



HalliPES2.0

Sisällys

0 YLEISTÄ	6
Johdanto.....	6
0.1 Sisältö.....	9
0.2 Rakennustuotteiden hyväksyntämenettelyt	9
0.3 Teollisen puuelementin hankintaprosessi	10
0.3.1 Toimituksen sisältö	11
0.3.2 Erityispiirteitä sopimuksessa	12
0.3.3 Suunnittelun vaiheistus ja aikataulu	12
0.3.4 Yhteistoiminta mahdollisuutena	14
1 HALLIEN PALOLUOKAT.....	15
Johdanto.....	15
1.1 Paloluokat.....	15
1.2 Puurakenteet eri paloluokissa	15
1.3 Palomääräyksien vaatimuksenmukaisuuksien osoittaminen	20
2 JATKUVAN SORTUMAN HUOMIOIMINEN PUUHALLISSA.....	21
Johdanto.....	21
3 PÄÄKANNATTIMET JA RUNKOTYYPIT	25
Johdanto.....	25
3.1 Pääkannattimet	25
3.1.1 Harjapalkki	25
3.1.2 Mahapalkki	26
3.1.3 Bumerangipalkki.....	27
3.1.4 Pulpettipalkki	28
3.2 Muita pääkannattimia	29
3.3 Kolminivelkehät.....	30
3.4 Kustannustekijät kantavaa runkoa suunniteltaessa	32
3.5 Runkotyytit	32
3.6 Runkojen muuntojoustavuus	36
3.7 Lastauslaituri	40

3.8 Siltanosturi	40
3.9 Puurungon suunnittelun erityispiirteitä	44
3.9.1 Mastopilarin nurjahduspituuden määrittäminen	44
3.9.2 Kosteusmuodonmuutosten huomioiminen hallin pituussuunnassa	45
4 PUURUNKOISET KATTOELEMENTIT	47
Johdanto	47
4.1 Itsekantavat puurunkoiset elementit	49
4.2 Puurunkoisten kattoelementtien valmistus, varastointi ja asennus	50
4.3 Kattoelementtien tuuletus	54
4.4 Räystäät ja vedenpoisto	55
4.4.1 Sisäpuolinen vedenpoisto	55
4.4.2 Ulkopuolinen vedenpoisto	56
4.4.3 Minimikattokaltevuudet	56
4.4.4 Kattokaivot	57
4.4.5 Kattoelementin varustelut ja muut erityispiirteet	58
5 SEINÄELEMENTTITYYPIT	59
Johdanto	59
5.1 Ei-kantavat rankaseinäelementit	59
5.2 Ei-kantavat CLT-seinäelementit	60
6 MODUULIIVIVASTO	62
Johdanto	62
6.1 Massiivipuurunkoinen halli	62
6.1.1 Moduuliviivojen sijainti	62
7 PERUSTUKSET	65
Johdanto	65
7.1 Mastopilarin perustus	65
7.2 Nivelpäisen pilarin perustus	66
7.3 Kolminivelkehän perustus	67
8 JÄYKISTYS	69
Johdanto	69

8.1 Käsitteitä.....	69
8.2 Vaatimukset jäykistysuunnittelulle.....	69
8.3 Jäykistyssysteemin voimat.....	70
8.3.1 S-kiepahdus / S-nurjahdus (2. muoto)	70
8.3.2 Kiepahdus / Nurjahdus (1. muoto)	78
8.4 Tuulikuorma.....	80
8.5 Lisävaakavoima	81
8.6 Muut ulkoiset vaakakuormat	83
8.7 Stabiilituennan mitoitus	84
8.7.1 S-kiepahdus / S-nurjahdus (EC 5).....	85
8.7.2 S-kiepahdus / S-nurjahdus (VTT-S-05262-14).....	88
8.7.3 Kiepahdus / Nurjahdus (EC 5)	89
8.7.4 Yksittäisten rakenneosien stabiilituennan	91
8.8 Rakennuksen kokonaisjäykistys	94
8.9 Rakennuksen pituussuuntaisten jäykisterakenteiden mitoitus.....	97
8.10 Rungon jäykistäminen palotilanteessa.....	100
9 TOLERANSSIT	101
Johdanto.....	101
9.1 Seinäelementtien valmistustarkkuudet.....	101
9.2 Kattoelementtien valmistustarkkuudet.....	103
9.3 Rungon asennustarkkuudet.....	104
10 VOIMALIITOKSET	110
Johdanto.....	110
11 LVI-ASENNUKSET.....	127
Johdanto.....	127
11.1 Ripustuskuormat.....	127
11.2 Ilmanvaihtokanavien reititys.....	127
12 RAKENNETYYYPIT	129
Johdanto.....	129
12.1 Kattoelementin suunnittelu.....	130

13 LIITTYMÄDETALJIT	138
Johdanto.....	138
14 ERITYISKYSYMYKSET.....	160
Johdanto.....	160
14.1. Uimahalli ja kylpylä	160
14.2. Jäähalli.....	160
14.3. Muita huomioita liimapuurunkoon liittyen	161
14.4. Rakenneliimattu puurunkoinen kattoelementti.....	161
14.5. Rakenneliimatun kattoelementin suunnittelu	162
15 LIITTEET	166

0 Yleistä

Johdanto

HalliPES 1.0 julkaistiin vuonna 2014. Päivitetty versio, HalliPES 2.0, sisältää seuraavanlaisia muutoksia:

- Lainsäädäntöön liittyvät ajantasaistukset
- Ohjeistuksen kohdentaminen kantaviin massiivipuurunkoisiin rakennuksiin huomioiden myös hybridirunkoratkaisut (teräs/betoni/puu)
- Puukattoelementtiosuuden tarkennukset ja lisäykset
- Rakennetyyppi- ja liittymädetaljiikkapäivitykset
- CLT-materiaalin huomioiminen seinärakenteissa

HalliPES on avoin puuelementtistandardi, joka määritelmillään vakioi suuren jännevälän erillis-runkoisten hallimaisten rakennusten rungon elementointia ja voimaliitoksia. HalliPES käsittelee pääsääntöisesti seuraavia rakennustyyppejä:

- Teollisuushalli
- Varastohalli
- Urheiluhalli
- Kokoontumis- ja liikerakennus
- Pihattonavetta
- Ratsastusmaneesi

HalliPES -ohjeistuksella on mahdollista toteuttaa muunkinlaisia rakennustyyppejä, joissa runko-rakenteina on tämän puuelementtistandardin esittelemät rakennustuotteet ja puuelementit.

HalliPES luo puurakentamisen tilaajille, suunnittelijoille ja toteuttajille käyttökelpoisen ja kilpailukykyisen rakennustavan, jossa

- rakennuksen runko voidaan suunnitella yhtenäisiä ja yleisesti hyväksyttyjä periaatteita noudattaen ottamatta kantaa, kuka rakennuksen toteuttaa ja kenen ratkaisuja siinä käytetään
- eri puurakenneratkaisujen toimittajat pystyvät tarjoamaan kohteen yhtäläisesti ja kustannustehokkaasti
- eri runkomateriaalivalmistajien ratkaisut ovat tarvittaessa suunnittelussa ja työmaalla helposti liitettävissä toisiinsa.

Yhtenäinen HalliPES

- parantaa tilaajien puurakenteisen ja hybridirunkoisten rakennuksen hankintamahdollisuuksia
- helpottaa puurakennusten suunnittelua ja suunnittelun tilaamista sekä tarvittavien viranomaishyväksyntöjen saamista

- tuo samaan aikaan tarjolle useamman valmistajan puuratkaisut ja parantaa tilaajan kilpailuttamismahdollisuuksia
- parantaa puurakentamisen laatua ja sen hallintaa
- luo yhteisiä pelisääntöjä puuelementtien toimitussisältöihin ja sopimusehtoihin
- mahdollistaa nopean työmaavaiheen
- luo yhtenäiset kriteerit suunnittelun ja toteutuksen laadulle.

HalliPES vakioi mm. runkotyypit, kattoelementtien liittymät, voimaliitokset, moduuliviivastojen sijainnin. Vakioinnin ansiosta pääsuunnittelijat pystyvät muodostamaan rakennuksen rungon jo suunnittelun alkuvaiheessa, ottamatta kantaa elementtitoimittajaan. Voimaliitosten vakiointi mahdollistaa myös sen, että tarvittaessa eri valmistajien elementtejä voidaan liittää toisiinsa. HalliPES antaa kuitenkin mahdollisuuden muuttaa kannatintyyppejä, kehäjakoa, rakennetyypin sisältöä yms. täysin vapaasti, kunhan noudatetaan esitettyjä, vakioituja periaatteita. Liittymien vakioinnin ansiosta liittymän tiivistäminen ja voimien siirtäminen rakenneosalta toiselle pysyy yksinkertaisena. Myös elementtien valmiusaste voidaan valita, vaikka pyrkimys on ollut mahdollisimman valmiiseen ja yksinkertaiseen toteutustapaan.

Elementtien liittymien vakioinnin lähtökohtana on ollut mahdollistaa

- työmaavaiheen nopeus elementtien "kerralla valmis" -asennusperiaatteella
- yksinkertainen liitostapa ja vakioidut liittimet
- yksinkertainen elementtien saumojen tiivistäminen
- mahdollisimman korkea esivalmistusaste
- liitosten lujuus ja voimien välittyminen niissä suoraviivaisesti
- kosteustekninen turvallisuus ja ilmatiiviys
- eri valmistajien tasavertaiset edellytykset kehittää ja tarjota järjestelmään yrityskohtaisia ratkaisuja.

Tässä teoksessa esitetään HalliPES:in periaatteet sekä esimerkkejä rakennetyypeistä ja liittymädetaljeista. Esitetyt rakenneratkaisut ovat periaatteellisia, joiden perusteella eri yritykset voivat kehittää omia yksityiskohtaisia ratkaisuja näin halutessaan. Kantavien rakenteiden ja liitosten mitoitus sekä rakenteiden palo-, ääni- ja kosteustekniset tarkastelut tehdään aina tapauskohtaisesti rakennuskohteen vaatimukset huomioiden. Rakenteiden mitoitus tehdään aina eurokoodien mukaan. Esitettyjen ratkaisujen soveltamisesta rakennuskohteisiin vastaa aina kohteen vastaavat suunnittelijat.

Opas löytyy ilmaiseksi osoitteesta www.puuinfo.fi. Puuinfo Oy on suomalainen vastuullinen puunkäytön edistäjä, jonka toiminnan tarkoitus on uusiutuvien puutuotteiden innovatiivisen käytön kasvattaminen. Puuinfo vastaa ohjeen julkaisemisesta ja julkaisee sivuillaan laajasti avointa ohjeistusta puurakentamiseen liittyen.

Tätä teosta aiotaan tulevaisuudessa edelleen kehittää, joten kaikki kehitysehdotukset otetaan mielellään vastaan. Kehitysehdotukset voi esittää osoitteessa <http://www.puuinfo.fi/palaute>. Palautteen otsikoksi pyydetään laittamaan HalliPES 2.0.

Vuonna 2024 HalliPES 2.0 -päivitystyön tilaajana on toiminut Puutuoteteollisuus Ry ja Opetus- ja kulttuuriministeriö. Ohjeen toteuttamiseen on saatu avustusta opetus- ja kulttuuriministeriön lii-
kuntapaikkarakentamisen tutkimus- ja kehittämismäärärahoista.

Päivitysprojektin ohjausryhmään kuuluivat:

Sauli Ylinen, Puutuoteteollisuus ry

Marko Kellberg, Lapwall Oyj

Petri Silvonen, Lapwall Oyj

Riku Bomberg, Lapwall Oyj

Susanna Pyykkönen, Crosslam Oy

Antti Taipale, A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Matias Kangasniemi, A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Henri Salonen, A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Jarkko Rantamäki, Opetus- ja kulttuuriministeriö



OPETUS- JA KULTTUURIMINISTERIÖ
UNDERSVINGS- OCH KULTURMINISTERIET

PUUINFO



Puutuoteteollisuus

0.1 Sisältö

HalliPES 2.0 sisältää seuraavat osat:

- Osa 0: Yleistä
- Osa 1: Hallien paloluokat
- Osa 2: Jatkuvan sortuman huomioiminen
- Osa 3: Pääkannattimet ja runkotyypit
- Osa 4: Puurunkoiset kattoelementit
- Osa 5: Seinäelementit
- Osa 6: Moduuliviivasto
- Osa 7: Perustukset
- Osa 8: Jäykistys
- Osa 9: Toleranssit
- Osa 10: Voimaliitokset
- Osa 11: LVI-asennukset
- Osa 12: Rakennetyypit
- Osa 13: Liittymädetaljit
- Osa 14: Erityiskysymykset
- Osa 15: Liitteet

0.2 Rakennustuotteiden hyväksyntämenettelyt

Rakennustuotteen kelpoisuus tulee osoittaa aina jollakin tuotehyväksyntämenettelyllä. Jos tuote ei ole CE-merkitty, voidaan kelpoisuus osoittaa seuraavilla menettelyillä:

- a) tyyppihyväksyntä
- b) varmennustodistus
- c) valmistuksen laadunvalvonta
- d) rakennuspaikkakohtainen selvitys (esim. vapaaehtoinen tuotesertifikaatti)

Puuelementtejä ei voida CE-merkitä eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin (hEN) avulla, koska kyseistä standardia ollaan vasta laatimassa. Puuelementeille voidaan kuitenkin hakea jokin seuraavassa esitetyistä vapaaehtoisista hyväksynnöistä.

Tyyppihyväksyntä on Suomessa käytössä oleva rakennustuotteiden vapaaehtoinen hyväksyntämenettely niille tuotteille, joista säädetään ympäristöministeriön tyyppihyväksyntäasetuksessa. Tästä johtuen tyyppihyväksyntä on raskas menettely, koska se voidaan myöntää ainoastaan kyseisen tuotteen tyyppihyväksyntää koskevan ympäristöministeriön asetuksen sekä maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti. Tällä hetkellä ei ole olemassa tyyppihyväksyntäasetusta puuelementeille.

Varmennustodistus (suositus) on Suomessa käytössä oleva rakennustuotteiden vapaaehtoinen hyväksyntämenettely. Varmennustodistus on tyyppihyväksyntää hallinnollisesti kevyempi menettely ja sen antaa ympäristöministeriön hyväksymä toimitus (ilmoitettu laitos). Varmennustodistuksessa annettavat tiedot vaihtelevat tuote- tai tuote ryhmäkohtaisesti. Toimitus antaa

varmennustodistuksen joko tuotteen valmistuksen jatkuvan varmentamisen tai toimituseräkohtaisen näytetarkastuksen perusteella. Varmennustodistus edellyttää valmistajan suorittamaa tuotannon aikaista omaa laadunvalvontaa ja laadunvalvonnan varmentamista laadunvalvonnan varmentajan toimesta. (Ks. www.ym.fi dokumentti "Varmennustodistuksen arviointiperusteet".)

Valmistuksen laadunvalvonta on Suomessa käytössä oleva rakennustuotteiden vapaaehtoinen hyväksyntämenettely. Rakennustuotteen valmistaja voi osoittaa ylläpitämällään tehtaan sisäisellä laadunvalvontajärjestelmällä, että rakennustuote ominaisuuksiensa puolesta täyttää sille säädetyt olennaiset tekniset vaatimukset valmistajan ilmoittamassa käyttötarkoituksessa. Ympäristöministeriön hyväksymä laadunvalvonnan varmentaja varmentaa tuotannon sisäisen laadunvalvontajärjestelmän. Varmentajan on ilmoitettava käyttämänsä arviointiperusteet sertifikaatissaan.

ETA (European Technical Assessment) on vapaaehtoinen hyväksyntämenettely, joka on voimassa koko EU:ssa. ETA:n hakeminen prosessina on raskas, mutta se johtaa automaattisesti tuotteen CE-merkintään (ETA:n saaneet tuotteet on pakko CE-merkitä).

Rakennuspaikkakohtainen selvitys on Suomessa käytössä oleva rakennustuotteiden vapaaehtoinen hyväksyntämenettely. Rakennuspaikkakohtainen varmentaminen tarjoaa rakennusvalvontaviranomaisille mahdollisuuden varmistaa, että rakennustuote on turvallinen ja soveltuu käytettäväksi kyseisessä rakennuksessa. Tähän menettelyyn joudutaan tavallisesti, jos rakennustuotteella ei ole mitään edellä esitetyistä hyväksynnöistä. Näin ollen tätä voidaan pitää ns. viimeisenä keinona osoittaa rakennustuotteen kelpoisuus. Rakennuspaikkakohtainen selvitys joudutaan tekemään rakennuskohtaisesti aina uudelleen.

0.3 Teollisen puuelementin hankintaprosessi

Teollisten valmistettujen rakennusosien tai kokonaisten rakennusten ostaminen ei eroa muusta rakennusalan hankintatoimesta, mutta valmistuksen erikoispiirteet on huomioitava osana hankintaa, jotta teollisen valmistamisen edut saadaan ulosmitattua tilaajan hyödyksi.

Tässä luvussa käsitellään yleisesti tuoteosatoimitukseen liittyviä periaatteita ja se koskee kokonaisen hallin hankkimista tai yksittäiseen tuoteosan tilaamista, esimerkiksi kattoelementtien hankintaan liittyviä kysymyksiä. Samat keskeiset asiat ovat tärkeitä käsitellä kaikille osapuolille - oli kyse rakennushankkeeseen ryhtyvistä, urakoitsijasta tai tuoteosatoimittajasta tai kohteen pääsuunnittelijoista.

Keskeinen määritelmä on tuoteosatoimitus tai tuoteosakauppa. Tällä tarkoitetaan urakkamuotona pienehköä teknisen ratkaisun urakkaa. Keskeisenä erona tavanomaiseen urakkaan on, että teknisen ratkaisun suunnittelu sisällytetään osaksi toimitusta. Suunnittelu- ja toteutusvastuu kuuluu tällöin toimitukseen toimituksen osalta. Tulee huomata, että kohteen pääsuunnittelijat vastaavat aina kohteen suunnittelun kokonaisuudesta ja yhteensovittamisesta. Vastaavasti vastaava työnjohtaja vastaa aina toteuttamisen kokonaisuudesta ja yhteensovittamisesta. Pääsuunnittelija on velvollinen tarkastamaan tuoteosatoimituksen suunnitelmat ja tuoteosatoimittaja on velvollinen esittämään riittävät laskelmat oman toimituksensa osalta, jotta pääsuunnittelija pystyy ne tarkastamaan.

0.3.1 Toimituksen sisältö

Tuoteosatoimitus pitää sisällään varsinaisen tuotteen lisäksi tyypillisesti asennuksen ja tuotteen suunnittelun mitoituksineen. Tästä johtuen työnjaossa tulee teknisen tuotteisiin liittyvän urakkarajan lisäksi sopia suoritteiden urakkarajasta ja suunnittelun urakkarajasta.

Suunnittelusisältö on tyypillisesti iteratiivinen ja se tulee huomioida suunnitteluprosessissa. Päälinja on, että kohteen pääsuunnittelijat vastaavat rakenteesta kokonaisuutena ja tuoteosatoimittaja omasta toimituksestaan. Pääsuunnittelija tarkastaa ja hyväksyy tuoteosatoimituksen suunnitelmat. Tarkastusta varten toimitettavasta suunnitteluaineistosta kannattaa sopia jo suunnittelusopimista tehtäessä ja tarkastukseen tulee varata aikaa ja resursseja.

Käytännössä molemmat suunnitteluosapuolet antavat toisilleen kriittisiä lähtötietoja. Näitä voivat olla esimerkiksi tuotteen kuormitustiedot pääsuunnittelijalle ja vaikkapa jäykistysjärjestelmän tiedot lähtötietona tuoteosasuunnittelijalle. Tulee huomata, että nämä tiedot voivat vaikuttaa merkittävästi tarjouksen laatimiseen. Tuoteosatoimittajilla on tyypillisesti erilaisia tarkastuslistoja, kuten tarvittavien lähtötietojen listoja koskien omaa tuotettaan ja näitä kannattaa hyödyntää osana pääsuunnittelua.

Toinen huomioitava seikka on, että suunnittelun edistyttyä voi ilmetä kehitysehdotuksia. Iteratiiviselle suunnitteluvaiheelle pitää varata aika hankeaikataulusta ja toisaalta on hankkeen edun mukaista, että esitetyt muutosehdotukset kyetään käsittelemään ja tilaajan niin halutessa myös viemään muutoksena suunnitelmiin.

Kolmas seikka on kolmannen osapuolen tarkastukset. Nämä tulisi tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta mahdolliset kommentit kyetään huomioimaan parhaimmillaan jo ennen tuoteosatoimituksen kaupan solmimista

Asennustyön ja valmistuksen osalta tulee varmistaa onko rakennusluvassa vaadittu puurakenteiden työnjohtajaa nimettäväksi hankkeeseen. Jos tilaaja käyttää erityisiä laatujärjestelmiä (RTS-pisteytys, LEED, vast.) kannattaa niitä varten tuotettavasta dokumentaatiosta sopia osana sopimusta. Tyypillisesti laatujärjestelmien käyttö harvoin vaatii muutoksia prosessiin, mutta tuotettavaan dokumentaatioon ne yleensä vaikuttavat. Käytettyjen tuotteiden osalta tulee varmistaa, että niillä on tuotehyväksyntä ja käydä läpi, mitä tuotehyväksyntä pitää sisällään. Jos elementtituotteeseen lisätään tehtaalla esimerkiksi taloteknisiä tuotteita, ne eivät usein sisälly puuelementin tuotehyväksyntään. Toinen tyypillinen esimerkki voivat olla tavanomaisesta poikkeavat pintakäsittelyt, esimerkiksi palosuojamaalaus. Tuotehyväksyntä tulee varmistaa tapauskohtaisesti. Käytettäessä vakiotuotteita hyväksyntä on erittäin helppo tilaajan kannalta.

Asennustyön osalta tulee sopia normaalit aliurakoitsijoita koskevat keskeiset yhteistoimintaan liittyvät seikat, kuten työmaasähköt, tukeutuminen sosiaalituloihin ja muut vastaavat asiat.

Puuelementeissä on tyypillisesti paljon kosteudenhallinnassa käytettyjä suojia ja näiden käsitteystä tulee sopia osana sopimusta. Kosteudenhallintaan liittyvät vastuut ja käytännöt kannattaa sopia osana sopimusta. Kosteudenhallinnan osalta kannattaa konsultoida toimittajaa, koska eri tuotteilla on hyvin erilaisia vaatimuksia ja toteutusmahdollisuuksia. Tyypillinen väärinymmärrys on, että kaikki puutuotteet pitäisi suojata teltalla asennuksen aikana. Tämä ei pidä paikkaansa; on varmistettava aina tuotekohtaisesti, minkälaisen asennustavan valittu tuote vaatii.

Kosteudenhallinnan suunnittelu keskittyy liiaksi asennuksenaikaiseen suojaukseen. Yhtä tärkeää on huomioida myös valmistuksen, kuljetuksen, varastoinnin sekä käytönaikainen kosteudenhallinta.

0.3.2 Erityispiirteitä sopimuksessa

Ensimmäinen keskeinen asia on tunnistaa, että onko hankinnassa kyse rakennustuotteiden toimitamisesta vai urakasta. Sopimusehtoja ja hankintatapaa valittaessa tulee huomioida, että RYHT-ehtoiseen toimitukseen ei voida sisällyttää töitä työmaalla kuin vähäisissä määrin. Tilaajan ja toimittajan kannalta voi tietyissä tilanteissa olla järkevää sopia erillisestä YSE-ehtoisesta asennussopimuksesta ja tuotteiden valmistamisesta RYHT-ehtoisesti. Sopimuksen rakenne riippuu suuresti toimituksen sisällöstä ja tulee aina käydä lävitse tapauskohtaisesti.

Sopimuksessa kannattaa kiinnittää erityisesti huomioita teollisen valmistamisen prosessia muuttaviin seikkoihin. Näitä ovat hankinnan aikaistuminen, nopeampi läpimenoaika ja suunnitteluvaiheen korostuminen. Tämä vaikuttaa niin suunnittelusopimuksiin, pääurakoitsijan sopimuksiin kuin tuoteosakauppaankin.

Teknisessä urakkarajassa kannattaa huomioida, että eri osapuolten kanssa sovitut toimitussäälöt ovat keskenään yhteensopivia. Esimerkiksi jos kattoelementtitoimituksessa on käytetty tiettyä alustamateriaalia, tulee yleensä lopullisessa pinnassa käyttää saman tuoteperheen tuotetta.

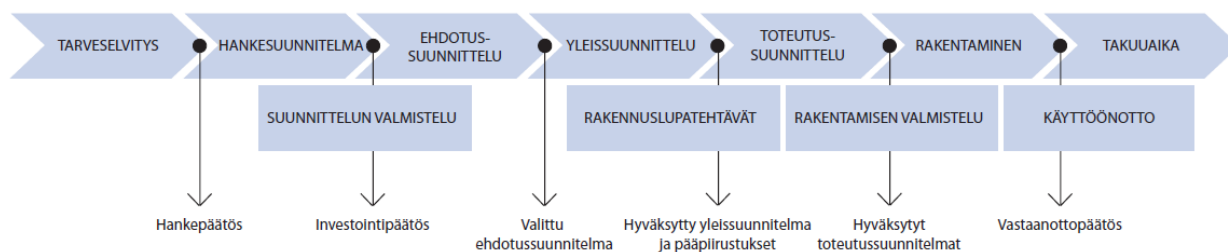
Suunnittelusopimuksessa kannattaa huomioida suunnittelun urakkarajan lisäksi mahdollinen iteratiivinen tuotantosuunnitteluvaihe. Se, mitä kuvia hyväksytään tuoteosasuunnittelusta ja mitä lähtötietoja suunnittelija tarvitsee oman suorituksena tekemiseen. Näistä tulee sopia. Aikataulu ja mahdolliset mallikatselmukset kannattaa myös käydä läpi jo ennen sopimuksen laatimista.

Tuoteosakaupalle on tyypillistä, että toimitus on luovutettu merkittävästi ennen koko kohteen valmistumista. Tämän vastaanoton sopiminen ja sen suorittaminen oikea-aikaisesti kannattaa sopia kirjallisesti osaksi sopimusta.

Sopimuksellisia erityispiirteitä on käsitelty tarkemmin RT-kortissa RT 103546.

0.3.3 Suunnittelun vaiheistus ja aikataulu

Keskeistä on käydä läpi missä vaiheessa suunnitteluratkaisu valitaan ja missä vaiheessa ja millä tavalla puutuoteosatoimitus hankitaan. Alla kuvassa 1 on esitetty tyypillinen alalla käytetty hankkeen vaiheistus.



Kuva 1. Rakennushankkeen vaiheet. RT 10-11224

Tavanomainen tapa toimia on, että yleissuunnittelun pohjalta laaditussa urakalaskenta-aineistossa esitetään laskentaa varten tarvittava kuva-aineisto. Tässä yhteydessä on tyypillisesti esitetty keskeiset detaljit ja lyöty keskeiset suunnitteluratkaisut lukkoon. Julkisessa hankinnassa on vakioehto, että esitetystä tarjouslaskenta-aineistosta ei saa poiketa tai tilaaja voi hylätä tarjouksen. Tämä voi johtaa siihen, että esitetyt ratkaisut eivät ole tuotantoteknisesti optimaalisia.

Tuotannon mahdollisuudet ja rajoitteet ovat tuottajakohtaisia ja tästä johtuen hankkeen valmisteluvaiheessa tulee määritellä, mistä tuotteista tai ratkaisuksista halutaan lisätietoa toimittajilta ennen suunnitteluratkaisun lukitsemista, ja missä vaiheessa ja millaisin suunnitelmin ne kannattaa hankkia. Esimerkiksi kattoelementtien valmistamisessa voi olla järkevää aloittaa täydellä elementillä tai vajaalla elementillä, riippuen katon muodosta ja dimensioista sekä valmistajakohtaisesta tuotantotavasta riippuen. Tästä johtuen elementtijaon esittäminen ei ole järkevää tilaajalle, vaan toimittajan kannattaa esittää se osana tarjoustaan. Oikea ajankohta tarjouspyynnölle ja suunnittelun tasolle kannattaa kartoittaa tapauskohtaisesti toimittajakentältä. Tähän erinomaisena toimenpiteenä ovat markkinavuoropuhelut. Toinen vaihtoehto on tehdä yhteistyösopimus toimittajan tai toimittajien kanssa esimerkiksi KSE-pohjaisesti, jossa käydään hankkeen alkuvaiheessa läpi mahdollisia toteutustapoja ja ohjataan suunnitteluratkaisua.

Siirryttäessä toteutussuunnitteluun tulee aikataulussa huomioida tuotantos suunnittelun vaatima aika. Tuotantos suunnittelu on keskeinen vaihe ja sillä varmistetaan onnistunut toteutus. Aikataulussa tulee huomioida mahdollisten mallien valmistaminen ja tuotteiden vaatima tilausaika. Tyypillisesti tuotantoon vaadittavat tuotteet voidaan tilata vasta tuotantos suunnittelun valmistuttua ja tämä tilausaika määrittää teoreettisen aikaisimman mahdollisen tuotantoajan. Tuotannon aloitusaika voi vaihdella merkittävästi tuotteittain riippuen eri komponenttien tilausajoista. Jos mallikappaleiden tekemisellä halutaan vaikuttaa suunnitteluratkaisuun, tulee mallikatselmus järjestää hyvissä ajoin ennen tuotannon aloittamista; muuten katselmus toimii vain laadunvarmistuksellisenä toimena ja esimerkiksi tuotevaihdot eivät välttämättä enää onnistu.

Aikataulussa asennus on tyypillisesti nopea vaihe ja sen osalta tarvittavat tilat (esimerkiksi nostopaikat tai varastoalueet) tulee olla valmisteltuna sovittuna aikana. Kerrannaiskustannukset mahdollisista siirroista ovat suhteessa suuremmat käytettäessä teollisia osatoimituksia. Tästä johtuen valmistelun merkitys korostuu.

0.3.4 Yhteistoiminta mahdollisuutena

Tuoteosatoimituksessa paras tieto tehokkaasta tuotantotavasta ja suunnitteluratkaisusta on usein toimijoilla. Erilaiset markkinavuoropuhelut, yhteistyösopimukset ja muut yhteistoimintamuodot ovat kannatettavia ja edistävät myös hankkeen kannalta parasta lopputulosta. Tuoteosatoimitukset sisältävät merkittäviä suunnittelukokonaisuuksia ja suunnittelijoiden integroiminen koko hankkeen suunnitteluprosessiin oikeaan aikaan ja riittävän aikaisin mahdollistaa tehokkaan suunnitteluprosessin hankkeen kaikkien osapuolien kannalta.

1 Hallien paloluokat

Johdanto

Tässä luvussa esitetään hallirakennusten palomääräyksiä perustuen Ympäristöministeriön asetukseen rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017) sekä Ympäristöministeriön asetukseen rakennusten paloturvallisuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta (927/2020). Hallirakennuksen koosta ja käyttötarkoituksesta riippuen kannattaa joissakin tapauksissa hyödyntää ns. toiminnallista palomitoitusta, joka on vaihtoehtoinen menetelmä taulukkomitoitukselle. Toiminnallisella palomitoituksella voidaan saada optimaalisemmat ratkaisut ja tätä kautta säästöä rakentamiskustannuksiin.

1.1 Paloluokat

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017) rakennukset jaetaan neljään paloluokkaan P0, P1, P2 ja P3. Paloluokissa P1, P2 ja P3 rakennus suunnitellaan asetuksen 848/2017 sekä asetuksen 927/2020 mukaisten luokkien ja lukuarvojen mukaan. Paloluokassa P0 rakennus suunnitellaan oleellisilta osin tai kokonaan oletetun palonkehityksen menettelyllä eli ns. toiminnallisella palomitoituksella.

Paloluokissa P2 ja P3 rakennuksen kokoa ja henkilömäärää rajoitetaan käyttötarkoituksen mukaan. Paloluokassa P1 kantavien rakenteiden oletetaan pääsääntöisesti kestävän palossa sortumatta. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu. Paloluokassa P0 rakennus suunnitellaan aina kohdekohtaisesti.

Rakennus voi koostua useammasta eri paloluokasta. Seuraavassa suora lainaus asetuksesta 927/2020.

"Rakennuksen eri osat voivat kuulua eri paloluokkiin edellyttäen, että palon leviäminen osasta toiseen on estetty palomuurilla. Kuitenkin, kun rakennusta muutetaan tai laajennetaan ja muutos tai laajennus toteutetaan P0-paloluokassa, palomuuria eri paloluokkia olevin rakennuksen osien välillä ei edellytetä, kun olemassa oleva osa ja P0-paloluokassa toteutettu muutos tai laajennus tarkastellaan palonkehityksen ja kantavien rakenteiden kannalta tarkoituksenmukaisessa laajuudessa kokonaisuutena oletettuun palonkehitykseen perustuvalla menettelyllä."

1.2 Puurakenteet eri paloluokissa

Puurakenteita voidaan käyttää kaikissa paloluokissa. Taulukoissa 1...4 on esitetty puurakenteiden käyttömahdollisuudet paloluokissa P1 ja P2, kun hallirakennus on enintään 2-kerroksinen. Paloluokassa P3 enintään 2-kerroksisessa hallirakennuksessa puuta voidaan käyttää kaikissa rakenteissa. P3-paloluokassa rakenteille asetetaan kantavuusvaatimuksia vain paloa osastovien rakenteiden tapauksessa.

Pystyrakenteet ja pääkannattimet P1-paloluokan hallirakennuksessa				
Puun käyttökohde (D-s2, d2)	Ehdot puun käytölle	Palokuorma-luokka yli 1200 MJ/m ²	Palokuorma-luokka 600...1200 MJ/m ²	Palokuorma-luokka alle 600 MJ/m ²
Kantava runko <i>(pilarit, palkit, kattoristikot yms. pääkannattimet, kantavat seinät)</i>	- Enintään 2 krs. rakennus - Lämmöneriste eristävältä osalta B-s1, d0 -luokkaa 1¹⁾ - Sisä- ja ulkopuolen pinta- ja suojavaatimukset asetuksien 848/2017 ja 927/2020 mukaan	R 120 (R 60*)	R 90 (R 60*)	R 60
	- Yksikerroksinen tuotanto- tai varastorakennus - Lämmöneriste eristävältä osalta B-s1, d0 -luokkaa 1¹⁾ - Sisä- ja ulkopuolen pinta- ja suojavaatimukset asetuksien 848/2017 ja 927/2020 mukaan	R 60 (R 30*)	R 60 (R 30*)	R 60 (R 30*)
Ei-kantavat seinät <i>(927/2020 24 §)</i>	- Lämmöneriste eristävältä osalta B-s1, d0 -luokkaa 1¹⁾ - Sisä- ja ulkopuolen pinta- ja suojavaatimukset asetuksien 848/2017 ja 927/2020 mukaan	---	---	---
* Rakennus on varustettu käyttötarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla. 1) Ellei lämmöneriste ole eristävältä osalta B-s1, d0 -luokkaa, tulee lämmöneriste suojata ja sijoittaa niin, että palon leviäminen eristeeseen on rajoitetun ajan, joka on rakennuksen sisäpuolelta ja aukkojen piilien osalta vähintään puolet tilan osastovien rakennusosien palonkestävyysaika vaatimuksesta.				

Taulukko 1. Rakenteen palonkestovaatimukset asetuksien 848/2017 sekä 927/2020 mukaan.

Yläpohjarakenteet P1-paloluokan hallirakennuksessa				
Puun käyttökohde (D-s2, d2)	Ehdot puun käytölle	Palokuor- maluokka yli 1200 MJ/m ²	Palokuorma- luokka 600...1200 MJ/m ²	Palokuorma- luokka alle 600 MJ/m ²
Yläpohja rakennuksessa, jossa ei ole ullakkoa ja rakenne on kantavan rungon olennainen osa ¹⁾ (848/2017 taulukko 3)	• Enintään 2 krs. rakennus • Ei ullakkoa • Lämmöneriste eristäväältä osalta B-s1, d0. ²⁾ • Sisä- ja ulkopuolen pinta- ja suojavaatimukset asetuksien 848/2017 ja 927/2020 mukaan.	R 60	R 60	R 60
Yläpohja rakennuksessa, jossa ei ole ullakkoa ja rakenne ei ole kantavan rungon olennainen osa ¹⁾ (848/2017 taulukko 3)		R 15	R 15	R 15
Ullakon tai ontelon vesikattorakenne, joka ei ole rakennuksen rungon olennainen kantava tai palossa jäykistävä rakenne (848/2017 taulukko 3)	---	---	---	---
1) Kantavan rungon tai jäykisteiden olennaisia osia ovat pääkannattajat, runkoa jäykistävät sekundääräkannattajat ja yläpohjan jäykisteet ja muut sellaiset yksittäiset rakenteen, jotka toimivat yläpohjan stabiliteetin säilyttämiseksi, sekä näiden väliset liitokset. 2) Ellei lämmöneriste ole eristäväältä osalta B-s1, d0, tulee lämmöneriste suojata ja sijoittaa niin, että palon leviäminen eristeeseen on rajoitetun ajan, joka on rakennuksen sisäpuolelta ja aukkojen pielen osalta vähintään tilan osastoivien rakennusosien palonkestävyysvaatimus. Edellä mainitusta poiketen kuitenkin riittää, että palon leviäminen eristeeseen on rajoitetun ajan, joka on vähintään puolet tilan osastoivien rakennusosien palonkestävyysvaatimuksesta: a) 1-2-kerroksisessa ullakottomassa rakennuksessa; b) enintään 28 metriä korkeassa rakennuksessa, jos lämmöneriste eristäväältä osaltaan täyttää D-s2, d" -luokan vaatimuksen.				

Taulukko 2. Rakenteen palonkestovaatimukset asetuksien 848/2017 sekä 927/2020 mukaan

Pystyrakenteet ja pääkannattimet P2-paloluokan hallirakennuksessa				
Puun käyttökohde (D-s2, d2)	Ehdot puun käytölle	Palokuorma-luokka yli 1200 MJ/m ²	Palokuorma-luokka 600...1200 MJ/m ²	Palokuorma-luokka alle 600 MJ/m ²
Kantava runko <i>(pilarit, palkit, kattoristikot yms. pääkannattimet, kantavat seinät)</i>	- Enintään 2 krs. rakennus - Sisäpuolisissa seinäpinoissa K₂10-luokan suojaverhous luokan B-s1, d0 tarvikkeista ¹⁾ Suojaverhoustuotteen paloluokka vaadittavan pintaluokan mukaan	R 30	R 30	R 30
	- Yksikerroksinen tuotanto- tai varastorakennus - Sisäpuolisissa seinäpinoissa K₂10-luokan suojaverhous luokan B-s1, d0 tarvikkeista ¹⁾	R 10 (R 15*)	R 10 (R 15*)	R 10 (R 15*)
Ei-kantavat seinät <i>(927/2020 24 §)</i>	- Enintään 2 krs. rakennus - Sisäpuolisissa seinäpinoissa K₂10-luokan suojaverhous luokan B-s1, d0 tarvikkeista ¹⁾ Suojaverhoustuotteen paloluokka vaadittavan pintaluokan mukaan	---	---	---
* Rakennus on varustettu käyttötarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla. 1) Suojaverhousta ei edellytetä: - jos rakennusosassa käytetyt lämmöneristeet ovat eristävältä osaltaan vähintään B-s1, d0 -luokkaa ja rakennusosassa käytetyt muut tarvikkeet ovat, vähäisiä rakenteen osia lukuun ottamatta, vähintään D-s2, d2 -luokkaa; - seinältä, jonka sisä- ja ulkopinnan muodostava rakennustuote liitoksineen täyttää sisäpinnan osalta B-s1, d0 -luokkavaatimuksen ja rakennusosana EI15 -luokkavaatimuksen. Edellä mainittu ei koske asuntoja, majoitustiloja ja hoitolaitoksia; - ullakottoman 1-kerroksisen tuotanto- tai varastorakennuksen seinältä, joka sisäpinnan osalta täyttää B-s1, d0 -luokkavaatimuksen, pois lukien uloskäytävät; - asunnon pinnalta, jos rakennusosassa käytetyt lämmöneristeet ovat eristävältä osaltaan vähintään D-s2, d2 -luokkaa ja rakennusosassa käytetyt muut tarvikkeet ovat, vähäisiä rakenteen osia lukuun ottamatta, vähintään D-s2, d2 -luokkaa; - palkeilta ja pilareilta, jotka täyttävät R 30 - ja D-s2, d2 -luokkavaatimukset; - seinältä, jos siinä käytetyt tarvikkeet ovat, vähäisiä rakenteen osia lukuun ottamatta, vähintään D-s2, d2 -luokkaa ja tarvikkeiden tiheys on vähintään 350 kilogrammaa kuutiometrille.				

Taulukko 3. Rakenteen palonkestovaatimukset asetuksien 848/2017 sekä 927/2020 mukaan.

Yläpohjarakenteet P2-paloluokan hallirakennuksessa				
Puun käyttökohde (D-s2, d2)	Ehdot puun käytölle	Palokuor- maluokka yli 1200 MJ/m ²	Palokuorma- luokka 600...1200 MJ/m ²	Palokuorma- luokka alle 600 MJ/m ²
Yläpohja rakennuksessa, jossa ei ole ullakkoa ja rakenne on kantavan rungon olennainen osa ¹⁾ (848/2017 taulukko 3)	- Enintään 2 krs. rakennus - Ei ullakkoa - Jos eristeet ovat palavia, tulee ne suojata syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta K₂30 -luokan suojaverhouksella tai EI 30-luokan rakenteella - Sisäpuolisissa kattopinnoissa K_s10 -luokan suojaverhouksen luokan B-s1, d0 tarvikkeista ²⁾ - Suojaverhoustuotteen ja osastoitavan rakenteen paloluokka vaadittavan pintaluokan mukaan	R 60	R 60	R 60
Yläpohja rakennuksessa, jossa ei ole ullakkoa ja rakenne ei ole kantavan rungon olennainen osa ¹⁾ (848/2017 taulukko 3)		R 15	R 15	R 15
Ullakon tai ontelon vesikattorakenne, joka ei ole rakennuksen rungon olennainen kantava tai palossa jäykistävä rakenne (848/2017 taulukko 3)	---	---	---	---

1) Kantavan rungon tai jäykisteiden olennaisia osia ovat pääkannattajat, runkoa jäykistävät sekundäärikannattajat ja yläpohjan jäykisteet ja muut sellaiset yksittäiset rakenteet, jotka toimivat yläpohjan stabiliteetin säilyttämiseksi, sekä näiden väliset liitokset.

2) Suojaverhousta ei edellytetä:

- jos rakennusosassa käytetyt lämmöneristeet ovat eristävältä osaltaan vähintään B-s1, d0 -luokkaa ja rakennusosassa käytetyt muut tarvikkeet ovat, vähäisiä rakenteen osia lukuun ottamatta, vähintään D-s2, d2 -luokkaa;
- ullakottoman 1-kerroksisen palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvan tuotanto- tai varastorakennuksen yläpohjalta, jonka sisä- ja ulkopinnan muodostava rakennustuote liitoksineen täyttää sisäpinnan osalta B-s1, d0 -luokkavaatimuksen ja rakennusosana EI 15 -luokkavaatimuksen;
- asunnon pinnalta, jos rakennusosassa käytetyt lämmöneristeet ovat eristävältä osaltaan vähintään D-s2, d2 -luokkaa ja rakennusosassa käytetyt muut tarvikkeet ovat, vähäisiä rakenteen osia lukuun ottamatta, vähintään D-s2, d2 -luokkaa;
- palkeilta ja pilareilta, jotka täyttävät R 30 - ja D-s2, d2 -luokkavaatimukset.

Taulukko 4. Rakenteen palonkestovaatimukset asetuksien 848/2017 sekä 927/2020 mukaan.

1.3 Palomääräyksien vaatimuksenmukaisuuksien osoittaminen

Rakennusosan palotilanteen vaatimuksenmukaisuus voidaan osoittaa laskennallisesti, polttokokein, näiden yhdistelmällä tai simuloimalla. Puurakenteiden palomitoitus tapahtuu standardin SFS-EN-1995-1-2 mukaan. Teoksessa RIL 205-2-2019 on myös käsitelty puurakenteiden palomitoitusta. Palomitoituksessa on menetelmät palosuojatulle ja palosuojaamattomalle rakennusosalle.

Vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen standardin mukaisella polttokokeella on suositeltava tapa sarjatuotannolla valmistettaviin rakennusosiin. Polttokokeella päästään yleensä tarkempiin tuloksiin kuin laskennallisesti. Polttokoe voidaan nähdä hyvänä vaihtoehtona monimutkaisten kokonaisuuksien osalta. Polttokokeella saavutetaan kokonaisvaltainen lopputulos, jolla voidaan saada taloudellisempia ratkaisuja laskennallisen vaatimuksenmukaisuuden osoittamiseen nähdessä.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017) antaa myös mahdollisuuden yhdistellä laskennallisia sekä polttokokeiden tuloksia ja näin osoittaa vaatimuksenmukaisuuden. Simuloinnilla osoitettu vaatimuksenmukaisuus perustuu yllä mainittuun oletetun palonkehityksen menetelmään.

Polttokoetulokset ovat tuoteosatoimittajan omaisuutta, joita ei voi hyödyntää ilman lupaa. Niitä ei voida myöskään soveltaa vastaaviin rakenteisiin. Käytännössä polttokoetulokset ovat aina valmistajakohtaisia.

2 Jatkuvan sortuman huomioiminen puuhallissa

Johdanto

Jatkuvaa sortumaa käsitellään eurokoodin osassa EN 1991-1-7 (RIL 201-2-2017) Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat, Yleiset kuormat, Onnettomuuskuormat. EN 1991-1-7 on julkaistu vuonna 2014. Standardin kansallisia valintoja on käsitelty Ympäristöministeriön asetuksessa 10/16: Ympäristöministeriön asetus rakenteiden onnettomuuskuormia koskevista kansallisista valinnoista sovellettaessa standardia SFS-EN 1991-1-7. Suunnitteluperusteita yleisesti käsitellään eurokoodissa SFS-EN 1990, jossa annetaan myös ohjeet onnettomuusmitoitustilassa käytettäville kuormitusyhdistelmille. Puuhallin jatkuvaa sortumaa käsitellään tarkemmin teoksessa RIL 201-4-2017.

Jatkuvalla sortumalla tarkoitetaan sellaista tapahtumaa, jossa paikallinen vaurio aiheuttaa ketjureaktion, jossa merkittävä osa rakennuksesta sortuu. Rakenneseosa on sortunut silloin, kun se on menettänyt suunnitellun käyttötarkoituksen mukaiset ominaisuutensa. Lähtökohta on, että rakenteet on suunniteltava ottaen huomioon onnettomuuslaitanteen kuormat niin, ettei jatkuvaa sortumaa pääse tapahtumaan. Tämä voidaan estää:

- Suunnittelemalla rakenne riittävän vauriosietoiseksi
- Estämällä tai pienentämällä onnettomuuskuormia (RIL 201-2-2017)
- Suunnittelemalla rakenne onnettomuuskuormia kestäväksi
- Suunnittelemalla rakennus niin, että se kestää paikallisen vaurion romahtamatta

Hankekohtaisesti voidaan sopia näistä ohjeista poikkeavia toimintatapoja, mutta onnettomuuskuormille ei voida sopia pienempiä arvoja kuin annetuissa ohjeissa on esitetty. Joissain ääri-ilmiöiden tapauksissa voidaan hyväksyä koko rakennuksen sortuminen, mutta tästä on sovittava erikseen tilaajan/asiakkaan sekä viranomaisien kanssa. Onnettomuuskuormia voi olla suunnitteluoheen mukaan törmäys tai räjähdys. Lisäksi on olemassa nk. ennakoimattomia onnettomuuksia, joihin suunnitteluohe ei ota kantaa kuin avainasemassa olevan rakenneseosan kohdalla. Näitä ennakoimattomia tai määrittelemättömiä onnettomuuslaitanteita voi olla mm. suunnitteluvirheestä johtuva onnettomuus.

Rakennukset jaotellaan viiteen eri seuraamusluokkaan (ks. taulukko 5), jossa mitoitus voi tapahtua onnettomuusrajatilassa. Hallirakennukset voivat kuulua seuraamusluokkaan 1, 2a, 2b, 3a tai 3b riippuen käyttötarkoituksesta sekä hallin korkeudesta.

Seuraamusluokka 1

Seuraamusluokassa 1 ei normaalin rakennesuunnittelun lisäksi tarvitse ottaa huomioon erikseen jatkuvaa sortumaa.

Seuraamusluokka 2

Seuraamusluokissa 2a eikä välttämättä 2b tarvitse käyttää hyväksytyn sortuma-alueen tai avainaseman periaatetta. Näissä tapauksissa tulee toimia nk. sidontaperiaatteen mukaan, jossa vaaka- ja pystyrakenteet sidotaan toisiinsa jatkuvalla sidonnalla. Lisäksi seuraamusluokassa 2b

on myös mitoitettava pystysiteet. Periaatteen tarkoitus on suunnitella rakenteet niin, että ne toimivat onnettomuustilanteessa yhtenä rakenteena ja etteivät ne irtoa toisistaan. Täten viereisten rakenteiden tulisi toimia korvaavana rakennesysteeminä.

Seuraamusluokka 3

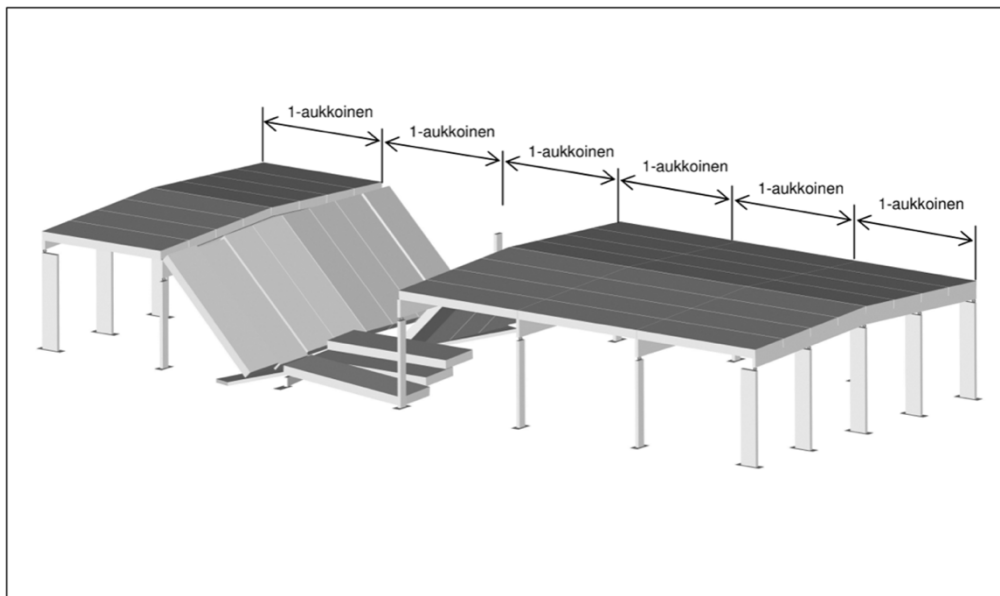
Seuraamusluokassa 3b (vaihtoehtoisesti myös 2b:ssä) käytetään hyväksytyn sortuma-alueen ja/tai avainaseman periaatetta. Avainaseman periaatetta käytetään, jos tarkastelussa todetaan paikallisen vaurion hyväksyttävän rajan ylittyvän. Seuraamusluokassa 3b on kuitenkin tehtävä rakennuksen riskiarviointi. Standardin SFS-EN 1991-1-7 liitteessä B opastetaan riskinarvioinnin suunnittelua ja toteutusta. Riskinarviointi on myös käsitelty tarkemmin teoksen RIL 201-4-2017 liitteessä 3. Paikallisen vaurion hyväksyttävä raja hallirakennuksissa on pilariin tukeutuvien pääkannattajien pituus kertaa pääkannattajien väli kerrottuna kahdella.

Hallirakennuksissa on lähtökohtana hyväksyttävän vaurioalueen raja (CC2a, CC2b, CC3a, CC3b). Sidontaperiaatetta noudatetaan vain primäärirungon osalta. Sekundäärirakenteet käsitellään hyväksytyn sortuma-alueen periaatteiden mukaisesti.

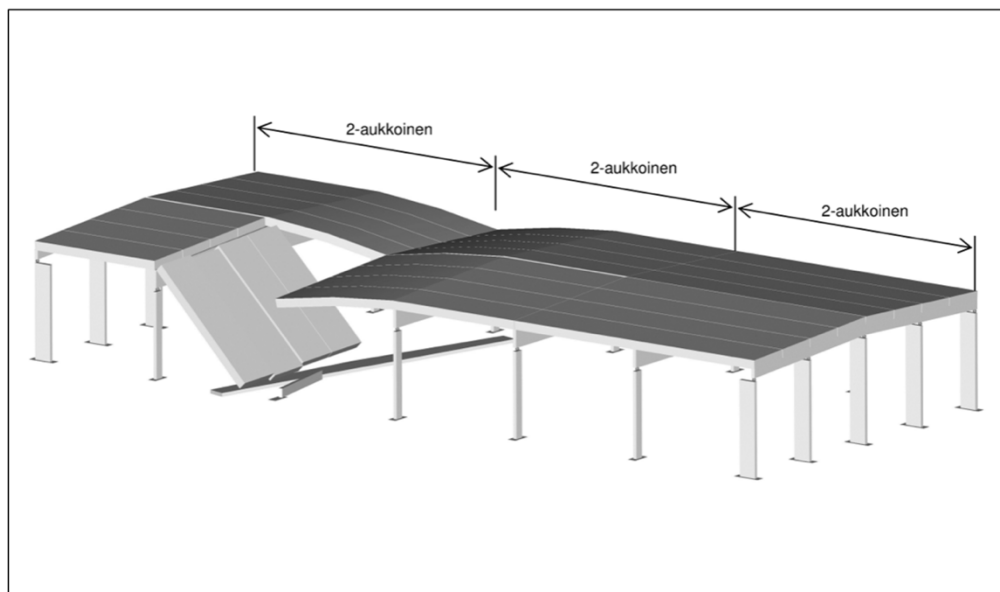
Seuraamusluokka	Rakennuksen tyypin ja käyttötarkoituksen mukainen luokitus	Suosittelavat toimintaperiaatteet
1	1- ja 2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä, kuten esim. varastot.	- Mitoitus SFS-EN 1990...SFS-EN 1999 mukaan - Ei erityistoimenpiteitä
2b (melko suuren riskin ryhmä)	Kaikki muut rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu seuraamusluokkiin 1, 2a tai 3.	- Mitoitus SFS-EN 1990...SFS-EN 1999 mukaan - Vaakarakenteissa vaakasiteet, pystyrakenteissa pystysiteet sekä pystyrakenteet sidotaan vaakarakenteisiin - TAI - Mitoitus SFS-EN 1990...SFS-EN 1999 mukaan - Hyväksytyn sortuma-alueen tai/ja avainaseman periaate
3a	9...15-kerroksiset ¹⁾ asuin-, konttori- ja liikerakennukset ja muut 9...15-kerroksiset käyttötarkoitukseltaan ja rungoltaan samantyyppiset rakennukset.	- Mitoitus SFS-EN 1990...SFS-EN 1999 mukaan - Vaakarakenteissa vaakasiteet, pystyrakenteissa pystysiteet sekä pystyrakenteet sidotaan vaakarakenteisiin - Vaakasiteiden laskentakaava on eri kuin luokissa 2a ja 2b - TAI - Mitoitus SFS-EN 1990...SFS-EN 1999 mukaan - Hyväksytyn sortuma-alueen tai/ja avainaseman periaate

3b	Muut yli 8-kerroksiset ²⁾ rakennukset. Konserttitalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot (yli 1000 henkeä). Raskaasti kuormitetut ja suuria jännevälejä sisältävät rakennukset. Erikoisrakenteet tapauskohtaisen harkinnan mukaan.	• Rakennuksen riskiarviointi • Mitoitus SFS-EN 1990...SFS-EN 1999 mukaan • Hyväksytyn sortuma-alueen tai/ja avainaseman periaate
1) Asuinrakennukset, joissa on korkeintaan kaksi maanpäällistä kerrosta, voidaan suunnitella kuitenkin onnettomuusrajatilassa seuraamusluokan 1 mukaan. 2) Kellarikerrokset mukaan luettuina.		

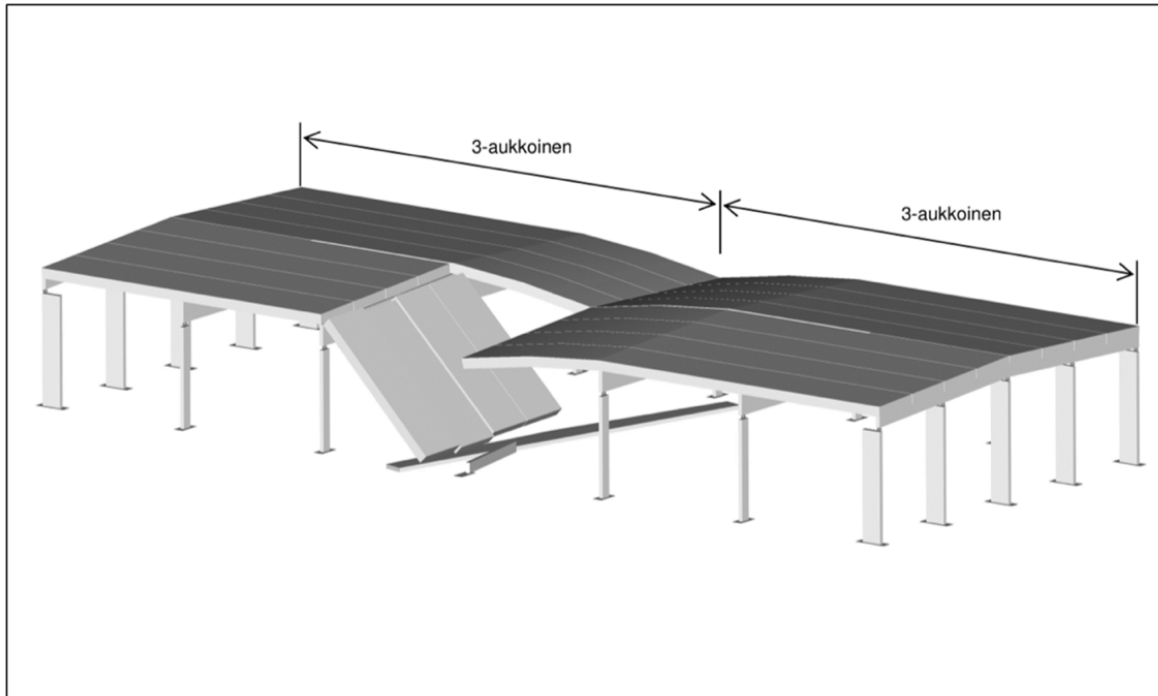
Taulukko 5. Seuraamusluokat.



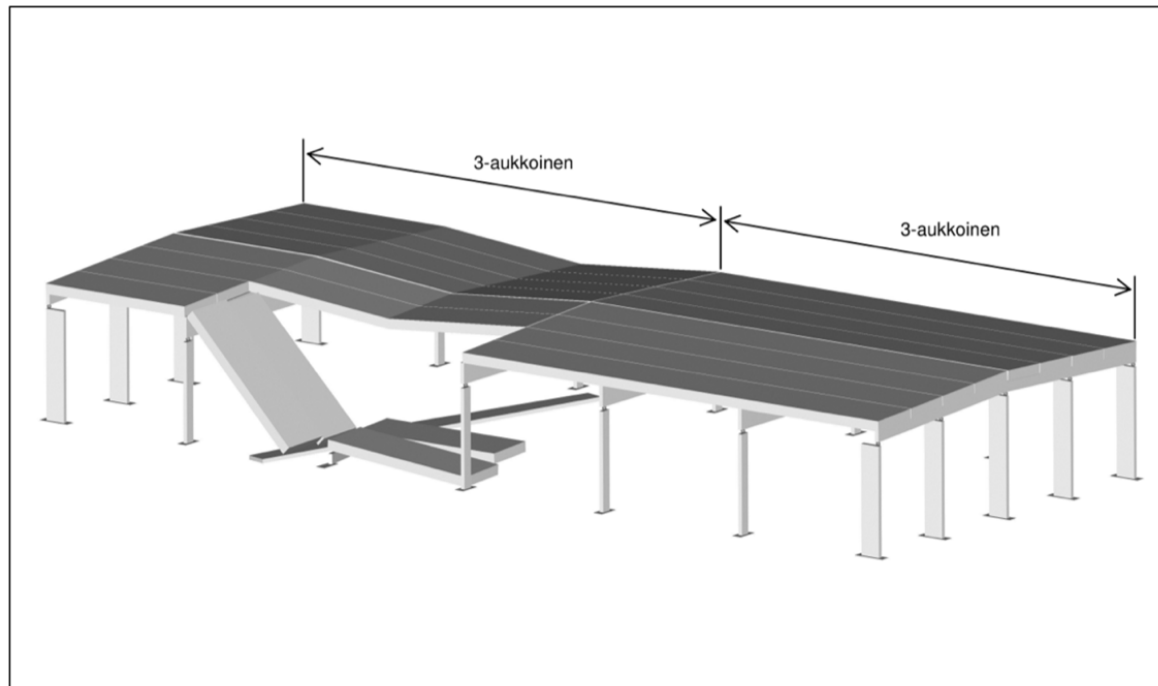
Kuva 2. Esimerkki paikallisesta sortumasta, kun kattoelementit ovat 1-aukkoisia.



Kuva 3. Esimerkki paikallisesta sortumasta, kun kattoelementit ovat 2-aukkoisia.



Kuva 4. Esimerkki paikallisesta sortumasta hallirakennuksessa, kun kattoelementit ovat 3-aukkoisia.



Kuva 5. Esimerkki paikallisesta sortumasta hallirakennuksessa, kun kattoelementit ovat 3-aukkoisia.

3 Pääkannattimet ja runkotyypit

Johdanto

Tässä luvussa esitetään käytetyimpiä hallirakennusten pääkannattimia sekä suurten jännevälien massiivipuurunkoisten hallirakennusten runkotyyppejä.

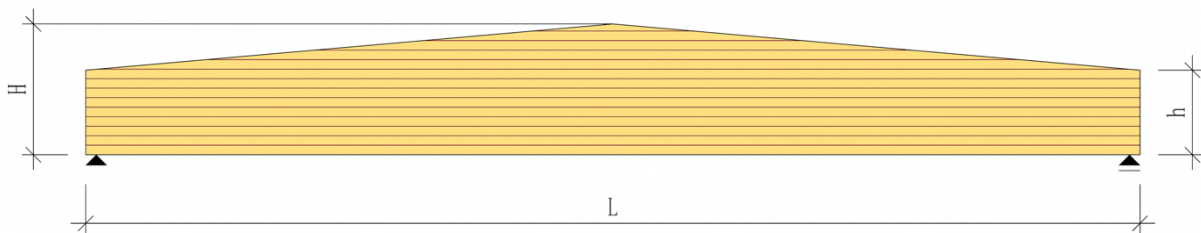
Pääkannatin asennetaan tavallisesti mastopilarien varaan. Lisäksi käsitellään kolminivelkehiä, koska ne ovat myös eräänlaisia pääkannattimia, vaikka muodostavatkin koko runkorakenteen. Monilaivaisissa halleissa voidaan yhdistellä erilaisia pääkannattimia.

Runkotyypit on valittu siten, että ne voidaan toteuttaa vakiopuutuotteista ja ne soveltuvat parhaiten esitettyyn käyttötarkoitukseen.

3.1 Pääkannattimet

Kuvissa 6...9 on esitetty käytetyimmät pääkannatintyypit ja niiden mitoituseseen liittyviä tekijöitä. Tyypillisiä käyttökohteita kyseisille pääkannattimille ovat laajarunkoiset hallit.

3.1.1 Harjapalkki



Kuva 6. Liimapuurakenteinen pääkannatin.

SUOSITELTAVAT MITAT

$L = 16 \dots 24$ m (max. 32 m, valmistajasta riippuen pidemmätkin palkit mahdollisia)

$H \sim L / 13$

$H_{\max} \sim 2000 \dots 2600$ mm (valmistajasta riippuen, korkeammatkin palkit mahdollisia)

$h \sim L / 25$

Yläpinnan kaltevuus: 1:40...1:6

Palkin leveys b : 90/115/140/165/190/215/240/265 mm

Palkista voidaan tehdä leveämpi liimaamalla/kiinnittämällä 2 tai 3 palkkia rinnakkain, jolloin palkin leveys on $2 \cdot b$ tai $3 \cdot b$

SUOSITELTAVA LUJUUSLUOKKA

- GL30c

SUOSITELTAVA ESIKOROTUS

- $L/400$

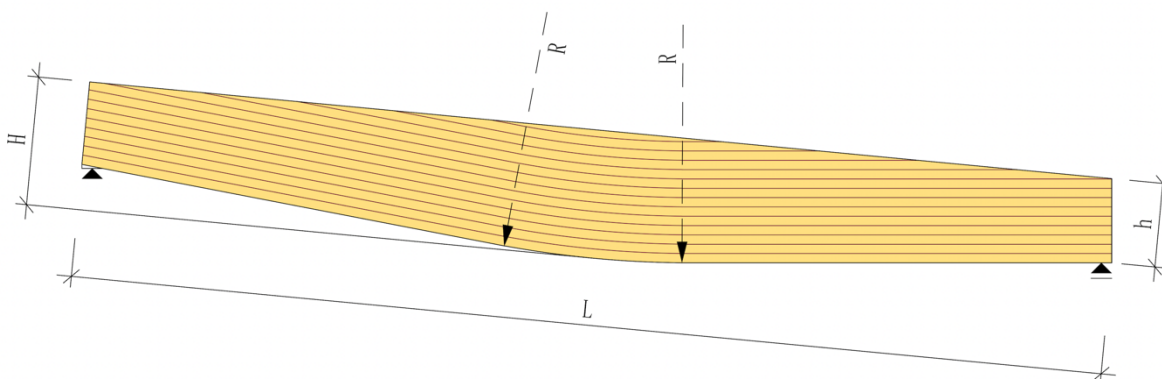
VALMISTUSTEKNISIÄ SEIKKOJA

- Palkki liimataan 45 mm paksuista lamelleista tasakorkeaksi, jonka jälkeen yläreunat sahaan suunniteltuun kaltevuuteen
- Harjapisteen ei välttämättä tarvitse sijaita keskellä palkkia (epäsymmetrinen harjapalkki)

MITOITUKSESSA HUOMIOITAVAT LISÄTARKASTELUT (verrattuna suoraan palkkiin)

- Sahatun yläreunan vaikutus jännitystarkasteluihin
- Harjavyöhykkeen jännitystarkastelut (tarvittaessa vahvistus poikittaiselle vedolle terästangoilla)

3.1.2 Mahapalkki



Kuva 7. Liimapuurakenteinen pääkannatin.

SUOSITELTAVAT MITAT

$L = 16 \dots 24$ m (max. 32 m, valmistajasta riippuen pidemmätkin palkit mahdollisia)

$H \sim L / 13$

$H_{\max} \sim 2000 \dots 2600$ mm (valmistajasta riippuen, korkeammatkin palkit mahdollisia)

$h \sim L / 25$

Palkin leveys b : 90/115/140/165/190/215/240/265 mm

Palkista voidaan tehdä leveämpi liimaamalla/kiinnittämällä 2 tai 3 palkkia rinnakkain, jolloin palkin leveys on $2 \cdot b$ tai $3 \cdot b$

SUOSITELTAVA LUJUUSLUOKKA

- GL30c

SUOSITELTAVA ESIKOROTUS

- $L/400$
- Erityisesti mahapalkin osalta huomioitava veden poistuminen katolta asianmukaisesti (palkin taipuma suhteessa vesikaton kaatoon). Pyrittävä välttämään vesikattorakenteita,

joissa kaato on loivempi kuin 1:40 (sisäpuolinen vedenpoisto) tai 1:50 (ulkopuolinen vedenpoisto)

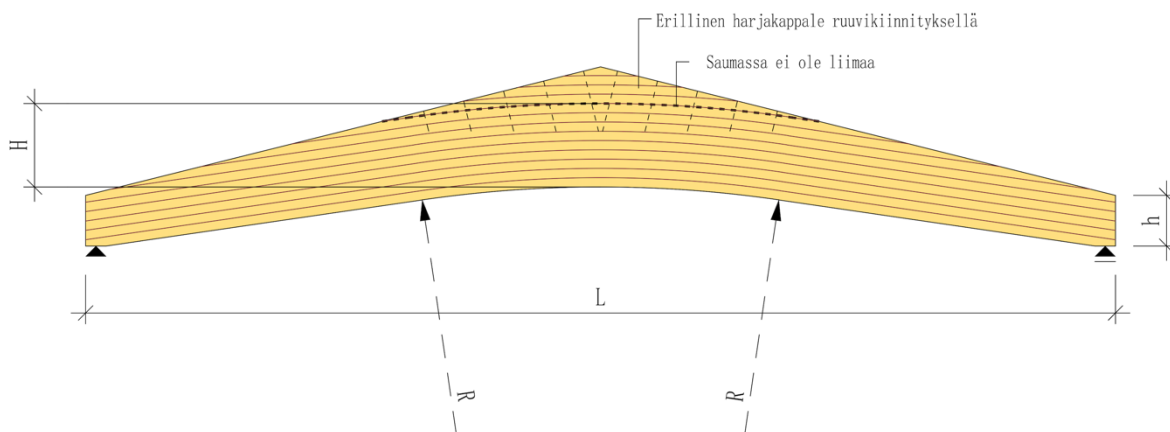
VALMISTUSTEKNISIÄ SEIKKOJA

- Palkki liimataan 45 mm paksuista lamelleista, jonka jälkeen yläreuna sahataan suoraksi
- Lamellit taivutetaan suunniteltuun alareunan kaltevuuteen, joten palkin vedetty reuna koostuu ehjistä lamelleista lamellia kuin 45 mm
- Lamellin taivutussäteen ollessa pieni, käytetään ohuempaa
- Viiston tukipisteen kohdalle liimataan kiila, jotta tukipinta saadaan suoraksi

MITOITUKSESSA HUOMIOITAVAT LISÄTARKASTELUT (verrattuna suoraan palkkiin)

- Sahatun yläreunan vaikutus jännitystarkasteluihin

3.1.3 Bumerangipalkki



Kuva 8. Liimapuurakenteinen pääkannatin.

SUOSITELTAVAT MITAT

$L = 10 \dots 20 \text{ m}$

$H \sim L / 13$

$h \sim L / 25$

Yläpinnan kaltevuus: 1:4

Alapinnan kaltevuus: 1:8

Palkin leveys b : 90/115/140/165/190/215/240/265 mm

Palkista voidaan tehdä leveämpi liimaamalla/kiinnittämällä 2 tai 3 palkkia rinnakkain, jolloin palkin leveys on $2 \cdot b$ tai $3 \cdot b$

SUOSITELTAVA LUJUUSLUOKKA

- GL30c

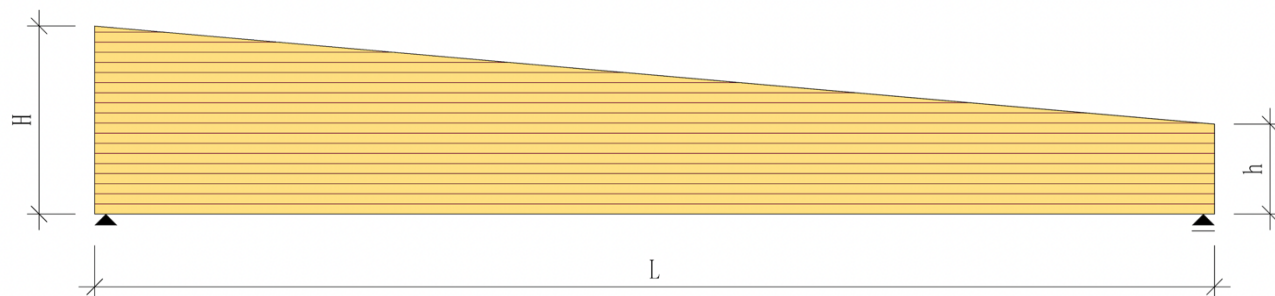
VALMISTUSTEKNISIÄ SEIKKOJA

- Palkki liimataan 45 mm paksuista lamelleista kaaripalkiksi, jonka jälkeen yläreunat sahaan suunniteltuun kaltevuuteen
- Lamellin taivutussäteen ollessa pieni, käytetään ohuempaa lamellia kuin 45 mm
- Harjakappaleen sauma jätetään kaaripalkin valmistusvaiheessa ilman liimaa
- Harjakappale kiinnitetään ruuveilla kaaripalkin päälle, jolloin harjavyöhykkeen korkeus määräytyy kaaripalkin mukaan

MITOITUKSESSA HUOMIOITAVAT LISÄTARKASTELUT (verrattuna suoraan palkkiin)

- Sahatun yläreunan vaikutus jännitystarkasteluihin
- Harjavyöhykkeen jännitystarkastelut (tarvittaessa vahvistus poikittaiselle vedolle terästangoilla)
- Harjakappaleenruuvikiinnitys
- Palkin taipuman aiheuttaman vaakasiirtymän huomioiminen tuella

3.1.4 Pulpettipalkki



Kuva 9. Liimapuurakenteinen pääkannatin.

SUOSITELTAVAT MITAT

$L = 10 \dots 15$ m (max. 32 m, valmistajasta riippuen pidemmätkin palkit mahdollisia)

$H \sim L / 13$

$H_{\max} \sim 2000 \dots 2600$ mm (valmistajasta riippuen, korkeammatkin palkit mahdollisia)

$h \sim L / 25$

Palkin leveys b : 90/115/140/165/190/215/240/265 mm

Palkista voidaan tehdä leveämpi liimaamalla/kiinnittämällä 2 tai 3 palkkia rinnakkain, jolloin palkin leveys on $2 \cdot b$ tai $3 \cdot b$

SUOSITELTAVA LUJUUSLUOKKA

- GL30c

SUOSITELTAVA ESIKOROTUS

- $L/400$

VALMISTUSTEKNISIÄ SEIKKOJA

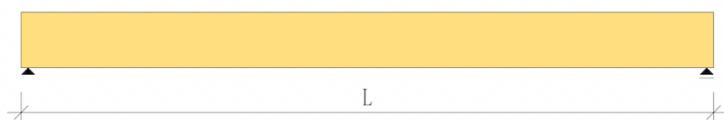
- Palkki liimataan 45 mm paksuista lamelleista tasakorkeaksi, jonka jälkeen yläreuna sahaan suunniteltuun kaltevuuteen

MITOITUKSESSA HUOMIOITAVAT LISÄTARKASTELUT (verrattuna suoraan palkkiin)

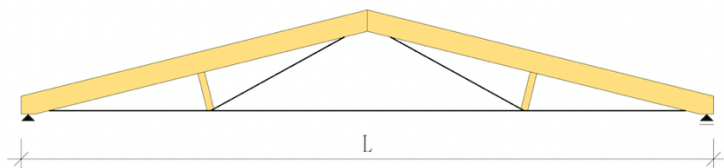
- Sahatun yläreunan vaikutus jännitystarkasteluihin

3.2 Muita pääkannattimia

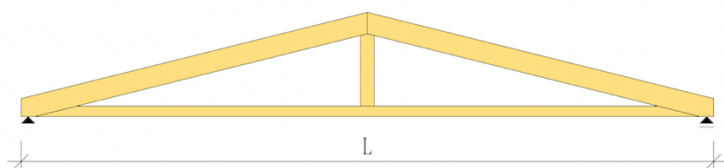
Kuvassa 10 on esitetty muita pääkannattimia. Tässä vaiheessa HalliPES ei käsittele kyseisiä kannattimia.



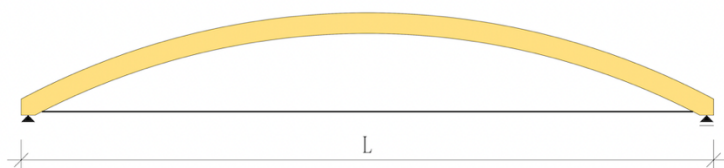
SUORA PALKKI
 $L \leq 20$ m (suositus)



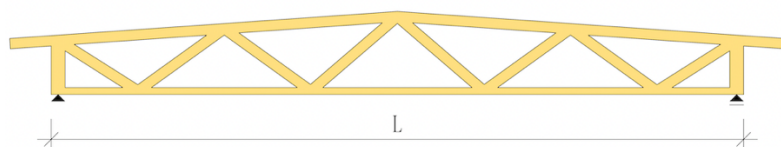
ANSAPALKKIKANNATIN
 $L = 25...50$ m (suositus)



A-KANNATIN
 $L = 15...30$ m (suositus)



KAARIKANNATIN (veto-
tangollinen)
 $L = 25...50$ m (suositus)

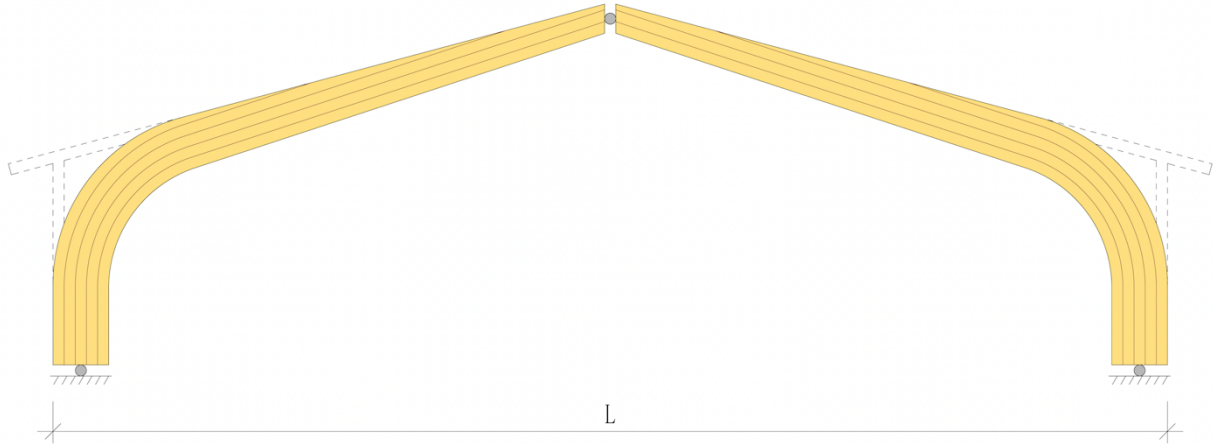


TAPPIVAARNARISTIKKO
 $L = 25...65$ m (suositus)

Kuva 10. Muita pääkannattimia.

3.3 Kolminivelkehät

Kuvissa 11 ja 12 on esitetty käytetyimmät kolminivelkehätyypit ja niiden erityispiirteet. Tyypillisiä käyttökohteita kyseisille pääkannattimille ovat maatalousrakennukset.



Kuva 11. Liimapuurakenteinen kaarevanurkkainen kolminivelkehä.

SUOSITELTAVAT MITAT

$L = 20 \dots 40$ m

Kattokaltevuus: 1:4...1:2

Kehässä käytettävän liimapuun leveys: 115 / 140 / 165 / 190 / 215 / 240 / 265

SUOSITELTAVA LUJUUSLUOKKA

- GL30c

VALMISTUSTEKNISIÄ SEIKKOJA

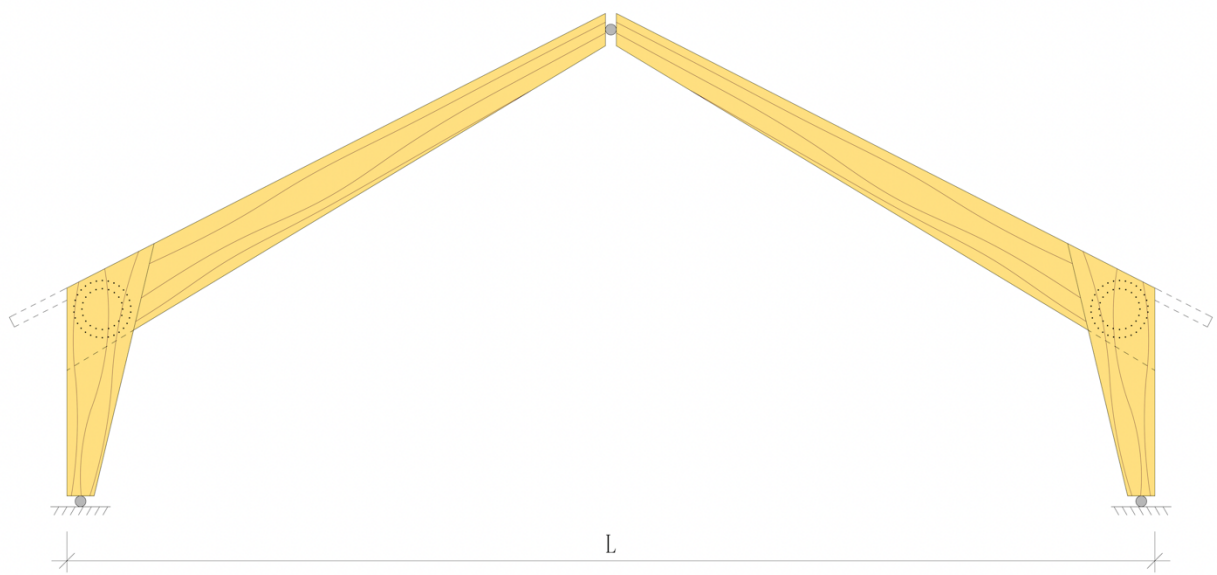
- Kehä liimataan 45 mm paksuista lamelleista, jonka jälkeen yläreuna sahataan suunniteltuun kaltevuuteen
- Lamellin taivutussäteen ollessa pieni, käytetään ohuempaa lamellia kuin 45 mm

MITOITUKSESSA HUOMIOITAVAT LISÄTARKASTELUT (verrattuna suoraan palkkiin)

- Sahatun yläreunan vaikutus jännitystarkasteluihin
- Kaarevan nurkan jännitystarkastelut

MUUTA

- Räystäs toteutetaan kiinnittämällä erilliset puurakenneosat kehän tasoon tai kehän kylkeen
- Mitä jyrkempi kattokaltevuus sitä hoikempi kehärakenne



Kuva 12. LVL-rakenteinen terävänurkkainen kolminivelkehä.

