMUKSET TAPAUSKOHTAISESTI

	Työn nro		DET 103
	Päiväys 11.4.2012	Tekijä PuL	
Rakennuskohde/Käyttökohde KOHDE KATUOSOITE PAIKKAKUNTA	Sisältö PILARIN JA PERUSPILARIN LIITOS LIIMARUUVIT JA HITSATTAVA TERÄSKENGÄ 1:20		
<p>ESIMERKKILIITOS:</p> <p>LIIMAPUUPILARI 585x165          LIIMARUUVIT Ø19 x 500, 6+6 KPL, LIIMAUUS TEHTAALLA          HITSATTAVAT TERÄSKENGÄT 175 x 150 x 50, KIINNITYS PILARIIN TEHTAALLA          KIINNITYSLEVYT PERUSPILARISSA JPL 150x150, 2 KPL</p> <p>PILARIN ALAPÄÄSSÄ KOSTEUSSULKU</p> <p>HUOM! RAKENNESUUNNITTELIJA MÄÄRITTÄÄ MITAT, KOOT. LIITTIMET JA PALOVAATIMUKSET TAPAUSKOHTAISESTI</p>			

### Lähteet ja lisätiedot

/1/ Laine P; Liimapuurunkoisen mastokehähallin liitostekniikka; Saimaan ammattikorkeakoulu, Opinnäytetyö 2012



Kuva 1. Pilarin ja palkin hankolautaliitos

### Käyttökohteet

Hankolautaliitosta käytetään nivelellisessä pilarin ja pääkannattajan liitoksessa pilarirunkoisessa liimapuuhallirakennuksessa.

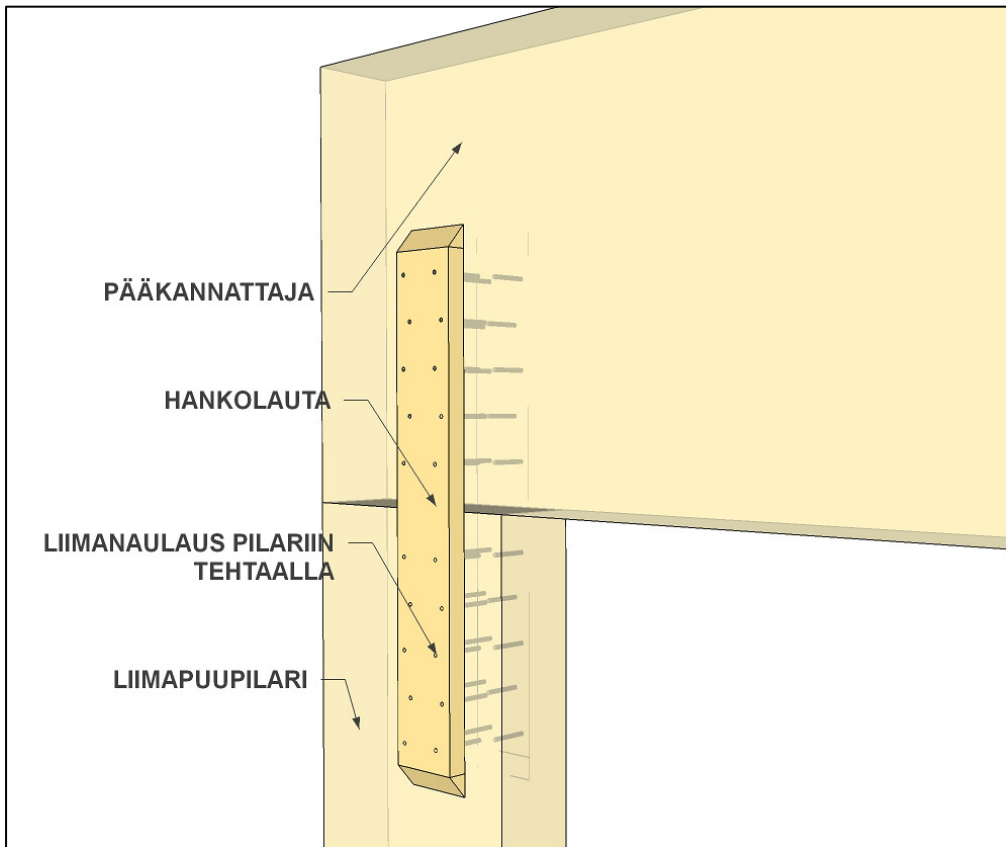
### Liitoksen toiminta ja suunnitteluperiaatteet

Hankolaudan koko sekä käytettävät kiinnikkeet määräytyvät liitoksen välittämien kuormien mukaan. Hankolauta sekä naulat mitoitetaan pilarin ja pääkannattajan väliselle vaakavoimalle. Tarvittaessa liitoksessa voidaan käyttää kahta hankolautaa. Pystyvoimat siirtyvät liitoksessa pilarin yläpään pintapuristuksena. Pääkannattajan tukipinnan koon riittävyys on huomioitava ja sitä on tarvittaessa kasvatettava.

Hankolauta sallii materiaaliominaisuuksiensa vuoksi pääkannattajan kulmamutokset ja liitos pääsee toimimaan nivelenä. Liitoksen toiminta nivelenä voidaan varmistaa kiinnittämällä hankolauta noin 1/3 pilarin sivumitan päähän pilarin sisäreunasta.

### Liitososat

Hankolautaliitoksen liitososina käytetään liimapuusta tai sahatavarasta valmistettuja puuosia. Hankolaudat kiinnitetään pilarin pidemmän sivun molemmille puolille tavallisimmin liimanaulamalla tehtaalla. Tehtaalla kiinnitetty hankolauta naulataan työmaalla kiinni pääkannattajaan. Hankolaudan kiinnitys sekä pilariin että pääkannattajaan voidaan tehdä myös naulaamalla ilman liimausta työmaalla. Jos pääkannattaja on pilaria kapeampi, voidaan hankolaudan ja pääkannattajan välissä käyttää esimerkiksi vanerista valmistettuja täyteosia.