SUOSITELTAVAT MITAT

$L = 10 \dots 20$ m

Kattokaltevuus: 1:2

Kehäjalassa käytettävän LVL:n leveys: 39...69 mm

Kehäpaikassa käytettävän LVL:n leveys 75...90 mm

Kehäpalkissa käytettävän liimapuun leveys: 90/115 mm (vaihtoehto)

SUOSITELTAVA LUJUUSLUOKKA

- Kehäjalassa Kerto-Q
- Kehäpalkissa Kerto-S
- Kehäpalkissa GL30c

VALMISTUSTEKNISIÄ SEIKKOJA

- Kehäjalat ja kehäpalkit esivalmistetaan oikeaan muotoon ja liitetään toisiinsa momentti-jäykästi mekaanisilla liittimillä
- Kehäjalka koostuu kahdesta osasta (kehäjalat molemmin puolin kehäpalkkia)

MITOITUKSESSA HUOMIOITAVAT LISÄTARKASTELUT (verrattuna suoraan palkkiin)

- Sahatun ylä-/alareunan vaikutus jännitystarkasteluihin

MUUTA

- Räystä toteutetaan muotoilemalla se kehäpalkista tai kiinnittämällä erilliset puurakenneosat kehän kylkeen
- Mitä jyrkempi kattokaltevuus, sitä hoikempi kehärakenne

3.4 Kustannustekijät kantavaa runkoa suunniteltaessa

Hallirakennuksen runkokustannus on monista tekijöistä riippuva kokonaisuus. Hallirakennuksessa runkokustannus on erityisesti riippuvainen rakennesuunnittelusta. Seuraavat rakennesuunnitteluun liittyvät seikat vaikuttavat oleellisesti runkokustannukseen:

- Rakennuksen jäykistystapa
- Rakenteiden jäykistystapa
- Jäykistävien rakenteiden sijoitus (kuormien kuljetusmatka)
- Rakenteiden jännevälit (pääkannatin, sekundääri)
- Pääkannattimen tyyppi
- Paloteknisten vaatimusten toteuttaminen kantavissa rakenteissa (täysi palosuojaus vai hiiltymämitoitus)
- Voimaliitosten toteutustapa
- Teräsosien palosuojaustapa

Kustannusrakennetta mietittäessä ei voi koskaan katsoa pelkästään yksittäisen rakenneosan tai liitoksen kustannusta, vaan aina tulee tarkastella valituista komponenteista koostuvaa rakennkokonaisuutta. Joissakin tapauksissa kallis yksittäinen rakenneosa saattaa tuoda säästöä valmiiseen rakennkokonaisuuteen ja päinvastoin. Esimerkkejä rakennkokonaisuuden hinnan ja rakenneosan hinnan välisestä riippuvuussuhteesta on esitetty seuraavissa kohdissa:

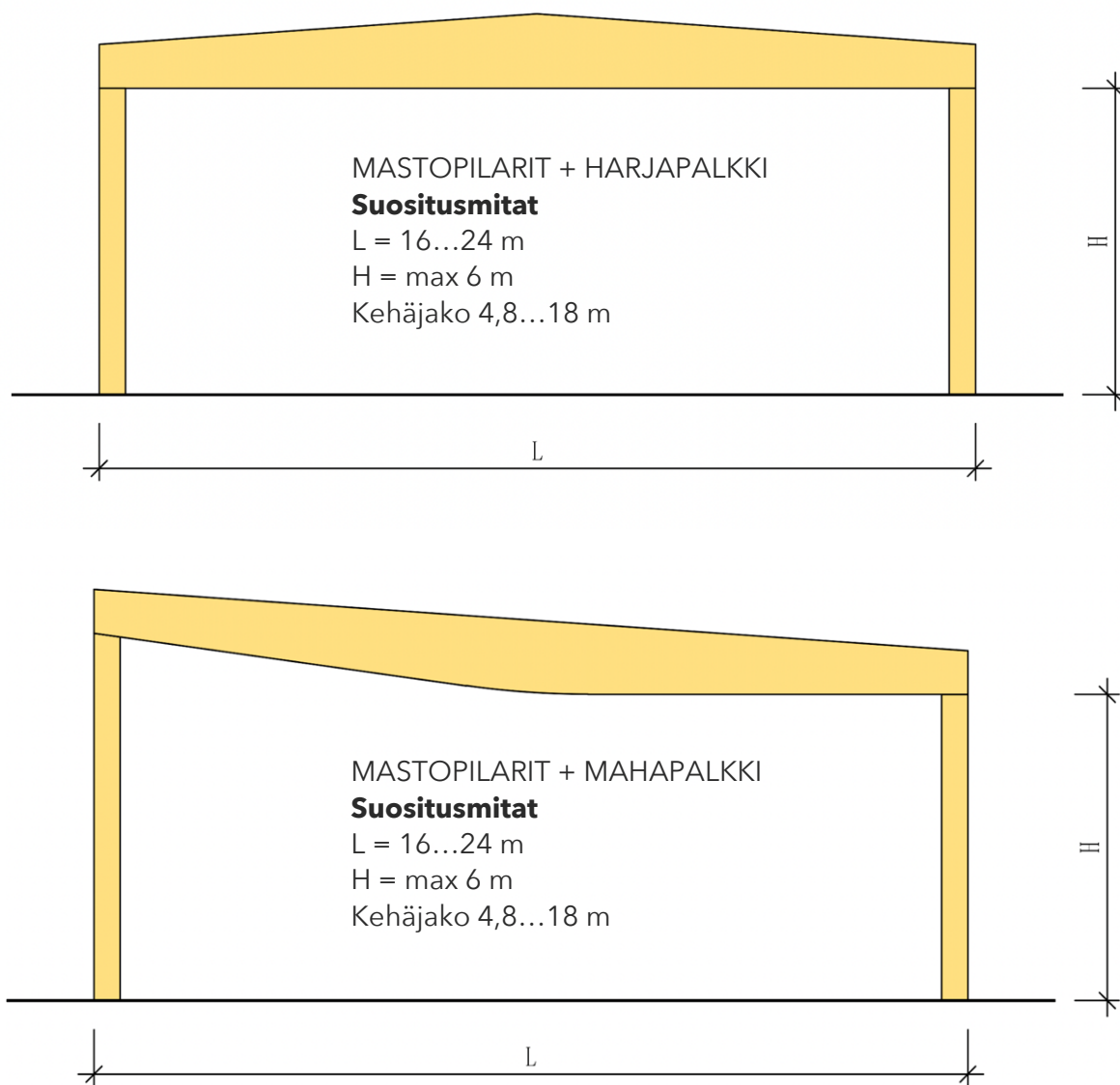
- Lyhyen jännevälin pääkannatin on edullisempi kuin pitkän jännevälin pääkannatin
→ Lyhyt jänneväli lisää pystyrakenteiden määrää (pilarit, perustukset jne.)
→ Kallis kokonaisuus
- Jäykkä pilarin alapään liitos on kalliimpi kuin nivelellinen liitos
→ Jäykkää liitosta voidaan hyödyntää rakennuksen jäykistykseen, jolloin muut jäykisteet vähenevät
→ Edullinen kokonaisuus
- Seinä- / kattoelementeissä käytettävä paksu palosuojalevy on kalliimpi kuin ohut
→ Paksulla palosuojalevyllä saadaan suojaus koko palonkestoajalle, jolloin kantavat rakenteet hoikempia
→ Edullinen kokonaisuus
- Hyvin leveä seinä- / kattoelementti on edullisempi valmistaa kuin monta kapeampaa
→ Hyvin leveiden elementtien kuljetus (mahdollisesti erikoiskuljetus) on kallista ja käsittely ovat hidasta
→ Kallis kokonaisuus

3.5 Runkotyypit

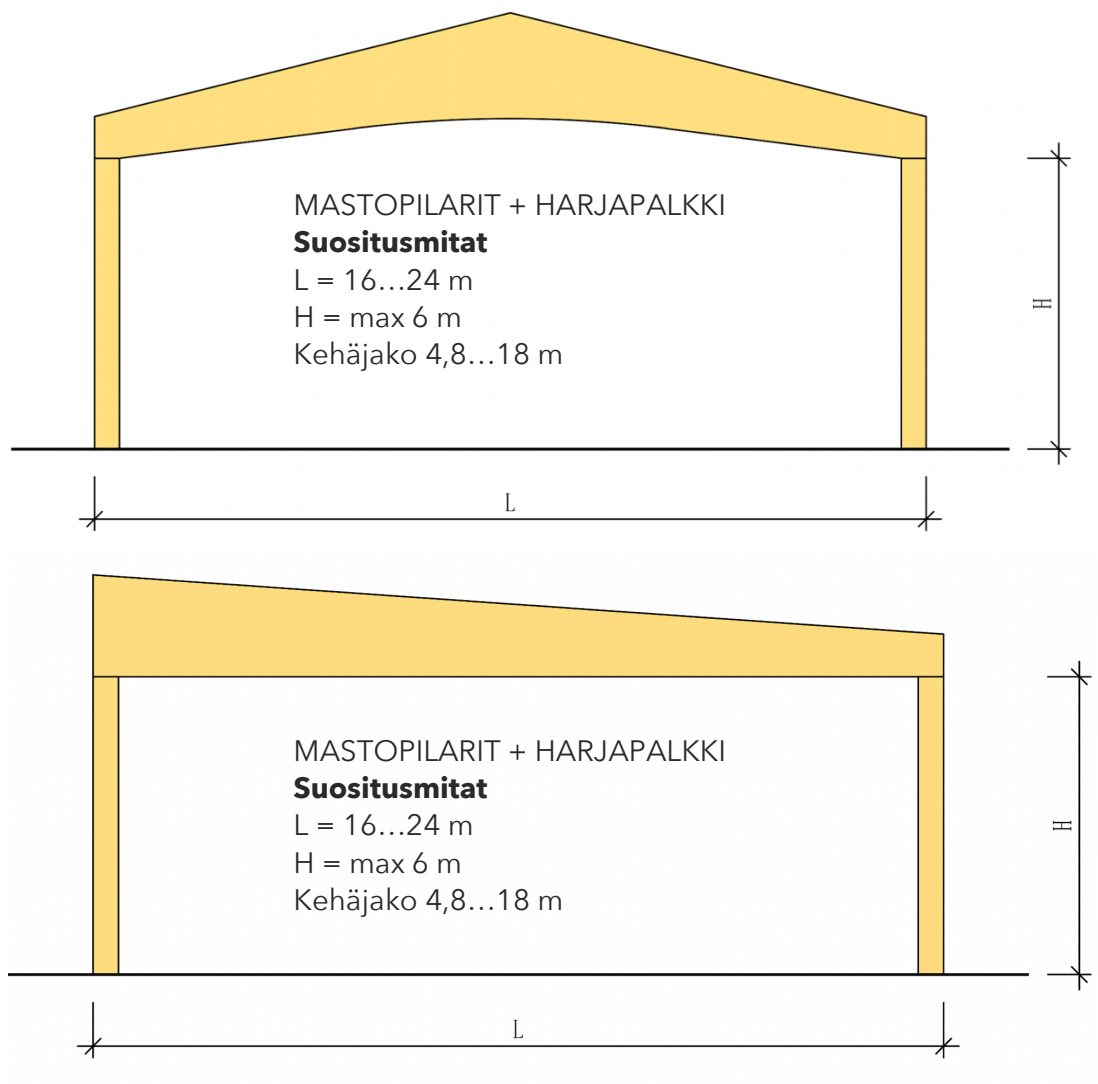
Kuvissa 13...19 on esitetty nykyisin käytetyimpiä teollisuus-, varasto- ja urheiluhallien sekä koontumis-, liike- ja maatalousrakennusten runkotyyppejä. Esitettyjä runkotyyppejä voidaan vapaasti soveltaa erilaisiin rakennuksiin. Tärkeintä on aina löytää käyttötarkoitukseen soveltuva kustannustehokkain runkotyyppi.

Seuraavissa runkotyypeissä kokonaisjäykistys leveyssuunnassa tehdään mastopilareilla tai käytämällä kolminivelkehää, joka mahdollistaa:

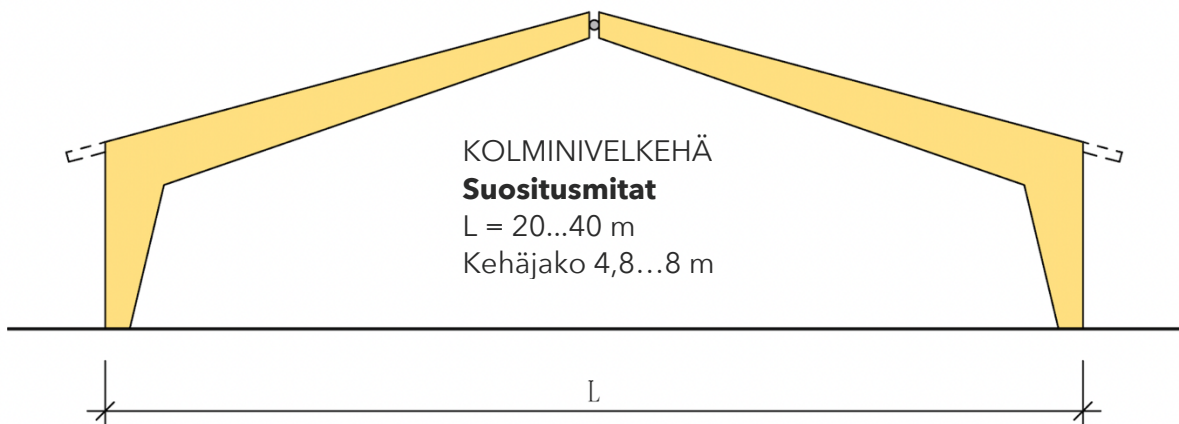
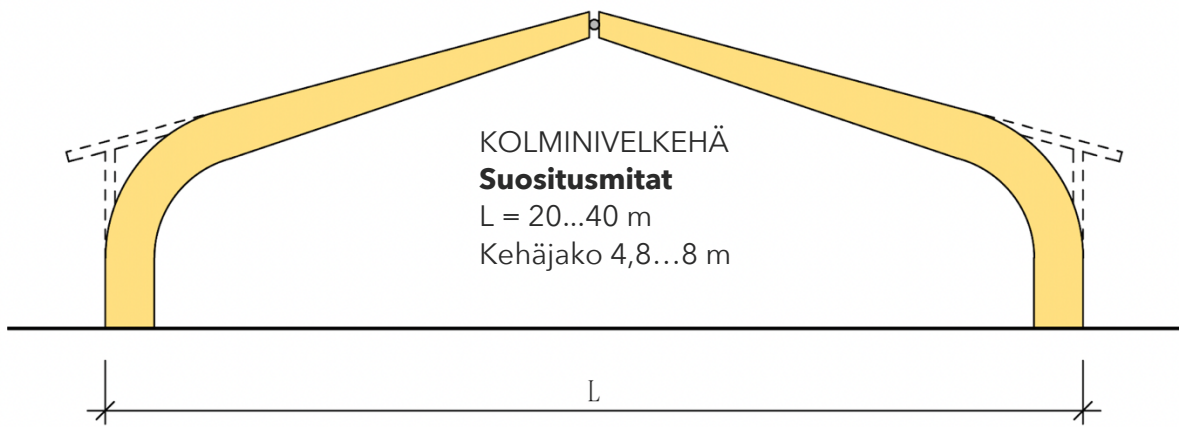
- Suuri hallin pituusmitta
- Suuri sisäkorkeus
- Suuret oviaukot
- Siltanosturin asennusmahdollisuus
- Laajennusmahdollisuus
- Muuntojoustavuus



Kuva 13. Yksilaivaisia massiivipuurunkoja.



Kuva 14. Yksilaivaisia massiivipuurunkoja.



Kuva 15. Yksilaivaisia maatalousrakennusten massiivipuurunkoja.

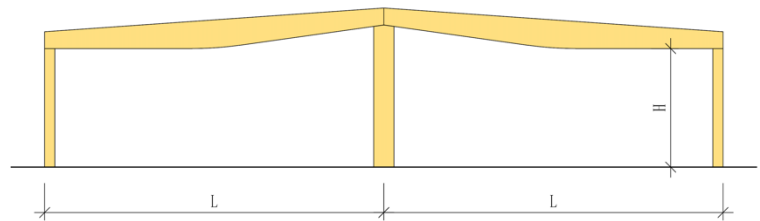
MASTOPILARIT + MAHAPALKIT

Suositusmitat

L = 16...24 m

H = max 6 m

Kehäjako 4,8...18 m



MASTOPILARIT + MAHAPALKIT + KESKIPALKKI

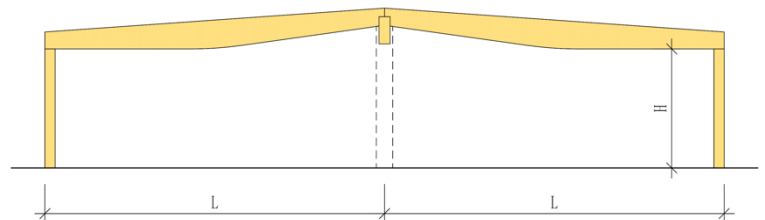
Suositusmitat

L = 16...24 m

H = max 6 m

Kehäjako sivuseinällä 4,8...18 m

Pilarijako keskilinjalla 9,6...18 m



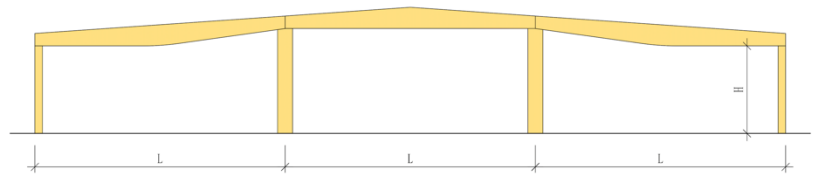
MASTOPILARIT + MAHAPALKIT + HARJAPALKKI

Suositusmitat

L = 16...24 m

H = max 6 m

Kehäjako sivuseinällä 4,8...18 m

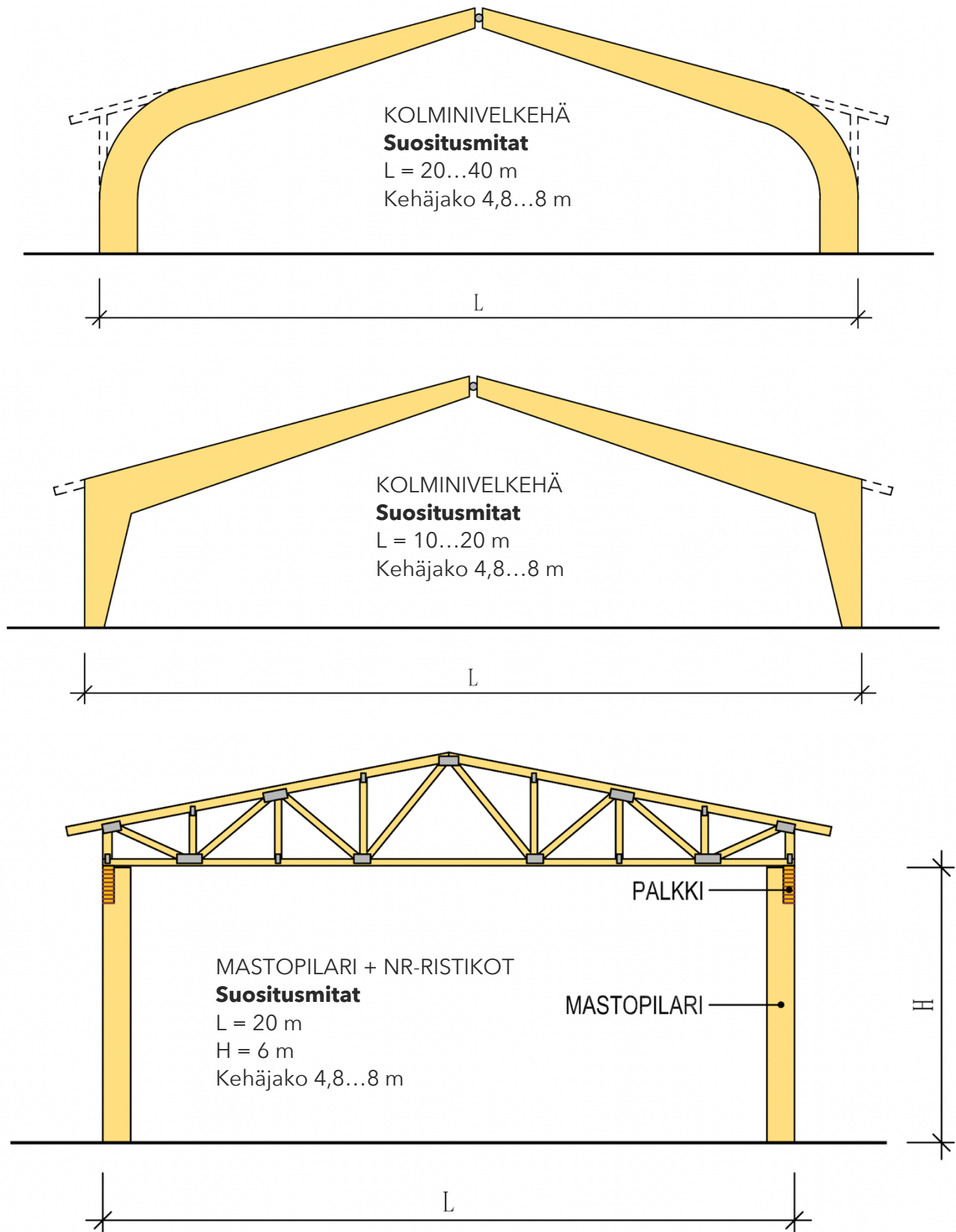


Kuva 16. Monilaivaisia massiivipuurunkoja.

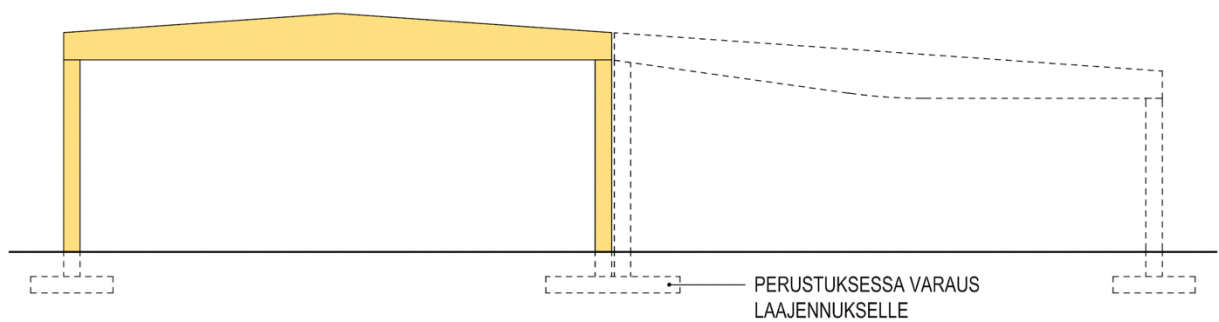
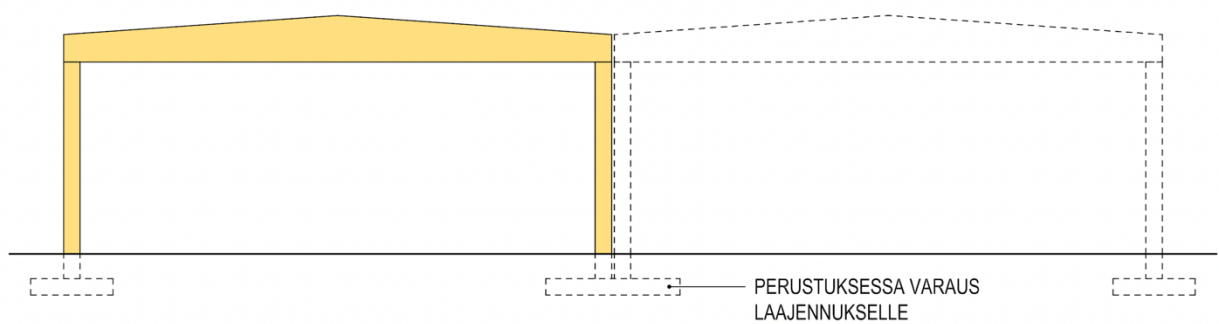
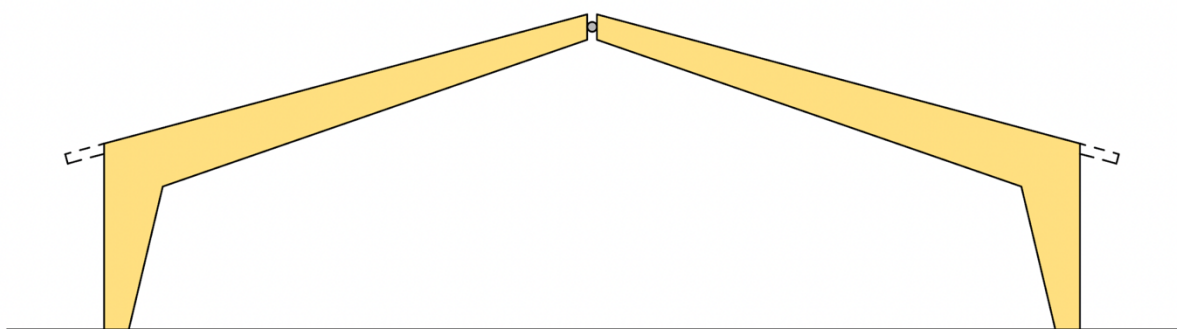
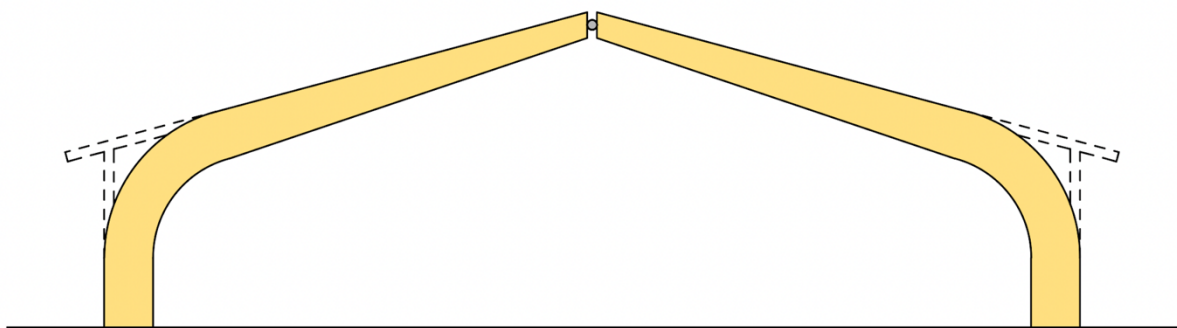
3.6 Runkojen muuntojoustavuus

Hallirakennuksen suunnittelussa kannattaa yleensä varautua mahdolliseen rakennuksen laajentamiseen sekä mahdolliseen käyttötarkoituksen muutokseen.

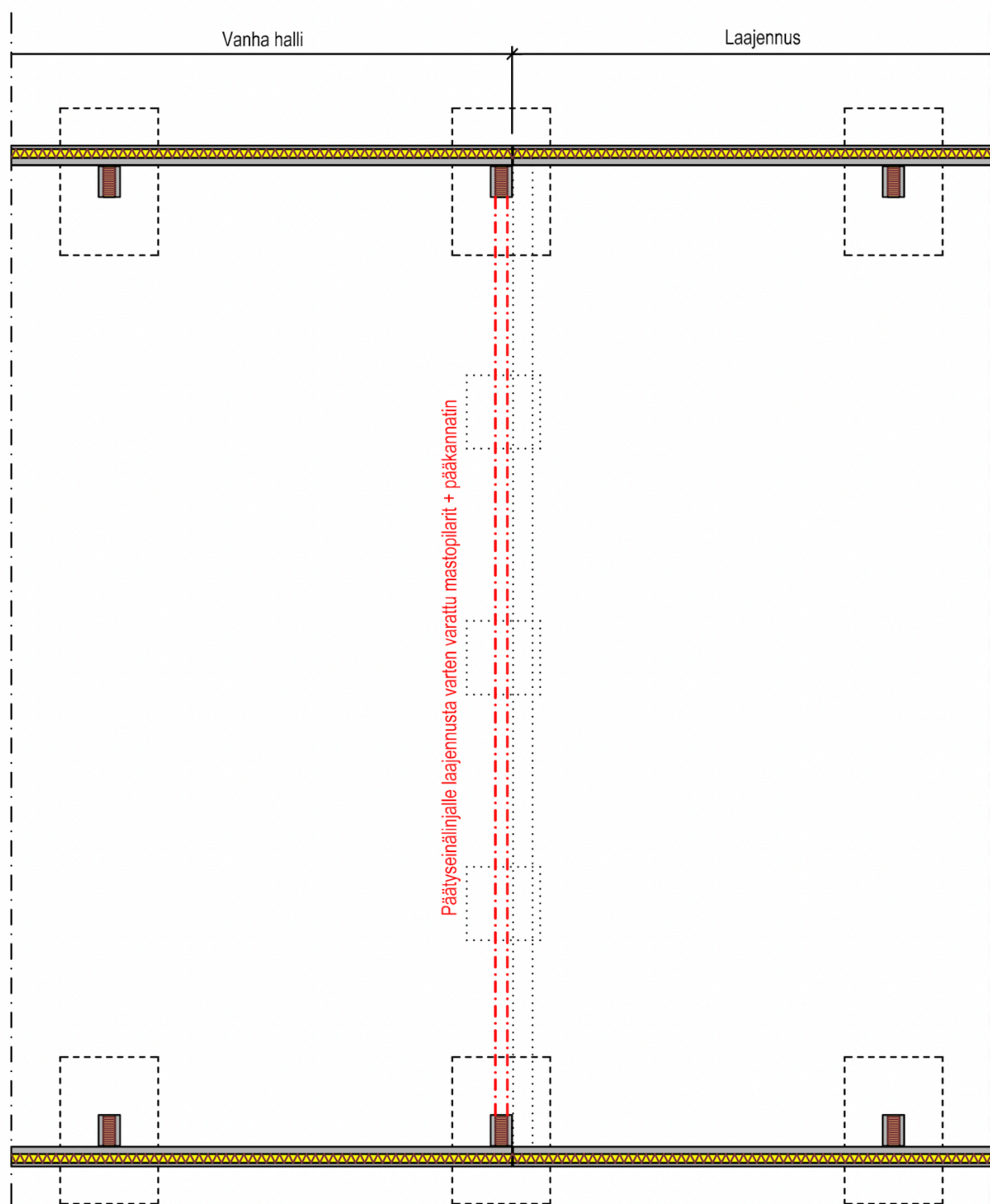
Kehärakenteisia halleja on helppo laajentaa rakennuksen pituus- ja leveyssuunnassa, koska jäykistys on osa kantavaa rakennesysteemiä.



Kuva 17. Yksilaivaisia maatalousrakennusten runkoja.



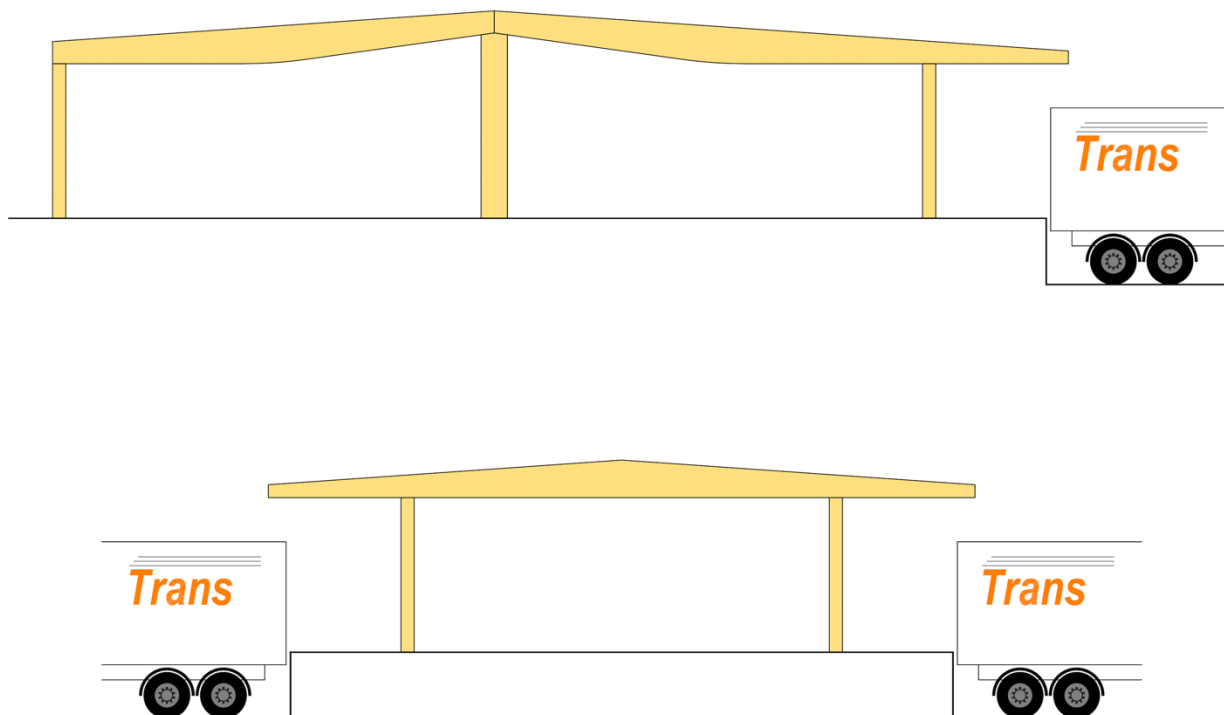
Kuva 18. Esimerkkejä runkotyypeistä, joita on helppo laajentaa rakennuksen pituus- ja leveyssuunnassa.



Kuva 19. Mastopilarirunkoisen hallin pituussuuntaisen laajentamisen periaate.

3.7 Lastauslaituri

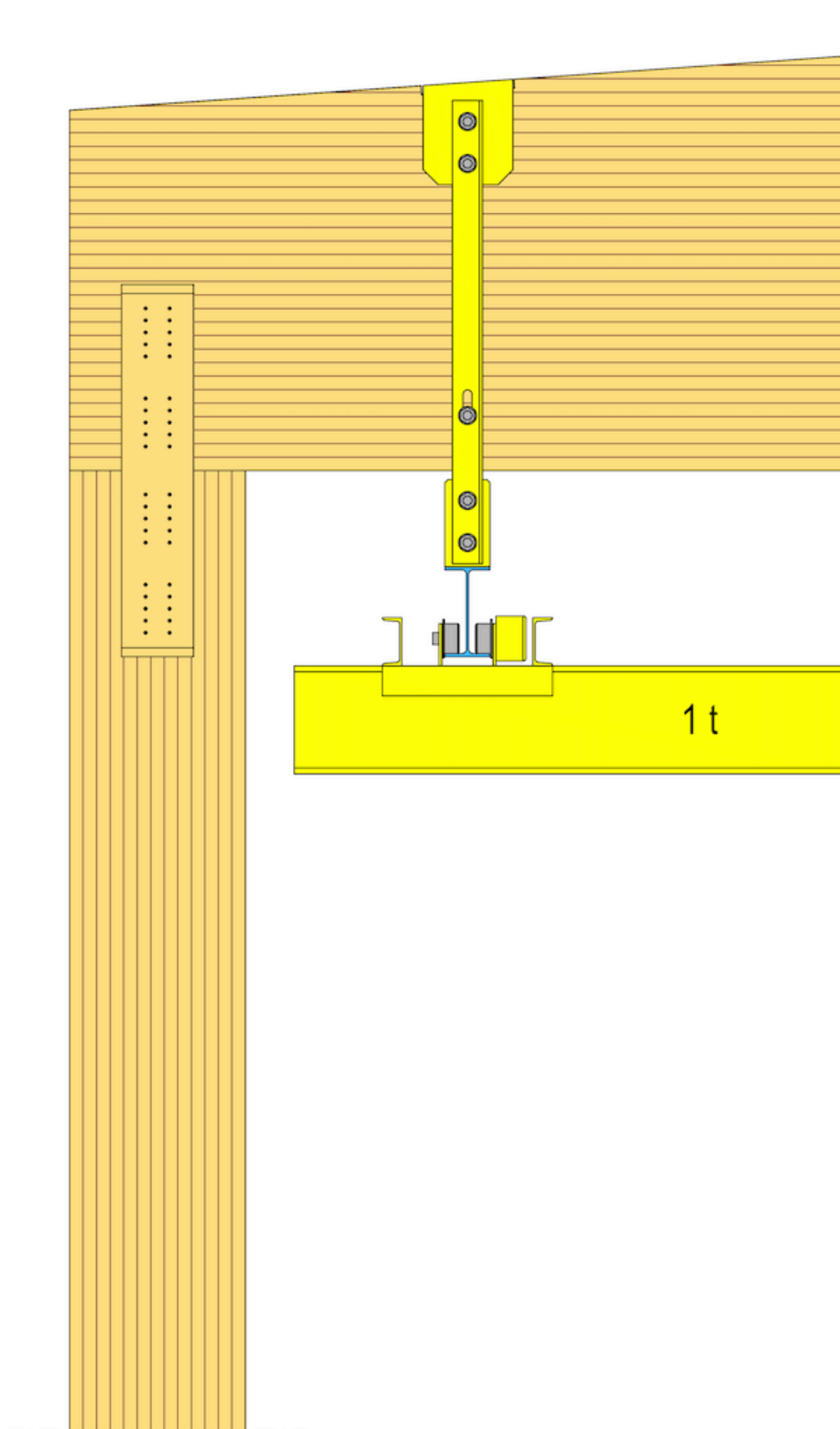
Teollisuus- ja varastohalleihin halutaan joissain tapauksissa lastauslaituri. Puurunkoisessa hallissa lastauslaiturin päälle tarvittava katos voidaan toteuttaa helposti hyödyntämällä pääkannattimia ulokkeena. Puun heikon lämmönjohtavuuden ansiosta puurakenteinen pääkannatin ei aiheuta merkittävää kylmäsiltaa, vaikka se lävistäisi ulkoseinä rakenteen.



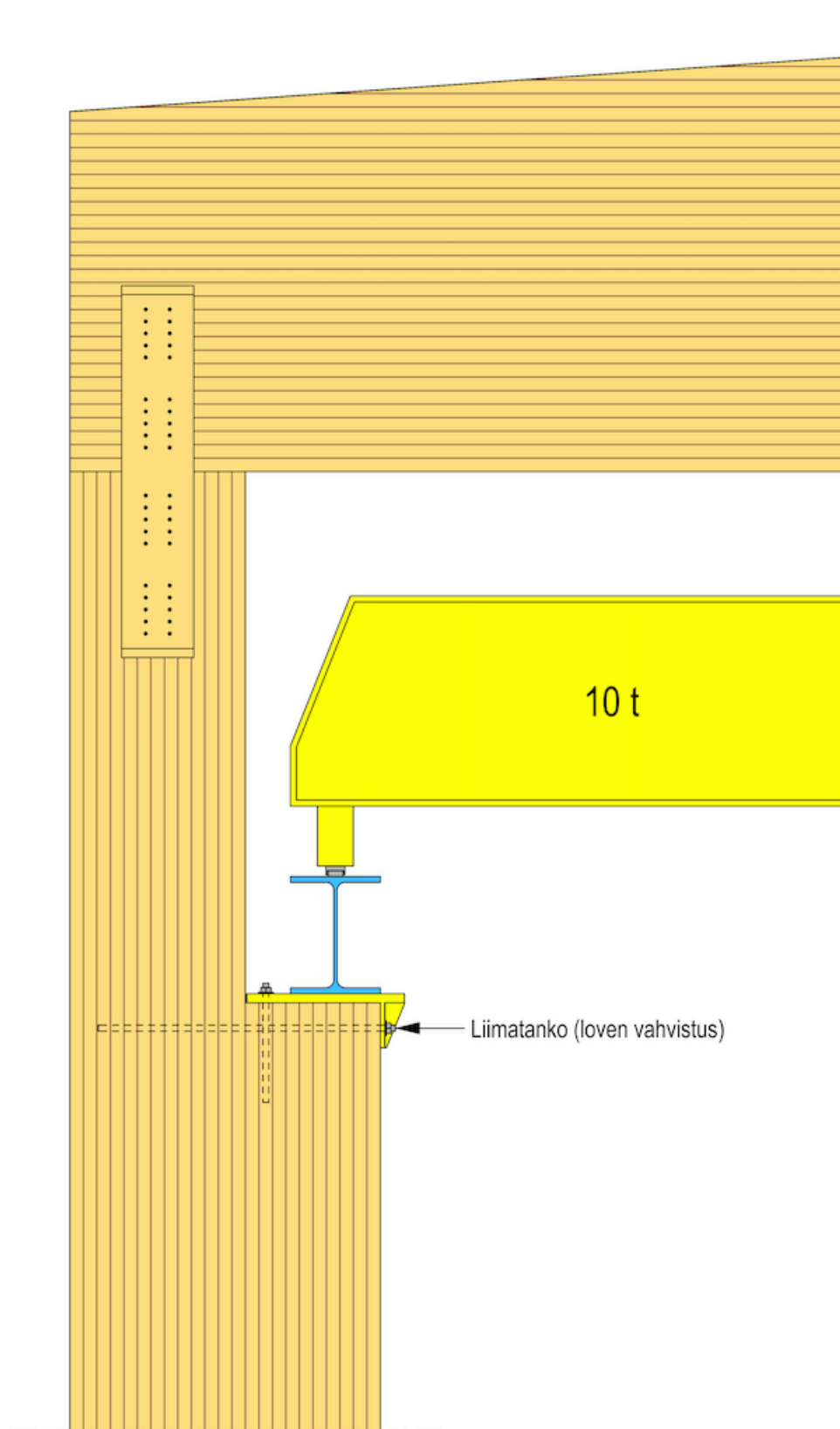
Kuva 20. Esimerkkejä lastauslaiturin katoksen toteuttamisesta.

3.8 Siltanosturi

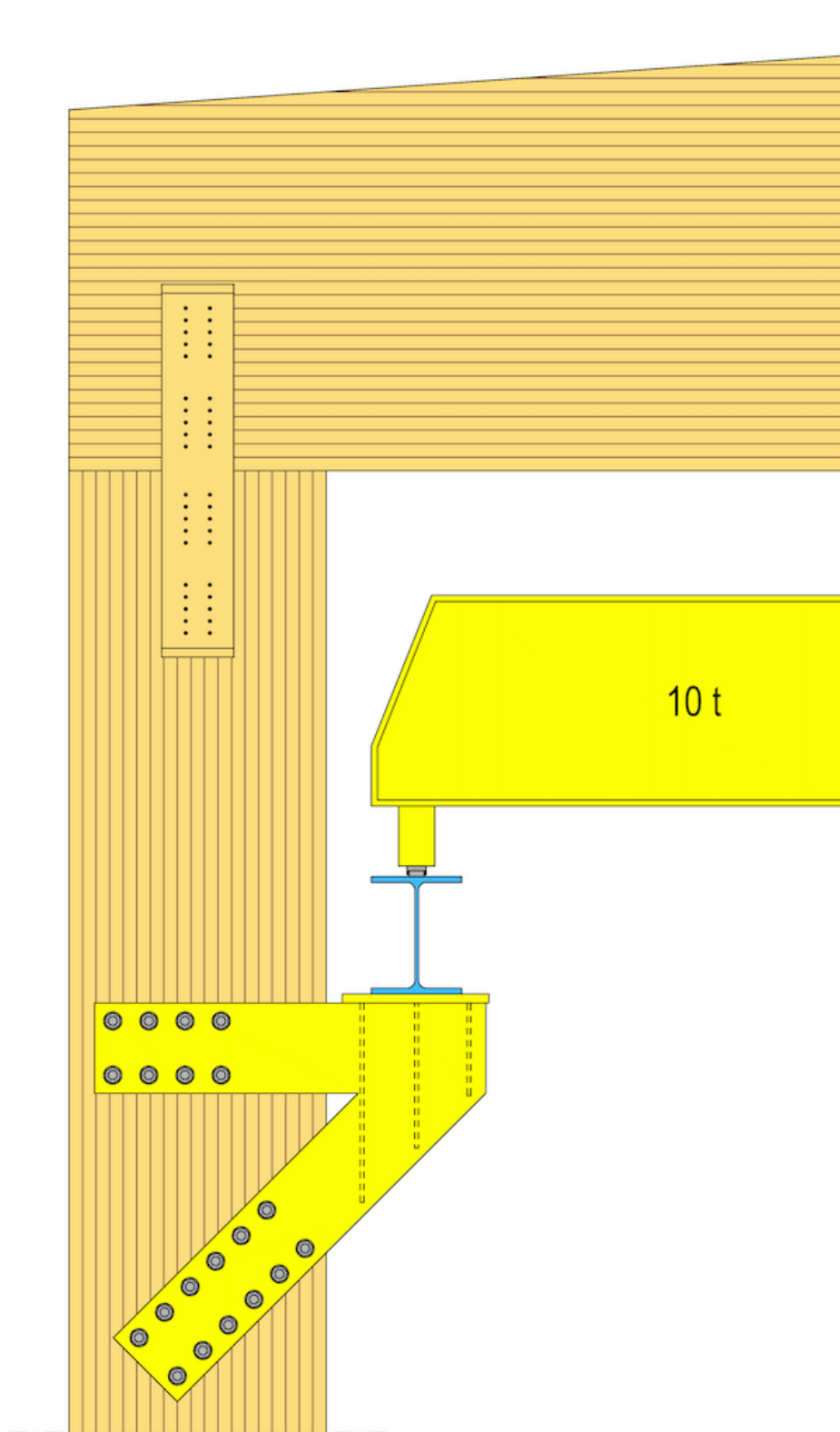
Teollisuushalleissa tarvitaan usein siltanosturia. Nosturin kiinnittäminen puurunkoon vaatii hie-
man erilaisia kiinnitysrakenteita verrattuna teräs- tai betonirunkoon. Puurunko rajoittaa myös
nosturin kokoa, koska nosturin aiheuttamat pysty- ja vaakavoimat kasvavat nosturin nostokyvyn
mukaan. Kuvissa 21...23 on esimerkkejä erilaisten nosturien kiinnitysrakenteista.



Kuva 21. Pieni siltanosturi voidaan ripustaa pääkannattimesta.



Kuva 22. Suuri siltanosturi voidaan kiinnittää mastopilarin yläpäähän muodostettuun loveukseen tai vaihtoehtoisesti kannatella kokonaan omasta erillisestä rungostaan.

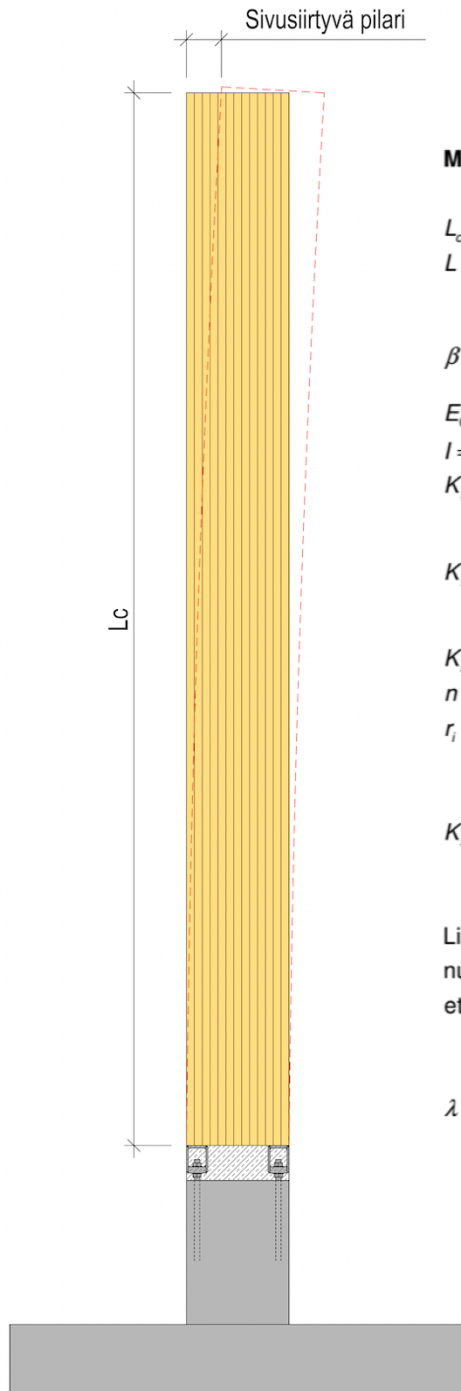


Kuva 23. Suuri siltanosturi voidaan kiinnittää mastopilariin erillisellä teräsrakenteisella konsolilla. Liitoksen mitoituksessa tulee olla erityisen huolellinen huomioiden vallitsevat kuormitukset ja kosteusrasitukset.

3.9 Puurungon suunnittelun erityisyyksiä

3.9.1 Mastopilarin nurjahduspituuden määrittäminen

Liimaruuveilla jäykästi perustukseen kiinnitetyn liimapuupilarin nurjahduspituus voidaan määrittää kuvassa 24 esitetyllä tavalla. Esitetty nurjahduspituuden laskentamenetelmä perustuu tutkimuslaskentatapaan VTT-S-05259-14 ja lausuntoon VTT-S-05260-14.



MASTOPILARIN NURJAHDUSPITUUDEN MÄÄRITTÄMINEN

$$L_c = \beta \cdot L$$

L = pilarin pituus

$$\beta = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05} \cdot I}{L \cdot K_{r,u}}}$$

$E_{0,05}$ = liimapuun kimmomoduulin ominaisarvo puun syiden suuntaan

I = pilarin jäyhyysmomentti tarkasteltavassa suunnassa

$K_{r,u}$ = liimaruuviliitoksen kiertymäjäykkyys murtorajatilassa

$$K_{r,u} = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} \cdot \sum_{i=1}^n r_i^2$$

K_{ser} = liimaruuvien siirtymäkerroin aksiaalisessa kuormituksessa

n = liimaruuvien lukumäärä koko liitoksessa

r_i = liimaruuvien i etäisyys pilarin neutraaliakselilta

$$K_{ser} = \begin{cases} 180000 \text{ N/mm} & \text{teräslajin S235JRG2 liimaruuveilla} \\ 285000 \text{ N/mm} & \text{lujuusluokan 5.8 liimaruuveilla} \end{cases}$$

Liimaruuveilla kiinnitetyn liimapuun mastopilarin yksinkertaistettuna nurjahduspituuskertoimena voidaan käyttää arvoa $\beta = 2,2$ edellyttäen, että nurjahduspituutta $2,5L$ vastaava pilarin hoikkuus

$$\lambda \geq \begin{cases} 120 & \text{käytettäessä teräslajin S235JRG2 liimaruuveja} \\ 100 & \text{käytettäessä lujuusluokan 5.8 liimaruuveja} \end{cases}$$

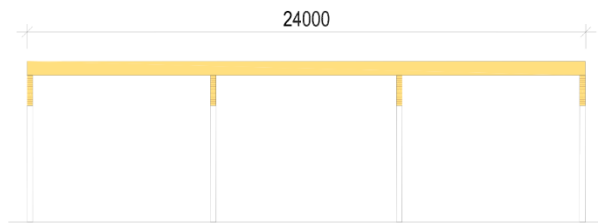
Kuva 24. Liimaruuveilla jäykästi kiinnitetyn liimapuun mastopilarin nurjahduspituuden määrittäminen.

3.9.2 Kosteusmuodonmuutosten huomioiminen hallin pituussuunnassa

Puun lämpölaajeneminen on hyvin vähäistä verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin. Havupuulla pituuden lämpötilakerroin $\alpha \approx 3,4 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$. Tästä johtuen esimerkiksi 30 m pitkän puupalkin pituuden muutos 50°C lämpötilan muutoksessa on noin 5 mm. Vastaava pituuden muutos teräspalkissa on noin 18 mm ($\alpha = 11,7 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$). Puurakenteilla suurimmat pituuden muutokset syntyvät kosteusmuodonmuutoksista. Havupuulla syiden suunnassa kosteuden aiheuttama pituudenmuutos on luokkaa 0,02 % yhtä kosteuspitoisuusyksikön muutosta kohden. Siksi esimerkiksi 30 m pitkän puupalkin teoreettinen pituudenmuutos on 30 mm, kun puun tasapainokosteus muuttuu 5 %.

Erityisesti yläpohjan sekundäärirakenteiden jatkuvuus hallin pituussuunnassa tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että pääkannattimille ei aiheudu kantavuutta heikentäviä rasituksia ja muodonmuutoksia (pääpalkin kallistuma) sekundäärirakenteen pituuden muutoksista. Lisäksi tulee huomioida, että sekundäärirakenteiden jatkoksissa tukipinta on riittävä mahdollisesta pituussuunnan muutoksesta huolimatta. Suunniteltaessa liikuntasaumaa, tulee huomioida siinä tapahtuva liike sauman lämmöneristävyyden, ilmatiiviyyden ja rakenteiden stabiliteetin (pääpalkin kallistuma) näkökulmasta.

Sekundäärirakenteiden kosteusmuodonmuutosten suuruuden vaikutus on riippuvainen siitä, miten sekundäärirakenne toteutetaan. Mikäli sekundäärirakenne tehdään paikalla rakentaen ulkokuivasta puutavarasta, on puurakenteiden kosteus tällöin noin 18...20 %. Rakennuksen käytön aikana puurakenteiden kosteus saattaa laskea esimerkiksi 8 %:iin, jolloin puurakenne kutistuu. Tästä johtuen paikalla rakennetussa puurakenteessa kosteusmuodonmuutos on rakenteen kutistumista ja tämä on yleensä hyvin suuri, koska rakenteen alkukosteus on suuri verrattuna rakenteen loppukosteuteen (esim. 8 %). Kosteusmuodonmuutosten, erityisesti kutistuman vaikutus, voidaan huomioida lähes kokonaan käyttämällä tehdasvalmisteisia kattoelementtejä. Tämä johtuu siitä, että kattorakenteen alkukosteus on hyvin pieni ja näin ollen lähellä rakenteen loppukosteutta (ks. kuva 25).

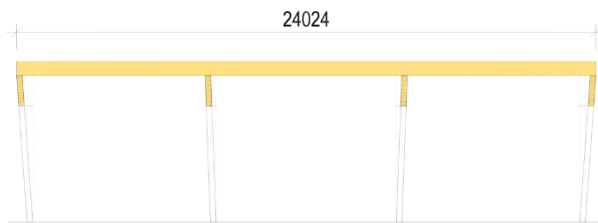


TEHDASVALMISTEINEN TUOTE

(kosteus 10 %)

alkukosteus 10 %

elementin pituus 24 m



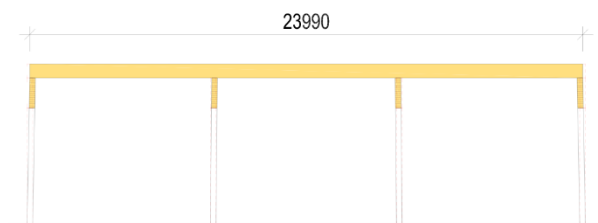
ASENNUSVAIHE (kosteus 15 %)

alkukosteus 10 % nousee 15 %:iin

elementti pitenee 24 mm

pitenemisestä ei ole haittaa, jos se pääsee vapaasti tapahtumaan

piteneminen ei aiheuta elementin tuelta putoamisen vaaraa



RAKENNUKSEN KÄYTTÖ (kosteus 8 %)

- asennusaikainen kosteus 18 % putoaa 8 %:iin

Kuva 25. Esimerkki tehdasvalmisteisen kattoelementin kosteuskäyttäytymisestä.

4 Puurunkoiset kattoelementit

Johdanto

Tässä luvussa esitetään rakennusten puurunkoisia kattoelementtityyppejä, joita käytetään tavallisesti massiivipuurunkoisissa halleissa. Kyseisiä kattoelementtejä voidaan käyttää myös teräs- ja betonirunkoisissa rakennuksissa. Kattoelementit mitoitetaan tapauskohtaisesti kohteen rakennusfysikaaliset vaatimukset huomioiden. HalliPES 2.0 luvussa 13 Erityiskysymykset esitellään markkinoilla oleva vaihtoehtoinen rakenneliimattu kattoelementtityyppi.

Kattoelementit tuovat nopeutta ja kustannustehokkuutta rakennusprojekteihin. Kattoelementit soveltuvat parhaiten laajarunkoisiin kohteisiin, joissa teollisen sarjavalmistuksen edut tulevat selkeimmin esiin. Tyypillisesti kattoprojektien pinta-ala on 1000–5000 m². Kattoelementit soveltuvat erinomaisesti myös huomattavasti suurempiin projekteihin aina kymmeneen tuhansiin neliömetreihin saakka. Kattoelementeissä on tehdasvalmiina vedeneriste, jolloin niiden käyttö mahdollistaa katon rakentamisen ilman erillistä sääsuojaa.

Käytettäessä kattoelementtejä, saadaan katto nopeasti vesitiiviiksi ja sisätöitä voidaan jatkaa sääsuojassa välittömästi. Rakennettaessa ns. säältä suojassa voidaan esim. lattiatyöt ja talotekniikan asennukset aloittaa tavanomaista aikaisemmin. Elementtien asennusnopeus on keskimäärin 500–1000 m² päivässä ns. säältä suojaan eli keskikokoisen 2500 m² rakennuksen katon asennukseen kuluu noin yksi työviikko. Työmaalla tapahtuva työnaikainen suojaustarve ja talvi-työt (lumityöt, sulatus, rakenteiden tilapäinen suojaus) vähenevät merkittävästi.

Työmaalla tehtävää työtä vähentää lisäksi elementtien varustaminen valmiiksi tehtaalla mm. räystäarakenteilla (sis. otsalaudat ja pieneläinverkot), vastakallistuksilla ja läpivienneillä. Elementtirakenteiden käyttö vähentää myös työmaalla tehtävien tulitöiden määrää.

Kattoelementit valmistetaan kuivissa tehdasolosuhteissa kuivista materiaaleista ja ne suojataan huolellisesti varastoinnin ja kuljetuksen ajaksi. Kattorakenteen ilmatiiveyden varmistamiseksi kattoelementeissä oleva höyrynsulku pidetään ehjänä. Elementtien yläpinnassa oleva vedeneriste toimii asennusaikaisena sääsuojana, ja kattorakenteet säilyvät kuivina myös asennuksen aikana.

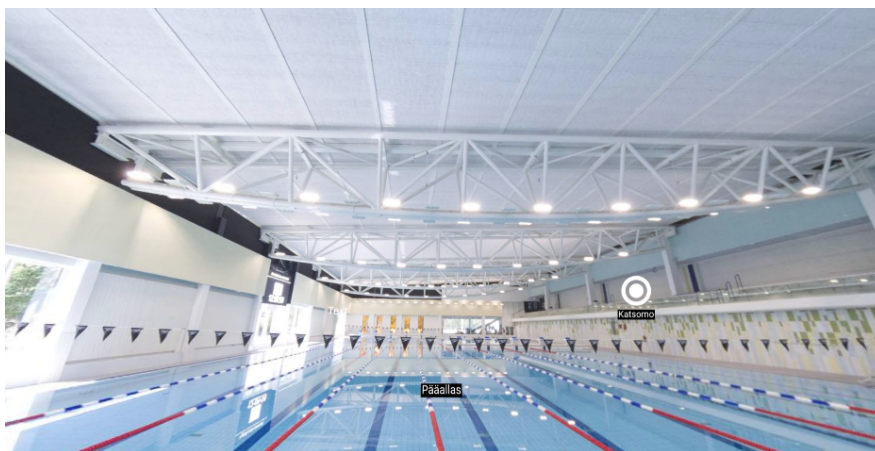
Puurunkoisten kattoelementtien erilaisia käyttökohteita on esitetty kuvissa 26–28:



Kuva 26. Teollisuusrakennukset. (Lapwall Oyj)



Kuva 27. Liikerakennukset. (Lapwall Oyj)



Kuva 28. Uimahallit. (Lapwall Oyj)

4.1 Itsekantavat puurunkoiset elementit

Suomessa on tällä hetkellä yleisimmin käytössä tuuletettu kattoelementtityyppi, joka koostuu seuraavista rakenteista:

- Vesikatteen alusrakenteesta ja vesikatteesta
- Yläpinnan koolauksesta
- LVL-pääkannattajista
- Lämmöneristeestä ja höyrynsulusta
- Alapinnan koolauksesta ja verhouksesta

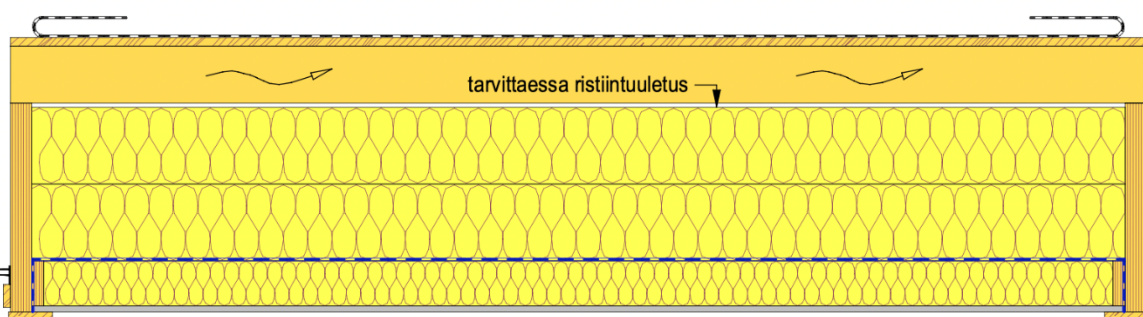
Suosittelavaa on käyttää aina moniaukkoisia, esim. 3-4-aukkoisia kattoelementtejä (kokonaistaloudellisuus). Rakennuksen kantavan rungon pääkannatinväli on suositeltavaa sovittaa 6-9 metrin jaolle. Muitakin pääkannatinvälejä voi käyttää, mutta tällöin kattoelementtien pääkannattajien poikkileikkausta joudutaan usein kasvattamaan. Kattoelementtien vakioleveys on 2440 mm ja pituus max. 25 m.

Tuuletettu kattoelementti		
Perusominaisuudet		
Palotekninen soveltuvuus	P0, P1, P2, ja P3-paloluokka	
Vesikattopinta	Bitumikermikate tai PVC-kate	
Sisäkattopinta	Kipsilevy, valkoinen kartonki (tai muu rakennuslevy)	
Leveys B	2440 mm	
Lämmöneriste	Mineraalivilla	
Ohjeelliset korkeudet ja jännevälit (lumikuorma 2,2 kN/m ² , ripustuskuorma 0,2 kN/m ² , taipuma L/200)		
Rakennemalli	Jänneväli L	Korkeus H
1-aukkoinen	6 m / 8 m	670 mm
1-aukkoinen	10 m	770 mm
Moniaukkoinen	6 m / 8 m / 10 m	670 mm
Moniaukkoinen	12 m	770 mm

tarvittaessa ristiintuuletus

Taulukko 6. Tuuletetun kattoelementin perusominaisuuksia.

Tuuletettu kattoelementti		
Perusominaisuudet		
Palotekninen soveltuvuus	P0, P1, P2, ja P3-paloluokka	
Vesikattopinta	Bitumikermikate tai PVC-kate	
Sisäkattopinta	Akustolevy	
Leveys B	2440 mm	
Lämmöneriste	Mineraalivilla	
Ohjeelliset korkeudet ja jännevälit (lumikuorma 2,2 kN/m ² , ripustuskuorma 0,2 kN/m ² , taipuma L/200)		
Rakennemalli	Jänneväli L	Korkeus H
1-aukkoinen	6 m / 8 m	670 mm
1-aukkoinen	10 m	770 mm
Moniaukkoinen	6 m / 8 m / 10 m	670 mm
Moniaukkoinen	12 m	770 mm



Taulukko 7. Tuuletetun kattoelementin perusominaisuuksia.

4.2 Puurunkoisten kattoelementtien valmistus, varastointi ja asennus

Puurunkoisten kattoelementtien valmistus tapahtuu tuotantotehtaalla valvotuissa ja kuivissa olosuhteissa.

Kattoelementeille on Suomessa mahdollista hakea rakennustuotteiden vapaaehtoisen hyväksyntämenettelyn avulla varmennustodistus tai vapaaehtoisen ETA-hyväksyntämenettelyn avulla CE-merkintä.

Valmistajan varmennustodistuksella voidaan osoittaa tuotteen täyttävän sille lainsäädännössä asetetut vaatimukset ja soveltuvan rakentamiseen. Rakentaja voi varmennustodistuksella

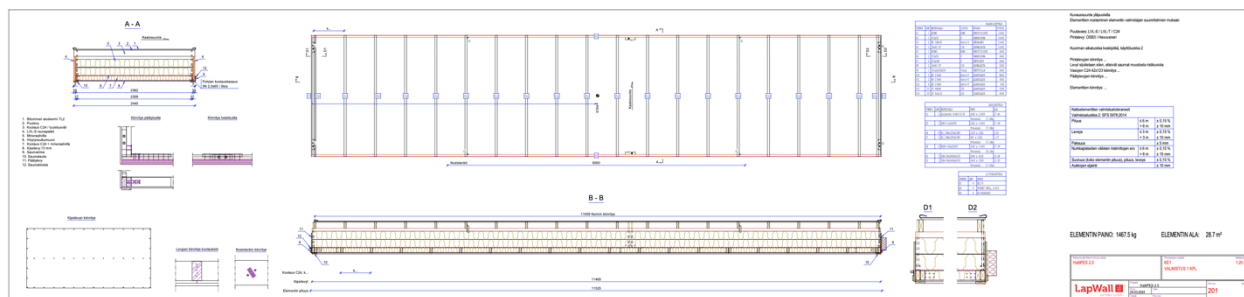
todentaa tuotteen kelpoisuuden hakiessaan rakennuslupaa tai rakennusvalvonnan sitä pyytäessä. Kyseiset yrityskohtaiset dokumentit ovat saatavilla kattoelementtivalmistajalta pyydettyessä.



Kuva 29. Kattoelementin alapinnan koolaus. (Lapwall Oyj)



Kuva 30. Lämmöneristeen asennus kattoelementin sisälle. (Lapwall Oyj)



Kuva 31. Esimerkki kattoelementin tuotantosuunnitelmasta. (Lapwall Oyj)

Elementeissä on tehtaalla valmiiksi nostopisteet, joista ne voidaan nostaa turvallisesti kuormaamaan. Samoja nostopisteitä käytetään myös työmaalla elementtien asennuksessa. Nostopisteiden sijainnit määräytyvät elementin geometrian sekä painopisteen mukaan. Nosto-osien mitoitetaan tehdään elementin painon mukaan.



Kuva 32. Valmis kattoelementti. (Lapwall Oyj)

Kattoelementit kuljetetaan työmaalle useamman elementin nipuissa. Elementtiniput tulee suojata huolellisesti välivarastointia ja kuljetusta varten niin, että elementit eivät pääse kastumaan ja/tai likaantumaan eikä pakkauksen sisälle synny kondenssin aiheuttamaa kosteutta. Kattoelementit on varastoitava tehtaalla, välivarastossa ja työmaalla maanpinnasta irti vähintään 300 mm niin, etteivät ne pääse kostumaan. Kattoelementtien kuljetuksessa tulee ottaa huomioon lakien ja määräysten tuomat rajoitukset kuormien pituudelle, leveydelle, korkeudelle ja painolle.



Kuva 33. Kattoelementti tehdas- ja työmaavarastointuna. (Lapwall Oyj)

Ennen kattoelementtien asennustöiden aloittamista laaditaan kohdekohtainen asennussuunnitelma, joka sisältää myös työturvallisuus- ja kosteudenhallintasuunnitelman. Työturvallisuus-suunnitelmassa huomioidaan kohteen työturvallisuus- ja tulityömääräykset, asennussuunnitelmat ja putoamissuojasuunnitelmat. Suunnitelmassa määritetään nostettavien elementtien koot, painot ja nosto-ohjeet. Jos kohteessa ei käytetä turvakaiteita, tulee putoamissuojaus estää henkilösuojaimeilla, joiden kiinnityspisteet käyvät ilmi asennussuunnitelmasta. Nostolenkkien kunto tulee tarkistaa huolella ennen nostoja ja ne tulee kiinnittää huolella nosturin nostoketjuihin. Elementtejä saa nostaa vain elementtiin kiinnitetyistä nostolenkeistä.

Ennen asennustöitä käydään läpi kohdekohtaiset elementtisuunnitelmat, leikkaukset ja liitosdetaljit sekä runko- ja elementtikaaviot. Asennustöiden aikataulu ja yhteensovitus työmaan muihin urakoihin sovitaan yhdessä työmaan johdon kanssa. Työmaan kanssa käydään läpi myös liikenejärjestelyt sekä tarvittavat välivarastointipaikat. Tyypillisesti työmaalla tarvittava välivarastointi-tilan tarve on 20-50 % kohteen kattopinta-alasta. Elementtien välivarastointi tehdään tasaiselle alustalle (min 300 mm maanpinnasta).

Välivarastoinnissa on huolehdittava, että suojamuovit yms. suojukset ovat ehjiä ja tukevasti kiinnitettyjä. Mahdollisesti suojausten alle kondensoituvan kosteuden tuulettuminen sekä kuivuminen tulee varmistaa. Elementtien suojukset tulee säilyttää ehjinä eikä niitä saa poistaa ennen asennusta. Jos kosteutta tiivistyy suojausten sisäpuolelle varastoinnin aikana, suojaukset avataan alareunasta tuulettumisen parantamiseksi.

Elementtejä nostettaessa tuulen nopeuden yläraja on noin 7-8 m/s rakennuksen sijainnista ja muodosta riippuen. Vähäinen sade ei välttämättä estä asentamista, mutta sateisella säällä elementit tulee suojata, ettei rakenteiden sisään ei pääse vettä. Kattoelementtien korkea valmiusaste suojaa rakenteita tehokkaasti. Elementteihin jo tehtaalla tehdyt räystäsrakenteet tai sadevesikaivot ja vastakallistuksen sekä yläpinnan vedeneristys ohjaavat sadeveden rakennuksen ulkopuolelle.

Katon asennustyö aloitetaan yleensä rakennuksen toisesta päädyistä ja räystäältä vesikaton harjaa kohti. Kattoelementtien asennus ja kiinnitys tapahtuu kohdekohtaisten asennusdetaljien ja -kaavioiden mukaisesti välittömästi lopullisilla kiinnitysosilla. Kattoelementtien asennustyön edessä tulee tarkkailla erityisesti sitä, että kattoelementit ovat keskenään suorassa ja elementit saadaan saumattua tiiviiksi rakenteeksi. Kattoelementtien sijaintia runkoon nähden tulee seurata jatkuvasti, jotta elementeillä säilyy riittävät tukipinnat. Elementtien kiinnityksen jälkeen elementit saumataan saumavaahdolla tai villakaistalla asennusdetaljien mukaan. Samalla varmistetaan myös sauman ilma- ja höyrytiiviys. Saumaustyön jälkeen elementissä oleva vedeneristeen lieve käännetään sauman päälle ja saumataan. Vedeneristystyöt tehdään välittömästi elementtien saumaustyön jälkeen.

Kattoelementtien asennus onnistuu hyvin myös talviolosuhteissa, kunhan huomioidaan sääolosuhteiden asettamat erityispiirteet tuotteiden valinnassa, varastoinnissa ja asennuksissa. Talvella on huolehdittava, että käytettävä saumavaahto säilytetään lämpimissä tiloissa ja että saumattavat pinnat ovat puhtaat lumesta ja jäältä. Liittyvien rakenteiden liitoksissa (esim. seinänosot) tulee huolehtia siitä, että asennusalue pysyvät lumesta ja jäältä vapaana.



Kuva 34. Kattoelementtien asennus työmaalla. (Lapwall Oyj)

4.3 Kattoelementtien tuuletus

Puurunkoisissa kattoelementeissä tulee huolehtia seuraavista tekijöistä:

- Kattoelementissä on riittävän korkea tuuletusväli
- Kattoelementeistä muodostuvassa kokonaisuudessa on esteetön toimiva tuuletus (tulo ja poisto)

Kunkin 400 m² palo-osaston tuuletustilaan tulee järjestää riittävä tulo- ja poistoilmareitti joko räystäältä tai alipainetuulettimia käyttäen. Leveärunkoisissa rakennuksissa tuuletus tulee järjestää lisäksi tarvittaessa myös jiirin pohjalta ja väliharjalta.

Yläpohjarakenteen tuuletusvälin korkeusvaatimus on RIL 107-2022 mukaisesti 100–300 mm. Kyseinen ohjeistus perustuu paikalla rakennettuun yläpohjaan, jolloin rakenteisiin saattaa päästä rakennusaikaista kosteutta. Käytettäessä tehdasvalmisteisia vedeneristettyjä puurakenteisia kattoelementtejä voidaan ko. ohjeista poiketen käyttää matalampaa tuuletusvälin korkeutta, koska elementit säilyvät kuivina koko rakentamisen ajan (kuivaketju). Kyseisestä ohjeesta voidaan poiketa RIL 107-2022 mukaan seuraavasti:

Luku 1.1 (suora lainaus ohjeesta RIL 107-2022)

Suunnittelussa ja toteutuksessa voidaan käyttää julkaisun ohjeista poikkeavia ratkaisuja, mikäli ratkaisu on tutkimuslaitoksissa ja käytännön dokumentoiduilla kokeilla osoitettu toimivaksi niin, että rakenne tai ratkaisu kokonaisuutena (liitoksineen ja eri materiaalien yhtymäkohdissa) toimii luotettavasti suunnitellun käyttöiän ajan.

Luku 5.1 (suora lainaus ohjeesta RIL 107-2022)

Teollisesti valmistettujen puurakenteisten tai muiden kattoelementtien mitoitus voi vähäisessä määrin poiketa joistakin luvussa 5 esitetyistä vaatimuksista (esim. tuuletusvälin korkeus), mikäli rakenteen rakennusfysikaalinen toiminta on luotettavasti selvitetty (yleiset periaatteet ohjeiden poikkeamisista, ks. kohta 1.1). Tällöin on kuitenkin otettava huomioon, että yleensä elementtien välinen sauma on rakenteen heikoin kohta (mm. höyrynsulun liitos, tuuletuksen toimivuus,

*vedeneristyksen liitos) ja myös sen toiminta pitää selvittää erilaisissa rasi-
tustilanteissa. Element-
tien välisten saumojen toimivuus koko rakenteen osalta pitää voida varmistaa työmaalla luotetta-
vasti.”*

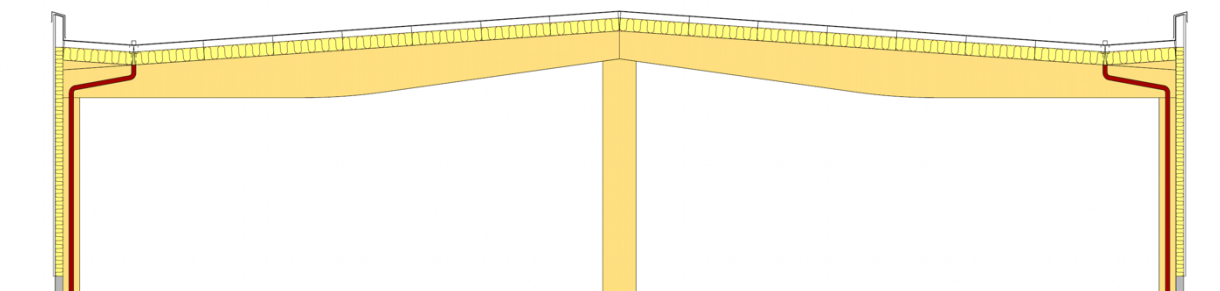
Puurunkoisissa kattoelementeissä ei tavallisesti käytetä kahdensuuntaista tuuletusta (ristituule-
tusta), vaan tuuletus suunnitellaan yhdensuuntaiseksi (katon lapsuuntaan, kun ulkopuolinen
vedenpoisto). Jos vesikatto kaataa rakennuksessa sisäänpäin (sisäpuolinen vedenpoisto), risti-
tuuletus tulee huomioida ja suunnitella yhdessä alipainetuulettimien sijoittelun kanssa.

4.4 Räystäät ja vedenpoisto

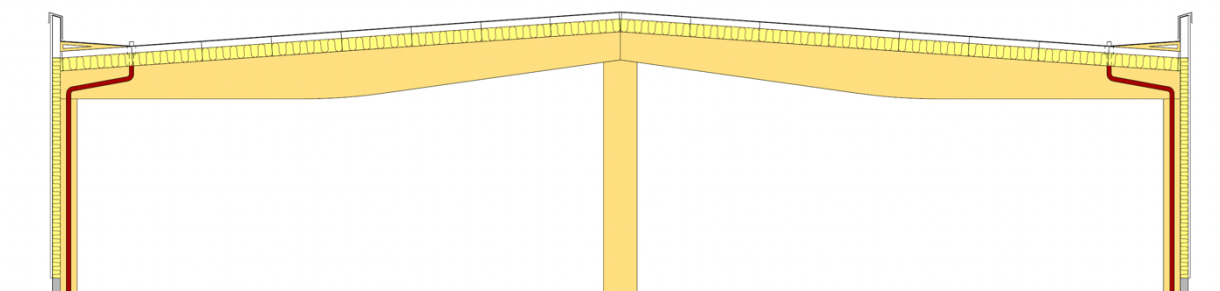
Räystäiden suunnittelussa on huomioitava yläpohjan vedenpoistojärjestelmä (sisäpuolinen vai
ulkopuolinen). Monilaivaisissa rungoissa katosta tulee hyvin laaja sekä loiva, jolloin käytetään
tavallisesti sisäpuolista vedenpoistojärjestelmää. Yksilaivaisessa rungossa voidaan käyttää ulko-
puolista vedenpoistojärjestelmää. Tämä on kuitenkin riippuvainen katon kaltevuudesta. Räys-
täsratkaisun ja vedenpoiston kustannusten osalta ulkopuolinen vedenpoisto on merkittävästi
halvempi kokonaisratkaisuna.

4.4.1 Sisäpuolinen vedenpoisto

Sisäpuolista vedenpoistoa käytettäessä ulkoseinälinjalle tulee suunnitella vastakaato, jotta ka-
tolle saadaan muodostettua kattokaivoille johtava ”vesikouru”. Seinän ylösnoston max. korkeu-
den määrittää seinärakenteen tuentaan tarvittavan teräsosan kestävyys. Vastakaato voidaan to-
teuttaa kuvissa 35 ja 36 esitetyillä periaatteilla.



Kuva 35. Vastakaato toteutettu kattoelementillä ja pääkannattimen päälle tehdyllä erillisellä kaatorakenteella.



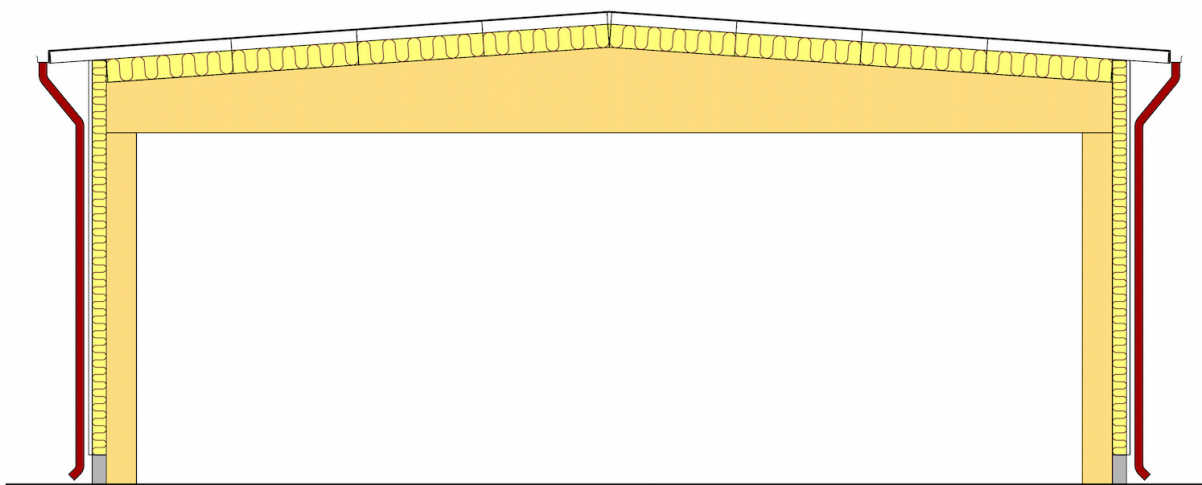
Kuva 36. Vastakaato toteutettu kattoelementin päälle tehdyllä erillisellä kaatorakenteella.

Sisäpuolisessa vedenpoistossa kattoelementteihin asennetaan yleensä tehtaalla valmiiksi sadevesikaivot ja vastakallistukset silloin, kun kaivolinja on elementtien pituussuunnassa. Kaivojen ja vastakallistusten sijoittelussa ja mitoituksessa tulee ottaa huomioon:

- Vastakallistusten jiirinpohjan minimikallistus bitumikatteella 1:80 ja PVC-katteella 1:60.
- Vastakallistusten maksimileveys elementeissä on yhtä suuri kuin elementtien leveys.

4.4.2 Ulkopuolinen vedenpoisto

Ulkopuolista vedenpoistoa käytettäessä rakennukseen tehdään normaali räystäsrakenne sadevesijärjestelmään. Kattoelementtejä käytettäessä ulokeräystä voidaan tehdä kattoelementtiin valmiiksi tehtaalla. Kuvassa 37 on esimerkki edellä esitetystä tapauksesta.



Kuva 37. Ulokeräystä toteutettu kattoelementtiin valmiiksi tehdyllä räystäsrakenteella.

4.4.3 Minimikattokaltevuudet

Taulukoissa 8 ja 9 on esitetty erilaisten katemateriaalien minimikattokaltevuuksia. Katto on aina kuitenkin hyvä suunnitella vähän minimikaltevuutta jyrkemmäksi. (ks. *Toimivat katot 2022* www.kattoliitto.fi ja RIL 107-2022). Erityisen tärkeää on huomioida myös kantavan päärungon ja kattoelementtien pystykuorman aiheuttama taipuma, joka ei saa muodostua liian suureksi suhteessa vesikaton minimikattokaltevuuksiin.

Päällekkäisten katekerrosten määrä	Katerakenne (tuoteluokka)	Minimikattokaltevuus	Muuta huomioitavaa
1	TL1	1: 40	
2	TL3 + TL2	1: 40	
2	TL2 + TL2	1: 80	Suosittelava katerakenne kaltevuudella 1: 40...1: 80
2	TL2 + TL1	1: 80	
3	TL2 + TL2 + TL2	1: 80	
3	TL2 + TL2 + TL1	1: 80	

Taulukko 8. Bitumikermikatteen minimikattokaltevuudet.

Päällekkäisten katekerrosten määrä	Katerakenne (tuoteluokka)	Minimikattokaltevuus	Muuta huomioitavaa
1	PVC-kate	1: 40	
1	PVC-kate, paksuus $\geq 1,5$ mm	1: 60	Jiirin pohjassa

Taulukko 9. PVC-katteen minimikattokaltevuudet.

4.4.4 Kattokaivot

Sisäpuolisessa vedenpoistossa vesi ohjataan katon kallistusten avulla kattokaivoihin. Kattokaivoja sijoitetaan katolle siten, että valumamatka (valumamatka ei tarkoita samaa kuin lappeen pituus) kaivoon yleensä on enintään 15 m ja vedellä on esteetön pääsy kaivoihin. Kattokaivot tulee sijoittaa aina kattoelementin jännevälän keskelle. Yhden katto kaivon toiminta-alue arvioidaan taulukossa 10 esitetyillä arvoilla (ks. *Toimivat katot 2022* www.kattoliitto.fi).

Kaivon poistoputken koko	Pinta-ala / Kattokaivo
Ø 110 mm	max 200 m ²
Ø 160 mm	max 300 m ²

Taulukko 10. Kattokaivon toiminta-alue.

4.4.5 Kattoelementin varustelut ja muut erityisseikat

Kattoelementtiin suunnitellaan ja rakennetaan valmiiksi tarvittavat läpiviennit.

Alapinnan verhoiluna voi olla pinnoitettu kipsilevy, akustointilevy tai höyrytiivis polyesteripinnoitettu teräsohutlevy.

Vesikatteena voidaan käyttää PVC-yksikerroskatetta tai 2-kerrosbitumikermiä (jolloin pintabitumikermi asennetaan työmaalla).

Kattoelementit kiinnitetään kantavaan päärunkoon pääsääntöisesti aina yläpuolelta ruuviliitoksien.

Vesikatteen pintapalokatkot suositellaan toteutettavaksi metallipintaisella bitumikermillä. Kattoelementin suunnitteluvaiheen alkaessa täytetään kattoelementtisuunnittelun lähtötietolomake, jossa esitetään kohdekohtaisia lähtötietoja liittyen kattoelementtien osalta esim. seuraaviin asioihin:

- Lumikuorma katolla
- Ripustuskuormat
- Aurinkopaneelikuormat
- Muut raskaat laitteet katolla
- Tuulikuormat
- Seuraamusluokka
- Suunniteltu käyttöikä
- Paloluokka
- Kattoelementin palonkesto
- Kattoelementin U-arvo
- Kohteen runkoratkaisu
- Rakennuksen kantavan rungon jäykistäminen
- Kohteen tukipinnat (materiaalit, pituudet)
 - Tukipintojen osalta huomioitava kattoelementin vaatima tukipinta, asennustoleranssit huomioiden.
 - Lisäksi huomioitava tukipinnan jäykkyys/kantavuus tarvittavine liitokseen/tuentoineen (päärungon RAK-suunnittelija)
- Ulkoseinärakenne (kattoelementin liittyminen ulkoseinään)
- Kattoelementin alapinnan materiaali
- Vesikate ja sen väri
- Alapinnan saumalautojen väri
- Höyrynsulku
- Räystäiden väri
- Alipainetuulettimien väri
- Tippapellin väri
- Kattopollarit
- Savunpoisto
- Asennusviikko ja asennusjärjestys

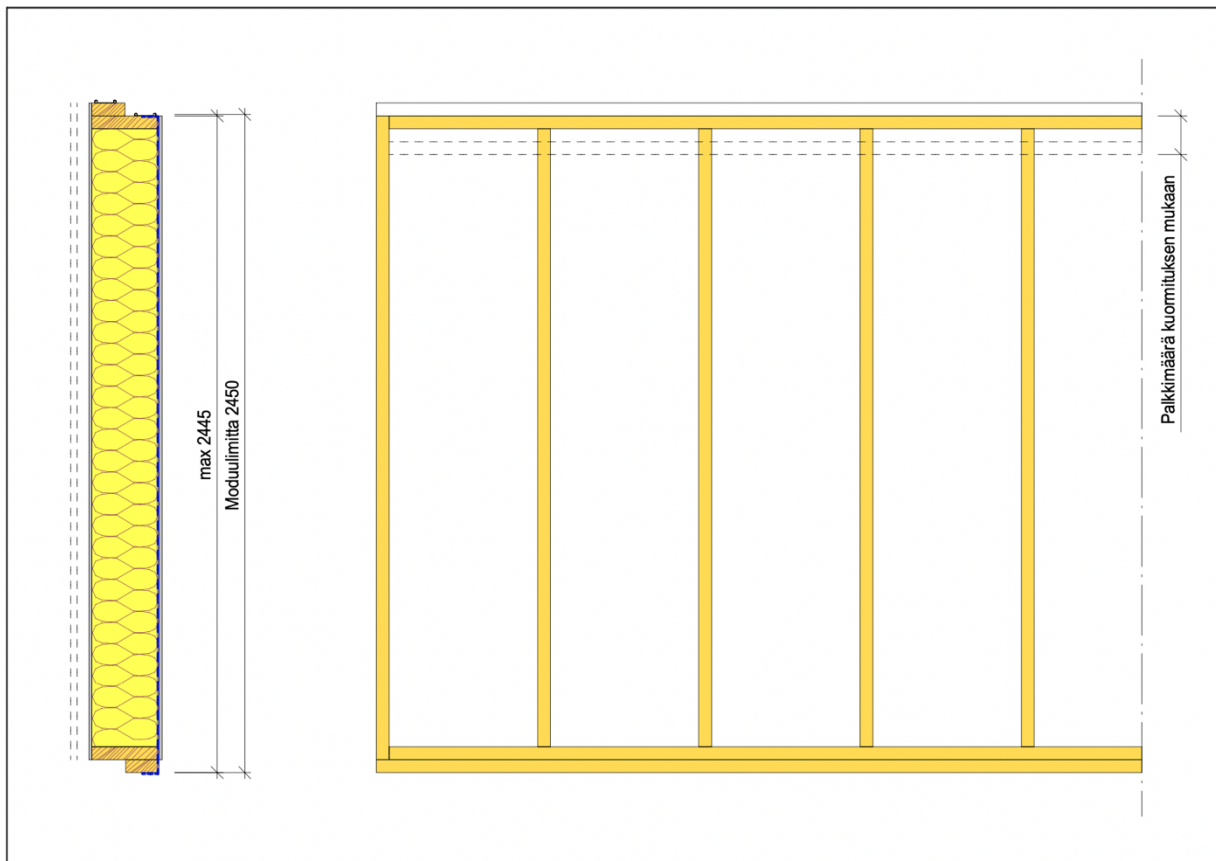
5 Seinäelementtityypit

Johdanto

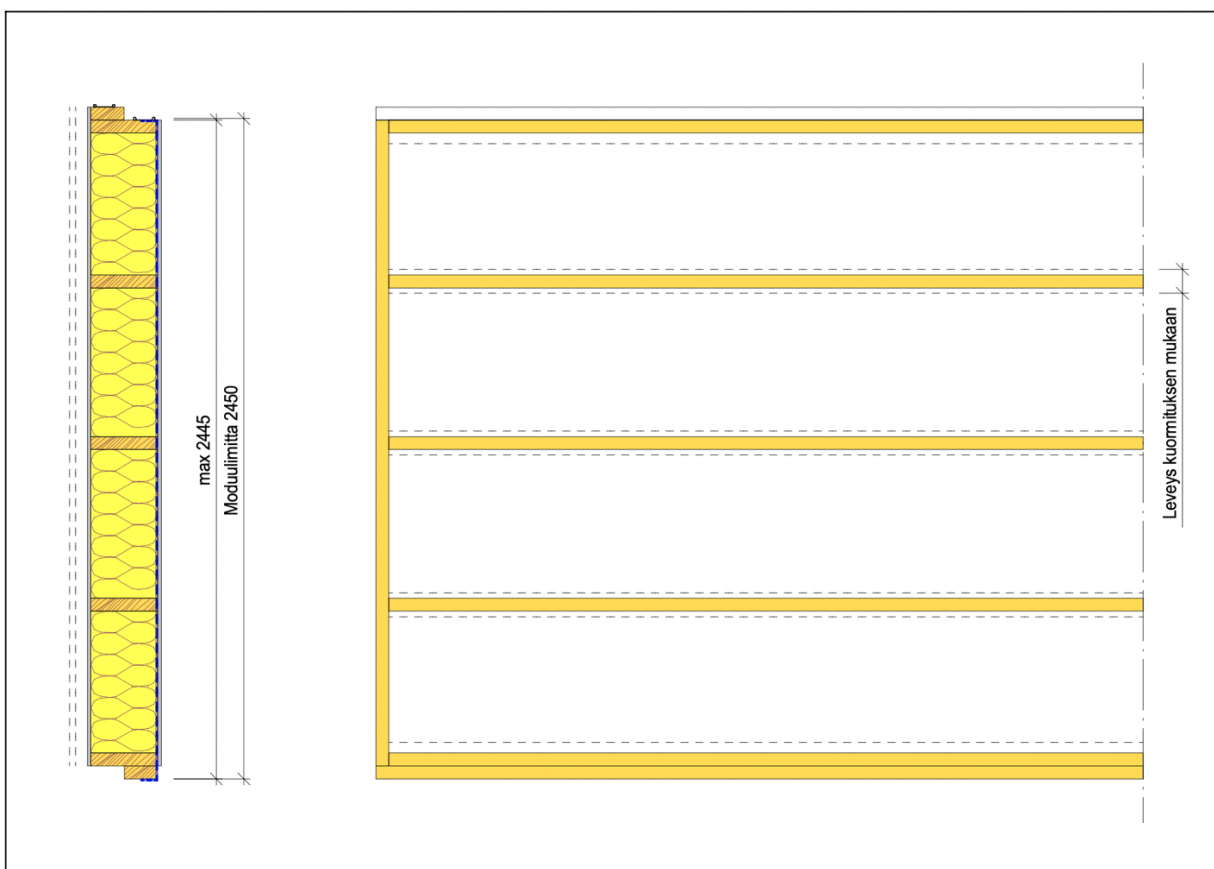
Tässä luvussa esitetään hallirakennusten ulkoseinäelementtejä. Ei-kantavia elementtejä käytetään tavallisesti massiivipuurunkoisissa halleissa. Ei-kantavia seinäelementtejä voidaan käyttää myös teräs- ja betonirunkoisissa halleissa. Seinäelementit mitoitetaan tapauskohtaisesti kohteen rakennusfysikaaliset vaatimukset huomioiden.

5.1 Ei-kantavat rankaseinäelementit

Seuraavassa esiteltävät ulkoseinäelementit ovat vaakasuuntaan asennettavia ja ne sisältävät pääkannattimien välin kantavan sekundäärirakenteen. Kyseiset elementit siirtävät tuulikuormat primäärirungolle. Suositeltavaa on käyttää 2- tai 3-aukkoisia seinäelementtejä (kokonaistaloudellisuus). Elementtien suunnittelussa tulee huomioida myös mahdollinen elementin toiminta pilaria jäykistävänä rakenteena. Mikäli ulkoseinä toimii pilarin nurjahdustukena, tulee sen runko ja liitokset suunnitella siten, että seinä pystyy siirtämään tuentavoimat primäärirungon jäykisteille tai muulle jäykistävälle rakenteelle. Ei-kantavan seinäelementin leveys suunnitellaan tapauskohtaisesti, mutta suositellaan käytettäväksi mahdollisimman leveitä elementtejä. Seinien maksimitat ovat valmistajakohtaisia.



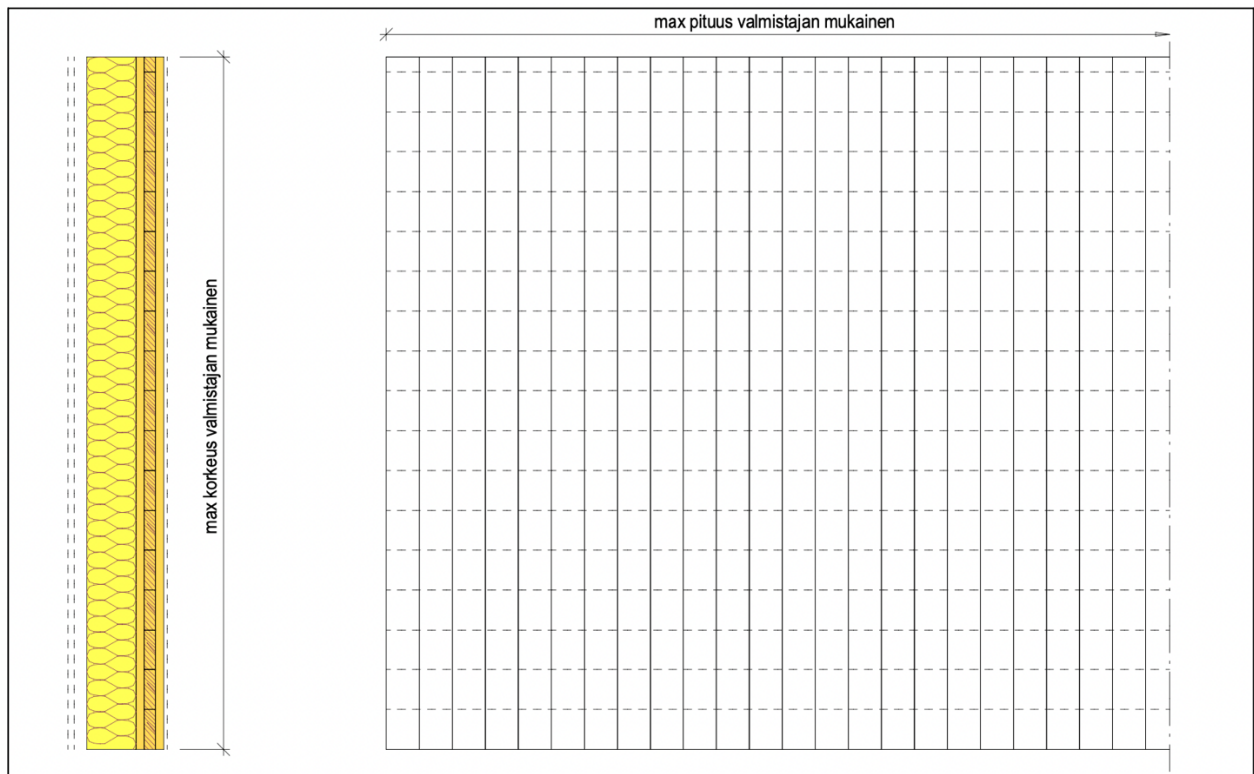
Kuva 38. Vaakasuuntaan asennettava ei-kantava pystyrakenteinen ulkoseinäelementti.



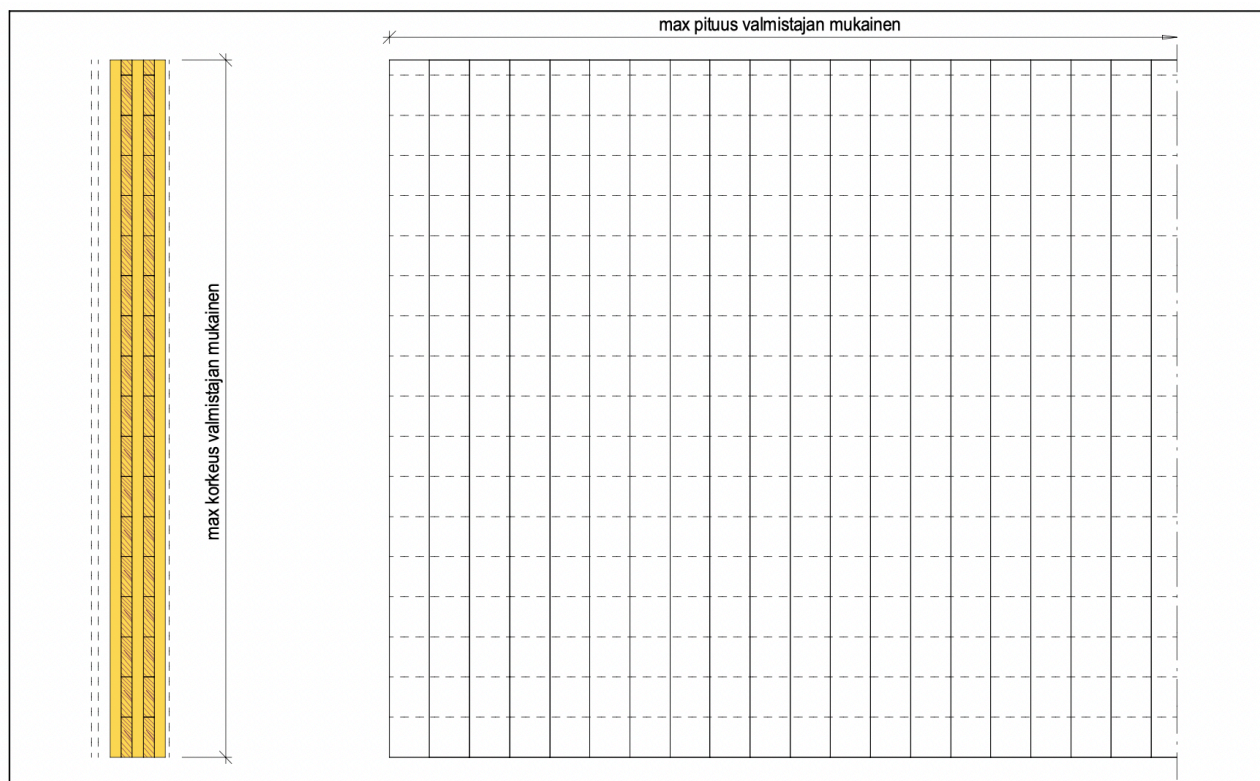
Kuva 39. Vaakasuuntaan asennettava ei-kantava vaakarakenteinen ulkoseinäelementti.

5.2 Ei-kantavat CLT-seinäelementit

Seuraavassa esiteltävät CLT-ulkoseinäelementit ovat vaakasuuntaan asennettavia ja ne sisältävät pääkannattimien välin kantavan sekundäärirakenteen. Kyseiset elementit siirtävät tuulikuormat primäärirungolle. Suositeltavaa on käyttää 2- tai 3-aukkoisia seinäelementtejä (kokonaistaloudellisuus). Elementtien suunnittelussa tulee huomioida myös mahdollinen elementin toiminta pilaria jäykistävänä rakenteena. Mikäli ulkoseinä toimii pilarin nurjahdustukena, tulee sen runko ja liitokset suunnitella siten, että seinä pystyy siirtämään tuentavoimat primäärirungon jäykisteille tai muulle jäykistävälle rakenteelle. Ei-kantavan seinäelementin leveys suunnitellaan tapauskohtaisesti, mutta suositellaan käytettäväksi mahdollisimman leveitä elementtejä. Maksimitat CLT-levyllä ovat valmistajakohtaisia. Lisäeristetyissä ulkoseinissä käytetään yleisimmin 3-lamellisia CLT-levyjä ja massiiviseinissä 5- ja 7-lamellisia levyjä, joiden vahvuudet ovat tyypillisesti 200–300 mm.



Kuva 40. Lisäeristetty ei-kantava CLT-ulkoseinäelementti.



Kuva 41. Massiivipuinen ei-kantava CLT-ulkoseinäelementti.

6 Moduuliviivasto

Johdanto

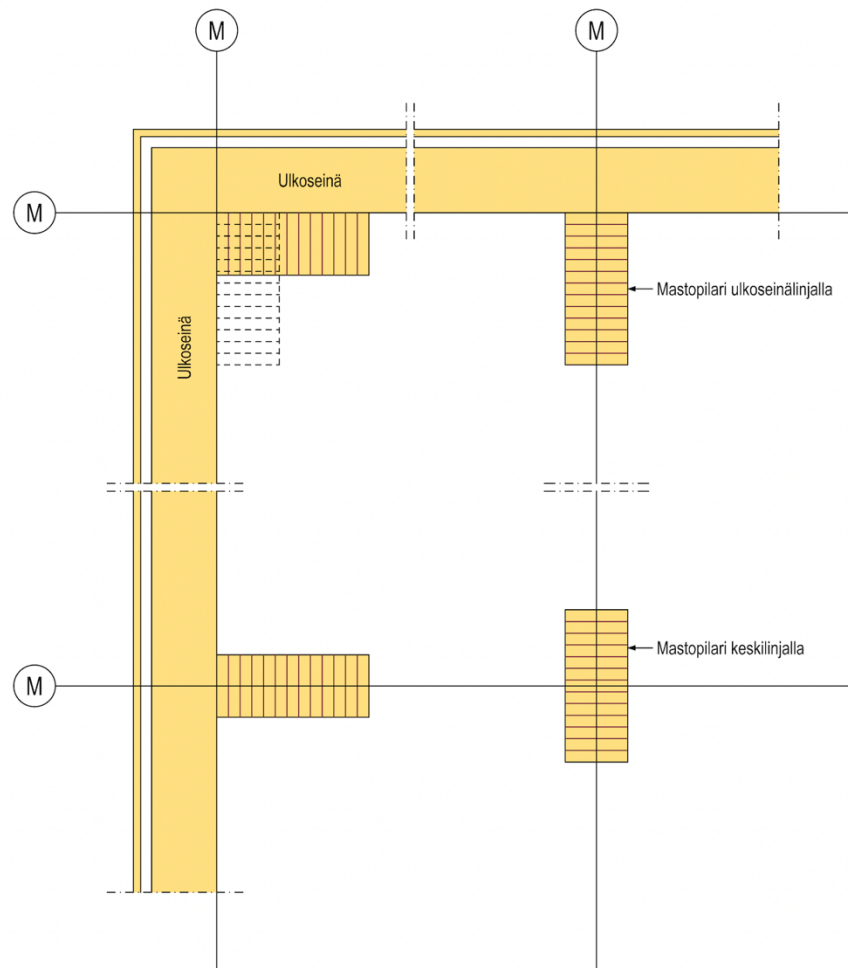
Tässä luvussa esitetään moduuliviivojen sijainti massiivipuurunkoisessa hallissa.

6.1 Massiivipuurunkoinen halli

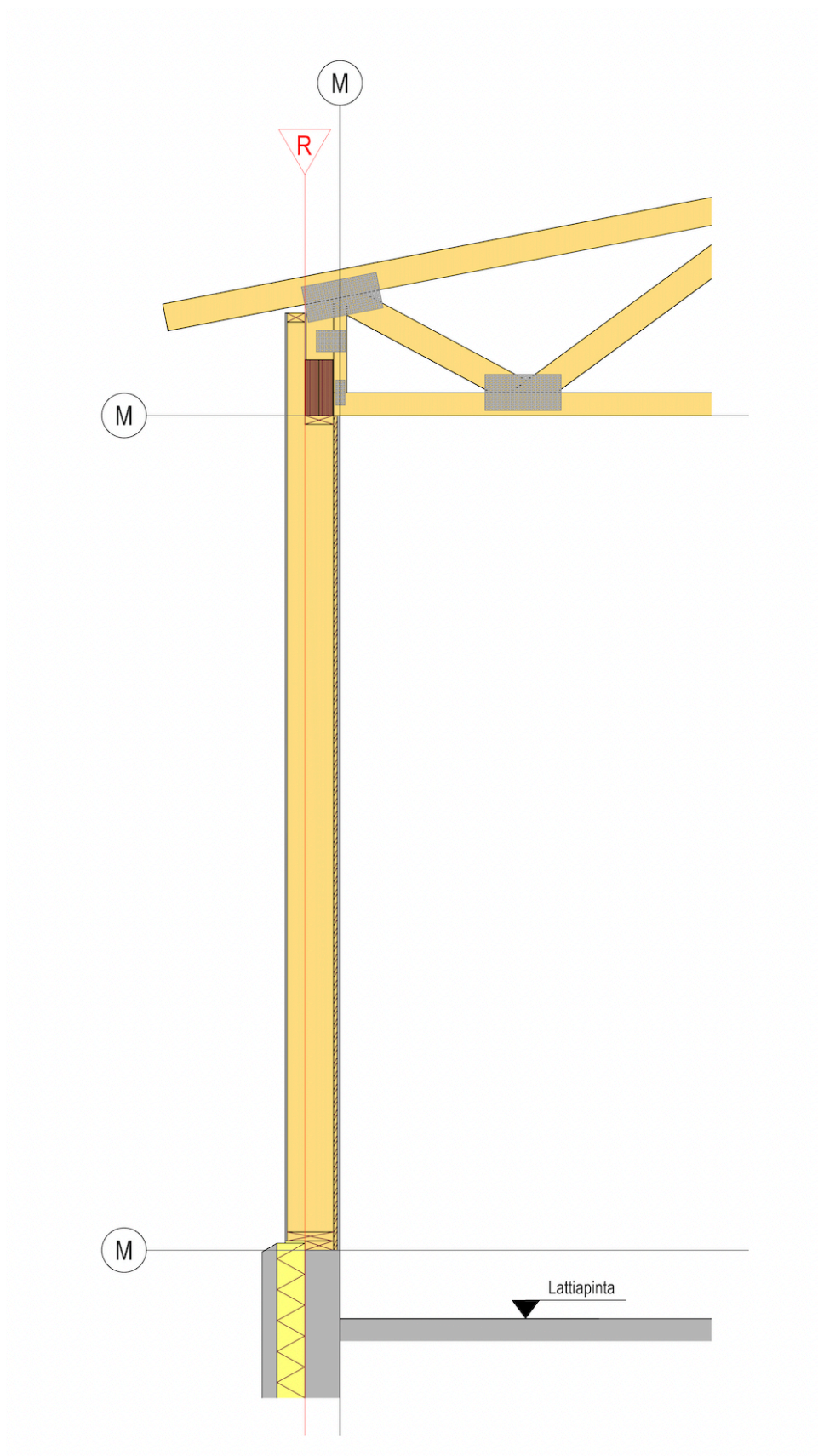
Massiivipuurunkoisella hallilla tarkoitetaan tässä tapauksessa hallia, jossa on erillinen mastopilari- tai kolminivel kehärunko.

6.1.1 Moduuliviivojen sijainti

Moduuliviiva sijaitsee ulkoseinälinjalla kantavan rungon ulkopinnassa ja keskilinjalla kantavan rungon keskellä.



Kuva 42. Moduuliviivojen sijainti massiivipuurunkoisessa hallissa.



Kuva 43. Moduuliviivojen sijainti massiivipuurunkoisessa hallissa.

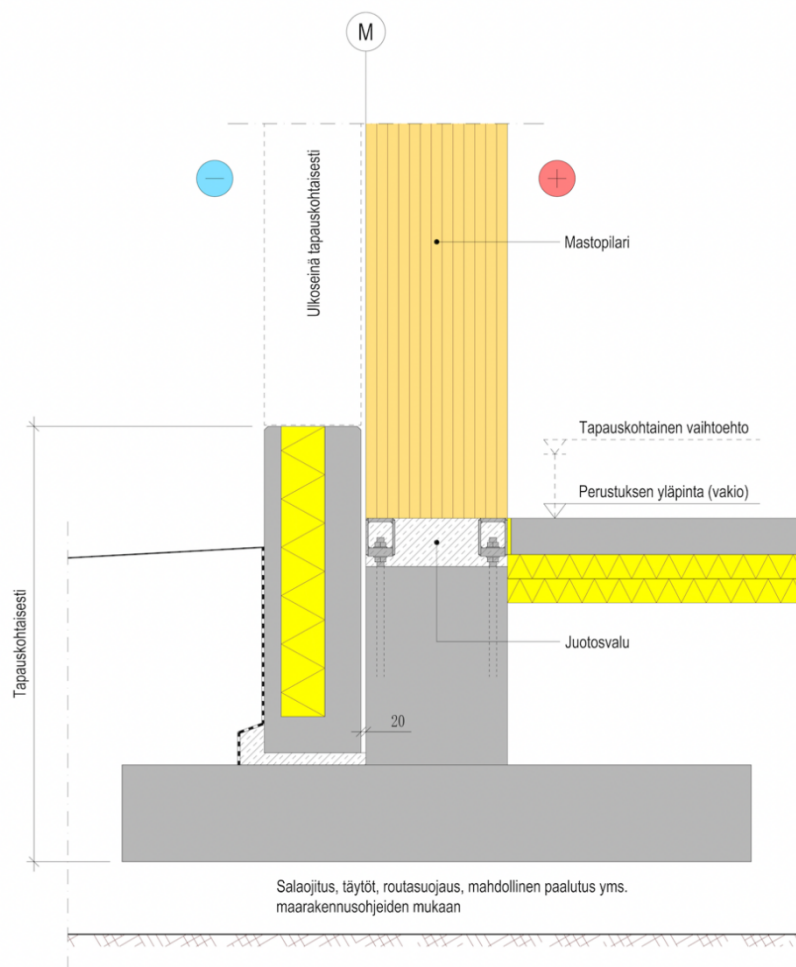
7 Perustukset

Johdanto

Tässä luvussa esitetään tyypillisiä hallirakennusten perustuksia ja niissä huomioitavia seikkoja. Perustusten ja puurungon urakkarajojen takia on hyvin tärkeää, että tiedonvaihto osapuolten kesken on selkeää ja kaikilla osapuolilla on käsitys perustuksen toiminnasta sekä niille asetuista vaatimuksista.

7.1 Mastopilarin perustus

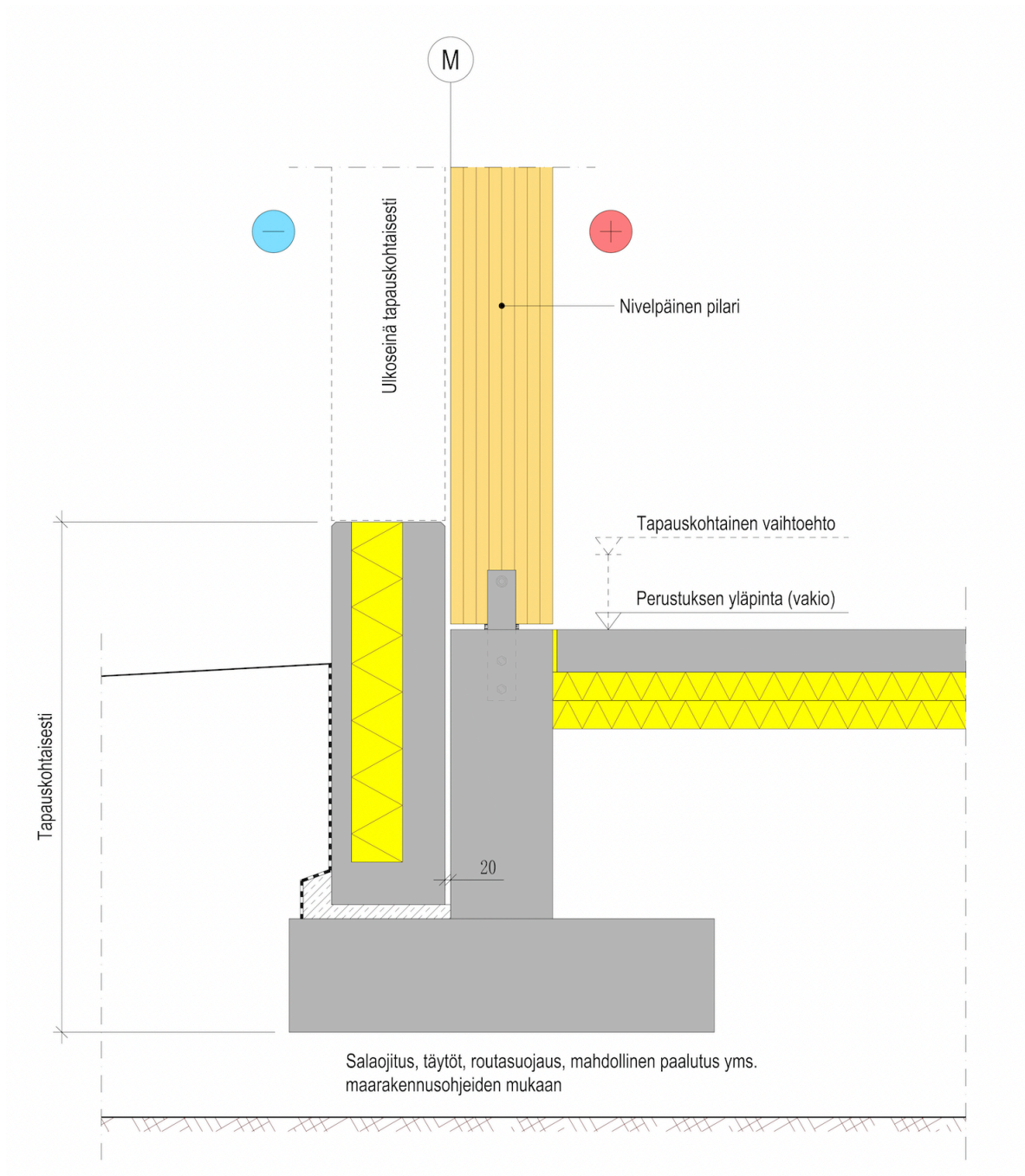
Mastopilarin perustus puurakenteisessa hallissa on periaatteeltaan vastaava kuin teräs- ja betonihallissa. Puurakenteiden keveyden takia anturasta tulee tavallisesti suurempi kuin betonirunkoisessa hallissa. Puurakenteisen mastopilarin liitos perustukseen tehdään pilarikengillä ja peruspulteilla. Erityisen tärkeää on huolehtia, että peruspulttien asennustoleranssit ovat suunnitelmien mukaiset suhteessa pilarikengän (reikien) toleranssivaatimuksiin.



Kuva 45. Esimerkki mastopilarin perustuksesta.

7.2 Nivelpäisen pilarin perustus

Nivelpäisiä pilareita käytetään tavallisesti hallirakennuksen päätyseinissä kantamaan päätyseinälle tulevat pysty kuormat sekä siirtämään seinän tuulikuorma perustuksille ja yläpohjan jäykisterakenteille. Nivelpäisiä pilareita käytetään myös tapauksessa, jossa mastopilarien väli on suuri ja näiden välille tarvitaan pilareita siirtämään seinän tuulikuorma perustuksille ja yläpohjan jäykisterakenteille (tuulipilari mastopilarien välillä).



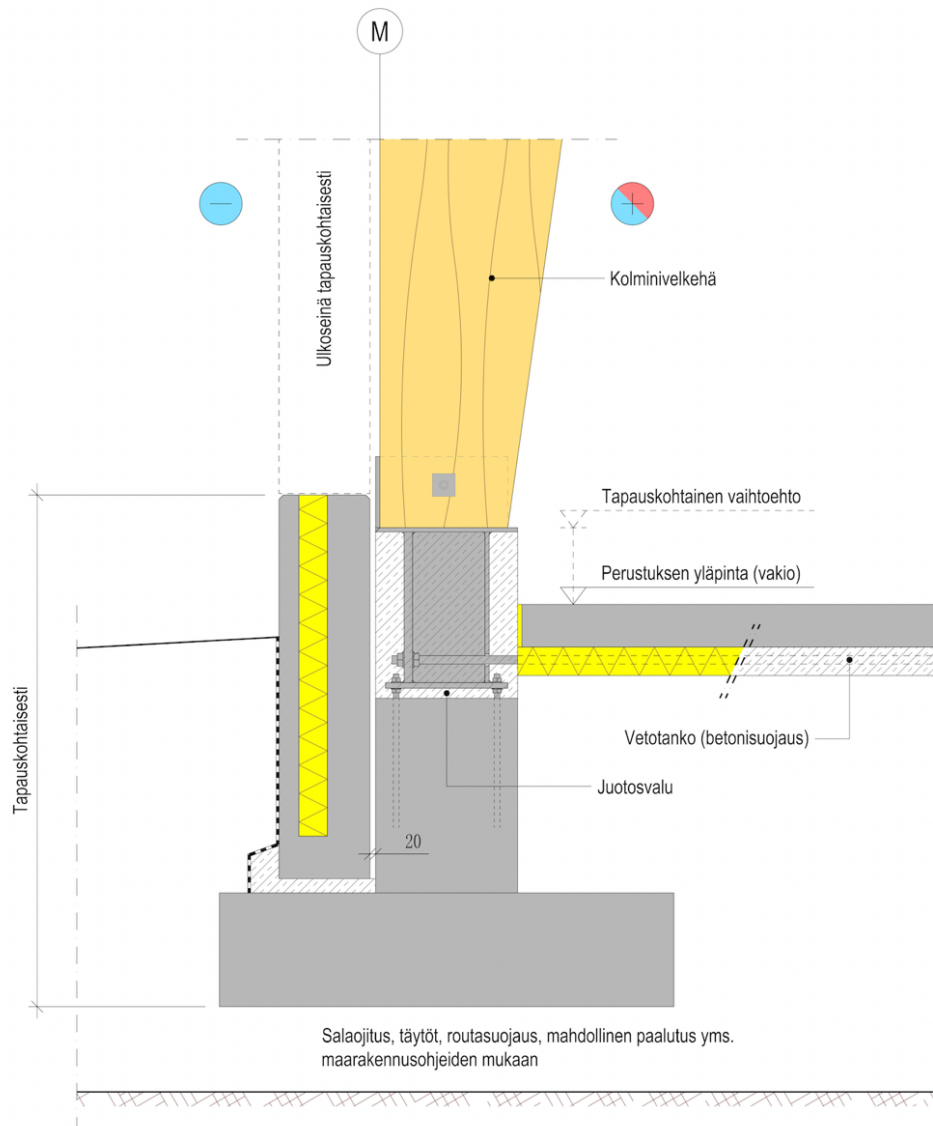
Kuva 46. Esimerkki nivelpäisen pilarin perustuksesta.

7.3 Kolminivelkehän perustus

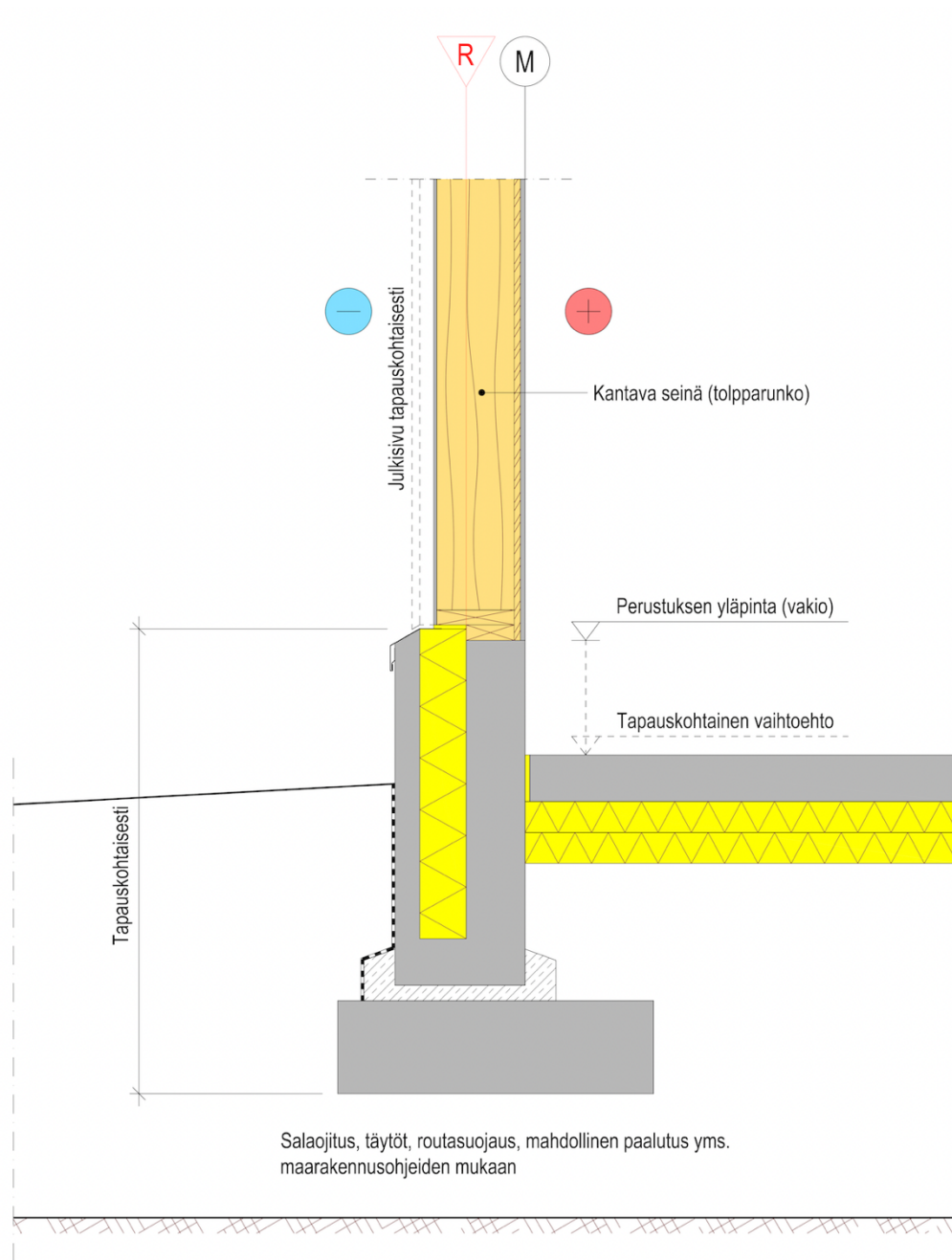
Kolminivelkehän perustuksen yläpintaan syntyy suuri vaakavoima kehän staattisen toiminnan kautta. Kehäjalka pyrkii työntymään voimakkaasti ulospäin. Kyseinen vaakavoima voidaan vastaanottaa

- toteuttamalla maanvaraisen laatan alle vetotanko
- suurentamalla antura niin suureksi, että se pysyy tasapainossa ilman erillisiä tukirakenteita.

Perustuksen vaakavoima suositeltavaa vastaanottamaan vetotangolla, koska tällöin anturasta saadaan kooltaan pienempi. Vetotanko voidaan toteuttaa esimerkiksi harjateräksillä, jotka suojataan betonivalulla. Kehäjalan kiinnitysosasta suositellaan tehtäväksi sellainen, että vetotanko voidaan kytkeä siihen kolminivelkehän asennuksen aikana. Tällöin vältetään tilanne, että vetotanko on jäänyt pois ja perustukset ovat jo valmiit.



Kuva 47. Esimerkki perustuksesta.



Kuva 48. Esimerkki perustuksesta.

8 Jäykistys

Johdanto

Tässä luvussa käsitellään yksittäisen kantavan rakenteen ja näistä koostuvan rakennekokonaisuuden nurjahdus-/ kiepahdustuenta sekä primäärirungon kokonaisjäykistystä massiivipuurunkoisessa hallissa. Jäykistyssysteemin rasitusten syntymekanismit käsitellään seuraavien tekijöiden näkökulmasta:

- jäykistyssysteemin sisäiset voimat (syntyvät kiepahduksesta, nurjahduksesta jne.)
- ulkoiset kuormat (tuulikuorma, lisävaakavoima, siltanosturin jarrukuorma jne.)

8.1 Käsitteitä

Kiepahduksen / nurjahduksen 1. muoto: Kantava rakenne nurjahtaa tai kiepahtaa yhteen suuntaan

Kiepahduksen/nurjahduksen 2. muoto: Kantava rakenne nurjahtaa tai kiepahtaa s-muotoon

Suljettu jäykistyssysteemi: Jäykistävän rakenteen tukireaktiot on palautettu jäykistettävälle rakenteelle/rakennekokonaisuudelle nurjahdus-/kiepahdusaallon O-kohtaan aiheuttamatta ulkoisia voimia

Ei-suljettu jäykistyssysteemi: Jäykistävän rakenteen tukireaktioita ei ole palautettu jäykistettävälle rakenteelle/rakennekokonaisuudelle vaan ne aiheuttavat ulkoisia voimia

Rakennekokonaisuus: Palkeista tai pilareista tai ristikoista yms. kantavista rakenteista koostuva kokonaisuus

8.2 Vaatimukset jäykistysuunnittelulle

Rakennuksen jäykistysuunnittelu pitää sisällään sekä yksittäisten kantavien rakenteiden ja näistä koostuvan rakennekokonaisuuden, että koko rakennuksen jäykistysuunnittelun. Eurokoodi 5 määrittelee, että yksittäisen kantavan rakenteen ja näistä koostuvan rakennekokonaisuuden jäykistysuunnittelussa tulee huomioida nurjahduksen-/kiepahduksen eri muodot (1. muoto ja 2. muoto). Eurokoodi 5 asettaa vaatimuksen myös stabiliteettituen jäykkyydelle. Tämä tarkoittaa, että yksittäisen kantavan rakenteen stabiliteettituelle määritetään vaadittava jäykkyys (jousivakio) ja tämä jäykkyysvaatimuksen tulee toteutua suunnitteluratkaisuissa huomioiden koko jäykistyssysteemin jäykkyys. Jäykistyssysteemi saa siis joustaa vain tiettyyn rajaan saakka, jotta kyseinen systeemi voisi toimia stabiliteettitukena.

Yksittäisten kantavien rakenteiden ja näistä koostuvan rakennekokonaisuuden jäykistysuunnittelussa on kysymyksessä yleensä seuraavat ilmiöt:

- Nurjahdus
- Kiepahdus
- Yhdistetty nurjahdus ja kiepahdus

Edellä mainitussa ilmiössä jäykistyssysteemiin syntyy voimia kantavan rakenteen stabiliteetin menetyksen seurauksena. Mikäli jäykistyssysteemi on suljettu, voidaan kyseiset voimat pitää jäykistyssysteemin sisäisinä voimina, jolloin niitä ei tarvitse viedä perustuksille.

Koko rakennuksen jäykistysuunnittelussa on kysymyksessä yleensä seuraavat ilmiöt:

- tuulikuorma pyrkii kaatamaan rakennuksen tai rakennekokonaisuuden (esim. palkistokenttä)
- lisävaakavoima pyrkii kaatamaan rakennuksen tai rakennekokonaisuuden
- hallinosturin jarrukuorma pyrkii kaatamaan rakennuksen tai rakennekokonaisuuden
- ei-suljetun jäykistyssysteemin tukireaktiot eivät palaudu tuettavalle rakenteelle/rakennekokonaisuudelle

Edellä mainitut vaakakuormat aiheuttavat suoraan tai epäsuorasti rasituksia jäykistyssysteemiin. Kyseiset vaakakuormat ovat ulkoisia, joten kyseisten kuormien aiheuttamat voimat tulee aina viedä tapauksesta riippuen perustuksille tai rakenteen/rakennekokonaisuuden tuelle.

Jäykistysuunnittelussa tulee aina huomioida myös palotilanne, mikäli rakennukselle on asetettu palonkestävyysvaatimuksia. Myös muut erilaiset onnettomuustilanteet voivat tulla kysymykseen.

Katso myös

Osa 1 Hallien paloluokat

Osa 3 Runkotyypit

Osa 16 Rakennetyypit

Osa 17 Liittymädetaljit

8.3 Jäykistyssysteemin voimat

Jäykistyssysteemin voimat syntyvät seuraavista tekijöistä:

- rakenneosan s-kiepahdus / s-nurjahdus (*sisäinen voima, jos jäykistyssysteemi on suljettu*)
- rakenneosan kiepahdus / nurjahdus (*sisäinen voima, jos jäykistyssysteemi on suljettu*)
- tuulikuorma (*ulkoinen voima*)
- lisävaakavoima (*ulkoinen voima*)
- muut kuormat (esim. siltanosturin jarruvoima) (*ulkoinen voima*)

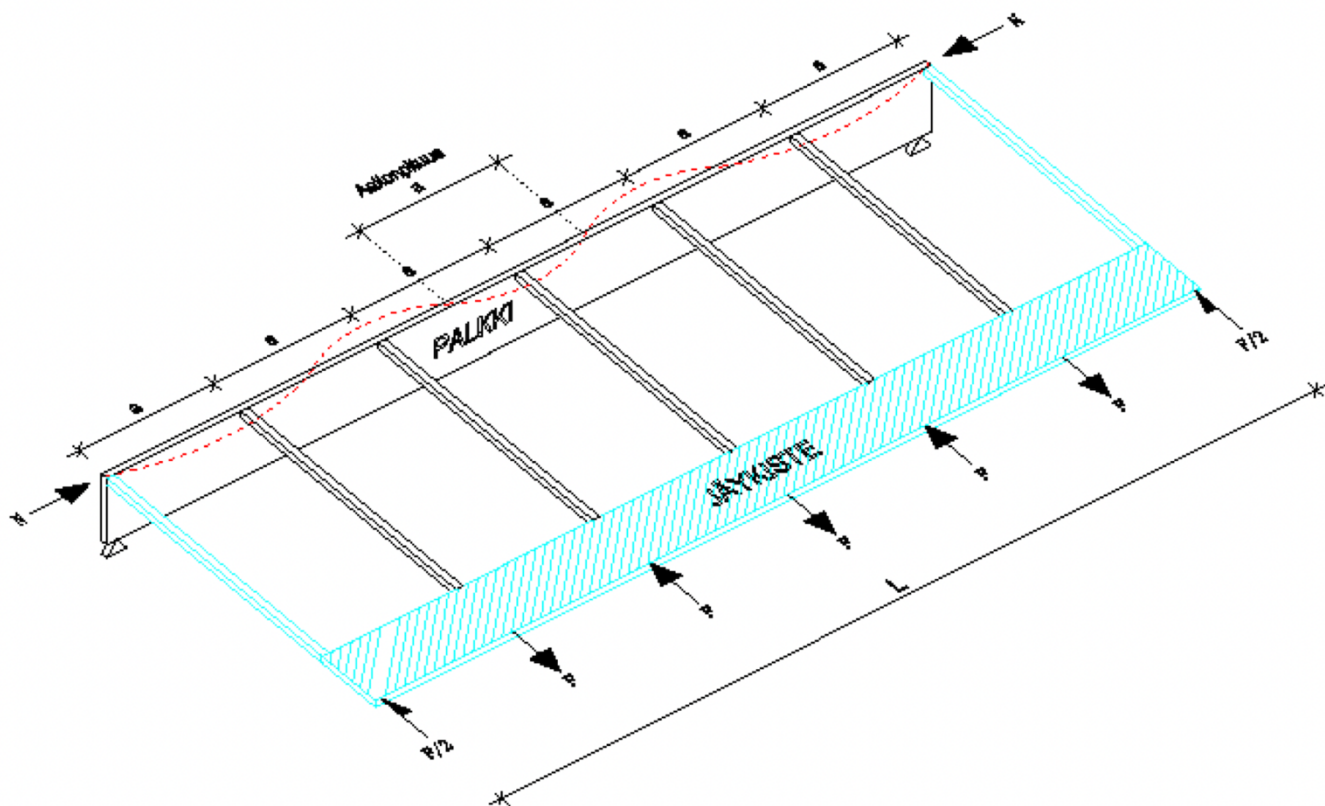
8.3.1 S-kiepahdus / S-nurjahdus (2. muoto)

S-kiepahdusmuodossa palkin yläreuna kiepahtaa vuorotellen eri suuntiin (kuvat 49 ja 50). Vastaavasti s-nurjahdusmuodossa puristussauva nurjahtaa vuorotellen eri suuntiin (kuvat 51 ja 52). S-muodossa jäykisteeseen syntyvät voimat ovat erisuuntaisia ja näin ollen kumoavat toisiaan. Eurokoodin mukaan s-muodossa stabiliteettituen mitoituksessa käsitellään lyhimpiä kiepahdus-/nurjahdusaallonpituuksia a ja $2a$. Tällöin stabiliteettitukeen syntyy yleensä suurin voima, kun aallonpituudella on vain yksi tuki, joka vastaanottaa voiman F . Kuten kuvista 49 ja 50 nähdään, syntyy jokaiseen tai joka toiseen stabiliteettitukeen voima F . Aallonpituuden päissä on aina voiman F vastakkaissuuntaiset voimat $F/2$ (tukireaktio), jotka tietyissä tapauksissa kumoavat

toisensa (tuen voima $F=0$). Kuvissa 49...52 on esitetty suljettu jäykistyssysteemi, joka vastaanottaa voiman F ja palauttaa sen tukireaktiot $F/2$ takaisin tuettavalle rakenneosalle tehden sen stabiiliksi. Suljetussa jäykistyssysteemissä sen ulkopuolelle ei synny ulkoisia voimia, koska kaikki voimat ovat systeemin sisällä.

$$F = \frac{N}{50} \text{ sahatavaralle}$$

$$F = \frac{N}{80} \text{ liimapuulle ja LVL:lle}$$



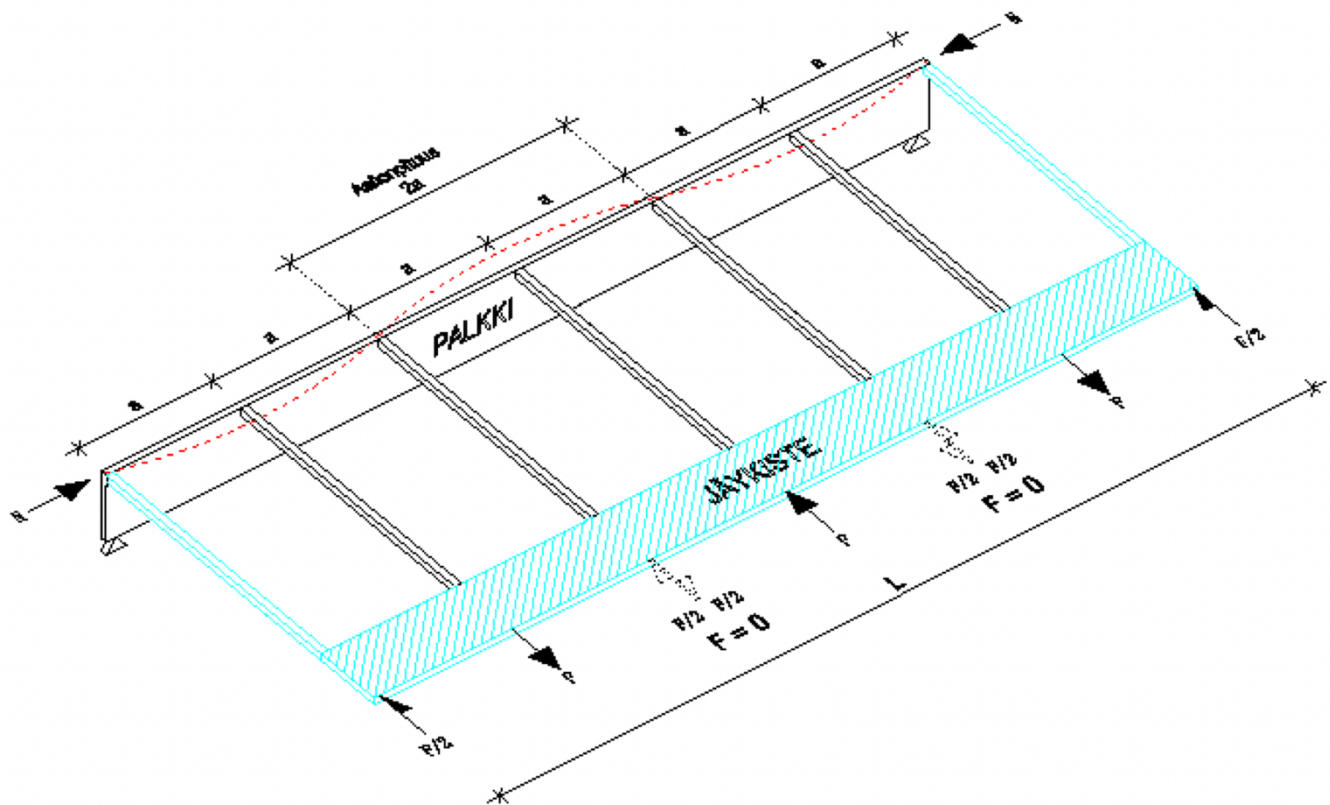
--- = lyhin s-kiepahdusmuoto (aallonpituus a)

— = suljettu jäykistyssysteemi, joka palauttaa kiepahduksesta syntyvän voiman F tukireaktiot $F/2$ takaisin palkille

Kuva 49. Palkin s-kiepahdus (aallonpituus a) ja jäykistyssysteemi, jolla palkin yläreuna tehdään stabiiliksi.

$$F = \frac{N}{50} \text{ sahatavaralle}$$

$$F = \frac{N}{80} \text{ liimapuulle ja LVL:lle}$$



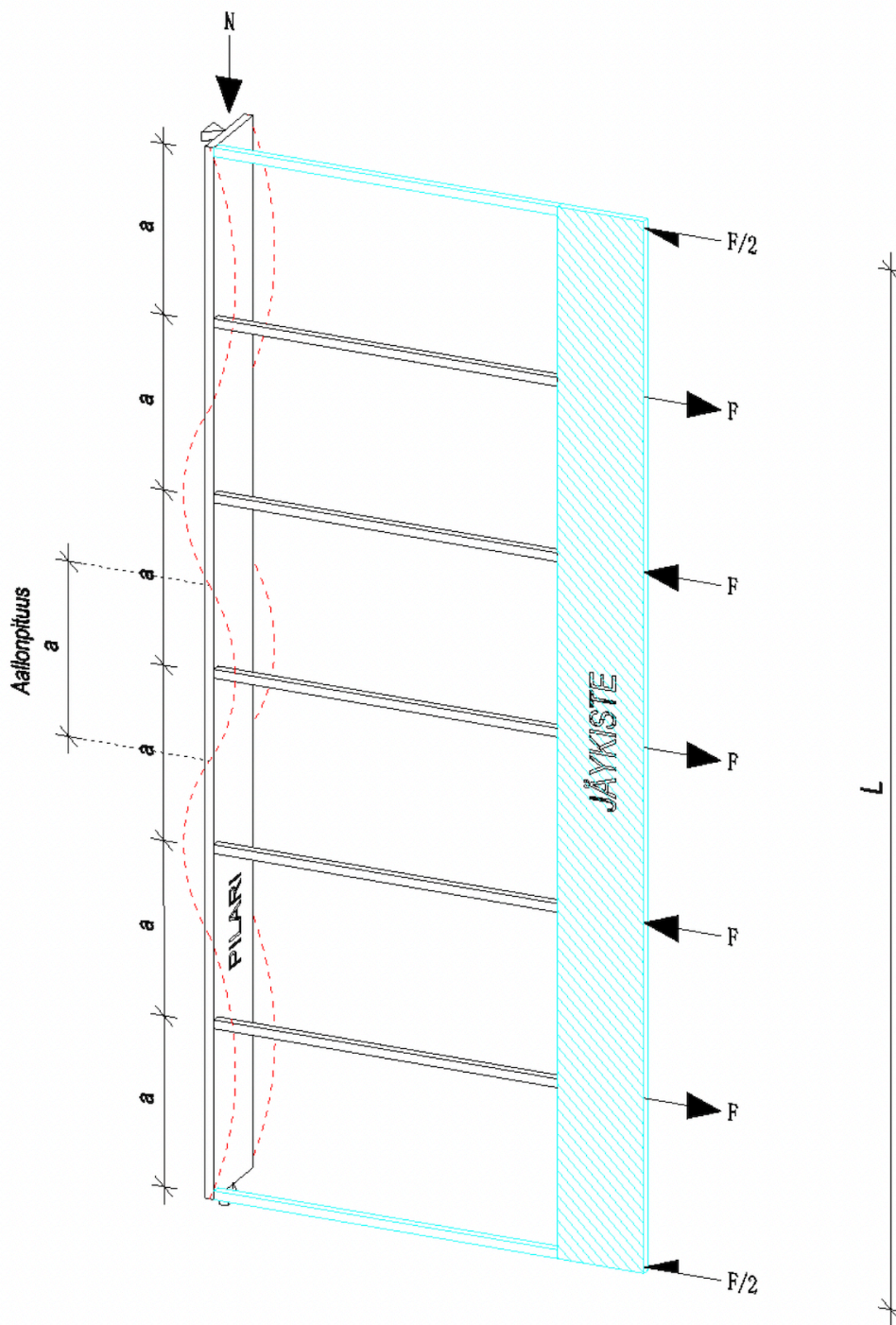
----- = lyhin s-kielähdysmuoto (aallonpituus 2a)

———— = suljettu jäykistysysteemi, joka palauttaa kielähdyksestä syntyvän voiman F tukireaktiot F/2 takaisin palkille

Kuva 50. Palkin s-kielähdys (aallonpituus 2a) ja jäykistysysteemi, jolla palkin yläreuna tehdään stabiiliksi.

$$F = \frac{N}{50} \text{ sahataravalle}$$

$$F = \frac{N}{80} \text{ liimapuulle ja LVL:lle}$$



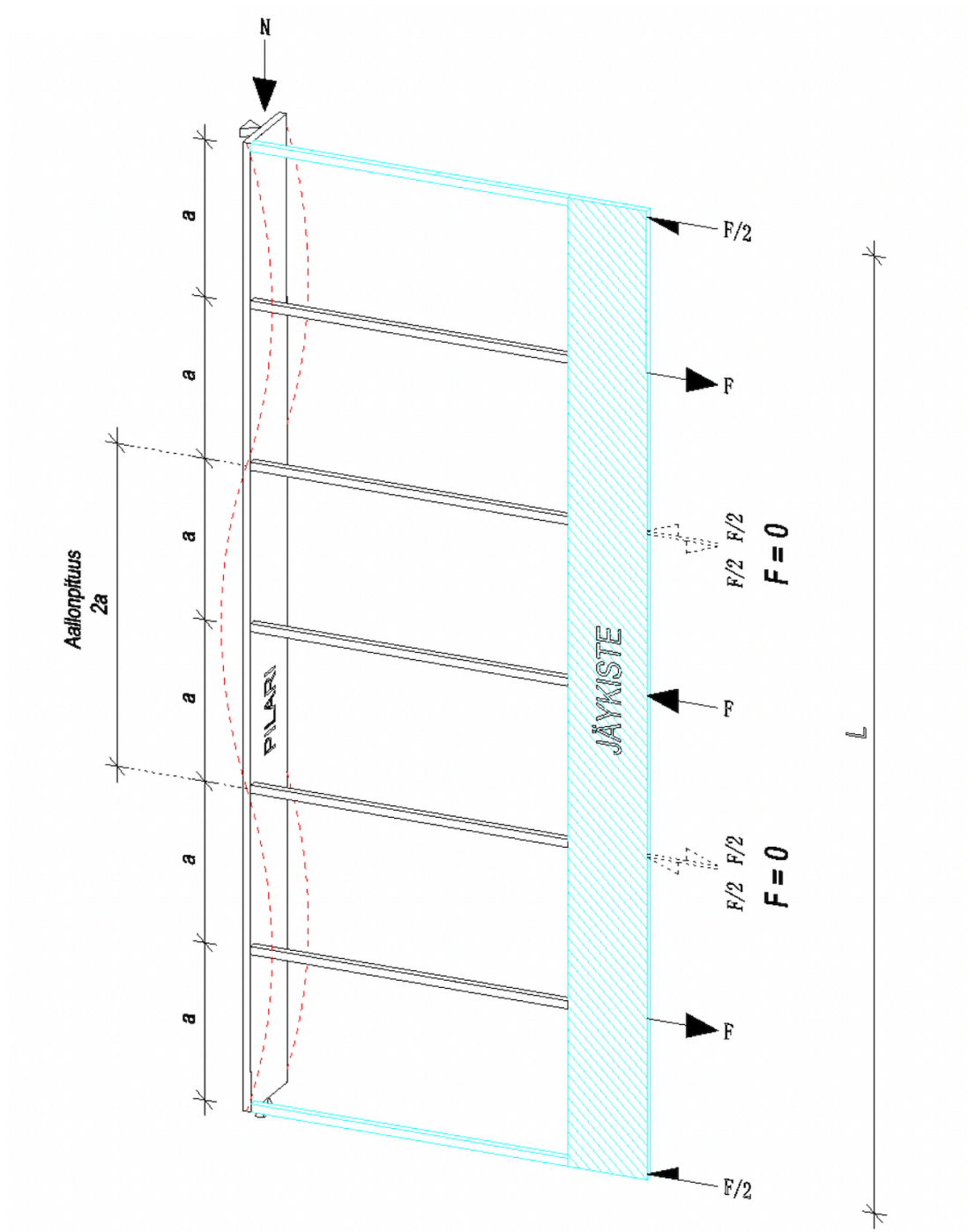
--- = lyhin s-nurjahdusmuoto (aallonpituus a)

— = suljettu jäykistysysteemi, joka palauttaa nurjahduksesta syntyvän voiman F tukireaktiot $F/2$ takaisin pilarille

Kuva 51. Pilarin s-nurjahdus (aallonpituus a) ja jäykistysysteemi, jolla pilari tehdään stabiiliksi.

$$F = \frac{N}{50} \text{ sahatavaralle}$$

$$F = \frac{N}{80} \text{ liimapuulle ja LVL:lle}$$

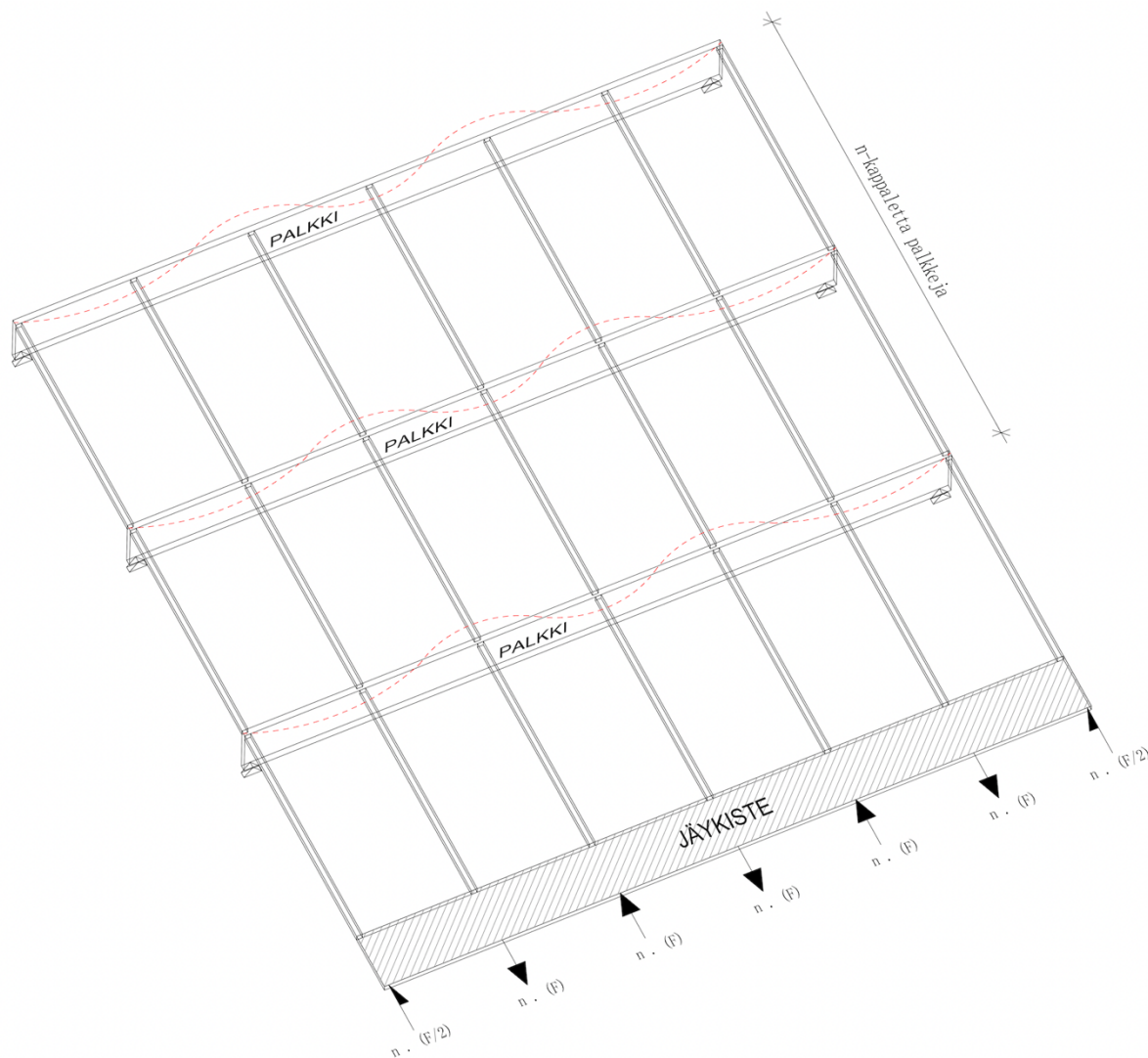


--- = lyhin s-nurjahdusmuoto (aallonpituus 2a)

— = suljettu jäykistysysteemi, joka palauttaa nurjahduksesta syntyvän voiman F tukireaktiot $F/2$ takaisin pilarille

Kuva 52. Pilarin s-nurjahdus (aallonpituus 2a) ja jäykistysysteemi, jolla pilari tehdään stabiiliksi.

Kuten edellä todettiin, lyhimpien aallonpituuksien a tai $2a$ mukaan tarkasteltu s -kiepahdus ja s -nurjahdus aiheuttaa stabiliteettitukeen suurimman voiman, koska jokainen stabiliteettituki yksin yrittää pitää rakenneosaa stabiilina. Tästä johtuen s -muoto tavallisesti mitoittaa tuettavan rakenneosan ja sen stabiliteettituen välisen liitoksen. Tapauksessa, jossa tuettavia rakenneosia on useita rinnakkain ja näiden stabiliteettituenta tehdään samalla jäykisteellä (kuva 53) syntyy jäykisteen ja stabiliteettituen liitokseen hyvin suuri voima ($n F$).



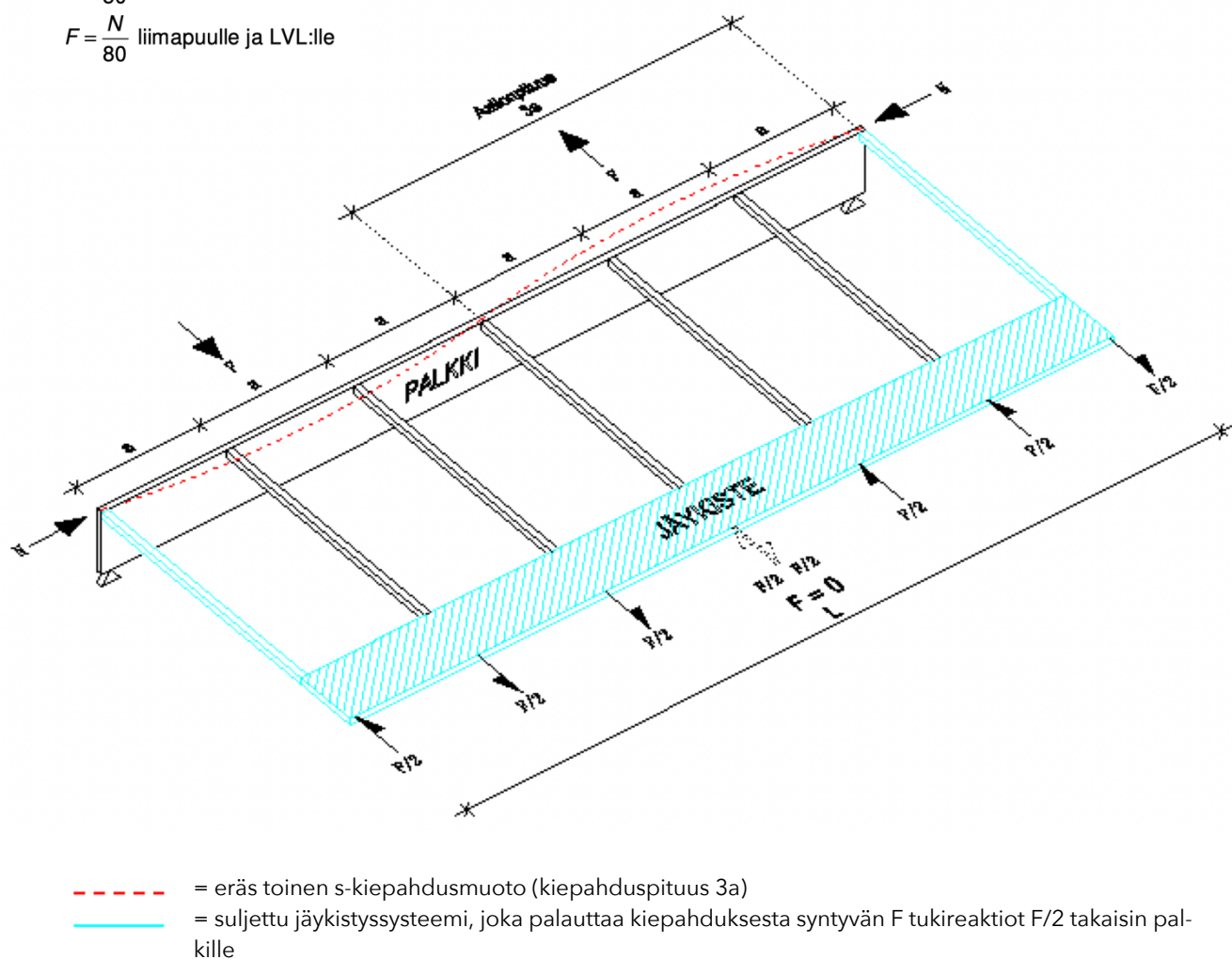
Kuva 53. Esimerkki rakennekokonaisuudesta, jossa s -kiepahduksesta syntyvät sisäiset voimat kertyvät jäykisteelle.

Kuten edellä todettiin, eurokoodin mukaan stabiliteettituen voima määritetään lyhimpien kiepahdus-/nurjahdusaallonpituuksien mukaan. Tällöin mitoitus on varmalla puolella eikä erilaisia aallonpituuksia tarvitse erikseen määrittää. Lyhimpien aallonpituuksien käyttö johtaa kuitenkin hyvin suuriin tuentavoimiin ja joissakin tapauksissa tällä tavalla tarkastellut rakenteet ovat toteuttamiskelvottomia (liitoksia ei saada kestäämään). Kyseinen eurokoodin mitoitusmenetelmä, jossa käytetään lyhimpiä aallonpituuksia a ja $2a$, ei millään tavalla huomioida rakenneosan dimensioita ja jäykkyyttä tuettavassa suunnassa suhteessa tuentaväliin. Tästä johtuen esimerkiksi poikkileikkaukseltaan 90x405 olevan liimapuupalkin sivuttaistuenta mitoitetaan samalla tavalla

kuin poikkileikkaukseltaan 240x1980 olevan liimapuupalkin. Hyvin epätodennäköistä kuitenkin on, että esimerkiksi poikkileikkaukseltaan 240x1980 oleva 2500 mm:n välein kiepahdustuettu liimapuupalkki pystyisi kiepahtamaan 2500 mm:n välein s-kiepahdusmuotoon. Sama voidaan todeta järeistä puristussauvoista. Tapauksessa, jossa kiepahdus-/nurjahdusaallonpituus on mittaa 2a suurempia (kuva 54), syntyy stabiliteettitukiin huomattavasti pienempiä voimia, koska tällöin aallonpituudella on useampia tukia vastaanottamassa voimaa F. Jotta stabiliteettitukien mitoituksessa voitaisiin käyttää mittaa 2a suurempaa aallonpituutta, tulisi ensin määrittää lyhin aallonpituus, joka mitoitettavaan rakenneosaa voi syntyä. Tätä on käsitelty tarkemmin kohdassa 3.0.

$$F = \frac{N}{50} \text{ sahatavaralle}$$

$$F = \frac{N}{80} \text{ liimapuulle ja LVL:lle}$$

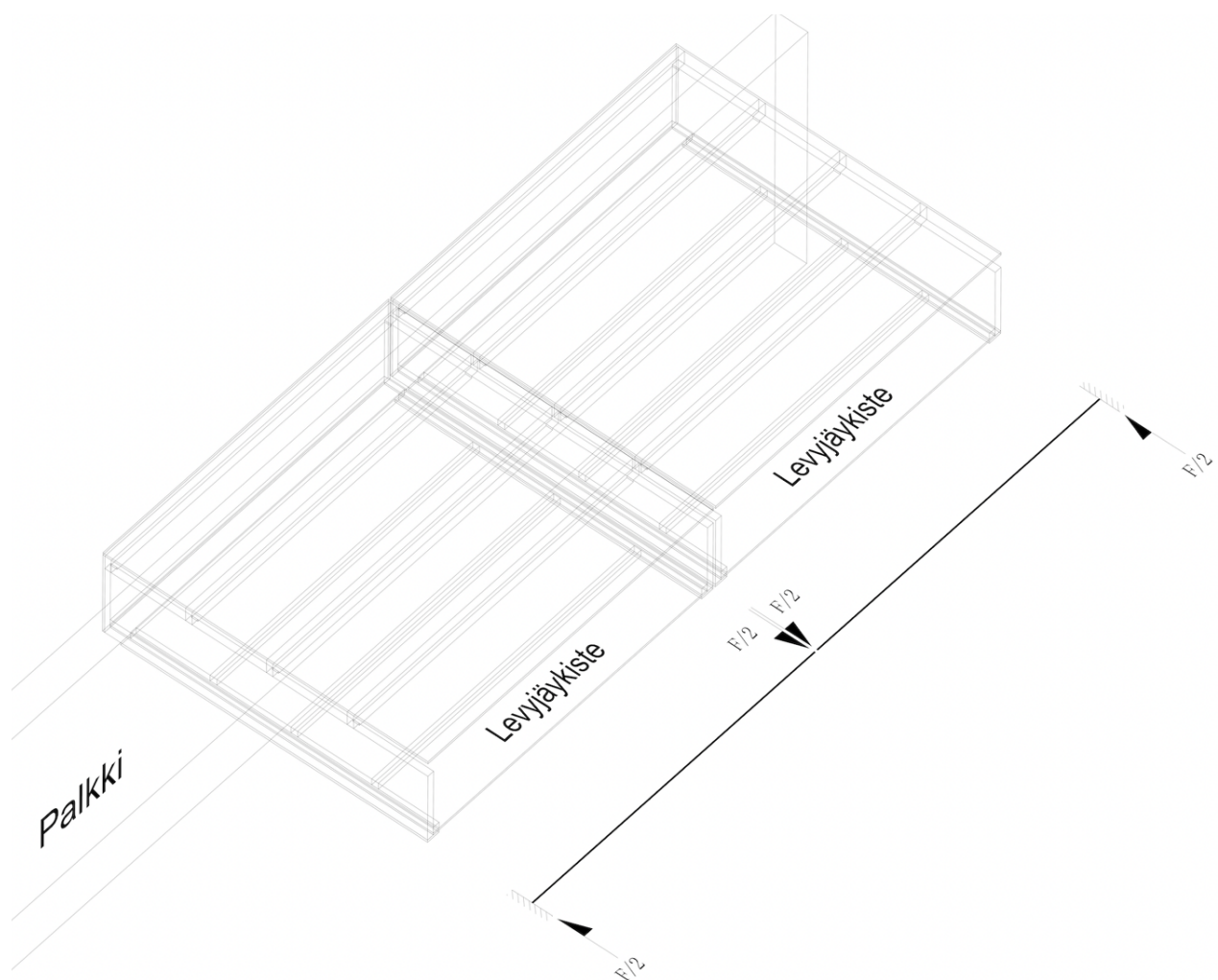


Kuva 54. Palkin s-kiepahdus (aallonpituus 3a) ja jäykistysysteemi, jolla palkin yläreuna tehdään stabiiliksi.

S-kiepahdus / s-nurjahdus tulisi hallita rakenneosakohtaisesti eli tuettavan rakenneosan päällä tulisi olla sellainen rakenne (esim. kattorakenne), joka pystyy vastaanottamaan voiman F ja palauttamaan sen tukireaktiot (voima F/2) takaisin rakenneosalle kuvien 55...58 periaatteella. Mikäli rakenneosan päällä ei ole edellisen kaltaista rakennetta, tulee kaikkien vierekkäisten palkkien s-kiepahduksesta syntyvät voimat F kerryttää jäykisteelle (ks. kuva 53). Tällöin jäykisteelle

syntyy nopeasti suuria voimia, jolloin liitosten ja tukirakenteiden kestävyys sekä näiden jäykkyyden riittävyys tulevat ongelmiksi.

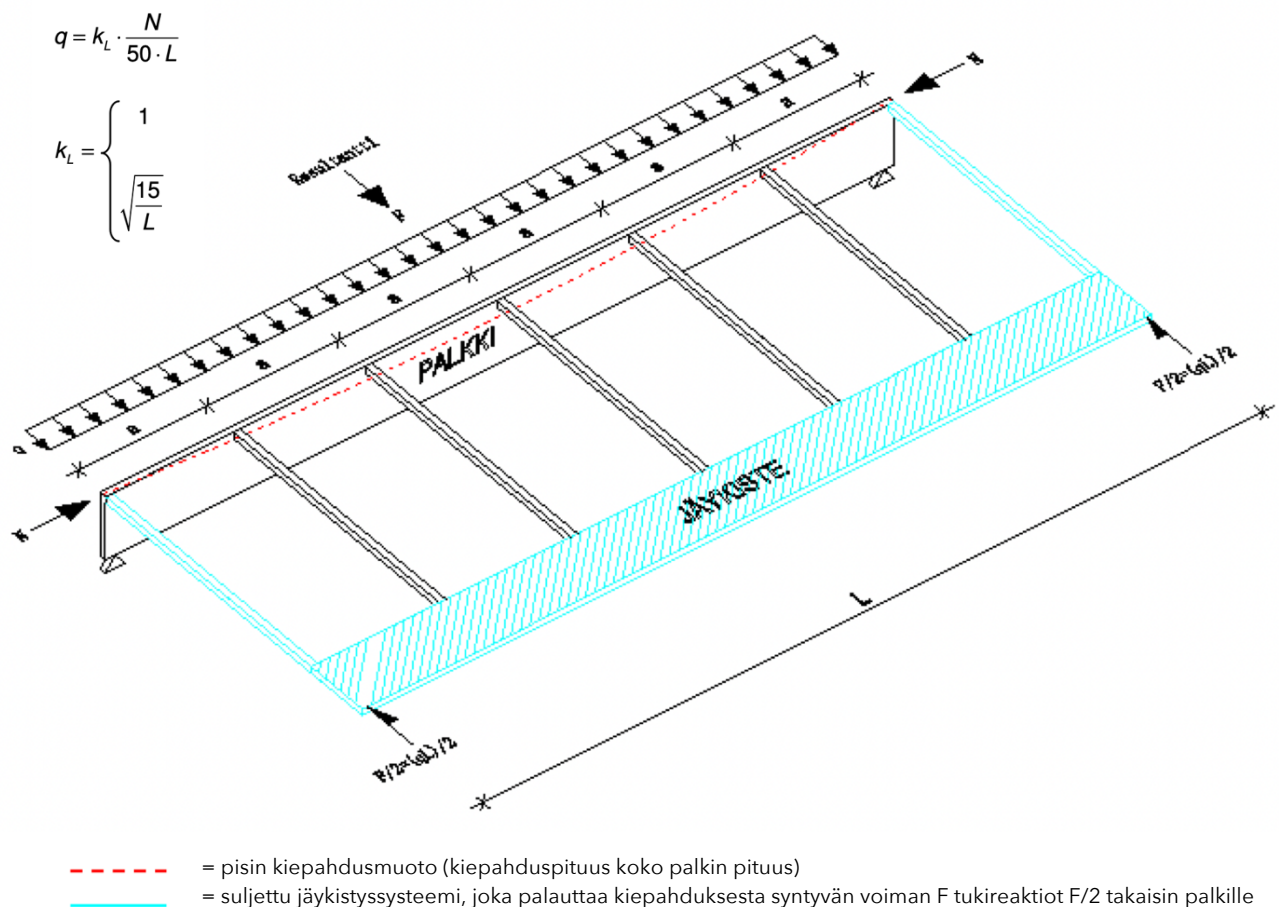
Kuvassa 55 on esitetty esimerkki siitä, kuinka s-kiepahduksesta syntyvät voimat voidaan vastaanottaa esimerkiksi kattoelementillä, jossa on levyjäykiste. Kattoelementin reunapalkit toimivat kiepahdustukena, jotka vastaanottavat voiman F . Voima F jakautuu kattoelementin levyjäykisteen avulla viereisille reunapalkeille, jotka palauttavat voiman $F/2$ takaisin palkille. Tällä tavalla kattoelementti stabiloi palkin yläreunan s-kiepahduksen näkökulmasta palkkikohtaisesti eikä tästä synny ulkoisia voimia (suljettu jäykistyssysteemi). Kuten kuvasta 55 havaitaan, niin kattoelementin levytys toimii ulokkeena, joka siirtää voiman kattoelementin reunapalkkien välillä. Mikäli kattoelementin levytystä halutaan käyttää tähän tarkoitukseen myös palotilanteessa, tulee jäykistävä levytys sijoittaa elementtiin siten, että se on palosuojattu koko palonkestoajan. Kuvan 55 periaatetta voidaan käyttää myös puristussauvojen tuentaan s-nurjahduksen näkökulmasta (esimerkiksi seinäelementit tukevat pilarin)



Kuva 55. Kattoelementtien levytystä voidaan hyödyntää s-kiepahdustukena.

8.3.2 Kiepahdus / Nurjahdus (1. muoto)

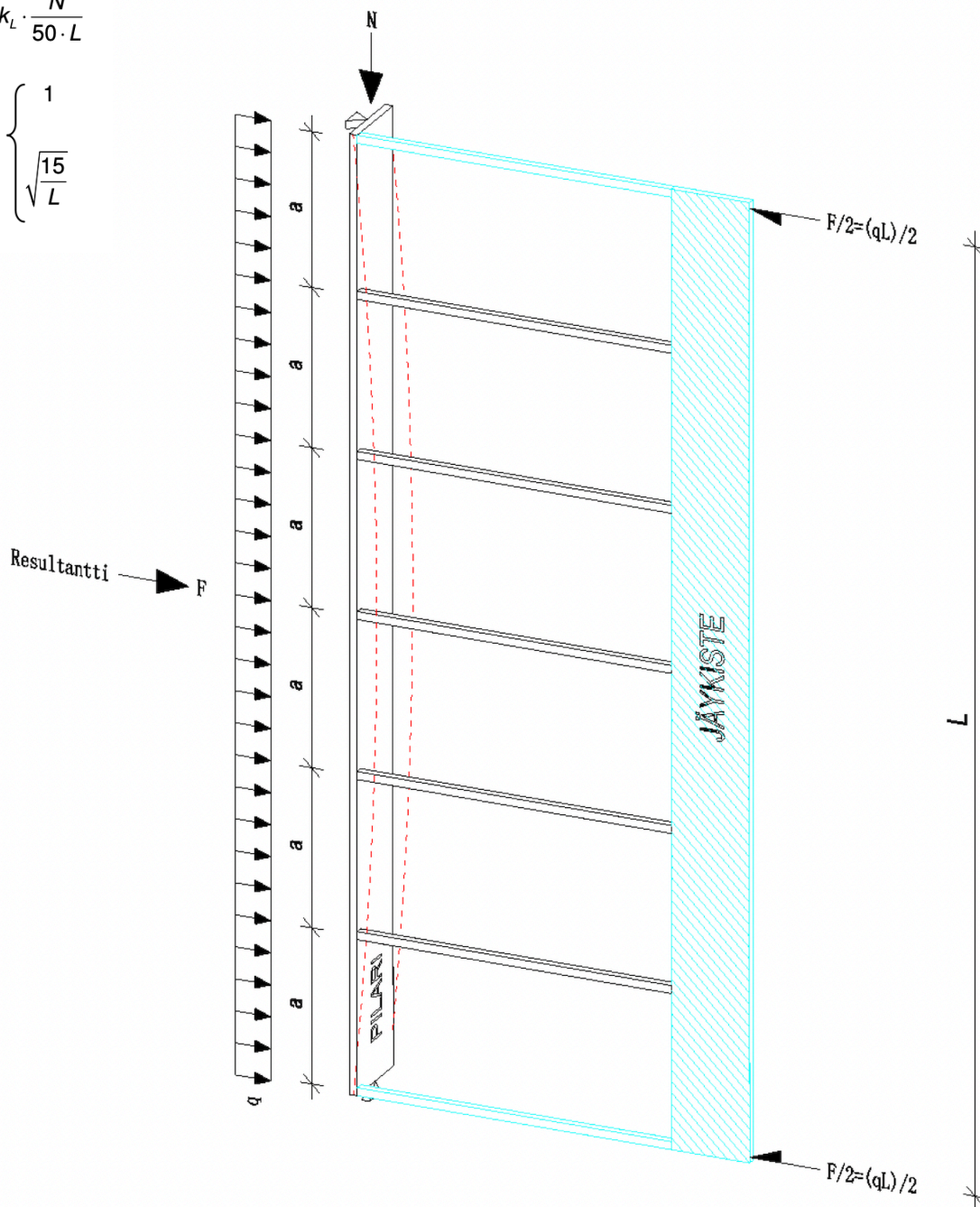
Pisimmän aallonpituuden mukaan tapahtuvassa kiepahdusmuodossa palkin yläreuna kiepahtaa yhteen suuntaan (kuva 56). Vastaavasti pisimmän aallonpituuden mukaan tapahtuvassa nurjahdusmuodossa puristussauva nurjahtaa yhteen suuntaan (kuva 56). Kiepahduksessa/nurjahduksessa stabiiliteettitukiin syntyvät voimat ovat samansuuntaisia ja ne muodostavat tasaisesti ja-kautuneen kuorman q . Kuten kuvista 56 ja 57 nähdään, syntyy jokaiseen tukeen voima $F = (a \cdot q)$ ja mitan L päissä on aina vastakkaissuuntainen voima $F/2 = (qL)/2$ (tukireaktio). Kuvissa 56 ja 57 on esitetty jäykistyssysteemi, joka vastaanottaa voiman q ja palauttaa sen tukireaktiot takaisin tuettavalle rakenneosalle tehden sen stabiiliksi. Suljetussa jäykistyssysteemissä sen ulkopuolelle ei synny ulkoisia voimia, koska kaikki voimat ovat systeemin sisällä.