Kuva 2. Periaatekuva hankolautaliitoksesta

## Palosuojaus

Hankolautaliitoksen palonkesto on hyvä puisesta liitososasta johtuen. Liitoksen palonkesto aika määräytyy hankolaudan mittojen, liittimien koon sekä reuna- ja päätyetäisyyksien mukaan. Vähimmäisvaatimukset täyttämällä päästään 15 minuutin palonkestoan ja mittoja kasvattamalla enintään 30 minuuttiin. Yli 30 minuutin palonkesto aika on mahdollista saavuttaa suojaamalla naulojen päät puutulpilla.

## Liitoksen käytettävyys ja ulkonäkö

Hankolautaliitos on nykyisin selvästi käytetyin liitostyyppi pilarin ja pääkannattajan liitoksissa. Liitos on yksinkertainen ja edullinen toteuttaa puisten liitososien vuoksi. Pääkannattajan asennusta hankolautojen väliin voidaan helpottaa käyttämällä hieman eripituisia lautoja tai asettamalla laudat eri korkoon.

Hankolautaliitos sopii puisten liitososien vuoksi hyvin myös ulkonäöllisesti liimapuurunkoon. Liitoksen ulkonäköä parannetaan sahaamalla hankolaudan päät 45 asteen kulmaan ja käsittelemällä se samoin kuin runko-osat.

	Työn nro	DET 201
Rakennuskohde/Käyttökohde KOHDE KATUOSOITE PAIKKAKUNTA	Päiväys 11.4.2012	
	Sisältö PILARIN JA PÄÄKANNATAJAN LIITOS HANKOLAUTALIITOS 1:20	
<p>ESIMERKKILIITOS:</p> <p>LIIMAPUUPILARI 190 x 405          PÄÄKANNATAJA, LIIMAPUUPALKKI 190 x 990          HANKOLAUDAT LIIMAPUUTA 42 x 165 L=1200 PILARIN MOLEMMIN PUOLIN, LIIMANAULAUUS PILARIIN TEHTAALLA          NAULAT 4,2 x 125, 10+10 KPL / HANKOLAUTA</p> <p>HUOM! RAKENNESUUNNITTELIJA MÄÄRITTÄÄ MITAT, KOOT. LIITTIMET JA PALOVAATIMUKSET TAPAUSKOHTAISESTI</p>		

### Lähteet ja lisätiedot

/1/ Laine P; Liimapuurunkoisen mastokehähallin liitostekniikka; Saimaan ammattikorkeakoulu, Opinnäytetyö 2012



Kuva 1. Tukipinnan laajennus liimapuuviisteellä

### Laajennustarve

Liimapuun puristuslujuus on puun syysuunnassa huomattavasti suurempi kuin syysuuntaan nähden poikittaisessa suunnassa. Tästä johtuen pääkannattajan tukipintaa voidaan joutua laajentamaan, jos pelkkä liimapuupilarin poikkileikkaus ei riitä siirtämään pääkannattajan pystysuuntaisia tukireaktioita. Laajennustarve ilmenee erityisesti leveissä ja matalissa rakennuksissa tai muissa tilanteissa, joissa pilarin mitat ovat pienet suhteessa pääkannattajaan tai kuormitukset ovat suuret. Lisäksi pääkannattajan taipuminen voi aiheuttaa pääkannattajan alapintaan pilarin sisäreunan alueella painumia, joiden hallintaan vaaditaan tukipintaa laajentavia ratkaisuja.

### Laajennusmenetelmiä

**Liimapuuviiste** on pilarin sisäreunaan hankolautojen tapaan liimanaulaamalla kiinnitettävä osa, joka laajentaa tukipintaa viisteen poikkileikkauksen mitalla. Viisteen kiinnitys pilariin on oltava riittävän jäykkä, jotta se ei painu kuormitusten vaikutuksesta. Liimapuuviiste on edullinen ja yleisesti käytetty menetelmä tukipinnan laajentamiseen.

**Pilarin ja pääkannattajan väliin asennettava teräslevy** tai hitsaamalla koottu osa muodostaa ulokkeen pilarin päähän ja lisää tukipintaa tällä alueella. Teräksen vahvuus on oltava noin 1/4 ulokkeen pituudesta, jotta tuki saavuttaa vaaditun jäykkyyden. Teräsosia käytetään usein laajennusosina keskituilla jos pääkannattajat asennetaan kulmaan tai jos liimapuuviiste ei ole tarpeeksi jäykkä laajennusosaksi.

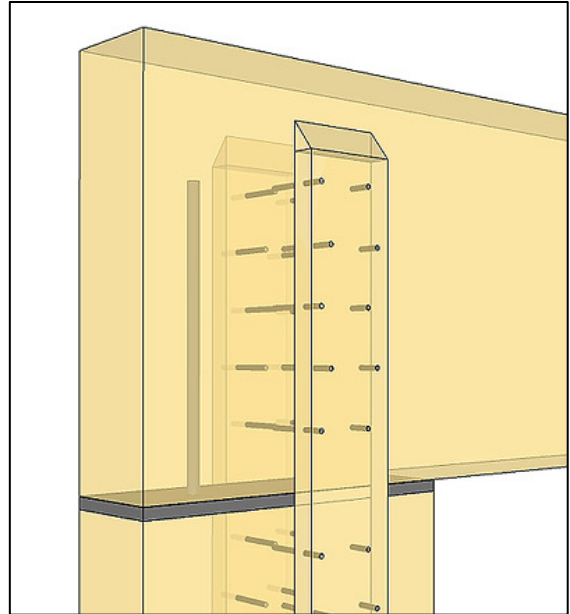
**Pääkannattajan pääty viedään pilarin ohitse**, niin että pilarin ulkolaidalle muodostuu uloke. Ulokkeen katsotaan lisäävän tehollista kosketuspintaa enintään 30 mm:n pituudelta ja tätä voidaan hyödyntää mitoituksessa. Tätä menetelmää käytettäessä seinärakenteiden asennus pääkannattajien päiden alueella voi vaikeutua.