Kuva 56. Palkin kiepahdus (aallonpituus L) ja jäykistyssysteemi, jolla palkin yläreuna tehdään stabiiliksi.

$$q = k_L \cdot \frac{N}{50 \cdot L}$$

$$k_L = \begin{cases} 1 \\ \sqrt{\frac{15}{L}} \end{cases}$$

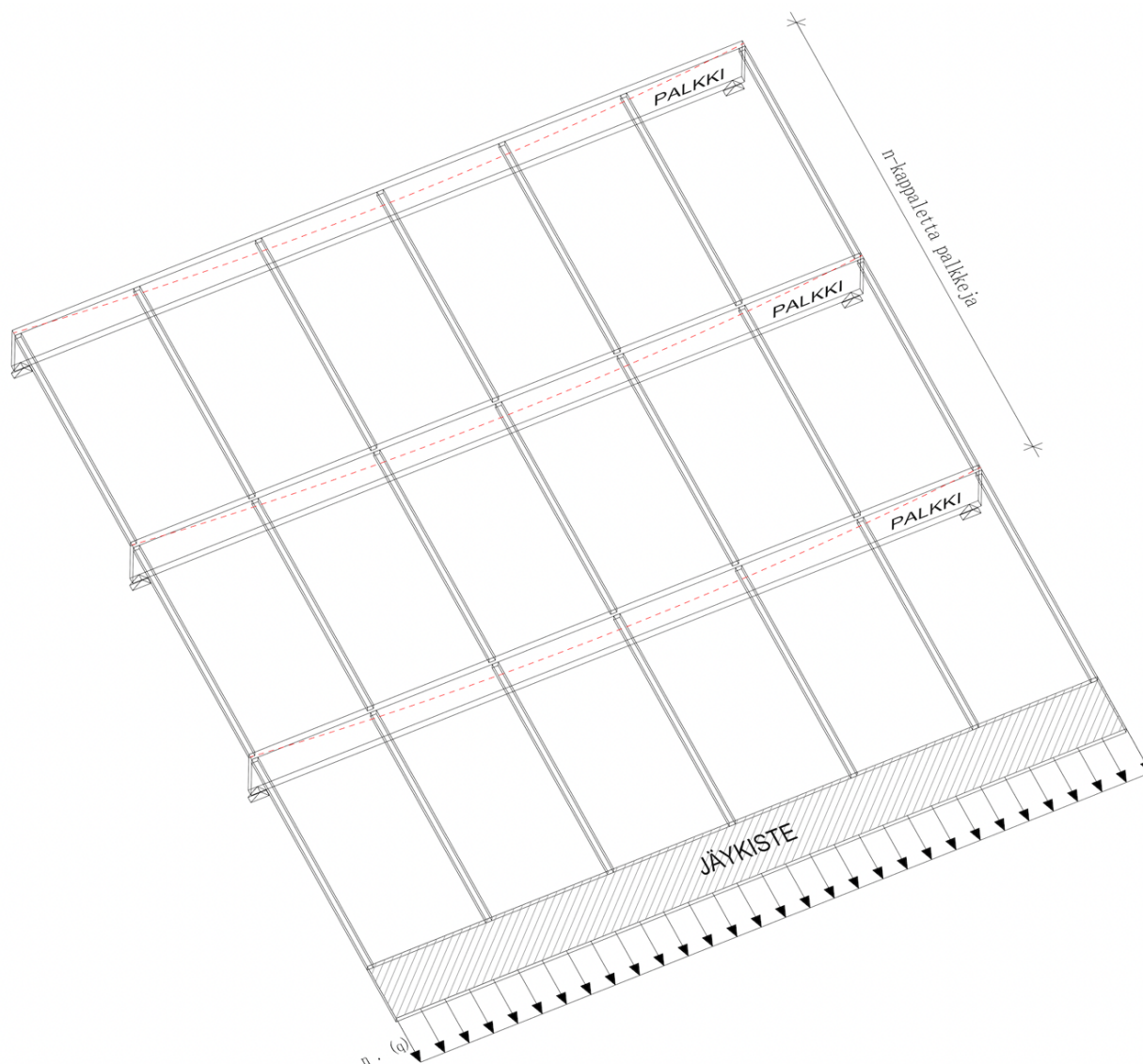


- - - - - = pisin nurjahdusmuoto (nurjahduspituus koko pilarin pituus)
- — — — — = suljettu jäykistyssysteemi, joka palauttaa nurjahduksesta syntyvän voiman F tukireaktiot $F/2$ takaisin pilarille

Kuva 57. Pilarin nurjahdus (aallonpituus L) ja jäykistyssysteemi, jolla pilari tehdään stabiiliksi.

Pisimmän aallonpituuden L mukaan tarkasteltu kiepahdus ja nurjahdus aiheuttavat jäykisteseen suuren voiman, koska kaikki rakenneosat kiepahtavat tai nurjahtavat samaan suuntaan. Yksittäiseen stabiliteettitukeen syntyvä voima on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin s-muodon tapauksessa. Tämä johtuu siitä, että aallonpituus on nyt koko rakenneosan pituus ja tällä

pituudella on useita tukia, jotka vastaanottavat kiepahduksesta / nurjahduksesta syntyvät tuentavoimat. Yhteen suuntaan tapahtuva kiepahdus / nurjahdus mitoittaa tavallisesti jäykisteen, koska kaikki stabiliteettituet kuormittuvat samansuuntaisella voimalla. Tapauksessa, jossa tuettavia rakenneosia on useita rinnakkain ja näiden stabiliteettituenta tehdään samalla jäykisteellä (kuva 58) syntyy jäykisteen suuri voima ($n \cdot q$).



Kuva 58. Esimerkki rakennekokonaisuudesta, jossa kiepahduksesta syntyvät sisäiset voimat kertyvät jäykisteelle.

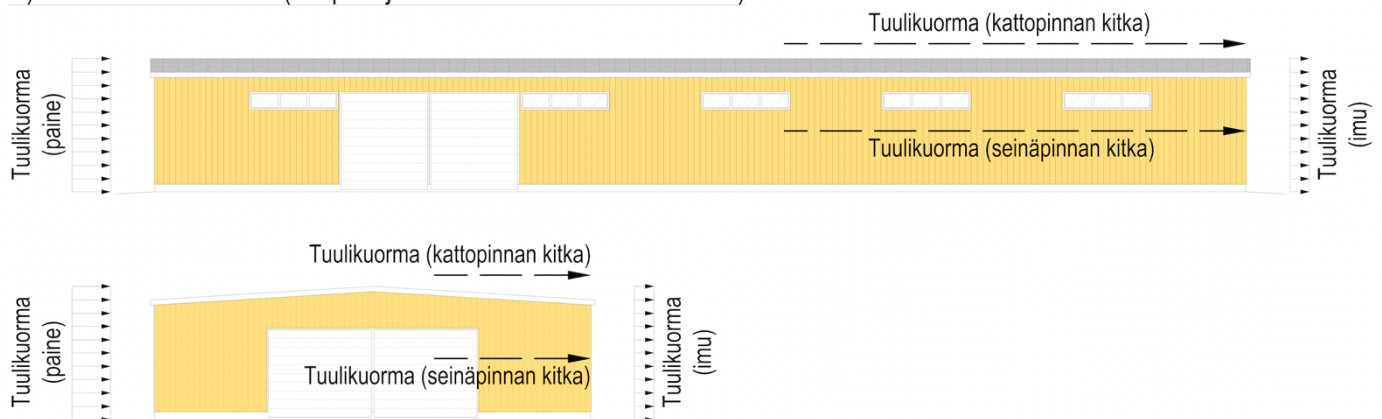
8.4 Tuulikuorma

Tuulikuorma on aina ulkoinen kuorma ja se täytyy johtaa jäykisteiden kautta perustuksille. Rakennuksen jäykistys suunnittelussa tarvittava kokonaistuulikuorma voidaan määrittää kahdella erilaisella tavalla (ks. kuva 59). Voimakerronin menetelmä sisältää rakenneosien pintojen kitkan vaikutuksen.

A) Kokonaistuulikuorma (voimakerroinmenetelmä)



B) Kokonaistuulikuorma (osapintojen tuulikuormien vektorisumma)



Kuva 59. Kokonaistuulikuorman määrittämismenetelmät.

8.5 Lisävaakavoima

Eurokoodi 5 ei tunne lisävaakavoimaa, mutta se tulisi huomioida rakenteiden mitoituksessa. Rakennuksen leveyssuunnassa lisävaakavoima voidaan huomioida alla esitetyillä vaihtoehtoisilla menetelmillä. Kuvassa 60 on esitetty lisävaakavoiman huomioimiseen liittyviä ehtoja.

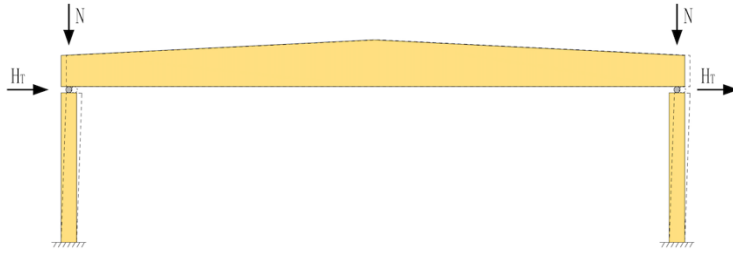
$$H_T = \frac{N}{150} \quad (\text{RIL 201-1-2011}) \quad \text{tai}$$

$$H_T = \alpha \cdot \sum N_i \quad (\text{Liimapuukäsikirja})$$

$$\alpha = 0,003 + \frac{0,012}{\sqrt{n}}$$

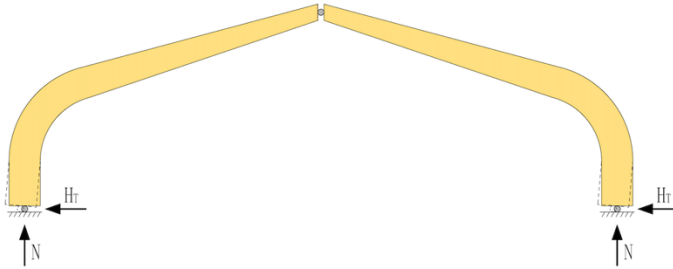
n = yhteistoiminnassa vaikuttavien pilarien määrä
(mukaan lukien nivelpäiset pilarit)

$\sum N_i$ = nivelpäisten pilarien yhteenlaskettu kuorma



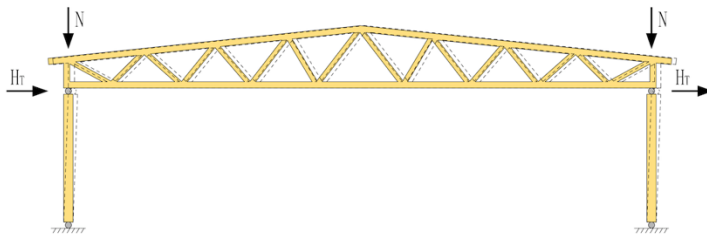
MASTOPILARIKEHÄ

Lisävaakavoimaa ei tarvitse huomioida, jos pilarit ovat toisesta päästä jäykästi kiinnitetty (esim. liimatankoliitos) ja nurjahdusmitoitusmenetelmä huomioi toisen kertaluvin rasitukset



KOLMINIVELKEHÄ

Lisävaakavoimaa ei tarvitse huomioida, jos kehä-jalan nurjahdusmitoitusmenetelmä huomioi toisen kertaluvin rasitukset.



NIVELPÄISET PILARIT TAI KANTAVAT SEINÄT

Lisävaakavoima tulisi huomioida.

Kuva 60. Lisävaakavoiman huomioiminen leveyssuunnassa.

Rakennuksen pituussuunnassa lisävaakavoima voidaan huomioida alla esitetyillä vaihtoehtoisilla menetelmillä. Lisävaakavoima H_L kannattaa määrittää viivakuormaksi (kN/m) pääkannattimen yläreunaan, josta se johdetaan jäykisteiden avulla perustuksille.

$$H_L = \frac{B}{L} \cdot \frac{N}{150} \geq \frac{N}{250} \quad (\text{RIL 201-1-2011})$$

B = rakennuksen leveys

L = rakennuksen pituus

tai

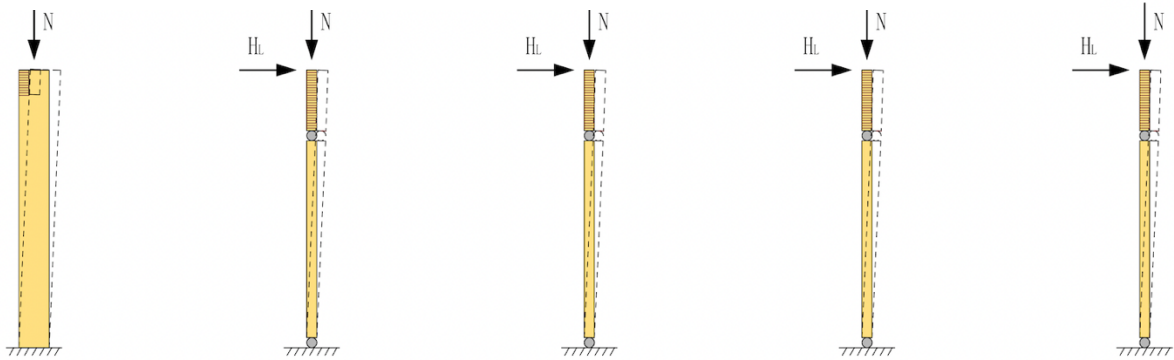
$$H_L = \alpha \cdot \sum N_i \quad (\text{Liimapuukäsikirja})$$

$$\alpha = 0,003 + \frac{0,012}{\sqrt{n}}$$

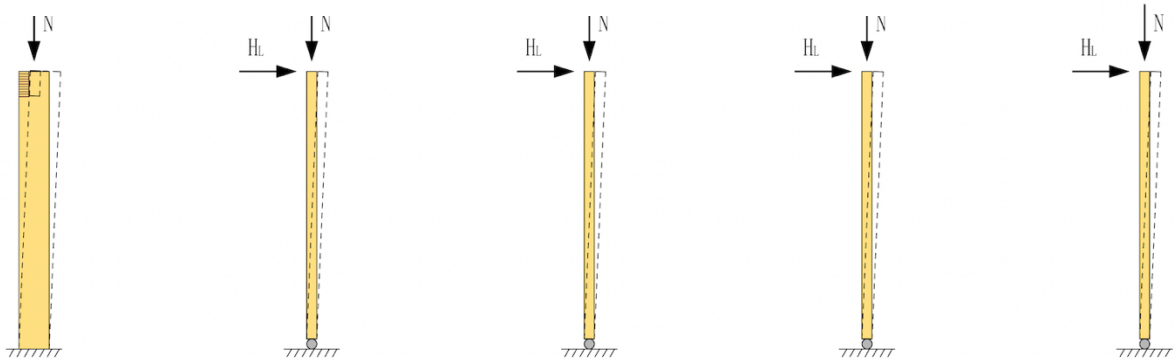
n = yhteistoiminnassa vaikuttavien pilarien määrä
(mukaan lukien nivelpäiset pilarit)

$\sum N_i$ = nivelpäisten pilarien yhteenlaskettu kuorma

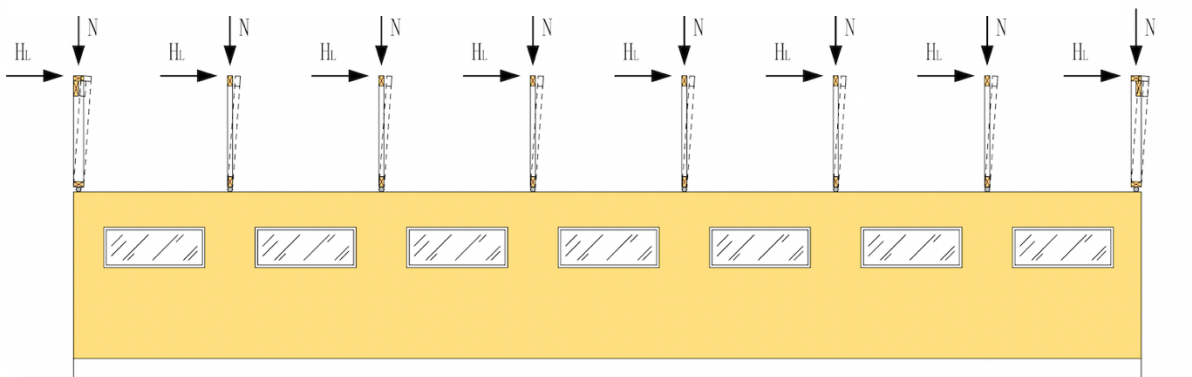
PILARIT + PÄÄKANNATIN + PÄÄTYSEINÄ (masto)



KOLMINIVELKEHÄ / KAARI + PÄÄTYSEINÄ (masto)



KANTAVAT SEINÄT + PÄÄKANNATIN

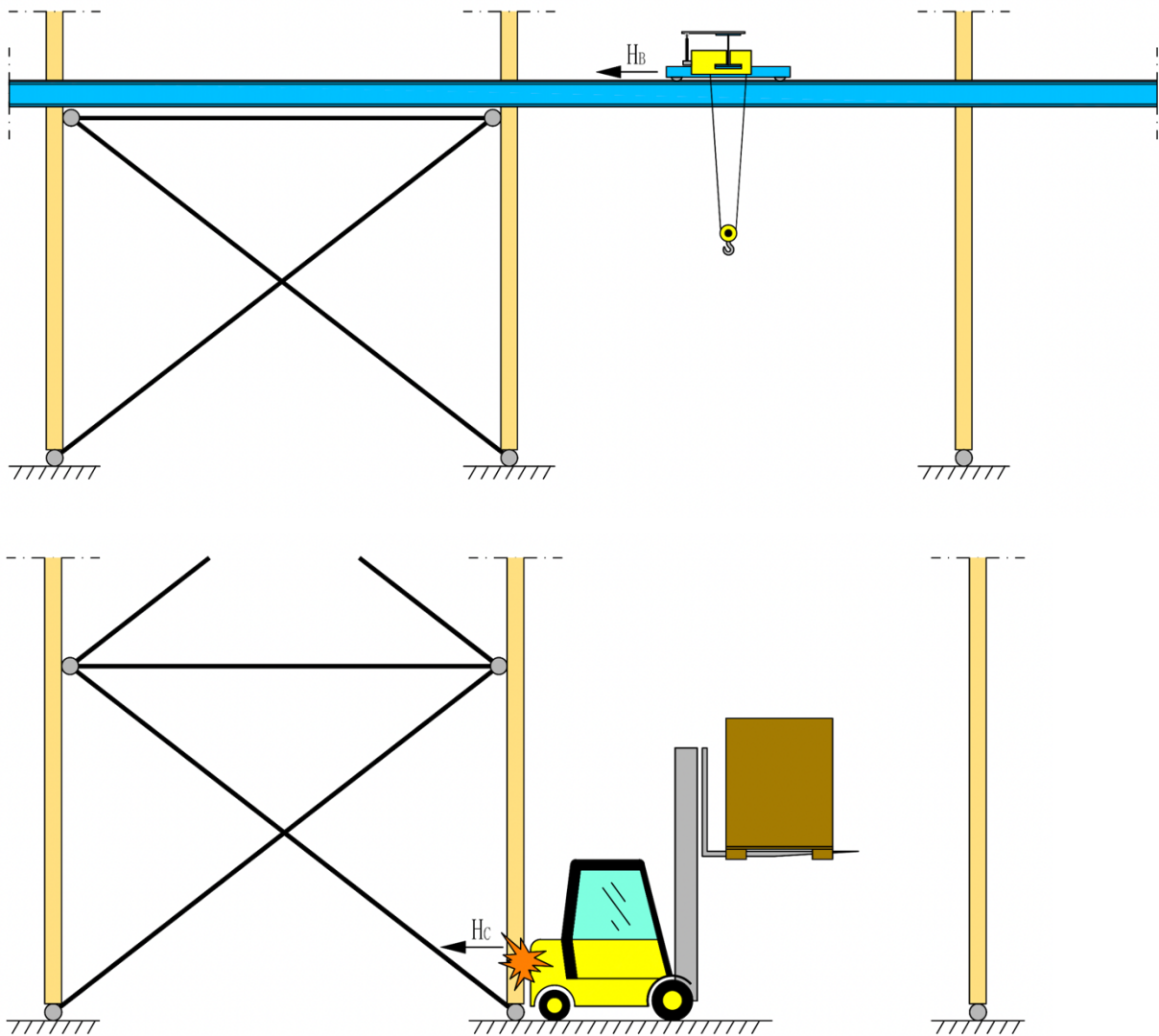


Kuva 61. Lisävaakavoiman huomioiminen rakennuksen pituussuunnassa.

8.6 Muut ulkoiset vaakakuormat

Rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan jäykisterakenteita saattaa kuormittaa myös seuraavat ulkoiset vaakakuormat:

- Siltanosturin jarrukuorma
- Törmäyskuormat



Kuva 62. Muita jäykisterakenteiden kuormia.

8.7 Stabiliateettuennan mitoitus

Seuraavissa kohdissa esitetään eurokoodi 5:ssä esitetyt stabiliateettuennan mitoitusmenetelmät. Tämän lisäksi esitetään lausunnossa VTT-S-05262-14 esitetty eurokoodia täydentävä tarkempi s-kiepahduksen / s-nurjahduksen stabiliateettuennan mitoitusmenetelmä. Molemmat mitoitusmenetelmät ovat hyväksytyjä ja ne ovat vaihtoehtoisia.

8.7.1 S-kiepahdus / S-nurjahdus (EC 5)

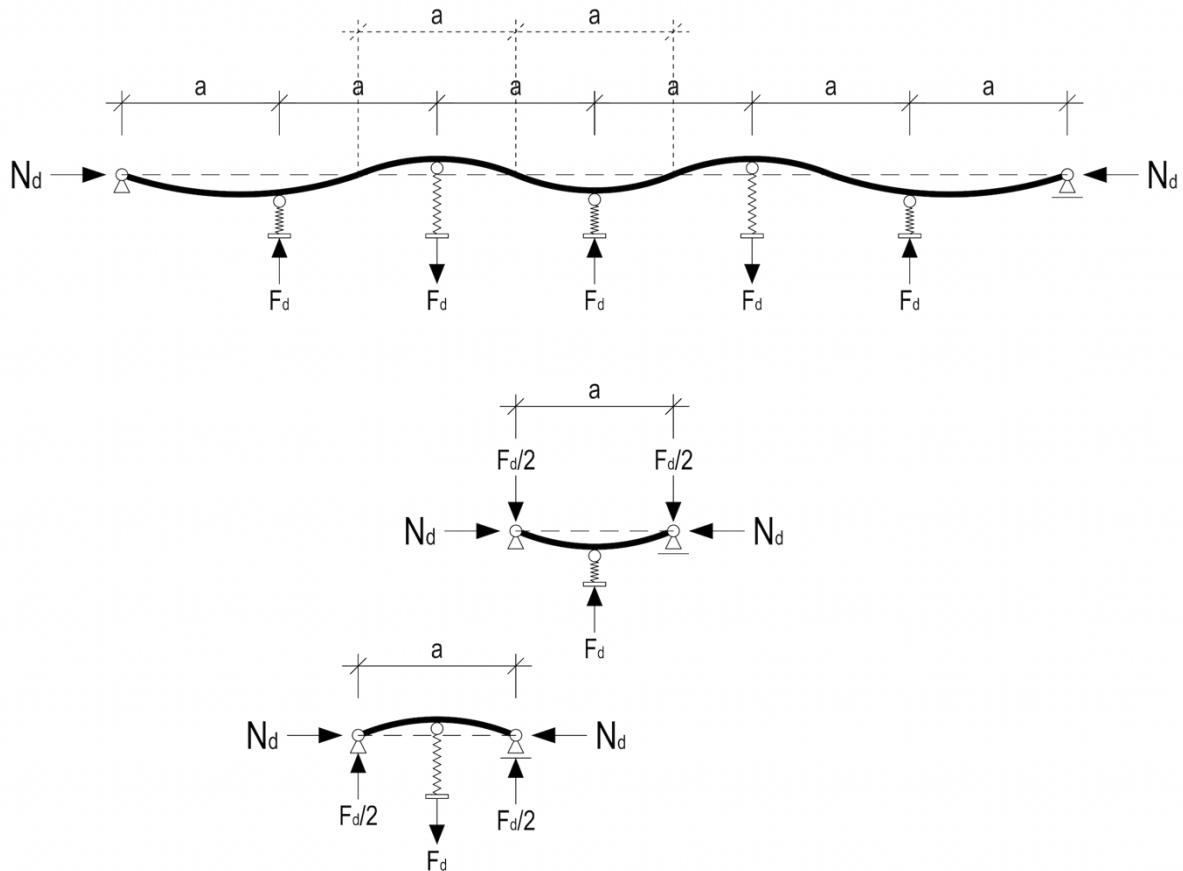
Tapauksessa, jossa aallonpituutena käytetään lyhimpiä mittoja a ja $2a$, saadaan yksittäisessä tuessa vaikuttava voima määritettyä alla esitetyillä kaavoilla. Jokaisessa tuessa vaikuttaa sama voima, koska jokainen tuki toimii yksin (ks. kuvat 63 ja 64).

$$F_d = \frac{N_d}{50} \text{ sahatavaralle}$$

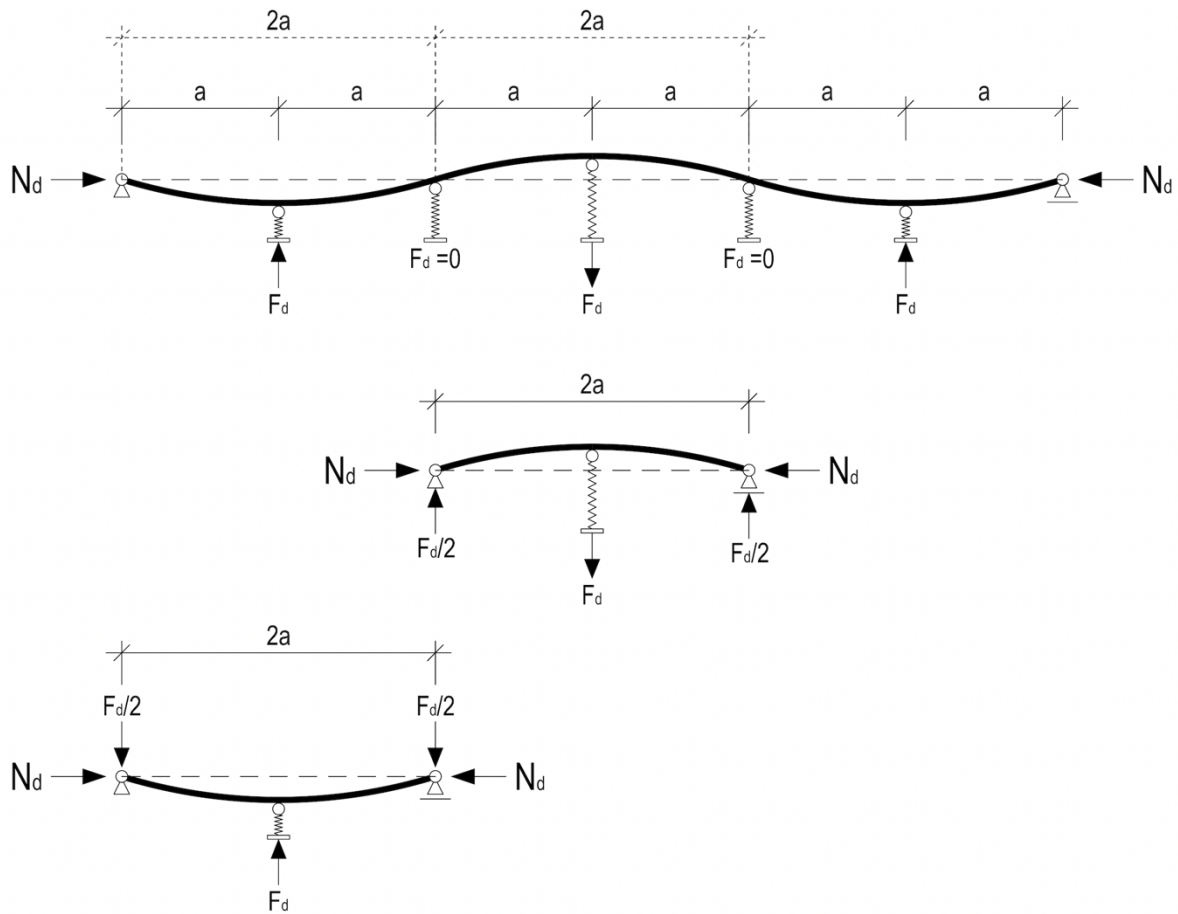
$$F_d = \frac{N_d}{80} \text{ liimapuulle ja LVL:lle}$$

Voimaa F_d saadaan pienentää käyttöastekertoimella k , mikäli tukiväli a ei ole rakenneosan poikkileikkauksen kannalta suurin mahdollinen.

$$k = \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$



Kuva 63. Eräs kiepahdus- /nurjahdusmuoto (aallonpituus a).



Kuva 64. Eräs kiepahdus- /nurjahdusmuoto (aallonpituus $a/2$).

Puurakenteissa stabiliteettituet ovat tavallisesti joustavia johtuen mm. liitosten (puikkoliittimet) joustavuudesta. Rakenneosan stabiliteettituennan mitoituksessa tulee huomioida tuen joustavuus. S-kiepahduksen ja s-nurjahduksen näkökulmasta yksittäisen tuen jousijäykkyys määritetään alla esitetyllä kaavalla.

$$C_{vaad} \geq \left(2 + 2 \cos \left(\frac{180^\circ}{m} \right) \right) \cdot \frac{N_d}{a} \quad (\text{RIL 205-1-2009})$$

m = välein a poikittaistuettujen kenttien lukumäärä ($m \geq 2$)

N_d = poikittaistuettavassa rakenneosassa keskimäärin vaikuttavan puristusvoiman mitoitusarvo

a = tukiväli

Yksittäisen tuen jousijäykkyyttä määritettäessä tulee huomioida koko tukijärjestelmän siirtymän vaikutus. Kuvassa 65 on esitetty yksinkertaistettu malli siitä, kuinka tukijärjestelmän joustavuus vaikuttaa yksittäisen tuen jousijäykkyyteen. Kyseissä kuvassa tukijärjestelmä koostuu sauvojen 1...4 välissä olevista vaakasauvoista, jotka on kiinnitetty joustavalla liitoksella pystysauvoihin. Itse vaakasauvat ja jäykiste oletetaan joustamattomiksi. Kaikki neljä pystysauvaa kuormittuvat samaan aikaan ja stabiloiva voima ΣF_d , kertyy jäykisteelle. Jäykisteestä laskettuna sauva 1 on kauimmainen sauva ja se siirtyy eniten, koska sen tuentareitillä on useita joustavia liitoksia. Kuvasta 65 voidaan havaita, että yksittäisen tukipisteen tuenta tulisi ratkaista siten, että voimaa F_d ei tarvitse kuljettaa pitkää matkaa, koska voima F_d kasvaa koko ajan jäykistettä kohti mentäessä. Tästä aiheutuu tavallisesti ongelmia puurakenteiden liitosten kestävyysnäkökulmasta. Liäksi tuentasysteemin monimutkaisuus ja joustavien rakennneosien suuri määrä tekevät mitoittamisesta työlästä.

$$C = \frac{F_d}{u_{fin}}$$

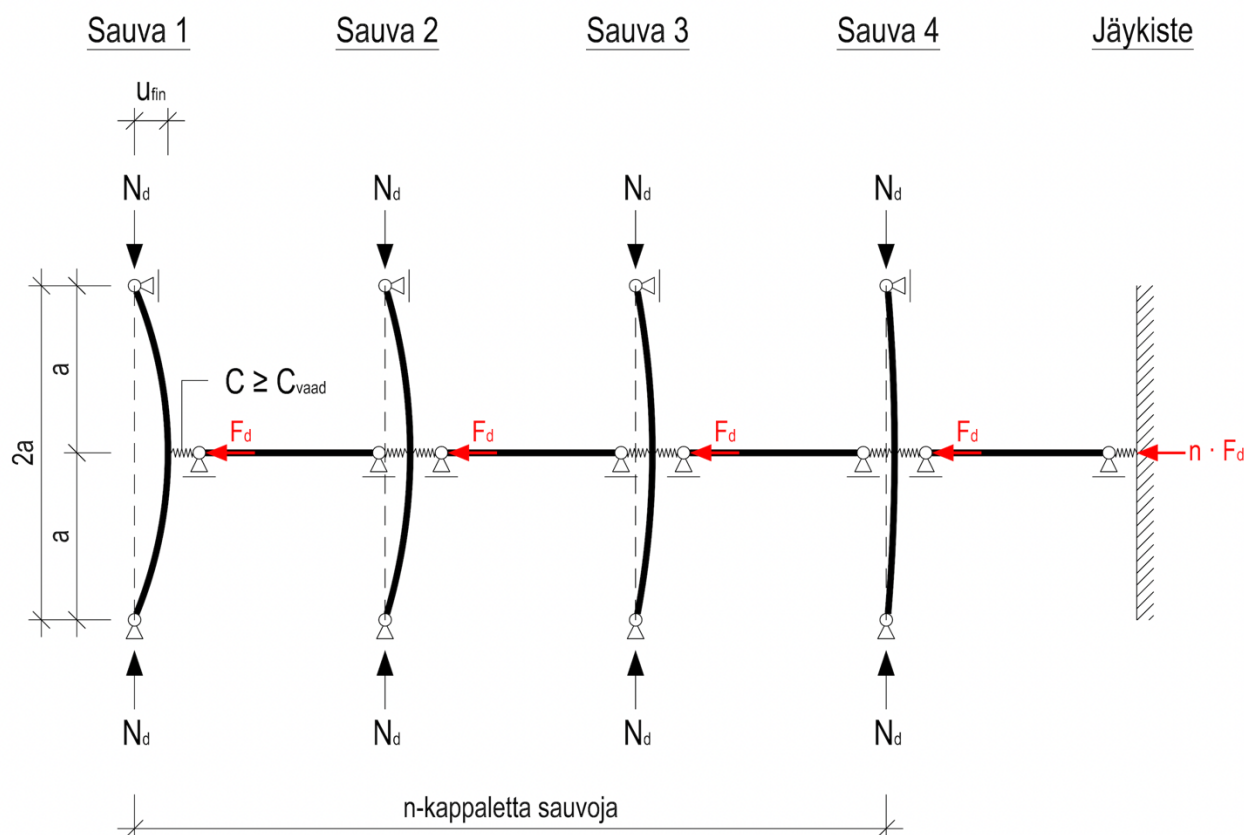
C = tuen jäykkyys

F_d = tuessa vaikuttava voima

u_{fin} = tukipisteen siirtymä lopputilassa (viruma huomioiden)

Liitossiirtymät määritetään lopputilan siirtymäkertoimella

$$K_{ser,fin} = \frac{\frac{2}{3} \cdot K_{ser}}{(1 + \psi_2 \cdot k_{det})}$$



Kuva 65. Yksittäisen tukipisteen jousijäykkyyden määrittäminen toisiinsa kytkettyjen vierekkäisten puristettujen sauvojen tapauksessa.

8.7.2 S-kiepahdus / S-nurjahdus (VTT-S-05262-14)

Stabiliteettituen voima F_d , tuki, voidaan määrittää tarkemmin seuraavassa esitetyllä eurokoodia täydentävällä mitoitusmenetelmällä. Kyseisessä mitoitusmenetelmässä määritetään ensin lyhin kiepahdus- / nurjahdusaallonpituus (kriittinen aallonpituus), joka rakenneosaan voi syntyä. Kriittisen aallonpituuden määrittämisessä huomioidaan nyt myös rakenneosan jäykkyys tuettavassa suunnassa, joka määritetään alla esitetyllä kaavalla.

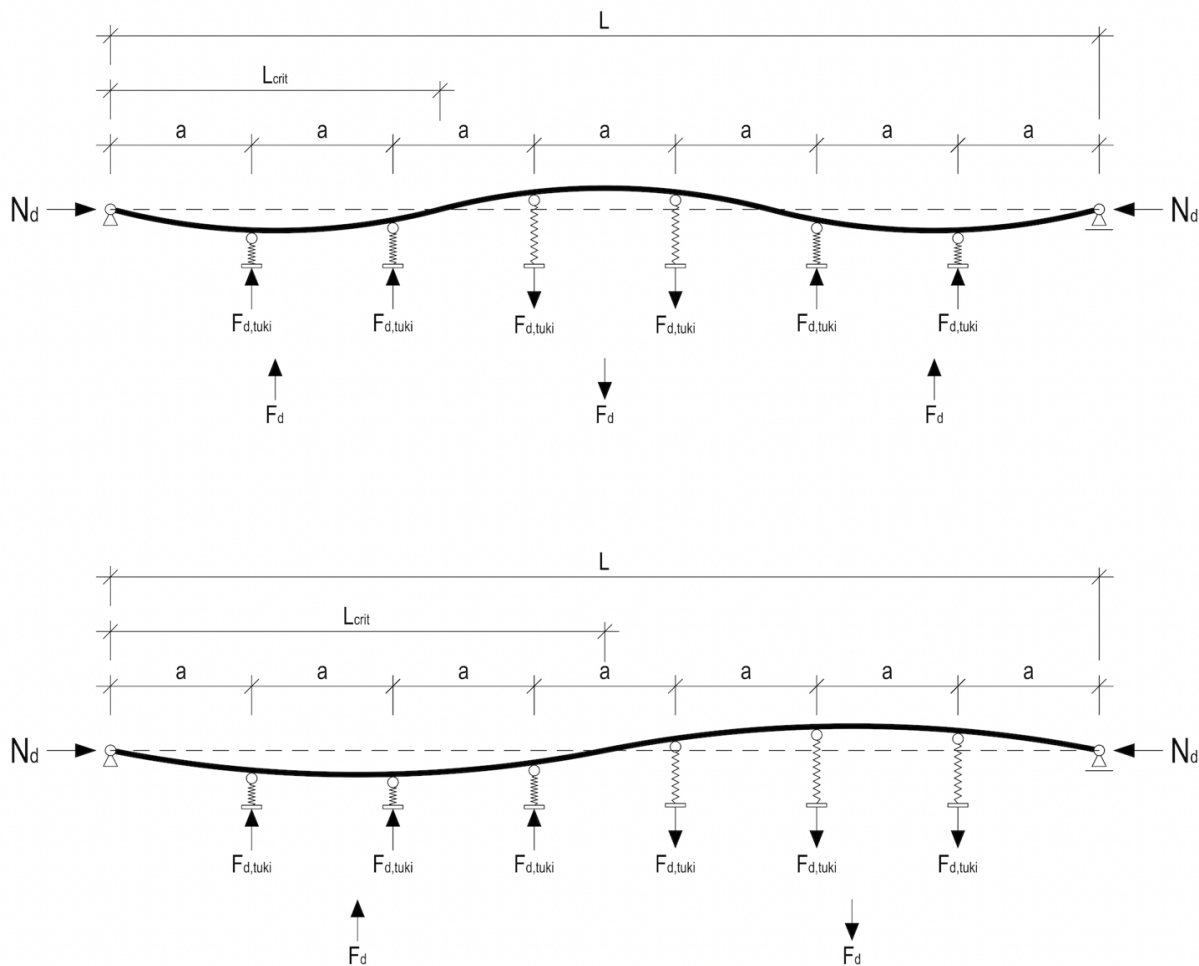
$$L_{crit} = \frac{\pi}{\sqrt[4]{\frac{C_{vaad}}{a \cdot E_{0,05} \cdot I}}} \geq 2 \cdot a$$

C_{vaad} = eurokoodi 5:n mukainen stabiliteettituelta vaadittava jousijäykkyys

a = tukiväli

$E_{0,05}$ = tuettavan rakenneosan kimmomoduulin ominaisarvo tuettava suunnassa

I = tuettavan rakenneosan jäyhyysmomentti tuettavassa suunnassa



Kuva 66. Eräitä kriittisiä aallonpituuksia.

Kriittisen aallonpituuden määrittämisen jälkeen stabiliteettitukeen syntyvä voima F_d , tuki voidaan määrittää alla esitetyllä kaavalla.

$$L_{d,tuki} = \frac{F_d}{\frac{L_{crit}}{a} - 1}$$

$$F_d = \frac{N_d}{50} \text{ sahatarvaralle}$$

$$F_d = \frac{N_d}{80} \text{ liimapuulle ja LVL:lle}$$

L_{crit} = kriittinen aallonpituus

a = tukiväli

S-kiepahdusta / s-nurjahdusta ei tapahdu, mikäli seuraava ehto on voimassa. Mikäli s-muotoa ei tapahdu, mitoitetään jäykistyssysteemi pelkästään kohdan 3.3 mukaan.

$$L_{crit} > \frac{L}{2}$$

Tuentasysteemin jousijäykkyys tarkastetaan kuvan 66 periaatteella.

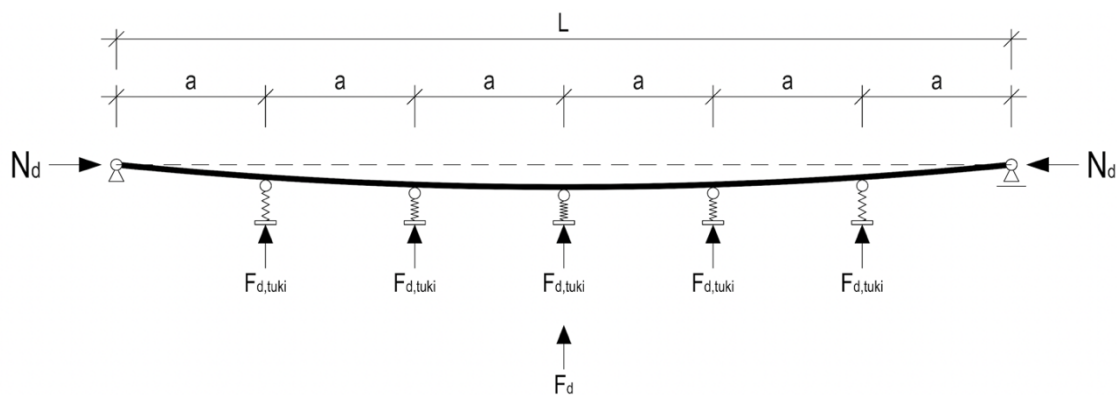
8.7.3 Kiepahdus / Nurjahdus (EC 5)

Tapauksessa, jossa kiepahdus / nurjahdus tapahtuu yhteen suuntaan, määritetään stabiliteettituen voima F_d , tuki, alla esitetyillä kaavoilla.

$$q = k_L \cdot \frac{N_d}{50 \cdot L} \quad (\text{RIL 205-1-2009})$$

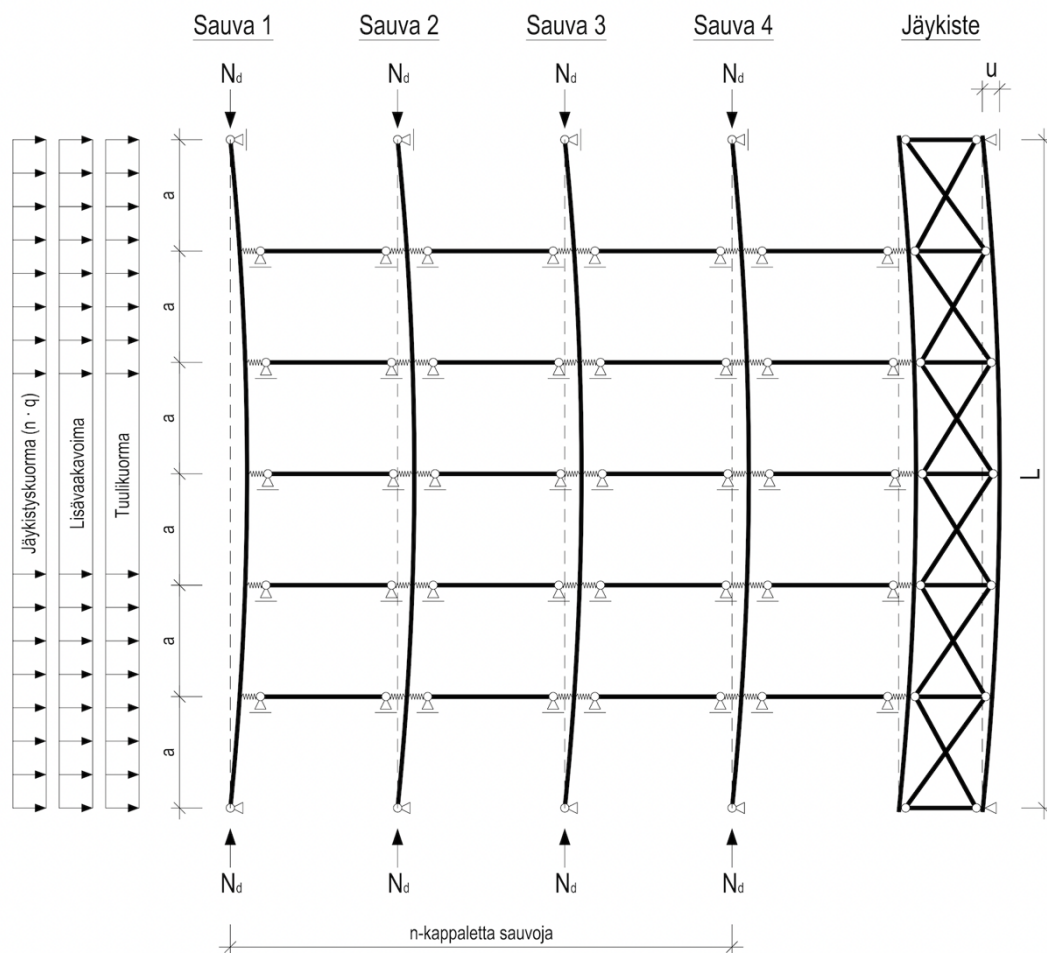
N_d = poikittaistuettavassa rakenneosassa keskimäärin vaikuttavan puristusvoiman mitoitusarvo
 L = jäykistysjärjestelmän jänneväli (aallonpituus) metreinä

$$k_L = \begin{cases} 1 \\ \sqrt{\frac{15}{L}} \end{cases} \quad \begin{aligned} F_{d,tuki} &= q \cdot a \\ q &= \text{jäykistyskuorma} \\ a &= \text{tukiväli} \end{aligned}$$



Kuva 67. Kiepahdus-/nurjahdusmuoto, jossa rakenneosia kiepahtaa / nurjahtaa yhteen suuntaan (aallonpituus koko rakenteen pituus).

Rakenneosien yhteen suuntaan tapahtuva kiepahdus / nurjahdus mitoittaa tavallisesti rakennekokonaisuuden jäykisteen, koska kaikki rakenneosat kiepahtavat / nurjahtavat samaan suuntaan. Rakennekokonaisuuden jäykisteen mitoituksessa huomioidaan myös ulkoisten kuormien aiheuttamat rasitukset (kuva 68). Jäykisteen taipuma u murtorajatilassa kuormalle saa olla enintään $L \leq 500$. Kyseinen ehto määrittää sen, että jäykiste on riittävän jäykkä yhteen suuntaan tapahtuvan kiepahduksen / nurjahduksen näkökulmasta.



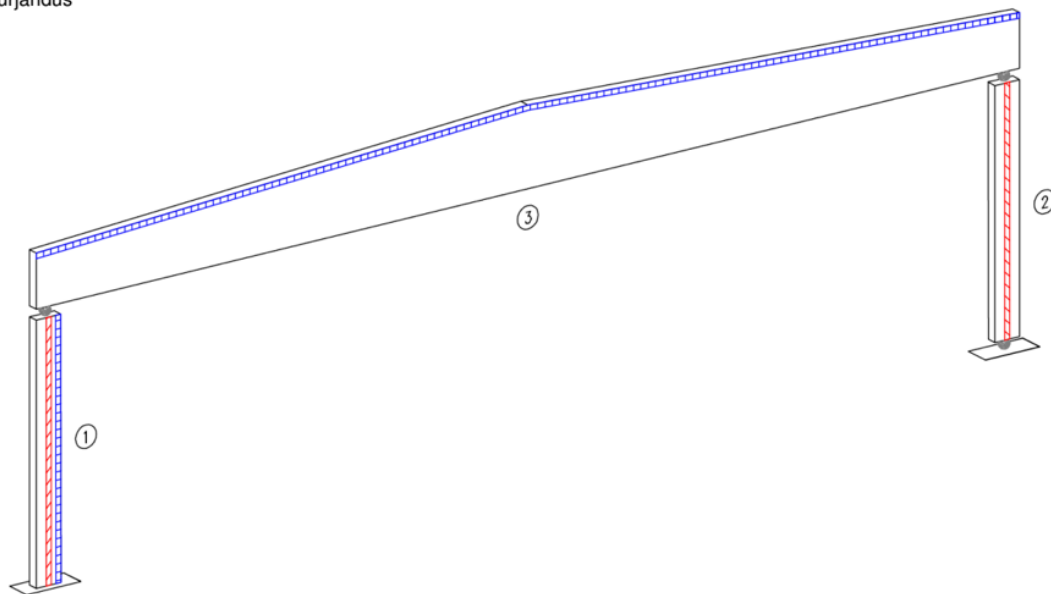
Kuva 68. Jäykisteelle kertyvät kuormat toisiinsa kytkettyjen vierekkäisten rakenneosien tapauksessa.

8.7.4 Yksittäisten rakenneosien stabiileittuenta

Rakennuksen jäykistyksen suunnittelun perusohjeena voidaan pitää sitä, että ensin tehdään kannatin (pilari, palkki tms.) stabiiliksi (kohta 2.1) ja tämän jälkeen tehdään kantavista rakenteista koostuva rakennekokonaisuus stabiiliksi (kohta 2.2). Taulukoihin 1...3 on koottu kannatintyyppejä, joissa tyypillisesti heikonsuunnan stabiileittuenta tarvitaan. Stabiileittuennan tarve on riippuvainen rakenneosien mittasuhteista ja kuormituksista, joten tässä suhteessa taulukoiden 1...3 antama informaatio on periaatteellista.

||||| = kiepahdus

//// = nurjahdus

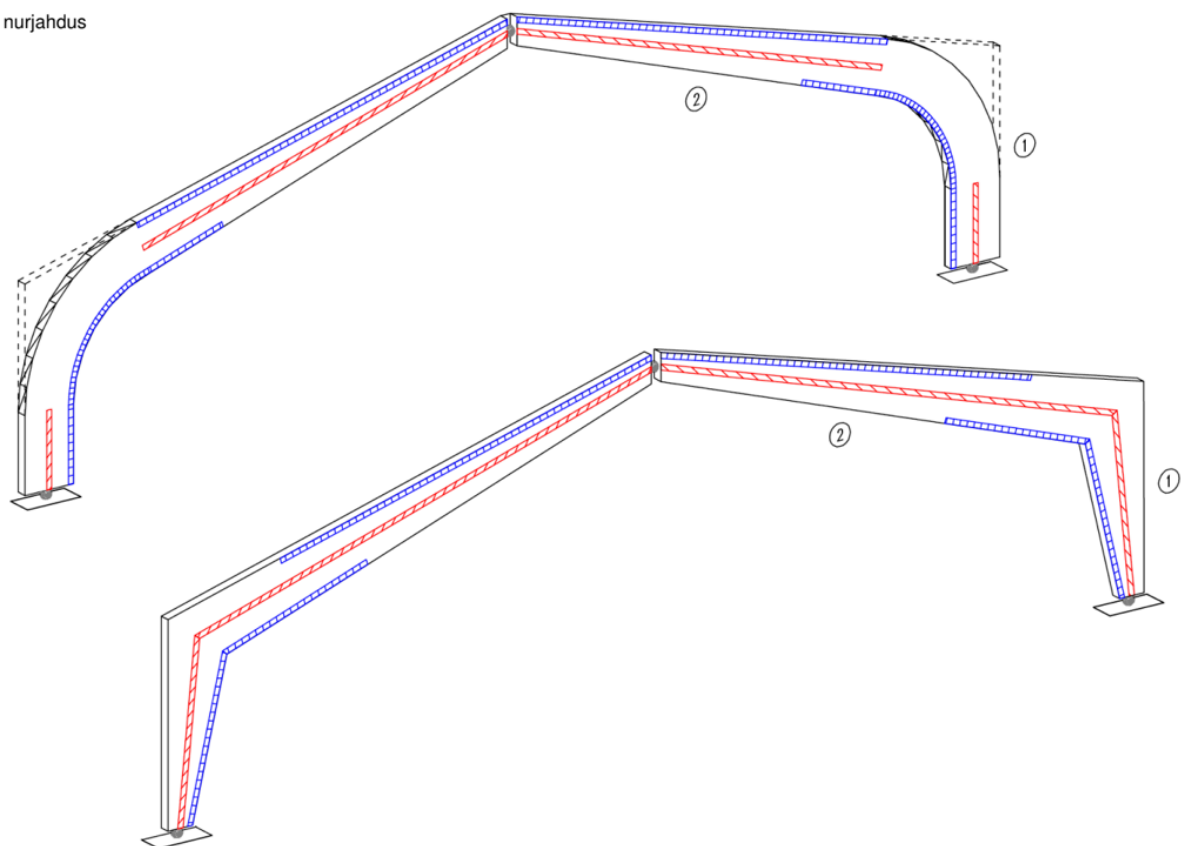


Numero	Rakenneosa	Stabiileitin menettämisilmiö	Esimerkkejä stabilointimenetelmistä
1	Mastopilari	Nurjahdus	Seinärakenteen levyjäykiste tai orret + jäykisteristikko
		S-nurjahdus	Seinärakenteen levyjäykiste
		Sisäreunan kiepahdus	Poikkileikkauksen suurentaminen
2	Nivelpilari	Nurjahdus	Seinärakenteen levyjäykiste tai orret + jäykisteristikko
		S-Nurjahdus	Seinärakenteen levyjäykiste
3	Palkki	Yläreunan kiepahdus	Kattorakenteen levyjäykiste tai orret + jäykisteristikko
		Yläreunan S-kiepahdus	Kattorakenteen levyjäykiste

Taulukko 11. Rakenneosan tyypilliset heikonsuunnan stabiileittuenta vaativat kohdat.

||||| = kiepahdus

//// = nurjahdus

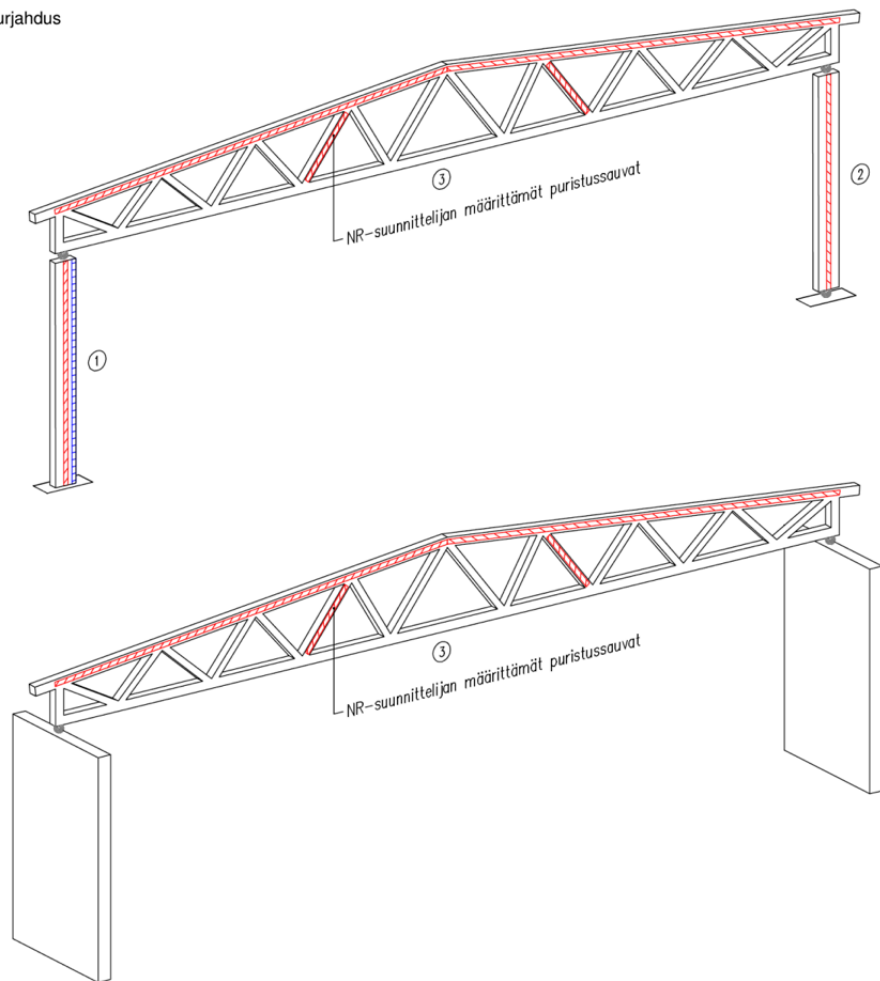


Numero	Rakenneosa	Stabiliteetin menettämislmiö	Esimerkkejä stabilointimenetelmistä
1	Kehäjalka	Nurjahdus	Seinärakenteen levyjäykiste tai orret + jäykisteristikko
		Sisäreunan kiepahdus	Poikkileikkauksen suurentaminen tai kiepahdustuet
2	Kehäpalkki	Nurjahdus	Kattorakenteen levyjäykiste tai orret + jäykisteristikko
		S-Nurjahdus	Kattorakenteen levyjäykiste
		Yläreunan kiepahdus	Kattorakenteen levyjäykiste tai orret + jäykisteristikko
		Yläreunan S-kiepahdus	Kattorakenteen levyjäykiste
		Alareunan kiepahdus	Poikkileikkauksen suurentaminen tai kiepahdustuet

Taulukko 12. Rakenneosan tyypilliset heikonsuunnan stabiliteettituentaa vaativat kohdat.

||||| = kiepahdus

//// = nurjahdus



Numero	Rakenneosa	Stabiliteetin menettämisiilmiö	Esimerkkejä stabilointimenetelmistä
1	Mastopilari	Nurjahdus	Seinä rakenteen levyjäykiste tai orret + jäykisteristikko
		S-nurjahdus	Seinä rakenteen levyjäykiste
		Sisäreunan kiepahdus	Poikkileikkauksen suurentaminen
2	Nivelpilari	Nurjahdus	Seinä rakenteen levyjäykiste tai orret + jäykisteristikko
		S-Nurjahdus	Seinä rakenteen levyjäykiste
3	Ristikko	Yläpaarten kiepahdus	Kattorakenteen levyjäykiste tai orret + jäykisteristikko
		Yläpaarten S-kiepahdus	Kattorakenteen levyjäykiste
		Uumasauvan nurjahdus	Nurjahdustuet

Taulukko 13. Rakenneosan tyypilliset heikonsuunnan stabiliteettituentaa vaativat kohdat.

8.8 Rakennuksen kokonaisjäykistys

Rakennuksen kokonaisjäykistykseen toteuttamiseen on useita erilaisia menetelmiä. Kuvissa 69...71 on esitetty tyypillisiä rungon kokonaisjäykistyssysteemejä.

Toiminta pituussuunnassa

Pituussuunnassa jäykisteenä toimivat päätyseinien mastopilarit ja niiden yläpäässä oleva palkki, joille katto-orret välittävät sisäiset voimat ja ulkoiset kuormat. Myös sisäiset voimat joudutaan siirtämään perustuksille, koska yläpohjassa ei ole sellaista jatkuvaa jäykisterakennetta, joka pystyisi palauttamaan sisäisten voimien tukireaktiot pääkannattimien päihin. Katto-orret ovat olennainen osa tässä jäykistyssysteemissä, koska ne välittävät kuormat jäykistävälle rakenteille. Katto-orret mitoitetaan taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutukselle. Katto-osien puristus- ja vetorasitus on riippuvainen kattorakenteen jatkuvuudesta, päätyseinien keskinäisestä jäykkyydestä ja siitä millä tavalla tuulikuormat huomioidaan (onko rakennuksen toisessa päädyssä tuulen imukuorma ja onko katolla tuulen kitkakuorma).

Toiminta leveyssuunnassa

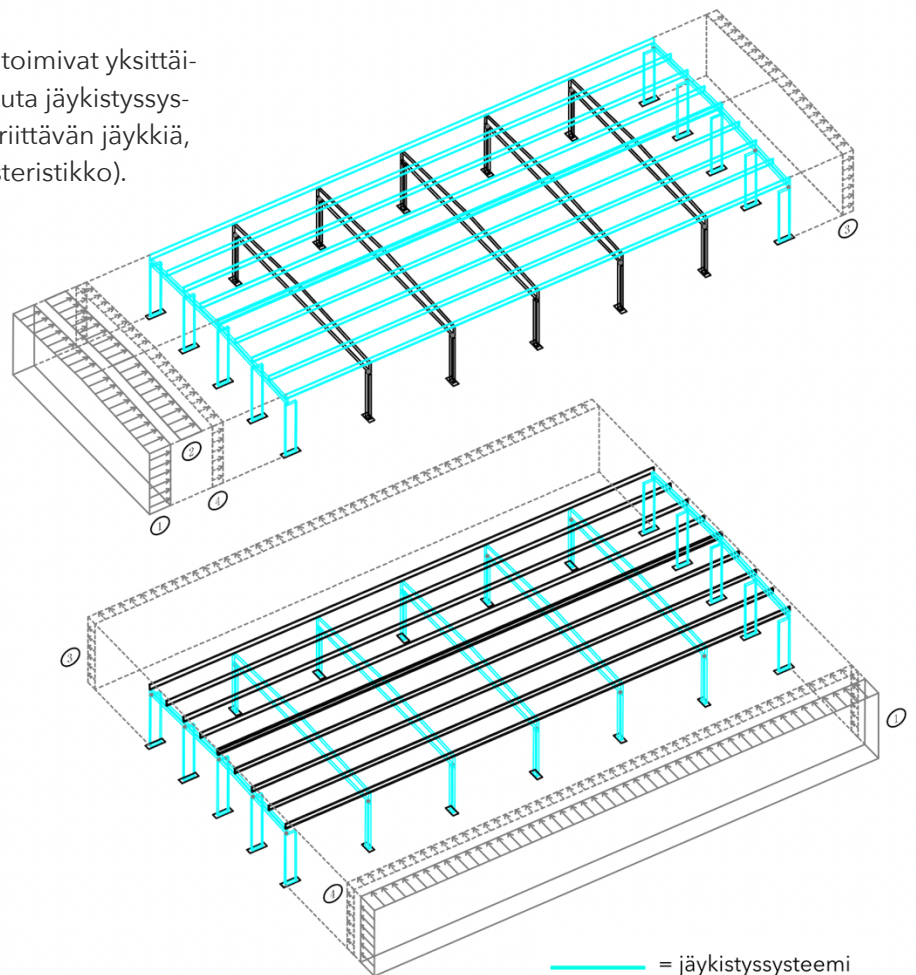
Jokainen kehä, mukaan lukien päätyseinät, toimivat yksittäisinä jäykisteinä, jolloin katto-orret eivät vaikuta jäykistyssysteemiin. Mikäli päätyseinien pilarit eivät ole riittävän jäykkiä, käytetään erillisiä lisäjäykisteitä (esim. jäykisteristikko).

S-kiepahdus

Ratkaistu kattoelementtien levyjäykisteiden avulla.

Kuormat

- 1) Tuulen painekuorma
- 2) Pääkannattimien jäykistyskuorma ja lisävaakavoima
- 3) Mahdollinen tuulen imukuorma
- 4) Mahdollinen katto- ja seinäpintojen tuulen kitkakuorma



Kuva 69. Kokonaisjäykistyssysteemi tapauksessa, jossa rakennuksen leveyssuunnassa jäykisteenä toimii kehärakenne.

Toiminta pituussuunnassa

Pituussuunnassa jäykisteenä toimivat kehäväleissä olevat jäykisteristikot, joille katto-orret välittävät sisäiset voimat ja ulkoiset kuormat. Sisäisiä voimia ei tässä tapauksessa tarvitse viedä perustuksille, koska yläpohjassa on sellainen jatkuva jäykisterakenne, joka pystyy palauttamaan sisäisten voimien tukireaktiot pääkannattimien päihin. Katto-orret ovat olennainen osa tässä jäykistyssysteemissä, koska ne välittävät kuormat jäykistäville rakenteille. Katto-orret mitoitetaan taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutukselle. Katto-osien puristus- ja vetorasitus on riippuvainen katorakenteen jatkuvuudesta, jäykisteristikoiden määrästä, jäykisteristikoiden keskinäisestä jäykkyydestä ja siitä millä tavalla tuulikuormat huomioidaan (onko rakennuksen toisessa päädyssä tuulen imukuorma ja onko katolla tuulen kitkakuorma).

Toiminta leveyssuunnassa

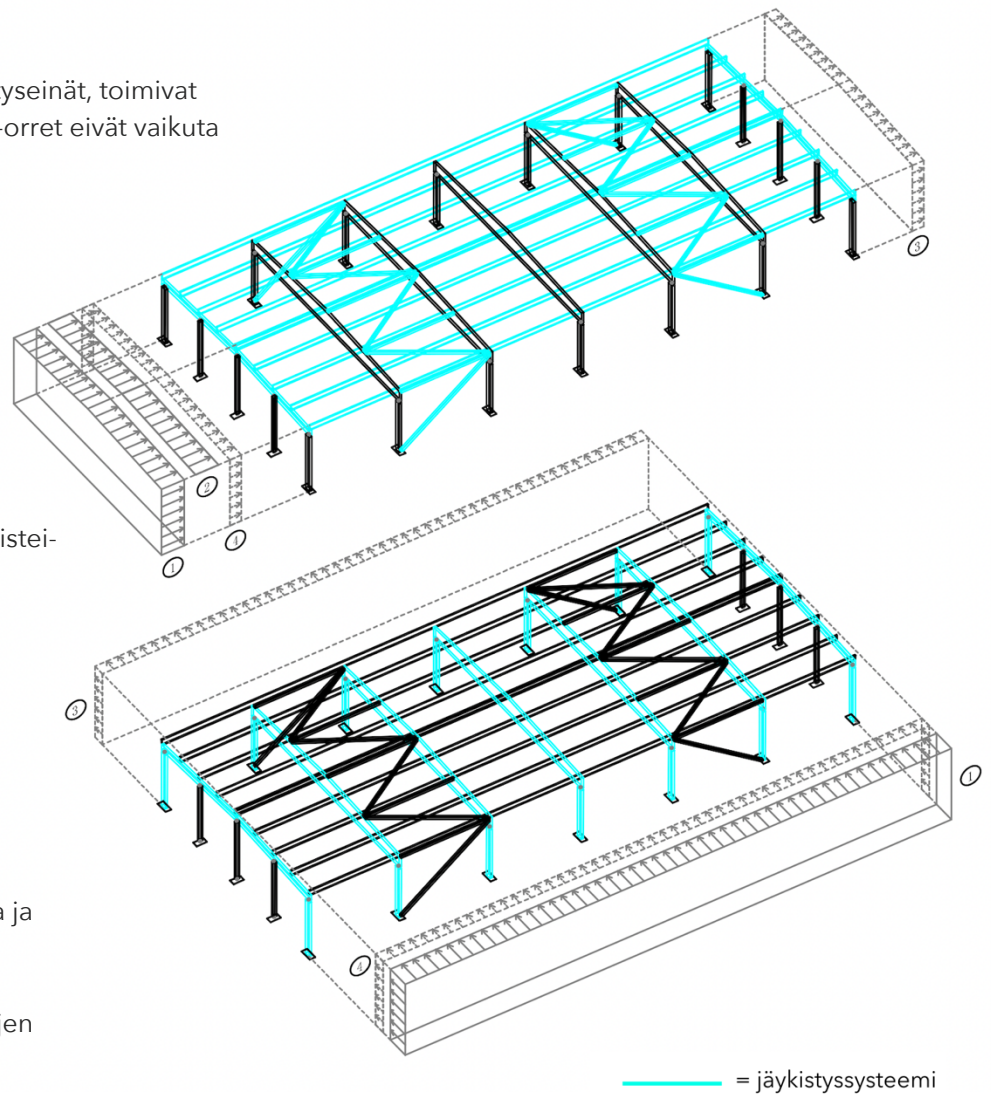
Jokainen kehä, mukaan lukien päätyseinät, toimivat yksittäisinä jäykisteinä, jolloin katto-orret eivät vaikuta jäykistyssysteemiin.

S-kiepahdus

Ratkaistu kattoelementtien levyjäykisteiden avulla.

Kuormat

- 1) Tuulen painekuorma
- 2) Pääkannattimien jäykistyskuorma ja lisävaakavoima
- 3) Mahdollinen tuulen imukuorma
- 4) Mahdollinen katto- ja seinäpintojen tuulen kitkakuorma



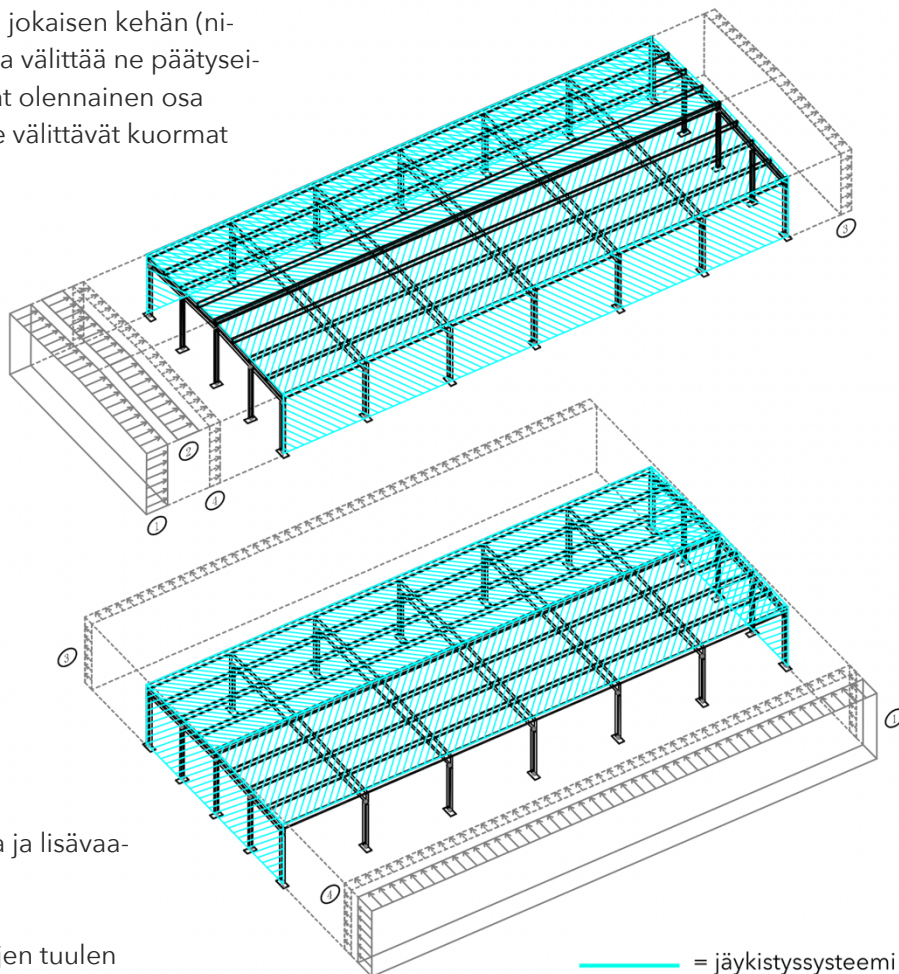
Kuva 70. Kokonaisjäykistyssysteemi tapauksessa, jossa rakennuksen leveyssuunnassa jäykisteenä toimii kehärakenne.

Toiminta pituussuunnassa

Pituussuunnassa jäykisteenä toimivat yläpohjassa ja seinissä olevat levyjäykisteet. Katto-orret välittävät sisäiset voimat ja ulkoiset kuormat yläpohjan levyjäykisteelle. Sisäisiä voimia ei tässä tapauksessa tarvitse viedä perustuksille, koska yläpohjan levyjäykiste palauttaa sisäisten voimien tukireaktiot jokaisen pääkannattimen kohdalla sen päihin. Katto-orret ovat olennainen osa tässä levyjäykistyssysteemissä, koska ne välittävät kuormat yläpohjan levyjäykisteelle. Katto-orssiin ei tule tässä tapauksessa sellaisia puristus- ja vetorasituksia kuin kuvien 69 ja 70 tapauksessa, koska yläpohjassa on jatkuva levyjäykiste, joka vastaanottaa kuormat välittömästi siltä kohdalta, jolta ne välitetään jäykisteelle (tuettavan kannattimen kohdalta).

Toiminta leveyssuunnassa

Yläpohjan levyjäykiste vastaanottaa jokaisen kehän (nivelpäiset pilarit) keräämät kuorma ja välittää ne päätyseinien levyjäykisteille. Katto-orret ovat olennainen osa tässä jäykistyssysteemissä, koska ne välittävät kuormat yläpohjan levyjäykisteelle.



S-kiepahdus

Ratkaistu levyjäykisteen avulla.

Kuormat

- 1) Tuulen painekuorma
- 2) Pääkannattimien jäykistyskuorma ja lisävääkavoima
- 3) Mahdollinen tuulen imukuorma
- 4) Mahdollinen katto- ja seinäpintojen tuulen kitkakuorma

Kuva 71. Kokonaisjäykistyssysteemi tapauksessa, jossa rakennus on levyjäykistetty (kaikki pilarit nivelpäisiä).

8.9 Rakennuksen pituussuuntaisten jäykisterakenteiden mitoit- tus

Jäykisterakenteiden mitoituksessa lujuusteknisen kestävyys lisäksi tulee tarkkailla erityisesti jäykisterakenteiden siirtymiä sekä sitä, kuinka voimat siirtyvät jäykisterakenteilta toisille (liitokset). Kuvissa 72...74 on esitetty erilaisten rakennuksen pituussuuntaisten jäykisterakenteiden mitoituksessa huomioitavia seikkoja.

Päätyseinän siirtymä

Päätyseinän siirtymän suuruuteen vaikuttaa mastopilarien ja niiden yläpäässä olevan palkin dimensioid. Päätyseinässä maksimisiirtymä syntyy mastopilarien taipumasta ja mastopilarien yläpäässä olevan palkin taipumasta mastopilarien välillä. Nämä yhdessä aiheuttavat siirtymän, joka tapahtuu myös pääkannattimessa. Kuten kohdassa 3.3 on esitetty, saa jäykisterakenteen murtorajatilan siirtymä olla enintään $L/500$. Tämän enempää pääkannatin ei saa siirtyä yläreunastaan (jännävälillään L) vaakasuunnassa kannattimen stabiliteetin näkökulmasta. Päätyseinän käyttörajan siirtymä saa olla enintään $H/300$, mikäli tälle asetetaan rajoitus.

Päätyseinän mastopilarien ja palkin liitokset

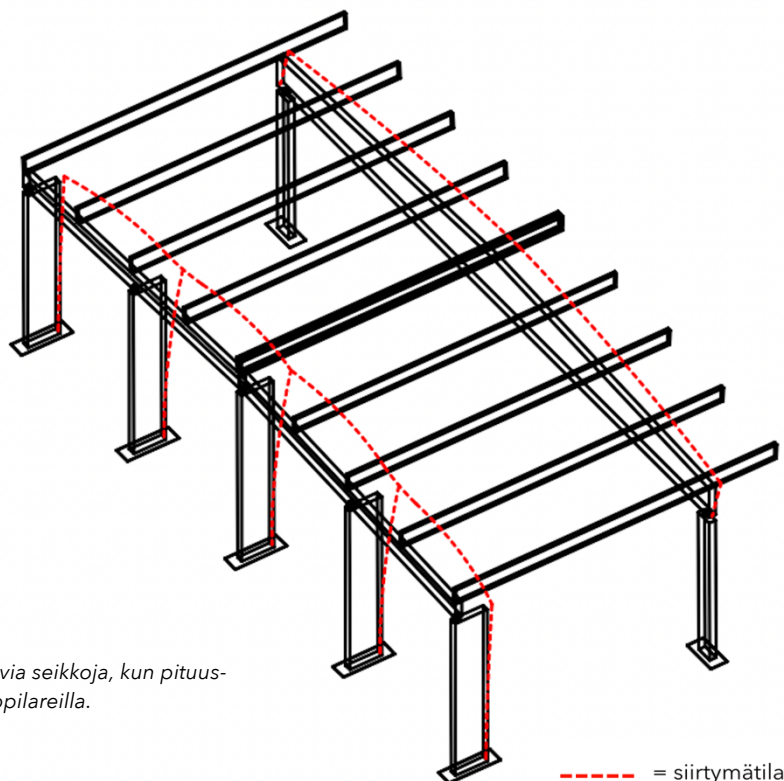
Päätyseinän mastopilarien yläpäässä oleva palkki tulee kiinnittää pilareihin siten, että voimat pystyvät siirtymään katto-orsien ja pilareiden välillä.

Pääkannattimen ja mastopilarin liitos

Pääkannatin tulee kiinnittää mastopilariin momenttijäykästi, jotta pystykuormat siirtyvät pääkannattimelta pilarille. Pääkannattimen yläreunan siirtymän suuruus vaikuttaa oleellisesti kyseisen liitoksen mitoitukseen. Mitä enemmän pääkannatin pääsee kallistumaan, sitä enemmän liitokseen syntyy momenttia. Kyseiseen liitokseen syntyy momenttia myös palkin asennusvinoudesta.

Katto-orsien liitokset

Katto-orsit tulee kiinnittää päätyseinässä olevaan palkkiin voimalle, jonka päätyseinä vastaanottaa yläpohjan tuulikuormista, lisävaakavoimasta ja jäykistyskuormasta (s-kiepahdus hoidettu kannatinkohtaisesti). Katto-orsien ja pääkannattimen välinen liitos tulee mitoittaa määrävälle mitoitusvoimalle, joka syntyy pääkannattimen määrävästä kiepahdusmuodosta ja lisävaakavoimasta. Lisäksi kyseisen liitoksen mitoitukseen vaikuttaa katto-orsien jatkosten kohdissa olevat voimat ja jatkosrakenteen tyyppi (onko jatkos-osa orressa vai kiertäkö jatkosvoima pääkannattimen kautta).



Kuva 72. Jäykisterakenteiden mitoituksessa huomioitavia seikkoja, kun pituussuuntainen jäykistys toteutetaan päätyseinän mastopilareilla.

Jäykisteristikoiden siirtymä

Yläpohjan ja seinän jäykisteristikoiden siirtymän suuruuteen vaikuttaa ristikon sauvojen dimensiot ja erityisesti ristikon liitosten siirtymät. Yläpohjan jäykisteristikon maksimisiirtymä syntyy yläpohjan ja seinien jäykisteristikoiden taipumasta. Nämä yhdessä aiheuttavat siirtymän, joka tapahtuu myös pääkannattimessa. Kuten kohdassa 3.3 on esitetty, saa jäykisterakenteen murtorajatilän siirtymä olla enintään $L/500$. Tämän enempää pääkannatin ei saa siirtyä yläreunastaan (jännevälillä L) vaakasuunnassa kannattimen stabiiliteetin näkökulmasta. Päätyseinän käyttörajatilan siirtymä saa olla enintään $H/300$, mikäli tälle asetetaan rajoitus.

Päätyseinän pilarien ja palkin liitokset

Päätyseinän mastopilarien yläpäässä oleva palkki tulee kiinnittää pilareihin siten, että voimat pystyvät siirtymään katto-orsien ja pilareiden välillä.

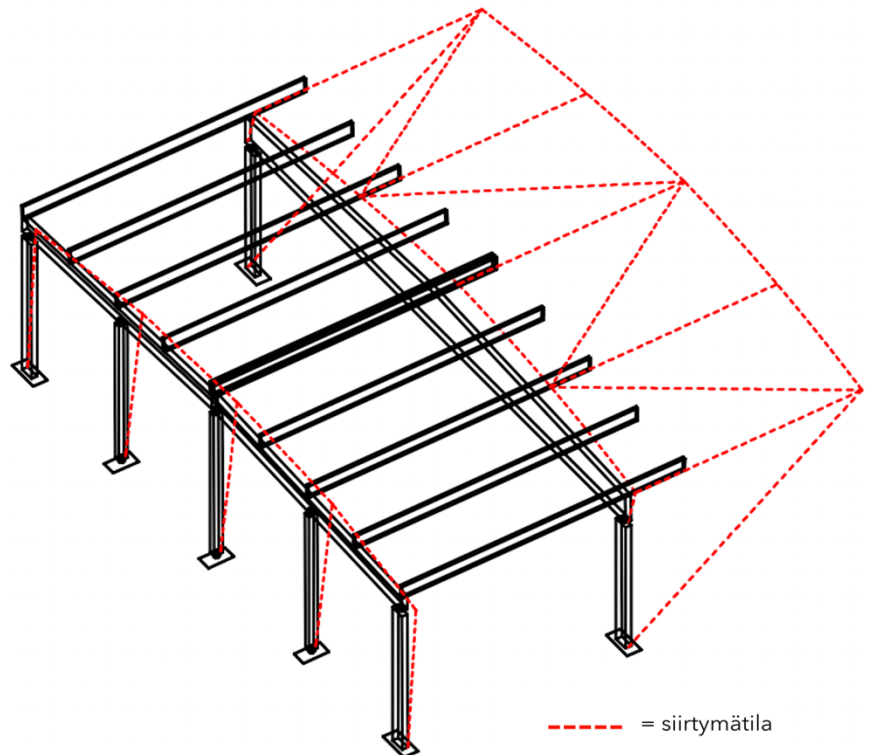
Pääkannattimen ja mastopilarin liitos

Pääkannatin tulee kiinnittää mastopilariin momenttijäykästi, jotta pystykuormat siirtyvät pääkannattimelta pilarille. Pääkannattimen yläreunan siirtymän suuruus vaikuttaa oleellisesti kyseisen liitoksen mitoittamiseen. Mitä enemmän pääkannatin pääsee kallistumaan, sitä enemmän liitokseen syntyy momenttia. Kyseiseen liitokseen syntyy momenttia myös palkin asennusvinoudesta.

Katto-orsien liitokset

Katto-orret tulee kiinnittää yläpohjan jäykisteristikoon voimalle, jonka jäykisteristikko vastaanottaa yläpohjan tuulikuormista, lisävaakavoimasta ja jäykistyskuormasta (s-kiepahdus hoidettu kannatinkohdaisesti). Katto-orsien ja pääkannattimen välinen liitos tulee mitoittaa määräävälle mitoitusvoimalle, joka syntyy pääkannattimen määräävästä kiepahdusmuodosta ja lisävaakavoimasta.

Lisäksi kyseisen liitoksen mitoittamiseen vaikuttaa katto-orsien jatkosten kohdissa olevat voimat ja jatkosrakenteen tyyppi (onko jatkos-osa orressa vai kiertäkö jatkosvoima pääkannattimen kautta). Katto-orsien ja päätyseinän palkin välinen liitos tulee mitoittaa voimalle, joka syntyy päätyseinän tuulikuormasta ja lisävaakavoimasta.



Kuva 73. Jäykisterakenteiden mitoituksessa huomioitavia seikkoja, kun pituussuuntainen jäykistys toteutetaan erillisillä jäykisteristikoilla.

Levyjäykisteen siirtymä

Yläpohjan ja seinän levyjäykisteiden siirtymän suuruuteen vaikuttaa levyn tyyppi ja dimensio sekä erityisesti levyjäykisteen liitosten siirtymät. Yläpohjan levyjäykisteen maksimisiirtymä syntyy yläpohjan ja seinien levyjäykisteiden taipumasta. Nämä yhdessä auttavat siirtymän, joka tapahtuu myös pääkannattimessa. Kuten kohdassa 3.3 on esitetty, saa jäykisterakenteen murtorajatilän siirtymä olla enintään $L/500$. Tämän enempää pääkannatin ei saa siirtyä yläreunastaan (jännevälillään L) vaakasuunnassa kannattimen stabiiliteetin näkökulmasta. Päätyseinän käyttörajatilan siirtymä saa olla enintään $H/300$, mikäli tälle asetetaan rajoitus.

Päätyseinän pilarien ja palkin liitokset

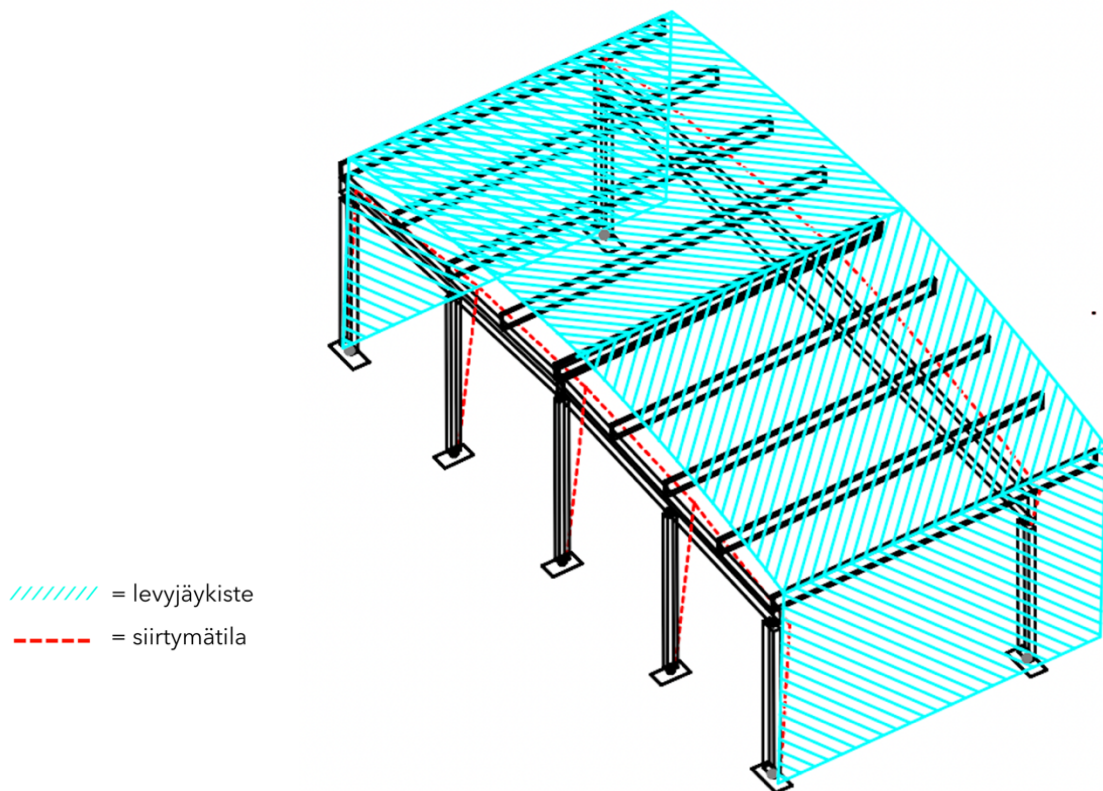
Päätyseinän mastopilarien yläpäässä oleva palkki tulee kiinnittää pilareihin siten, että voimat pystyvät siirtymään katto-orsien ja pilareiden välillä.

Pääkannattimen ja mastopilarin liitos

Pääkannatin tulee kiinnittää mastopilariin momenttijäykästi, jotta pystykuormat siirtyvät pääkannattimelta pilarille. Pääkannattimen yläreunan siirtymän suuruus vaikuttaa oleellisesti kyseisen liitoksen mitoittamiseen. Mitä enemmän pääkannatin pääsee kallistumaan, sitä enemmän liitokseen syntyy momenttia. Kyseiseen liitokseen syntyy momenttia myös palkin asennusvinoudesta.

Katto-orsien liitokset

Katto-orsien ja pääkannattimen välinen liitos tulee mitoittaa määräävälle mitoitusvoimalle, joka syntyy pääkannattimen määräävästä kiepahdusmuodosta ja lisävaakavoimasta. Katto-orsien ja päätyseinän palkin välinen liitos tulee mitoittaa voimalle, joka syntyy päätyseinän tuulikuormasta ja lisävaakavoimasta.



Kuva 74. Jäykisterakenteiden mitoituksessa huomioitavia seikkoja, kun pituussuuntainen jäykistys toteutetaan levyjäykisteellä.

8.10 Rungon jäykistäminen palotilanteessa

Mikäli rakennuksen rungolta vaaditaan palonkestävyyttä, mitoitetaan jäykistävät rakenteet vaadittuun paloluokkaan. Palotilanteessa rakennuksen jäykistys suunnitellaan palotilanteen kuormituksille. Hallirakennuksessa tulee olla aina vähintään kaksi jäykistesysteemiä (esim. pituussuunnan jäykisteet molemmissa päädyissä), jotka voivat palotilanteessa toimia yksin ja joille kuormitukset voidaan ohjata palotilanteessa. Periaatteena on, että mikäli toinen jäykistesysteemi lopettaa toimintansa palotilanteessa, jää vielä toinen jäykistesysteemi toimintakykyiseksi. Mikäli käytetään vain yhtä jäykistesysteemiä (esim. yksi pituussuuntainen jäykiste hallin keskellä), tulee se palosuojata koko palonkestoajalle.

Ulottuvuus	Valmistusluokka 3	Valmistusluokka 2	Valmistusluokka 1	△
Pituus (rakennuksen pituussuunnassa) < 3 m 3...10 m > 10 m	± 3 mm ± 0,10 % ± 10 mm	± 4 mm ± 0,15 % ± 15 mm	± 7 mm ± 0,25 % ± 25 mm	1
Korkeus (rakennuksen korkeussuunnassa) < 3 m 3...10 m > 10 m	± 3 mm ± 0,10 % ± 10 mm	± 4 mm ± 0,15 % ± 15 mm	± 7 mm ± 0,25 % ± 25 mm	2
Paksuus - ilman tuuletusrakoa ja ulkoverhousta - julkisivuverhouksen kanssa	± 3 mm ± 6 mm	± 3 mm ± 6 mm	± 5 mm ± 8 mm	3
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero < 3 m 3...10 m > 10 m	± 3 mm ± 0,10 % ± 10 mm	± 4 mm ± 0,15 % ± 15 mm	± 7 mm ± 0,25 % ± 25 mm	4
Suoruus (koko elementin pituus) - pituus (rakennuksen pituussuunnassa) - korkeus (rakennuksen korkeussuunnassa)	± 0,1 % ± 0,1 %	± 0,15 % ± 0,15 %	± 0,25 % ± 0,25 %	5
Ovi- ja ikkuna-aukkojen sijainti	± 5 mm	± 10 mm	± 15 mm	6
Liikkuvien rakenteiden loveys loven pituus, syvyys leveys	+ 2 mm	+ 4 mm	+ 6 mm	7

Taulukko 14.

9 Toleranssit

Johdanto

Tässä luvussa esitetään hallirakennusten seinä- ja kattoelementtien valmistustarkkuudet sekä rungon asennustarkkuudet. Kyseiset valmistus- ja asennustarkkuudet on esitetty puurakenteiden toteutusstandardissa SFS 5978. Valmistusluokka valitaan seuraavasti:

- enintään 2-kerroksinen rakennus → valmistusluokka 2
- yli 2-kerroksinen rakennus → valmistusluokka 3

Tarvittaessa voidaan käyttää esitettyä valmistusluokkaa tiukempaa luokitusta tapauskohtaisesti.

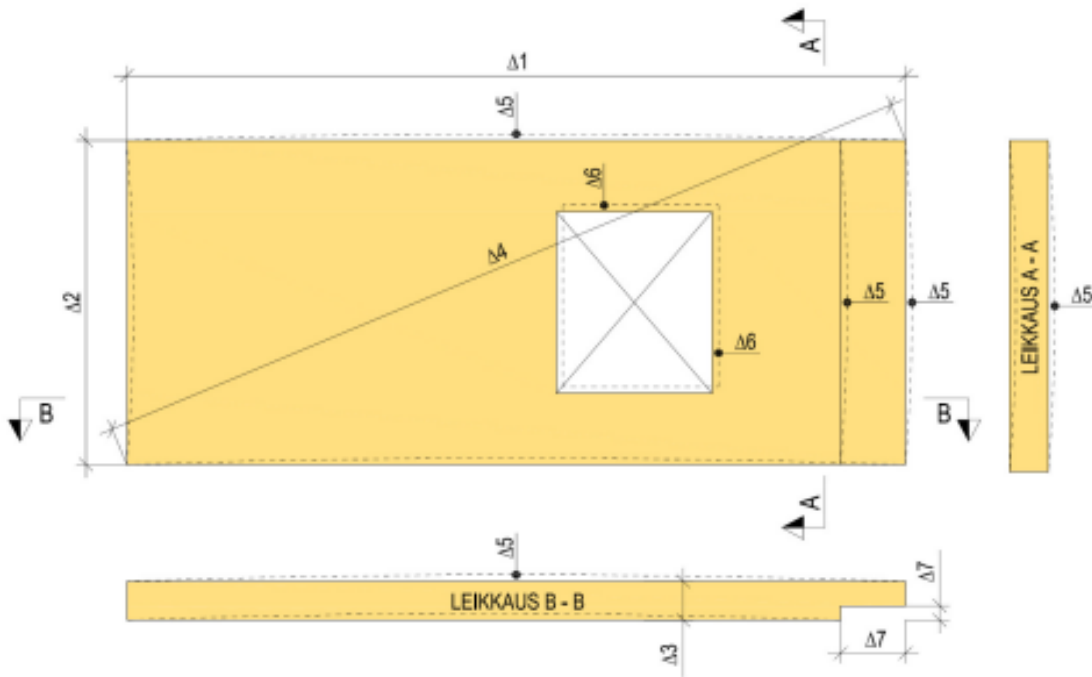
9.1 Seinäelementtien valmistustarkkuudet

Seinäelementtien valmistustarkkuudet esitetään taulukossa 15 ja niiden selitykset kuvassa 75. Valmistusluokka valitaan rakennuksen kerrosmäärän mukaan.

Ulottuvuus	Valmistusluokka 3	Valmistusluokka 2	Valmistusluokka 1	△
Pituus (rakennuksen pituussuunnassa) < 3 m 3...10 m > 10 m	± 3 mm ± 0,10 % ± 10 mm	± 4 mm ± 0,15 % ± 15 mm	± 7 mm ± 0,25 % ± 25 mm	1
Korkeus (rakennuksen korkeussuunnassa) < 3 m 3...10 m > 10 m	± 3 mm ± 0,10 % ± 10 mm	± 4 mm ± 0,15 % ± 15 mm	± 7 mm ± 0,25 % ± 25 mm	2
Paksuus • ilman tuuletusrakoa ja ulkoverhousta • julkisivuverhouksen kanssa	± 3 mm ± 6 mm	± 3 mm ± 6 mm	± 5 mm ± 8 mm	3
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero < 3 m 3...10 m > 10 m	± 3 mm ± 0,10 % ± 10 mm	± 4 mm ± 0,15 % ± 15 mm	± 7 mm ± 0,25 % ± 25 mm	4
Suoruus (koko elementin pituus) • pituus (rakennuksen pituussuunnassa) • korkeus (rakennuksen korkeussuunnassa)	± 0,1 % ± 0,1 %	± 0,15 % ± 0,15 %	± 0,25 % ± 0,25 %	5

Ovi- ja ikkuna-aukkojen sijainti	$\pm 5 \text{ mm}$	$\pm 10 \text{ mm}$	$\pm 15 \text{ mm}$	6
Liikkuvien rakenteiden lo- veus • loven pituus, syvyys leveys	$+ 2 \text{ mm}$	$+ 4 \text{ mm}$	$+ 6 \text{ mm}$	7

Taulukko 15.



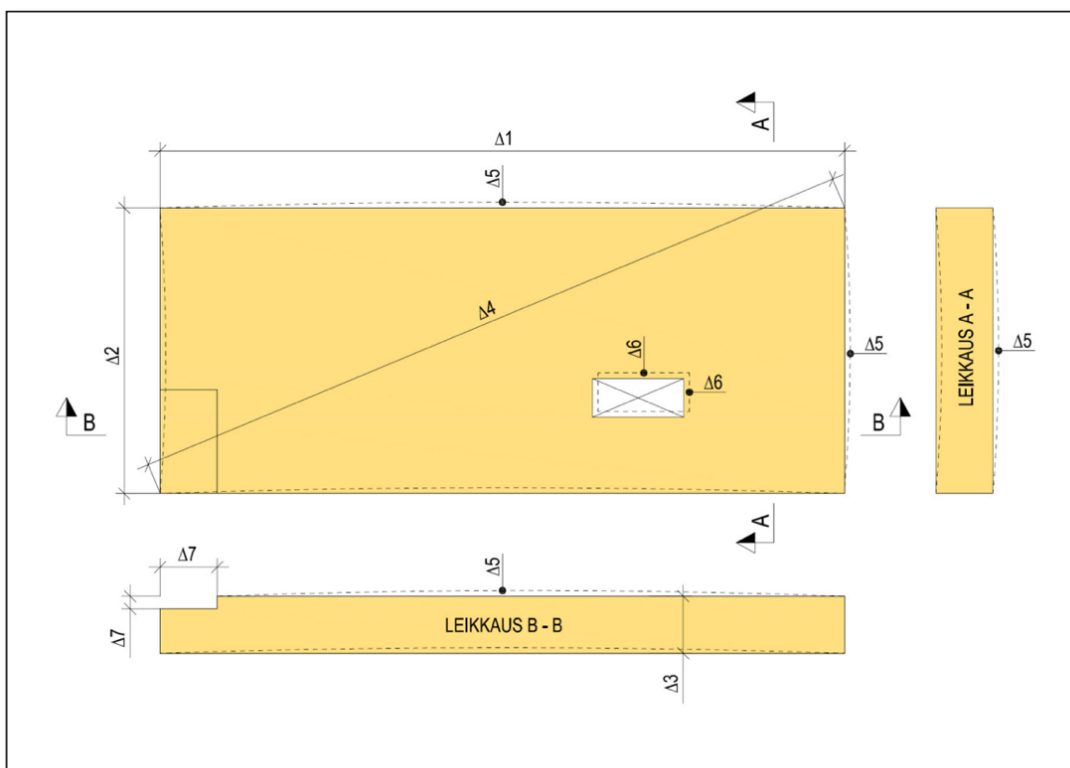
Kuva 75. Seinäelementtien valmistustarkkuuksien selitykset.

9.2 Kattoelementtien valmistustarkkuudet

Kattoelementtien valmistustarkkuudet esitetään taulukossa 16 ja niiden selitykset kuvassa 76. Valmistusluokka valitaan rakennuksen kerrosmäärän mukaan.

Ulottuvuus	Valmistusluokka 3	Valmistusluokka 2	Valmistusluokka 1	△
Pituus ≤ 6 m > 6 m	± 5 mm	± 0,15 % ± 10 mm	± 0,25 % ± 20 mm	1
Leveys ≤ 3 m > 10 m	± 5 mm	± 0,15 % ± 10 mm	± 0,25 % ± 20 mm	2
Paksuus	min (± 5 mm / 1,5 %)	± 5 mm	± 7 mm	3
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero ≤ 6 m > 6 m	± 0,10 % ± 10 mm	± 0,15 % ± 15 mm	± 0,25 % ± 25 mm	4
Suoruus (koko elementin pituus) • pituus, leveys	± 0,1 %	± 0,15 %	± 0,25 %	5
Aukkojen sijainti	± 5 mm	± 10 mm	± 15 mm	6
Liikkuvien rakenteiden loveus • loven pituus, syvyys le- veys	+ 2 mm	+ 4 mm	+ 6 mm	7

Taulukko 16.



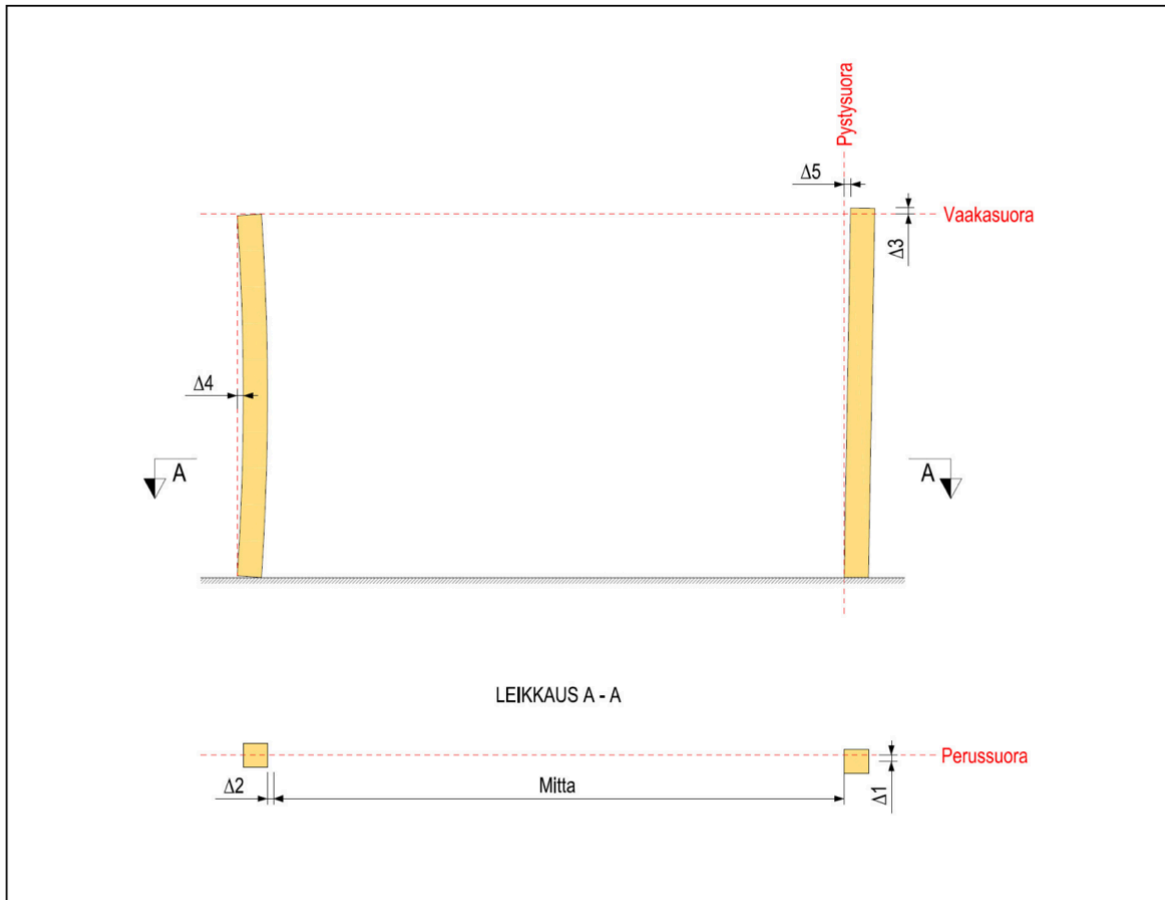
Kuva 76. Kattoelementtien valmistustarkkuuksien selitykset.

9.3 Rungon asennustarkkuudet

Puurungon asennustarkkuudet esitetään taulukoissa 17...22. Työvaiheesta seuraavaan edettäessä valvotaan esimerkiksi tarkemmittausten avulla, että mittapoikkeamia korjataan kohti rakennuksen moduuliverkon nimellismittoja eivätkä mittapoikkeamat siten kertaudu.

Ulottuvuus	Valmistusluokka 3	Valmistusluokka 2	Valmistusluokka 1	△
Sivusijainti perussuorasta	± 6 mm	± 12 mm	± 20 mm	1
Vapaa väli (vastakkaiset pilarit)	± 6 mm	± 12 mm	± 20 mm	2
Pilarin yläpään ja / tai tukipintojen korkeusasema	± 4 mm	± 8 mm	± 12 mm	3
Suoruus ¹⁾	± 0,15 %	± 0,15 %	± 0,15 %	4
Poikkeama pystysuorasta - korkeus enintään 6 m - korkeus yli 6 m	± 3 mm ± 4 mm	± 5 mm ± 8 mm	± 8 mm ± 12 mm	5
¹⁾ Suoruuden mittauspituus vähintään 2 m				

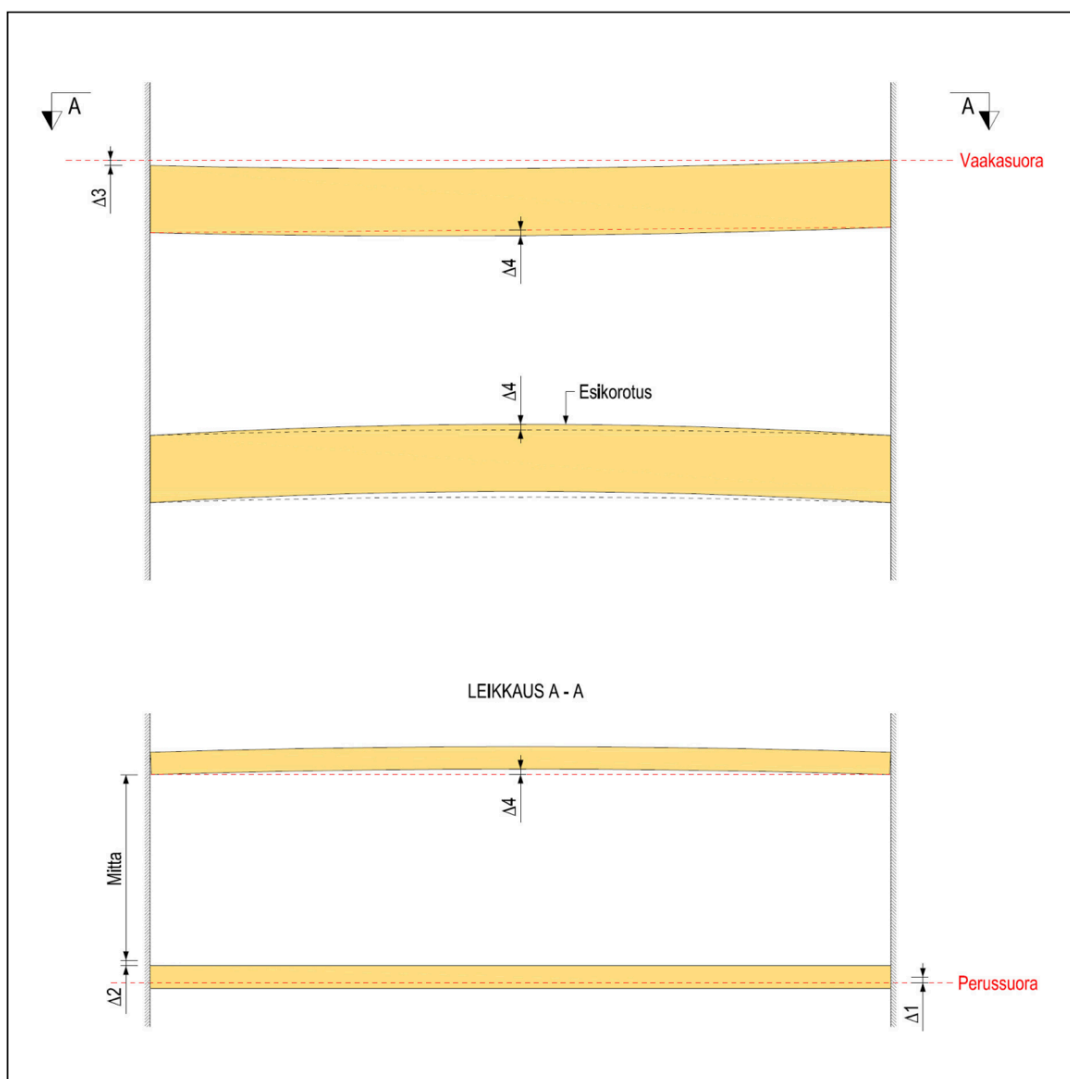
Taulukko 17.



Kuva 77. Pilarien asennustarkkuuksien selitykset.

Ulottuvuus	Valmistusluokka 3	Valmistusluokka 2	Valmistusluokka 1	△
Sivusijainti perussuorasta	± 6 mm	± 12 mm	± 20 mm	1
Vapaa väli (vastakkaiset pilarit)	± 6 mm	± 12 mm	± 20 mm	2
Pilarin yläpään ja / tai tuki- pintojen korkeusasema	± 4 mm	± 8 mm	± 12 mm	3
Suoruus ¹⁾	± 0,15 %	± 0,15 %	± 0,15 %	4
¹⁾ Suoruuden mittauspituus vähintään 2 m				

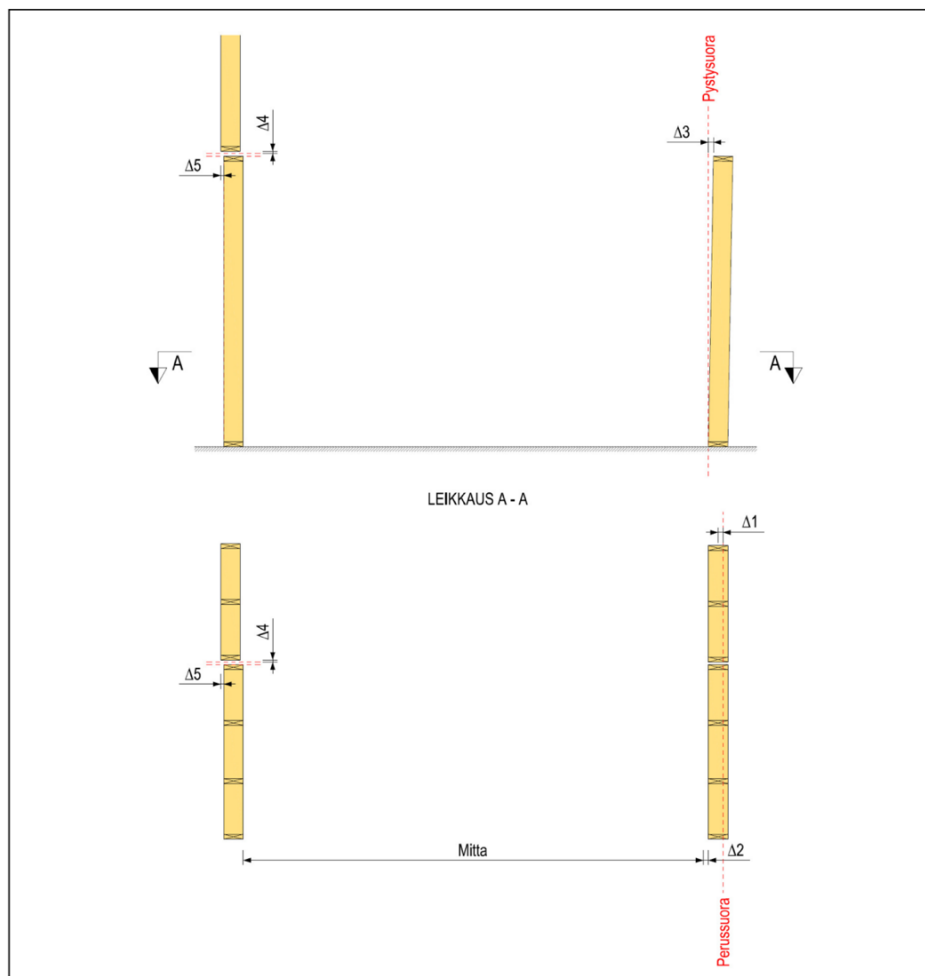
Taulukko 18.



Kuva 78. Palkkien asennustarkkuuksien selitykset.

Ulottuvuus	Valmistusluokka 3	Valmistusluokka 2	Valmistusluokka 1	Δ
Sivusijainti perussuorasta	$\pm 5 \text{ mm}$	$\pm 8 \text{ mm}$	$\pm 12 \text{ mm}$	1
Vapaa väli (vastakkaiset seinät)	$\pm 5 \text{ mm}$	$\pm 8 \text{ mm}$	$\pm 12 \text{ mm}$	2
Seinän poikkeama pysty- suorasta • korkeus enintään 3 m • korkeus yli 3 m	$\pm 3 \text{ mm}$ $\pm 4 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$ $\pm 8 \text{ mm}$	$\pm 8 \text{ mm}$ $\pm 12 \text{ mm}$	3
Sauman leveys, poik- keama nimellimitasta	$\pm 3 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$	$\pm 8 \text{ mm}$	4
Elementisauman ham- mastus	3 mm	5 mm	8 mm	5

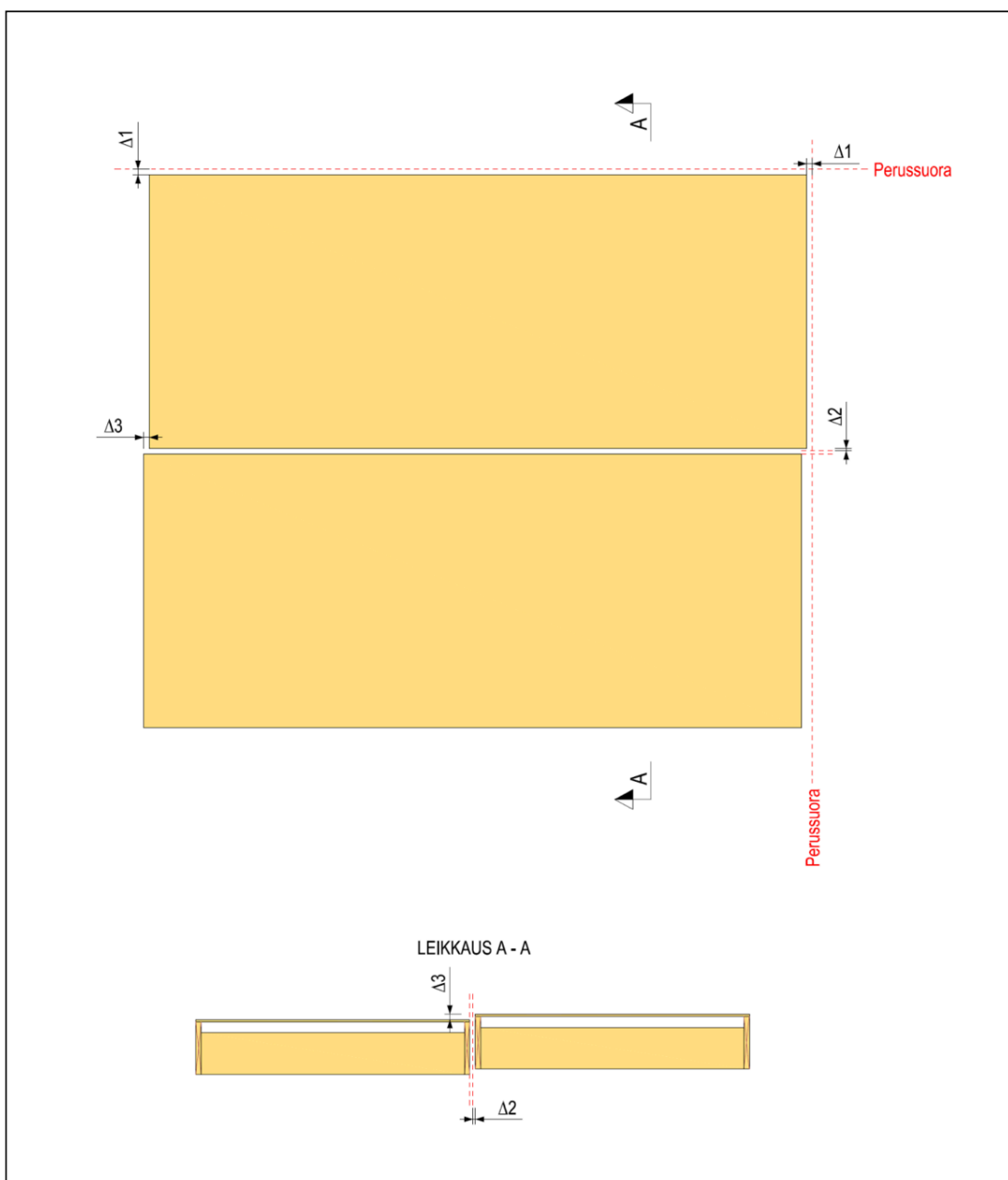
Taulukko 19. Seinäelementtien asennustarkkuudet.



Kuva 79. Seinäelementtien asennustarkkuuksien selitykset.

Ulottuvuus	Valmistusluokka 3	Valmistusluokka 2	Valmistusluokka 1	△
Sivusijainti perussuorasta	$\pm 5 \text{ mm}$	$\pm 8 \text{ mm}$	$\pm 12 \text{ mm}$	1
Sauman leveys, poikkeama nimellimitasta	$\pm 3 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$	$\pm 8 \text{ mm}$	2
Elementtisauman hammas	3 mm	5 mm	8 mm	3

Taulukko 20. Yläpohjaelementtien asennustarkkuudet.



Kuva 80. Yläpohjaelementtien asennustarkkuuksien selitykset.

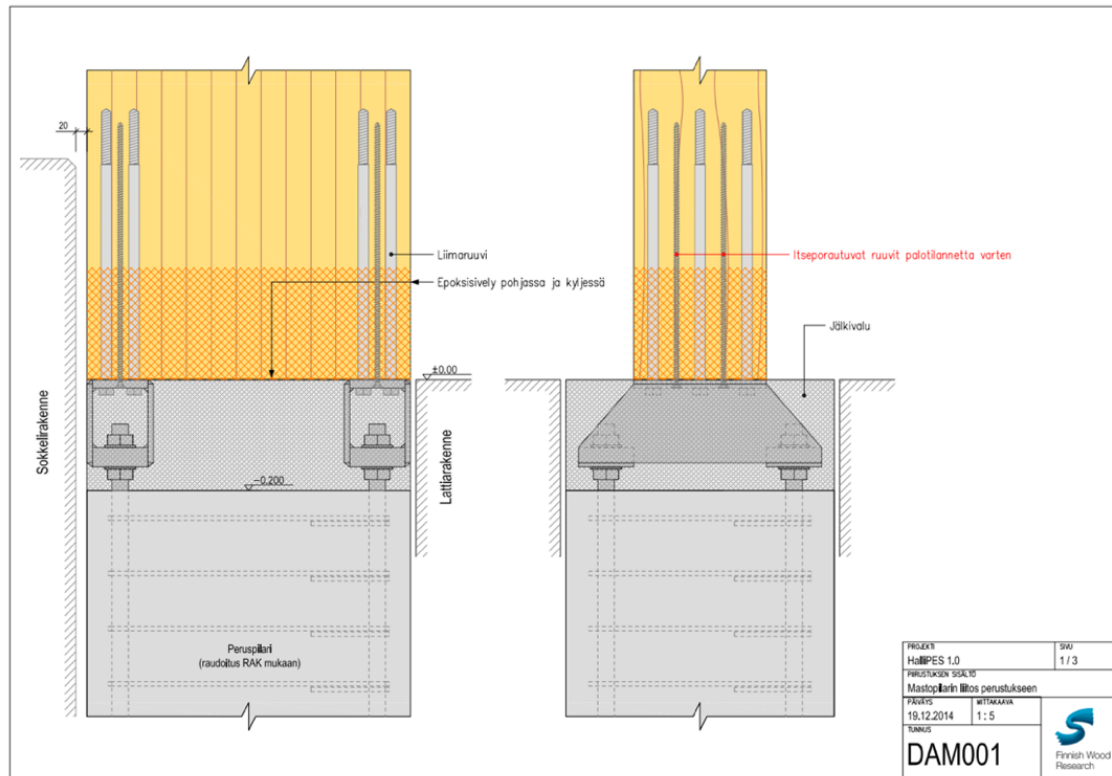
Ulottuvuus	Valmistusluokka 3	Valmistusluokka 2	Valmistusluokka 1
Sivusijainti koko asennusalustan pituudella	$\pm 3 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$	$\pm 8 \text{ mm}$
Korkeusasema koko asennusalustan pituudella	$\pm 3 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$	$\pm 8 \text{ mm}$
Pulttiryhmän sijainti keskilinjan suhteen	$\pm 5 \text{ mm}$	$\pm 10 \text{ mm}$	$\pm 10 \text{ mm}$
Pulttien keskinäinen etäisyys pulttiryhmässä	$\pm 3 \text{ mm}$	$\pm 3 \text{ mm}$	$\pm 3 \text{ mm}$
Pultin korkeusasema	$\pm 20 \text{ mm}$	$\pm 20 \text{ mm}$	$\pm 20 \text{ mm}$
Pultin kallistus pystytasosta (L=pultin näkyvä pituus)	L / 100	L / 100	L / 100
Muut kiinnikkeet, sivusijainti (teräslevyt, tangot yms.)	$\pm 3 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$	$\pm 8 \text{ mm}$

Taulukko 21. Asennusalustan ja asennusalustassa olevien kiinnitteiden asennustarkkuudet.

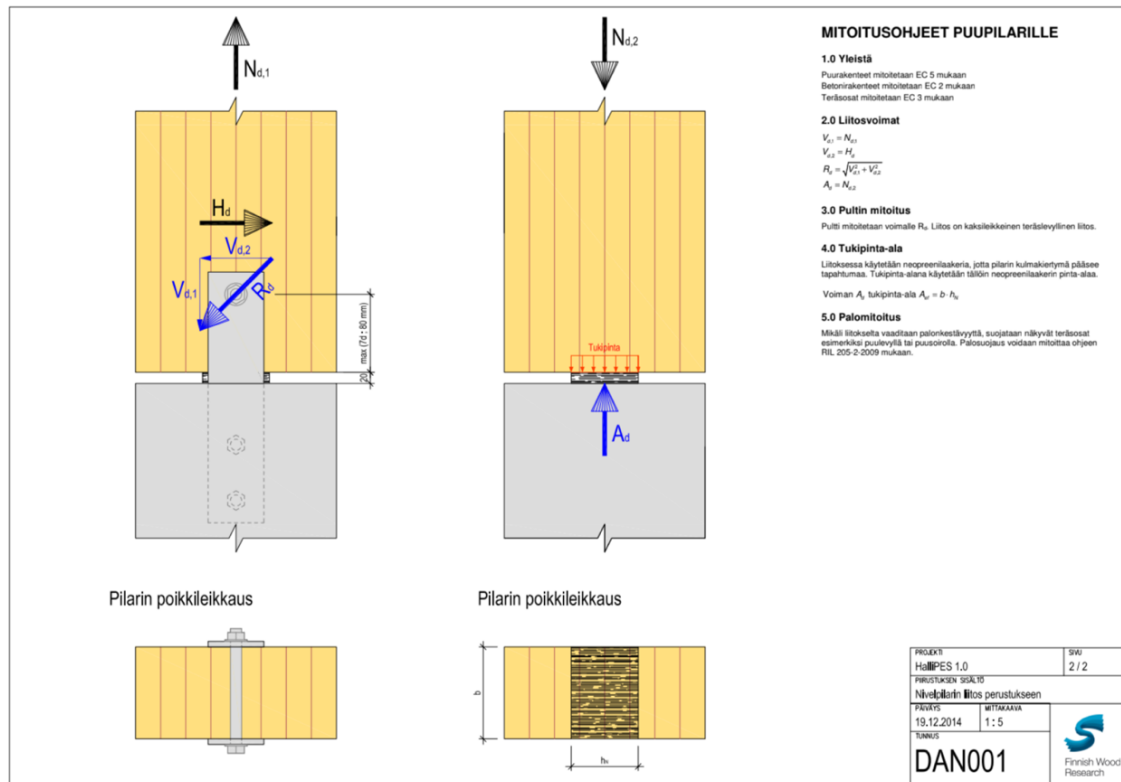
10 Voimaliitokset

Johdanto

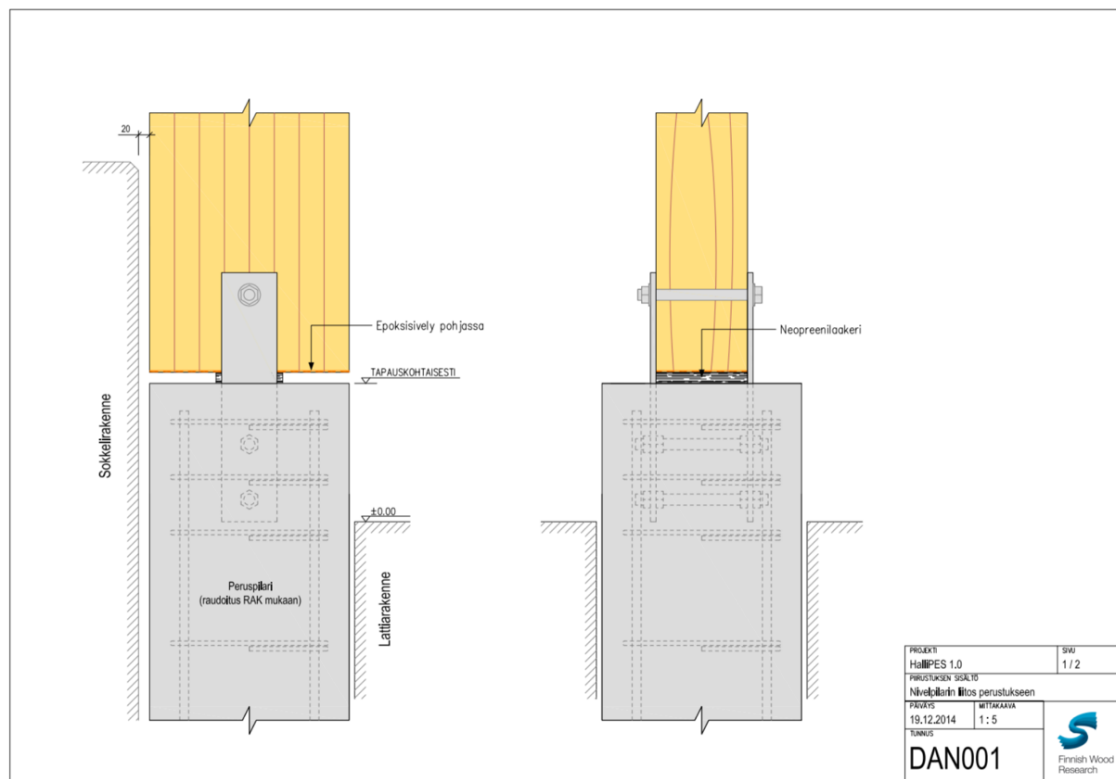
Tässä luvussa esitetään primäärirungon voimaliitoksia ja niiden mitoitusohjeita. Voimaliitokset mitoitetaan tapauskohtaisesti määräävän kuormitusyhdistelmän aiheuttamille liitosvoivoimille. Teräsosien korroosiosuojaus määritetään aina tapauskohtaisesti rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisesti.



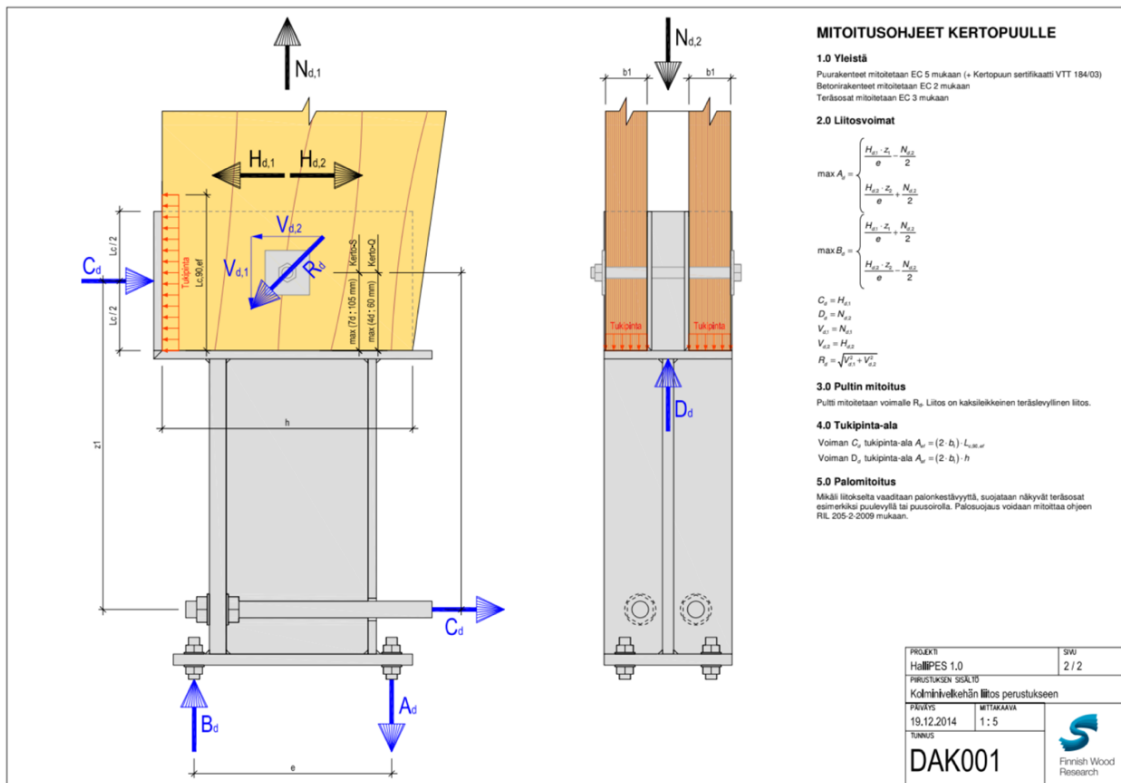
Kuva 81.



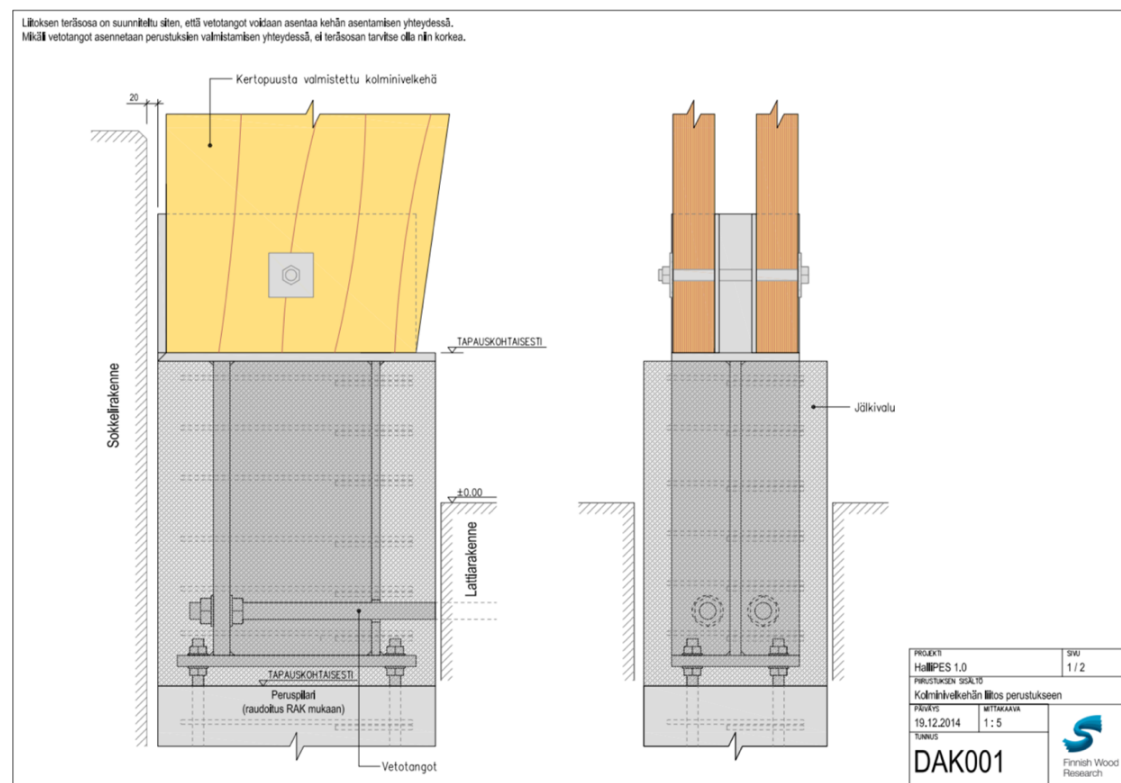
Kuva 84.



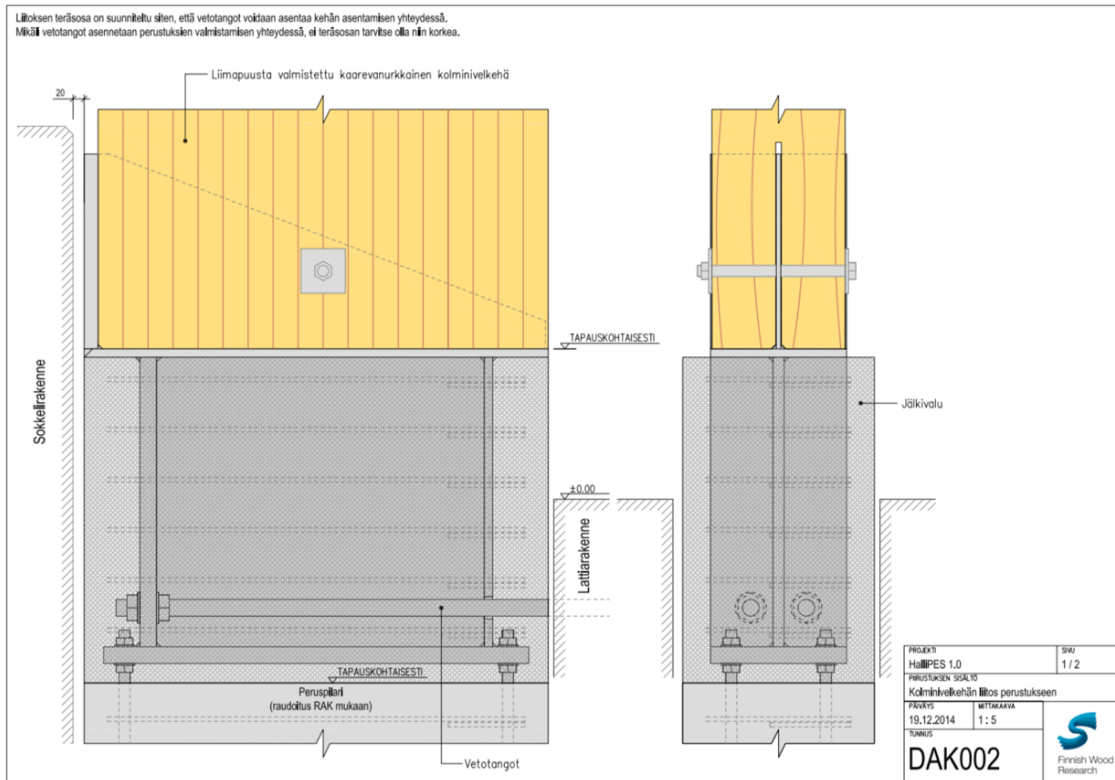
Kuva 85.



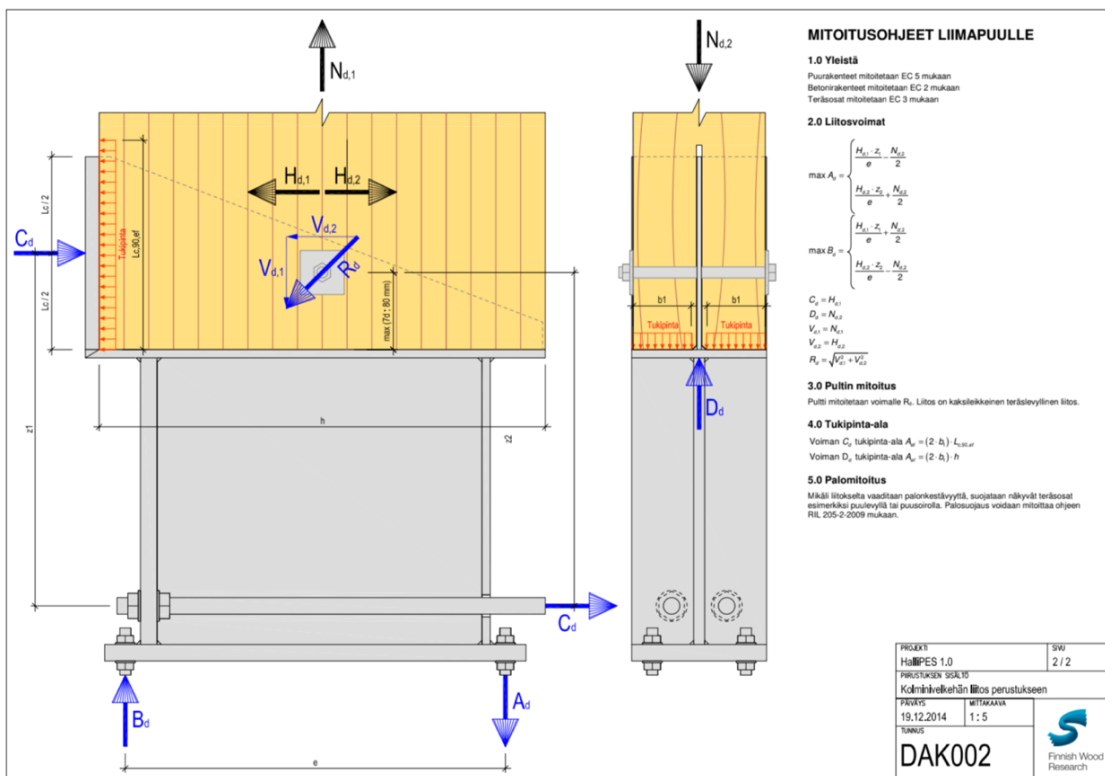
Kuva 86.

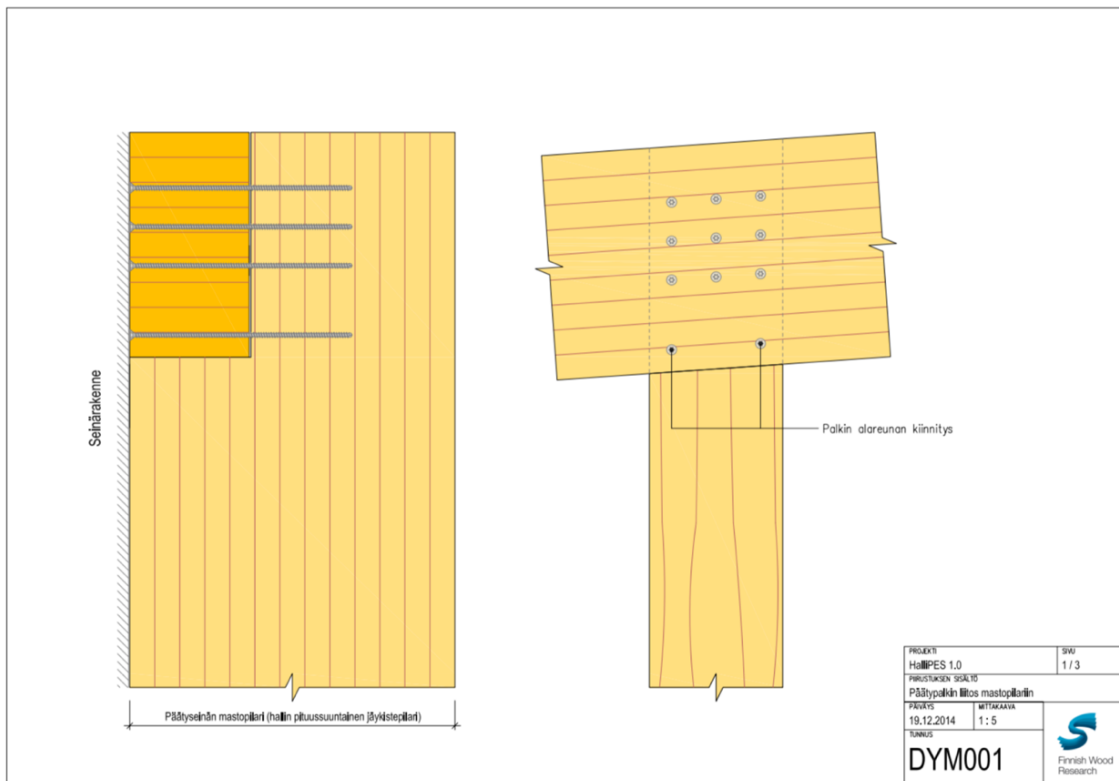


Kuva 87.

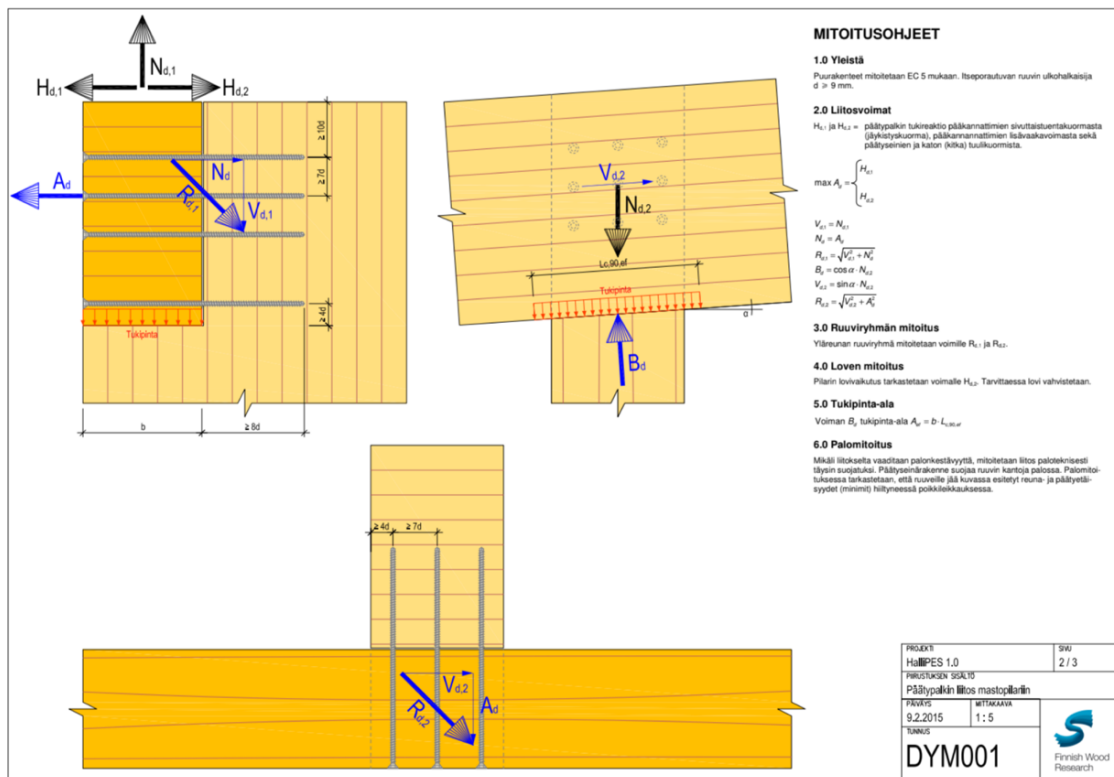


Kuva 88.

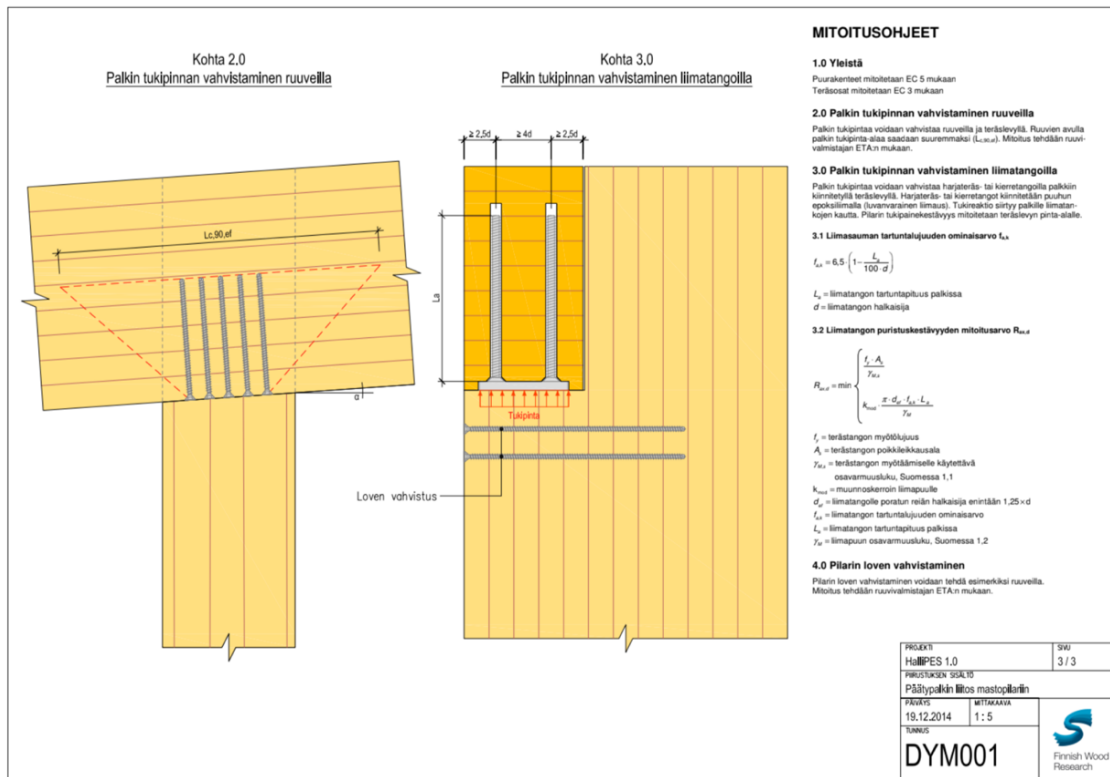




Kuva 90.



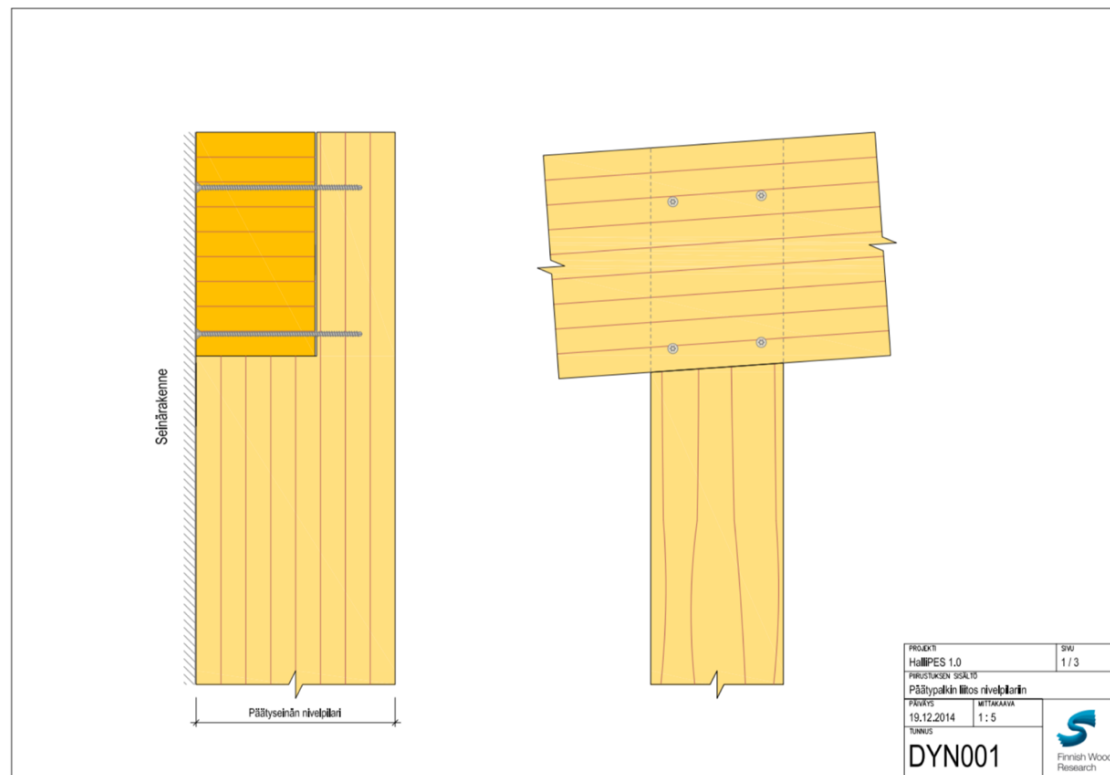
Kuva 91.



PROJEKTI	SW
HuipES 1.0	3 / 3
PROJEKTIKOKO	
Päätypalkin liitos mastopilarin	
Päivä	MITTAKAAVA
19.12.2014	1 : 5
TUNNUS	
DYM001	



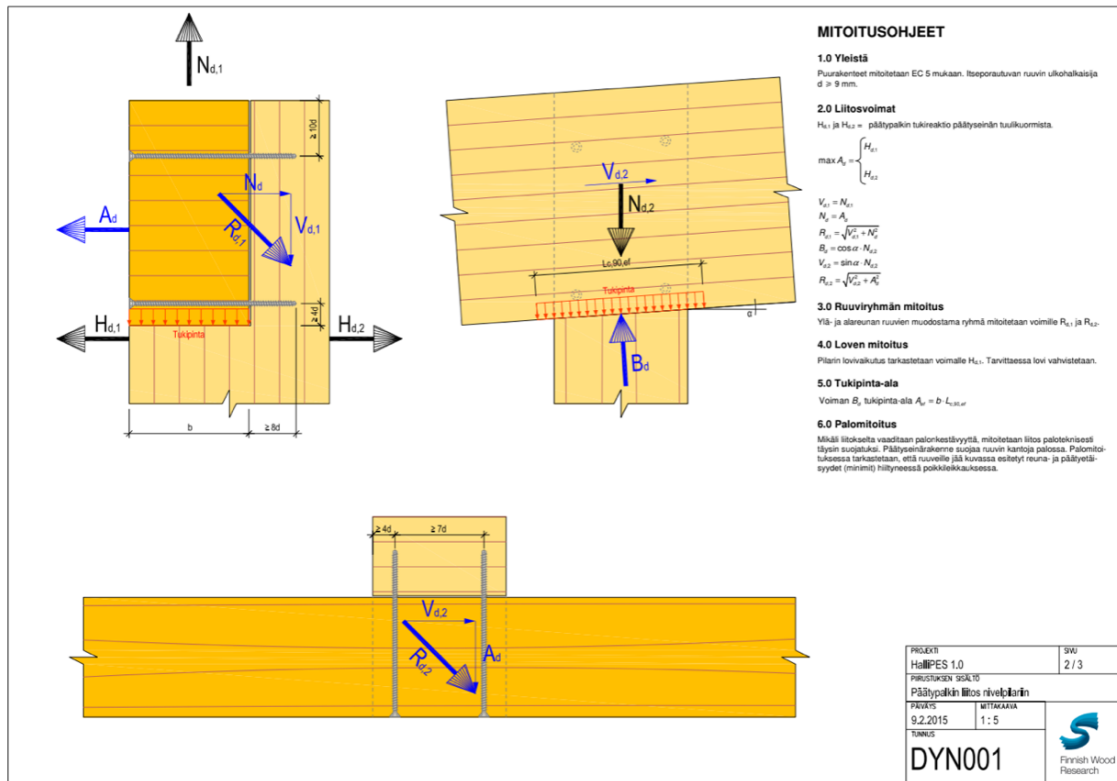
Kuva 92.



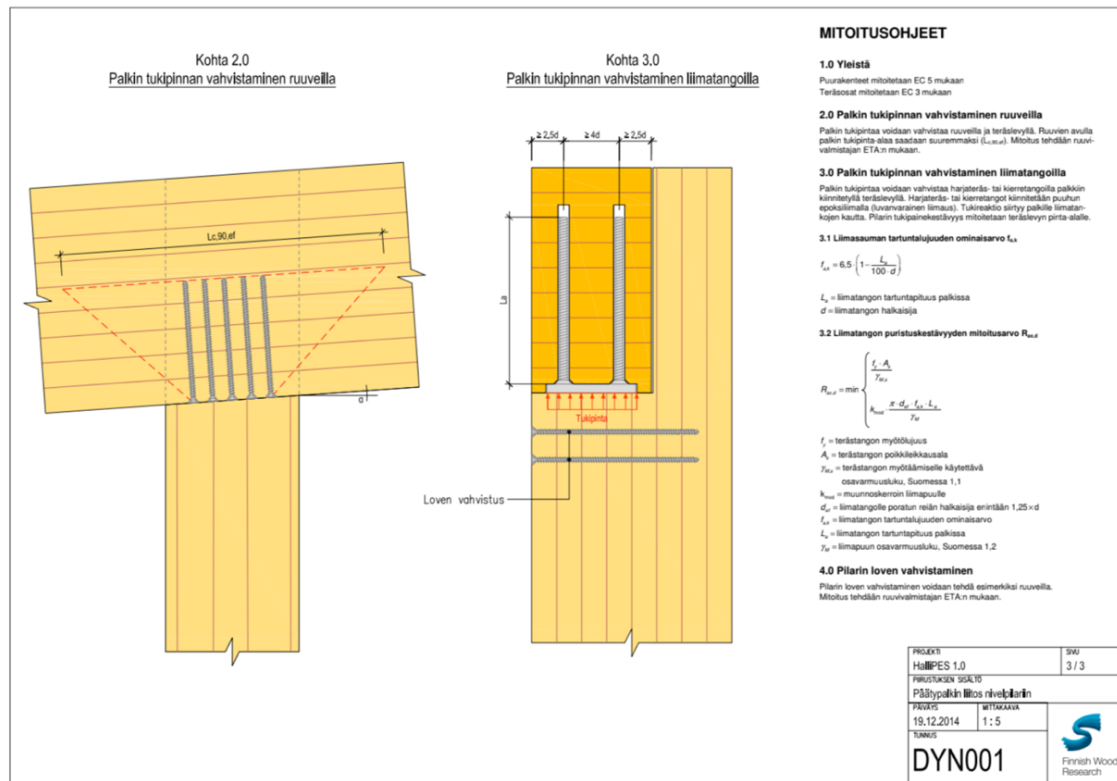
PROJEKTI	SW
HuipES 1.0	1 / 3
PROJEKTIKOKO	
Päätypalkin liitos riivokkariin	
Päivä	MITTAKAAVA
19.12.2014	1 : 5
TUNNUS	
DYM001	



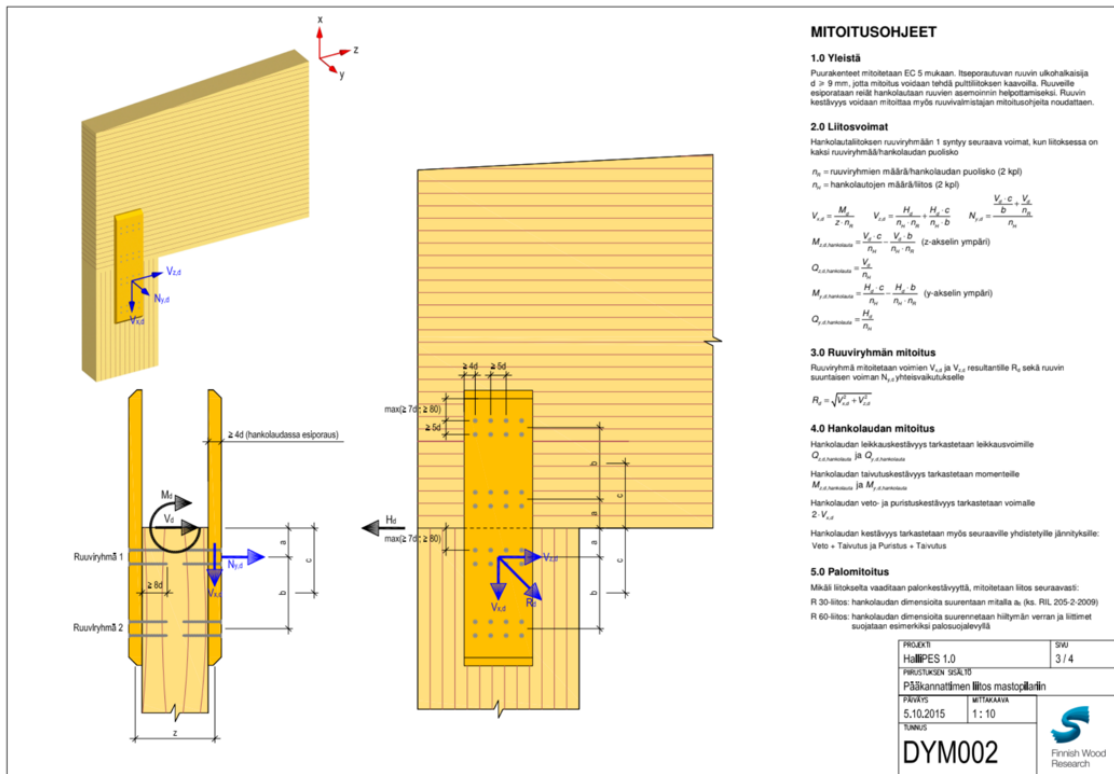
Kuva 93.



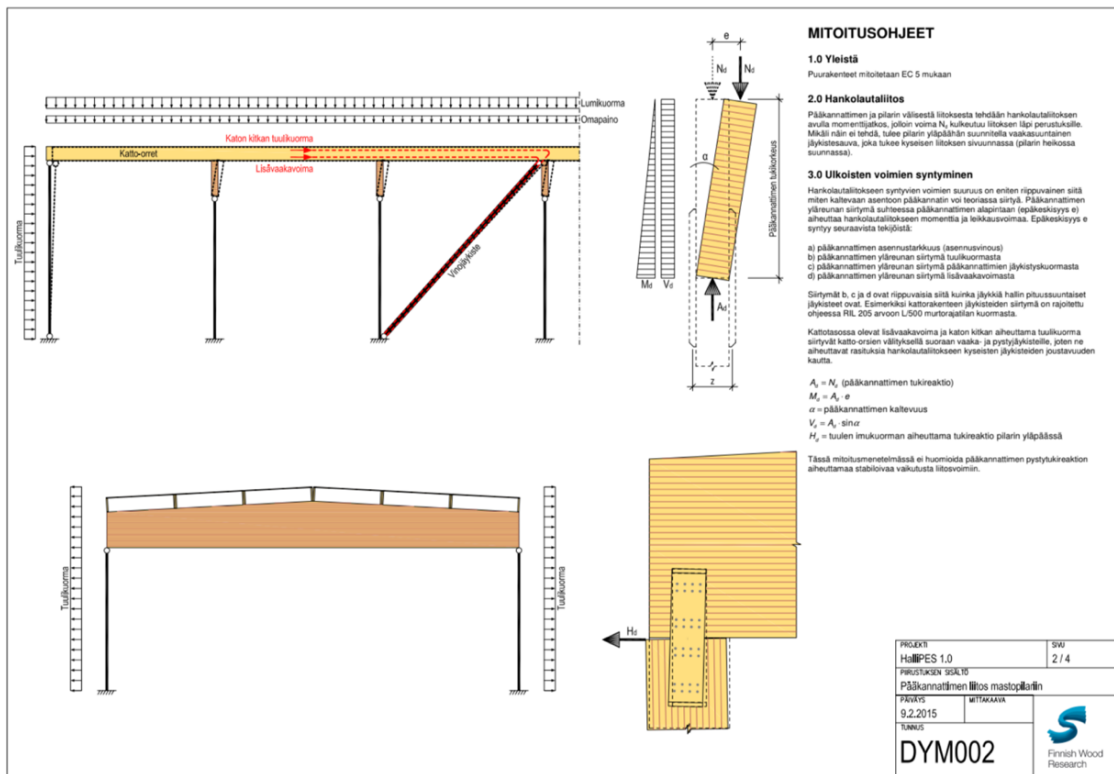
Kuva 94.



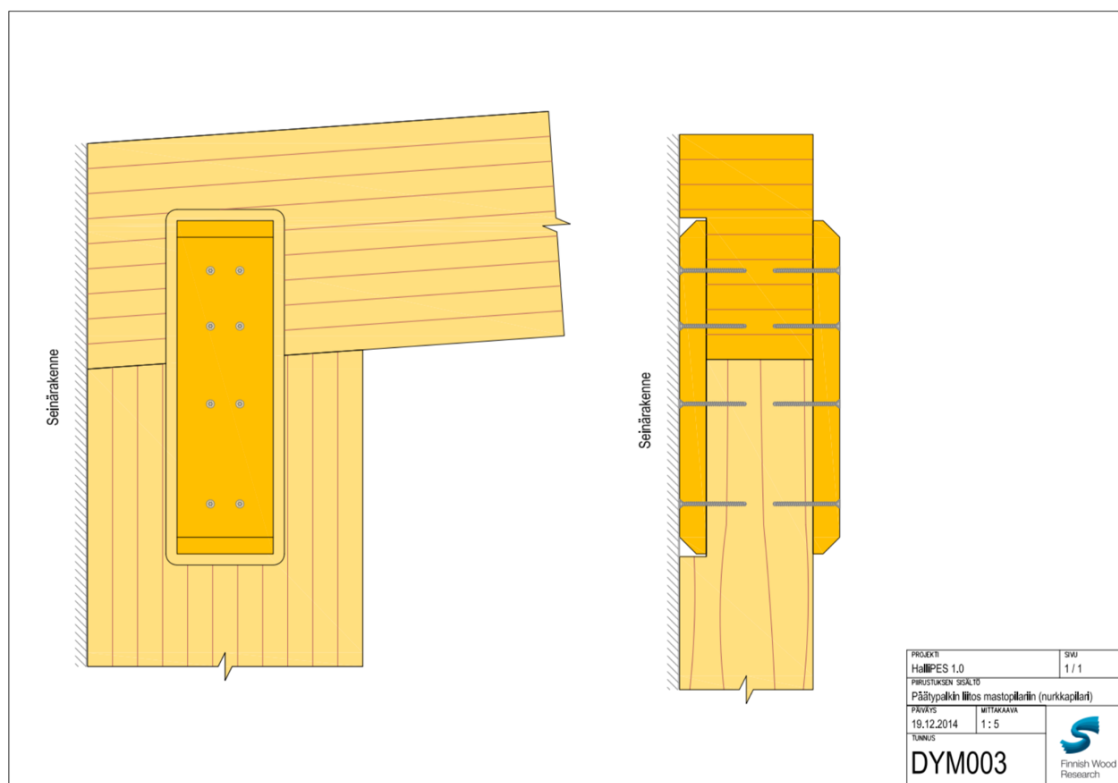
Kuva 95.



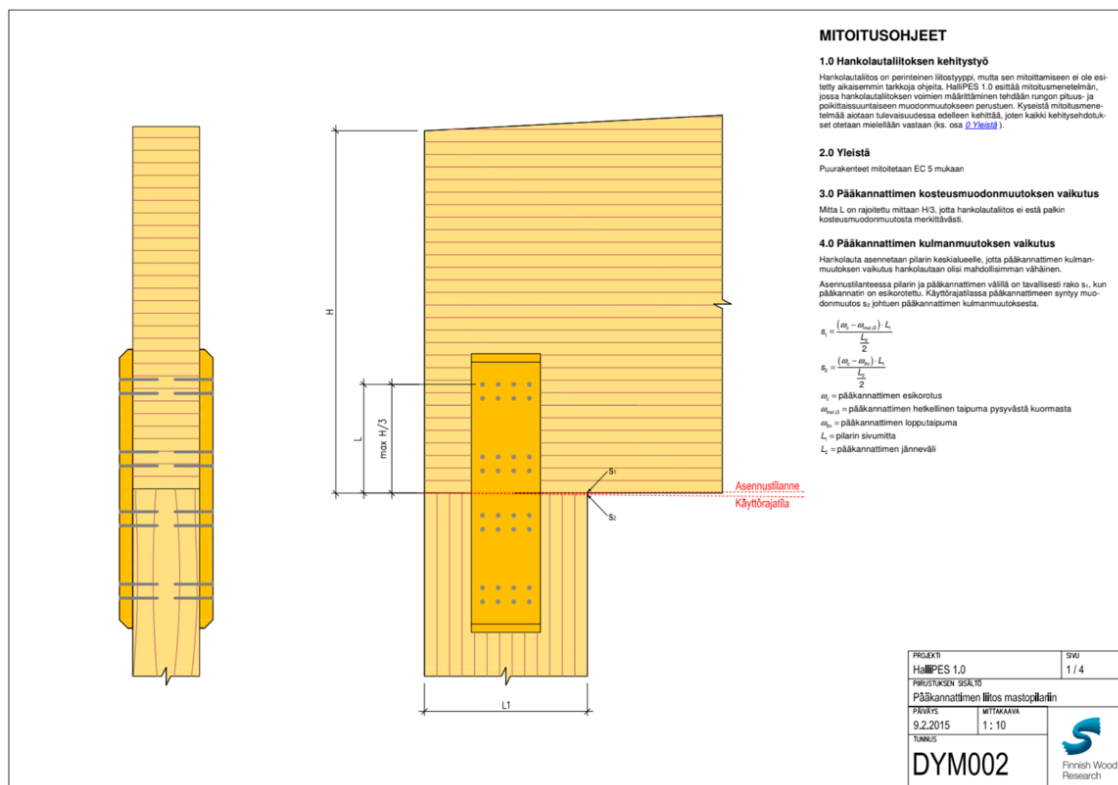
Kuva 96.



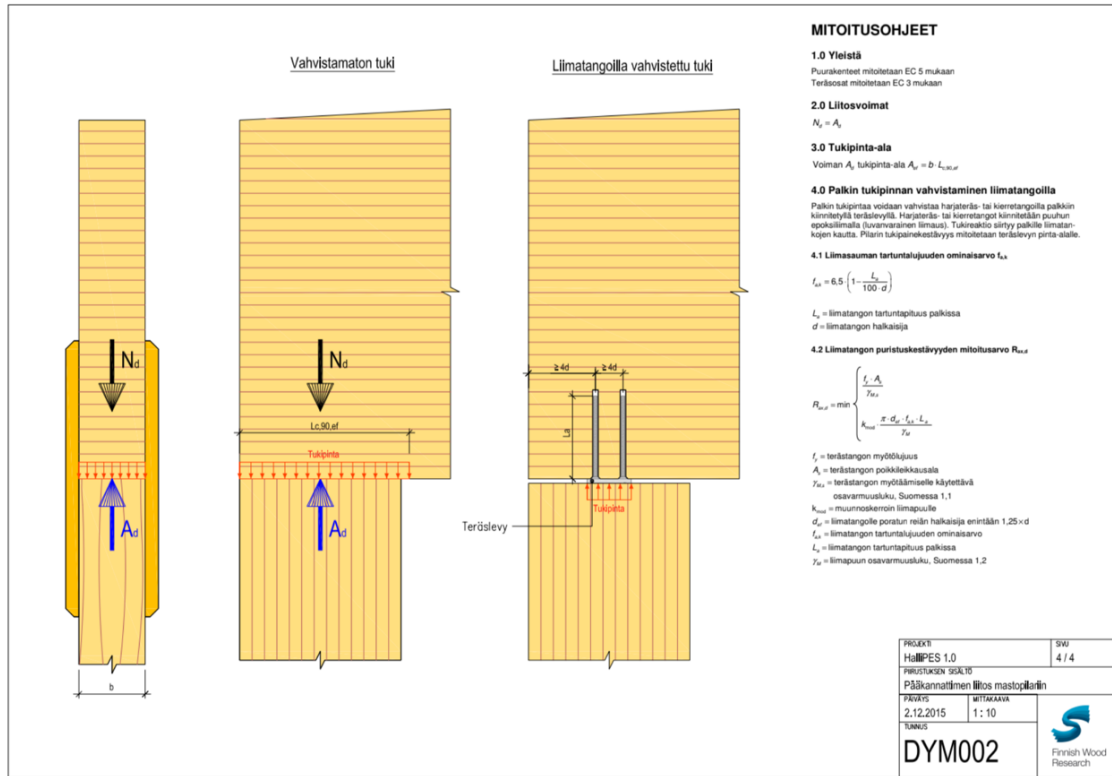
Kuva 97.