**Pääkannattajan sisään asennetaan liimaruuvit**, joiden päät kiinnitetään teräksiseen tukilevyyn. Kuormitukset siirretään liitoksessa liimaruuvien ja teräslevyn kautta pilarille. Menetelmä on tehokas ja ulkonäöllisesti huomaamaton, mutta usein muita vaihtoehtoja kalliimpi toteuttaa.

**Osa pystysuuntaisista tukireaktioista siirretään liitososilla**, kuten hankolaudoilla tai lattateräksillä. Liitososat ja kiinnikkeet on tällöin mitoitettava siirtämään myös pystyvoimia. Liitoksen on kuitenkin kyettävä toimimaan nivelenä ja rakenteiden kosteusliikkeet on otettava huomioon. Näiden tekijöiden vuoksi tämän tyyppisen ratkaisun toteuttaminen voi olla vaativaa.



Kuva 2. Tukipinnan laajennus teräsosalla



Kuva 3. Tukipinnan laajennus liimaruuveilla

### Laajennusmenetelmän valinta

Lähtökohtaisesti pilarin ja pääkannattajan mitat pyritään saamaan niin suuriksi, ettei tukipinnan laajennukselle ole tarvetta. Jos tukipintaa kuitenkin joudutaan laajentamaan, on valittava tilanteeseen rakennusteknisesti ja ulkonäöllisesti sopivin laajennusmenetelmä. Teräsosat ovat tehokkaita menetelmiä, mutta voivat huonosti suunniteltuina olla ulkonäöllisesti epäsopivia. Suunnittelussa on lisäksi kiinnitettävä huomiota teräsosien osalta riittävään jäykkyyteen ja liimapuuvisteiden riittävään tehokkaaseen kiinnitykseen. Myös laajennusosien pintakäsittelyn on oltava säilyvyys- ja ulkonäkötekijöiden vuoksi muita rakenteita vastaava.

### Lähteet ja lisätiedot

/1/ Laine P; Liimapuurunkoisen mastokehähallin liitostekniikka; Saimaan ammattikorkeakoulu, Opinnäytetyö 2012





Kuva 1. Lovettu pilarin ja palkin liitos ruuvikiinnityksellä

### Käyttökohteet

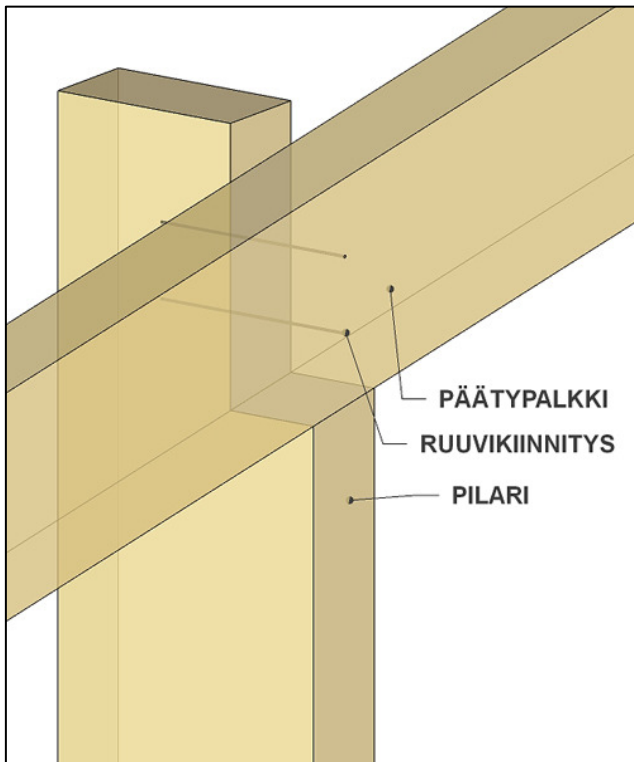
Liitostyyppiä käytetään päätyrakenteiden liitoksissa, jossa päätypalkit liitetään nurkka- ja tuulipilareihin tai muissa tilanteissa, joissa palkki on poikittain pilariin nähden, esimerkiksi välipohjapalkkien liitoksissa liimapuupilareihin ja räystäspalkkien liitoksissa.

### Liitoksen toiminta ja suunnitteluperiaatteet

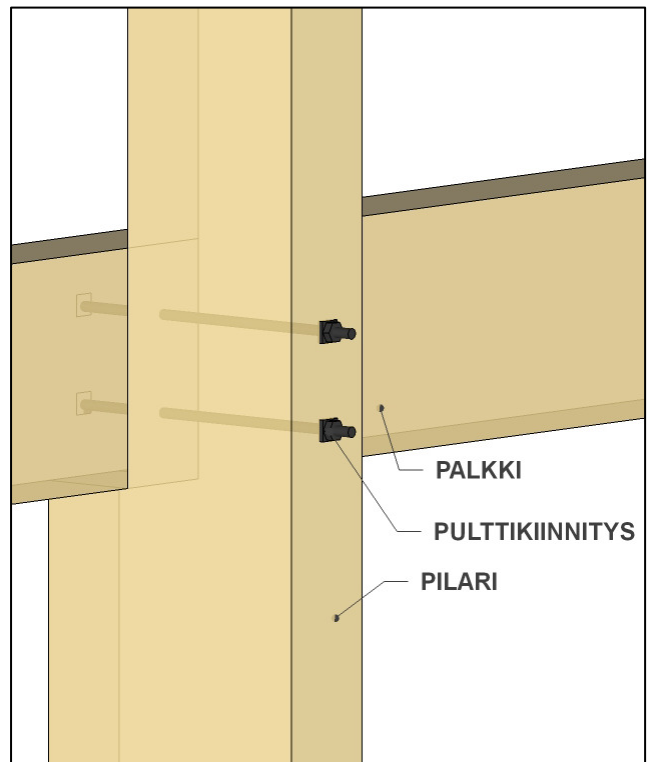
Liitoksessa pilarin yläpää lovetaan palkin leveydeltä. Palkki asennetaan loveen siten, että se tukeutuu pilariin alapinnastaan sekä toiselta sivultaan. Liitos toimii nivelliitoksena ja välittää pysty- sekä vaakavoimia. Liitos suunnitellaan siten, että alaspäin kohdistuvat pystyvoimat sekä pilarin lovettuun seinämään kohdistuvat vaakavoimat siirtyvät pintapuristuksena. Muunsuuntaiset vaakavoimat ja mahdolliset nostavat pystyvoimat siirtyvät liitososien kautta. Palkin alapinnan ja pilarin väliin mahdollisesti jäävä rako on kiilattava tiiviisti suunnitelmien mukaisen kuormien siirtymisen varmistamiseksi. Liitoksessa on huomioitava palkin epäkeskeinen kiinnitys pilariin nähden ja siitä aiheutuva lisämomentti pilarille.

### Liitososat

Palkki voidaan liittää pilariin joko palkin läpi pilariin ulottuvilla **ruuveilla** tai sekä palkin että pilarin läpi ulottuvilla **kierretangoilla**. Ruuvikiinnitystä voidaan käyttää tapauksissa, joissa kuormitukset sekä rakenteiden dimensiot ovat pieniä. Suurten rakenteiden liittämiseen käytetään kierretankoja niiden suuremman kapasiteetin vuoksi. Kiinnikkeet on sijoitettava siten, että liitos pääsee toimimaan nivelenä eivätkä pystykuormat rasita kiinnikkeitä. Liitososien koko ja määrä mitoitetaan vaikuttavien kuormitusten mukaan. Kierretankoliitoksessa myös aluslevyjen koko on mitoitettava vaakakuormitusten mukaan.



Kuva 2. Periaatekuva liitoksesta ruuvikiinnityksellä



Kuva 3. Periaatekuva liitoksesta pulttikiinnityksellä

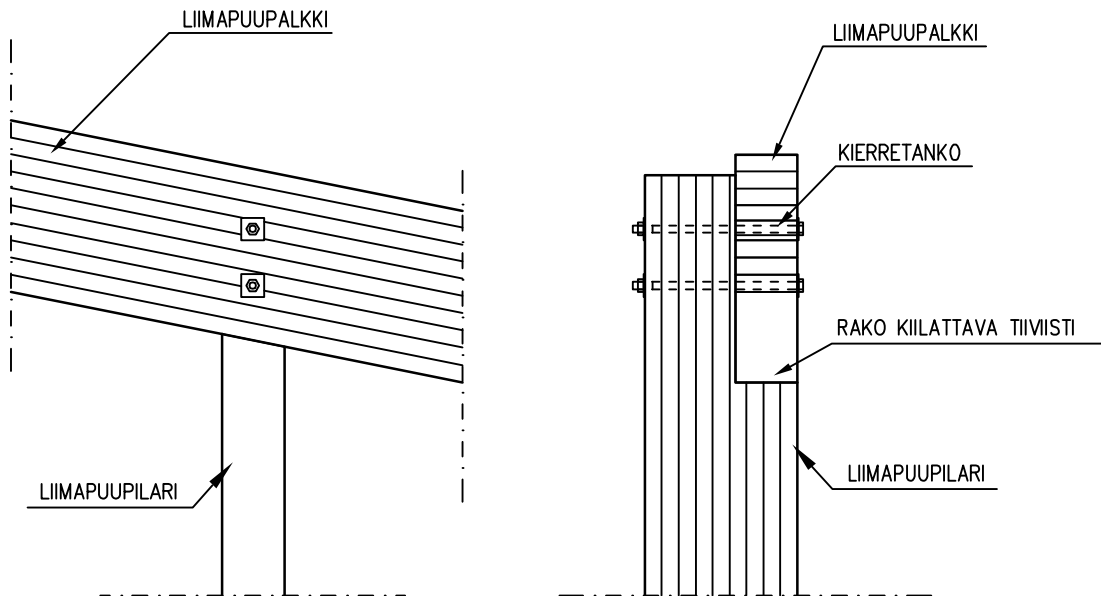
## Palosuojaus

Liitoksen palonkesto riippuu käytettävistä liitososista. Ruuviliitos on paloteknisesti kierretankoa parempi vaihtoehto, sillä ruuvien päät voidaan upottaa helposti palkin sisään palonkeston parantamiseksi. Näin päästään helposti R30 paloluokan vaatimuksiin. Kierretankokiinnityksessä puuosien pinnalla olevat teräsosat ovat paloteknisesti heikko kohta. Tarvittaessa ne on palosuojattava joko peittämällä tai palonsuojamaalilla.

## Liitoksen käytettävyys ja ulkonäkö

Lovetun pilarin ja palkin liitoksesta saadaan ulkonäöllisesti siisti, jos se suunnitellaan ja toteutetaan huolella. Pilariin tehdyn loven tulee olla siististi ja tarkasti sahattu, jotta palkin ja pilarin väliin ei jää liitoksen ulkonäköä heikentäviä rakoja. Myös pilarin ja palkin alapinnan väliin kiilatut esille jäävät puupalat voivat olla epäsiistin näköisiä. Pilariin tehtävän loven korkeus tulisi suunnitella niin, että palkki ei näy pilarin takaa eikä pilari ole myöskään liian korkea. Ulkonäöllisesti liitoksen hankalin kohta on kierretankokiinnitystä käytettäessä pilarin sisäpuoliselle pinnalle jäävät liitososat, jotka ovat harvoin siistin näköisiä. Kierretanko tulee katkaista siten, ettei esille jää pitkiä kierretangon päitä. Ulkonäkötekijöiden ja palotekniikan osalta ruuviliitos on pulttiliitosta parempi vaihtoehto, jonka vuoksi sitä tulisikin käyttää aina kun se kuormitusten suhteen on mahdollista.

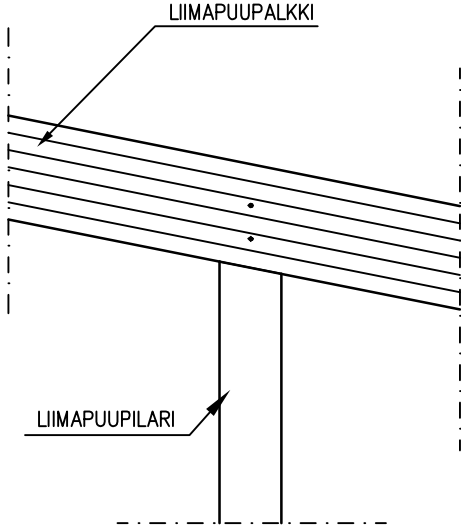
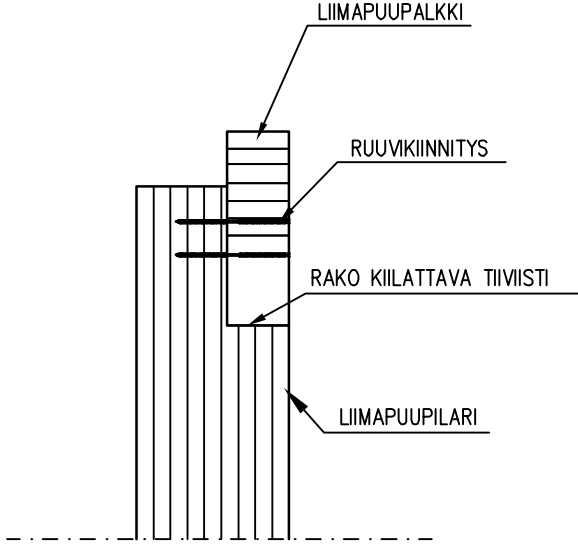
	Työn nro		DET 401
	Päiväys 16.4.2012	Tekijä PuL	
Rakennuskohde/Käyttökohde KOHDE KATUOSOITE PAIKKAKUNTA	Sisältö PILARIN JA PALKIN LIITOS LOVETTU PILARIN YLÄPÄÄ, KIERRETANKOKIINNITYS 1:20		



ESIMERKKILIITOS:

LIIMAPUUPILARI 165 x 405  
 LIIMAPUUNEN PÄÄTYPALKKI 165 x 450  
 REIKIEN PORAUUS PILARIIN TEHTAALLA, PALKKIEN TYÖSTÖ TYÖMAALLA  
 KIERRETANKO M20 L=475  
 ALUSLEVYT 60x60x6  
 MUTTERIT M20

HUOM! RAKENNESUUNNITTELIJA MÄÄRITTÄÄ MITAT, KOOT. LIITTIMET JA PALOVAATIMUKSET TAPAUSKOHTAISESTI

	Työn nro Päiväys 16.4.2012	Tekijä PuL DET 402
Rakennuskohde/Käyttökohde KOHDE KATUOSOITE PAIKKAKUNTA	Sisältö PILARIN JA PALKIN LIITOS LOVETTU PILARIN YLÄPÄÄ, RUUVIKIINNITYS 1:20	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>LIIMAPUUPALKKI</p> <p>LIIMAPUUPILARI</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>LIIMAPUUPALKKI</p> <p>RUUVIKIINNITYS</p> <p>RAKO KIILATTAVA TIIVIISTI</p> <p>LIIMAPUUPILARI</p> </div> </div> <p>ESIMERKKILIITOS:</p> <p>LIIMAPUUPILARI 165 x 405          LIIMAPUUNEN PÄÄTYPALKKI 270 x 165          RUUVIKIINNITYS, RUUVIT SFS WT-T 8.2x300 2 KPL</p> <p>HUOM! RAKENNESUUNNITTELIJA MÄÄRITTÄÄ MITAT, KOOT. LIITTIMET JA PALOVAATIMUKSET TAPAUSKOHTAISESTI</p>		

### Lähteet ja lisätiedot

/1/ Laine P; Liimapuurunkoisen mastokehähallin liitostekniikka; Saimaan ammattikorkeakoulu, Opinnäytetyö 2012



Kuva 1. Liimapuuklosseilla primääripalkin sivulle kiinnitettyjä sekundääripalkkeja

### Käyttökohteet

Liimapuurungon pääkannattajiin nähden poikkisuuntaisesti liitettävien katto-orsien, jäykistysosien ja muiden sekundääripalkkien liitokset.

### Liitoksen toiminta ja suunnitteluperiaatteet

Sekundääripalkki voidaan liittää joko primääripalkin sivulle tai päälle. Lähtökohtaisesti katto-orret pyritään liittämään primääripalkkien sivulle tilankäytön tehostamiseksi. Palkin päälle tehtävä liitos on yleisesti käytössä rakennuksen päädyissä ja tilanteissa, joissa primääripalkki on niin matala, että sivulle tehtävä liitos ei ole mahdollinen.

Primääripalkin sivulle tehty liitos siirtää pystyvoimia sekä pääosin sekundääripalkin suunnassa vaikuttavia vaakavoimia. Palkin sivulle tehtävä liitos on mahdollista tehdä myös momenttijäykäksi. Primääripalkin päälle tehtävä liitos siirtää ainoastaan pystyvoimia ja pieniä primääripalkin suuntaisia vaakavoimia. Koska sekundääripalkit liitetään yleensä kattokaltevuuden mukaisessa kulmassa, on liitoksessa huomioitava sekundääripalkin kiepahdustuenta. Yleensä primääripalkin molemmille puolille liitetään samanlaiset sekundääripalkit. Toispuoleisessa liitoksessa on huomioitava primääripalkkiin aiheutuva vääntömomentti. Kuormat siirretään sekundääripalkilta pääosin joko liitososille tai suoraan primääripalkille pintapuristuksena. Liitososilta kuormat siirretään edelleen primääripalkille mekaanisilla liittimillä.

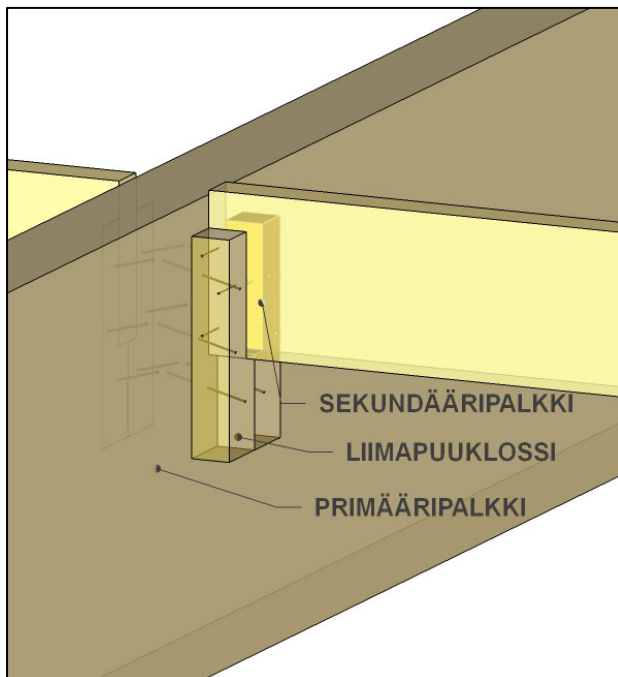
### Liitososat

Liitososina sekundääripalkkien liitoksissa suuridimensioisissa liimapuurungoissa käytetään palkkikenkiä eli niin sanottuja klosseja. Ne voivat olla joko liimapuisia tai teräksisiä.

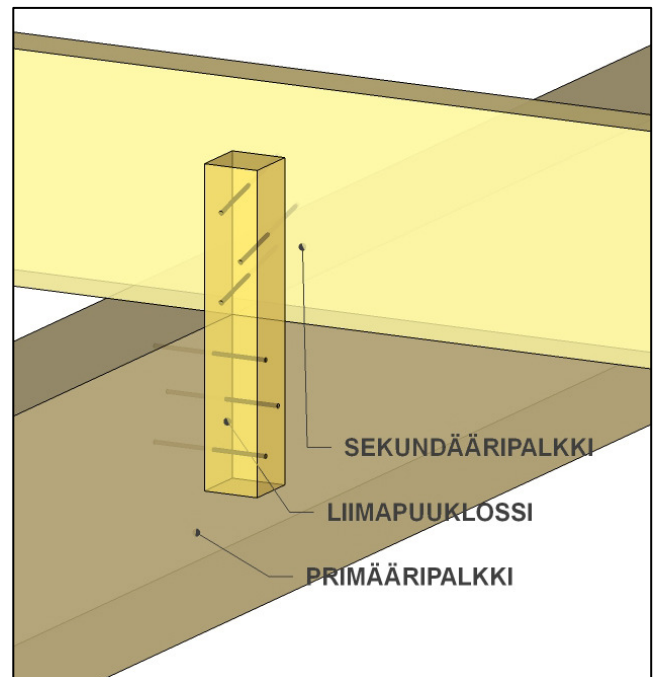
**Palkin sivulle kiinnitettävä liimapuuklossi** koostuu kahdesta sekundääripalkin mittojen ja kuormien mukaan valmistetusta liimapuuosasta, joiden väliin sekundääripalkki asetetaan. Klossi tukee palkkia sivuttaissuunnassa ja alapinnasta. Liimapuuklossi kiinnitetään primääripalkkiin ruuveilla, joiden tartuntakapasiteettia parannetaan ruuvaamalla ne yläviistoon. Sekundääripalkki kiinnitetään joko naulaamalla tai ruuvaamalla klossin sivuilta.

**Palkin sivulle kiinnitettävä hitsattu klossi** toimii samoin kuin liimapuuklossi. Se valmistetaan kuumavalssatuista teräslevyistä sekundääripalkin mittojen mukaan. Teräsklossia käytetään suurten kuormien siirtämiseen sekundääripalkilta primääripalkille ja sitä käyttämällä liitoksesta voidaan tehdä myös momenttijäykkä. Teräsklossi voidaan tehdä kaksipuolisena primääripalkin päälle tukeutuvana tai palkin sivulle kiinnitettävänä yksipuolisena osana. Kiinnitys primääripalkkiin tehdään ruuveilla primääripalkkia vasten olevan päätylevyn läpi. Sekundääripalkki kiinnitetään teräsklossiin palkin läpi tehtävällä pulttikiinnityksellä.

**Palkin päälle kiinnitettävän sekundääripalkin liimapuuklossi** on yksinkertainen suora liimapuuos, jolla sekundääripalkki liitetään primääripalkkiin. Sen kautta siirretään vaakakuormat primääripalkille ja estetään sekundääripalkin kiepahdus. Liimapuuklosseja voi olla joko vain sekundääripalkin toisella puolella tai molemmilla puolilla riippuen vaakakuormista ja palkin kiepahdusalttiudesta. Klossin kiinnityksessä käytetään ruuveja, jotka ruuvataan yläviistoon sekundääripalkissa.



Kuva 2. Palkin sivulle kiinnitettävä liimapuuklossi



Kuva 3. Sekundääripalkki primääripalkin päällä

### Palosuojaus

Käytettäessä liimapuusta valmistettuja liitososia sekundääripalkkien liitokset saadaan helposti täyttämään R30-luokan palonkestovaatimukset. Liitososien mitat ja liittimien etäisyydet valitaan siten että liitos täyttää asetetut vaatimukset. Ruuvien päät voidaan lisäksi tarvittaessa upottaa liitososien sisään palonkeston parantamiseksi.

Teräksisten palkkikien palonkesto määräytyy käytettyjen materiaalipaksuuksien ja liittinten koon mukaan. Konepajoilla valmistetuilla liitososilla ei ole palonkestoluokitusta, joten liitososien palonkesto-ominaisuudet on määriteltävä tapauskohtaisesti. Myös teräksiset palkkikengät saadaan täyttämään R30-luokan vaatimukset riittävillä materiaalipaksuuksilla ja reunaetäisyyksillä. Liitososat on lisäksi mahdollista palonsuojamaalata tarvittaessa.

### Liitoksen käytettävyys ja ulkonäkö

Rakennuksessa ei välttämättä tarvita lainkaan sekundääripalkkeja, jos käytetään kattorakenteita, joiden kantosuunta on pääkannattajiin nähden poikittain. Tällöin kattorakenteet voidaan kiinnittää suoraan pääkannattajien päälle ja ne voivat toimia samalla rungon jäykistysosina.

Sekundääripalkkeja tai katto-orssia käytetään jos kattorakenteen kantosuunta on pääkannattajien suuntainen tai jos sekundääripalkkeja käytetään rungon jäykistysosina. Liitettäessä sekundääripalkkeja pääkannattajan sivulle liimapuuklossi on teräksistä palkkikengää edullisempi liitosratkaisu. Lisäksi se on yleensä ulkonäöllisesti siistimpi kuin teräksiset vaihtoehdot. Näiden tekijöiden sekä hyvän palonkeston vuoksi liimapuuklosseja käytetään nykyisin teräskengkiä enemmän.

Puiset katto-orret liitetään yleensä pääkannattajan päälle. Niiden kiinnityksessä käytetään joko liimapuuklosseja tai tehdasvalmisteisia kulmateräksiä. Kulmateräket soveltuvat hyvin pienidimensioisten orsien liitoksiin, jossa kuormat ovat pieniä. Siksi ne ovat liimapuuklosseja yleisempiä liitososia katto-orsien kiinnityksessä. Liitettäessä suurempia orsia tai sekundääripalkkeja pääkannattajien päälle ovat liimapuuklossit toimivia kiinnitysosia ja tukevat sekundääripalkkeja sivuttaissuunnassa.

Koska primääripalkkien sivulle kiinnitettävien sekundääripalkkien liitokset ovat näkyvissä rakennuksen sisälle, on liitosten ulkonäköön kiinnitettävä huomiota. Liitososien ulkonäköä voidaan parantaa liimapuuklossien osalta esimerkiksi muotoilemalla klossien kulmia, pintakäsittelmällä klossit samoin kuin runkorakenteet sekä peittämällä ruuvireiät. Teräskengien ulkonäköä voidaan parantaa kiinnittämällä huomiota liitososien muotoiluun ja tilanteeseen sopivalla maalauksella.

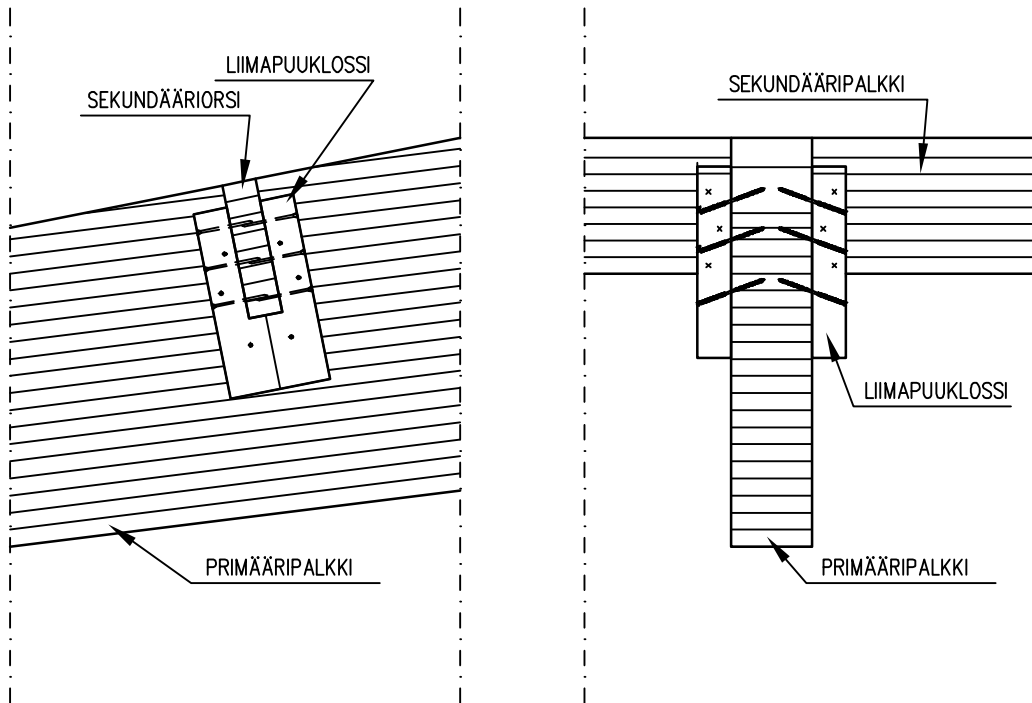


Kuva 4. Liitos liimapuuklossilla pääkannattajan päälle



Kuva 5. Katto-orret pääkannattajien päällä

	Työn nro		DET 501
	Päiväys 11.4.2012	Tekijä PuL	
Rakennuskohde/Käyttökohde KOHDE KATUOSOITE PAIKKAKUNTA	Sisältö PÄÄKANNATTAJAN JA SEKUNDÄÄRIPALKIN LIITOS LIIMAPUUKLOSSILIITOS PÄÄKANNATTAJAN SIVULLE 1:20		



ESIMERKKILIITOS:

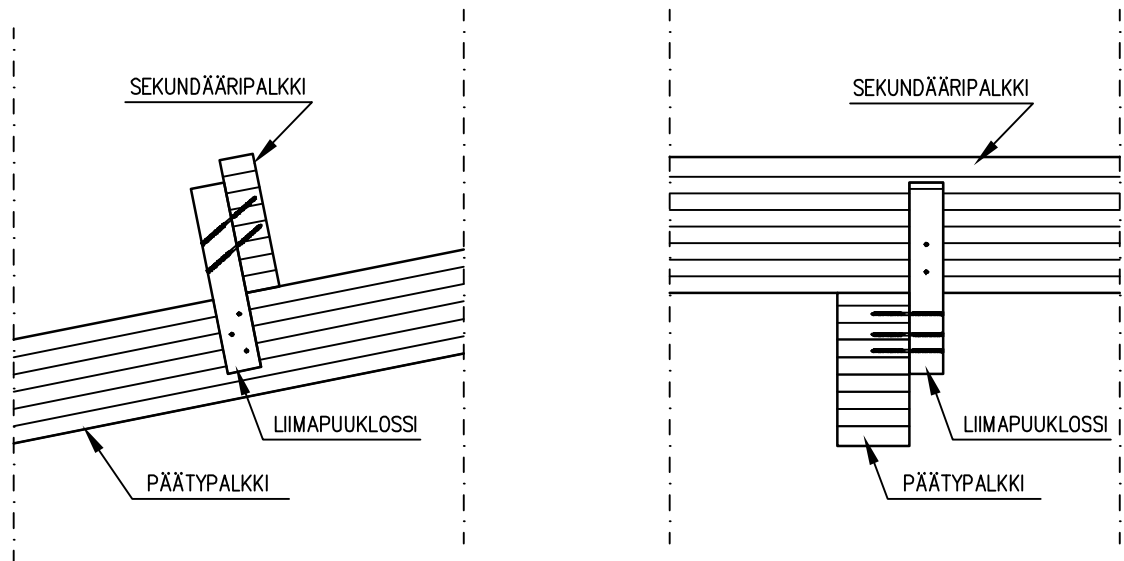
PÄÄKANNATTAJA, LIIMAPUINEN BUMERANGIPALKKI

LIIMAPUUKLOSSI PÄÄKANNATTAJAN MOLEMMIN PUOLIN, KIINNITYS RUUVEIN WT-T 6.5x190 6+6 KPL / KLOSSI, RUUVATAAN 60° KULMAAN  
LIIMAPUINEN SEKUNDÄÄRIPALKKI 90 x 360, KIINNITYS KLOSSIIN NAULOILLA 4.2x150 3+3 KPL / PALKKI

HUOM! RAKENNESUUNNITTELIJA MÄÄRITTÄÄ MITAT, KOOT. LIITTIMET JA PALOVAATIMUKSET TAPAUSKOHTAISESTI



	Työn nro		DET 502
	Päiväys 11.4.2012	Tekijä PuL	
Rakennuskohde/Käyttökohde KOHDE KATUOSOITE PAIKKAKUNTA	Sisältö PÄÄKANNATAJAN JA SEKUNDÄÄRIPALKIN LIITOS LIIMAPUUKLOSSILIITOS PÄÄKANNATAJAN PÄÄLLE 1:20		



ESIMERKKILIITOS:

PÄÄKANNATAJA, LIIMAPUUNEN PÄÄTYPALKKI 190 x 405  
 LIIMAPUUNEN SEKUNDÄÄRIPALKKI 90 x 360  
 SEKUNDÄÄRIPALKIN KIINNITYS LIIMAPUUKLOSSILLA 90 x 90 x 510 PÄÄKANNATAJAN PÄÄLLE,  
 KIINNITYS RUUVEIN WT-T 6.5x190 3+2 KPL / KLOSSI, RUUVATAAN SEKUNDÄÄRIPALKKIIN 60° KULMAAN

HUOM! RAKENNESUUNNITTELIJA MÄÄRITTÄÄ MITAT, KOOT. LIITTIMET JA PALOVAATIMUKSET TAPAUSKOHTAISESTI

	Työn nro	DET 503
Rakennuskohde/Käyttökohde KOHDE KATUOSOITE PAIKKAKUNTA	Päiväys 16.4.2012	
	Sisältö PÄÄKANNATAJAN JA SEKUNDÄÄRIPALKIN LIITOS TERÄSKLOSSILIITOS PÄÄKANNATAJAN SIVULLE 1:20	
<p>ESIMERKKILIITOS:</p> <p>LIIMAPUINEN PÄÄKANNATAJA 1080 x 215          LIIMAPUINEN SEKUNDÄÄRIPALKKI 810 x 215          KAKSIPUOLINEN TERÄSKLOSSI, SEKUNDÄÄRIPALKKIEINNIITYKSEKSI, KIERRETANKO M20</p> <p>HUOM! RAKENNESUUNNITTELIJA MÄÄRITTÄÄ MITAT, KOOT, LIITTIMET JA PALOVAATIMUKSET TAPAUSKOHTAISESTI</p>		

### Lähteet ja lisätiedot

/1/ Laine P; Liimapuurunkoisen mastokehähallin liitostekniikka; Saimaan ammattikorkeakoulu, Opinnäytetyö 2012