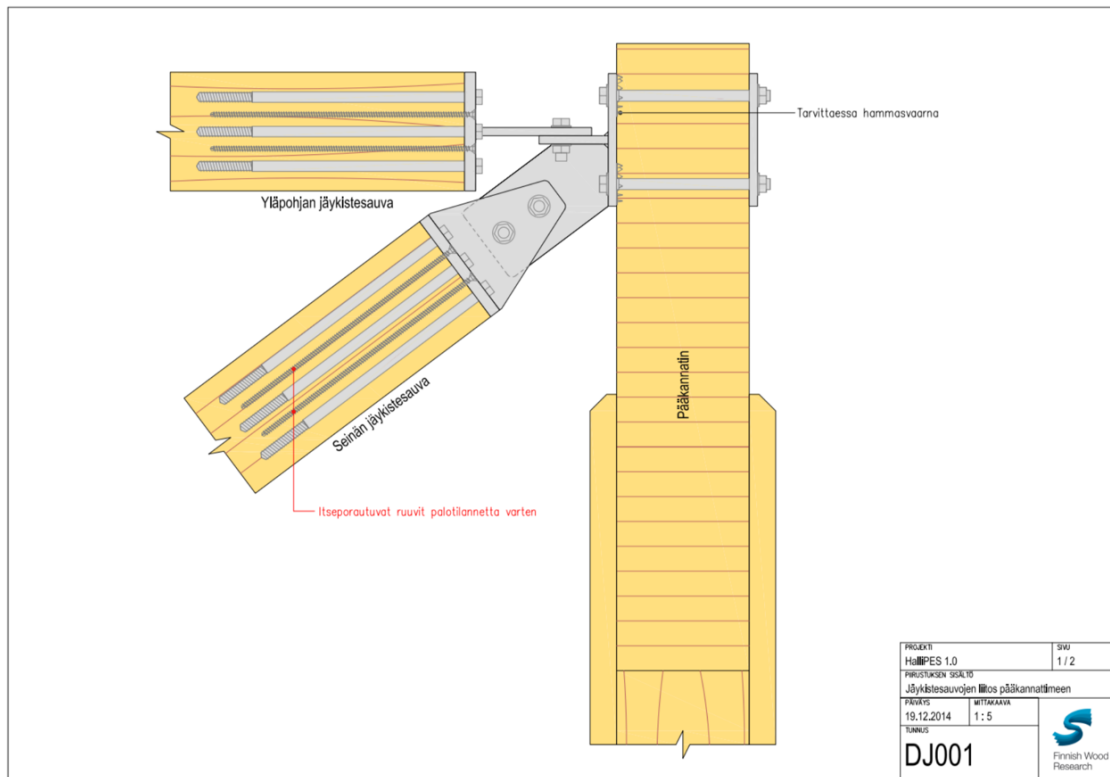
Kuva 98.



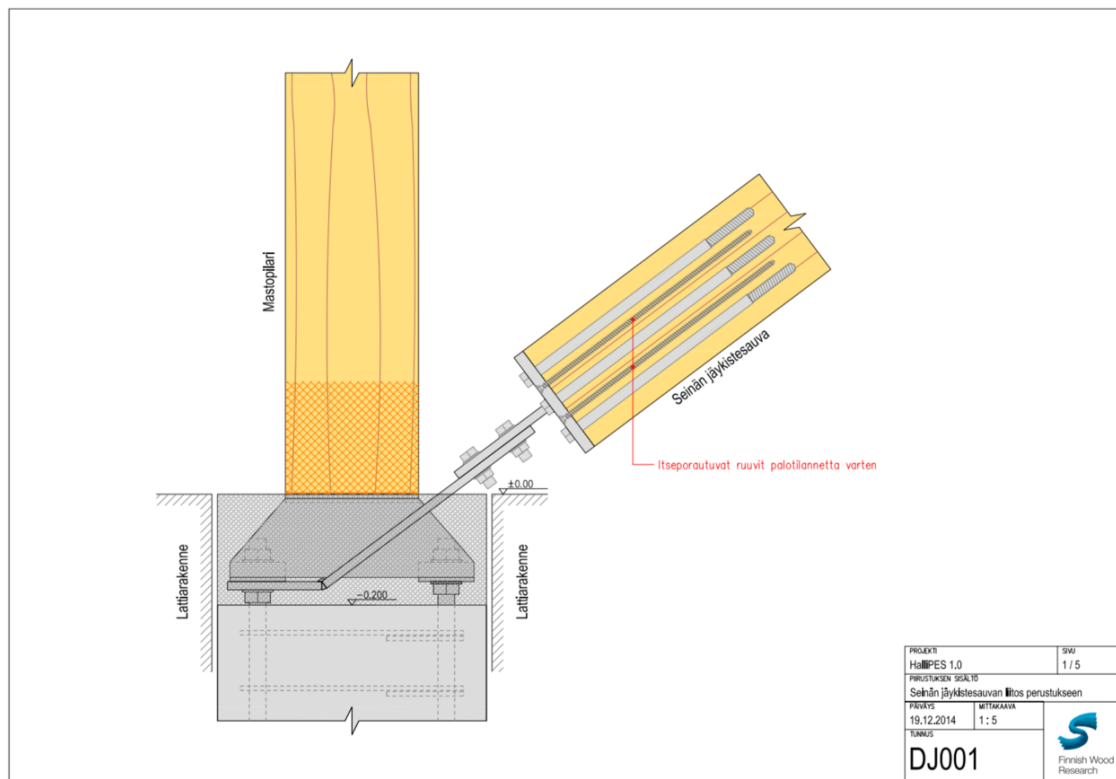
Kuva 99.



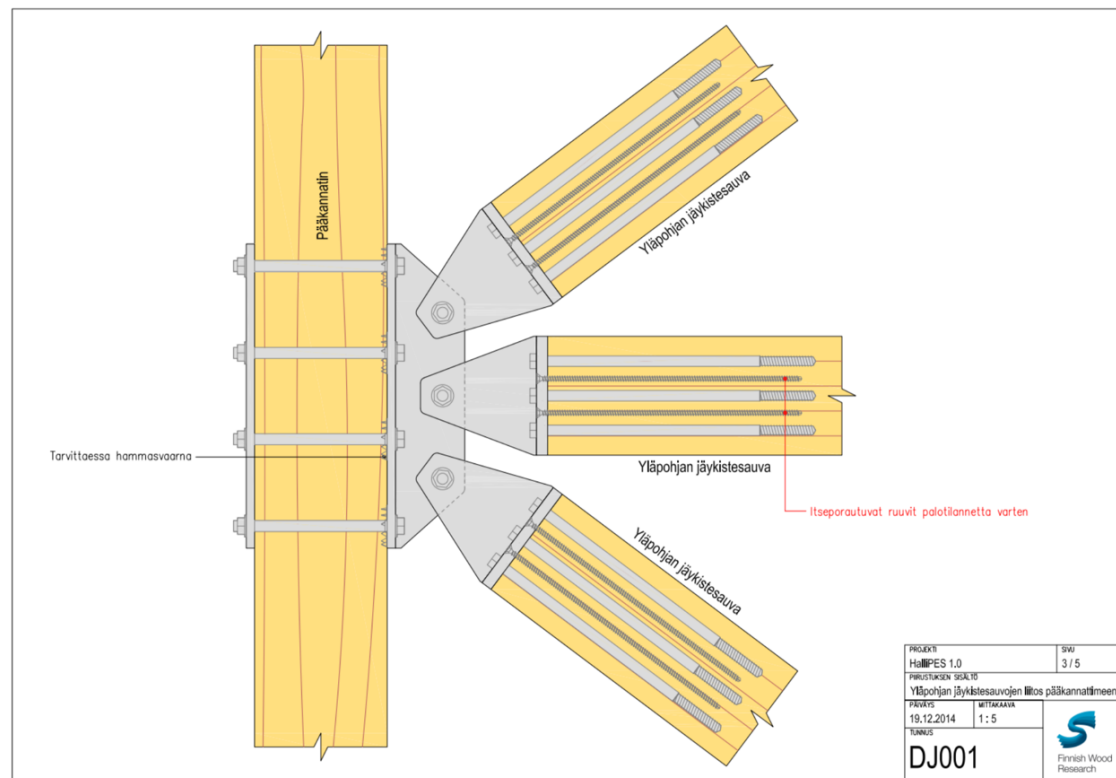
Kuva 100.



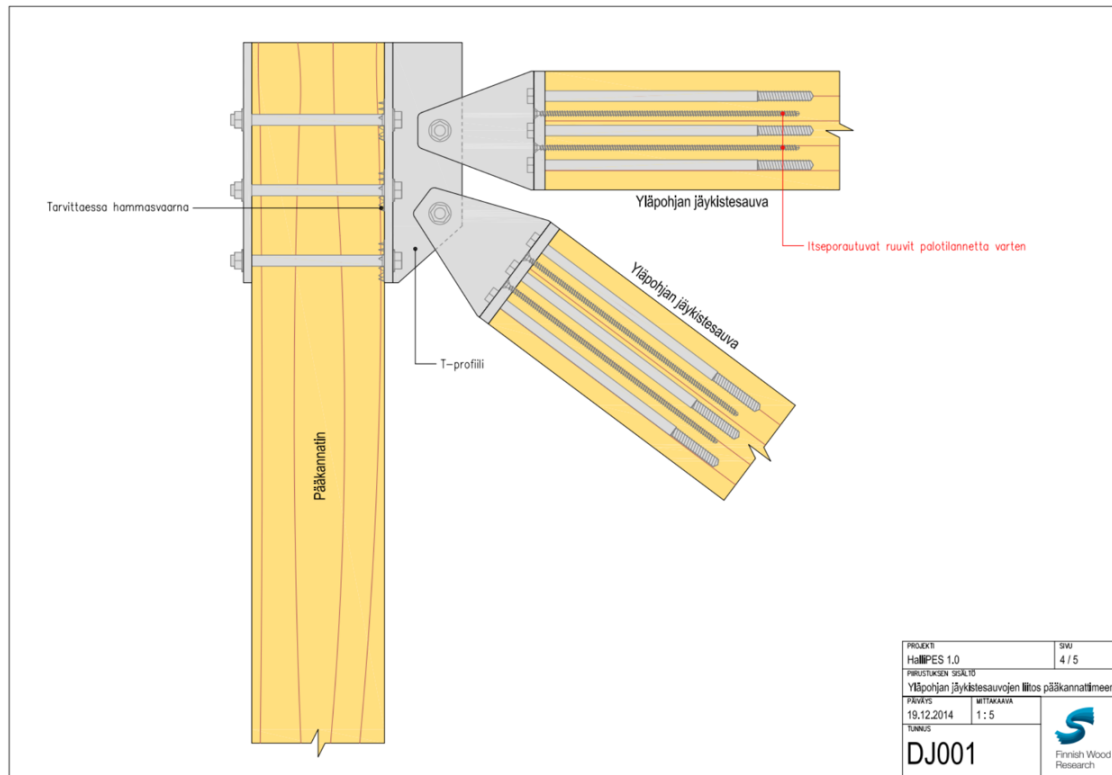
Kuva 101.



Kuva 102.



Kuva 103.



Kuva 104.

Sauvan poikkileikkaus

MITOITUSOHJEET LIIMAPUULLE

Mitoitusohje perustuu lausuntoon VTT-S-05701-14

1.0 Yleistä

Tämä ohje koskee epoksi- tai polyuretaanimalla liimapuun syiden suuntaisesti liimattuja kahinsuiveja, jotka ovat kirkkautaan 100...150 mm:n paksuudella kermistettyjä. Liimapuun on kuivattava täysin ja sen laajuuskuikka on vähintään GL30c. Lujusuuksien 5.8 ruuvien yhteydessä käytetään aina apolistausta.

- Ei koske liimavälitöksen palonkestävyyden mitoituksia
- Ei koske liitosta, jossa on vaikutusta pitkäaikaisesti yli 60 °C lämpötila
- Ei koske liitosta, jossa vaikuttaa dynaamisesti vaihteleva kuormitus

Ruuvien sileän osan syydytelle saakka porataan 20 mm:n reikä. Tämän jälkeen em. reikän poraaminen porataan 16 mm:n reikä niin, että reikän kokonaispituus vastaa ruuvien tartuntapituutta L_T .

- Liimapuun lujusuuksia: S235JRQ2 (EN10025) tai S.8 (ISO EN 880-1)
- Liimapuun sileän osan halkaisija: 19 mm
- Liimapuun tartuntapituus liimapaissa: $L_T = 400...490$ mm
- Käyttöluokka: 1 tai 2

Puunrakenteet mitoitetaan EC 5 mukaan
Betonirakenteet mitoitetaan EC 2 mukaan
Teräsoolet mitoitetaan EC 3 mukaan

2.0 Liitosvoimat

N_d = saavassa oleva puristus- tai vetovoima

3.0 Liimapuun normaaliavoimakestävyyden mitoitusarvo $R_{m,d}$

$$R_{m,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{R_{m,k}}{\gamma_{m1}} \\ \frac{R_{m,k}}{\gamma_{m2}} \end{array} \right.$$

$R_{m,k}$ = ruuvien myötökkestävyyden ominaisarvo
 $R_{m,k} = 62$ kN, kun ruuvien lujusuuksia S235
 $R_{m,k} = 101$ kN, kun ruuvien lujusuuksia S.8
 γ_{m1} = ruuvien myötökkestävyyden käyttökäytävä osavarmuusluku, Suomessa 1,1
 $R_{m,k}$ = muunnoskerroin liimapuulle
 γ_{m2} = liimapuun osavarmuusluku, Suomessa 1,2
 $R_{m,k}$ = ruuvien tartuntakestävyyden ominaisarvo
 $R_{m,k} = \left(\frac{A_{d1}}{250} \right) 72$ kN, kun ruuvien lujusuuksia S235 (käyttöluokka 1)
 $R_{m,k} = \left(\frac{A_{d1}}{250} \right) 84$ kN, kun ruuvien lujusuuksia S.8 (käyttöluokka 1)
 $R_{m,k}$ = karmittujen luvulla 0,8 käyttöluokassa 2

4.0 Liimapuun vetokestävyyden mitoitusarvo $R_{t,d}$

$R_{t,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{R_{t,k}}{\gamma_{m1}} \\ \frac{R_{t,k}}{\gamma_{m2}} \end{array} \right.$

$R_{t,k}$ = liimapuun vetokestävyyden ominaisarvo
 $R_{t,k} = 101$ kN, kun liimapuun vetokestävyyden ominaisarvo on vähintään 50 mm:n etäisyydellä ruuvien reikä-kaistasta, A_{d1} -pinta-ala vähennetään 16 mm:n porareikää vastaava pinta-ala 200 mm². Vierekkäisten liimapuun A_{d1} -pinta-ala ei vähennetä.
 $R_{t,k}$ = liimapuun vetokestävyyden ominaisarvo

5.0 Puristuskestävyyden mitoitusarvo $R_{c,d}$

Saavassa oleva puristusvoima vastaanotetaan teräsvyön muodostamalla tukipinnalla.

6.0 Palonmitoitus

Mikäli liitoksella vaaditaan palonkestävyyttä, mitoitetaan liitos syysuuntaan asennettujen kepporuuvien ruuvien varaan. **Huomio!** Ruuvit asennetaan syysuuntaan, joten $\alpha = 0^\circ$. Ruuvien mitoitus tehdään ruuvien testatun tartuntapituuden mukaan. Testiooletus on, että ruuvien tartuntapituus on vähintään 40 mm.

YLEISET LIIMAPUUN KESKÖTÄSYYDET

$a_{b1} = 50$ mm, kun ruuvit on S235 ja **heteellinen** alukuikka on mitoitava
 $a_{b1} = 60$ mm muussa tapauksessa
 $a_{b1} = 65$ mm, kun ruuvit on S235 ja **heteellinen** alukuikka on mitoitava
 $a_{b1} = 75$ mm muussa tapauksessa

LIIMAPUUN PIENIMMÄT KESKÖTÄSYYDET

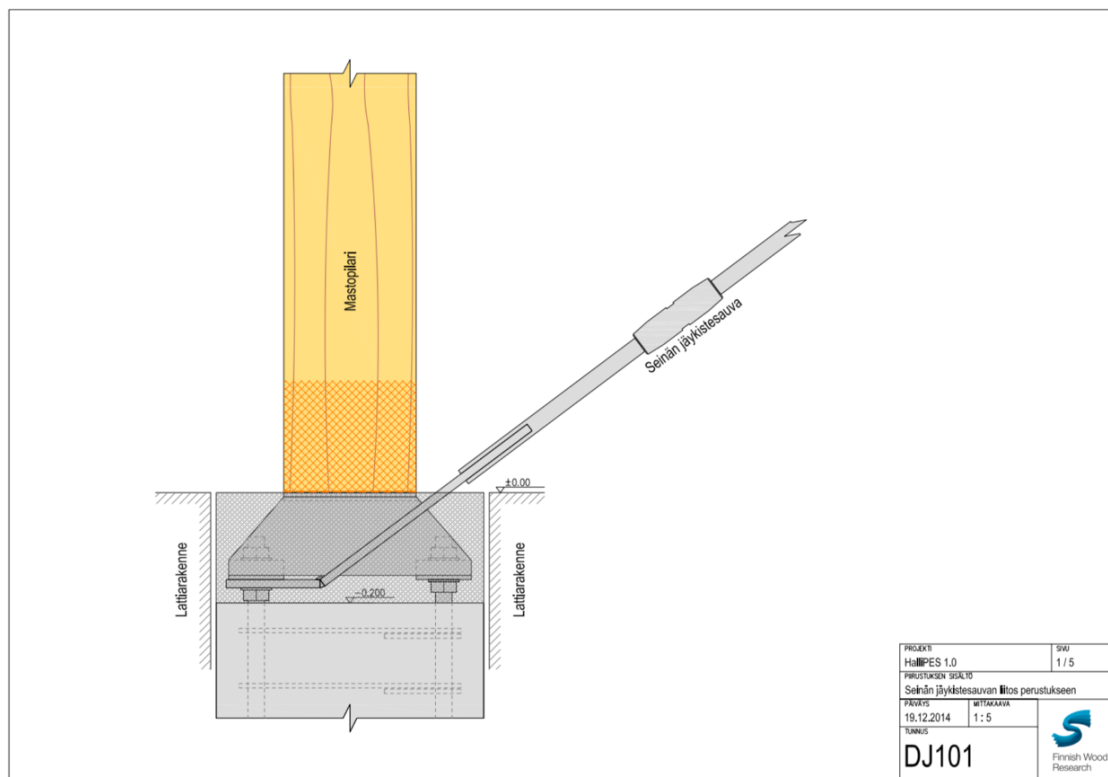
$a_{b1} = 40$ mm, kun liimapuun vetokestävyyden täyttämälä kohdan 4.0 ehdon
 $a_{b1} = 40$ mm, kun liimapuun vetokestävyyden täyttämälä kohdan 4.0 ehdon

LIIMAPUUN ASENNUSTARKUUKUDET

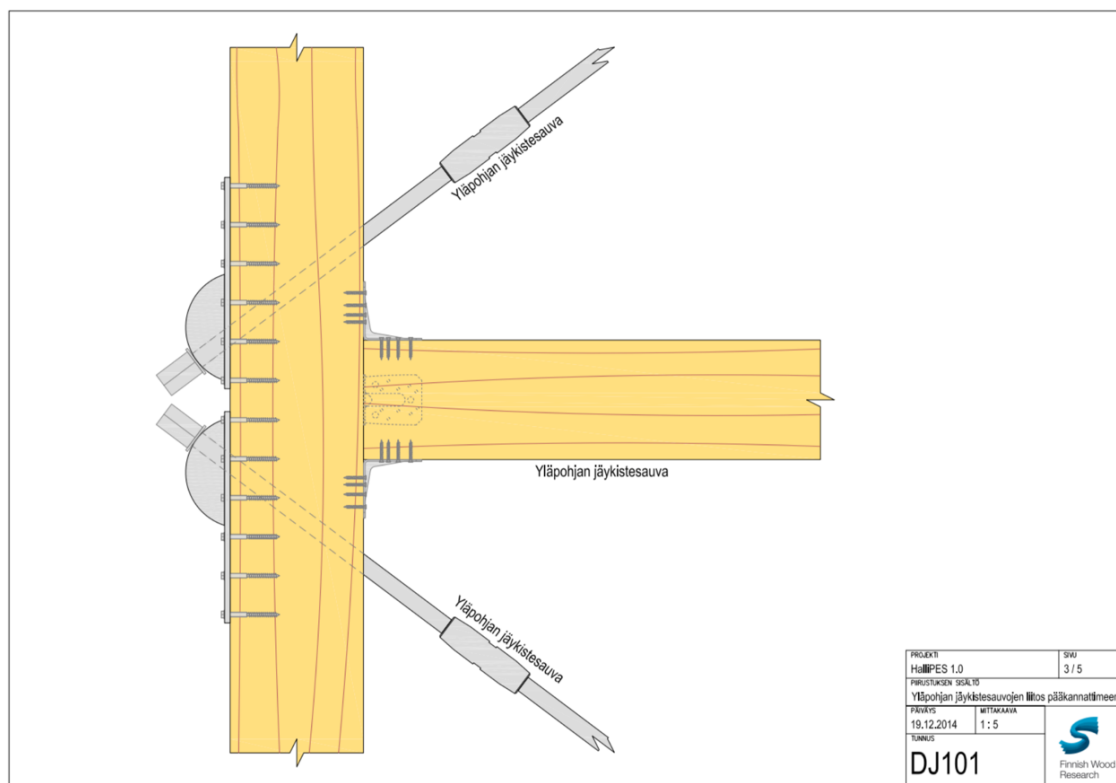
porareikän kohdistustarkkuus ± 2 mm
 porareikän viivous $L / 100$

PROJECT	SW
HuipES 1.0	4 / 5
PROJECT CODE	
Jäykistesaavojen liitos pääkannattimeen	
DATE	SCALE
19.12.2014	1:5
DRAWING	
DJ001	

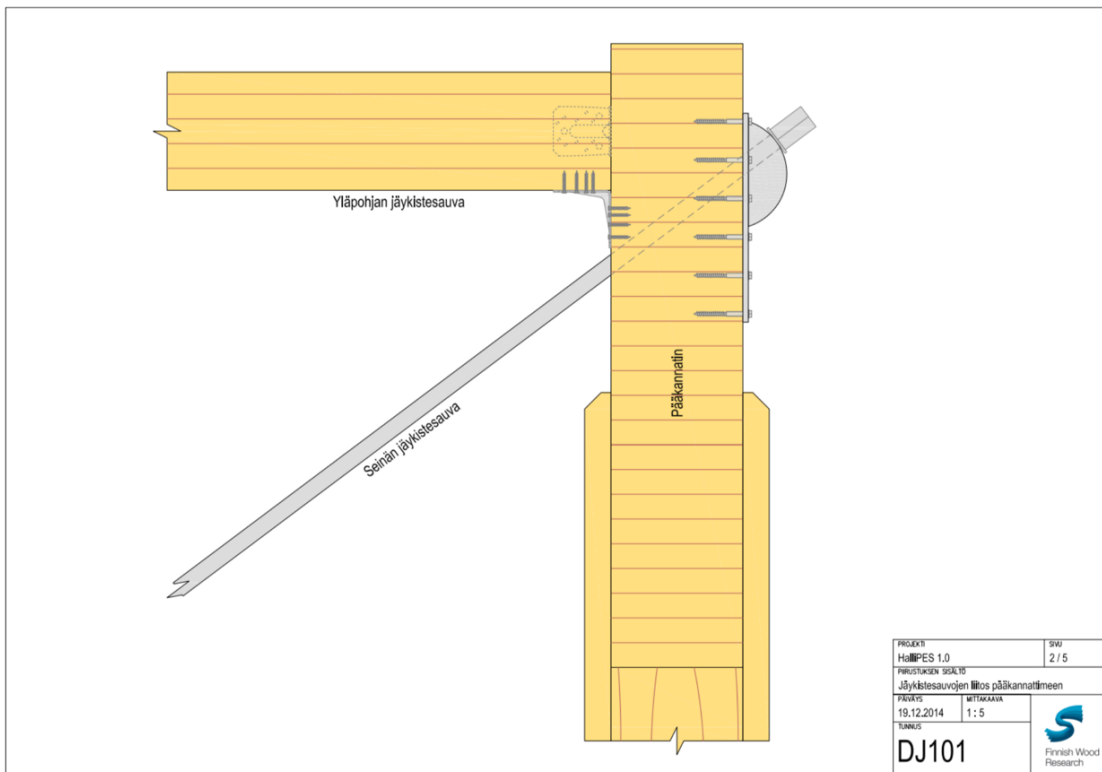
Kuva 105.



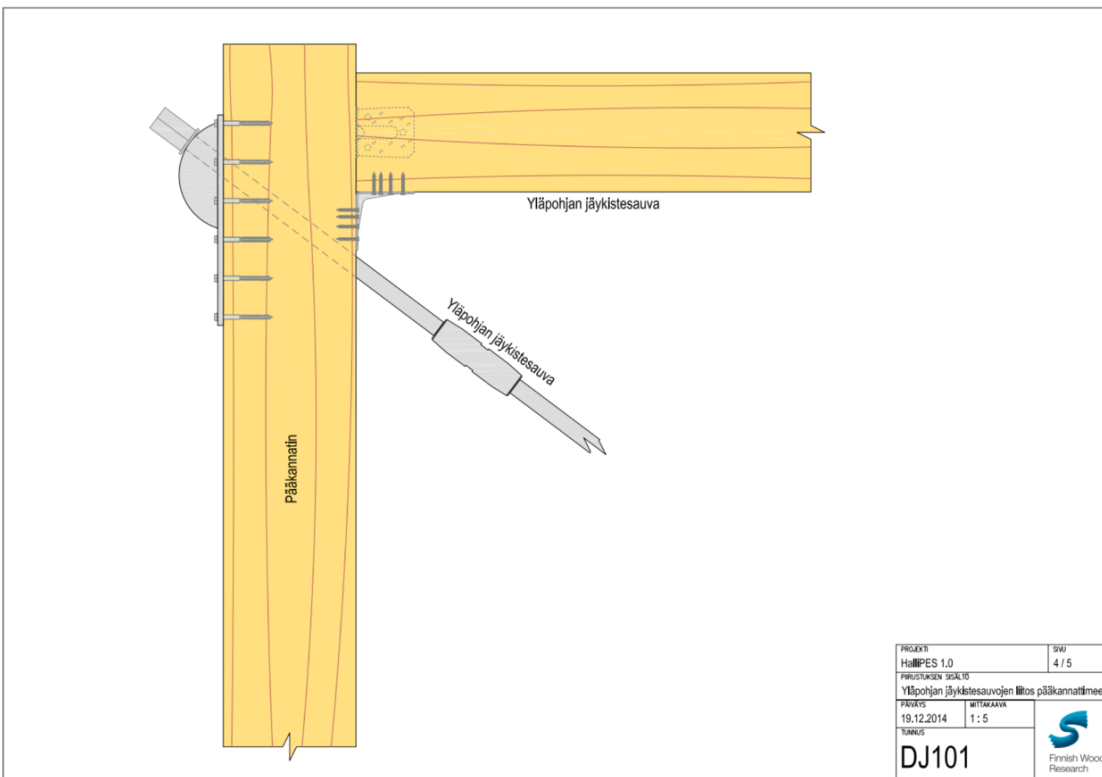
Kuva 106.



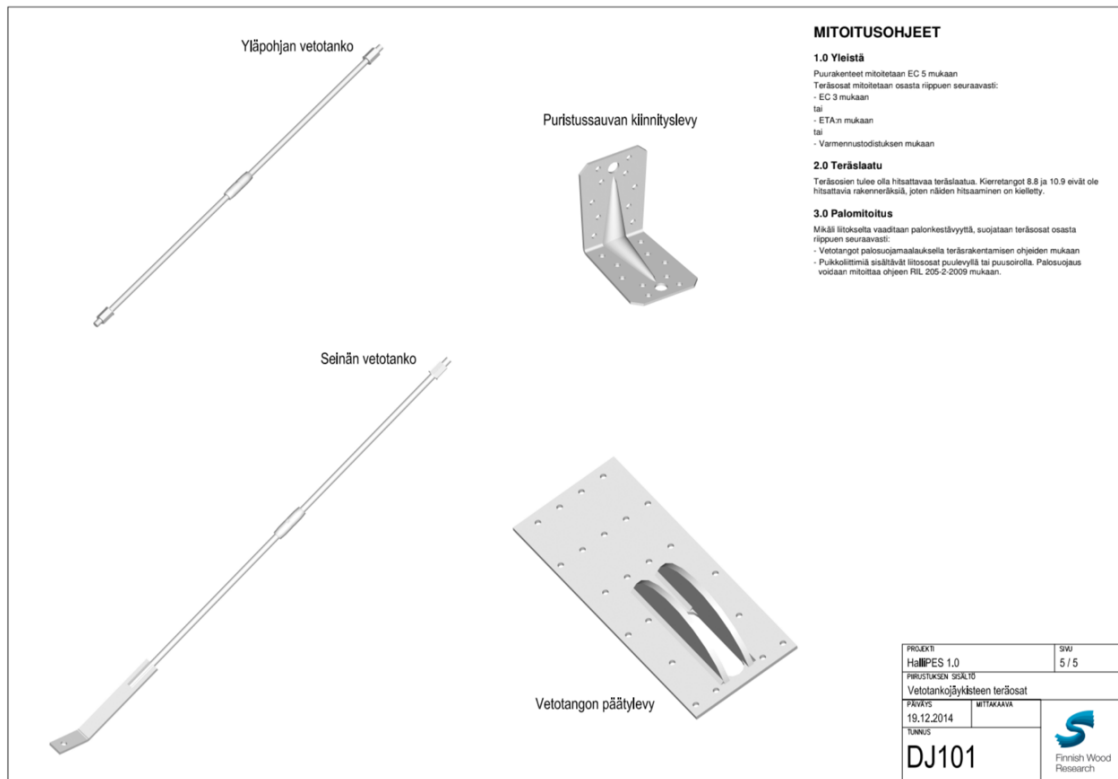
Kuva 107.



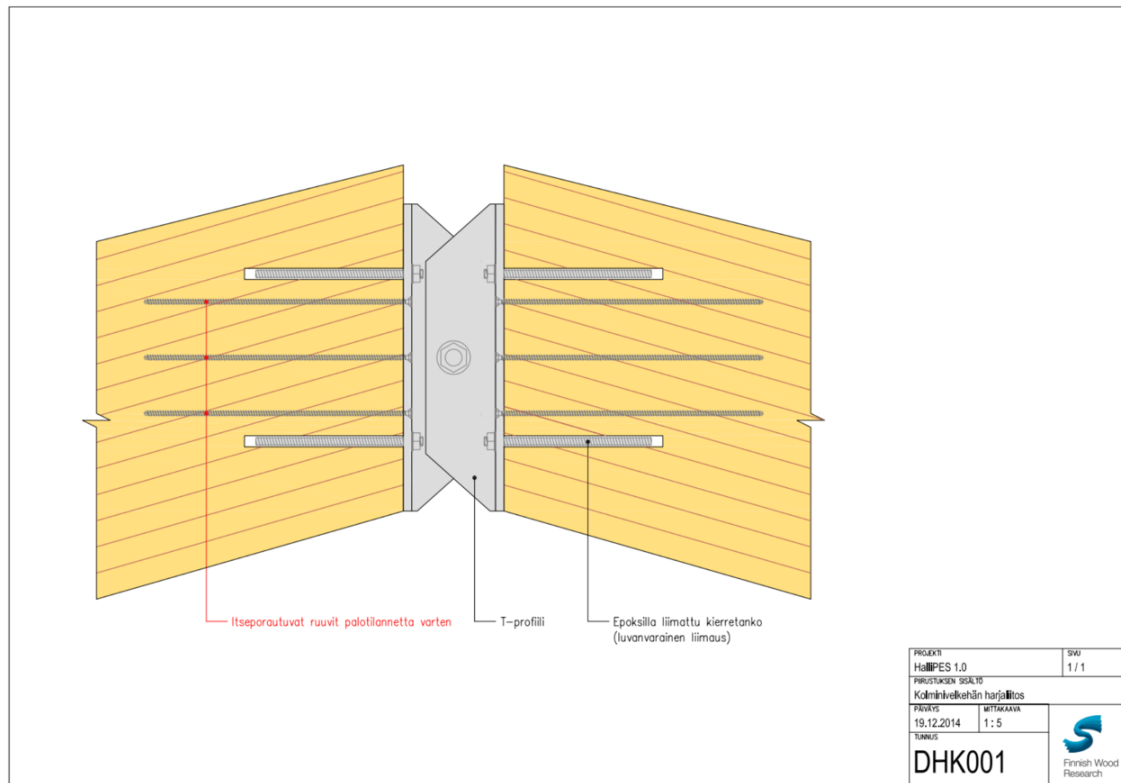
Kuva 108.



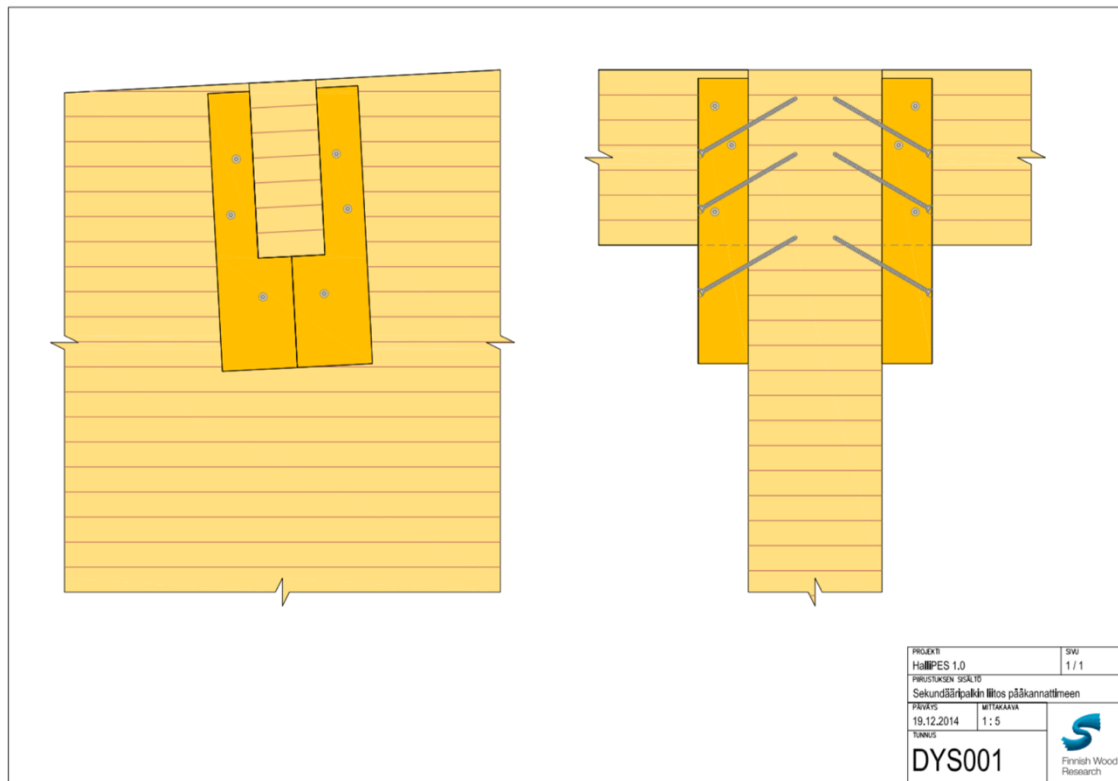
Kuva 109.



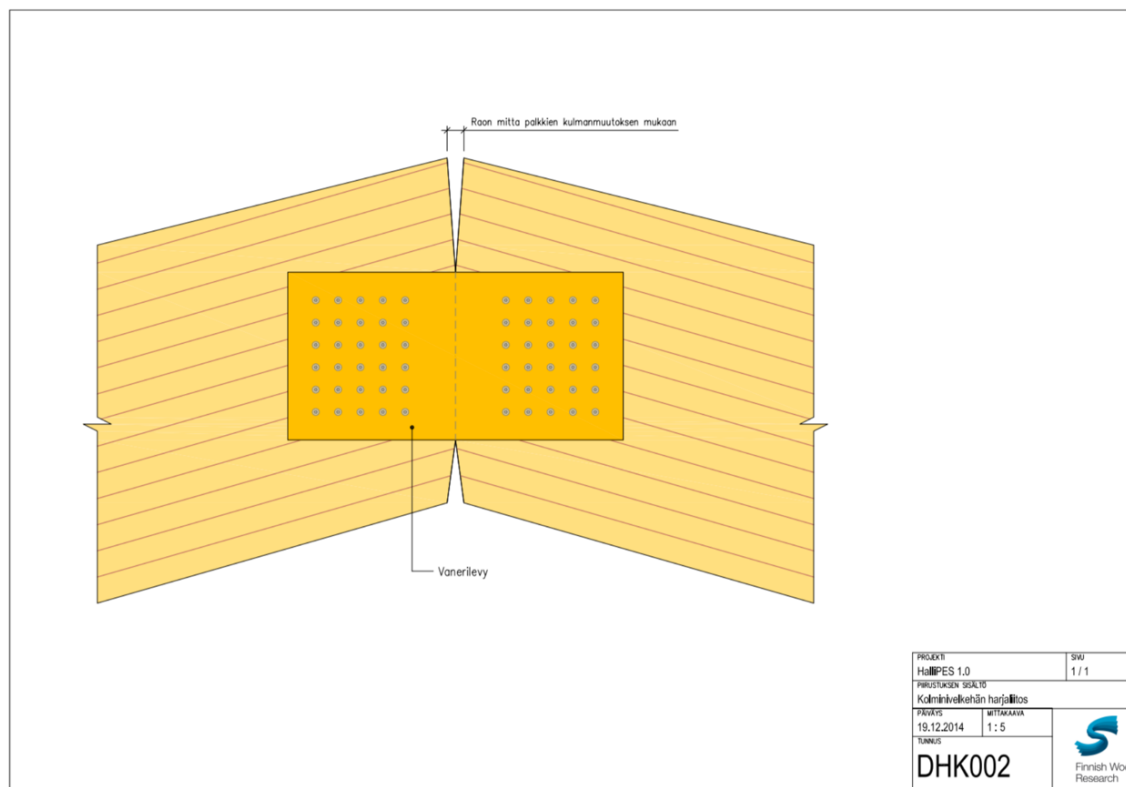
Kuva 110.



Kuva 111.



Kuva 112.



Kuva 113.

11 LVI-asennukset

Johdanto

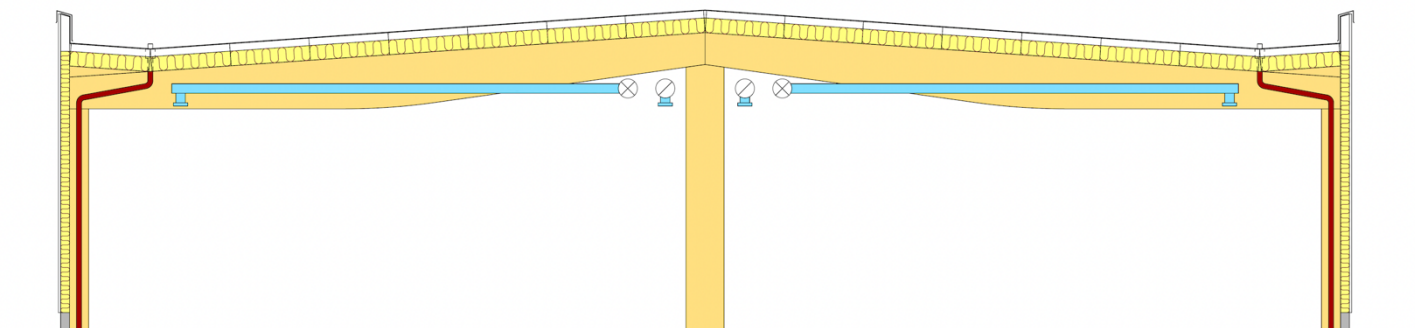
Tässä luvussa esitetään hallirakennusten LVI-asennuksiin liittyviä suosituksia. Ilmanvaihtokanavat ovat yleensä hyvin suuria ja niiden kuljettaminen palkkien läpi ei ole yksiselitteistä. Tästä johtuen on tärkeää, että LVI-suunnittelija on jo luonnosvaiheessa mukana suunnittelussa. Rakennesuunnittelijan kannalta on tärkeää miettiä LVI-asennusten kiinnitys, koska ne aiheuttavat kattorakenteisiin joskus hyvinkin suuria pistemäisiä kuormia. Erityistä huomiota on kiinnitettävä kannatuksiin/ripustuksiin, jotka eivät salli painumaa/taipumaa (esim. kaupparakennusten kylmälinjat). Vastaavien ripustusten ja kiinnitysten paikat tulisi suunnitella alueille, joissa rungon painuma on mahdollisimman pieni esim. pääpilareiden lähelle.

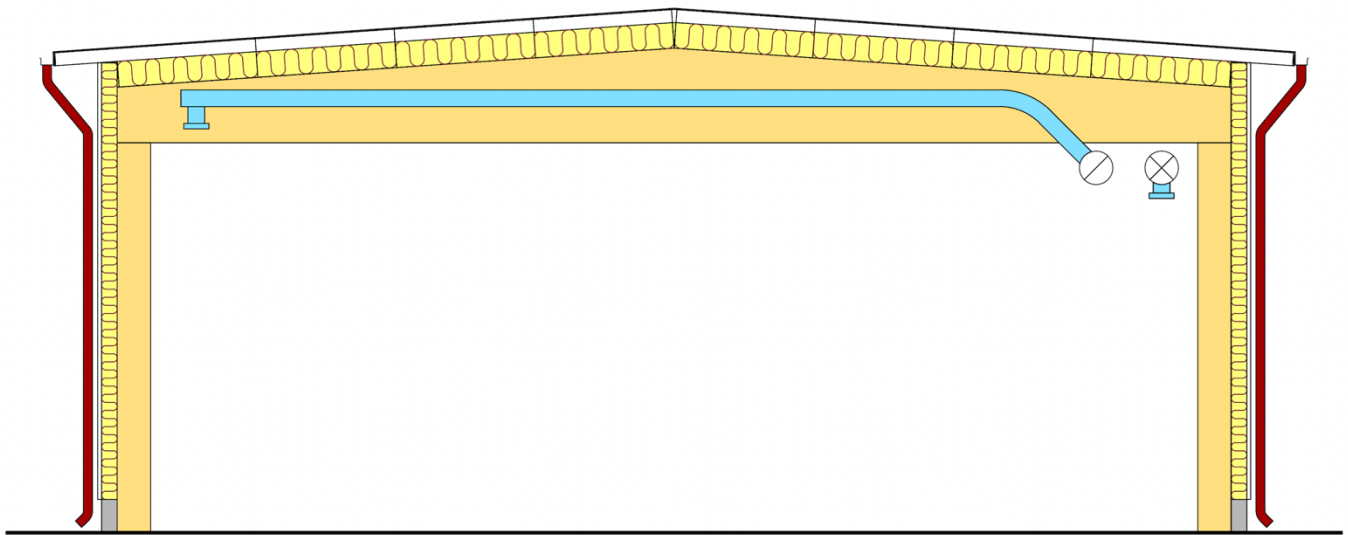
11.1 Ripustuskuormat

Suurten LVIS-laitteiden (suurten IV-kanavien kannakointi, jäähdytyskoneet yms.) ripustuskuormat määritetään tapauskohtaisesti laitteiden todellisen painon mukaan. Hallin kattorakenteisiin asennetaan paljon myös erilaisia vesijohtoputkia, sprinklerilaitteistoa, kaapelikouruja, valaisimia yms. Näiden vaikutus voidaan käsitellä neliökuormana. Tavallisesti tällaisten asennusten kuormaksi oletetaan 0,1 kN/m². Kattoelementtivalmistaja määrittelee kattoelementistä tehtävien ripustusten ja kiinnitysten periaatteet.

11.2 Ilmanvaihtokanavien reititys

Ilmanvaihtokanavien reititykset tulisi suunnitella siten, että kantavien rakenteiden rei'ittämistä ei tarvitsisi tehdä. Suurten läpivientien tekeminen puurakenteisiin saattaa johtaa reikien vahvistamiseen ja tätä kautta epätaloudelliseen ratkaisuun.





Kuva 114. Ilmanvaihtoputkien suositeltavia reittejä.

12 Rakennetyypit

Johdanto

Tässä luvussa esitetään tyypillisiä hallirakennusten katto- ja seinäelementtien rakennetyyppejä sisäilman kosteusluokan ollessa 2 tai 3. Katto- ja seinäelementit toimivat tavallisesti primäärirungon sekundäärirakenteina, jotka välittävät kuormat primäärirungolle ja sen jäykisteille. Erityisesti katto- ja seinäelementtien rakenneosien suunnitteluun vaikuttaa primäärirungon tyyppi ja sen jäykistystapa. Näin ollen ei voida antaa ns. vakioratkaisua kaikkiin tapauksiin, vaan kyseisten elementtien rakennesuunnittelussa tulee aina tarkastella

- vaaditaanko elementiltä palonkestävyyttä
- suojataanko elementti koko palonkestoajalle vai annetaanko sen hiiltyä
- toimiiko elementti primäärirungon osien sivuttaistuentarakenteena
- vaaditaanko elementiltä levyjäykistysominaisuutta (esim. pääkannattimen s-kiepahdus).

Edellä mainitut tekijät vaikuttavat elementin rakenteeseen mm. seuraavasti:

Paloteknisten ominaisuuksien näkökulmasta:

- Levytyyppi
- Levymäärä
- Elementin kantavan rakenteen dimensiot
- Eristetyyppi
- Liitostyypit

Primäärirungon sivuttaistuennan näkökulmasta:

- Elementin kantavan rakenteen dimensiot
- Elementin kantavan rakenteen nurjahdus- ja kiepahdustuenta
- Liitostyypit

Levyjäykistysominaisuuden näkökulmasta:

- Levytyyppi
- Levyn sijainti elementissä
- Levyn kiinnitys
- Voimien siirtyminen levyjäykisteelle
- Liitostyypit

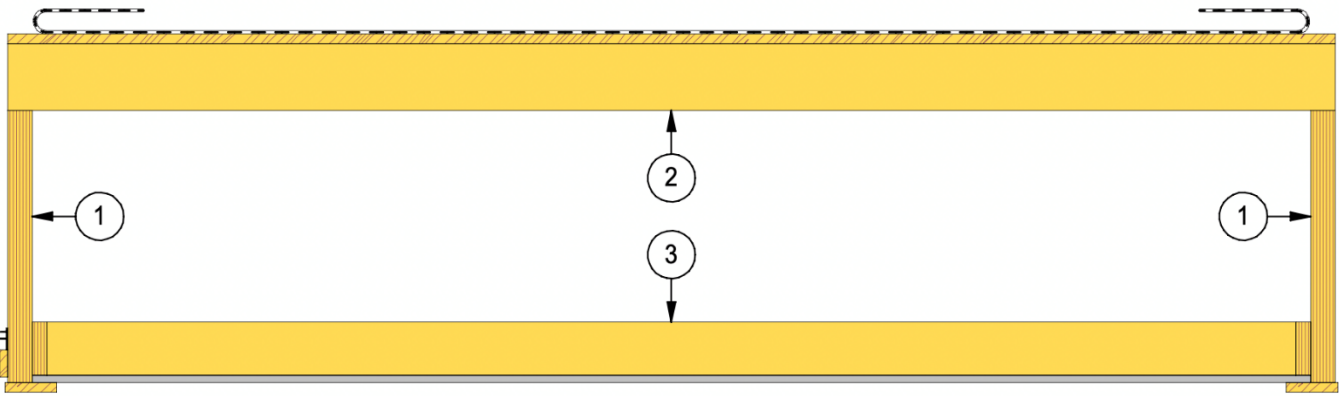
Tässä luvussa esitetyt rakennetyypit ovat ohjeellisia ja niiden soveltaminen erilaisiin rakennuksiin tehdään aina tapauskohtaisesti huomioiden mm. seuraavat:

- Kosteusolosuhteiden asettamat vaatimukset
- Palotekniset vaatimukset
- Äänitekniset vaatimukset
- Lujuustekniset vaatimukset

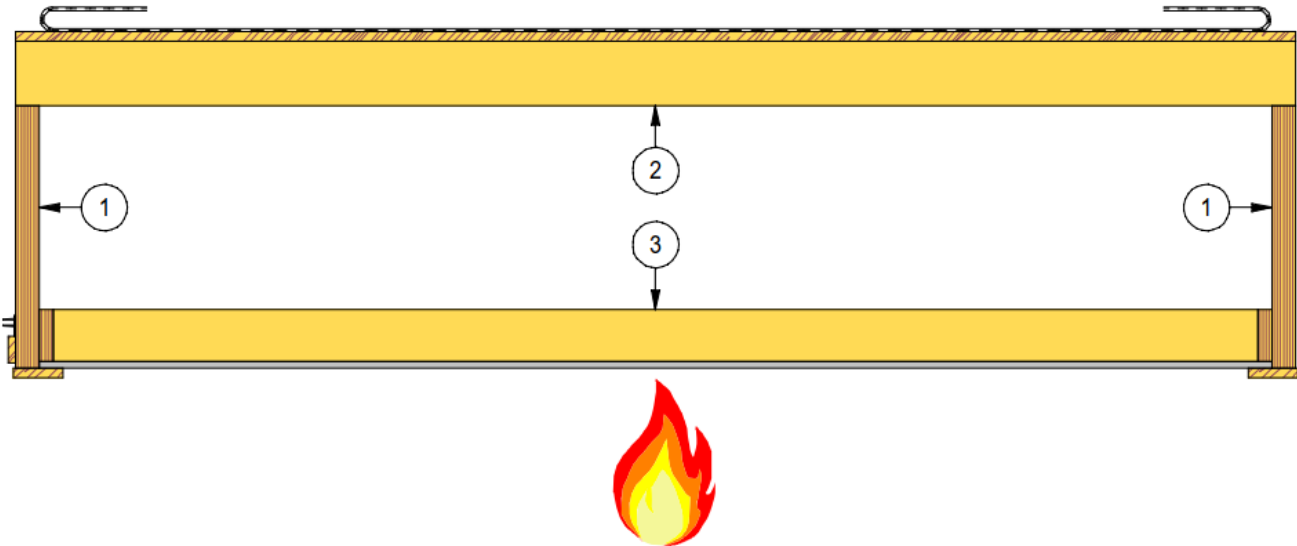
12.1 Kattoelementin suunnittelu

Kattoelementit tulee suunnitella aina tapauskohtaisesti huomioiden kattoelementin toiminta normaalilämpötilassa ja palotilanteessa yhdessä primäärirungon kanssa. Taulukoissa 22 ja 23 on esitetty kattoelementtien osien toiminta ja niiden suunnittelussa huomioitavia seikkoja normaalilämpötilassa ja palotilanteessa. Kattoelementtien kantavat rakenteet mitoitetaan palotilanteessa vain alapuoliselle palolle, joten ontelopaloa ei tarvitse tarkastella. Ontelo tulee kuitenkin jakaa 1600 m²:n palo-osastoihin EI 30 -rakentein ja kyseiset osastot jakaa 400 m²:n osiin EI 15 -rakentein.

Palkkirakenteinen kattoelementti normaalilämpötilassa		
Osa	Rakenneosan toiminta	Rakenneosan suunnittelussa huomioitavia seikkoja
1	Jos kantaa vain yläpohjan pystykuormat	- Taivutus - Kiepahdustuenta - Liitos pääkannattimeen - Tukipaine (rungon tukilevitys tai reunapalkin leveyden kasvatus)
	- Jos kantaa yläpohjan pystykuormat - Jos siirtää primäärirungon sivuttaistuenta-voimia jäykisteille	- Taivutus + Normaalivoima (yhteisvaikutus) - Kiepahdustuenta - Nurjahdustuenta - Liitos pääkannattimeen - Tukipaine (rungon tukilevitys tai reunapalkin leveyden kasvatus) - Normaalivoiman siirtäminen elementtijatkoksissa
2	Jos kantaa vain vesikaton pystykuormat	- Taivutus - Liitos elementin pääpalkkiin
	- Jos kantaa vesikaton pystykuormat - Jos toimii sivuttaistukena elementin pääpalkille yhdessä vesikatteen alusrakentelevytyksen kanssa	- Taivutus - Levyjäykistys - Voimien siirtyminen levyjäykisteelle - Liitos elementin pääpalkkiin
3	Jos kantaa vain alakaton pystykuormat	- Taivutus - Liitos elementin pääpalkkiin

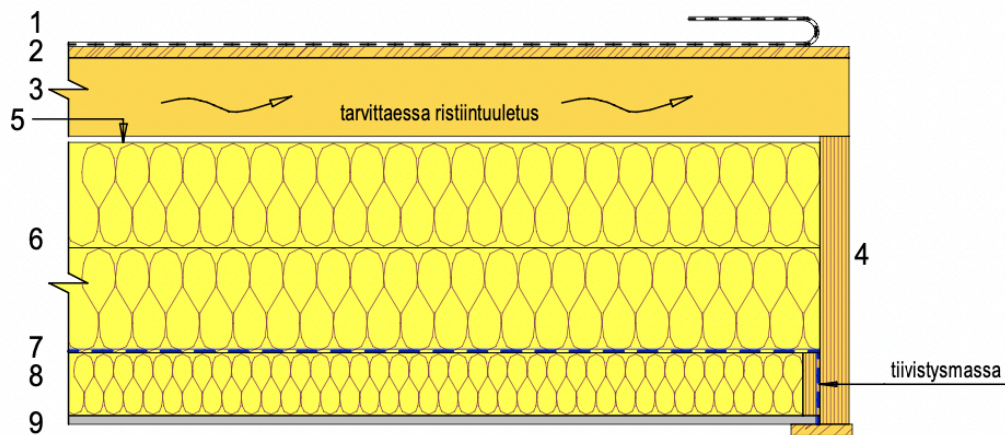
	• Jos kantaa alakaton pystykuormat • Jos toimii sivuttaistukena elementin pääpalkille yhdessä alakattolevytyksen kanssa • Jos toimii koko elementin levyjäykisteenä	• Taivutus • Levyjäykistys • Voimien siirtyminen levyjäykisteelle • Liitos elementin pääpalkkiin
ELEMENTIN KANTAVAT OSAT Osa 1: Elementin pääpalkki Osa 2: Vesikaton kantava runko (sis. vesikatteen alusrakennelevytyksen) Osa 3: Alakaton kantava runko 		

Taulukko 22.

Palkkirakenteinen kattoelementti palotilanteessa	
Rakenneosan toiminta	Rakenneosan suunnittelussa huomioitavia seikkoja
Jos suojataan koko palonkestoajalle (rakenneosat eivät hiilly)	- Alakaton palosuojauksen tulee kestää koko palonkesto aika - Kiepahdustuennan
Jos suojataan osaksi palonkestoajasta (rakenneosat hiiltävät, kun palosuojalevytys menettää tai alkaa menettämään palosuojauskykyään	- Alalaipan tulee kantaa villat koko palonkestoajan - Hiiltynyt alalaippa ei toimi liittorakenteena pääpalkin kanssa - Mahdollinen levyjäykistystoiminnon säilyminen palossa - Alalaipan liitoksien palonkestävyys
ELEMENTIN KANTAVAT OSAT Osa 1: Elementin pääpalkki (ripa) Osa 2: Vesikaton kantava rakenne (ylälaippa) Osa 3: Alakaton kantava rakenne (alalaippa) 	

Taulukko 23.

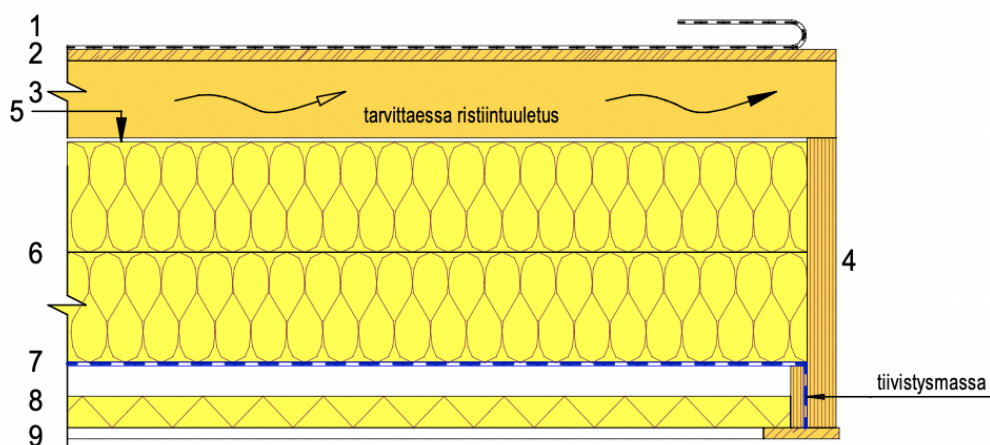
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	YP001	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Yläpohjaelementti	PVM	MITTAKAAVA
	Kipsilevy alapinnassa	25.03.2024	1:10



NRO	KERROS	MATERIAALI	MITTA esim. [mm]
1	Vesikate	Bituminen aluskermi TL2 tai PVC 1-kerroskate ARK mukaan	
2	Kantava levyrakenne	Puulevy RAK mukaan	18
3	Kantava rakenne Tuuletusväli	Puurangat RAK mukaan Ristiintuuletus jos sisäpuolinen vedenpoisto	123
4	Kattoelementin kantava rakenne	LVL-palkit RAK mukaan	
5	Yläpohjan yläpinta	Tuulensuoja tarvittaessa	
6	Lämmöneristys	Mineraalivilla	330-350
7	Ilman- ja höyrynsulku	Höyrynsulkumuovi (RIL107 mukaan)	
8	Alakaton kannatus (k-jako villan mukaan) Lämmöneristys	Puurangat RAK mukaan Mineraalivilla	98 100
9*	Sisäverhous / mahdollinen levyjäykiste	Rakennuslevy ARK / RAK mukaan	12-18

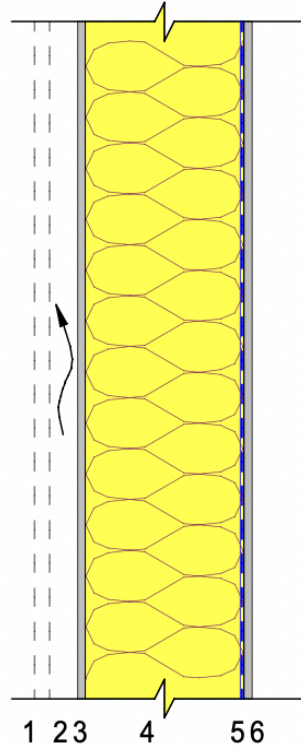
*) Levytykset elementin palonkestovaatimuksen mukaisesti

	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	YP002	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Yläpohjaelementti Akustovilla alapinnassa	PVM 25.03.2024	MITTAKAAVA 1:10



NRO	KERROS	MATERIAALI	MITTA esim. [mm]
1	Vesikate	Bituminen aluskermi TL2 tai PVC 1-kerroskate ARK mukaan	
2	Kantava rakenne	Puulevy RAK mukaan	18
3	Kantava rakenne Tuuletusväli	Puurangat RAK mukaan Ristiintuuletus jos sisäpuolinen vedenpoisto	123
4	Kattoelementin kantava rakenne	LVL-palkit RAK mukaan	
5	Yläpohjan yläpinta	Tuulensuoja tarvittaessa	
6	Lämmöneristys	Mineraalivilla	350-400
7	Ilman- ja höyrynsulku	Höyrynsulkumuovi (RIL107 mukaan)	0,2
8	Alakaton kannatus (k-jako villan mukaan) Lämmöneristys Äänenvaimennus/Sisäverhous	Puurangat RAK mukaan Akustomineraalivilla	98 30-50
9	Akustovillan kannatus	Lauta	18-20

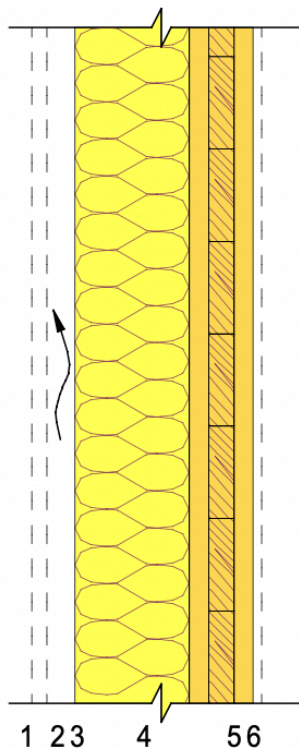
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	US001	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Ei-kantava ulkoseinäelementti Rankarakenne	PVM 25.03.2024	MITTAKAAVA 1:10



NRO	KERROS	MATERIAALI	MITTA[mm]
1	Ulkoverhous	Julkisivuverhous ARK mukaan	
2	Ulkoverhouksen kiinnitys / tuuletus	Rangat k-jako RAK mukaan	
3	Tuulensuoja	Tuulensuojalevy RAK mukaan	
4	Rankarunko Lämmöneristys	C/GL/LVL RAK mukaan Mineraalivilla RAK mukaan	
5	Ilman- ja höyrynsulku	Höyrynsulkumuovi (RIL107 mukaan)	0,2
6*	Sisäverhous	Rakennuslevy RAK mukaan	12-18

*) Pintaluokka tilan käyttötarkoituksen mukaan

	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	US002	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Ei-kantava ulkoseinäelementti Eristetty CLT-levy	PVM 25.03.2024	MITTAKAAVA 1:10

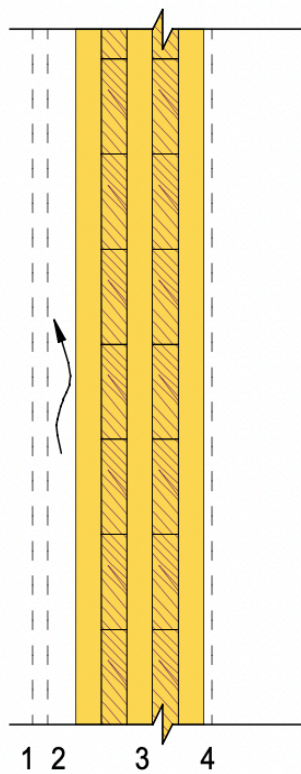


NRO	KERROS	MATERIAALI	MITTA[mm]
1	Ulkoverhous	Julkisivuverhous ARK mukaan	
2	Ulkoverhouksen kiinnitys / tuuletus	Rangat k-jako RAK mukaan	
3	Tuulensuoja	Tuulensuojalevy RAK mukaan	
4	Lämmöneristys	Mineraalivilla RAK mukaan	
5*	Runkorakenne	CLT-levy RAK mukaan	
6**	Sisäverhous	Rakennuslevy RAK mukaan	12-18

*) Ilman- / höyrynsulun tarve varmistettava CLT-valmistajalta

**) Tarvittaessa, Pintaluokka tilan käyttötarkoituksen mukaan

	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	US003	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Ei-kantava ulkoseinäelementti Massiivipuu CLT-levy	PVM 25.03.2024	MITTAKAAVA 1:10



NRO	KERROS	MATERIAALI	MITTA[mm]
1	Ulkoverhous	Julkisivuverhous ARK mukaan	
2	Ulkoverhouksen kiinnitys / tuuletus	Rangat k-jako RAK mukaan	
3*	Runkorakenne	CLT-levy RAK mukaan	
4**	Sisäverhous	Rakennuslevy RAK mukaan	12-18

*) Ilman- / höyrynsulun tarve varmistettava CLT-valmistajalta

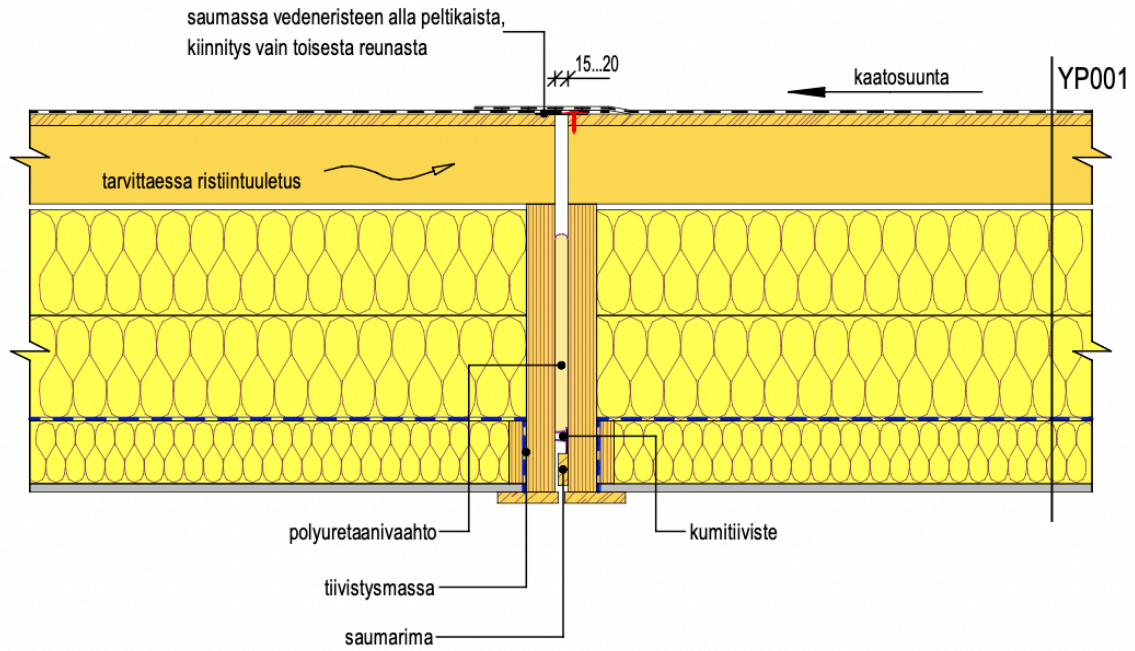
**) Tarvittaessa, Pintaluokka tilan käyttötarkoituksen mukaan

13 Liittymädetaljit

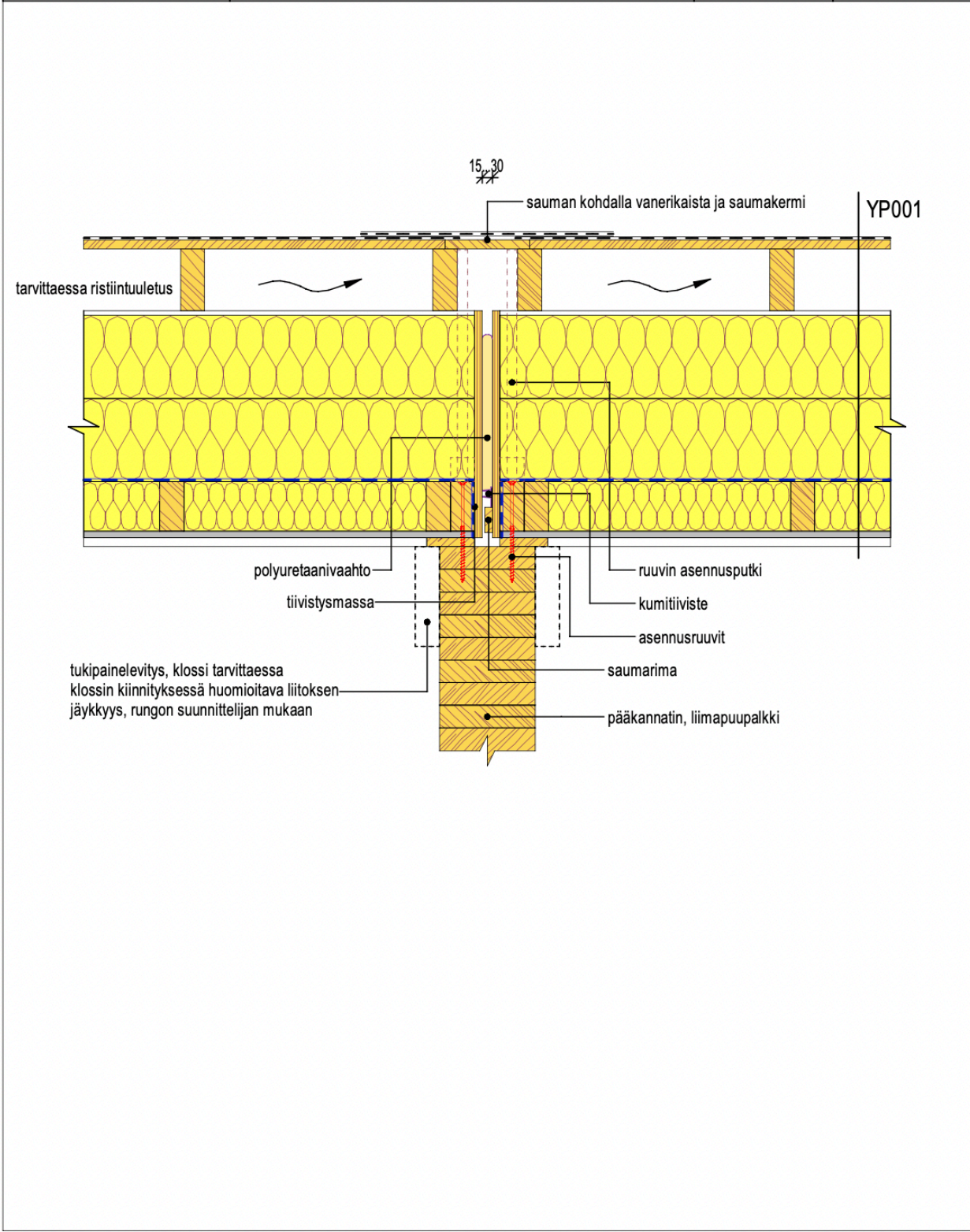
Johdanto

Tässä luvussa esitetään tyypillisiä katto- ja seinäelementtien liittymädetaljeja sisäilman kosteusluokan ollessa 2 tai 3. Detaljit on suunniteltu siten, että niissä pyritään käyttämään samaa kiinnitystapaa rakennetyypistä riippumatta. Esitettyjen detaljien suunnittelussa on huomioitu myös, että jäykistysvoimien siirtoreitti liittymän läpi on aina sama. Päärakennesuunnittelija määrittelee liittymissä tarvittavat liitintyypit ja liitinmäärät tapauskohtaisesti riippuen siitä, millaisia voimia liittymän läpi siirretään.

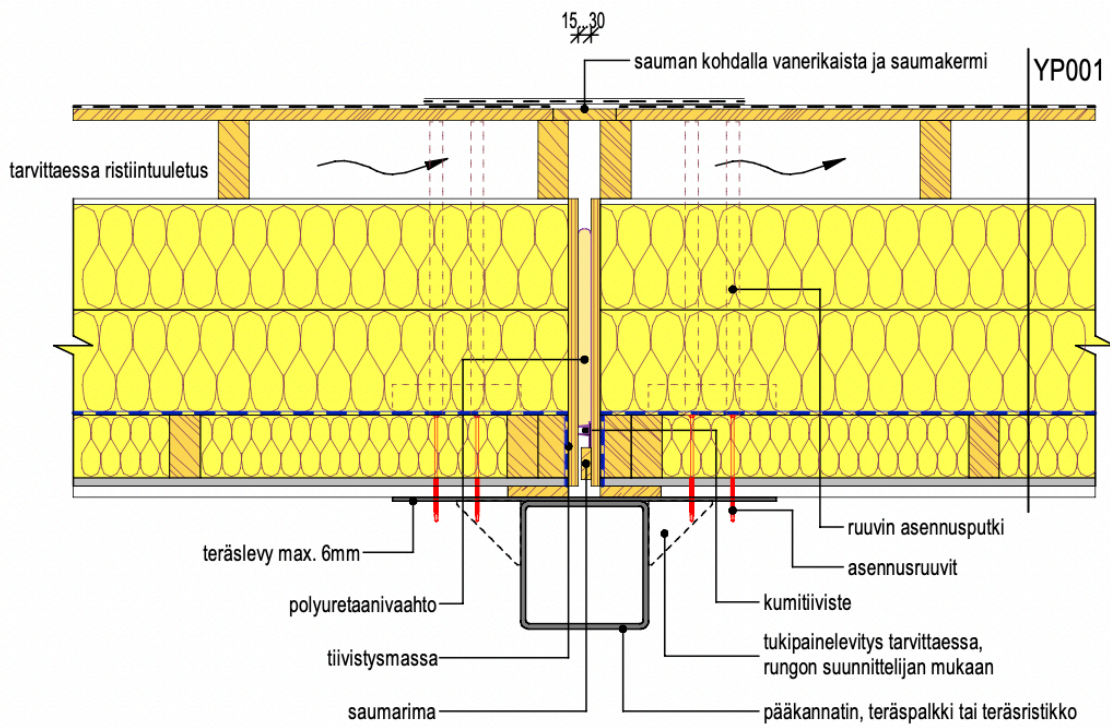
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY001	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Kattoelementtien sivusauma	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY002	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Kattoelementtien päätysauma	PVM	MITTAKAAVA
	LP-runko	25.03.2024	1:10

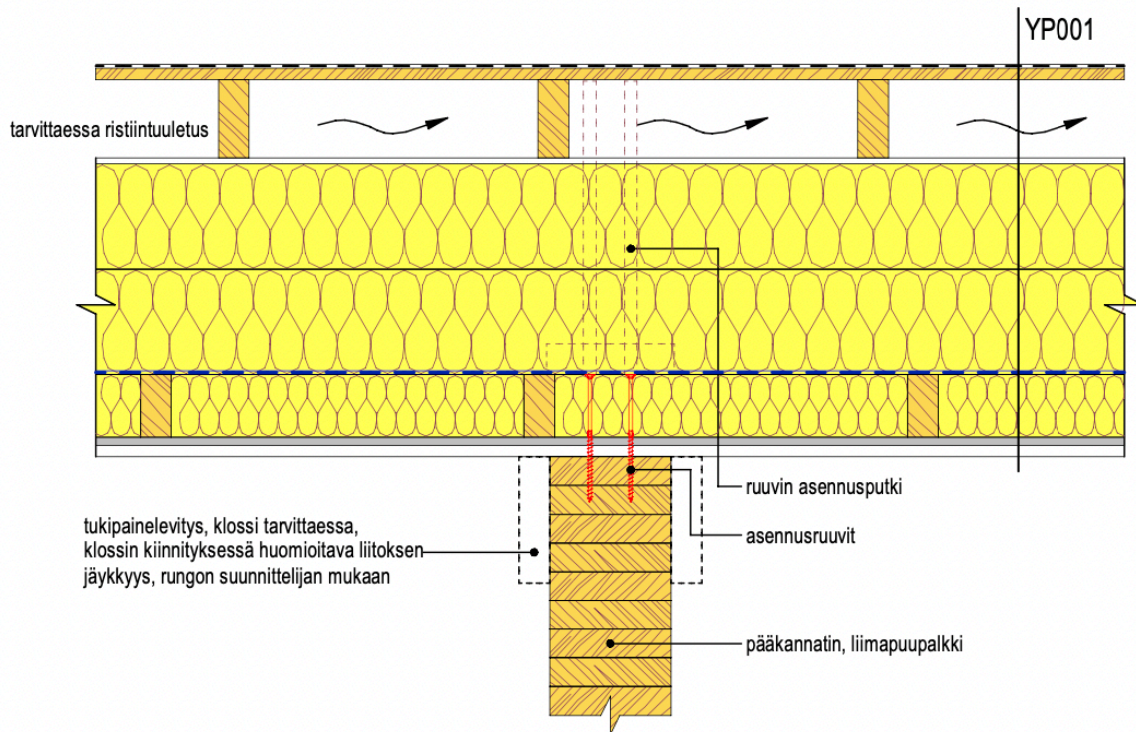


	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY003	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Kattoelementtien päätysauma	PVM	MITTAKAAVA
	teräsrunko	25.03.2024	1:10

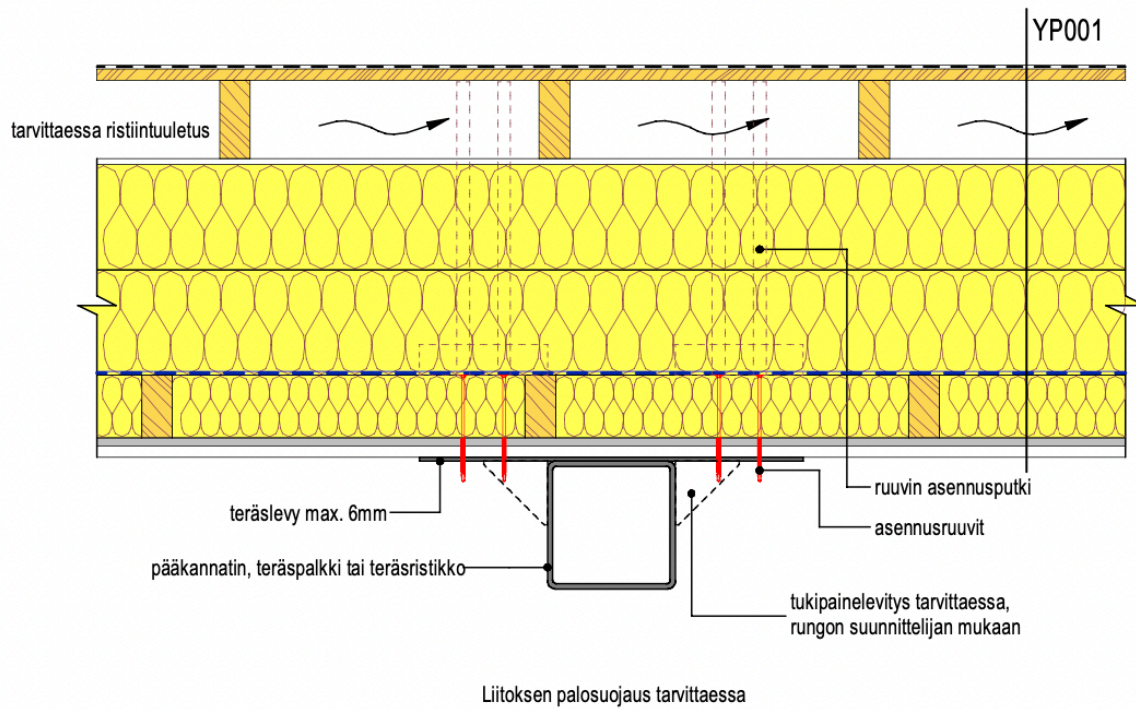


Liitoksen palosuojaus tarvittaessa

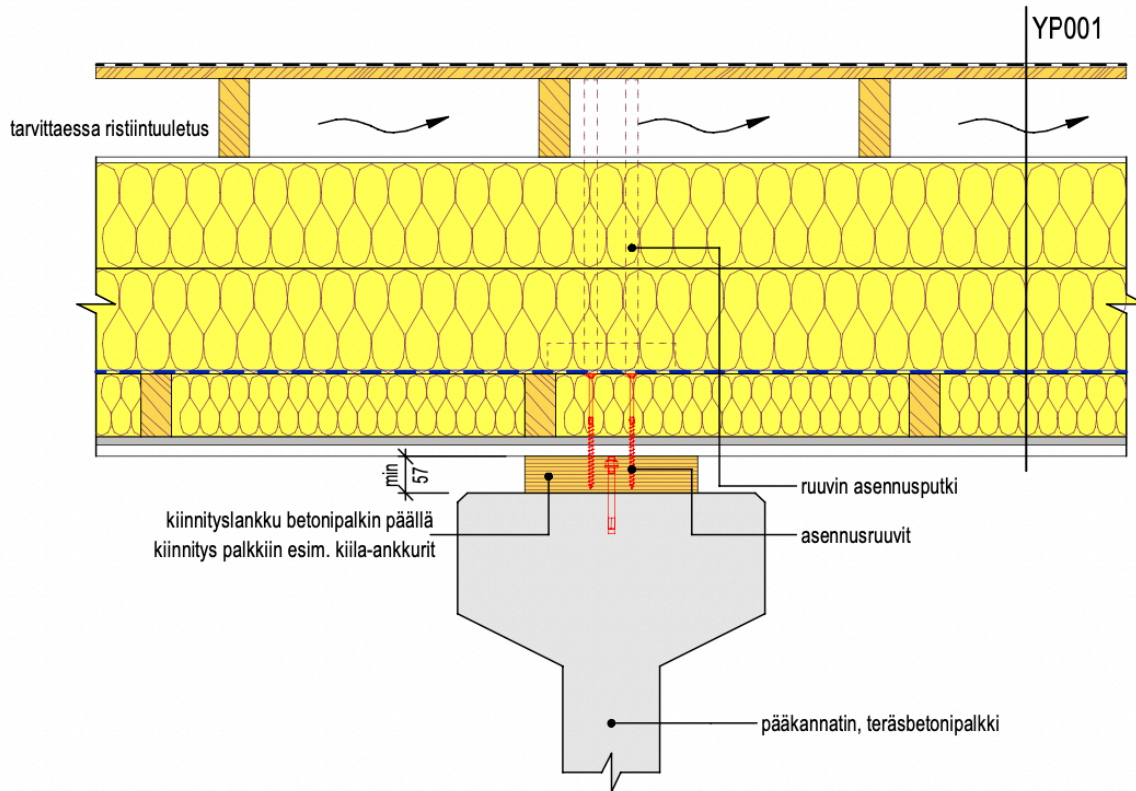
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY005	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Kattoelementtien keskituki, LP-runko	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



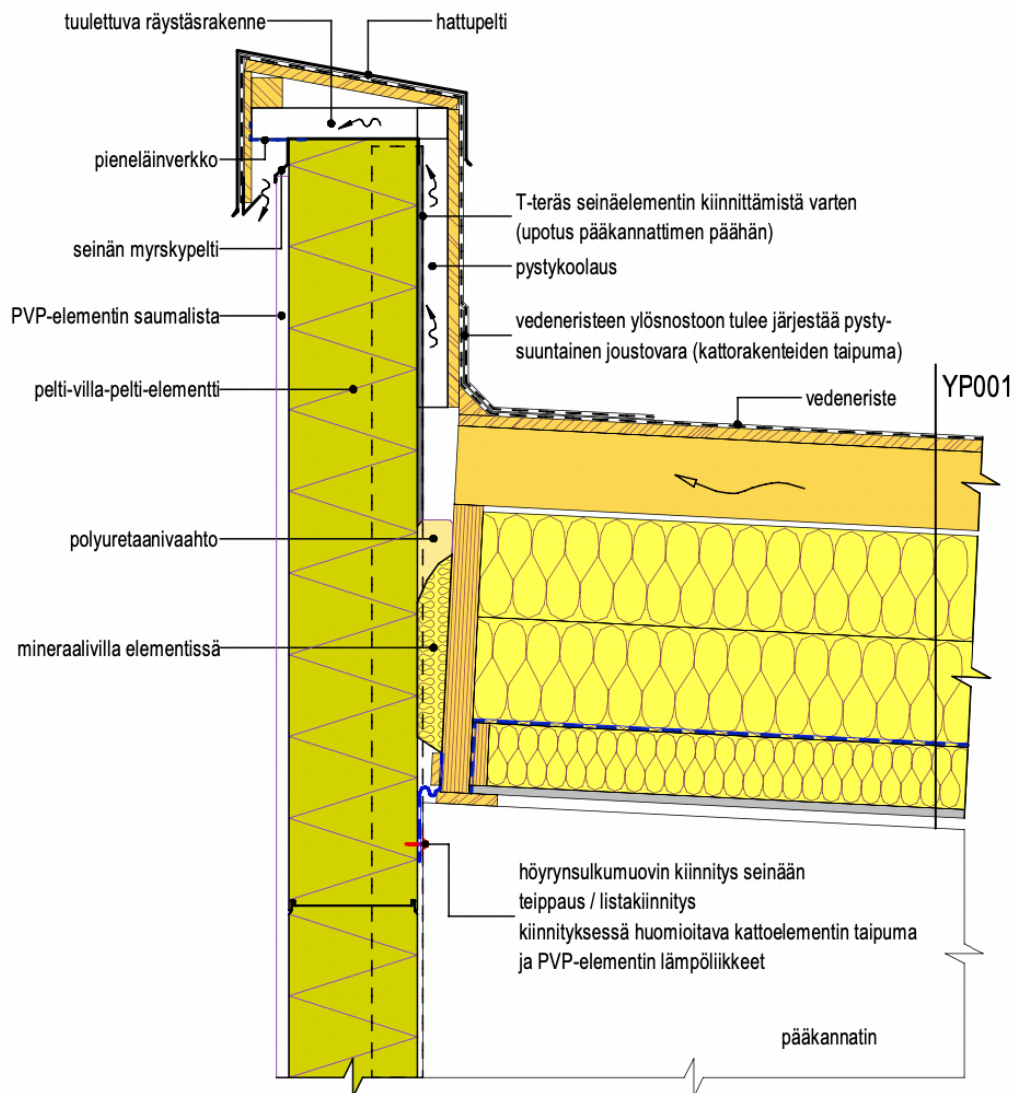
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY006	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Kattoelementtien keskituki, teräsrunko	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



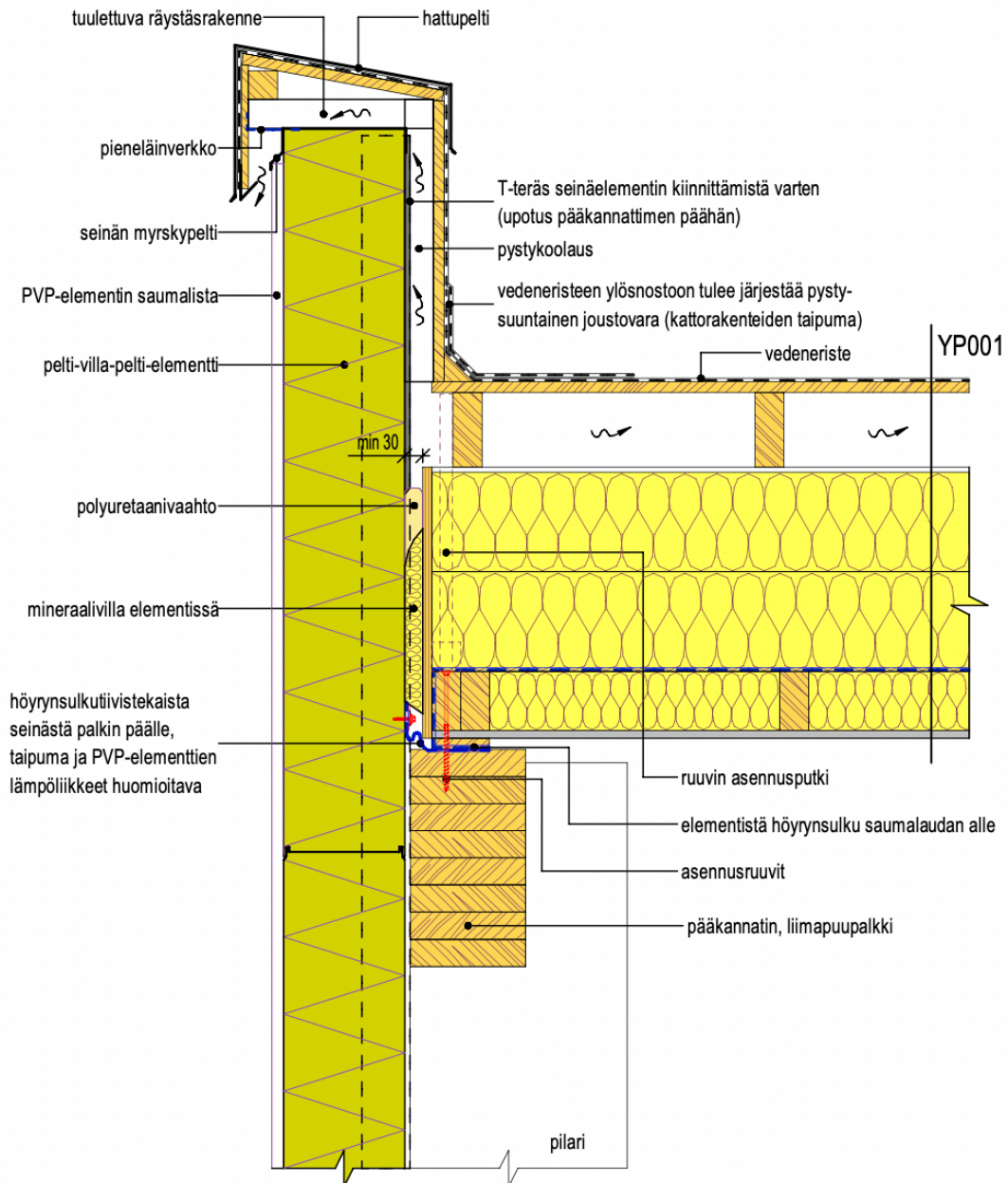
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY007	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Kattoelementtien keskituki, betonirunko	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



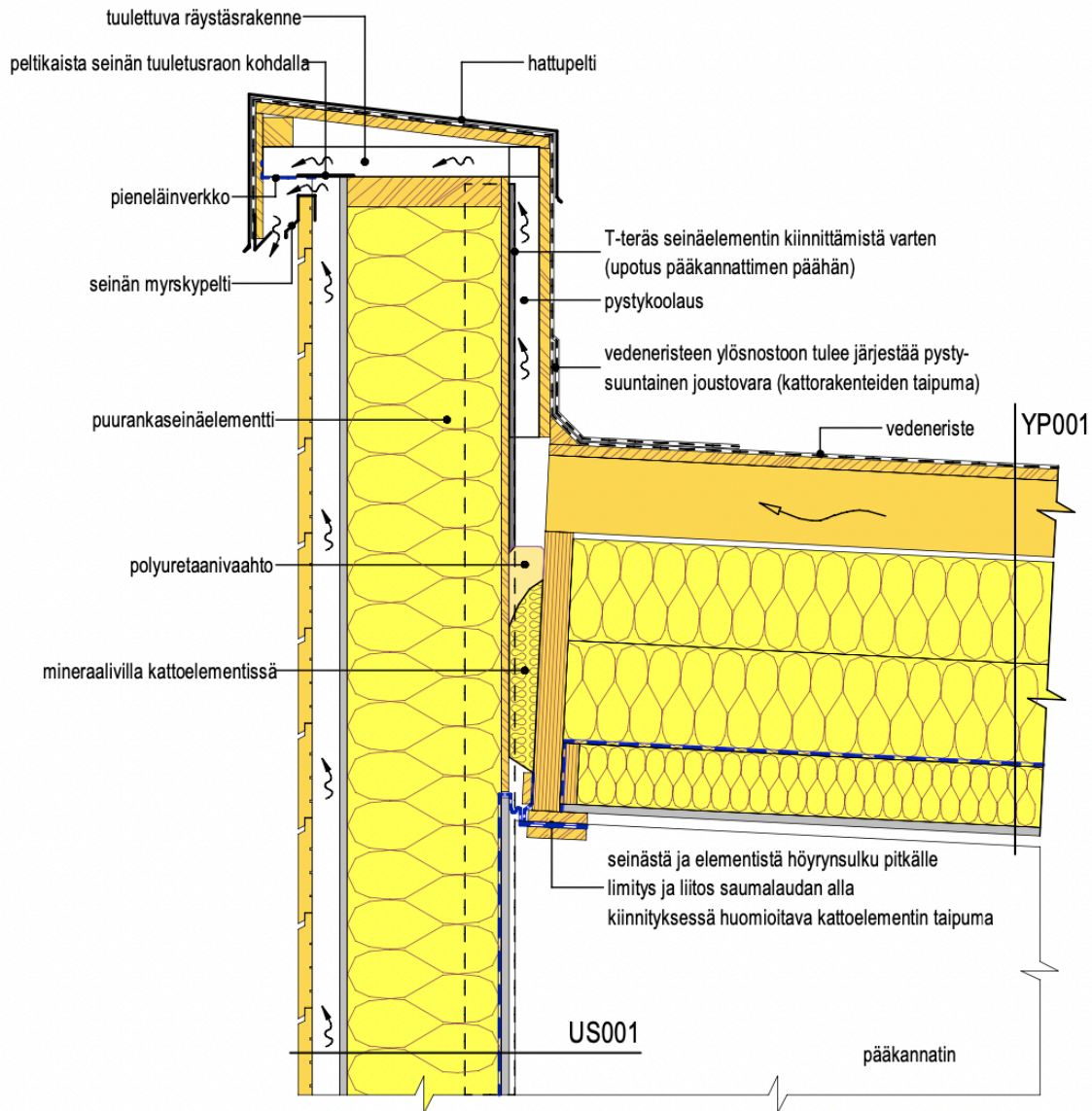
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY008	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Sivuräystäs, PVP-seinä	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



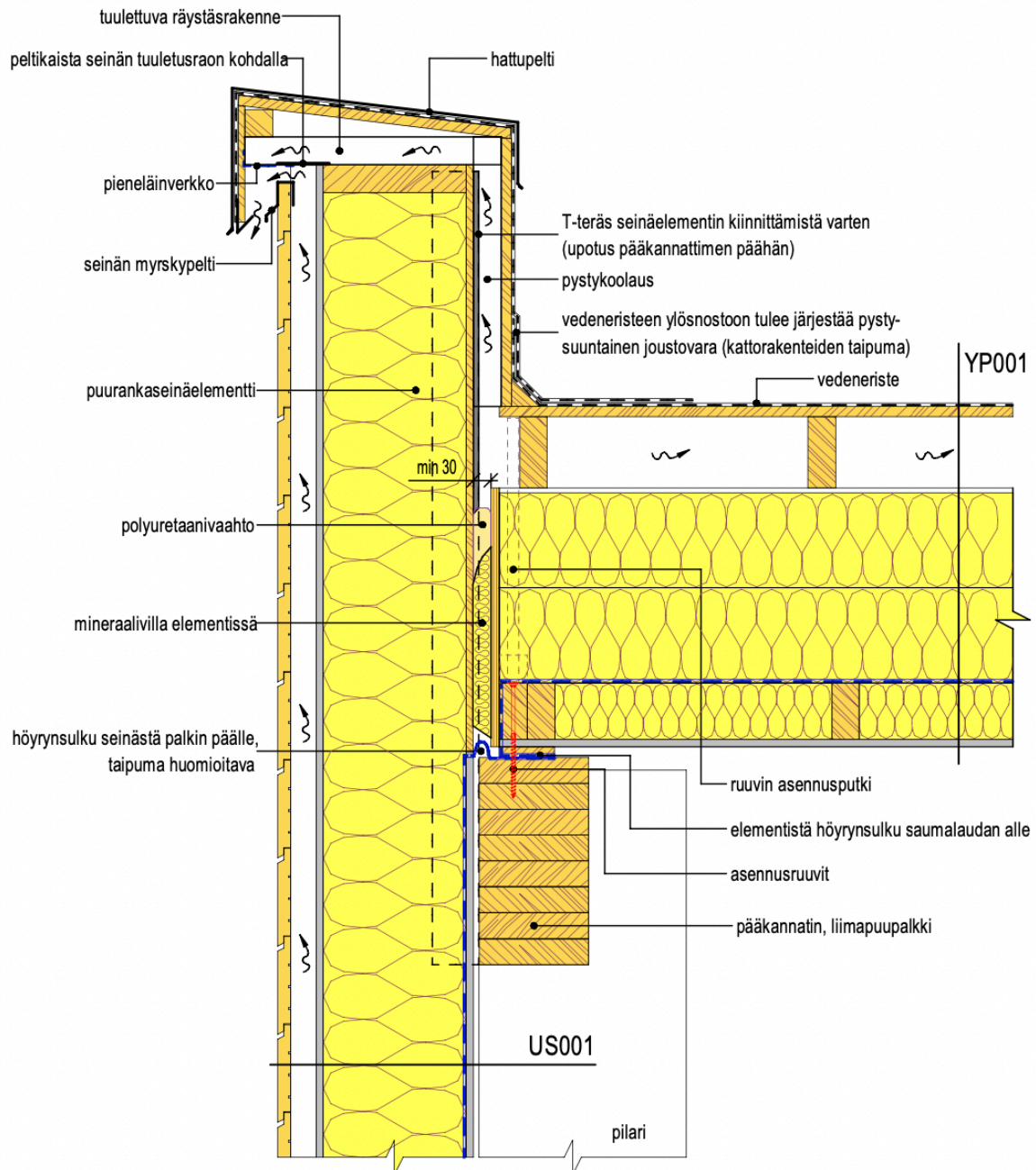
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY009	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Päätyräystäs, PVP-seinä	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



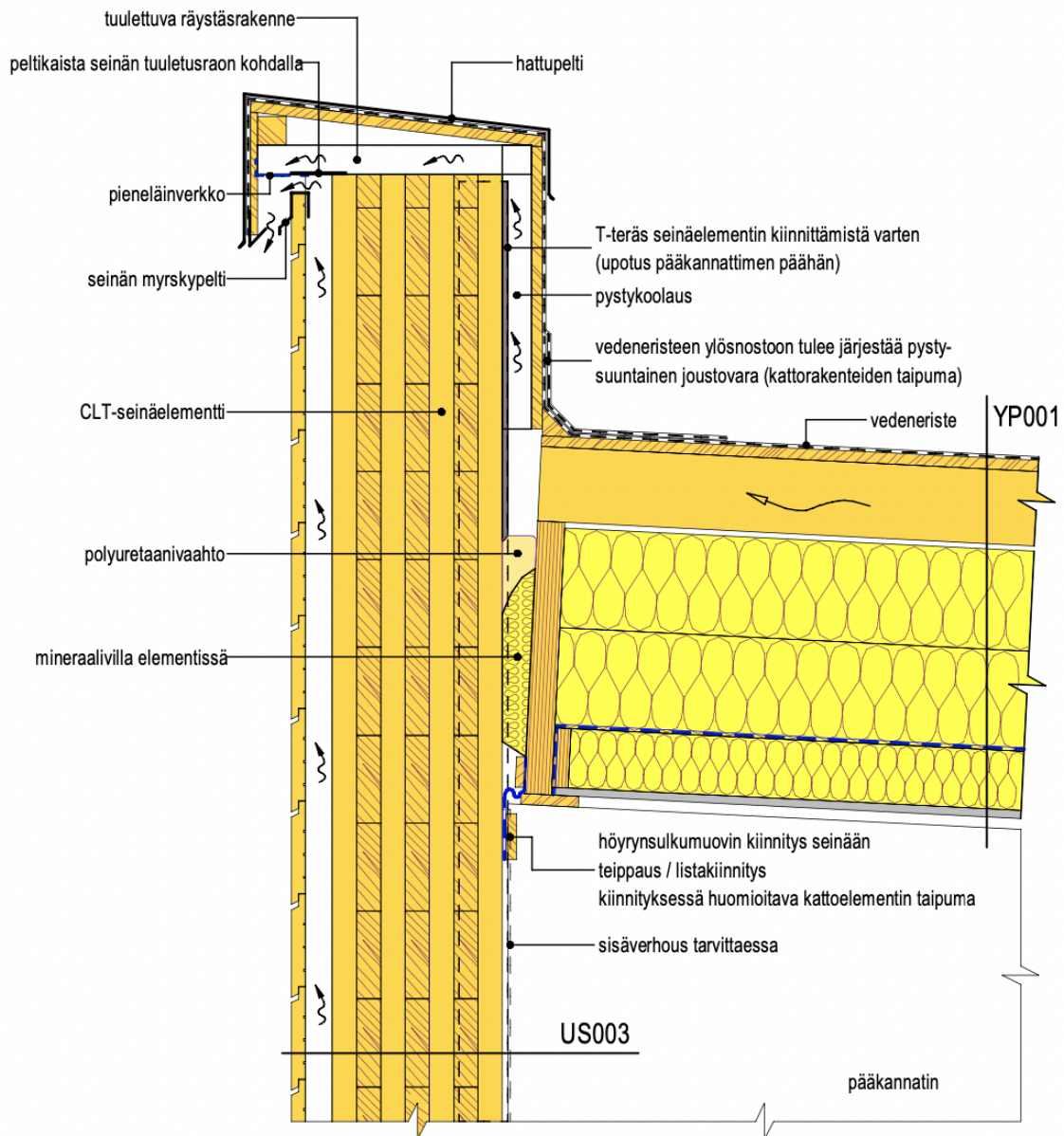
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY010	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Sivuräystä,puurankaseinä	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



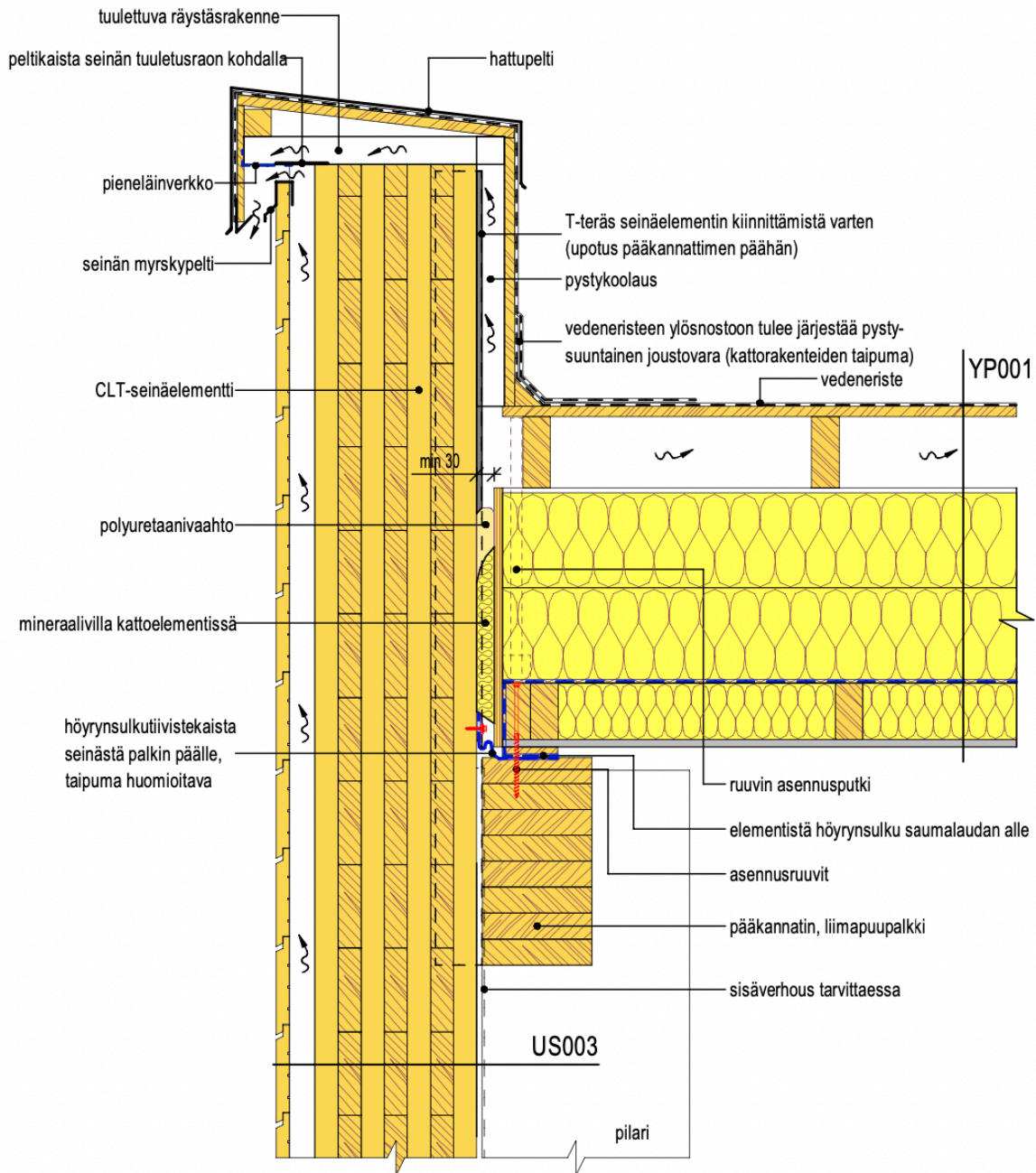
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HallipES 2.0	DY011	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Päätyräystäs,puurankaseinä	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



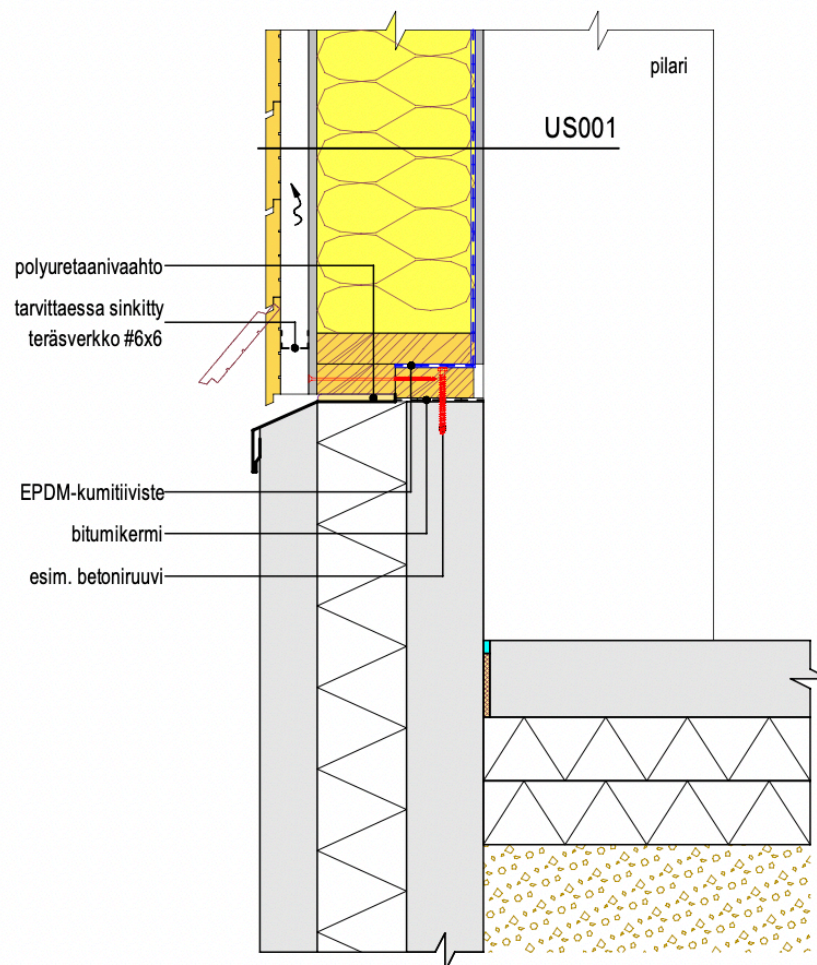
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY012	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Sivuräystäs, CLT-massiiviseinä	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



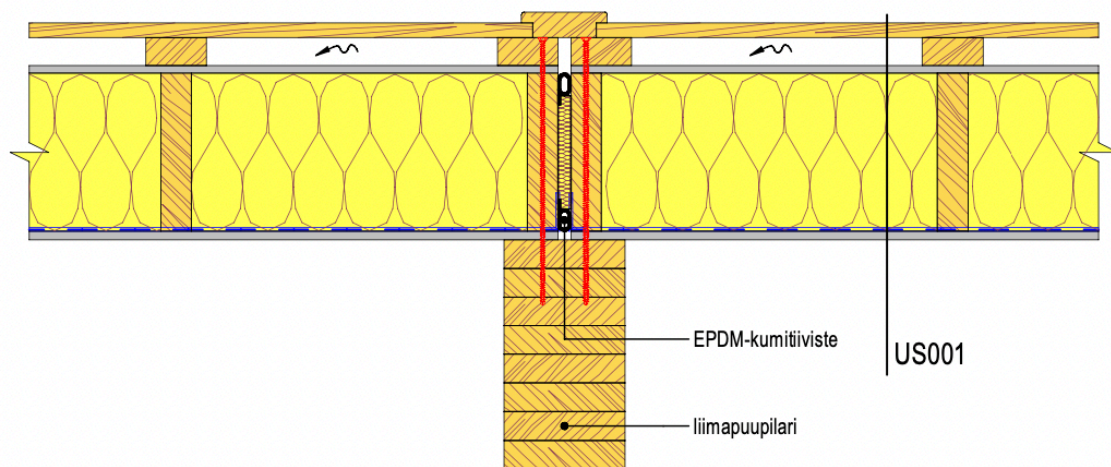
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY013	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Päätyräystä, CLT-massiiviseinä	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



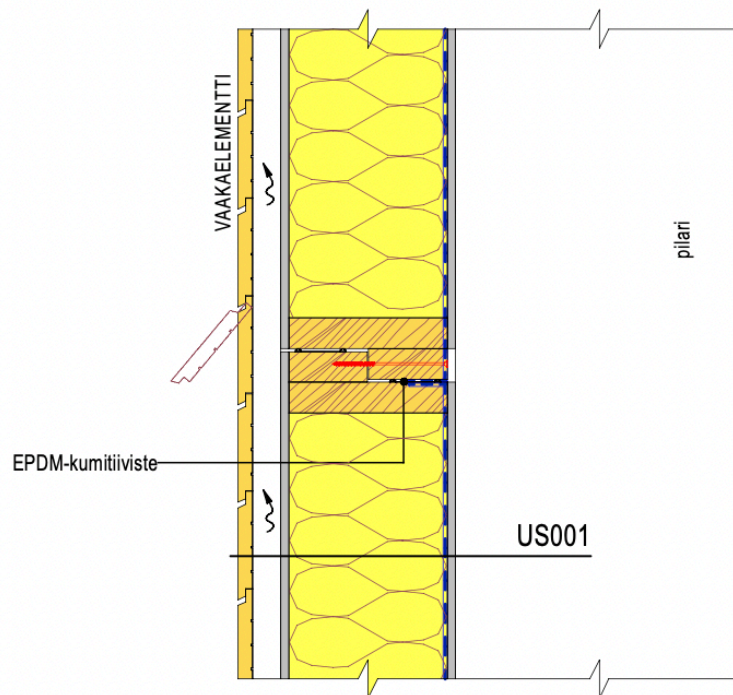
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY014	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Ei-kantavan rankaseinän liitos perustukseen	PVM 25.03.2024	MITTAKAAVA 1:10



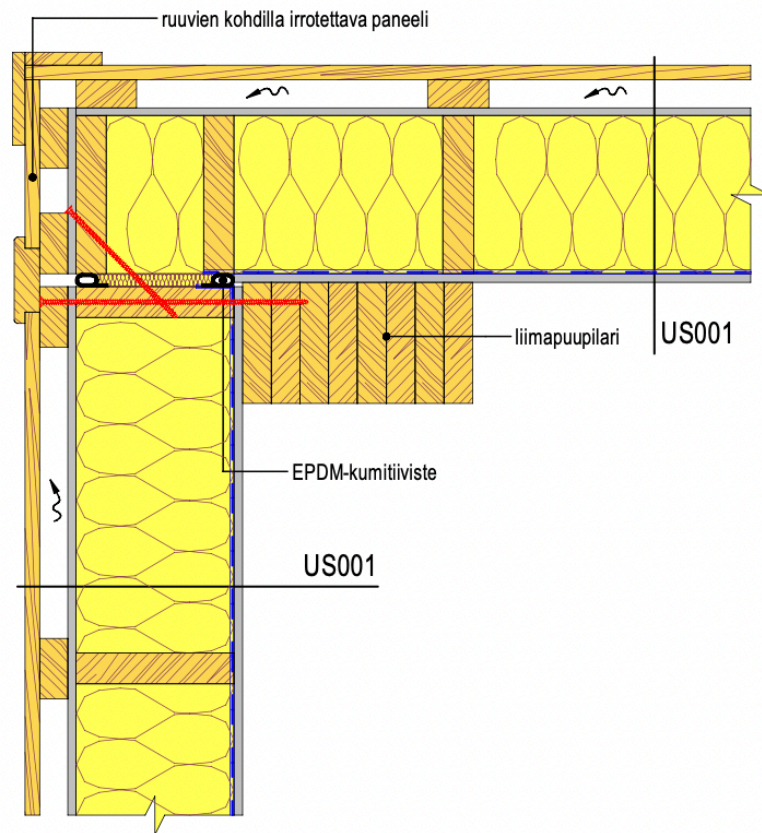
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY015	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Ei-kantavan rankaseinän liittymä pilariin	PVM 25.03.2024	MITTAKAAVA 1:10



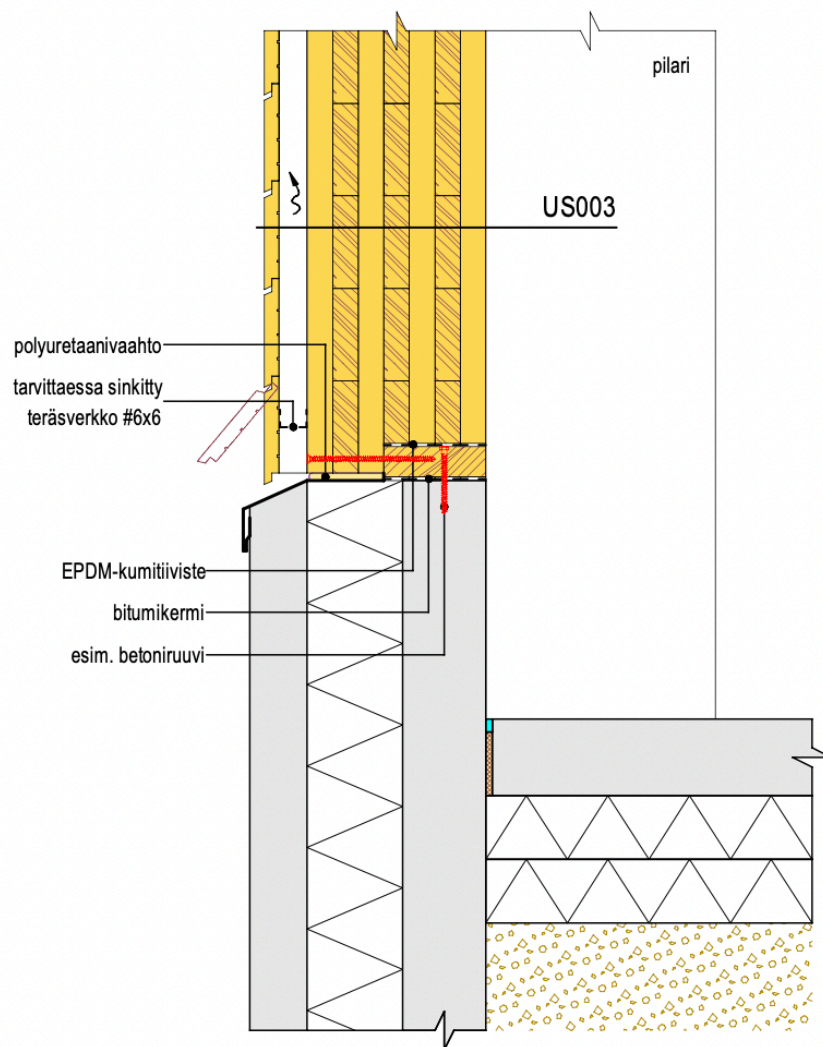
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY016	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Ei-kantavan rankaseinän vaakasauma	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



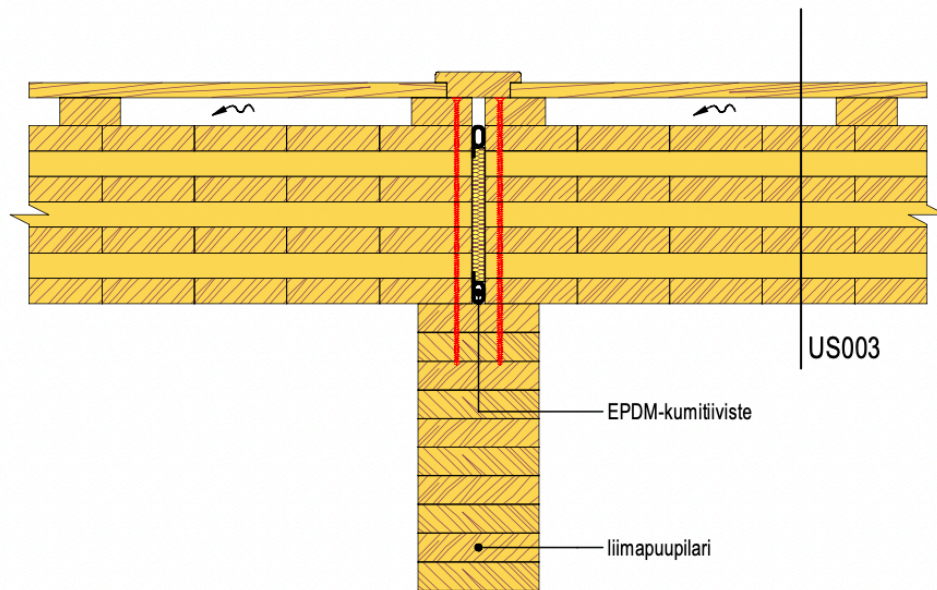
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY017	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Ei-kantavan rankaseinän nurkkaliitos	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



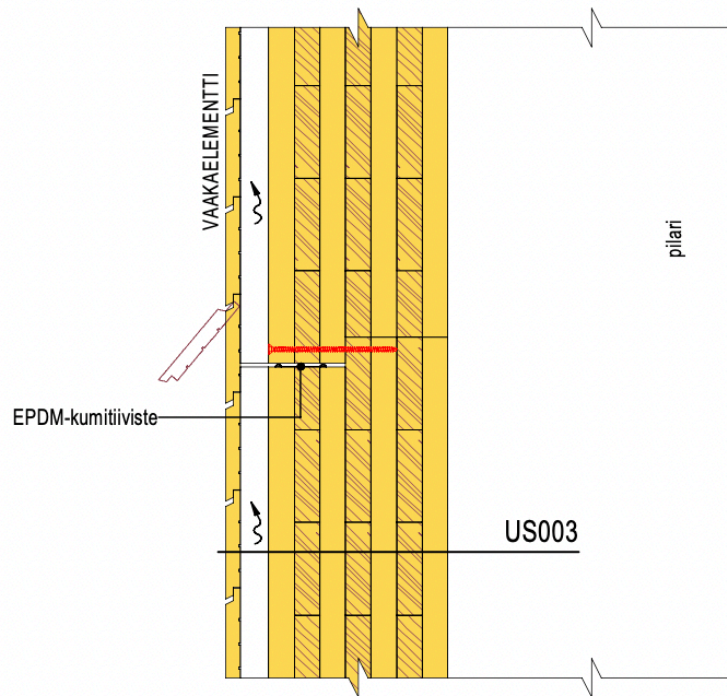
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY018	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	CLT-massiiviseinän liitos perustukseen	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



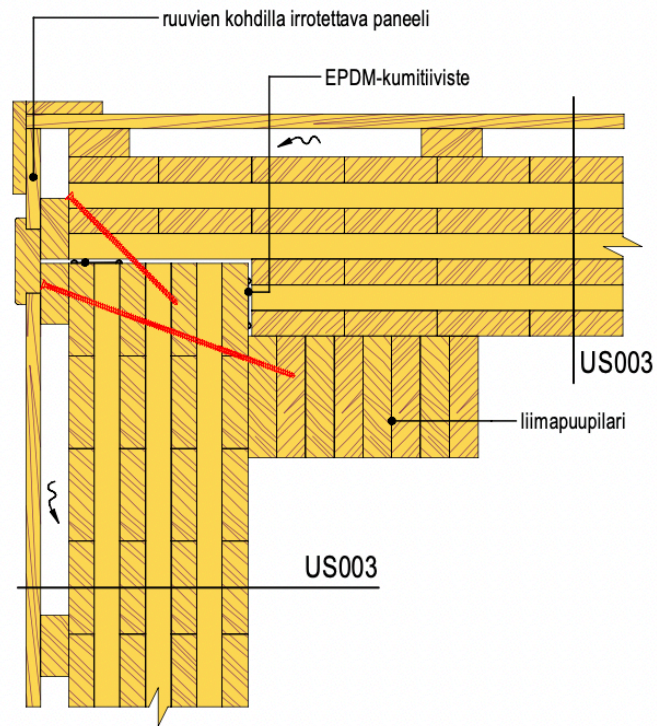
	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY019	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	CLT-massiiviseinän liittymä pilariin	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY020	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	CLT-massiiviseinän vaakasauma	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	DY021	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	CLT-massiiviseinän nurkkaliitos	PVM	MITTAKAAVA
		25.03.2024	1:10



14 Erityiskysymykset

Johdanto

Tässä luvussa esitetään jää- ja uimahalleihin liittyviä erityiskysymyksiä sekä muita olennaisia kysymyksiä liittyen puurungon suunnitteluun. Suunnittelun kannalta olennaista on kosteusolosuhteet ja niiden hallinta rakenteiden sekä taloteknisen suunnittelun kannalta. Kyseisten rakennusten suunnittelu on vaativampaa kuin esimerkiksi tavallisen lämpimän teollisuushallin suunnittelu. HalliPES 2.0 ei tässä vaiheessa käsittele jää- ja uimahalleja. Näin ollen seuraavassa esitetty on enemmänkin muistilista seikoista, joita kyseisten rakennusten suunnittelussa tulee huomioida.

Lisäksi tässä luvussa esitellään rakenneliimattu kattoelementtityyppi, sen ominaisuuksia sekä detaljia.

14.1. Uimahalli ja kylpylä

Puu sopii uimahallien ja kylpylöiden rakenteisiin sekä pintoihin erinomaisesti, kun pidetään huolta, että roiskevesi ei pääse rakenteisiin. Puun etuna on pieni lämmönjohtavuus, jolloin puurakenteet pysyvät lämpiminä eikä kosteus kondensoidu pintoihin. Suunnittelussa huomioitavia seikkoja ovat mm.

- ilmanvaihto
- rakenteiden ilma- ja höyrytiiviys
- akustiikka
- teräsosien korroosiosuojaus (vain tietyt teräslaadut sallitaan kts. SFS 5978), ilmastorastusluokan mukaisesti
- kantaville puurakenteille vaadittava käyttöluokka (suositus käyttöluokka 2).

14.2. Jäähalli

Puurakenteet sopivat hyvin jäähallin runkoon. Puurakenteisilla pääkannattimilla saadaan ”ilmava” sisätila ja pitkä jänneväli. Tyypillisesti jäähallissa käytetään vetotangollista kaarta tai anaspalkkikannatinta. Suunnittelussa huomioitavia seikkoja ovat mm.

- ilmanvaihto
- ulkovaipan kosteustekninen toiminta ympärivuotisessa käytössä
- rakenteiden ilma- ja höyrytiiviys
- akustiikka.

14.3. Muita huomioita liimapuurunkoon liittyen

Liimapuurungon suunnittelussa erityisen kuiviin ja lämpimiin tiloihin (esim. kuivaamot) tulee huomioida puumateriaalin halkeamisherkkyys. Erityisesti puurakenteiden läpiviennit ovat herkkiä halkeilulle vastaavissa olosuhteissa.

14.4. Rakenneliimattu puurunkoinen kattoelementti

Suomessa on tällä hetkellä käytössä kahdenlaisia lämmöneristettyjä puurunkoisia kattoelementtejä. HalliPES 2.0 luvussa 3 Puurunkoiset kattoelementit on esitelty yleisemmin käytössä olevat kattoelementtityypit. Rakenneliimattu puurunkoinen kattoelementti on vaihtoehtoinen rakennetyyppi ja se koostuu seuraavista rakenteista:

- Yläpinnan LVL- tai puulevystä sekä vesikatteesta
- LVL-pääpalkeista
- Lämmöneristeestä
- Alapinnan LVL-levystä, joka toimii tarvittaessa myös höyrynsulkuna
- Alapinnan verhouslevystä (tarvittaessa)

Suurin rakennetekninen ero kattoelementtityyppien välillä on, että rakenneliimatussa kattoelementissä LVL-pääpalkit ja LVL-levyt rakenneliimataan toisiinsa tuotantotehtaalla. Siksi rakenneliimattu kattoelementti on optimaalisempi vaihtoehto pitkien jännevälien (12–24 m) tilanteisiin. Rakenneliimatun kattoelementin vakioleveys on aina 2500 mm ja pituus max. 25 m.

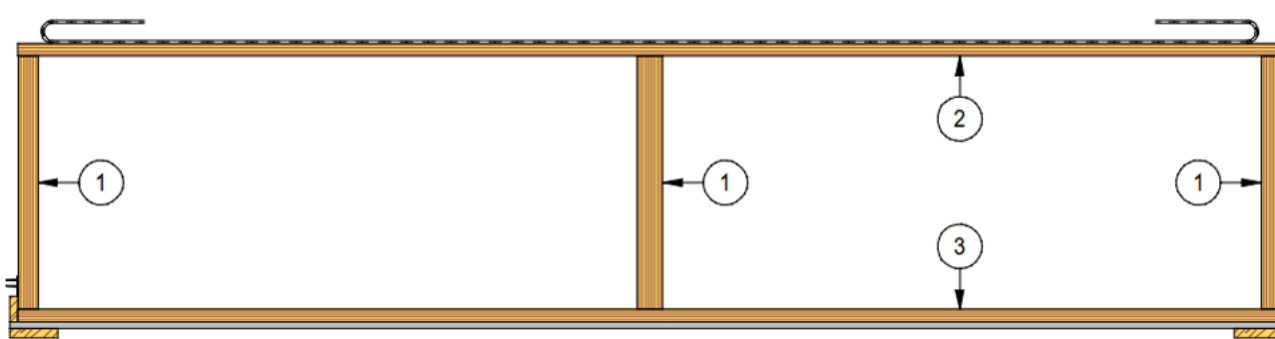
HalliPES 2.0 osan 3 Puurunkoiset kattoelementit sisältö koskien kattoelementtien valmistusta, varastointia ja asennusta, tuuletusta, räystäitä ja vedenpoistoa sekä varusteluja ja muita erityis-seikkoja pätevät sellaisenaan myös rakenneliimattuun kattoelementtityyppiin. HalliPES 2.0 osan 12 detajikkaperiaatteita sovelletaan myös rakenneliimatun kattoelementin osalta. HalliPES 1.0 sisältää myös vastaavaa detajitietoa.

Rakenneliimattu kattoelementti		
Perusominaisuudet		
Palotekninen soveltuvuus	P0, P1, P2, ja P3-paloluokka	
Vesikattopinta	Bitumikermikate tai PVC-kate	
Sisäkattopinta	Rakennuslevy (esim. LVL tai kipsilevy)	
Leveys B	2500 mm	
Lämmöneriste	Mineraalivilla	
Ohjeelliset korkeudet ja jännevälit (lumikuorma 2,2 kN/m ² , ripustuskuorma 0,2 kN/m ² , taipuma L/200)		
Rakennemalli	Jänneväli L	Korkeus H
1-aukkoinen	6 m / 8 m / 10 m / 12 m / 16 m	590 mm
1-aukkoinen	18 m	690 mm
1-aukkoinen	20 m	790 mm
1-aukkoinen	22 m	890 mm
1-aukkoinen	24 m	990 mm
Moniaukkoinen	6 m / 8 m / 10 m / 12 m	590 mm

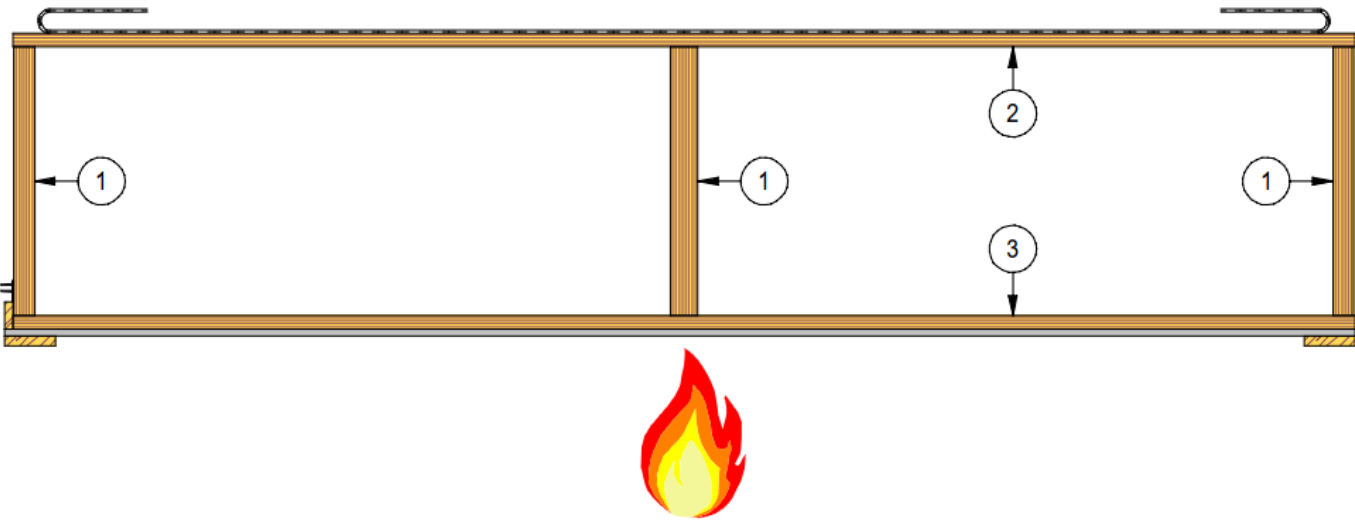
Taulukko 24. Rakenneliimatun kattoelementin ominaisuuksia.

14.5. Rakenneliimatun kattoelementin suunnittelu

Kattoelementit tulee suunnitella aina tapauskohtaisesti huomioiden kattoelementin toiminta normaalilämpötilassa ja palotilanteessa yhdessä primäärirungon kanssa. Taulukoissa 25 ja 26 on esitetty kattoelementtien osien toiminta ja niiden suunnittelussa huomioitavia seikkoja normaalilämpötilassa ja palotilanteessa. Kattoelementtien kantavat rakenteet mitoitetaan palotilanteessa vain alapuoliselle palolle, joten ontelopaloa ei tarvitse tarkastella. Ontelo tulee kuitenkin jakaa 1600 m²:n palo-osastoihin EI 30 rakentein ja kyseiset osastot jakaa 400 m²:n osiin EI 15 rakentein.

Rakenteellisesti liimattu kattoelementti normaalilämpötilassa		
Osa	Rakenneosan toiminta	Rakenneosan suunnittelussa huomioitavia seikkoja
1	Jos kantaa vain yläpohjan pystykuormat	- Taivutus - Tukipaine (rungon tukilevitys tai ripaleveyden kasvatus)
	- Jos kantaa yläpohjan pystykuormat - Jos siirtää primäärirungon sivuttaistuenta-voimia jäykisteille	- Taivutus + Normaalivoima (yhteisvaikutus) - Liitos pääkannattimeen - Tukipaine (rungon tukilevitys tai reunapalkin leveyden kasvatus) - Normaalivoiman siirtäminen elementtijatkoksi
2	Jos kantaa vain vesikaton pystykuormat	Taivutus
	- Jos kantaa vesikaton pystykuormat - Jos toimii koko elementin levyjäykisteenä	- Taivutus - Levyjäykistys - Voimien siirtyminen levyjäykisteelle
3	Jos kantaa vain alakaton pystykuormat	- Taivutus - Liitos elementin pääpalkkiin (ripustuskuorma)
	- Jos kantaa alakaton pystykuormat - Jos toimii koko elementin levyjäykisteenä	- Taivutus - Levyjäykistys - Voimien siirtyminen levyjäykisteelle - Liitos elementin pääpalkkiin (ripustuskuorma)
ELEMENTIN KANTAVAT OSAT Osa 1: Elementin pääpalkki Osa 2: Vesikaton kantava runko (sis. vesikatteen alusrakennelevytyksen) Osa 3: Alakaton kantava runko 		

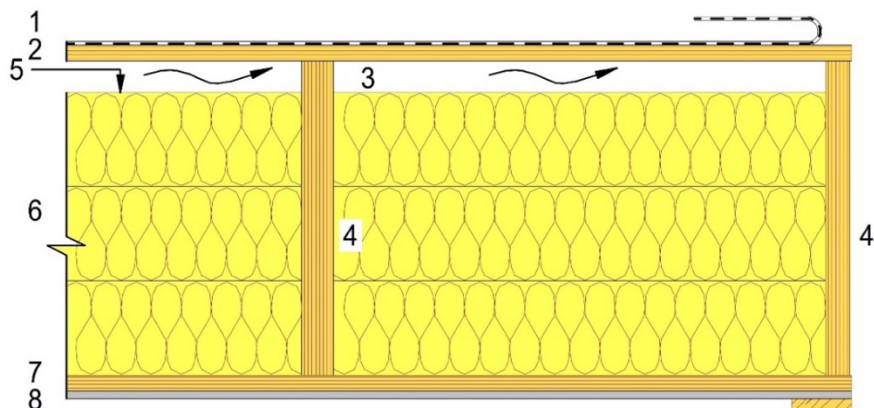
Taulukko 25.

Rakenteellisesti liimattu kattoelementti palotilanteessa	
Palomitoitusmenetelmä	Palomitoituksessa huomioitavia seikkoja
Jos suojataan koko palonkestoajalle (rakennesosat eivät hiilly)	Alakaton palosuojauksen tulee kestää koko palonkesto aika
Jos suojataan osaksi palonkestoajasta (rakennesosat hiiltävät, kun palosuojalevytys menettää tai alkaa menettämään palosuojauskykyään)	- Alalaipan tulee kantaa villat koko palonkestoajan - Hiiltynyt alalaippa ei toimi liittorakenteena pääpalkin kanssa - Mahdollinen levyjäykistystoiminnon säilyminen palossa - Alalaipan liitoksien palonkestävyys
ELEMENTIN KANTAVAT OSAT Osa 1: Elementin pääpalkki (ripa) Osa 2: Vesikaton kantava rakenne (ylälaippa) Osa 3: Alakaton kantava rakenne (alalaippa) 	

Taulukko 26.

	PROJEKTI	TUNNUS	
	HalliPES 2.0	YP003	
	SISÄLTÖ	PROJEKTIN No.	
	Yläpohjaelementti	PVM	MITTAKAAVA
	LVL kotelolaatta (rakenneliimattu)	15.03.2024	1:10

HUOM! RAKENNELIIMATTU ELEMENTTI



NRO	KERROS	MATERIAALI	MITTA[mm]
1	Vesikate	Bituminen aluskermi TL2 tai PVC 1-kerroskate ARK mukaan	
2	Kantava levyrakenne (ylälaippa)	Kotelolaatta RAK mukaan	
3	Tuuletusväli		≥ 20
4	Kattoelementin kantava rakenne (ripa)	Kotelolaatta RAK mukaan	
5	Yläpohjan yläpinta	Tuulensuoja tarvittaessa	
6	Lämmöneristys	Mineraalivilla	450
7*	Kantava levyrakenne (alalaippa)	Kotelolaatta RAK mukaan	
8**	Sisäverhous	Rakennuslevy ARK / RAK mukaan	12-18

*) Alapinnan LVL-levy toimii myös rakenteen höyrynsulkuna

**) Levytykset elementin palonkestovaatimuksen mukaisesti

15 Liitteet

Liite 1 Liimapuupilarikenkä, tekninen käyttöohje ja kestävyystaulukot
Liite 2 Liimaruuviliitosten suunnitteluohje, Lausunto EUFI29-19002809-T1
Liite 3 Pilarikenkien DWG-tiedostot

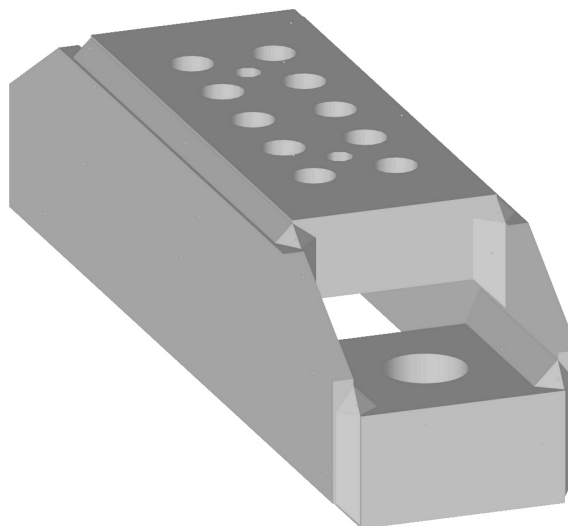
Liite 1. Liimapuupilarikenkä, tekninen käyttöohje ja kestävyystaulukot

Liimapuupilarikenkä

Tekninen käyttöohje ja kapasiteettitaulukot

Versio ja päivämäärä:

- | | |
|---------------|--|
| a) 21.11.2014 | Alustava sisältö arvioitavaksi |
| b) 16.01.2015 | 2. vaiheen mukainen toteutus, tavoitelujuuksien mukaiset pilarikengät |
| c) 5.2.2015 | Täydennetty kohtia 1.2.2 (paloruuvit) ja 1.2.3 (ylisuuret peruspulttireiät), korjattu asennus-tilanteen kapasiteetit |



Tilaaaja:

Topi Helle,
Finnish Wood Research Oy

Lähtötiedot ja toimeksianto:

Henri Salonen,
Metsä Wood

Osan mitoitus ja käyttöohje:

Petri Kortelainen,
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

A-Insinöörit Suunnittelu Oy

ESPOO

Bertel Jungin aukio 9
02600 Espoo
Puh. 0207 911 777
Fax 0207 911 779

TAMPERE

Satakunnankatu 23 A
33210 Tampere
Puh. 0207 911 777
Fax 0207 911 778

E-mail:
etunimi.sukunimi@ains.fi
Internet:
www.a-insinoorit.fi

Y-tunnus 0211382-6
Kotipaikka Tampere

Liimapuupilarikengän tekninen käyttöohje ja kapasiteettitaulukot

Yleistä:

- Liimapuupilarikengää käytetään liimapuupilarin liitoksissa perustuksiin. Pilarikengä välittää voimat liimapuupilarilta peruspulteille. Mitoitustaulukon tarkoituksena on mahdollistaa pilarikengän taulukkomitoitus normaalien pilarikengkätapausten tilanteissa pilarileveyksillä 115, 140, 165, 190, 215, 240 ja 265 mm.
- Tässä ohjeessa annetaan sallitut normaalivoimakestävyydet liimapuupilarikengälle asennus- ja lopputilanteessa. Sallitut arvot esitetään N_{Rd} -taulukoissa eri pilarikengäleveyksille ja liimaruuvimäärille. Taulukko ei ota kantaa koko liitoksen kestävyyskykyyn, vaan liittyvät osat kuten peruspultit, juotosvalut ja liimaruuvit on mitoitettava erikseen. Ohjeessa annetut kapasiteetit koskevat liitteenä esitettyjä pilarikengkiä ja niiden versioita eri liimaruuvimäärille.
- Osan mitoitus perustuu standardeihin SFS-EN1993-1-1, SFS-EN1993-1-5 ja SFS-EN1993-1-8 sekä näiden kansallisiin liitteisiin.

Sisällys

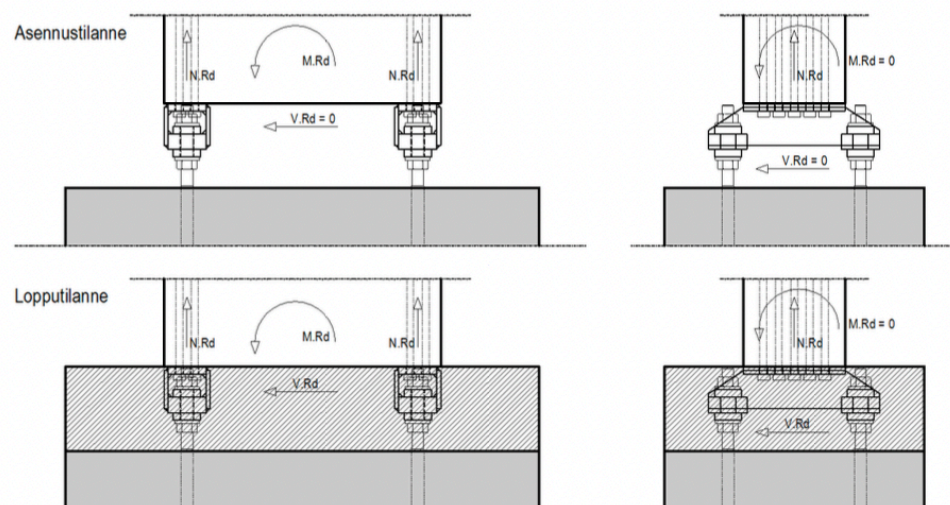
Liimapuupilarikengän tekninen käyttöohje ja kapasiteettitaulukot.....	2
1 Pilarikengän ominaisuudet	3
1.1 Rakenteellinen toiminta	3
1.1.1 Rakenteellinen yleiskuvaus.....	3
1.1.2 Asennusaikainen tilanne, veto	4
1.1.3 Asennusaikainen tilanne, puristus.....	4
1.1.4 Lopputilanne, veto	4
1.1.5 Lopputilanne, puristus.....	4
1.2 Käytön rajoitukset.....	4
1.2.1 Kuormitus ja ympäristöolosuhteet	4
1.2.2 Yhteistoiminta pilarin kanssa.....	4
1.2.3 Yhteistoiminta peruspulttien kanssa	4
1.2.4 Pilarikengien sijoittaminen.....	5
1.3 Muut ominaisuudet	5
2 Kestävyydet.....	5
2.1 Laskentaperusteet ja oletukset	5
2.2 Kapasiteettitaulukko, N_{Rd} asennustilanteessa	5
2.3 Kapasiteettitaulukko, N_{Rd} lopputilanteessa	6
2.4 Muodonmuutosparametrit.....	7
3 Liitoksen toteutus.....	7

1 Pilarikengän ominaisuudet

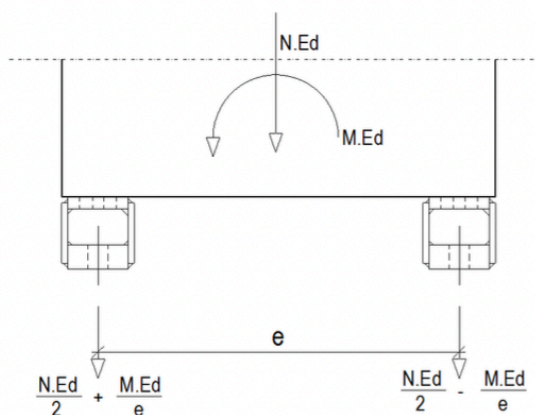
1.1 Rakenteellinen toiminta

1.1.1 Rakenteellinen yleiskuvaus

Liitoksen kokonaisuuden toimintaa asennustilanteessa ja lopputilanteessa juotosvalun jälkeen on esitetty kuvassa 1. Yksittäisen pilarikengän normaalivoimakuormitus eri tilanteissa lasketaan kuvan 2 mukaisesti laskemalla pystykuorman ja momentin yhteisvaikutus. Pilarikengälle ei ilmoiteta pilarin heikomman suunnan momenttikapasiteettia, vaan liitos tulee olettaa niveleksi pilarin heikommassa suunnassa. Pilarissa käytetään oletuksena kahta pilarikenkää kuvan 1 mukaisesti. Käytettävä pilarikenkäleveys määräytyy käytettävän liimapuupilarin leveyden mukaisesti.



Kuva 1, Kuvassa on esitetty liitoksen kokonaisuus asennustilanteessa ja lopputilanteessa. Asennustilanteessa leikkausvoimakapasiteettia ei ilmoiteta kumpaankaan suuntaan. Pilarin heikomman suunnan momenttikapasiteettia ei liitokselle ilmoiteta kummassakaan tilanteessa.



Kuva 2, Kuvassa on esitetty yksittäisen pilarikengän kuormituksen muodostuminen pystykuorman ja momentin yhdistelmänä.

1.1.2 Asennusaikainen tilanne, veto

Vetotilanteessa ala- ja yläpuolten ruuvit aluslevyineen välittävät kuorman pilarikengälle. Kuorman oletetaan olevan täysin keskeinen ja jakautuvan tasaisesti ruuvien ja ruuvirivien kesken. Peruspulttien oletetaan olevan sivuun siirtyviä.

1.1.3 Asennusaikainen tilanne, puristus

Puristustilanteessa pilarikengä tukeutuu alapuolen peruspulttien alempien aluslevyjen välityksellä peruspulteille. Yläpuolelta osaa kuormittaa ylälaipalle tasaisesti jakautunut kuorma. Peruspulttien oletetaan olevan sivuun siirtyviä. Ilmoitetussa kapasiteetissa on huomioitu pilarikengälle korkeintaan 1/100 vinoustoleranssi pystysuorasta.

1.1.4 Lopputilanne, veto

Vetotilanteessa ala- ja yläpuolten ruuvit aluslevyineen välittävät kuorman pilarikengälle. Kuorman oletetaan olevan täysin keskeinen ja jakautuvan tasaisesti ruuvien kesken. Tilanteessa oletetaan, että suuria vaakasuunnan muodonmuutoksia ei pilarikengään voi muodostua juotosvalun vuoksi.

1.1.5 Lopputilanne, puristus

Puristustilanteessa pilarikengä tukeutuu liitoksen juotosvaluun. Lopullisessa rakenteessa puristuksen oletetaan välittyvän pääosin suoraan ylälaipan alapuoliselle juotosvalulle, joten lopputilanteen puristuskapasiteetissa pilarikengä ei ole mitoittava osa liitoksessa.

1.2 Käytön rajoitukset

1.2.1 Kuormitus ja ympäristöolosuhteet

- Annetut normaalivoimakapasiteetit oletetaan keskeisiksi, eli pilarikengän pystykuorman oletetaan jakautuvan tasaisesti molemmille peruspulteille ja kaikille liimaruuveille. Lisäksi asennustilanteen puristuskapasiteetissa on oletettu peruspultin olevan pystysuora, jolloin vaakakuormitusta pilarikengälle ei synny.
- Pilarikengälle ei ilmoiteta pilarin heikomman suunnan momenttikapasiteettia, eli liitos tulee olettaa rakenteellisesti niveleksi heikommassa suunnassa.
- Pilarikengän ei oleteta siirtävän leikkausvoimia asennustilanteessa, eikä osalle myöskään ilmoiteta kapasiteettia leikkaukselle. Lopputilanteessa leikkausvoiman oletetaan siirtyvän juotosvalun kautta peruspilarille. Jos liitokselle vaaditaan leikkaukskapasiteettia enemmän kuin liimaruuvit sallivat, tulee liitoksessa käyttää erillistä leikkauksosaa.
- Pilarikengää ei ole suunniteltu palotilanteelle, eli lopputilanteessa osaa suojaavan juotosvalun on oltava valmis.

1.2.2 Yhteistoiminta pilarin kanssa

Käytetyt oletukset liimaruuvien vaatimuksista, kapasiteeteista ja reunaetäisyyksistä perustuvat VTT lausuntoon NRO VTT-S-07607-12, jossa on esitetty liimaruuvien mitoitusohjeet. Liimaruuvireikien minimikeskiöväliksi ylälaipassa on oletettu 40 mm käytetyn liimaruuviohjeen mukaisesti.

Liimaruuvien lisäksi käytetään paloruuveja 1-2 kpl / pilarikengä. Paloruuveille on ylälaipassa varattu Ø13 mm reiät mallikuvien mukaisesti. Mikäli käytettävät paloruuvit ovat uppokantaisia, tulee myös ylälaipan reikävarausten olla senkattu niin, että lopputilanteessa ruuvien kanta on kokonaisuudessaan terästä vasten.

1.2.3 Yhteistoiminta peruspulttien kanssa

Peruspultin halkaisija valitaan väliltä 16..30 mm. Aluslevynä molemmilla puolilla alalaippaa käytetään peruspultin mukaista aluslevyä (teräsalaatu S355J2+N). Alalaippojen reikien halkaisijana käytetään myös vastaavasti

peruspulttikokoa vastaavaa mitta, eli:

- M16 peruspultilla alalaipan reiän halkaisija Ø28 mm, aluslevy Ø38-6
- M20 peruspultilla alalaipan reiän halkaisija Ø31 mm, aluslevy Ø46-6
- M24 peruspultilla alalaipan reiän halkaisija Ø35 mm, aluslevy Ø56-6
- M30 peruspultilla alalaipan reiän halkaisija Ø40 mm, aluslevy Ø65-8

Mikäli käytetään yllä esitettyjä pulttikohtaisia mittoja suurempaa reikää alalaipassa, tulee käytettävä aluslevy mitoittaa erikseen tai käyttää esimerkiksi aluslevyä 20 mm* 70 mm* 70 mm. Esimerkiksi pilarikengän reiän halkaisijan ollessa 40 mm ja peruspultin halkaisijan ollessa 16 mm, tulee käyttää suurempaa aluslevyä kuin normaalisti. Aluslevyn reikien koot määräytyvät käytettävän peruspultin mukaisesti; peruspultin halkaisija + 2 mm.

Tässä ohjeessa annetut pilarikengäkapasiteetit toteutuvat käytettäessä korkeintaan 40 mm reikiä alalaipoissa. Käytettäessä suurempaa reikäkoko, muuttuu myös pilarikengän kapasiteetti ja liitoksen murtotapa. Jos kuitenkin halutaan käyttää suurempaa reikäkoko esimerkiksi paksumman peruspultin erikoistapauksissa, tulee alalaipan yhdistetty taivutus- ja leikkausjännitys tarkistaa erikseen ja käyttää mahdollisesti paksumpaa alalaippaa. Tällöin kannattaa huomioida myös mahdollinen pilarikengän kokonaiskorkeuden kasvaminen.

1.2.4 Pilarikengien sijoittaminen

- Pilarikengien sijainnit on oletettu pilarin reunoille kuvan 2 mukaisesti.
- Liimaruuvien rivien sijainnit ovat liitteen 1 mallikuvien mukaisesti. Liimaruuvirivejä on pilarikengässä yhteensä kaksi.
- Liimaruuvien lukumäärä on 2..5 / rivi, liitteen 1 mallikuvien mukaisesti.
- Mitoituksessa on tarkasteltu vain yksittäistä pilarikengää ja sen normaalivoimakkestävyyttä. Jos halutaan käyttää vierekkäin useampia pilarikengä (esimerkiksi 2+2 kpl / pilari) täytyy liitos suunnitella erikseen ja huomioida jännitysten jakautuminen pilarikengien kesken.

1.3 Muut ominaisuudet

- Levyosien teräslaatu S 355J2+N, EN10025-2.
- Toteutusluokka EXC2 EN 1090-2, hitsausluokka C EN ISO 5817, hitsisaumat liitteen 1 mallikuvien mukaisesti.
- Osan toteutuksessa suurin sallittu vinous pystysuunnasta on 1/100, eli $\pm 1,0$ mm. Muutoin valmistustoleranssit EXC2 EN 1090-2 mukaisesti.
- Pilarikengän muodonmuutosta kuormituksessa ja nivelen jäykkyyttä voidaan arvioida kohdan 2.4 mukaisesti. Koko liitoksen muodonmuutosparametrin määrittelemiseksi tulee huomioida myös peruspulttien venyminen.

2 Kestävyydet

2.1 Laskentaperusteet ja oletukset

Ilmoitetut kapasiteetit koskevat vain liitteen 1 mukaisia pilarikengä. Jos levyjä tai hitsisaumoja muutetaan mallikuvista, ei annettuja kapasiteetteja voida enää käyttää. Seuraavissa kohdissa on ilmoitettu sallitut kuormitukset eri kuormitustilanteille.

2.2 Kapasiteettitaulukko, N_{Rd} asennustilanteessa

Tulokset eri pilarikengäveyksille ja liimaruuvimäärille on annettu alla olevassa taulukossa. Liimaruuvien määrä taulukoissa on ilmoitettu koko pilarikengälle. Koko liitoksen puristuskapasiteettiin asennustilanteessa vaikuttaa

huomattavasti myös peruspulttien kapasiteetti, suoruus ja asennuksen epäkeskisyys. Peruspultit tulee aina tarkistaa myös asennuksen aikaisille kuormituksille.

Vetokapasiteetti asennustilanteessa N_{Rd} [kN]				
Pilarikenkä	Liimaruuvien lukumäärä / pilarikenkä			
	10	8	6	4
265	250	250	250	-
240	265	265	265	-
215	-	280	280	-
190	-	300	300	-
165	-	-	320	280
140	-	-	-	270
115	-	-	-	260

Taulukko 1, Pilarikenkien vetokapasiteetit asennustilanteessa.

Puristuskapasiteetti asennustilanteessa N_{Rd} [kN]				
Pilarikenkä	Liimaruuvien lukumäärä / pilarikenkä			
	10	8	6	4
265	-290	-290	-290	-
240	-300	-300	-300	-
215	-	-320	-320	-
190	-	-340	-340	-
165	-	-	-350	-260
140	-	-	-	-240
115	-	-	-	-230

Taulukko 2, Pilarikenkien puristuskapasiteetit asennustilanteessa pystysuoralle puristukselle. Koko liitoksen puristuskapasiteettiin asennustilanteessa vaikuttaa huomattavasti myös peruspulttien kapasiteetti, suoruus ja asennuksen epäkeskisyys. Peruspultit tulee aina tarkistaa myös asennuksen aikaisille kuormituksille.

2.3 Kapasiteettitaulukko, N_{Rd} lopputilanteessa

Tulokset eri pilarikenkäleveyksille ja liimaruuvimäärille on annettu alla olevassa taulukossa. Liimaruuvien määrä taulukoissa on ilmoitettu koko pilarikengälle. Lopputilanteen puristuskapasiteettia ei tuloksissa ilmoiteta.

Vetokapasiteetti lopputilanteessa N_{Rd} [kN]				
Pilarikenkä	Liimaruuvien lukumäärä / pilarikenkä			
	10	8	6	4
265	575	475	375	-
240	575	475	375	-
215	-	475	375	-
190	-	475	375	-
165	-	-	375	260
140	-	-	-	260
115	-	-	-	260

Taulukko 3, Pilarikenkien vetokapasiteetit lopputilanteessa.

2.4 Muodonmuutosparametrit

Pilarikengille on johdettu lineaariset muodonmuutosparametrit lopputilanteen kuormitukselle kuormitusvälillä 0..575 kN. Tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa. Koko liitoksen muodonmuutoksissa tulee huomioida myös peruspulttien venymä, joka riippuu pulttien pinta-alasta ja venyvästä pituudesta.

Pilarikengän muodonmuutosparametri [N/mm]*10 ⁶				
Pilarikengä	Liimaruuvien lukumäärä / pilarikengä			
	10	8	6	4
265	1,30	1,15	0,95	-
240	1,30	1,15	0,95	-
215	-	1,20	0,95	-
190	-	1,60	1,25	-
165	-	-	1,30	0,85
140	-	-	-	0,85
115	-	-	-	0,90

Taulukko 4, Taulukossa on esitetty pilarikengien arvioidut muodonmuutosparametrit kuormitusvälillä 0..575 kN. Koko liitoksen muodonmuutoksissa tulee huomioida myös peruspulttien venymä, joka riippuu pulttien pinta-alasta ja venyvästä pituudesta.

3 Liitoksen toteutus

- Juotosvalu on tehtävä painelaatikkovaluna juotoslaastilla. Massan lujuusluokka määräytyy perustusrakenteiden lujuuden mukaan, kuitenkin vähintään C 40/50. Massan tulee olla helposti tiivistyvää ja suurin raekoko korkeintaan 3 mm. Massan kuivumiskutistumisen tulee olla mahdollisimman pientä. Kovettumisen aikana liitoksen muodonmuutokset tulee estää. Pilareiden tulee asennustilanteessa olla tuettuna vaakasuunnassa. Toteutuksessa on noudatettava valmistajan ohjeita.
- Liimaruuvien käyttöön liittyvät rajoitukset määräytyvät käytettävien liimaruuvien ohjeiden mukaisesti.
- Peruspulttien käyttöön liittyvät rajoitukset määräytyvät perustusrakenteiden ja peruspulttiohjeiden mukaisesti.

Viitteet:

1. VTT lausunto NRO VTT-S-05701-14: Liimaruuviliitosten suunnitteluohje, 5.12.2014
2. SFS-EN 1993-1-1, EC3 Teräsrakenteiden suunnittelu, yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt
3. SFS-EN 1993-1-5, EC3 Teräsrakenteiden suunnittelu, levyrakenteet
4. SFS-EN 1993-1-8, EC3 Teräsrakenteiden suunnittelu, liitosten mitoitus
5. SFS-EN 10025-2, Kuumavalssatut rakenneteräkset, Osa 2: Seostamattomat rakenneteräkset
6. SFS-EN 1090-2, Teräs- ja alumiinirakenteiden toteuttaminen, Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset
7. SFS-EN ISO 5817, Hitsaus, Teräksen sulahitsaus, hitsiluokat

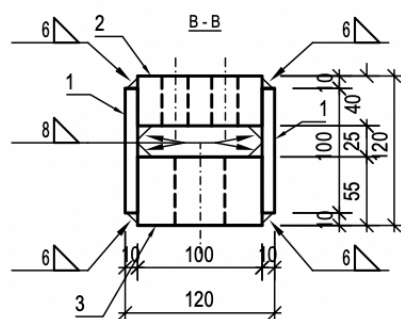
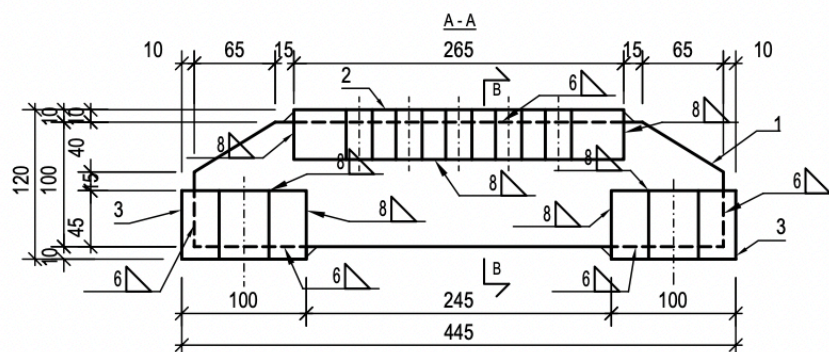
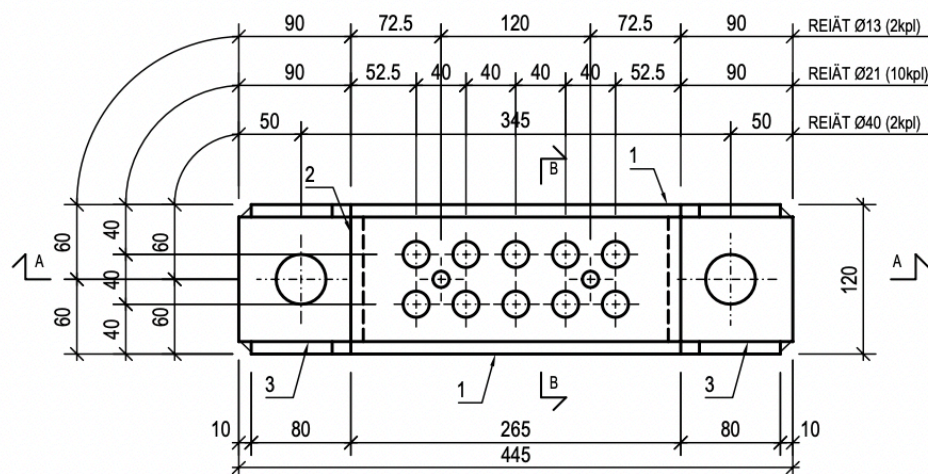
Liitteet:

1. Pilarikengän mallikuvat, 14 sivua

LIIMAPUUPILARIKENKÄ MALLIKUVA

1:5

265 mm, 10 liimaruuvia



MATERIAALILISTAUS:

Tunnus	Koko	Teräslaatu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	425	6.26 kg
2	PL40x100	S355J2+N	1	265	8.32 kg
3	PL55x100	S355J2+N	2	100	8.64 kg
				Yht.	23.22 kg

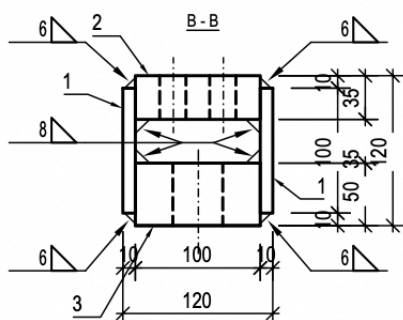
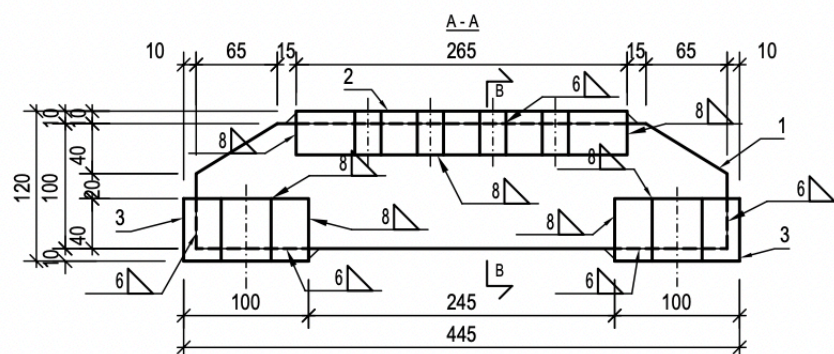
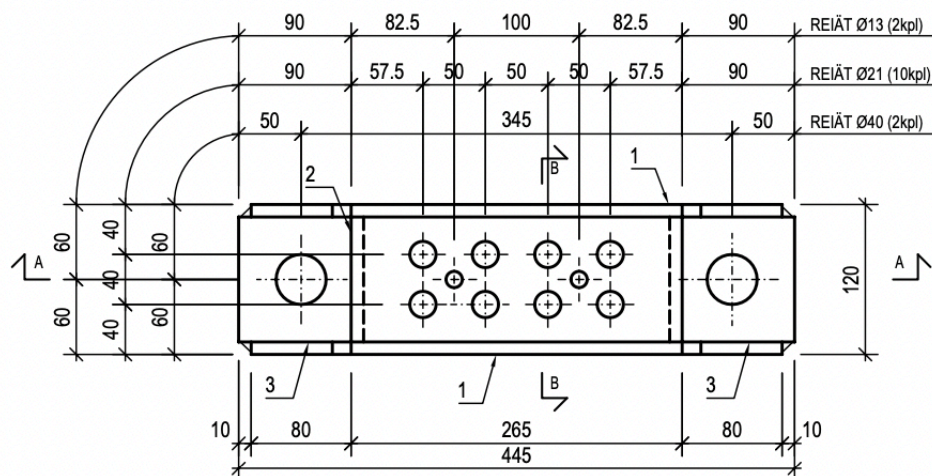
YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2
HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2
- Hitsiluokka C, EN ISO 5817
- YHTENÄINEN HITSISAUMA OSAN YMPÄRI
TOLERANSSIT: - PYSTYSUORUUS 1/100
- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2
MAALAU:

LIIMAPUUPILARIKENKÄ MALLIKUVA

1:5

265 mm, 8 liimaruuvia



MATERIAALILISTAUUS:

Tunnus	Koko	Teräslaatu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	425	6.26 kg
2	PL35x100	S355J2+N	1	265	7.28 kg
3	PL50x100	S355J2+N	2	100	7.85 kg
				Yht.	21.40 kg

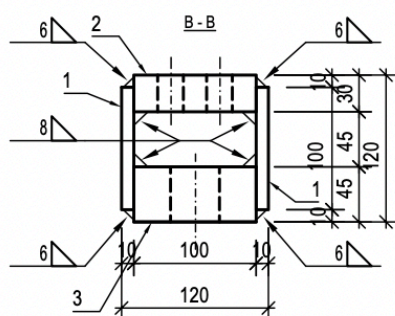
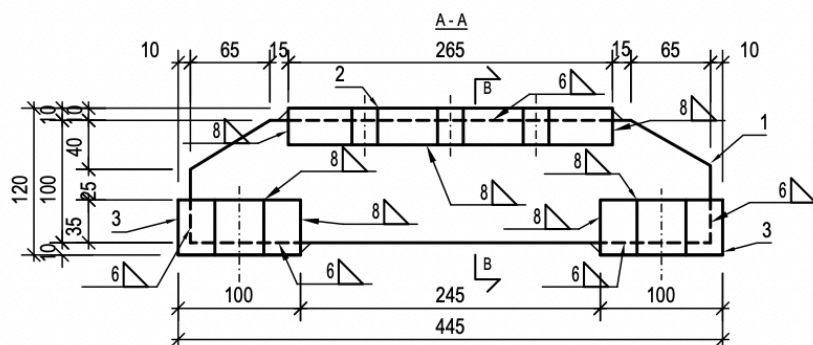
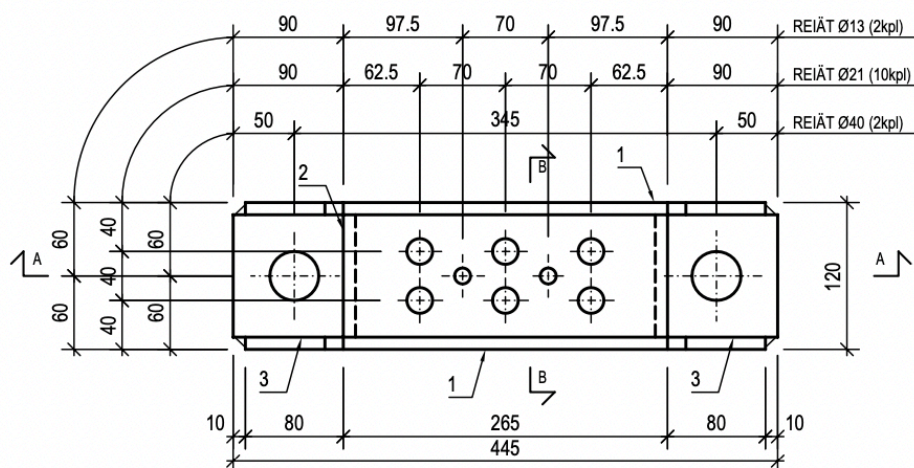
YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2
HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2
- Hitsiluokka C, EN ISO 5817
- YHTENÄINEN HITSISAUMA OSAN YMPÄRI
TOLERANSSIT: - PYSTYSUORUUS 1/100
- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2
MAALAUS:

LIIMAPUUPILARIKENKÄ
MALLIKUVA

1:5

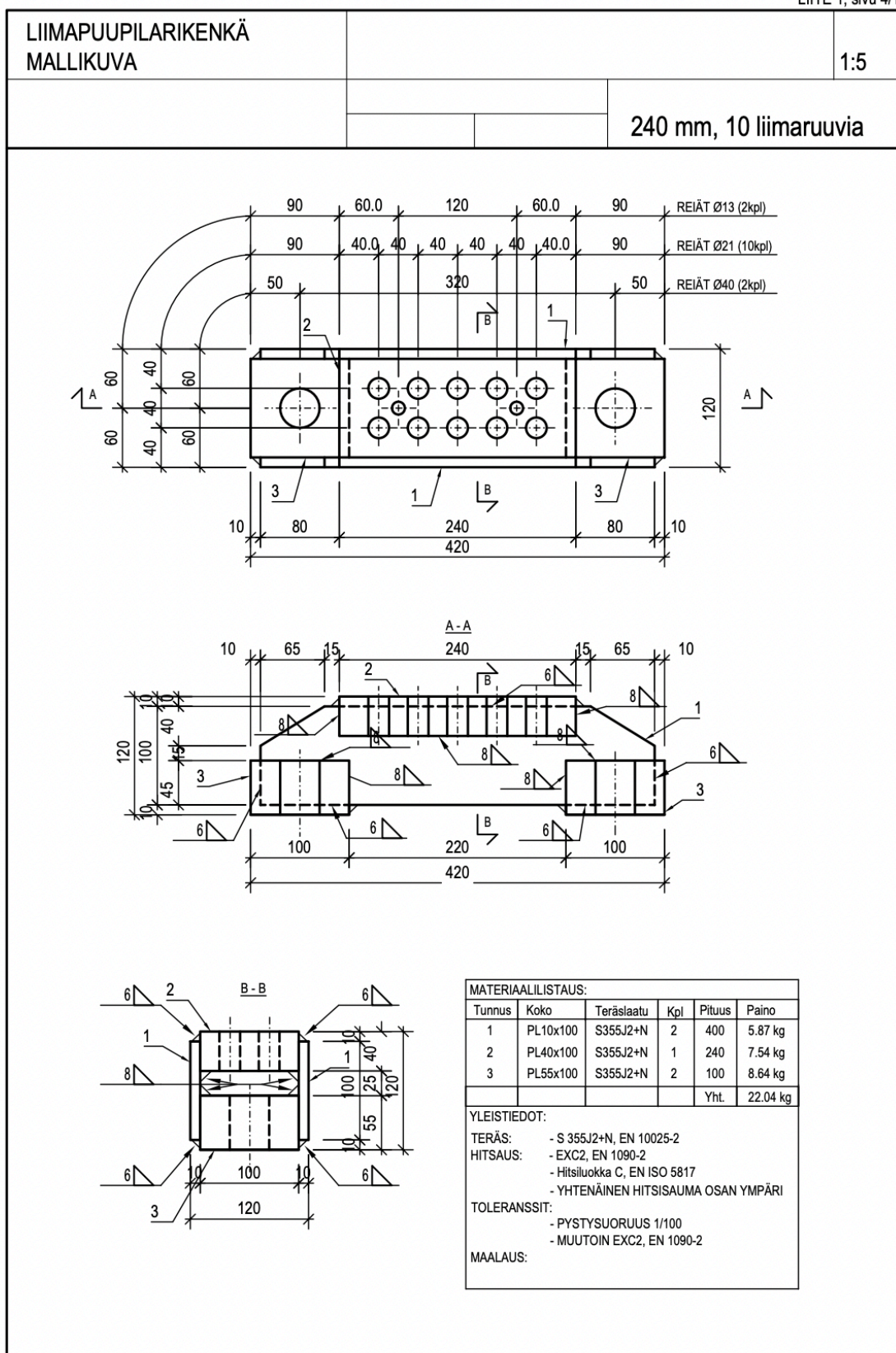
265 mm, 6 liimaruuvia

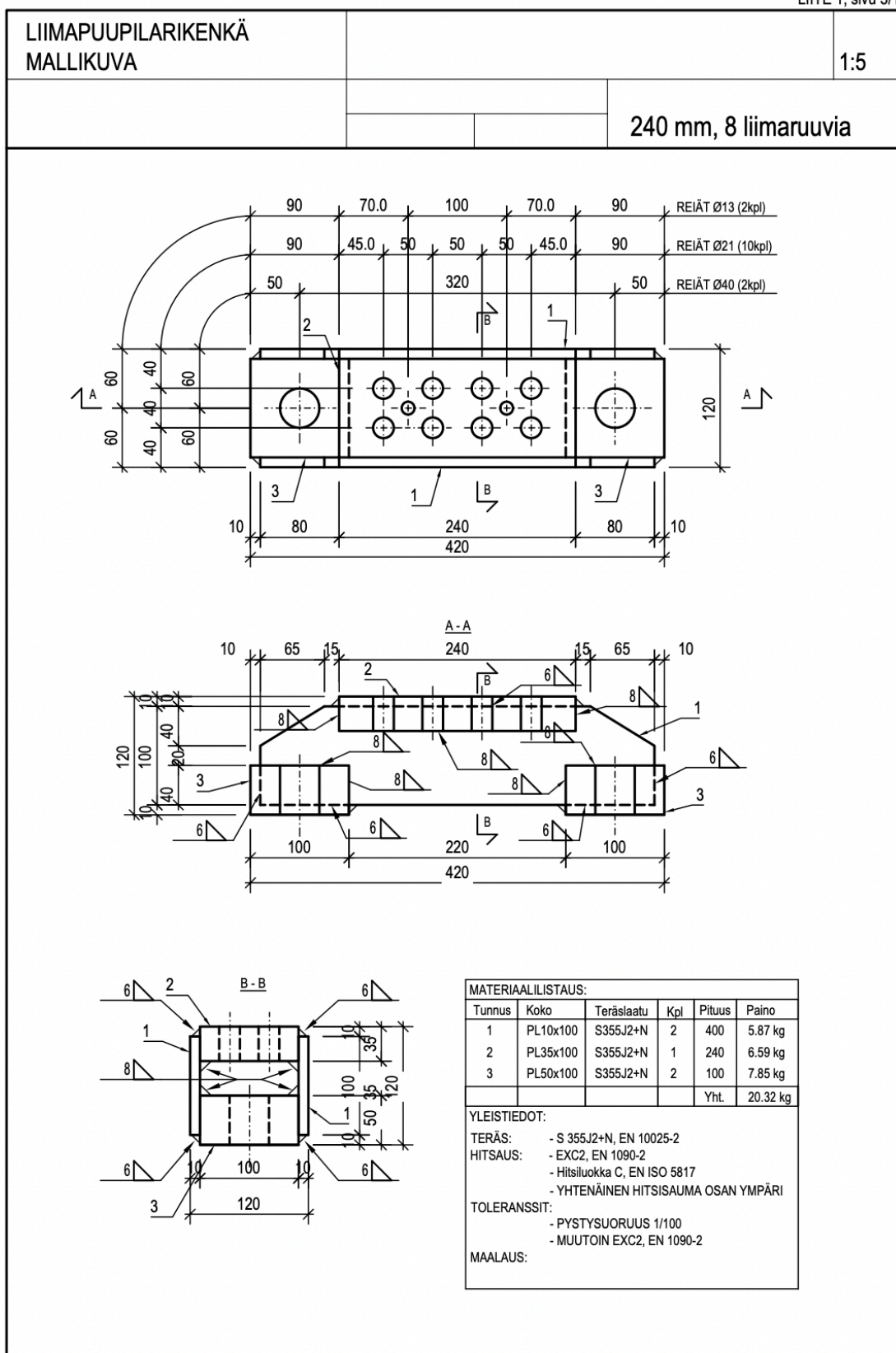


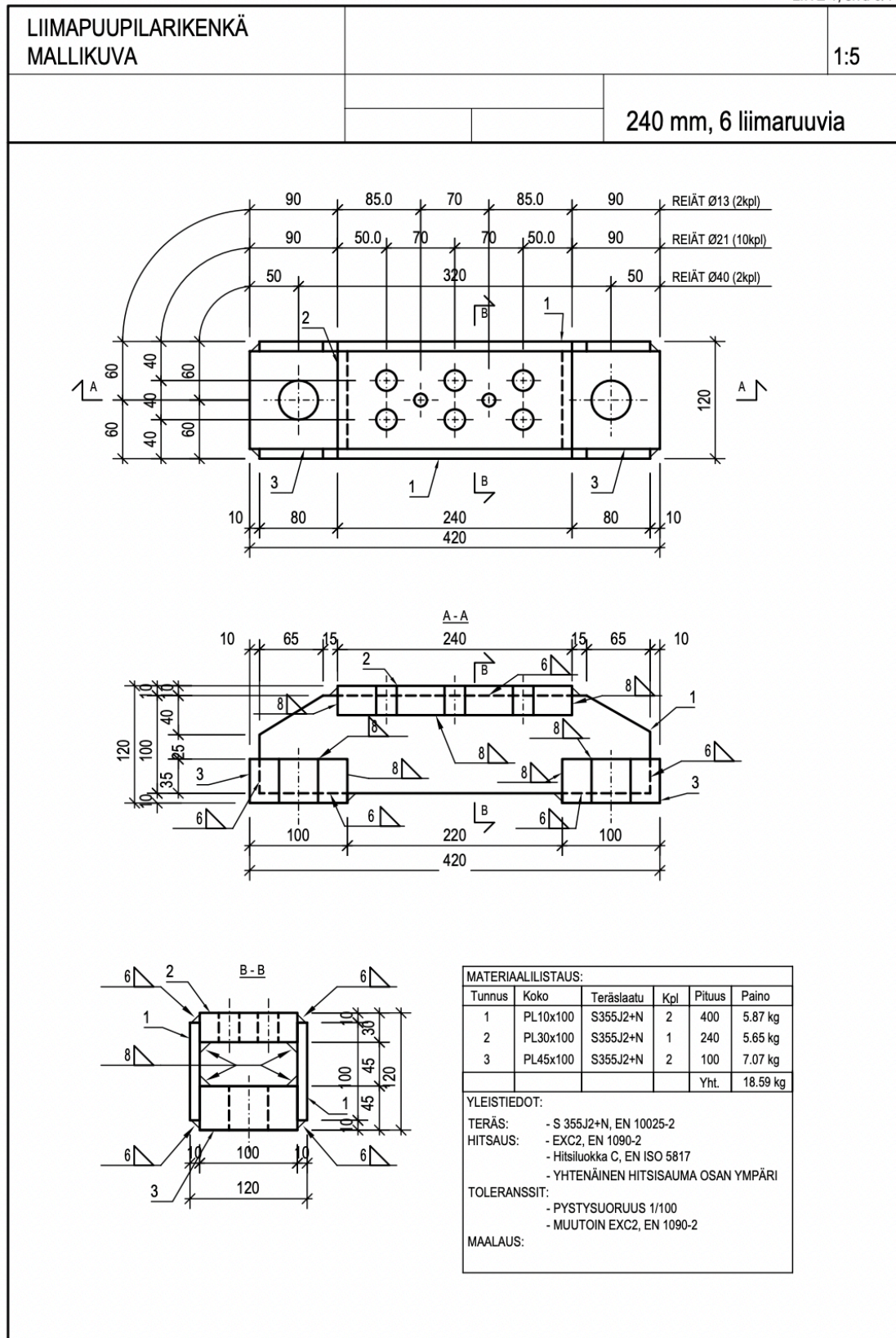
MATERIAALILISTAUS:					
Tunnus	Koko	Teräslaatu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	425	6.26 kg
2	PL30x100	S355J2+N	1	265	6.24 kg
3	PL45x100	S355J2+N	2	100	7.07 kg
				Yht.	19.57 kg

YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2
HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2
- Hitsiluokka C, EN ISO 5817
- YHTENÄINEN HITSAUSOMA OSAN YMPÄRI
TOLERANSSIT: - PYSTYSUORUUS 1/100
- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2
MAALAUS:



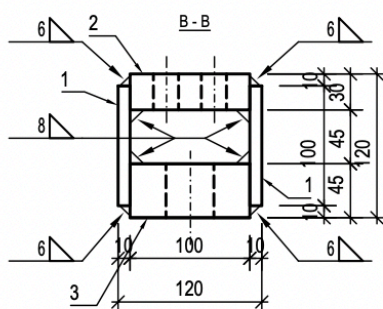
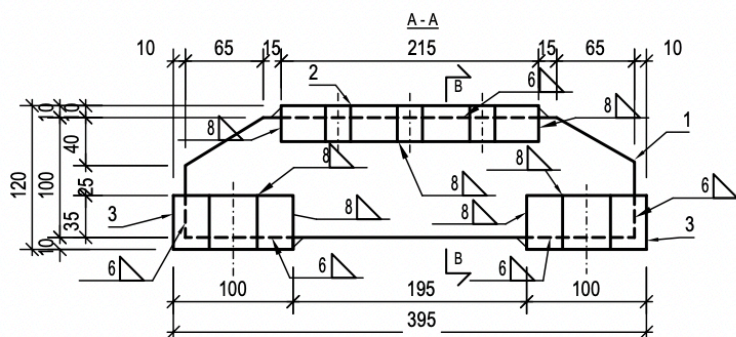
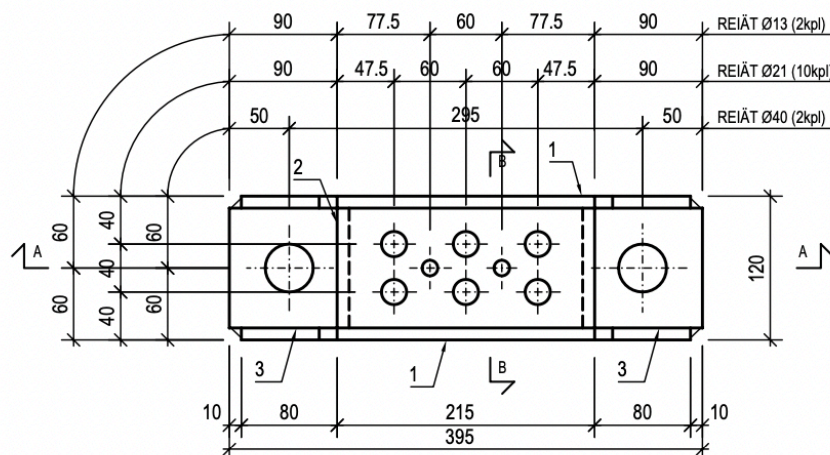




LIIMAPUUPILARIKENKÄ MALLIKUVA

1:5

215 mm, 6 liimaruuvia

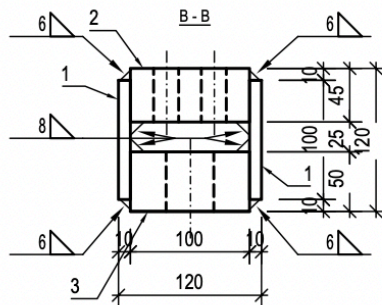
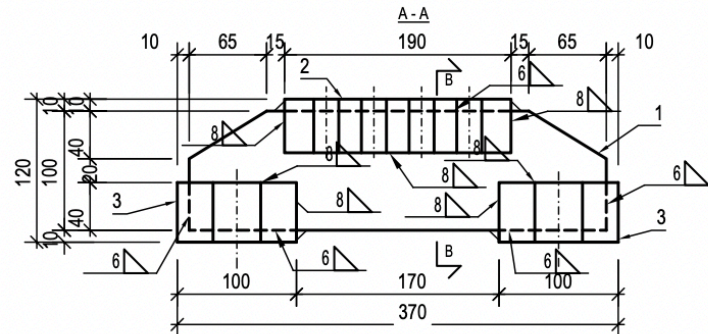
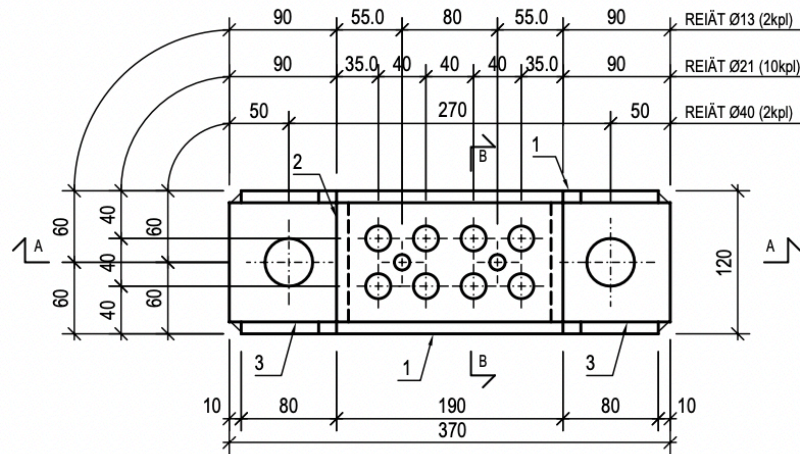


MATERIAALILISTAUS:					
Tunnus	Koko	Teräslaatu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	375	5.48 kg
2	PL30x100	S355J2+N	1	215	5.06 kg
3	PL45x100	S355J2+N	2	100	7.07 kg
				Yht.	17.61 kg
YLEISTIEDOT:					
TERÄS:		- S 355J2+N, EN 10025-2			
HITSAUS:		- EXC2, EN 1090-2			
		- Hitsiluokka C, EN ISO 5817			
		- YHTENÄINEN HITSISAUMA OSAN YMPÄRI			
TOLERANSSIT:		- PYSTYSUORUUS 1/100			
		- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2			
MAALAUS:					

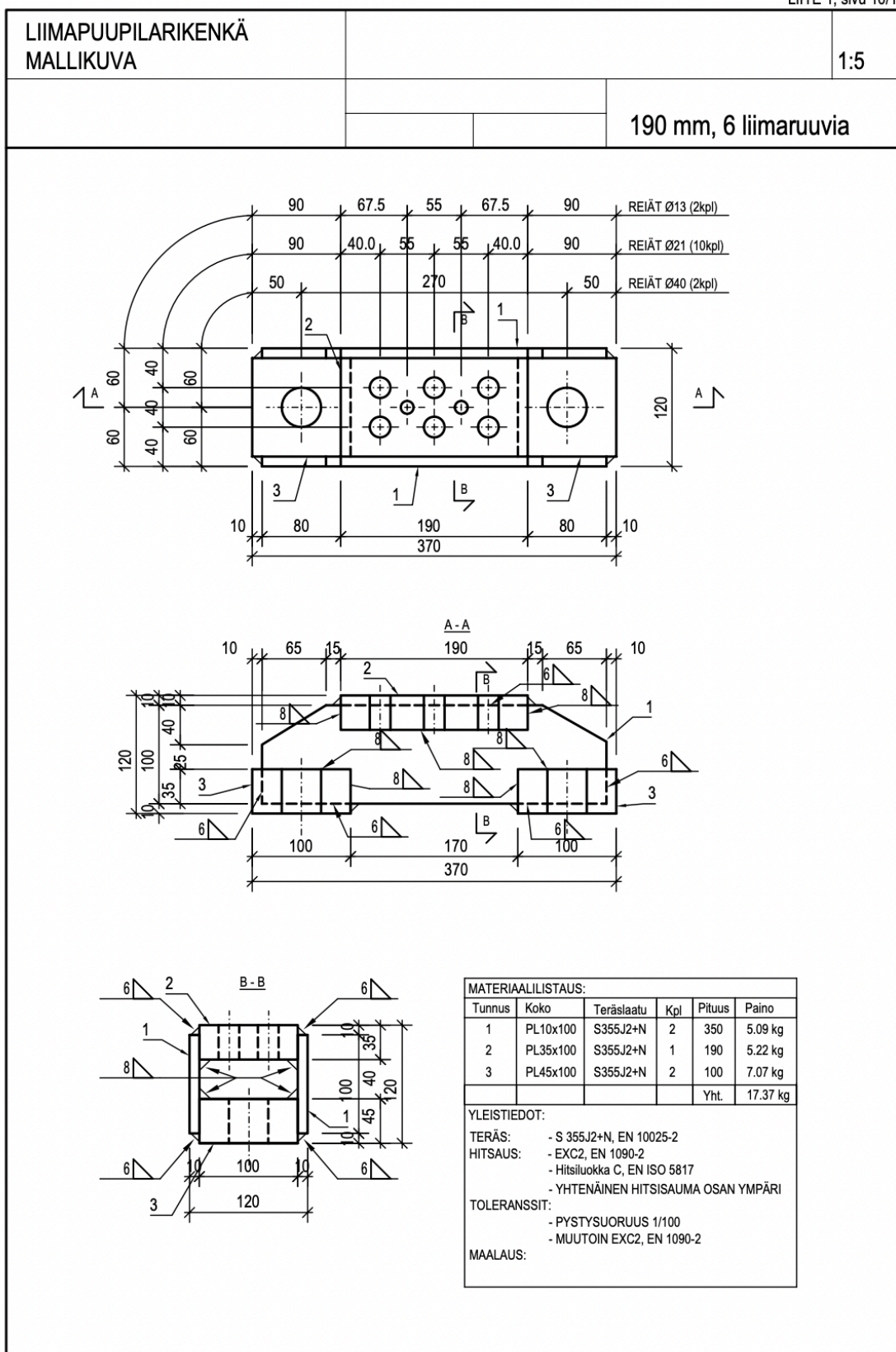
**LIIMAPUUPILARIKENKÄ
MALLIKUVA**

1:5

190 mm, 8 liimaruuvia



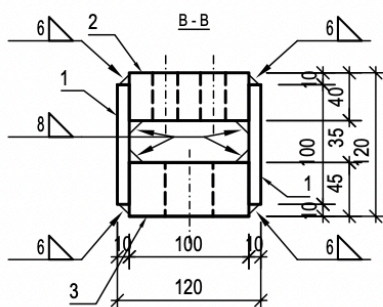
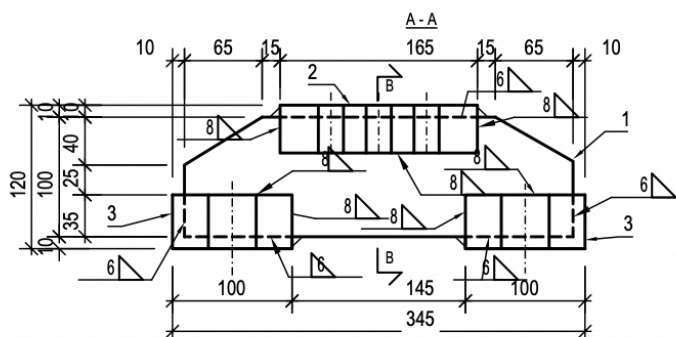
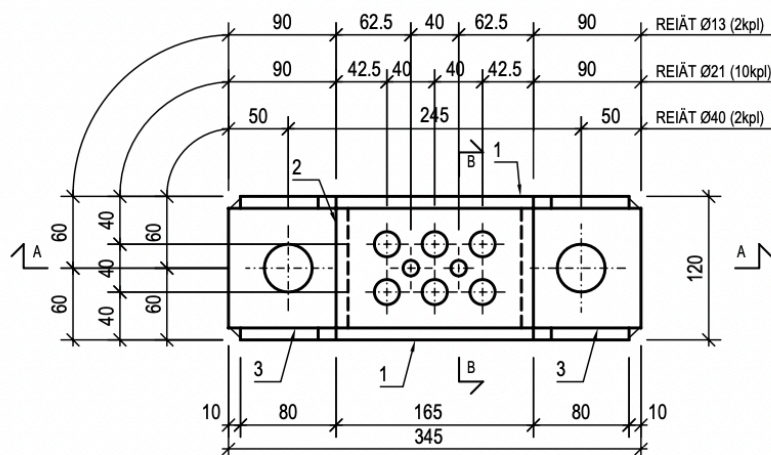
MATERIAALILISTAUS:					
Tunnus	Koko	Teräslaatu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	350	5.09 kg
2	PL45x100	S355J2+N	1	190	6.71 kg
3	PL50x100	S355J2+N	2	100	7.85 kg
				Yht.	19.65 kg
YLEISTIEDOT:					
TERÄS:		- S 355J2+N, EN 10025-2			
HITSAUS:		- EXC2, EN 1090-2			
		- Hitsiluokka C, EN ISO 5817			
		- YHTENÄINEN HITSISAUMA OSAN YMPÄRI			
TOLERANSSIT:		- PYSTYSUORUUS 1/100			
		- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2			
MAALAUS:					



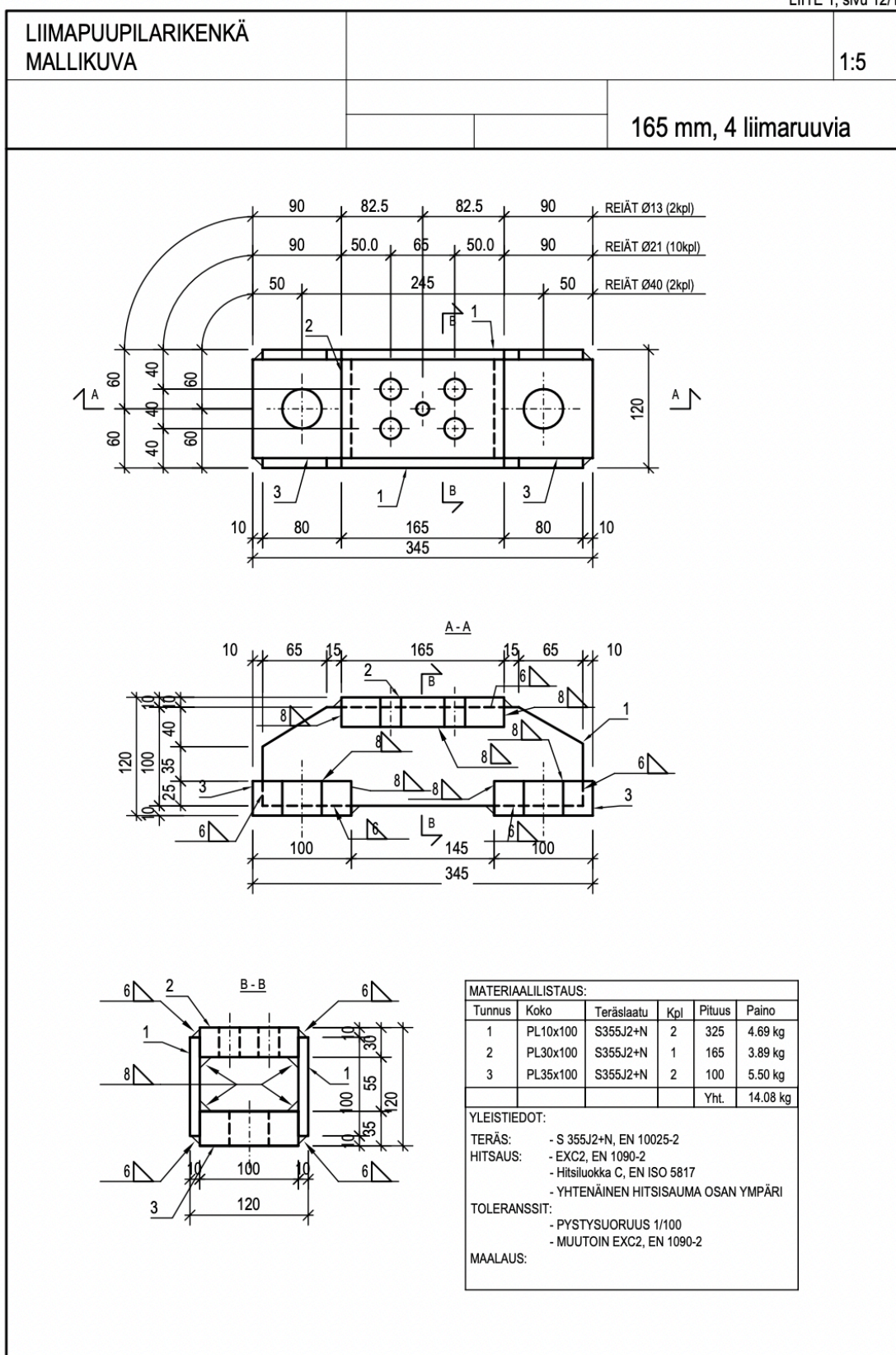
LIIMAPUUPILARIKENKÄ MALLIKUVA

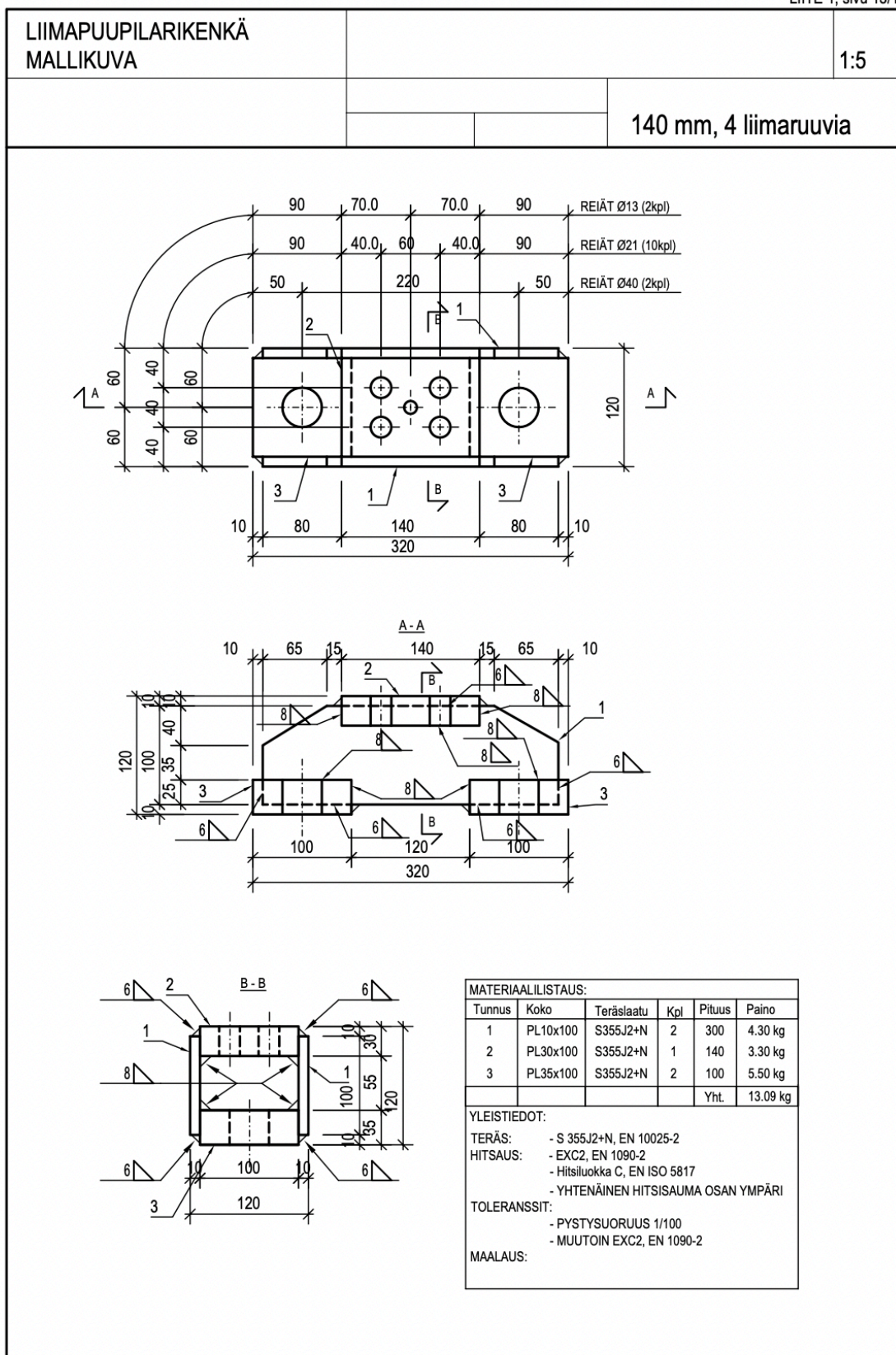
1:5

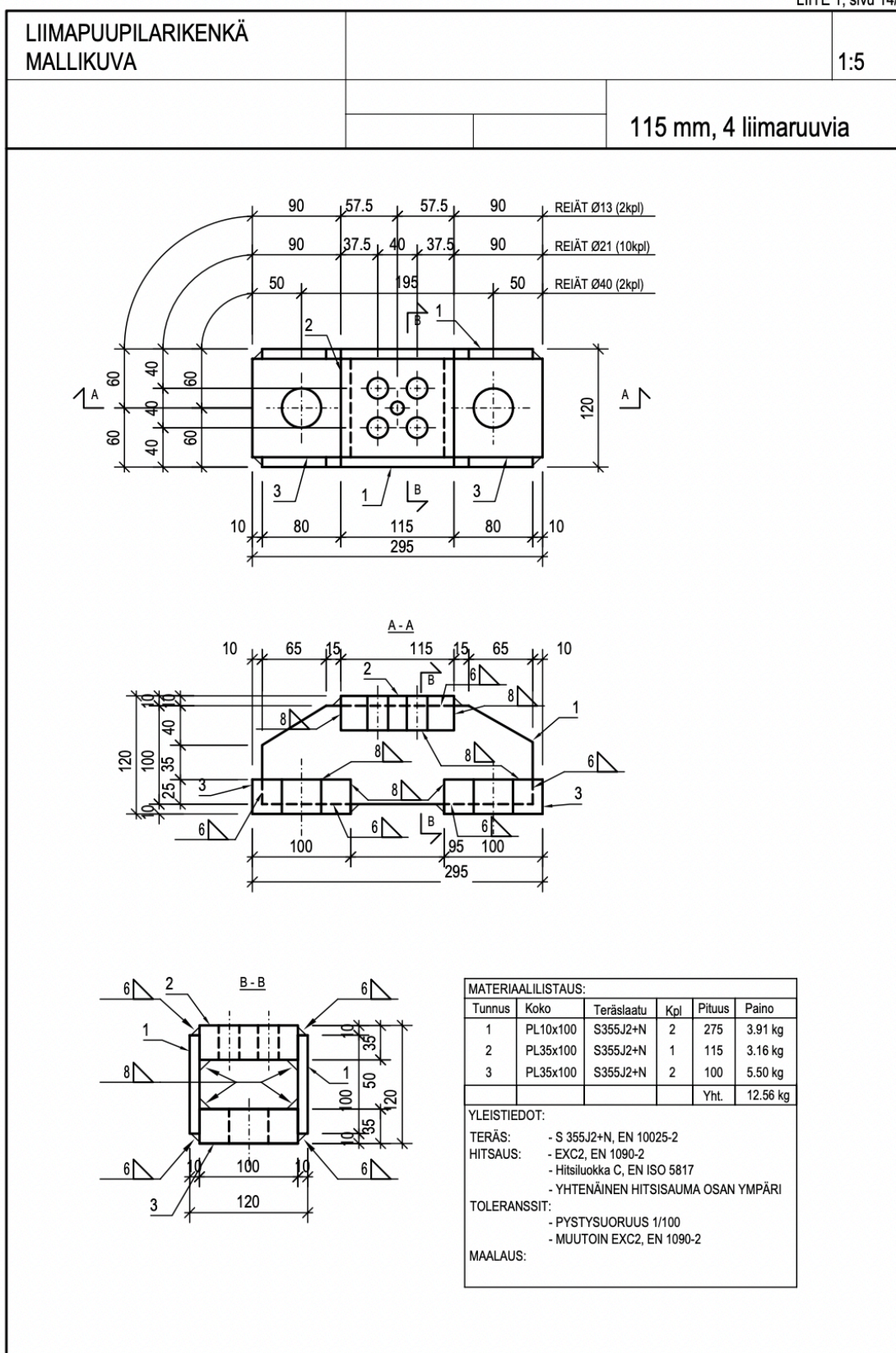
165 mm, 6 liimaruuvia



MATERIAALILISTAUS:					
Tunnus	Koko	Teräslaatu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	325	4.69 kg
2	PL40x100	S355J2+N	1	165	5.18 kg
3	PL45x100	S355J2+N	2	100	7.07 kg
				Yht.	16.94 kg
YLEISTIEDOT:					
TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2					
HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2					
- Hitsiluokka C, EN ISO 5817					
- YHTENÄINEN HITSISAUMA OSAN YMPÄRI					
TOLERANSSIT:					
- PYSTYSUORUUS 1/100					
- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2					
MAALAUUS:					







Liite 2. Liimaruuviliitosten suunnitteluohje, Lausunto EUFI29-19002809-T1



Expert Services

Lausunto No EUFI29-19002809-T1

1 (5)

Tilaaaja	Suomen Liimapuu yhdistys ry Tero Vesanen Länsikaari 7 18100 Heinola vesanen.tero@gmail.com
Tilaus	Tomi Koskeniemi 8.5.2019
Yhteyshenkilö	Eurofins Expert Services Oy Ari Kevarinmäki Kemistintie 3 PL 47, 02151 Espoo AriKevarinmaki@eurofins.fi

Liimaruuviliitosten suunnitteluohje

Yleistä

Tämä lausunto koskee sellaisten ilmoitetun laaduntarkastuslaitoksen valvonnassa valmistettavien liimaruuviliitosten mitoitus, joiden alkutestaus on raportoitu VTT:n tutkimusselostuksessa nro RTE 1568/01, VTT-S-03104-09 tai VTT-S-07591-12. Liimaruuviliitoksissa käytetään valmistajakohtaisesti hyväksytyjä liimoja, valmistustekniikoita ja laadunvarmennusmenettelyä. Tämä lausunto perustuu EN 1995-1-1+A1+A2:2014 suunnittelustandardin (*Eurokoodi 5*) ja sen Suomen kansallisen liitteen mukaiseen murtorajatilamitoitukseen, edellä mainittuihin VTT:n tutkimusselostuksiin (*Liimaruuviliitosten vetokokeet*) sekä Eurofinsin tekemiin laskelmiin, joissa on sovellettu lähteissä /1/, /2/ ja /3/ julkaistuja suunnitteluohjeita ja tutkimustuloksia.

Tämä lausunto koskee epoksi- tai polyuretaaniliimalla liimapuuhun syiden suuntaisesti liimattuja kansiruuveja, jotka ovat kärkeänsä 100...150 mm:n pituudelta kierteistettyjä. Liimapuun on kuusta tai mäntyä ja sen lujuusluokka on vähintään GL30c. Ruuvien sileän osan halkaisija on 19 mm ja ruuviteräksen lujuusluokka on S235JRG2 (EN10025) tai 5.8 (ISO EN 898-1). Lujuusluokan 5.8 ruuvien yhteydessä käytetään aina epoksi-liimaa. Ruuvien tartuntapituus liimapuussa $L_a = 400...490$ mm. Ruuvien sileän osan syvyydelle saakka porataan 20 mm:n reikä. Tämän jälkeen em. reiän pohjaan porataan 16 mm:n reikä niin, että reiän kokonaissyvyys vastaa ruuvien tartuntapituutta L_a .

Tämä lausunto koskee liimaruuviliitosten normaalivoima- ja leikkausvoimakestävyyttä Eurokoodi 5 osan 1-1:n mukaisessa murtorajatilamitoituksessa käyttöluokissa 1 ja 2. Tämä lausunto ei koske liimaruuviliitosten palonkestävyyttä eikä sellaisten rakenteiden suunnittelua, joissa vaikuttaa pitkäaikaisesti yli 50 °C lämpötila tai dynaamisesti vaihtorasitettu kuormitus.

Liimaruuvien normaalivoimakestävyys

Pituussuunnassa kuormitetun liimaruuvien normaalivoimakestävyyden mitoitusarvo

$$R_{ax,d} = \min \left\{ \frac{R_{y,k}}{\gamma_{M,0}}, \frac{k_{mod}}{\gamma_M} R_{a,k} \right\} \quad (1)$$

missä $R_{y,k}$ ruuvien myötökestävyyden ominaisarvo;

$\gamma_{M,0}$ ruuvien myötöämiselle käytettävä osavarmuusluku, Suomessa $\gamma_{M,0} = 1,0$;

$R_{a,k}$ tartuntakestävyyden ominaisarvo;

k_{mod} liimapuun kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin;

γ_M puurakenteiden liitosten osavarmuusluku, Suomessa $\gamma_M = 1,3$.

Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.

Eurofins Expert Services Oy, Y-tunnus 2297513-2

Ruuvien myötökkestävyydelle voidaan käyttää ominaisarvoa

$$R_{y,k} = \begin{cases} 62 \text{ kN} & \text{lujuusluokassa S235} \\ 101 \text{ kN} & \text{lujuusluokassa 5.8} \end{cases} \quad (2)$$

Tartuntakestävyydelle voidaan käyttää käyttöluokassa 1 seuraavaa ominaisarvoa:

$$R_{a,k} = \begin{cases} (L_a/490) \cdot 72 \text{ kN} & \text{kun ruuvien lujusluokka on S235} \\ (L_a/490) \cdot 84 \text{ kN} & \text{kun ruuvien lujusluokka on 5.8} \end{cases} \quad (3)$$

missä L_a on ruuvien tartuntapituus millimetreinä.

Käyttöluokassa 2 kaavan (3) mukainen tartuntakestävyys $R_{a,k}$ kerrotaan luvulla 0,8.

Vektorisetun liimaruuviryhmän tulee lisäksi täyttää seuraava ehto:

$$F_{t,d} \leq n_t^{0,9} R_{ax,d} \quad (4)$$

missä $F_{t,d}$ vedetyn liimaruuviryhmän mitoituskuorma;

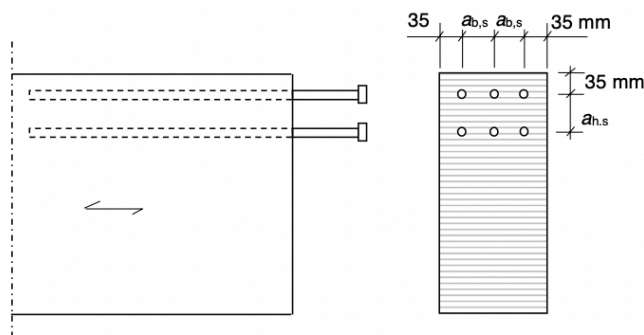
n_t vedettyjen liimaruuvien lukumäärä;

$R_{ax,d}$ ruuvien normaalivoimakestävyyden mitoitusarvo.

Reunaetäisyydet ja ruuvivälit

Pienimmät sallittavat liimaruuvien reunaetäisyydet ja keskinäiset etäisyydet on esitetty kuvassa 1. Esitetyt arvot edellyttävät, että liimaruuvien valmistuksessa reiän kohdistus-tarkkuus on $\pm 2 \text{ mm}$ ja että poratun reiän vinous on enintään $L/100$.

Liimaruuvien pienin sallittava reunaetäisyys liimapuun pinnasta on 35 mm mitattuna ruuvien keskelle. Yleinen ruuvien välinen pienin sallittava keskinäinen etäisyys liimapuun leveys-suunnassa $a_{b,s} = 60 \text{ mm}$ ja poikkileikkauksen korkeussuunnassa $a_{h,s} = 75 \text{ mm}$. Kun ruuvien lujusluokka on S235 ja liimapuun kannalta mitoittavin kuormitusyhdistelmä kuuluu hetkelliseen aikaluokkaan, voidaan käyttää minimietäisyyksiä $a_{b,s} = 50 \text{ mm}$ ja $a_{h,s} = 65 \text{ mm}$.



$a_{b,s} = 50 \text{ mm}$ ja $a_{h,s} = 65 \text{ mm}$, kun S235 ruuvi ja hetkellinen aikaluokka on mitoittava;
 $a_{b,s} = 60 \text{ mm}$ ja $a_{h,s} = 75 \text{ mm}$ muussa tapauksessa.

Kuva 1. Pienimmät sallittavat liimaruuvien reunaetäisyydet ja keskinäiset välit liimapuun lujusluokassa GL30c, kun liimaruuvien ulosvetokestävyys hyödynnetään täysimääräisenä.

Keskiöetäisyyksiä a_b ja a_h voidaan redusoida aina 40 mm:iin saakka edellyttäen, että liimapuun vetokestävyys toteuttaa ehdon:

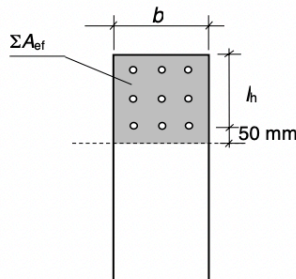
$$N_{t,d} = f_{t,d} \sum_{i=1}^{n_i} A_{ef,i} \geq F_{t,d} \quad (5)$$

missä $f_{t,d}$ liimapuun vetolujuuden mitoitusarvo;
 $A_{ef,i}$ liimapuun tehollinen vetovyöhykkeen pinta-ala ruuvia i kohden;
 n_i liitinryhmän vedettyjen liimaruuvien lukumäärä;
 $F_{t,d}$ vedetyn liimaruuviryhmän mitoituskuorma.

Suorakaiteen muotoisen tehollisen pinta-alan $A_{ef,i}$ reuna ulottuu korkeintaan 50 mm:n etäisyydelle ruuvista. Tehollisesta pinta-alasta on vähennettävä 16 mm:n porareikää vastaava 200 mm² pinta-ala. Eri ruuvien teholliset pinta-alat eivät voi olla päällekkäin. Kun kuvan 2 mukaiseen suorakaiderasteriin sijoitetun liitinryhmän keskiöetäisyydet a_h ja $a_b \leq 100$ mm ja reunaetäisyydet ovat enintään 50 mm, liitinryhmän tehollinen pinta-ala voidaan laskea lausekkeesta:

$$\sum_{i=1}^n A_{ef,i} = b \cdot (l_h + 50 \text{ mm}) - n \cdot 200 \text{ mm}^2 \quad (6)$$

kun b on liimapuupalkin leveys ja h on kauimmaisen ruuvirivin etäisyys liimapuun vedetystä reunasta.



Kuva 2. Vedetyn liitinryhmän tehollinen pinta-ala, kun reunaetäisyydet ovat 35..50 mm ja ruuvien keskiöetäisyydet ovat 40..100 mm.

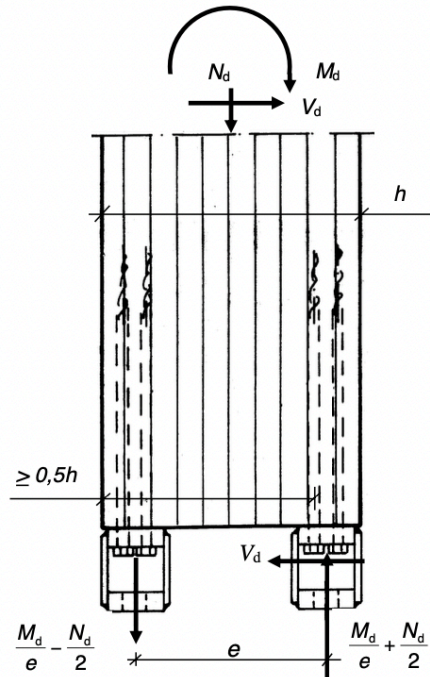
Leikkauskestävyys

Vetorasitetuilla liimaruuveilla ei oleteta olevan leikkausvoimakkestävyyttä. Puristettujen liimaruuvien leikkauskestävyyttä voidaan hyödyntää, kun ruuvien etäisyys liimapuupoikkileikkauksen leikkauskuormitetusta reunasta on vähintään $0,5h$, kun h on liimapuupoikkileikkauksen korkeus tarkasteltavassa suunnassa (ks. kuva 3). Tällaisten vaaroina toimivien liimaruuvien leikkauskestävyyksien mitoitusarvot $R_{v,d}$ on esitetty taulukossa 1. Mikäli ruuvien keskiöetäisyys $a_h < a_{h,s}$, tulee taulukon 1 arvoja pienentää kertoimella $a_h/a_{h,s}$.

Taulukko 1. Puristetun liimaruuviliitoksen leikkauskestävyyden mitoitusarvo $R_{v,d}$ (kN) yhtä ruuvia kohden käyttöluokissa 1 ja 2, kun ruuvien etäisyys poikkileikkauksen leikkauskuormitetusta reunasta on $\geq 0,5h$ ja ruuvien keskiöetäisyys $a_h \geq a_{h,s}$.

Ruuvi \ Aikaluokka	pysyvä	keskipitkä	hetkellinen
S235JRG2	4,6	6,2	8,5
Lujuusluokka 5.8	5,5	7,3	10,0

Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.



Kuva 3. Puristettujen liimaruuvien vaarnavaikutuksen hyödyntäminen.

Liitosten kosteussuojaus

Liimapuupilarien ja -kaarien päiden perustusliitokset tulee suunnitella siten, että puu ei ole suorassa kontaktissa betoniin tai maahan. Kaikki liimaruuvilliset liimapuun päätypinnat tulee pinnoittaa kosteuden siirtymisen estämiseksi esimerkiksi epoksimaalilla.

Liitosalueen puun kosteusvaihtelut on pyrittävä minimoimaan, koska liimapuun kosteus-eläminen voi johtaa liitosalueen halkeamiseen liimaruuvirivin kohdalta. Puun kapillaarinen kostuminen saattaa aiheuttaa myös lahovaurioita.

Tämä lausunto on voimassa toistaiseksi, kuitenkin enintään 31.5.2024 asti.

Espoo, 14.5.2019

Ari Kevarinmäki

Ari Kevarinmäki

Johtava asiantuntija

Viitteet

/1/ RIL 205-1-2017, Puurakenteiden suunnitteluohje, Eurokoodi EN 1995-1-1. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y.

Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.

- /2/ Kangas, J., 1994, Joints of glulam structures based on glued-in ribbed steel rods. VTT Publications 196. 81 p.
- /3/ Rodd, P. D., 1989, Resin Injected Mechanically Fastened Timber Joints. Second Pasific Timber Engineering Conference, Auckland, New Zealand.

Jakelu

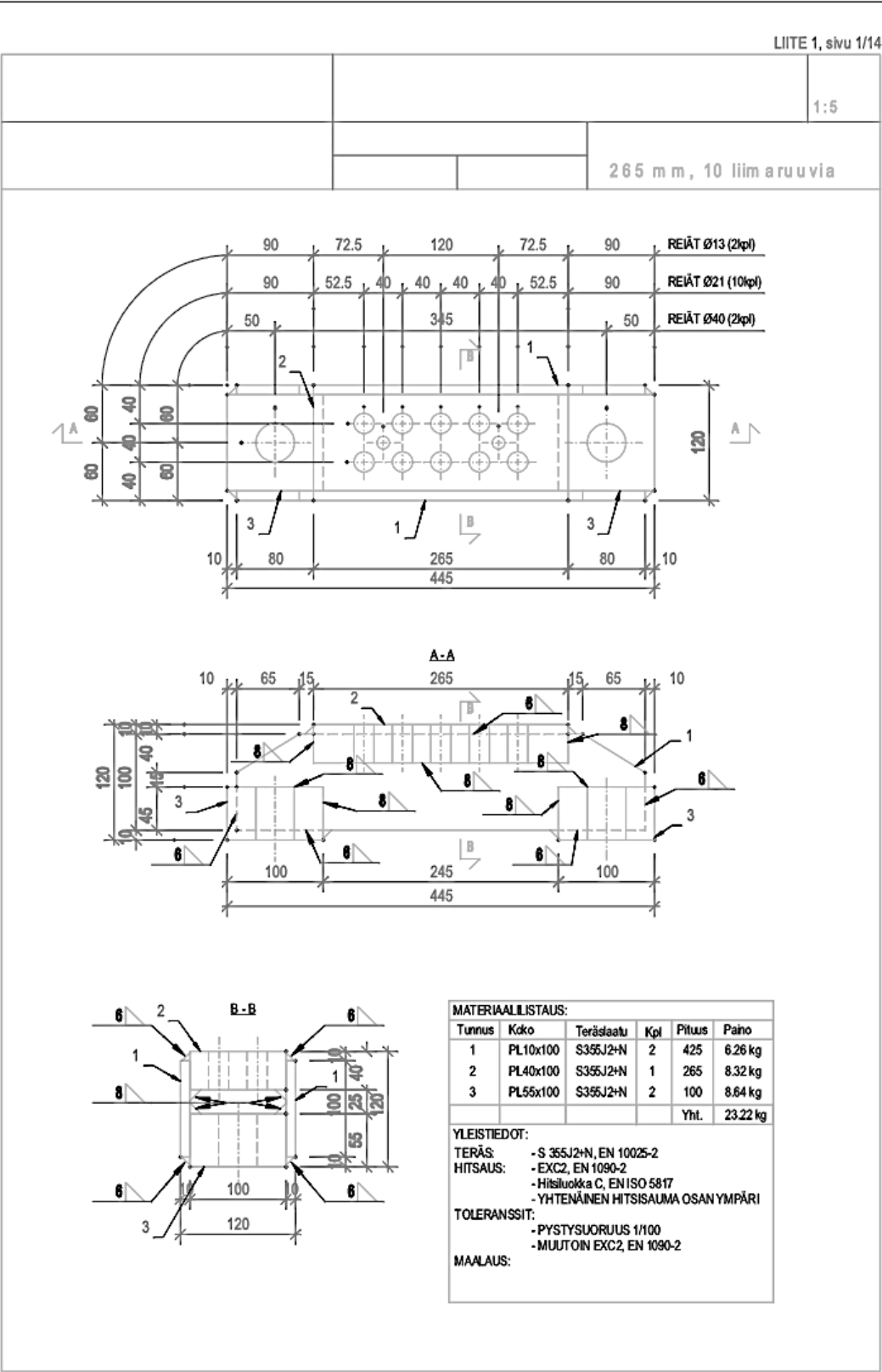
Tomi Koskenniemi, Versowood
Suomen Liimapuu yhdistys ry / Tero Vesanen

sähköisesti allekirjoitettu
sähköisesti allekirjoitettu

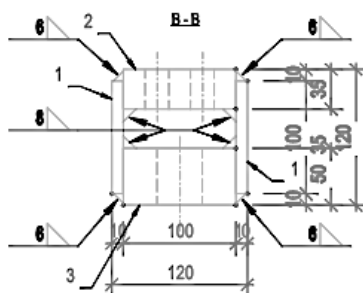
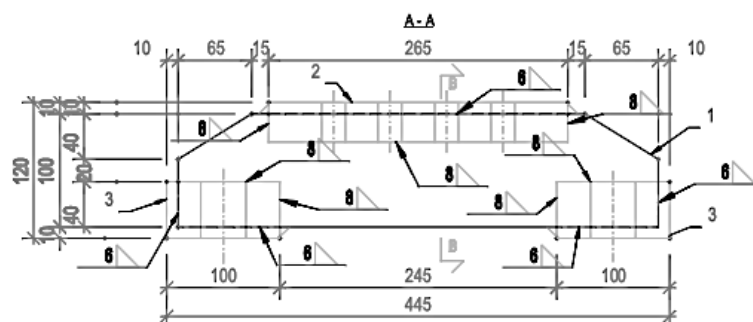
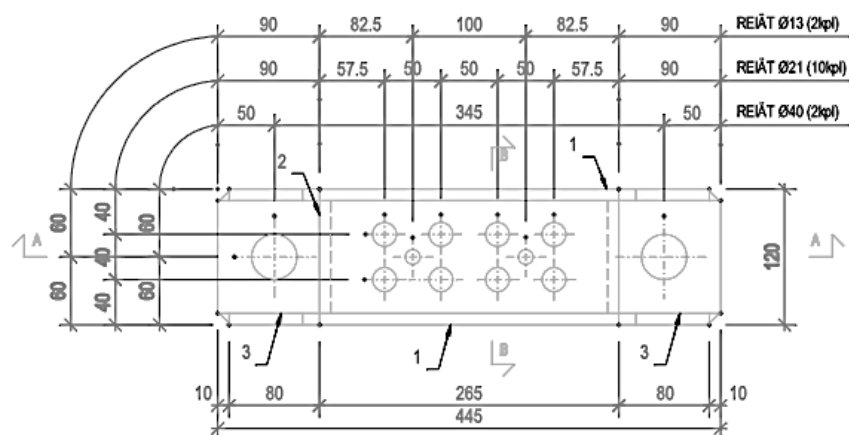
Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Eurofinsin kirjallisella luvalla.

Eurofins Expert Services Oy, Y-tunnus 2297513-2

Liite 3. Pilarikenkien DWG-tiedostot



265 mm, 8 liimaruuvia



MATERIAALILISTAUS:					
Tunnus	Koko	Teräslautu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	425	6,26 kg
2	PL35x100	S355J2+N	1	265	7,28 kg
3	PL50x100	S355J2+N	2	100	7,85 kg
				Yht.	21,40 kg

YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2

HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2

- Hitsiluokka C, EN ISO 5817

- YHTENÄINEN HITSISAUMA OSAN YMPÄRI

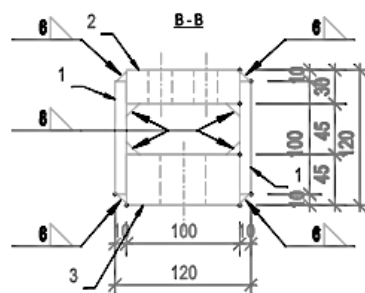
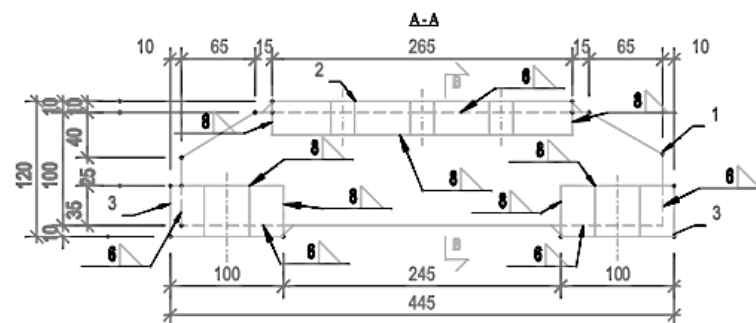
TOLERANSSIT:

- PYSTYSUORUUS 1/100

- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2

MAALAUS:

Technical drawing of a building floor plan showing a rectangular layout with dimensions and room labels. The plan includes a central corridor (1) and several rooms. Rooms are labeled with their area and room type: REIAT Ø13 (2kp), REIAT Ø21 (10kp), and REIAT Ø40 (2kp). Dimensions are given in meters. The overall width is 120m and the overall length is 445m. The drawing shows a complex arrangement of rooms and corridors with various door openings and furniture symbols.



MATERIAALILISTAUS:					
Tunnus	Koko	Teräslälu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355.J2+N	2	425	6,26 kg
2	PL30x100	S355.J2+N	1	265	6,24 kg
3	PL45x100	S355.J2+N	2	100	7,07 kg
				Yht.	19,57 kg

YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355.J2+N, EN 10025-2

HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2

- Hitsiluokka C, EN ISO 5817

- YHTENÄINEN HITSISAUMA OSAN YMPÄRI

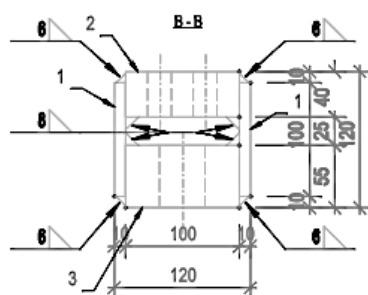
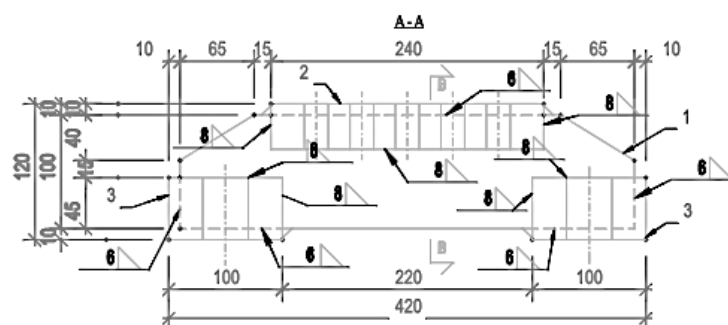
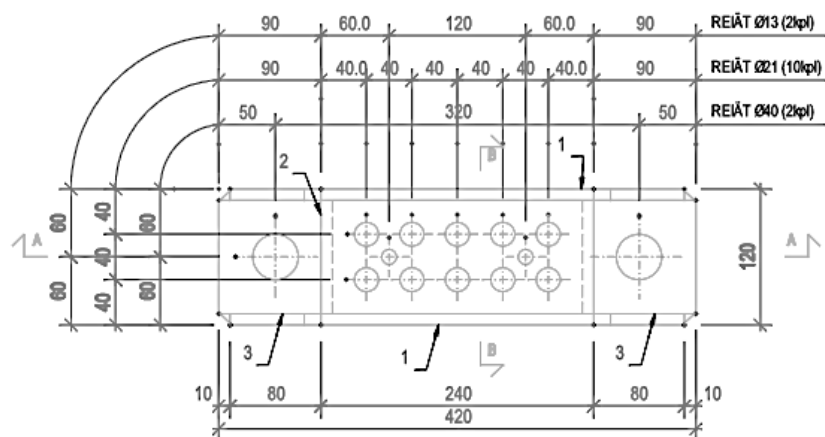
TOLERANSSIT:

- PYSTYSUORUUS 1/100

- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2

MAALAAUS:

240 mm, 10 liimaruuvia



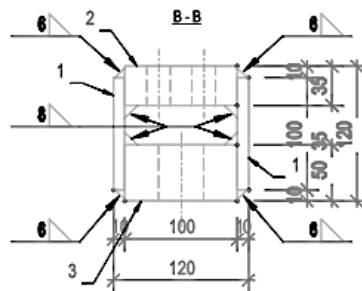
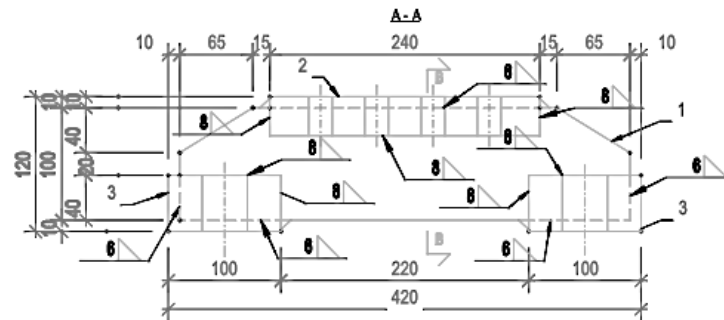
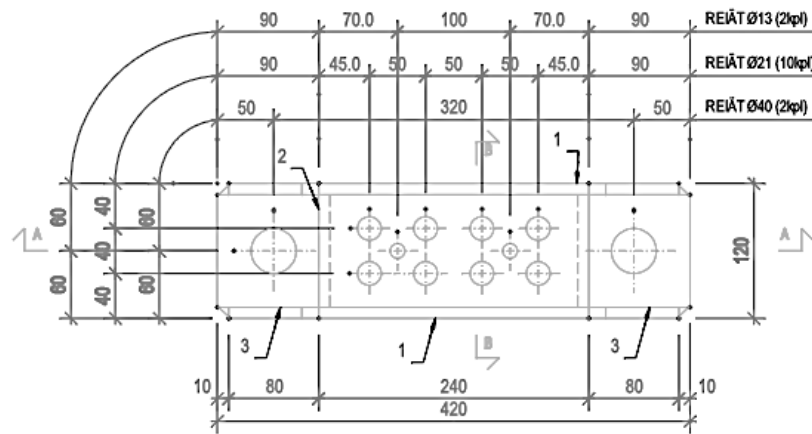
MATERIAALILISTAUUS:

Tunnus	Koko	Teräslaatu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	400	5.87 kg
2	PL40x100	S355J2+N	1	240	7.54 kg
3	PL55x100	S355J2+N	2	100	8.64 kg
				Yht.	22.04 kg

YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2
 HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2
 - Hitsiluokka C, EN ISO 5817
 - YHTENÄINEN HITSISAUMA OSAN YMPÄRI
 TOLERANSSIT: - PYSTYSUORUUS 1/100
 - MUUTOIN EXC2, EN 1090-2
 MAALAUUS:

240 mm , 8 liim aruuvia



MATERIAALILISTAUUS:

Tunnus	Koko	Teräsläatu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	400	5.87 kg
2	PL35x100	S355J2+N	1	240	6.59 kg
3	PL50x100	S355J2+N	2	100	7.85 kg
				Yht.	20.32 kg

YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2

HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2

- Hitsiluckka C, EN ISO 5817

- YHTENÄINEN HITSISAUMA OSAN YMPÄRI

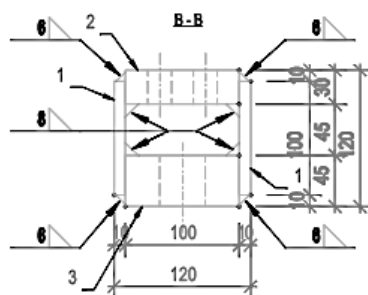
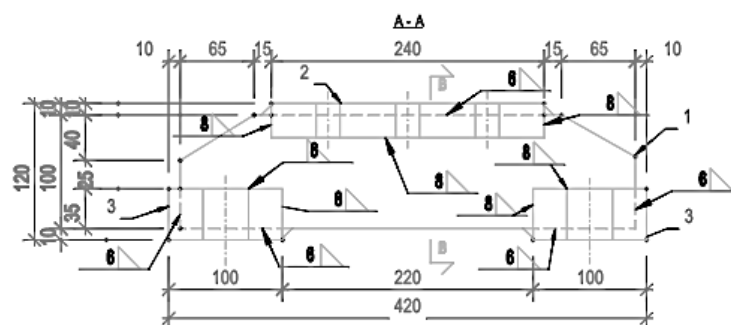
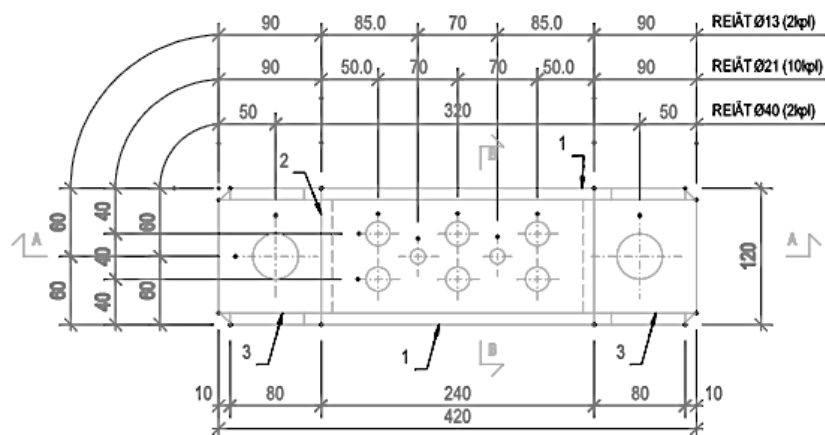
TOLERANSSIT:

- PYSTYSUORUUS 1/100

- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2

MAALAUUS:

240 mm, 6 liimaruuvia



MATERIAALILISTAUS:

Tunnus	Koko	Teräsläätu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	400	5.87 kg
2	PL30x100	S355J2+N	1	240	5.65 kg
3	PL45x100	S355J2+N	2	100	7.07 kg
				Yht.	18.59 kg

YLEISTIEDOT:

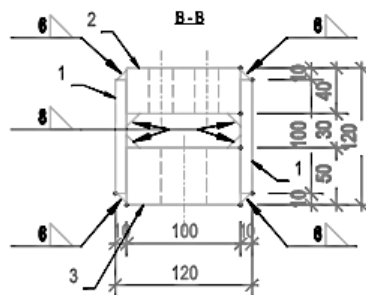
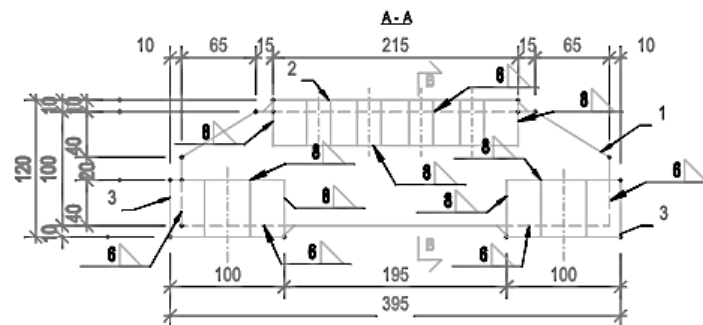
TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2
HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2
- Hitsiluokka C, EN ISO 5817
- YHTENÄINEN HITSISAUMA OSAN YMPÄRI

TOLERANSSIT:

- PYSTYSUORIUS 1/100
- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2

MAALAU:

Technical drawing of a reinforced concrete slab (LA) showing dimensions and reinforcement details. The drawing includes a plan view with dimensions in mm and a cross-section view (A-A) showing the slab thickness and reinforcement layout. The plan view shows a rectangular slab with a central area containing a grid of reinforcement bars. Dimensions include overall width (3950 mm), overall length (2150 mm), and various offsets and clearances. Reinforcement details include REIAT Ø13 (2kp), REIAT Ø21 (10kp), and REIAT Ø40 (2kp).



MATERIAALILISTAUS:					
Tunnus	Koko	Teräsläatu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	375	5.48 kg
2	PL40x100	S355J2+N	1	215	6.75 kg
3	PL50x100	S355J2+N	2	100	7.85 kg
				Yht.	20.08 kg

YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2

HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2

- Hitsiluokka C, EN ISO 5817

- YHTENÄINEN HITSISAUMA OSAN YMPÄRI

TOLERANSSIT:

- PYSTYSUORUUS 1/100

- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2

MAALAUS:

Technical drawing of a reinforced concrete slab (RABAT) showing dimensions and reinforcement details. The drawing includes a plan view with dimensions in mm and a cross-section view labeled 'A-A'.

Plan View Dimensions (mm):

- Overall width: 1200
- Overall length: 3950
- Left side offsets: 60, 40, 40, 60
- Right side offsets: 60, 40, 40, 60
- Top side offsets: 90, 90, 47.5, 60, 60, 47.5, 90
- Bottom side offsets: 10, 80, 215, 80, 10
- Internal vertical spacing: 50, 295, 50
- Internal horizontal spacing: 90, 47.5, 60, 60, 47.5, 90

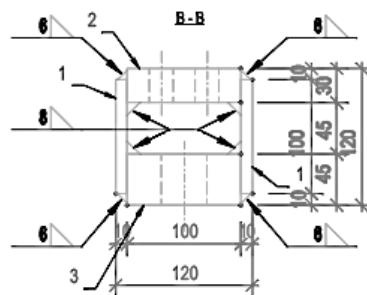
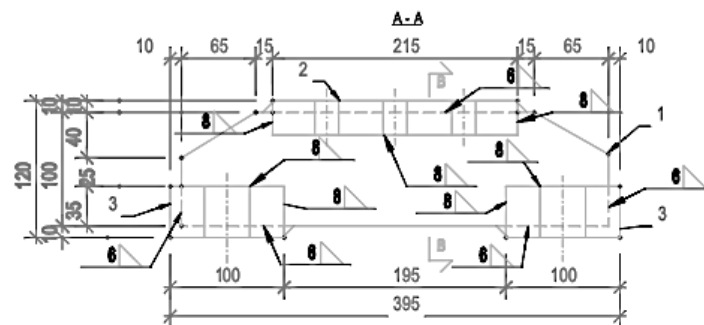
Reinforcement Details:

- Detail 1:** Located in the central area of the slab, showing a circular cross-section with internal reinforcement.
- Detail 2:** Located near the top edge of the slab, showing a circular cross-section with internal reinforcement.
- Detail 3:** Located near the bottom edge of the slab, showing a circular cross-section with internal reinforcement.

Reinforcement Labels:

- RABAT Ø13 (2kpl):** Reinforcement bars with diameter 13 mm, 2 pieces.
- RABAT Ø21 (10kpl):** Reinforcement bars with diameter 21 mm, 10 pieces.
- RABAT Ø40 (2kpl):** Reinforcement bars with diameter 40 mm, 2 pieces.

Cross-Section View (A-A): Shows the slab thickness and the position of the reinforcement bars.



MATERIAALILISTAUUS:					
Tunnus	Koko	Teräsluotu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	375	5.48 kg
2	PL30x100	S355J2+N	1	215	5.06 kg
3	PL45x100	S355J2+N	2	100	7.07 kg
				Yht.	17.61 kg

YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2

HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2

- Hitsiliukka C, EN ISO 5817

- YHTENÄINEN HITSISAUOMA OSAN YMPÄRI

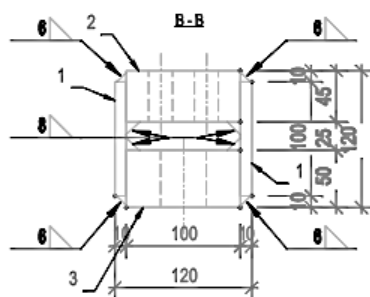
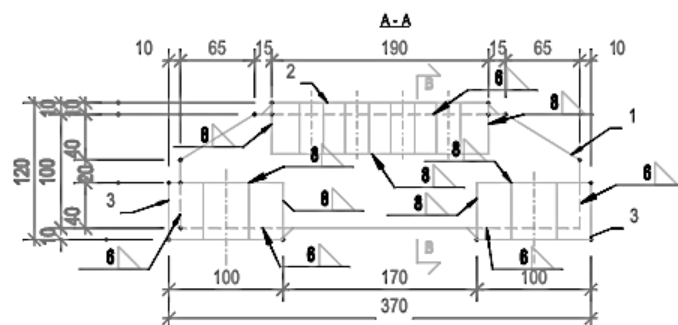
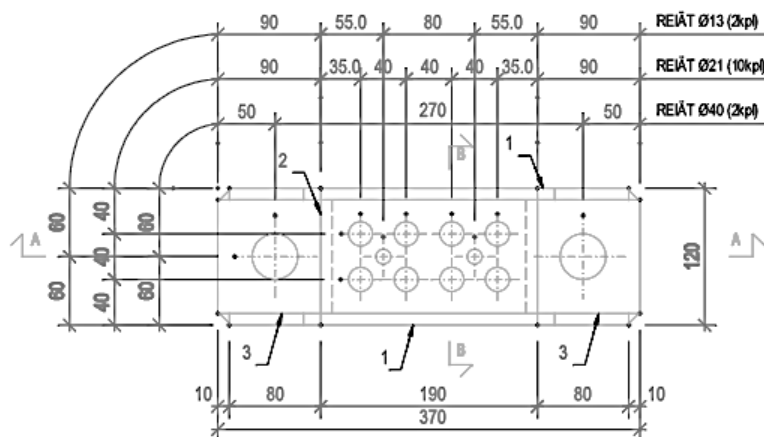
TOLERANSSIT:

- PYSTYSUORIUS 1/100

- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2

MAALAUUS:

190 mm, 8 liimaruuvia



MATERIAALILISTAUS:

Tunnus	Koko	Teräslaatu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	350	5.09 kg
2	PL45x100	S355J2+N	1	190	6.71 kg
3	PL50x100	S355J2+N	2	100	7.85 kg
				Yht.	19.65 kg

YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2

HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2

- Hitsiluckka C, EN ISO 5817

- YHTENÄINEN HITSAUSMA OSAN YMPÄRI

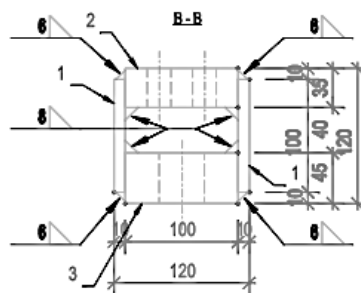
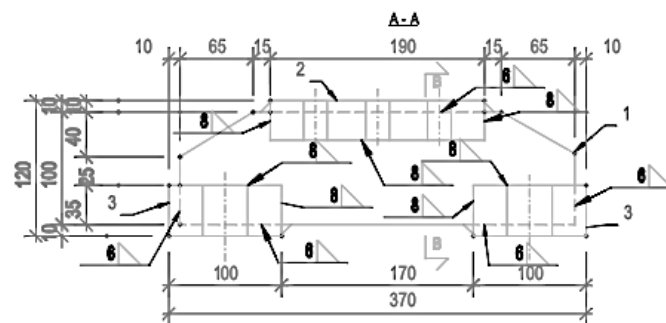
TOLERANSSIT:

- PYSTYSUORUUS 1/100

- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2

MAALAUS:

Technical drawing of a reinforced concrete slab (BETON) showing dimensions and reinforcement details. The drawing includes a plan view with dimensions (370x120) and a cross-section view (A-A). Reinforcement details include RBÂT Ø13 (2kp), RBÂT Ø21 (10kp), and RBÂT Ø40 (2kp). Dimensions are given in cm.



MATERIAALILISTAUUS:					
Tunnus	Koko	Teräslälu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	350	5.09 kg
2	PL35x100	S355J2+N	1	190	5.22 kg
3	PL45x100	S355J2+N	2	100	7.07 kg
				Yht.	17.37 kg

YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2

HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2

- Hitsiluokka C, EN ISO 5817

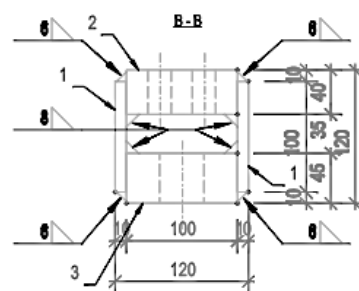
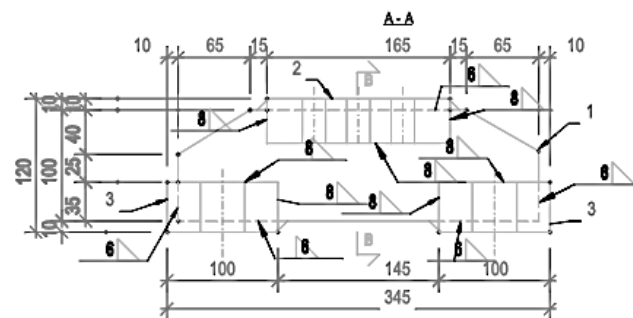
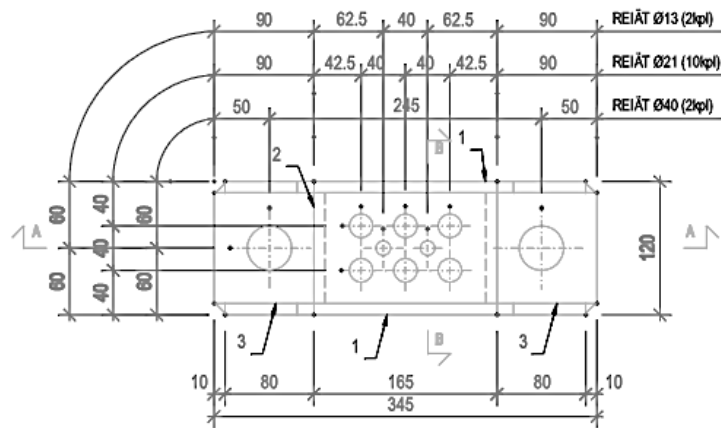
- YHTENÄINEN HITSAUSMAA OSAN YMPÄRI

TOLERANSSIT: - PYSTYSUORUUS 1/100

- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2

MAALAUS:

165 mm, 6 liim aruuvia



MATERIAALILISTAUS:

Tunnus	Koko	Teräsluokka	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	325	4.69 kg
2	PL40x100	S355J2+N	1	165	5.18 kg
3	PL45x100	S355J2+N	2	100	7.07 kg
				Yht.	16.94 kg

YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2

HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2

- Hitsiludokka C, EN ISO 5817

- YHTENÄINEN HITSISAUMA OSAN YMPÄRI

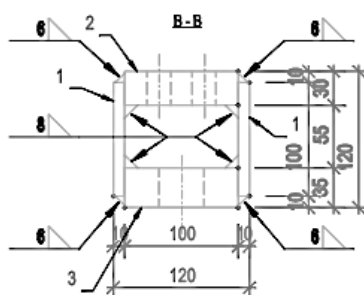
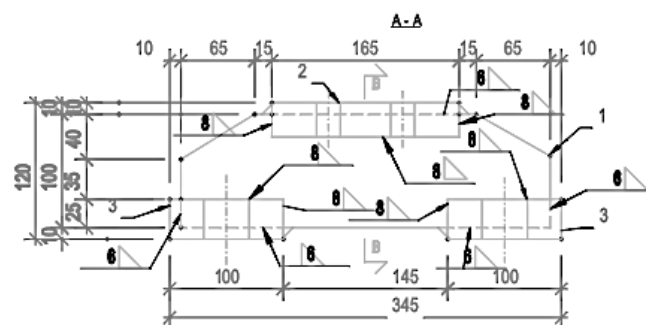
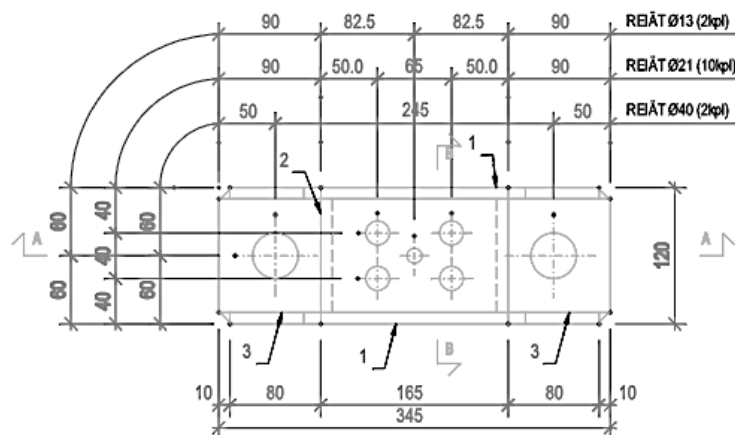
TOLERANSSIT:

- PYSTYSUORUUS 1/100

- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2

MAALAUUS:

165 mm, 4 liimaruuvia



MATERIAALILISTAU:

Tunnus	Koko	Teräsläatu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	325	4.69 kg
2	PL30x100	S355J2+N	1	165	3.89 kg
3	PL36x100	S355J2+N	2	100	5.50 kg
				Yhl	14.08 kg

YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2

HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2

- Hitsilukka C, EN ISO 5817

- YHTENÄINEN HITSISAUMA OSAN YMPÄRI

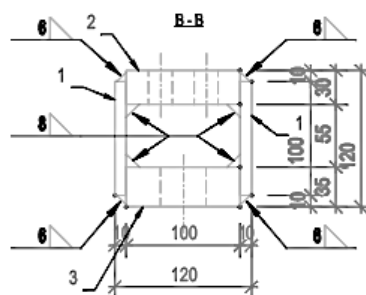
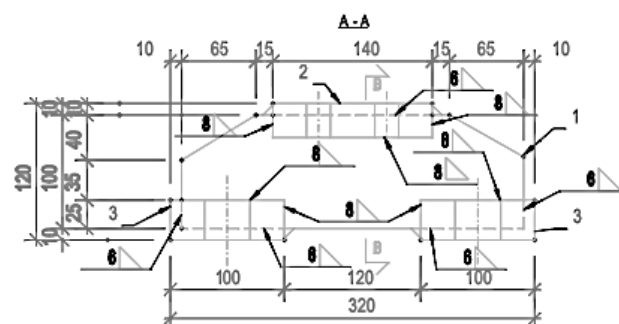
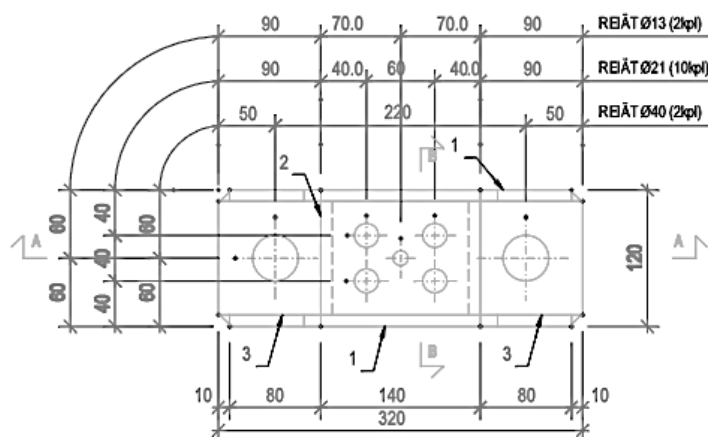
TOLERANSSIT:

- PYSTYSUORUUS 1/100

- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2

MAALAU:

140 mm, 4 liimaruuvia



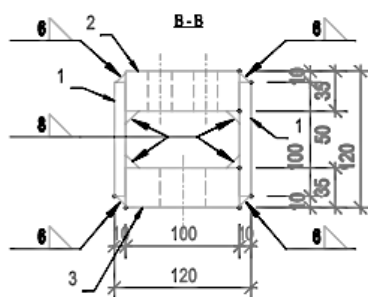
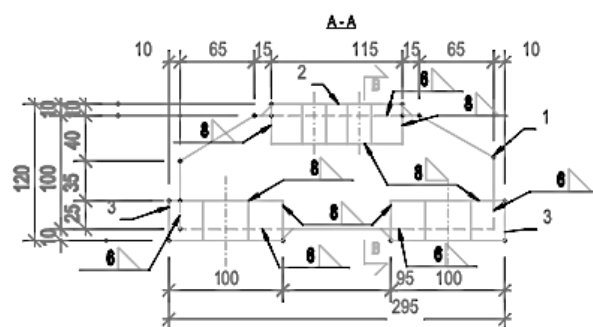
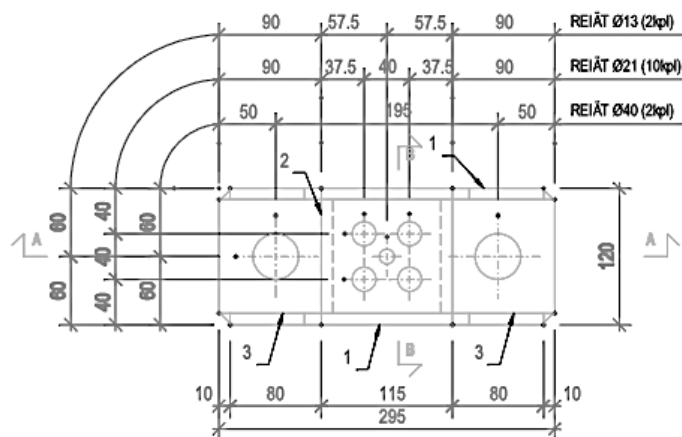
MATERIAALILISTAUS:

Tunnus	Koko	Teräslaatu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	300	4.30 kg
2	PL30x100	S355J2+N	1	140	3.30 kg
3	PL35x100	S355J2+N	2	100	5.50 kg
				Yhl	13.09 kg

YLEISTIEDOT:

TERÄS:
- S 355J2+N, EN 10025-2
HITSAUS:
- EXC2, EN 1090-2
- Hitsiluokka C, EN ISO 5817
- YHTENÄINEN HITSAUSMA OSAN YMPÄRI
TOLERANSSIT:
- PYSTYSUORIUS 1/100
- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2
MAALAUUS:

115 mm, 4 liimaruuvia



MATERIAALILISTAUUS:

Tunnus	Koko	Teräslaatu	Kpl	Pituus	Paino
1	PL10x100	S355J2+N	2	275	3.91 kg
2	PL35x100	S355J2+N	1	115	3.16 kg
3	PL35x100	S355J2+N	2	100	5.50 kg
				YhL	12.56 kg

YLEISTIEDOT:

TERÄS: - S 355J2+N, EN 10025-2
HITSAUS: - EXC2, EN 1090-2
- Hitsiluokka C, EN ISO 5817
- YHTENÄINEN HITSAUSMA OSAN YMPÄRI
TOLERANSSIT: - PYSTYSUORUUS 1/100
- MUUTOIN EXC2, EN 1090-2
MAALAUUS: