



Henri Patosalmi

# PIENTALON PUUELEMENTTIRAKENTAMINEN KÄYTÄNNÖSSÄ

# **PIENTALON PUUELEMENTTIRAKENTAMINEN KÄYTÄNNÖSSÄ**

Henri Patosalmi

Opinnäytetyö

Kevät 2013

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Rakennustekniikan koulutusohjelma, talonrakennus

---

Tekijä: Henri Patosalmi

Opinnäytetyön nimi: Pientalon puuelementtirakentaminen käytännössä

Työn ohjaaja: Martti Hekkanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013

Sivumäärä: 32 + liitteitä 23

---

Tämän opinnäytetyön aiheena on pientalojen puuelementtirakentaminen käytännössä. Elementtirakentamisessa käsitellään erityistä huomiota vaativia asioita ja pohdinnassa käydään lävitse elementtirakentamisen tulevaisuuden näkymiä. Työssä kerrotaan myös eri runko-järjestelmien perusrakennetekniikoista ja liitoksista. Lisäksi työssä käsitellään pientalojen erilaisia rakennejärjestelmiä ja vertaillaan niiden hyviä ja huonoja puolia.

Työssä käsitellään As Oy Ritaharjun Verson rakentamista, jonka avulla tulee ilmi elementtirakentamisen erityispiirteitä. Työmaan etenemistä seuraamalla saadaan kuva elementtirakentamisen perusasioista sekä työn haasteista.

Elementtirakentamisen onnistuminen tavoitteiden mukaisesti ja kustannustehokkaasti vaatii tietotaitoa ja elementtirakentamisen parhaiden puolien hyväksikäyttöä. Suurimmiksi elementtirakentamisen hyödyiksi voidaan mainita sen nopeus, pieni materiaalihukka ja elementtien teko suojassa sään vaikutuksilta. Elementti-järjestelmään kuuluu koko ketju aina suunnittelusta, paikalleen asentamiseen ja laadunvarmistukseen asti.

---

Asiasanat: Pientalojen rakentamistavat, elementtitekniikka, edut ja haitat.

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLTÖ	4
1 JOHDANTO	5
2 PUISEN PIENTALON TOTEUTUSTAVAT JA NIIDEN VERTAILU	6
2.1 Pientalorakentamisen prosessin esittely	6
2.2 Pre-cut-järjestelmä	8
2.3 Tilaelementti-järjestelmä	9
2.4 Paikalla rakentaminen	10
2.5 Elementtitekniikka	11
2.6 Tuotantotapojen vertailu	14
3 AS OY RITAHARJUN VERNON TOTEUTUS	16
3.1 Kohteen esittely	16
3.2 Elementtien suunnittelu ja kuljetus	18
3.3 Elementtiasennus	21
3.4 Turvallisuus ja laadunvarmistus	26
3.5 Elementtiasennuksen 10 tärkeintä asiaa	28
4 POHDINTA	30
LÄHTEET	32
LIITTEET	33



# 1 JOHDANTO

Tämä työ kirjoitetaan Oulun Oamk:n Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelman opinnäytetyönä keväällä 2013. Opinnäytetyön aiheena on pientalojen puuelementtirakentaminen käytännössä ja lisäksi työssä vertaillaan eri toteutusmuotoja keskenään. Näitä toteutusmuotoja ovat pre-cut-järjestelmä, paikalla rakentaminen, tilaelementtijärjestelmä ja elementtirakentaminen. Työn painopiste on kuitenkin nimenomaan elementtirakentamisessa ja siihen liittyvien asioiden käsittelyssä.

Työn esimerkkikohteena on Oulun Ritaharjussa sijaitseva As Oy Ritaharjun Verso, joka on rakennettu talojen runkojen osalta elementeistä. Työssä käsitellään tämän esimerkkikohteen avulla puuelementtirakentamisen toteutusta suunnittelusta aina rakennusvaiheeseen. Olen työskennellyt itse kyseisellä työmaalla ja sieltä saatu kokemus auttaa minua tämän opinnäytetyön kirjoittamisessa.

Lisäksi työssä esitetään 10 tärkeintä asiaa, jotka puuelementtirakentamisessa tulee ottaa huomioon. Näitä seikkoja huomioimalla saadaan puuelementtirakentamisesta sujuvaa ja mahdollisimman tehokasta. Työssä käsitellään myös työmaan työturvallisuuden huomioimista ja laadunvarmistusta. Näitäkin asioita käsitellessä pyritään käyttämään hyödyksi mahdollisimman paljon omakohtaista kokemusta aiheesta ja oikeita työmaalle tehtyjä suunnitelmia. Pohdinnassa mietitään vielä mahdollisia elementtirakentamisen kehitysmahdollisuuksia ja vertaillaan eri menetelmien hyviä ja huonoja puolia.

## 2 PUISEN PIENTALON TOTEUTUSTAVAT JA NIIDEN VERTAILU

### 2.1 Pientalorakentamisen prosessin esittely

Pientalon rakentaminen on monipuolinen prosessi, joka koostuu useista eri vaiheista ja päätöksistä. Ennen varsinaisen rakentamisen alkua on hanke käynyt lävitse monta sitä valmistelevaa vaihetta. Näitä ovat muun muassa tarveselvitys, hankesuunnittelu ja rakennesuunnittelu. Rakentamisvaihe alkaa tarpeellisten lupien saantien ja piirustuksien valmistumisen jälkeen. Rakentamisessa on tavoitteena tehdä suunnitelmien mukainen rakennus. Rakentamiseen sisältyy monenlaista toimintaa, kuten töitten yhteensovittamista, hankintoja, järjestelyjä, valvontaa ja tarkastuksia. Lopputuloksena tästä prosessista syntyy valmis talo, jonka toimivuudesta varmistutaan takuu- ja käyttöaikana. (4.)

Hankkeen vaiheet ovat riippuvaisia toisistaan ja tiettyjä työvaiheita ei pystytä aloittamaan ennen kuin edeltävät on tehty loppuun. Ensimmäisenä liikkeelle lähdetään tontin raivaamisesta ja maarakennustöistä. Sen jälkeen tehdään talon perustukset, runko ja vesikatto. Viimeiseksi siirrytään sisävalmistusvaiheeseen ja lopuksi viimeistellään pihatyöt. Kaikista näistä työvaiheista koostuu hankkeen yleisaikataulu, joka kertoo työvaiheen alun ja lopun, sekä mahdollisen osittaisen päällekkäisyyden muiden työvaiheiden kanssa. (4.)

Etenkin runko- ja vesikattotyövaiheen nopeus riippuu valitusta tuotantotavasta. Kuitenkin voidaan sanoa, että perustukset ja täyttötyöt tulee olla tehtynä ennen runkojen rakentamisen tai elementtiasennuksen alkua. Runko- ja vesikattotyövaiheen jälkeen seuraavat ikkunoiden asennus, höyrysulku ja harvalautatyöt. Näistä esimerkiksi ikkunoiden asennus on monesti tehty jo tehtaalla, mikäli käytetään elementtirakentamista. Suurelementtijärjestelmässä myös väliseinät voivat olla elementeistä asennettuja, mutta ne voidaan tehdä myös perinteisesti paikallarakentaen vesikaton asennuksen jälkeen. Tämän jälkeen hankkeessa jatkuvat muut sisätyövaiheen työtehtävät. (4.)

Rakennettaessa puuelementeistä määrittelee RunkoRyl yleiset laatuvaatimukset ja toleranssit (liite 1). Luokkaan 1 kuuluvat asuin- ja ihmiskäytössä olevat rakennukset. Sen mukaisesti tärkeimpiä toleransseja ovat seuraavat käytettäessä yli kuuden metrin elementtejä: Valmistuksessa elementin suurin sallittu pituus ja korkeus poikkeama on 10 mm. Elementin paksuuden suurin sallittu poikkeama suunnitellusta on 3-4 mm riippuen kiinnitystukien paikasta. Nurkkapisteiden ristimittojen ero saa puolestaan olla 15 mm. Elementin suoruuden pituus- ja korkeuspoikkeama saa olla enimmillään 1,5 promillea. Ovien ja ikkunoiden sijainti poikkeamat maksimissaan 3 mm suuntaansa. Vastaavat toleranssit löytyvät myös vaakarakenteille ja asennukseen. (5.)

Lisäksi vaatimuksissa kiinnitetään huomiota käytettävien materiaalien ja kiinnikkeiden tyyppihyväsyntiin. Kuljetuksiin ja nostoihin tulee myös kiinnittää huomiota, ja esimerkiksi kattoristikoiden nostettaessa ne eivät saa päästä notkahtamaan. Asennukseen annetaan myös ohjeita muun muassa alustan puhtauden suhteen ja kosteuden nousun katkaisemiseen alustalta esimerkiksi bitumikermillä. Myös asennussuunnitelman tärkeyttä korostetaan elementtiasennuksessa. (5.)

Puuelementtityölle voidaan myös esittää työmenekit, kuten kuvasta 1 ilmenee. Tarkkoihin työmenekkeihin vaikuttavat lisäksi monet asiat, kuten vuodenaika ja suoritemäärä. Rakennushanketta tehtäessä eri tuotantotavoille löytyvät myös tuotantotapakuvaukset (liite 2). Näissä kuvauksissa on kerrottu tiivistetysti eri menetelmien tärkeimmät työvaiheet. (3.)

Työosat	Työmenekki		
Aloittavat työt			
– tavarantoimitus vastaanotto ja välivarastointi	0,01 tth/elementti	4 tth/kuorma	
– nosturin valmistelu	16 tth/kerta		
Siirrot			
– nosturi 1...4. krs	0,20 tth/siirtokerta		
Puuelementtityö			
– mittaus, alusta	1,00 tth/talo, 0,04 tth/elementti		
– ala- tai yläsidepuun asennus, kiinnitys	0,075 tth/jm, 0,30 tth/elementti		
– jatkoskohtien vahvistaminen, naulauslevy	0,18 tth/levy		
– ulkoseinäelementti	alle 3600 mm	4500 mm	yli 5400 mm
– asennus, kiinnitys	0,80 tth/elementti	0,90 tth/elementti	1,15 tth/elementti
– väliseinäelementti alle 1200 mm	1200 mm	3300 mm	yli 5400 mm
– asennus, kiinnitys	0,50 tth/kpl	0,70 tth/kpl	0,90 tth/kpl
– kattoristikko	alle 7000 mm	9500 mm	yli 12000 mm
– asennus, kiinnitys	0,30 tth/elementti	0,40 tth/elementti	0,50 tth/elementti

### *KUVA1. Elementtiasennuksen ja siihen liittyvien töiden työmenekit (3)*

## **2.2 Pre-cut-järjestelmä**

Taloteollisuuden tuotantomenetelmiksi pientaloissa voidaan luokitella elementti-, pre-cut-, tilaelementti- ja paikalla rakentamisen tekniikat. Näistä pitkään käytetyin tekniikka on ollut paikalla rakentaminen, mutta nykyisin on yhä enemmän siirrytty käyttämään teollisia tuotantomenetelmiä tai niiden sekoituksia. Esimerkiksi talon runko voidaan tehdä elementeistä, vaikka muuten rakentamisessa käytettäisiinkin paikalla rakentamisen tekniikkaa. (4.)

Pre-cut-tekniikassa itse teollinen valmistus on vielä vähäistä. Tässä tekniikassa kaikki rakentamisessa käytettävä puutavara on kuitenkin katkaistu ja lovettu jo valmiiksi ennen rakennustyömaalle tuontia. Pre-cut-tekniikassa tärkeää onkin tarkat suunnitelmat ja työpiirustukset, joiden pohjalta on hyvä laskea tarvittavat materiaalimenekit myös runkotavaroiden osalta. Suunnitelmien tason määrääkin pitkälle menekkilaskennan vaivattomuus. Pre-cut-tekniikassa rakentaminen voidaan tehdä perinteisesti paikalla rakentamisen tavoin tai kokoamalla määrämittaisesta puutavarasta työmaalla elementit, jotka nostetaan paikoilleen. Joka tapauksessa työmaalla säästytään puutavaran mittauksilta, katkaisulta ja loveamisilta verrattuna paikalla rakentamiseen. Valmiiksi katkotun puutavaran käytön yleisyyden ratkaisee rakennuksessa käytettävien standardimittojen määrä, tavaran toimittaja ja aukotuksien standardimaisuus. Yleisimmin valmismittaisia tarvikkeita ovat ainakin rungon kantavat osat ja ulkoverhouslaudat. Osa puutavarasta voi myös olla tasausvaraan katkottua, kuten aukkojen sisäpuoliset listat ja väliseinien runkotolpat. (1.)

Esivalmisteiden huolellisella suunnittelulla, paketoinnilla ja pakettien sisällön luetteloinnilla on tärkeä vaikutus rakennustöiden sujuvaan etenemiseen. Paketteja voidaan joutua säilömään päällekkäin ja tällöin korostuu, että päällimmäisiin nippuihin varastoidaan ensimmäisenä työmaalla tarvittavat materiaalit. Pre-cut-järjestelmää voidaan luonnehtia joustavaksi rakennusjärjestelmäksi, mutta kaikkein taloudellisimmillaan se on, kun

rakennuksen arkkitehtuuri on standardimitoitettua ja ilman erikoisaukokuksia toteutettavaa. Myös optimoivilla katkaisusahoilla on merkittävä rooli pre-cut-järjestelmän taloudellisuudessa. Niillä voidaan päästä noin kolmen prosentin materiaalihukkaan, kun työmaalla hukka saattaisi nousta 25 prosenttiin. (1.)

Pre-cut-järjestelmä on rakentamisen suhteen kuitenkin työmaapainotteinen ja kirvesmiesten tulisikin käyttää hyväksi sen työntekoa nopeuttavat mahdollisuudet, jolloin päästään tavoiteltuun kustannus- ja aikasäästöön. Pre-cut-rakentamista käytetään eniten pientalokohteissa, ja sen saumattomat rakenneratkaisut takaavat yleensä vaatimustasojen täyttymisen niin tiiveyden kuin lämmöneristyksen suhteen. (1.)

## **2.3 Tilaelementtijärjestelmä**

Tilaelementti-järjestelmässä asunto, koulu tai päiväkotirakennus kootaan osista, joissa on valmiina seinät, katto ja lattia sekä teknisiä asennuksia ja viimeistelyjä pintoja. Tilaelementeissä valmis kokonaisuus muodostuu yhdestä tai useammasta elementistä, jotka muodostavat valmiin huonetilan. Tilaelementtirakentamisessa rakennustyö on keskitetty voimakkaasti elementtitehtaalle ja itse rakennuskohteessa pyritään hyvin nopeaan pystytysvaiheeseen perustuksien teon jälkeen. Työmaalle pyritään jättämään vain elementtien asennus ja lvi-liitosten liittämiset. Työskentelyn keskittyessä tehtaalle saadaan varmistettua aina hyvät rakentamisolosuhteet, jatkuvat materiaalityöt ja toistuvat työsuoritukset. Liittymädetaljien ja rakenteiden liittymiset toisiinsa pyritään vakioimaan mahdollisimman pitkälti, jolloin saavutetaan tehokas valmistusprosessi. Vakiointi saavutetaan yleensä kunkin valmistajan oman kehitystyön tuloksena. Monesti tilaelementtien raaka-aineina käytetään puuta, mutta isommissa tilaelementti rakennuksissa käytetään myös terästä ja betonia. (1.)

Tehdasvalmistuksessa tilaelementtien osat valmistetaan yleensä erillään elementtipöydissä tai jigeissä. Tietokoneohjelmista saadaan suoraan osaluettelot ja tiedot mitoituksia varten. Osien valmistuttua ne liitetään toisiinsa ja tällöin syntyy tilaelementti, joka on valmis rakennuksen osa. Tilaelementtituotannossa pyritään myös hyvin nopeaan rakennuksen pystytysvaiheeseen ja asumiskuntoon saattamiseen. Valmistussarjat olisi hyvä pitää mahdollisimman suurina, jolloin itse tilaelementtien valmistus saadaan

nopeuden ja raaka-aineiden käytön suhteen tehokkaaksi. Näin valmistuskustannukset saadaan pidettyä kurissa ja lisättyä automaation määrää liukuhihnatuotannossa. Tällaista sarjatilaelementtituotantoa tekee pohjoismaissa muun muassa Älvsby-talot omakotitalotuotannossaan. (1.)

Tilaelementit yleensä sinetöidään tehtaalla ennen kuljetusta, ja ne avataan vasta asennuksen jälkeen, mikäli mahdollista. Kuljetus voi olla tilaelementtien suunniteltua kokoa ja painoa rajoittava tekijä. Myös muun siirtokaluston paikalle saaminen ja organisointi voi aiheuttaa ongelmia tilaelementti-järjestelmässä. Tilaelementit asennetaan paikoilleen työmaalla yleensä autonostureilla, ja pientalokohteissa koko talo onkin mahdollista saada pystyyn muutamassa päivässä. Työmaalla tehtäviksi töiksi jäävät maarakennus-, perustus-, liittymis-, asennus-, viimeistely-, muuraus- ja mahdollisesti vesikattotyöt. Tilaelementti-järjestelmässä kustannussäästöjä haetaan ensisijaisesti vähäisistä työ- ja materiaalihukista. (1.)

## **2.4 Paikalla rakentaminen**

Paikalla rakentamisella tarkoitetaan rakennuksen osien ja materiaalien, kuten puutavaran, tuomista rakennuspaikalle niin sanotussa pitkässä muodossa, jolloin rakennustarvikkeiden katkaisu, muokkaaminen ja paikalleen asentaminen tapahtuu itse työmaalla. Rakentajat tekevät työtänsä tällöin rakennesuunnittelijan piirtämien suunnitelmien pohjalta. Paikalla rakentaminen mahdollistaa yleensä yksilöllisten toivomuksien ja persoonallisen arkkitehtuurin käytön muita rakennusjärjestelmiä edullisemmin ja vaivattomammin. Myöskään maasto-olosuhteiden monimuotoisuus ei yleensä aiheuta ratkaisemattomia ongelmia paikallaan rakentaen. (1.)

Paikalla rakentamisen ongelmina voidaan pitää pitkää rakentamisaikaa, jolloin keskeneräinen rakennus on alttiina sään vaihteluille. Paikalla rakennettaessa onkin syytä kiinnittää huomiota materiaalien välivarastointiin. Toisaalta rakentaja näkee itse kaikkien työvaiheiden teon tontillaan, jolloin laadun varmistaminen helpottuu. Paikallaan rakentaen ammattilaisillakin kuluu keskimääräisen omakotitalon rakentamiseen noin 2500–3500 työtuntia. Tämä tarkoittaa myös isoa kustannuserää, mutta itse rakentamalla on

kustannukset mahdollista saada hyvinkin alas, jos omalle työlleen ei laske rahallista arvoa. Materiaalihankinnat on syytä kilpailuttaa kustannussäästöjen saavuttamiseksi. Tavarahukkaa paikallaan rakentaen syntyy jonkin verran muita rakentamistapoja enemmän, mutta hukkan määrää voidaan rajoittaa tilaamalla järkevä mittaista tarvikkeita ja suunnittelemalla työt huolellisesti. (2.)

## 2.5 Elementtitekniikka

Pientaloja elementtitekniikoilla rakennettaessa voidaan järjestelmät jakaa pienelementti- ja suurelementtijärjestelmiin. Pienelementtijärjestelmässä elementit ovat yleensä enimmillään 1200 mm leveitä, jolloin niiden asennus ja siirtely onnistuu hyvin käsivoimin. Yleensä elementit ovat seinän korkuisia, ja pienelementeistä tehdään tässä järjestelmässä ainakin ulkoseinät. Poikkeustapauksissa myös väliseinät sekä ylä- ja alapohjat voidaan pienelementoida. Normaalisti nämä rakenneosat tehdään kuitenkin tehdasvalmisteisia kannatteita käyttäen. Ulkoseinät toimivat kantavana rakenteena, joskin tarvittaessa kantavia rakenteita voi olla myös kantava väliseinä tai pilari-palkkilinja. (1.)

Pienelementtijärjestelmässä itse rakenteet ovat hyvin pitkälti samat, kun esimerkiksi paikallaan rakennettaessa puusta. Suurin ero syntyykin ulkoseinien osalta saumojen määrästä, joka on pienelementeillä rakentaessa hyvin suuri. Rakennuksen tiiveyden vuoksi saumojen huolellinen tiivistäminen on tärkeää ja se tapahtuu käyttäen saumoissa tiivisteinä esimerkiksi mineraalivillaa, kumitiivisteprofiilia tai vaahtoeristeitä. Pienelementtejä käytetään yleisimmin omakotitalon rakenneratkaisuna, tai joskus pienhalleissa. Itse elementin rakenne koostuu kantavasta rungosta, joka on rakennettu yleensä massiivipuutavarasta tai kevytpilareista. Tällöin elementinrunko voi yltää läpi seinän tai se voi olla ristirunkoinen, jolloin elementissä on kiinni vaakakoolaus. Sisäpuolen levytyksenä toimii yleisimmin kipsilevy, jonka alla on höyrynsulkumuovi. Lisäksi elementti sisältää lämmöneristeet, tuulensuojauksen ja ulkoverhouksen, joka voi olla pystyverhouksena tehtaalla elementtiin valmiiksi kiinnitettynä. (1.)

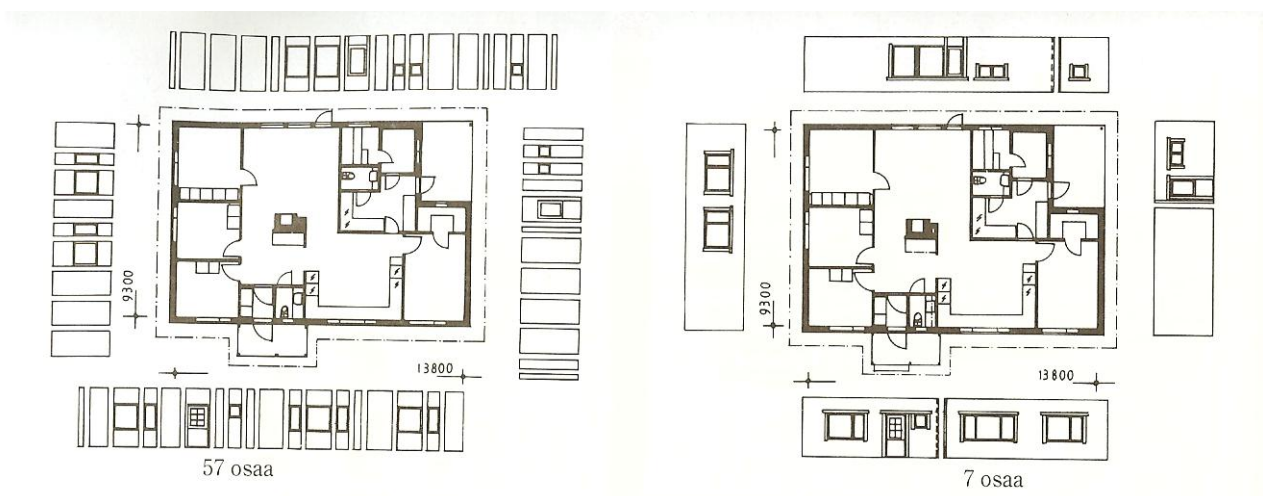
Pientalo voidaan myös rakentaa eri valmiusasteisista suurelementeistä. Niillä tarkoitetaan suuria, kokonaisen seinän kokoisia yhtenäisiä rakenteita. Toisin kuin pienelementeissä suurelementtien siirtoihin ja asentamiseen tarvitaan lähes aina nosturia elementtien painon vuoksi. Suurelementtejä käytettäessä tehdään yleensä monet muutkin rakenneosat, kuten päätykolmiot tai palokatkot suurista paikalleen nostettavista elementeistä. Suunnittelupuolelta ajateltuna elementtirakennus ei eroa paljoakaan perinteisistä pientaloista, mutta taloudellisuuden vuoksi on rakennuksen arkkitehtuurin ja suunnittelun hyvä olla systemaattista. Pientaloissa ulkoseinäelementit muodostavat yleensä kantavan rungon mahdollisesti niihin liittyvien pilarien ja palkkien kanssa. Myös ylä-, ala- ja välipohjaelementit sekä kattoristikot toimivat kantavina rakenteina niiden tukeutuessa kantaviin pystyelementteihin. (1.)

Eniten suurelementeistä tapahtuva rakentaminen eroaa pienelementtituotannosta yksittäisen elementin valmiusasteen suhteen. Yleensä suurelementeissä ovat etenkin elementtien ulkopuolelta hyvin pitkälti viimeistellyt. Niissä voi olla paikalleen asennettuna ulkoverhouspaneelit, ikkunat ja pellitykset sekä sisäpuolien levytykset elementtien keskellä. Irtotavaratoimituksien lukumäärä työmaalle on suurelementtijärjestelmää käytettäessä toiseksi pienin heti tilaelementti-järjestelmän jälkeen. (1)

Suurelementtien asennuksen sujuvuuden varmistamiseksi on tärkeää, että perustukset on tehty mittatarkasti ja ulkopuoliset täytöt ja asennustilan raivaukset on suoritettu. Elementtien välivarastointia varten on myös varattava riittävästi tilaa. Myös järkevä nosturin sijoitus ja mitoitus elementtien painon ja nostomatkan mukaan on tärkeää. Suurelementtituotannossakin etuna on tasainen ja säältä suojattu osien valmistus tehtaissa sekä asennuksen nopeus itse työmaalla. Myös elementtien tuotantolaitos voidaan sijoittaa logistisesti seudulle, jolla työvoiman ja materiaalien saatavuus on hyvä. Muita tärkeitä asioita suurelementtiasennuksessa on riittävien väliaikaistuentojen teko, sääsuojaukset ja elementtien sekä palokattojen saumojen eristäminen ja toisiinsa kiinnittäminen. (1.)



Elementtijärjestelmässä omakotitalon runko voi nousta pystyyn hyvinkin nopeasti, ja katon osalta ainakin kattoristikot ovat yleensä tehdasvalmisteisia. Katot voidaan tehdä myös maassa valmiiksi asti, jolloin niiden teko on turvallisempaan ja helpompaa. Tällöin katon paikalleen nosto tapahtuu nosturilla kokonaisuena. Työtehokkuuteen vaikuttaa monta asiaa, joista tärkeitä ovat muun muassa työporukan ja työnjohdon aikaisempi kokemus elementtirakentamisesta. Muita työmenekkiä pienentäviä seikkoja ovat kuiva ja tyyne ilma, alustan mittatarkkuus, onnistunut nostosuunnitelma ja helposti käsiteltävät elementit sekä rakennuksen yksi kerroksisuus. Myös vuodenaika vaikuttaa työmenekkiin, ja alle nollan lämpötilat alkavat hidastaa rakentamista. Kuvan 2 mukaisesti pientalon pohjakuvassa on esitetty sama rakennus 57-osaisena pienen elementtirakennuksena sekä seitsemänosaisena suurelementeistä koostuvana rakennuksena. Lopputuloksena syntyvä rakennus on rakennusjärjestelmästä riippumatta mitoiltaan ja malliltaan samanlainen. (3.)



**KUVA 2. Saman talon pohjapiirustus pienen elementeistä ja suurelementeistä suunniteltuna (1)**

## 2.6 Tuotantotapojen vertailu

Kaikilla eri runkojärjestelmillä on omat hyvät ja huonot puolensa. Kuitenkaan ei voida suoraan sanoa, mikä järjestelmästä olisi paras ja mikä huonoin. Erityyppisiä taloja rakennettaessa eri vuodenaikoihin on runkojärjestelmän valinta riippuvainen kohteen erityispiirteistä ja halutusta tuotantonopeudesta sekä kustannuksista. Runkojärjestelmää valitessa voidaan apuna käyttää kuitenkin tiedettyjä järjestelmien vahvuuksia ja heikkouksia taulukon 1 mukaisesti. (1.)

TAULUKKO 1. Eri tuotantotapojen vertailu (1.)

	Paikalla rakentaminen	Pre-cut-järjestelmä	Elementtijärjestelmät
työmaapainotteisuus	suurta	suurta	vähäistä
materiaalihukka	suurta	pientä	pientä
nosturin tarve	vähäistä	vähäistä	yleensä pakollista
rungon pystytyksen nopeus	hidasta	kohtuu nopeaa	hyvin nopeaa
tarvikkeiden välivarastointi	tarvitsee	tarvitsee	mahdollisesti
Tiiveys ja lämmöneristys vaatimusten saavuttaminen	melko helppoa	melko helppoa	vaatii huolellisuutta

Verrattaessa erijärjestelmien työmaapainotteisuutta elementtijärjestelmissä työmaalle jäävän työn osuus on pienin. Tällöin rakentaminen ja sen monet osa-alueet on siirretty elementtitehtaalle. Tämä asia näkyy myös rungon pystytyksen nopeudessa. Elementtijärjestelmillä pyritäänkin työmaalla tapahtuvaan nopeaan pystytysvaiheeseen, joka omalta osaltaan antaa myös kustannussäästöjä. Paikalla rakentamisessa ja pre-cut-järjestelmässä rakentaminen keskittyy itse työmaalle, jossa sitä viedään eteenpäin piirustuksien mukaisesti. Rakennusmateriaaleille on paikalla rakentamisessa ja pre-cut-menetelmässä tehtävä välivarastointipaikat ja huolehdittava suojauksista. Elementtijärjestelmissä tarvitaan ainoastaan mahdollisten elementtien välivarastointipaikkojen alle murskepedit. Elementtien suojausten ollessa tehtynä jo tehtaalla jää työmaalle ainoastaan niiden tarkistusvastuu. (1.)

Paikalla rakennettaessa ja Pre-cut-järjestelmässä ei välttämättä tarvita esimerkiksi autonosturia. Kuitenkin materiaalinippujen siirtelyyn tarvitaan monesti pienempää nostinlaitetta, kuten kurottajaa. Sen sijaan tila- ja suurelementtien asennukseen tarvitaan voimakkaampaa nosturia elementtien suuren koon ja painon vuoksi. Elementtijärjestelmissä materiaalihukkaa muodostuu jonkin verran tehtailla, mutta se on vakiintuneen liukuhihna- ja konevalmistuksen myötä hyvin pientä. Pre-cut-järjestelmän materiaalihukka on myös pientä, ja sitä voi muodostua esimerkiksi tasausvaraun tilattujen materiaalien katkaisuisista. Paikalla rakennettaessa hukkaa syntyy eniten, ja sitä voidaan pienentää tilaamalla työmaalle mahdollisimman järkevästä mittaista tavaraa. Tiiveys- ja lämmöneristysvaatimusten saavuttamiseksi elementtijärjestelmien runsas saumamäärä aiheuttaa haasteita. Varsinkin pienelementeistä rakennettaessa on saumojen huolellinen ja suunnitelmien mukainen eristäminen esimerkiksi villakaistoilla tai eristysvaahdoilla tärkeää. (1.)

## 3 AS OY RITAHARJUN VERTSON TOTEUTUS

### 3.1 Kohteen esittely

Suurelementtitekniikkaa sovellettiin käytännössä 2012 keväällä aloitetussa As Oy Ritaharjun Versossa. Kohteeseen tuli yhteensä 20 rivitalo- ja paritaloasuntoa sekä väestönsuojarakennus, joka verhoiltiin pintaelementeillä. Kohde rakennettiin Oulun kaupungin vuokratontille asemapiirroksen mukaisesti (liite 3). Kesäkuun puoliväliin mennessä perustukset ja lattiat olivat valmiina elementtiasennuksen alkua varten. Kohteen rivitalojen seinät ja kaksikerroksisten paritalojen seinät ja välipohjat koottiin työmaalle toimitetuista puurunkoisista suurelementeistä. Suurelementeissä runkona toimi 175 cm leveä puurunko, apukoolaus ja valmiiksi pohjamaalattu ulkopanelointi. Lisäksi elementtien rakenteessa on paikoillaan tuulensuoja, lämpöeristeet, höyrynsulku ja sisäpuolten kipsilevytys. Myös ikkunat ja pellitykset olivat elementeissä valmiina paikoillaan. Rivitalojen väliset seinät olivat paikallaan valettuja betoniseiniä. Lisäksi talojen katot tehtiin esivalmistetuista kattoristikoista ja pitkästä puutavarasta kokoamalla huoneistokohtaisesti maassa. Valmiit katot nostettiin autonostureilla paikoilleen ja suojattiin säältä pressuilla ennen nostoa. Väliseinät ja sisustukset tehtiin puolestaan paikalla rakentamisen periaatteiden mukaisesti.

Kohteen rakentajana toimi Oulun Rakennusteho Oy ja myös elementit tehtiin Rakennustehon omalla elementtitehtaalla. Kohteen rakentaminen suoritettiin monitoimiurakalla, johon osallistui enimmillään yhdeksän timpuria. Sähkö- ja LVI-puolen työntekijät olivat myös Rakennustehon omia työntekijöitä. Heitä pyrittiin saamaan työmaalle rakennusvaiheen mukaisesti tarpeellinen määrä. Rakentaminen aloitettiin toukokuun alussa maanrakennustöillä, ja kohde valmistui 14.12.2012. Itse elementtien asennukseen päästiin kesäkuun alussa ja heinäkuun lomakuukauden jälkeen loput elementit asennettiin elokuun puoliväliin mennessä. Työvoimasta noin puolet oli yleensä ottaen kiinni maassa tapahtuvassa vesikattojen rakentamisessa, koska se vei runkotyövaiheessa työtunteja suhteessa paljon.

Kohteen työntekijöiden lukumäärä vaihteli rakennusvaiheen mukaan. Perustus-, maarakennus- ja sokkelitöissä oli yhteensä noin 10 työntekijää. Työmaan vahvuus säilyi myös maanvaraisten lattioiden teon aikaan noin 10 työntekijässä. Runkovaiheessa työntekijöitä oli eniten eli yhdeksän timpuria, keskimäärin viisi lvi-puolen työntekijää, kaksi mestaria ja vaihteleva määrä aliurakoitsijoiden työntekijöitä kuten huopamiehiä. Sisätyövaiheen aikaan iso maalareiden ja laatoittajien määrä lisäsi työmaan kokonaisvahvuuden lähemmäs 25 työntekijää. Kohteen kokonaisrakennusaika oli noin 7 kuukautta tontin raivauksesta aina asukkaille luovutukseen saakka. Kuvassa 3 esitetään Verson työmaasta viimeistelytöitä, kuten ulkomaalaus- ja pihatöitä, vaille valmis yleiskuva.



*KUVA 3. Valmiita rivitaloja ja väestönsuojarakennus Ritaharjun Versossa 5.12.2012*

## 3.2 Elementtien suunnittelu ja kuljetus

Rakennustehon kaikki elementit tehdään yrityksen omalla elementtitehtaalla Oulussa. Suunnitteluvaiheessa elementit merkataan ja lasketaan, kuinka monesta elementistä kohde on mahdollista tehdä. Nurkat ja niiden liitokset suunnitellaan ensin. Rivitalojen pitkät seinät joudutaan tekemään useista elementeistä, koska järkevä maksimipituus muuten ylitetään. Tällöin seinät tehdään tarpeeksi monesta elementistä jatkoksilla. Tehdäkseen elementtikohtaiset työkuvat tarvitsee elementtitehdas kohteen pohjakuvat. Ohjelmilla työkuviin lisätään tarvittavat aukotukset ennen valmistuksen alkua. Työmaan ja elementtitehtaan tulee olla hyvissä ajoin yhteydessä toisiinsa, jotta tarvittavien elementtien valmistamiseen osataan varautua.

Tehtaalla elementtien valmistumisen jälkeen seinäelementit pakataan metallivakkeihin, joihin ne sidotaan liinoilla kiinni. On tärkeää, että elementit tulevat vakkeihin oikeaan järjestykseen, jolloin vältetään turhilta nostoilta työmaalla. Sama koskee myös välipohjaelementtejä, jotka kuljetetaan työmaalle päällekkäin. Työmaalle pyritään tuomaan aina mahdollisimman täysiä kuormia elementtejä. Purkuun tarvitaan autonosturia, joten elementtien työmaalle tulolle sovitaan päivät, jolloin autonosturi olisi työmaalla muutenkin. Tarpeeksi kevyet elementtivakit voidaan purkaa myös kuorma-auton mahdollisella omalla pienoistonosturilla. Elementit on tehtaalla suojattu pressuilla tiiviiksi paketeiksi, joten ne eivät pääse kastumaan kuljetuksen ja välivarastoinnin aikana. Paikalleen nosto tapahtuu elementti kerrallaan pienemmillä nostoliinoilla, jotka on myös asennettu elementteihin tehtaalla valmiiksi. Vakkeihin jäljelle jääneet elementit täytyy aina muistaa tukea, etteivät ne pääse kaatumaan esimerkiksi tuulen vaikutuksesta.

Elementtien saapuessa työmaalle tulee ne aina tarkistaa mahdollisten kuljetusvaurioiden varalta. Myös suojausten ehjyys on hyvä varmistaa sekä käydä lävitse elementtien numeroinnit, joilla varmistetaan oikeiden elementtien työmaalla olo. Myös välivarastojen sijainnilla on tärkeä osuus asennuksen nopeassa sujumisessa. Autonosturin olisi hyvä yltää pystytyspaikaltaan nostamaan mahdollisimman paljon elementtejä ilman, että konetta täytyy välillä siirtää, koska autonosturin pystytyspaikan siirto on aikaa vievää ja jokaisesta siirrosta syntyy työmaalle isoja kustannuksia. Myös autonosturin sopivan teholuokan valinta on tärkeää, jotta asennus sujuu joutuisasti ja kone jaksaa nostaa elementit ilmaan



suunnitelluista nostopaikoista käsin. Ritaharjun Verson työmaalla nostot tehtiin pääsääntöisesti 50 tonnin nosturilla, joka jaksoi nostaa painavimmatkin vakit kokonaisina kuorma-auton kyydistä. Painavin vakki elementteineen painoi noin 7 tonnia, jolloin nosturi jaksoi nostaa sen noin 14 metrin etäisyydelle itsestään. Raskaimpien kattojen nostoissa työmaalla käytettiin myös isompaa 80 tonnin autonosturia. Kuvan 4 mukainen seinäelementin nosto tapahtui 50 tonnin autonosturilla.



*KUVA 4. Rivitalon seinäelementtiä ollaan nostamassa paikoilleen autonosturilla*

Kuvan 4 mukainen seinäelementti on noin 8 metriä pitkä ja kolme metriä korkea. Painoa seinäelementeille kertyi 50 kg neliömetrille. Tällöin kuvan mukaisen elementin paino on noin 1300 kg. Seinäelementin u-arvo oli puolestaan 0,17 W/m<sup>2</sup>K.

Logistinen ketju elementtitehtaalta työmaalle tapahtui käyttämällä kuvan 5 kaltaisia avolavakuorma-autoja. Kuorma-auto oli yleensä kuljetusliikkeen, ja sen lavalla työmaalle tuli neljä seinäelementtiä yhdessä vakissa. Vakkeja lavalle mahtui rinnakkain kaksi. Työmaalla vakit välivarastoitiin, jotta kuorma-autolle ei tule odotustunteja. Välivarastointipaikkaa katsottaessa on tärkeää, että paikka on hyvin kantavaa tasaista maata. Ritaharjun työmaalla elementtivakkien välivarastointipaikkojen alla oli murskepeti, joka oli tasoitettu mahdollisimman tasaiseksi. Välivarastointipaikkaa katsottaessa on myös tärkeää, että alueelle ei pääse virtaamaan kovienkaan sateiden aikana paljoa elementtejä vahingoittavaa vettä.



*Kuva 5. Kuvan kaltaisia avolavallisia ja kuormausnosturillisia kuorma-autoja käytettiin myös Ritaharjun verson elementtien kuljetuksessa*



### 3.3 Elementtiasennus

Ennen elementtien asennuksen alkua täytyy asennuksesta tehdä kirjallinen asennussuunnitelma. Asennussuunnitelmassa käydään lävitse kohde, elementtityypit ja niiden tiedot, asennusjärjestys ja alueet, aikataulu, tuennat, kiinnitykset, siirrot, varastointi, oikeat työtavat ja työturvallisuus. Ritaharjun Versossa suurimmat seinäelementit ovat noin 25 neliömetrin kokoisia (10x3 m) ja niiden painot vaihtelevat 600–1300 kg:n välillä. Koko kohteeseen seinäelementtejä asennetaan noin 50 kpl ja välipohjaelementtejä 21 kpl.

Elementtien asennus tapahtuu elementtijakokuvan mukaisesti ja elementit on merkitty valmiiksi tehtaalla. Seinäelementtien asennus aloitetaan aina ulkonurkasta. Kaksikerroksisissa paritaloissa ensin asennetaan alakerran seinäelementit, sitten välipohjaelementit ja viimeiseksi toisen kerroksen seinäelementit. Elementit saapuvat työmaalle suoraan tehtaalta elementtivakeissa pystyasennossa. Nostot välivarastointialueille suoritetaan vakkeineen autonosturilla. Paikoilleen elementit nostetaan yksitellen nostoliinoja apuna käyttäen. Elementit tuetaan paikoilleen teräksisillä tehdasvalmisteisilla elementtituilla, joissa on säädettävät varret elementtien saamiseksi suoraan. Tuennat ovat paikoillaan aina siihen asti, että talojen lopullinen jäykistäminen on saavutettu kattojen teon ja harvalautakierroksen jälkeen. Elementtien kiinnitys toisiinsa tapahtui vähintään 90 mm pitkillä ja 6 mm paksuilla puuruuveilla. Huoneistojen väliseen betoniseen paloluokiteltuun seinään kiinnitys tapahtui käyttämällä 140x7,5 millimetrin betoniruveja. Kuvan 6 mukaisesti puisten välipohjaelementtien syvennyksiin valettiin kaksikerroksisissa paritaloissa työmaalla betonilattiat. Kyseisiin kohtiin rakennettiin myöhemmin sauna- ja kylpyhuonetilat.



*KUVA 6. Välipohjaelementtiin on jätetty tehtaalla syvennys pesuhuoneen ja saunan kohdalle, johon työmaalla valetaan betonilattia*

Seinäelementtien asennus tapahtui 173x48 mm alaohjauspuun päälle. Alaohjauspuu asennettiin paikoilleen asennuskuvien mittojen mukaan ja sen kiinnitykseen käytettiin 140 mm pitkiä kiila-ankkureita. Itse seinäelementit asennettiin tämän alaohjauspuun päälle, ja tähän kiinnitykseen käytettiin puuruuveja. Kaksikerroksisissa paritaloissa välipohjaelementit tukeutuivat ulkoseinäelementteihin. Lisäksi sisäpuolella sijaitseva yksi kantava paikallaan rakennettu väliseinä ja kolme teräspilaria, joihin välipohjaelementit myös tukeutuivat. Välipohjaelementeissä oli tarvittavat putkitukset kuten ilmastointihormit valmiina paikallaan. Työmaalla elementteihin lisättiin viemärit ja kaivot yläkerran pesuhuoneen ja saunan kohdalle, minkä jälkeen pintalattia valettiin betonista näiltä osin.

Seinäelementeissä ulkoverhoukset olivat muuten paikallaan, lukuun ottamatta elementtien alahelmoja ja liitoskohtia. Näihin kohtiin asennettiin puuttuvat paneelit jälkeinpäin ja alahelmoihin tuli vielä pellitys. Asennuksessa huomioitavaa on myös elementtien mahdollisimman mittatarkka ja suora asennus. Tämä helpottaa jälkeinpäin varsinkin välipohjaelementtien päälle tapahtuvaa lattioiden asennusta. Elementteihin jäävät pykälät ja eritasoisuudet joudutaan muuten tasoittamaan tai hiomaan vaneripinnasta, sillä muuten lattiat jäävät kantamaan jostain kohtaa.

Neljä asuntoa käsittävän rivitalon pystytys vei työntekijöiltä noin 280 työntekijätuntia. Tämä työ käsitti elementtien nostot ja asennukset sekä tiivistykset. Tähän tuntimäärään kuuluu lisäksi alaohjauspuiden asennukset, elementtisaumojen tiivistykset, palokatkojen asennukset, kattojen tekeminen maassa ja niiden paikalleen nosto. Tällöin yhdeksän työntekijän ryhmä sai rivitalon sääsuojaan neljän työpäivän aikana. Itse työ sujui hyvin pitkälti Ratu-mallin mukaisesti. Suurimmat haasteet liittyivät paikalla rakennettavien kattojen osalta muutaman kappaletavaran työmaalta loppumiseen. Näin nopeassa rakentamisessa olikin hankaluuksia saada tavaraa tarpeeksi nopeasti työmaalle, jotta muut tekovaiheet eivät hidastuisi.

Kuvassa 7 näkyy sisältä kuvattuna paritalon seinä- ja välipohjaelementit paikalleen asennuksen jälkeen. Välipohjaelementeissä näkyy elementin sisään asennettujen ilmanvaihtokanavien suuaukot. Myös harvalaudoitukset ovat elementeissä suurimmaksi osaksi valmiina.



*KUVA 7. Kuvassa näkyy kaksikerroksisen paritalon seinä- ja välipohjaelementit paikalleen asennuksen ja asennusaikaisten tukien poiston jälkeen*

Elementtisaumojen tiivistäminen tapahtui palovillaa ja 20 mm paksua rullavillakaistaa käyttämällä. Höyrysulkumuovit liitettiin myös tiiviiksi ennen elementtien saumakohtien sisäpuolisten levytyksien tekoa. Näitä nurkkien levytyksiä vahvistettiin myös peltikulmilla, joilla saadaan nurkkiin lisää jäykkyyttä. Näin ollen pyritään ehkäisemään rakenteen myöhempää elämistä muun muassa rakennuksen seiniin kohdistuvien tuulikuormien takia. Kaksikerroksisissa paritaloissa höyrinsulkumuovit käännettiin vielä toisessa kerroksessa välipohjaelementtien päälle, johon ne kitattiin kiinni. Näin ollen höyrysulusta saadaan yhtenäinen ja tiivis. Pesuhuoneiden ja kylpyhuoneiden kohdalla elementeissä ei ollut höyrysulkuja, koska vesieriste tulee näissä kohdissa sisälevytyksen päälle. Alaohjauspuiden ja elementtien väliset saumat kierrettiin vielä uretaanivaahdolla ja paloseinän kohdille asennettiin palovillaa seinien molemmille puolille.



Ritaharjun Verson työmaalla kaikki katot tehtiin kokoamalla ne teollisesti kootuista kattoristikoiden ja muuten käyttämällä kappaletavaraa. Kattojen kokoaminen tehtiin kuitenkin valmiiden talopohjien päällä ennen seinäelementtien asennusta. Maassa tapahtuva kattojen rakentaminen oli nopeampaa ja työturvallisempaa kuin talojen runkojen päällä tapahtuva rakentaminen. Paikalleen nostot tapahtuivat neljästä nostopisteestä nostamalla kuvan 8 mukaisesti. Nostoa varten kattoihin asennettiin 175x50 mm:n nostolankut kiinni kattotuoleihin. Noston aikana kattoja ohjailtiin pitkillä, katon nurkkiin kiinnitetyillä liinoilla. Katon ja seinäelementtien väli tiivistettiin rullavillalla, ja ne kiinnitettiin toisiinsa 400 mm:n jaolla puuruuveilla. Paikalleen asennuksen jälkeen kattoihin ei tarvinnut tehdä enää muuta kuin huopatyöt ja iv-piippujen paikalleen asennus.



*KUVA 8. Paritalon maassa rakennetun katon nostaminen kokonaisuutena paikalleen Ritaharjussa*

### 3.4 Turvallisuus ja laadunvarmistus

Työmaan työturvallisuudesta huolehditaan elementtiasennuksen yhteydessä kiinnittämällä huomiota tiettyihin erityisriskeihin, joita nostojen ja elementtirakentamisen yhteydessä ilmenee. Muuten työmaalla noudatetaan yleisiä rakennustyömaan työturvallisuussäädöksiä ja vaaditaan kaikkia työntekijöitä käyttämään henkilökohtaisia suojaimia. Työmaalle tullessa jokaiselle työntekijälle tehdään työmaahan perehdytys, jossa käydään läpi tärkeimmät säännöt ja vaatimukset työmaalla. Perehdytyksessä työntekijälle selvitetään työmaalla käytettävät työmenetelmät, kohteen yleisesittely, ensiapuvalmiudet ja tehdään yleisesittelykierros työmaalla.

Viikoittain työturvallisuuden toteutumista seurataan TR-mittarilla, jossa työmaan työsuojeluvaltuutettu ja mestari käyvät lävitse työmaan turvallisuuteen vaikuttavat seikat. Tarkastuskierroksesta tehdään kirjallinen raportti. Kierroksella merkataan ylös järjestys-, työskentely-, kone-, kulkutie-, valaistus- ja sähköturvallisuuteen vaikuttavat asiat sektoreittain ja merkitään asiat kunnossa oleviksi tai virheellisiksi. Kierroksen jälkeen lasketaan oikein olevien kohteiden prosenttiosuus kokonaisuudesta ja karkeasti arvioiden sen tulisi olla ainakin 80 prosentin yläpuolella.

Ritaharjun Verson työmaalla tehtiin paljon suurelementtiasennusta, jolloin seuraaviin työturvallisuusasioihin kiinnitettiin erityistä huomiota. Autonosturille tehtiin käyttöönottotarkastus sen tullessa työmaalle ja nostopaikkaa vaihdettaessa. Tarkastuksessa kiinnitettiin erityistä huomiota maapohjan kantavuuteen nosturin ja sen tukijalkojen alla. Elementtien nostoreitit tulee olla näkyvyydeltään hyviä ja sähköjohtoja ei saa olla nostoreiteillä. Nostojärjestyksen tulee olla työntekijöiden tiedossa, eikä elementtien alapuolella saa oleskella nostojen missään vaiheessa. Elementit tulee nostaa niille suunnitelluista nostopaikoista, ja tällä työmaalla elementteihin oli laitettu valmiiksi tehtaalla nostinliinat. Lisäksi työntekijöillä tulee olla asennuksen aikana jatkuva yhteys nosturin kuljettajaan ja asennusta mahdollisesti hankaloittavat seikat, kuten kova tuuli, tulee ottaa huomioon.

Itse elementinasennuksessa tulee huolehtia, että laskettaessa elementtejä ei niiden alle jää asentajien sormia tai varpaita. Elementtien ollessa paikoillaan tulee nostoraksit jättää löysänä kiinni elementteihin niin kauaksi aikaa, että kaikki väliaikaistuennat on tehty. Kaikki elementit tuettiin valmistajan ohjeiden mukaan vinotuilla sekä välipohjaelementeissä myös pystytönäreillä. Nämä tuennat poistettiin työmaalla vasta, kun kaikki rakenteelliset ja jäykistävät rakenteet oli tehty taloihin. Lisäksi asennuksen aikana kiinnitettiin huomiota henkilökohtaisten suojavaälineiden kuten kypärien, suojavaatteiden, silmäsuojaimien ja turvakenkien ehdottamaan käyttöpakkoon. Ritaharjun Verson työmaalla ei sattunut yhtään sairauspoissaoloa vaatinutta työtapaturmaa.

Rakennettaessa hyvän laadun tuotanto lähtee rakennuslain ja määräyksien asettamista vähimmäisvaatimuksista. Myös tilaajan etukäteisodotuksilla ja vaatimustasolla on merkitystä sen kannalta, että toteutettu laatu olisi toiveiden mukaista. Laadulla tarkoitetaan rakentamisessa monia eri asioita. Esimerkiksi voidaan puhua suunnittelulaadusta, rakentamisaikalaadusta tai varustelun laadukkuudesta. Hyvän laadun tuottaminen kerralla on rakennusliikkeen kannalta sekä halvinta että vaivattominta. Säästöjä syntyy, kun takuukorjaukset vähenevät ja hyvän laadun myötä parantunut yrityksen maine parantaa sen markkina-asemaa. Yrityksessä laatustandardit on koottu yleensä laatukäsikirjaksi, joka sisältää nämä vaatimukset ja toimintaohjeet. Ritaharjun Verson työmaalla laatua pyrittiin lisäksi parantamaan erityisellä listalla, johon oli koottu edellisten työmaiden laatua heikentäneitä virheitä. Kiinnittämällä näihin asioihin huomiota voidaan tulevaa laatua pystyä parantamaan.

Elementtirakentamisessa laatua voidaan tarkkailla hieman helpommin, sillä tuotannon keskittyessä elementtitehtaalte voidaan laaduntarkkailu suorittaa tasaisissa olosuhteissa ja rutinoituneesti. Yksi työmaan suurimmista haasteista on rakentamisaikaisen kosteuden hallinta. Siihen kiinnitettiin huomiota tarkastamalla elementtien suojaressujen eheys ja saamalla taloihin katot päälle mahdollisimman pian seinäelementtien asennuksen jälkeen. Suunnitelmien ollessa yleisien laatustandardien mukaisia on työmaalla valvottava päivittäin niiden toteutuksen oikeellisuutta. Tässä valvonnassa auttaa myös ulkopuolinen rakennusvalvonta ja rakentamisen aikaiset katselmukset, joilla laatutaso saadaan varmistettua.

### 3.5 Elementtiasennuksen 10 tärkeintä asiaa

Elementtien asennuksen ja työn sujuvuuden kannalta voidaan luetella tärkeimmät seikat, joilla työstä saadaan onnistunutta ja tehokasta. Kymmenen tärkeimmän asian joukkoon voidaankin luetella seuraavat:

1. Elementit tilataan työmaalle oikeaan aikaan ja oikeassa järjestyksessä pakattuna. Näin työmaalla ei synny ylimääräisiä nostoja, ja asennus on sujuvaa. Mestarin tulee tilata elementit useaa viikkoa ennen suunniteltua asennusta riippuen elementtitehtaan kiireellisyydestä.
2. Elementtitehtaan ja työmaan on tehtävä yhteistyötä. Näin ollen varmistetaan elementtien riittävän aikainen valmistus sekä asennuksen mahdollisista ongelmista keskustelu.
3. Työnjohdon täytyy ennakoida elementtiasennusta monta viikkoa eteenpäin ja varmistaa asennusta edeltävien työvaiheiden valmistuminen ajoissa. Tällä varmistetaan työnteon yhtenäisyys, ja silloin työntekijöiden ei tarvitse siirtyä useasti työtehtävästä toiseen.
4. Ennen asennusta tulee varmistaa kaikkien asennuspiirustusten ja suunnitelmien työmaalla olo sekä niiden ajanmukaisuus.
5. Perustusten tulee olla mittatarkkoja ja sallittujen toleranssien rajoissa. Tällöin alaohjauspuiden asennus onnistuu vaivatta ja elementit sopivat paikoilleen.
6. Työnjohdon ja työntekijöiden kokemus elementtiasennuksesta nopeuttaa työtä varsinkin kohteen alkuvaiheessa.
7. Autonosturin ollessa työmaalla on sen käytön tehokkuus hyvin tärkeää. Käytännössä nosturin pitäisi olla koko ajan käytössä ja tehdä mahdollisimman täysiä päiviä. Tämä on tärkeä asia varsinkin työmaan kustannusten osalta.
8. Kaikki asennuksessa ja työvaiheissa tarvittavat työvälineet sekä tarvikkeet tulee olla työmaalla saatavissa. Tarvikkeiden ja välineiden hankinta vie aikaa ja puutteellisilla välineillä työskentely vaikuttaa negatiivisesti työturvallisuuteen.



9. Elementtien mahdollisten välivarastointien aikana on huolehdittava, että suojaressut pysyvät ehjinä ja paikoillaan.

Tällä estetään kosteusongelmien syntyminen. Myös ilman on päästävä kiertämään elementtivakkien lävitse, jotta homeen muodostumisen riski estetään.

10. Viimeisenä asiana nostetaan esille työn valvonta ja sitä kautta suunnitelmien toteutuminen piirustuksien mukaisesti.

Näin pystytään estämään myöhempien ongelmien syntyminen ja mahdolliset virheet voidaan korjata alkuvaiheessa, jolloin se on edullisinta.

## 4 POHDINTA

Työssä on vertailtu eri runkojärjestelmien vaatimia tuotannollisia ja teknillisiä ratkaisuja. Samalla on selvinnyt eri järjestelmien hyvät ja huonot puolet sekä niiden soveltuvuus erilaisiin rakennusprojekteihin. Työssä on käsitelty elementtirakentamista ja sen vaatimia järjestelyitä työmaan näkökulmasta. Myös elementtirakentamisen rakenneratkaisuja on samalla käyty lävitse. Työn yhtenä tarkoituksena onkin käsitellä konkreettisesti pientalon puuelementtirakentamista ja koko rakentamisen vaatimaa prosessia.

Aloitin opinnäytetyön kirjoittamisen tutustumalla tarkemmin eri pientalojen runkorakennusjärjestelmiin. Vaikka tiesin etukäteen perusasiat eri järjestelmistä, löytyi niistä kuitenkin itsellenikin uusia yksityiskohtia tarkemmin perehtyessäni. Työssä vertailin eri järjestelmien hyviä ja heikkoja puolia. Vaikka löysin niitä jokaisesta järjestelmästä, on mahdotonta sanoa suoraan, mikä järjestelmä olisi automaattisesti paras. Siihen, mikä järjestelmä kannattaa valita, vaikuttaa monta seikkaa, kuten kohteen aikataulu, rakennusvuodenaika, käytettävissä oleva työvoima ja kohteen arkkitehtuuri. Nopealla aikataululla rakennettaessa elementtirakentaminen monine vaihtoehtoineen on paras ratkaisu. Itse rakennettaessa paikalla rakentaminen voi olla halvempi vaihtoehto, jos rakentajalla on mahdollisuus tehdä paljon työvaiheista itse. Elementtijärjestelmässä hyväksi puoleksi nousee myös lyhyen rakennusajan mahdollistama kosteuden helpompi hallinta. Tämä onkin yksi elementtirakentamisen hyvistä puolista.

Elementtijärjestelmää käytettäessä, kuten Ritaharjun Verson esimerkkikohteessa, tulee kiinnittää huomiota moniin seikkoihin. Suunnittelu ja elementtien asennus tulee olla sekä elementtitehtaalla että työmaalla ajan tasalla. Työmaan ja elementtitehtaan tuleekin tehdä tarvittavaa yhteistyötä töiden sujumiseksi. Suunnittelua vaatii myös etenkin suurelementtien nostot, mikäli niihin käytetään erillistä autonosturia, koska tällöin tehokkaalla nosturin käytöllä voidaan säästää paljon kustannuksissa. Monesti eri järjestelmiä voidaan käyttää myös rinnakkain niin kuin Versonkin työmaalla tehtiin.

Eri järjestelmiä kehitettäessä tulisi ottaa oppia työmailla havaituista virheistä ja pyrkiä korjaamaan ne seuraavaan kohteeseen mennessä. Elementtirakentamisessa yksi tällainen tarkkuutta vaativa asia on elementtien alaohjauspuuhun ja toisiinsa tapahtuva tiivistäminen ja kiinnitys. Näillä asioilla on merkitystä lopputuloksen tiiveyteen, elementtien elämiseen ja sitä kautta valmiiden sisäpintojen rakoiluun.

Käytössä on nykyisin monesta eri materiaaleista tehtyjä pientalorunkoja. Puu on runkomateriaalina perinteinen ja hyvin paljon käytetty edelleen. Uusina rakenteina on käyttöön otettu myös erilaisia harkkorakenteita, joissa lopullinen kantavuus ja jäykkyys saavutetaan valamalla harkkojen keskustat. Myös puurunkoisia elementtejä voidaan pinnoittaa erilaisilla materiaaleilla, jotka voivat olla puuta kestävämpiä ja huoltovapaampia. Uskon kuitenkin, että tulevaisuudessa elementtirakentamista käytetään yhä enemmän rakentamisessa sen tuomien nopeus- ja tehokkuushyötyjen vuoksi.

## LÄHTEET

1. Laitinen, Eero 1995. Teollinen puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

2. Rakennusjärjestelmän toteutustavan valinta vaikuttaa rakentajan arkeen ja toteutuneisiin kustannuksiin. Saatavissa:

<http://www.viihtyisakoti.fi/files/pdf/1271/Rakennusjarjest.pdf>. Hakupäivä: 15.11.2012.

3. Ratu 53-0262. 2003. Puuelementtityö. Saatavissa:

<https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSZP2%3A%2447%24R0262%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-RTU8731/R0262.pdf>. Hakupäivä 28.1.2013.

4. Koskenvesa, Anssi – Mäki, Tarja 2003. Pientalon rakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

5. RunkoRyl RT 14-11016. 2010. Talonrakennuksen runkotyöt. Saatavissa:

<https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2411016%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-106032/11016.pdf>. Hakupäivä 28.1.2013.

# LIITTEET

Liite 1 PUUTALON LAATUVAATIMUKSET

Liite 2 TUOTANTOTAPAKUVAUKSET

Liite 3 ASEMAPIIRROS

## 72 Puuelementtirakentaminen

### 721 Puuelementtityö

Luku sisältää

- puurakenteisten elementtien sekä niistä tehtävien rakennusosien laatuvaatimukset
- elementtien asennuksen, kiinnityksen, tilkitsemisen ja avustavat työt sekä työkyntän tekemän mittauksen.

#### 721.1 Puurakenteiset elementit

##### 721.1.1 Puurakenteiset seinä- ja vaakarakenne-elementit

###### Vaatimukset

Elementit täyttävät niille suunnitelma-asiakirjoissa esitetyt vaatimukset.

Elementtien puurunkorakenteet täyttävät *luvussa 711* esitetyt vaatimukset.

Elementtien ulkoverhoukset täyttävät *luvussa 712* esitetyt vaatimukset.

Elementeissä käytettävät rakennuslevyt täyttävät *luvussa 741* asetetut vaatimukset.

Elementtien sisäverhoukseen käytettävä puutavara täyttää *SisäRYL:n* puurakentamisen *luvussa* asetetut vaatimukset.

###### Viitteet

- 711 Puurunkotyö, *RunkoRYL 2010*
- 712 Puujulkisivutyö, *RunkoRYL 2010*
- 741 Levytyö runkorakenteissa, *RunkoRYL 2010*
- *SisäRYL 2010 (valmistella 2010)*.

**Taulukko 721:T1. Seinäelementtien valmistustarkkuudet.**

Ulottuvuudet ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama	
	Luokka 1	Luokka 2
Pituus		
– pituus < 2,1 m	± 3 mm	± 5 mm
– pituus 2,1...6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– pituus > 6,0 m	± 10 mm	± 20 mm
Korkeus		
– korkeus < 3,0 m	± 3 mm	± 5 mm
– korkeus 3,0...6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– korkeus > 6,0 m	± 10 mm	± 20 mm
Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystuen kohdalla	± 3 mm	± 5 mm
Paksuus ilman ulkoverhousta kiinnitystukien välillä	± 4 mm	± 6 mm
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero		
– elementin suurin mitta ≤ 2,1 m	± 4 mm	± 7 mm
– elementin suurin mitta 2,1...6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– elementin suurin mitta > 6,0 m	± 15 mm	± 28 mm
Suoruus <sup>1)</sup>		
– pituus	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– korkeus	± 1,5 ‰	± 1,5 ‰
Ovi- ja ikkuna-aukkojen sijainti	± 3 mm	± 5 mm

<sup>1)</sup> Mittauspituudesta, kun mittauspituus on vähintään 2 m. Kun puurakenteiden toteutusstandardi on valmis, noudatetaan sen valmistustarkkuuksia.

72  
721

Taulukko 721:T2. Vaakarakenne-elementtien valmistustarkkuudet.

Ulottuvuudet ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama	
	Luokka 1	Luokka 2
Pituus		
– pituus ≤ 6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– pituus > 6,0 m	± 10 mm	± 20 mm
Leveys		
– leveys < 2,1 m	± 5 mm	± 7 mm
– leveys 2,1...6,0 m	± 2,5 ‰	± 3,5 ‰
– leveys > 6,0 m	± 15 mm	± 25 mm
Paksuus	± 5 mm	± 7 mm
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero		
– elementin pituus ≤ 6,0 m	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
– elementin pituus > 6,0 m ja leveys < 2,0 m	± 15 mm	± 25 mm
– elementin pituus > 6,0 m ja leveys > 2,0 m	± 25 mm	± 35 mm
Suoruus <sup>1)</sup>		
– kaikki leveydet ja pituudet	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰

<sup>1)</sup> Mittauspituudesta, kun mittauspituus on vähintään 2 m.

Kun puurakenteiden toteutusstandardi on valmis, noudatetaan sen valmistustarkkuuksia.

**721.1.1.2 Elementtien lämmöneriste, ääneneriste ja paloeriste****Vaatimukset**

Lämmöneristyksen, ääneneristyksen ja paloeristyksen tekemisessä noudatetaan suunnitelma-asiakirjoissa esitettyjä vaatimuksia.

Lämmöneriste on tiiviisti ilman- ja höyrynsulkua sekä tuulensuojaa vasten siten, että ilman virtaaminen eristeen ja ilman- ja höyrynsulun sekä eristeen ja tuulensuojan välissä ei ole mahdollista. Lämmöneristeen sauma- ja liitoskohdat ovat tiiviit siten, että eristekerrosta läpäiseviä ilmarakoja ei ole.

Ääneneristeen sauma- ja liitoskohdat ovat tiiviit siten että eristekerrosta läpäiseviä ilmarakoja ei ole.

Paloeristeen materiaali ja tiheys ovat suunnitelma-asiakirjojen mukaisia. Paloeriste on tiiviisti paloeristettävää rakennetta vasten siten, että palon pääsy paloeristeen ja paloeristettävän rakenteen väliin ei ole mahdollista. Paloeristeen sauma- ja liitoskohdat ovat tiiviit siten, että eristekerrosta läpäiseviä rakoja ei ole.

Lämmöneristeet, ääneneristeet ja paloeristeet on kiinnitetty elementteihin siten, että ne eivät pääse liikkumaan elementtien käsittelyn ja kuljetuksen aikana.

Elementeissä käytettävät eristeet sekä ilman- ja höyrynsulut täyttävät *luvussa 911* asetetut vaatimukset.

**Viitteet**

- SFS-EN ISO 10456 Rakennusaineet ja -tuotteet. Lämpö- ja kosteustekniset ominaisuudet. Taulukoidut suunnittelu-arvot ja menetelmät ilmoitetun lämpöteknisen arvon ja lämpöteknisen suunnittelu-arvon määrittämiseksi
- 911 Lämmöneristys, RunkoRYL 2010.

**721.1.1.3 Toimitus****Vaatimukset**

Elementteihin tai niiden suojukseen on merkitty ainakin valmistajan ja elementtien tunnuksat sekä elementtien mitat ja paino.

Elementeissä on suunnitelma-asiakirjojen mukaiset nostolenkit tai merkitty nostokohta ja -tapa.

**721.1.1.4 Kuljetus ja varastointi****Vaatimukset**

Elementtejä siirrettäessä, nostettaessa ja varastoitaessa noudatetaan valmistajan antamia tuotekohtaisia ohjeita.

Elementit suojataan kastumista, liikaantumista, kolhiintumista ja naarmuuntumista vastaan.

Elementit varastoidaan aina kuivalla, tukevalla ja tasaisella alustalla siten, että elementit ovat irti maasta ja elementteihin ei pääse syntymään haitallisia muodonmuutoksia ja ulkonäköä heikentäviä virheitä.

Elementtien kosteus ei saa lisääntyä haitallisesti kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Varastoinnin aikana huolehditaan elementtien tuulettumisesta.

**Ohje**

Elementtien kosteuden äkillisiä muutoksia vältetään varastoinnin aikana. Elementtien suojukset säilytetään ehjinä eikä niitä poisteta ennen asennusta. Jos vesi tiivistyy suojusten sisäpuolelle varastoinnin aikana, suojukset avataan alareunasta tuulettumisen parantamiseksi.

Seinäelementtien yläpinta (yläjuoksu ja tuuletusrako) suojataan asennuksen jälkeen. Suojaus poistetaan liittyvien asennusten yhteydessä.

Ulkona elementit varastoidaan noin 0,3 m korkeiden korokkeiden päälle, jotta alusta tuulettuu ja roiskevesien haitat jäisivät vähäisiksi.



**721.1.2 Naulalevyillä kootut rakenneosat****Vaatimukset**

Naulalevyillä kootun rakenneosan ominaisuudet ilmoitetaan ensisijaisesti CE-merkinnällä. Näiden ominaisuuksien on täytettävä asetetut kansalliset vaatimustasot tuotteen käyttökohteessa. Jos tuotteen ominaisuuksia ei ole ilmoitettu CE-merkinnällä, voidaan naulalevyrakenteen ominaisuudet osoittaa *Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B5* mukaisella menettelyllä.

Naulalevyillä kootut rakenneosat on valmistettu standardin *SFS-EN 14250* mukaan.

**Ohje**

Tässä yhteydessä naulalevyillä kootuilla rakenneosilla tarkoitetaan pääasiassa naulalevyristikoita ja sahatavarasta naulalevyillä koottuja palkeja.

Kantaviin ja jäykistäviin rakenteisiin tarkoitettujen naulalevyillä koottujen rakenneosien valmistaminen on luvanvaraista toimintaa.

Kantavana rakenteena käytettäviä naulalevyillä koottuja ristikoita tai -kehiä on käsitelty ohjekortissa *RT 85-10495*.

**Viitteet**

- *B5 Puurakenteet – Ohjeet 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma (valmisteilla 2010)*
- *SFS-EN 14250 Puurakenteet. Tuotevaatimukset tehdasvalmistetulle naulalevyrakenteille*

**721.1.2.1 Valmistuksen mittatarkkuudet****Vaatimukset**

Naulalevyristikoiden ja -palkkien sallitut mittapoikkeamat valmistajan ilmoittamista nimellismitoista ovat standardin *SFS-EN 14250* mukaiset.

Samassa tuote-erässä rakennemitat saavat poiketa toisistaan enintään 10 mm.

**Viitteet**

- *SFS-EN 14250 Puurakenteet. Tuotevaatimukset tehdasvalmistetulle naulalevyrakenteille*

**721.1.2.2 Toimitus****Vaatimukset**

Kukin naulalevyillä koottu rakenneosa on merkitty siten, että merkinnöistä ilmenee vähintään *taulukon 721:T3* tiedot. *Taulukon 721:T3* tietoja ei tarvitse esittää, jos rakenneosalle on myönnetty CE-merkki. Tällöin kukin rakenneosa on varustettu standardin *SFS-EN 14250* mukaisella CE-merkillä.

Naulalevyillä kootun rakenneosan kosteus saa olla toimitettaessa 22 % puun kuivapainosta. Jos rakenneosa on tarkoitus pintakäsittellä, saa sen kosteus pintakäsittelyn ajankohtana olla enintään 18 % puun kuivapainosta.

**Taulukko 721:T3. Naulalevyillä kootun rakenneosan merkintöjen tiedot.**

- |    |  |
|----|--|
| a) | Ulkoisen laadunvalvonnan merkki ja valmistajan nimi tai tunnusmerkki |
| b) | Valmistuserän tunnusmerkintä (piirustuksen numero)                   |
| c) | Valmistusviikko ja -vuosi  |
| d) | Sisäsauvojen sivuttaistuennat  |

**Viitteet**

- *SFS-EN 14250 Puurakenteet. Tuotevaatimukset tehdasvalmistetulle naulalevyrakenteille*

**721.1.2.3 Kuljetus ja varastointi****Vaatimukset**

Naulalevyillä koottuja rakenneosia siirrettäessä, nostettaessa ja varastoitaessa noudatetaan valmistajan antamia tuotekohtaisia ohjeita.

Naulalevyillä kootut rakenneosat suojataan kastumista, likaantumista, kolhiintumista ja naarmuuntumista vastaan.

Naulalevyillä kootut rakenneosat varastoidaan aina kuivalla, tukevalla ja tasaisella alustalla siten, että rakenneosat ovat irti maasta ja rakenneosiin ei pääse syntymään haitallisia muodonmuutoksia, liitoksia rikkovia rasituksia ja ulkonäköä heikentäviä virheitä.

Naulalevyillä kootut rakenneosat pyritään kuljettamaan ja varastoimaan pystyasennossa enintään 15 kappaleen nippuihin pakattuina. Niput tuetaan rakenneosan todellisista tukipisteistä ja siten, että niput eivät pääse kaatumaan. Jos kuljetus ja varastointi joudutaan tekemään vaakasennossa, tuetaan niput siten, että kuljetus ja varastointi eivät aiheuta rasituksia naulalevyliitoksiin. Päällekkäisten nippujen väliin asennetaan korokkeet, jotka ovat kaikissa päällekkäisissä nipuissa samalla kohdalla.

Naulalevyillä koottujen rakenneosien kosteus ei saa lisääntyä haitallisesti kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Varastoinnin aikana huolehditaan rakenneosien tuulettamisesta.

**Ohje**

Varastointiolot vastaavat naulalevyillä koottujen rakenneosien lopullisia käyttöoloja. Rakenneosien kosteuden äkillisiä muutoksia vältetään varastoinnin aikana. Rakenneosien suojukset säilytetään ehjinä eikä niitä poisteta ennen asennusta. Jos vesi tiivistyy suojusten sisäpuolelle varastoinnin aikana, suojukset avataan tuulettamisen parantamiseksi.

Ulkona naulalevyillä kootut rakenneosat varastoidaan siten, että rakenneosat ovat noin 0,3 m irti maasta, jotta alusta tuulettuu ja roiskevesien haitat jäävät vähäisiksi.

**721.1.3 Puikkoliittimillä kootut rakenneosat****Vaatimukset**

Puikkoliittimillä kootun rakenneosan ominaisuudet voidaan ilmoittaa CE-merkinnällä. Näiden ominaisuuksien on täytettävä asetetut kansalliset vaatimustasot tuotteen käyttökohteessa. Jos tuotteen ominaisuuksia ei ole ilmoitettu CE-merkinnällä, voidaan puikkoliittimillä kootun rakenneosan ominaisuudet osoittaa *Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B5* mukaisella menettelyllä.

Liitostarvikkeet ja liitokset täyttävät kohdissa *711.2*, *711.4.1* ja *711.5.1* esitetyt vaatimukset.

**Ohje**

Tässä yhteydessä puikkoliittimillä kootuilla rakenneosilla tarkoitetaan pääasiassa ristikoita.

Puikkoliittimiä ovat naulat, ruuvit, pultit, tappivaarnat.

**Viitteet**

- *711.2 Liitostarvikkeet, RunkoRYL 2010*
- *711.4.1 Liitosten asennustyö, RunkoRYL 2010*
- *711.5.1 Valmis liitosasennus, RunkoRYL 2010*



72  
721**721.1.3.1 Valmistuksen mittatarkkuudet****Vaativuudet**

Puikkoliittimillä kootun ristikon sallitut mittapoikkeamat valmistajan ilmoittamista nimellismitoista ovat *taulukon 721:T4* mukaiset.

**Taulukko 721:T4.** Puikkoliittimillä kootun ristikon valmistustarkkuudet.

Ulottuvuus ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama
Pituus $\Delta 1$	
$\leq 10,0$ m	$\pm 10$ mm
$> 10,0$ m	$\pm 1$ ‰
Korkeus $\Delta 2$	$\pm 5$ mm
Harjan sijainti $\Delta 3$	$\pm 5$ mm
Räystäään pituus $\Delta 4$	$\pm 5$ mm

$\Delta 1 \dots \Delta 4$  viittaavat kuvaan 721:K1 (liitteessä 721:L1 Ristikon asennustarkkuuksien selityksiä).

**721.1.3.2 Toimitus****Vaativuudet**

Kukin puikkoliittimillä koottu rakenneosaa on merkitty siten, että merkinnöistä ilmenee vähintään *taulukon 721:T5* tiedot. *Taulukon 721:T5* tietoja ei tarvitse esittää, jos rakenneosalle on myönnetty CE-merkki. Tällöin kukin rakenneosaa on varustettu kyseisen eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaisella CE-merkillä. Jos merkintä jätetään pois, esimerkiksi esteettisistä syistä, kunkin tällaisen rakenneosaaerän mukana tulee toimittaa kaupalliset dokumentit, joista ilmenee *taulukon 721:T5* tiedot tai CE-merkityn puikkoliittimillä kootun rakenneosaa tapauksessa CE-merkistä ilmenevät tiedot.

Suuret rakenneosaa voidaan toimittaa osina ja koota työmaalla edellä esitettyjen vaatimusten mukaan.

**Taulukko 721:T5.** Puikkoliittimillä kootun rakenneosaa merkintöjen tiedot.

- Valmistajan nimi tai tunnusmerkki
- Valmistuserän tunnusmerkki

Puikkoliittimillä sahatavarasta kootun rakenneosaa kosteus saa olla toimitettaessa enintään 22 % ja liimapuusta tai LVL:stä kootun rakenteen kosteus vastaavasti enintään 20 % puun kuivapainosta. Jos rakenneosaa on tarkoitus pintakäsittellä, saa sen kosteus pintakäsittelyn ajankohtana olla enintään 18 % puun kuivapainosta. Jos rakennusosaa kootaan työmaalla, saa koottavien osien kosteus olla enintään 18 % puun kuivapainosta.

**721.1.3.3 Kuljetus ja varastointi****Vaativuudet**

Puikkoliittimillä koottuja rakenneosaa siirrettäessä, nostettaessa ja varastoitaessa noudatetaan valmistajan antamia tuotekohtaisia ohjeita.

Puikkoliittimillä kootut rakenneosaa suojataan kastumis- ta, likaantumista, kolhiintumista ja naarmuuntumista vastaan.

Puikkoliittimillä kootut rakenneosaa varastoidaan aina kuivalla, tukevalla ja tasaisella alustalla siten, että rakenneosaa ovat irti maasta ja rakenneosiin ei pääse synty- mään haitallisia muodonmuutoksia, liitoksia rikkovia rasit- taksia ja ulkonäköä heikentäviä virheitä. Varastointi suosi- tellaan käyttöasennossa, hyvin tuettuna.

Puikkoliittimillä koottujen rakenneosaa kosteus ei saa lisääntyä haitallisesti kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Varastoinnin aikana huolehditaan rakenneosaa tuulettu- misesta. Varastoitaessa muovisuojus avataan alareunas- ta esimerkiksi kondenssiveden kertymisen estämiseksi.

Jos suunnitelma-asiakirjoissa on määrätty, että puikko- liittimillä kootun rakenneosaa suojukset poistetaan syste- maattisesti rakennuksen kuivumisprosessin aikana (kui- vumishalkeamien estäminen), huolehditaan, että suojuk- set säilyvät ehjinä rakentamisen aikana.

**Ohje**

Rakenneosaa kosteuden äkillisiä muutoksia vältetään varastoi- nin aikana. Rakenneosaa suojukset säilytetään ehjinä eikä niitä poisteta ennen asennusta. Jos vesi tiivistyy suojusten sisäpuolelle varastoinnin aikana, suojukset avataan tuulettamisen parantami- seksi.

Ulkona puikkoliittimillä kootut rakenneosaa varastoidaan siten, että rakenneosaa ovat noin 0,3 m irti maasta, jotta alusta tuulettaa ja roiskevesien haitat jäävät vähäisiksi.

**721.1.4 Kotelo- ja ripalaatat****Vaativuudet**

Kotelo- ja ripalaattojen ominaisuudet ilmoitetaan ensisijai- sesti CE-merkinnällä. Näiden ominaisuuksien on täytettävä asetetut kansalliset vaatimustasot tuotteen käyttökohtee- ssa. Jos tuotteen ominaisuuksia ei ole ilmoitettu CE-merkinnällä, voidaan kotelo- ja ripalaattojen ominai- suudet osoittaa *Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B5* mukaisella menettelyllä.

**Ohje**

Tässä yhteydessä kotelo- ja ripalaatoilla tarkoitetaan viilupuusta, liimapuusta, sahatavarasta tai monikerroslevystä liimaamalla val- mistettuja laattoja.

**721.1.4.1 Valmistuksen mittatarkkuudet****Vaativuudet**

Kotelo- ja ripalaattojen sallitut mittapoikkeamat valmista- jan ilmoittamista nimellismitoista ovat *taulukon 721:T6* mu- kaiset, ellei tuotteen tekniseen hyväksyntään liittyvissä do- kumenteissa tai suunnitelmissa ole toisin esitetty.

**721.1.4.2 Toimitus****Vaativuudet**

Kotelo- ja ripalaatat on merkitty kappalekohtaisesti siten, että merkinnöistä ilmenee vähintään *taulukon 721:T7* tie- dot. *Taulukon 721:T7* tietoja ei tarvitse esittää, jos laatalle on myönnetty CE-merkki. Tällöin kukin laatta on varustet- tu kyseisen eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukai- sella CE-merkillä. Jos merkintä jätetään pois, esimerkiksi esteettisistä syistä, tulee *taulukon 721:T7* tiedot tai CE- merkityn laatan tapauksessa CE-merkistä ilmenevät tie- dot esittää pakkausmerkinnässä tai kunkin tuote-erän mukana toimitettavissa kaupallisissa dokumenteissa.

Kotelo- ja ripalaatan kosteus saa olla toimitettaessa enintään 20 % puun kuivapainosta. Jos laatta on tarkoitettu pintakäsittelyä, saa sen kosteus pintakäsittelyn ajankohtana olla enintään 18 % puun kuivapainosta.

**Taulukko 721:T6. Liimaamalla tehtyjen kotelo- ja ripalaattojen valmistustarkkuudet.**

Ulottuvuus	Suurin sallittu poikkeama, kun kotelo- ja ripalaatan kosteus on 12 % puun kuivapainosta
Laatan korkeus	
< 400 mm	± 2 mm
≥ 400 mm	± 0,5 %
Laatan leveys ja pituus	± 5 mm
Nurkkapisteiden välisten ristimittojen ero	
– elementin pituus ≤ 6 m	± 1,5 ‰
– elementin pituus > 6 m	± 15 mm
Suoruus	
– kaikki leveydet ja pituudet	± 1,5 ‰ <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Mittauspituudesta, kun mittauspituus on vähintään 2 m.

**Taulukko 721:T7. Kotelo- ja ripalaatan merkintöjen tiedot.**

- a) Valmistajan nimi tai tunnusmerkki  
b) Valmistuserän tunnusmerkintä

#### 721.1.4.3 Kuljetus ja varastointi

##### Vaatimukset

Kotelo- ja ripalaattoja siirrettäessä, nostettaessa ja varastoitaessa noudatetaan valmistajan antamia tuotekohtaisia ohjeita.

Kotelo- ja ripalaatat suojataan kastumiselta, likaantumiselta, kolhiintumiselta ja naarmuuntumiselta vastaan.

Kotelo- ja ripalaatat varastoidaan aina kuivalla, tukevalla ja tasaisella alustalla siten, että tuotteet ovat irti maasta ja tuotteisiin ei pääse syntyämään haitallisia muodonmuutoksia ja ulkonäköä heikentäviä virheitä.

Kotelo- ja ripalaattojen kosteus ei saa lisääntyä haitallisesti kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Varastoinnin aikana huolehditaan kotelo- ja ripalaattojen tuulettumisesta.

Jos suunnitelma-asiakirjoissa on määrätty, että kotelo- ja ripalaatan suojukset poistetaan systemaattisesti rakennuksen kuivumisprosessin aikana (kuivumishalkeamien estäminen), huolehditaan, että suojukset säilyvät ehjinä rakentamisen aikana.

##### Ohje

Varastointiolot vastaavat kotelo- ja ripalaattojen lopullisia käyttöoloja. Laattojen äkillisiä muutoksia vältetään varastoinnin aikana. Laattojen suojukset säilytetään ehjinä eikä niitä poisteta ennen asennusta. Jos vesi tiivistyy suojusten sisäpuolelle varastoinnin aikana, suojukset avataan tuulettamisen parantamiseksi.

Ulkona kotelo- ja ripalaatat varastoidaan noin 0,3 m korkeiden korokkeiden päälle, jotta alusta tuulettuu ja roiskevesien haitat jäävät vähäisiksi.

#### 721.2 Liitostarvikkeet

##### Vaatimukset

Liittimet ja liitososat täyttävät kohdassa 711.2 esitetyt vaatimukset.

##### Viitteet

• 711.2 Liitostarvikkeet, RunkoRYL 2010.

#### 721.3 Puuelementtien asennusalusta

##### Vaatimukset

Elementtien asennusalusta täyttää sille suunnitteluasiakirjoissa esitetyt vaatimukset.

Asennusalusta on puhdas, kiinteä ja niin tasainen, että valmiille rakennusosalle määrätty asennustarkkuus- ja muut laatuvaatimukset täyttyvät.

Kosteuden tunkeutuminen alustasta puurakenteeseen estetään esimerkiksi bitumikermillä.

##### Ohje

Perusmuurin yläpinta saa poiketa vaakasuorasta enintään ± 5 mm ja ulkomitat suunnitelmista enintään ± 10 mm (kokonaisero). Perusmuurin tasaisuusvaatimus on ± 3 mm/2 m ja yläpinnan kaltevuus saa olla enintään ± 2 mm perusmuurin leveydellä.

Kosteudeneristeinä käytetään bitumikermiä. Siveltävät kosteudeneristeet eivät ole riittäviä estämään kosteuden tunkeutumista alustasta puurakenteeseen.

#### 721.4 Puuelementtien asennus

##### Vaatimukset

Elementtien asentamisesta tehdään asennussuunnitelma. Suunnitelmassa käydään läpi asennustyön eri vaiheet ja niihin vaikuttavat seikat.

Elementtien asentamisessa noudatetaan suunnitelma-asiakirjoissa esitettyjä vaatimuksia.

Ennen elementtien asentamista käydään läpi asennustyön eri vaiheet ja niihin vaikuttavat seikat.

Asentamista koskevat kirjalliset ohjeet ovat käytettävissä työmaalla asentamisen aikana.

Elementit ja elementtien asennusalusta täyttävät kohdissa 721.1 ja 721.3 esitetyt vaatimukset.

Elementit eivät saa olla välittömässä kosketuksessa sellaisen materiaalin kanssa, joka kuljettaa vettä kapillaarisesti (esimerkiksi betoni).

Elementtien nostot tehdään siten ja sellaisilla nostovälineillä, että nostaminen ei aiheuta elementteihin haitallisia muodonmuutoksia ja heikennä elementtien laatua ja lujuusominaisuuksia.

Käytettävät työ- ja kiinnitysmenetelmät eivät saa huonontaa elementtien ja valmiin elementtirakenteen laatua eikä lujuusominaisuuksia.

Elementtien kosteus ei saa asennuksen aikana poiketa haitallisesti lopullisesta tasapainokosteudesta. Elementit suojataan asentamisen aikana haitalliselta kosteudelta.

Mittapoikkeamat otetaan asennettaessa huomioon kirjallisten asennusohjeiden edellyttämällä tavalla.

Elementtejä asennettaessa noudatetaan valmistajan antamia tuotekohtaisia ohjeita.



72  
721

## Ohje

Asentamiseen vaikuttavat mm. aikataulu, asennustyön etenemisjärjestys, kulkutiet, asennuskoneiden paikat, sään aiheuttamat erikoistoimet, asennusohjeet, mittaukset, tilapäiset tuennat, saumojen tiivistäminen ja tarkistusmittaukset.

## 721.4.1 Elementtien väliset liitokset

## Vaatimukset

Liitostarvikkeet ja liitostyypit täyttävät niille suunnitelmassa asiakirjoissa esitetyt vaatimukset.

Liitostarvikkeet täyttävät *kohdassa 711.2* esitetyt vaatimukset.

Liitokset täyttävät *kohdassa 711.5.1* esitetyt vaatimukset.

## Viitteet

- 711.2 Liitostarvikkeet, RunkoRYL 2010
- 711.5.1 Valmis liitosasennus, RunkoRYL 2010.

## 721.5 Valmis puuelementiasennus

## 721.5.1 Seinä- ja vaakarakenne-elementtien asennustarkkuudet

## Vaatimukset

Valmis elementtien asennus täyttää asiakirjoissa sille määrätty asennustarkkuus- ja muut laatuvaatimukset.

Elementtien puurunko täyttää *kohdassa 711.5* valmiille puurungolle esitetyt vaatimukset.

Elementtien ulkoverhoukset täyttävät *kohdassa 712.5* valmiille puuverhoukselle esitetyt vaatimukset.

Elementtien puuverhoukset ja puiset lattianpäällysteet täyttävät *SisäRYL*in ko. työnosaluven laatuvaatimukset.

Elementtien valmiit levytykset täyttävät *luvun 741* laatuvaatimukset.

Elementtien lämmöneristys ja ilman- ja höyrynsulku täyttävät *luvun 911* laatuvaatimukset.

Seinäelementtien asennustarkkuudet ovat *taulukon 721:T8* mukaiset ja vaakarakenne-elementtien *taulukon 721:T9* mukaiset. Poikkeamat mitataan huonoimmasta kohdasta. Kaikki vaatimukset täyttyvät samanaikaisesti. Suunnitelma-asiakirjoissa voidaan vaatia tarkempia asennustarkkuuksia.

## Ohje

Valmiin ulkovaipan ilmatiiviyys ja lämmöneristävyys suositellaan todennettavaksi ilmatiiviyysmittauksella ja lämpökamerakuvausella.

## Viitteet

- 711.5 Valmis puurunko, RunkoRYL 2010
- 712.5 Valmis ulkoverhoukset, RunkoRYL 2010
- 741 Levytykset runkorakenteissa, RunkoRYL 2010
- 911 Lämmöneristys, RunkoRYL 2010
- SisäRYL 2010 (valmisteilla 2010).

## Ohje

Luokka 1: Rakennusosat, joilta vaaditaan erityistä mittatarkkuutta ja joille asetetaan erityisen korkeat ulkonäkövaatimukset.

Luokka 2: Asuin-, liike- ja toimisto- tai vastaavien rakennusten rakennusosat. Luokka 2 on yleisimminkin käytetty asennustarkkuusluokka.

Luokka 3: Hallirakennusten yms. tilojen rakennusosat, joille voidaan sallia luokkaa 2 alhaisemmat mittatarkkuus- ja ulkonäkövaatimukset.

Huom! Eurokoodien mukaisissa luokituksissa luokitusnumerointi on päinvastainen, jolloin luokka 1 edustaa heikointa tasoa.

## Taulukko 721:T8. Seinäelementtien asennustarkkuudet.

Ulottuvuus ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama, mm		
	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3
Seinän sivasijainti perussuorasta	± 5	± 8	± 12
Vapaa väli (vastakkaiset seinät)	± 5	± 8	± 12
Seinän poikkeama pystysuorasta			
– korkeus enintään 3 m	± 3	± 5	± 8
– korkeus yli 3 m	± 5	± 8	± 12
Sauman leveys, poikkeama nimellismitasta	± 3	± 5	± 8
Ulkosauman hammastus, puuverhoukset	3	5	8
Elementtien yläreunan hammastus	3	5	8

Kun puurakenteiden toteutusstandardi on valmis, noudatetaan sen asennustarkkuuksia.

## Taulukko 721:T9. Vaakarakenne-elementtien asennustarkkuudet.

Ulottuvuus ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama, mm		
	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3
Elementin sivasijainti perussuorasta	± 5	± 8	± 12
Sauman hammastus elementin yläpinnassa ala- ja välipohjissa <sup>1)</sup>	3	5	8

<sup>1)</sup> Hammastus hiotaan/tasoitetaan ennen lattianpäällysteen asentamista. Jos rakenteen päälle valetaan pintalaatta, ei hammastusta tarvitse poistaa.

Kun puurakenteiden toteutusstandardi on valmis, noudatetaan sen asennustarkkuuksia.

**721.5.2 Naulalevyristikoiden asennustarkkuudet****Vaatimukset**

Naulalevyristikoiden asennustarkkuudet ovat *taulukon 721:T10* mukaiset. Kyseiset asennustarkkuudet koskevat myös naulalevyillä valmistettuja kehiä.

Poikkeamat mitataan rakenteen huonoimmasta kohdasta. Kaikki vaatimukset täyttyvät samanaikaisesti. Suunnitelma-asiakirjoissa voidaan vaatia tarkempia asennustarkkuuksia.

**Taulukko 721:T10.** Naulalevyristikon ja naulalevykehän asennustarkkuudet.

Ulottuvuus ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama
Yläpaarteen käyryys perussuorasta Δ1	L/300, kuitenkin ≤ 50 mm
Alapaarteen käyryys perussuorasta Δ2	L/300, kuitenkin ≤ 50 mm
Sauvan käyryys liitosvälin perussuorasta Δ3	15 mm
Poikkeama pystysuorasta Δ4	H/200 + 10 mm, kuitenkin ≤ 25 mm

Δ1...Δ4 viittaavat kuvaan 721:K2 (liitteessä 721:L1 Ristikön asennustarkkuuksien selityksiä).

**721.5.3 Puikkoliittimillä kootun ristikon asennustarkkuudet****Vaatimukset**

Puikkoliittimillä kootujen ristikoiden asennustarkkuudet ovat *taulukon 721:T11* mukaiset.

Poikkeamat mitataan rakenteen huonoimmasta kohdasta. Kaikki vaatimukset täyttyvät samanaikaisesti. Suunnitelma-asiakirjoissa voidaan vaatia tarkempia asennustarkkuuksia.

**Taulukko 721:T11.** Puikkoliittimillä kootun ristikon asennustarkkuudet.

Ulottuvuus ja sijainti	Suurin sallittu poikkeama
Yläpaarteen käyryys perussuorasta Δ1	L/300, kuitenkin ≤ 50 mm
Alapaarteen käyryys perussuorasta Δ2	L/300, kuitenkin ≤ 50 mm
Sauvan käyryys liitosvälin perussuorasta Δ3	L/500 (liimapuu tai LVL), missä L > 2 m L/300 (sahatavara), missä L > 2 m
Poikkeama pystysuorasta Δ4	H/200 + 10 mm, kuitenkin ≤ 25 mm

Δ1...Δ4 viittaavat kuvaan 721:K2 (liitteessä 721:L1 Ristikön asennustarkkuuksien selityksiä).

**721.6 Puuelementtityön kelpoisuuden osoittaminen****721.6.1 Tarkastukset****Vaatimukset**

Ennen töiden aloittamista todetaan asennusalustan, elementtien ja asennustarvikkeiden kelpoisuus sekä työn edellyttämät kosteus- ja lämpötilaolot.

Elementtien asennuksen aikana valvotaan jatkuvasti asennusolojen sopivuutta, peittyvien työsuoritusten asianmukaisuutta, tarvikkeiden asiakirjojen mukaista käyttöä, tarvittavia liikkuma- ja asennusvaroja, väliaikaista tuentaa ja suojausta sekä kiinnitysten riittävyttä ja pitävyyttä. Tarkastuksesta laaditaan tarvittaessa pöytäkirja.

**Ohje**

Työn aikana kiinnitetään erityistä huomiota siihen, että vaaditut ominaisuudet ja olosuhteet pysyvät sellaisina kuin työtä aloitettaessa on sovittu.

**721.6.2 Luovutus****Vaatimukset**

Katselmusten tulokset, mittauspöytäkirjat, materiaalien toimitusasiakirjat ja muu kirjallinen materiaali kootaan työmaalla ylläpidettäviin laadunvalvonta-asiakirjoihin, jotka luovutetaan vastaanottotarkastuksessa.

**721.7 Puuelementtien korjaustyöt****721.7.1 Puuelementtien korjaaminen****Vaatimukset**

Ennen puuelementtien korjaustöiden aloittamista tarkastetaan myös ympäröivien rakennusosien kunto ja selvitetään mahdollisten vaurioiden syyt. Lisäksi tehdään tarvittavat väliaikaiset tuennat ja ympäröivien rakennusosien suojaukset.

Korjattavia elementtejä peittävät verhoukset ja niihin liittyvät ympäröivät rakenteet puretaan vain tarvittavassa laajuudessa.

Elementtien asennusalustan kunto tarkastetaan ennen rakenteiden uusimista, jotta se täyttää *kohdassa 721.3* esitetyt vaatimukset.

Puutavara, runkotarvikkeet ja verhoustarvikkeet sekä niiden asennus täyttävät niille edellä esitetyt vaatimukset.

Alkuperäistä vastaavia rakenteita ja rakennustarvikkeita voidaan käyttää, jos todetaan, että näillä ei ole ollut merkitystä vaurioiden syntyyn.

Korjattavien rakennusosien asennustarkkuudet määritellään suunnitelma-asiakirjoissa tapauskohtaisesti.

Jos elementtejä joudutaan korjaamaan kuljetus-, varastointi- tai asennusvaurioiden vuoksi, vastaa korjattu kohta laadultaan tasoa, joka elementeille oli määritelty ennen vaurioitumista.

**Ohje**

Jos vauriot ovat aiheutuneet selvistä rakenteellisista virheistä (suunnittelu- tai työvirhe), poistetaan tai muutetaan tällaiset ratkaisut korjaustöiden yhteydessä siten, että vaurion uusiutuminen vältetään.

Elementtejä voidaan korjata uusimalla niiden pintakerroksia joko kokonaan tai osittain ja tarvittaessa uusimalla tai vahvistamalla runkorakenteita.



Tuotanto- lappautuma	Tuotanto- suunnittelu	Työ- lunallisuus	Työmaan perustaminen	Määrä- rakennus	Perustus	Betonirunko	Betonielementti	Teräs- runko	<b>Puurunko</b>	Vesikatto	Muuraus	LVST	Ikkuna ja ovi	Väliseinä	Kelliste	Pintarakenne	Rakennus- kone	Jätehuolto
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

## 10 Puurunkotyöt

### 10.1 Puun käyttö rakentamisessa

Asukaslukuun suhteutettuna Suomessa käytetään puuta rakentamisessa eniten maailmassa. Suomen ohella vahvoja puurakentamismaita ovat muut pohjoismaat, eräät Keski-Euroopan maat, USA, Kanada, Japani, Uusi-Seelanti ja Australia. Puun tyyppillisiä käyttökohteita ovat runko- ja vesikattorakenteet sekä erilaiset verhoukset rakennusten sisällä ja julkisivussa. Runkorakentamisessa puuta on Suomessa perinteisesti käytetty pien- ja rivitaloissa sekä jossain määrin erilaisissa hallirakennuksissa, joissa kantavat rakenteet ovat olleet liimapuupilareita ja -palkkeja.

Pohjois-Amerikassa puuta on käytetty 4-5-kerroksisten asuinkerrostalojen runkomateriaalina jo kymmeniä vuosia. Suomessa puukerrostaloja on tehty jonkin verran 1990-luvun lopulta lähtien, jolloin rakennusten palomääräyksiä muutettiin puukerrostalorakentamista helpottavaan suuntaan ja muutamat rakennusliikkeet ja puutuoteteollisuus panostivat voimakkaasti puurakentamisjärjestelmän kehittämiseen ja rakentamisen pilotointiin. Eri syistä johtuen puukerrostalorakentaminen ei kuitenkaan ole Suomessa saavuttanut merkittävää markkinaosuutta, vaan puun käyttö on kohdistunut yksittäisiin pien- ja rivitaloihin sekä ns. tiivis ja matala -periaatteella toteutettuihin asuinalueisiin.

#### Puutavara

Puutavara on yleisnimitys höylätylle, sahatulle ja pyöreälle puutavaralle, joista kah- ta viimeksi mainittua käytetään runkorakenteissa. Sahatavaraksi nimitetään kaikilta sivuilta sahattua puutavaraa ja se jaetaan valmistustapansa mukaisesti neljään ryhmään:

##### 1. Sahattu puutavara

Neljältä sivulta sahattu tai karkeasti työstetty puutavara.

##### 2. Halkaistu sahatavara

Sahatusta puutavarasta vanne- tai pyörösahalla halkaistu puutavara.

##### 3. Mitallistettu puutavara

Paksuudeltaan tai leveydeltään mittatarkaksi karkeahöylättyä tai hienosahattua puutavaraa.

##### 4. Hienosahattu puutavara

Kuivana sahaamalla halkaistu puutavara.

### 10.2 Suomessa käytettävät puulajit ja puutavara

Suomessa yleisimmät rakentamisessa käytettävät puulajit ovat mänty, kuusi ja koivu. Eniten käytetään mäntyä, joka soveltuu sekä rakentamiseen että rakennuspuusepänteollisuuteen. Rakentamisessa mäntypuun käyttökohteita ovat mm. runkorakenteet, lattialaudoitukset ja ulkoverhoukset. Kuusta käytetään rakentamisessa männyn ohella, mutta vähäisempiä määriä. Kuusen erityisiä käyttökohteita ovat sisäseinien paneloinnit sekä ulkoverhoukset rannikolla, koska se imee kosteutta vähemmän kuin mänty. Koivun kosteuseläminen on niin suurta, ettei se sovellu ulkokäyttöön. Sitä käytetään erityisesti teollisuuden raaka-aineena sekä sisustusmateriaalina pintaverhoiluissa ja lattianpäällysteenä

### 10.3 Puurakentamisen toteutustavat

Puutalo voidaan rakentaa monilla eri tavoilla ja rakentamisjärjestelmillä. Toteutustavan pääjakona on elementti- ja paikalla rakentaminen.

**Paikalla rakennettaessa** rakennusosat valmistetaan ja liitetään toisiinsa työmaalla. Rakenteet voidaan tällöin valmistaa vaihtoehtoisesti joko ns. pitkästä puutavarasta tai määrämittaan katkotuista osista, jolloin puhutaan ns. pre-cut -rakentamisesta. Pitkästä puutavarasta rakentaminen on käynyt yhä harvinaisemmaksi ja se soveltuu lähinnä omatoimisille, ammattitaitoisille pientalorakentajille. Pitkän puutavaran käyttö voidaan menetelmänä rinnastaa betonin valmistamiseen työmaalla hiekasta, sementistä ja vedestä sekoittamalla.

Tuotanto- tapahituma	Tuotanto- suunnittelu	Työ- tunallisuus	Työmaan perustaminen	Määr- rakentamis	Perustus	Betoni- runko	Betoni- elementti	Teräs- runko	<b>Puurunko</b>	Vesikatto	Muuraus	LVI-ST	Ikkuna ja ovi	Väliseinä	Kaluste	Pintarakenne	Rakennus- kone	Järjestö
1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>10</b>	11	12	13	14	15	16	17	18	19

### Sahatavaran poikkileikkausmitat

Poikkileikkausmittojen perusteella sahatavara ryhmitellään seuraavasti

- **Parru:** Paksuus vähintään 75 mm ja poikkileikkaus neliömäinen (leveys korkeintaan +/- 25 mm paksuudesta)
- **Piiru:** Paksuus ja leveys 100-175 mm
- **Lankku:** Paksuus yli 38 mm ja leveys yli 75 mm. Paksuuden ja leveyden välinen ero on yleensä yli 25 mm.
- **Lauta :** Paksuus alle 38 mm ja leveys yli 75 mm.
- **Soiro:** Paksuus 38-75 mm ja leveys 75-175 mm.
- **Rima:** Paksuus ja leveys alle 75 mm.
- Kakkosneloseksi kutsutaan 50x100 mm (noin 2"x4") lankkua.

Pre-cut -rakentamisella on pitkät perinteet. Rakentamistapaa on käytetty USA:ssa jo 1800-luvun loppupuolelta lähtien. Pre-cut -järjestelmän rakennusosat toimitetaan tehtaalta työmaalle määrämittaan katkottuina, tarvittaessa työstettyinä (esim. lovettuina) ja niputettuina. Pre-cutin alajärjestelmänä on ns. platform, joka tarkoittaa pre-cut osien koostamista ja -järjestystä.

Platformissa rakennuksen runko kootaan kerroksittain. Alapohjan päälle rakennetaan ensimmäisen kerroksen seinät, joiden päälle puolestaan rakennetaan välipohja. Tämän jälkeen välipohjan päälle rakennetaan toisen kerroksen seinät jne. Seinä tehdään usein koamalla se pre-cut osista välipohjan päällä vaakatasossa, jonka jälkeen se nostetaan pystyyn oikealle paikalleen. Platformin ansiosta kerrokset muodostavat itsenäiset, vaakarakenteilla rajatut kokonaisuudet, mikä on mm. rakennuksen paloteknisen kestävyuden kannalta edullista.

Elementtejä käytettäessä puutalo voidaan rakentaa muutaman kymmenen senttimetrin levyisistä pienenlementeistä, seinän mittaisista suurelementeistä tai tilaelementeistä. Näiden lisäksi on käytössä pilari-palkki ja pilari-laatta -rakenteisiin perustuvat puuelementtjärjestelmät.

Pientalot voidaan tehdä pitkästä puutavarasta tai erilaisista ns. talopaketeista, joiden rakennejärjestelmät ja toimitussisällöt poikkeavat toisistaan huomattavasti. Osa talopakettitoimituksista perustuu pre-cut -osiin, osa taas erilaisiin pien-, suur- tai tilaelementtjärjestelmiin. Toimitussisällöt vaihtelevat mm. sen suhteen sisältääkö toimitus ikkunat ja ovet sekä ovatko ne valmiiksi elementteihin kiinnitettyinä, kuuluuko suurelementteihin ulkoverhous, onko vesikatto mukana toimituksessa ja missä laajuudessa (vesikattorakenne, aluskate, vesikate).

Puukerrostalot tehdään käytännössä joko pre-cut tai elementtjärjestelmillä.

Suomessa käynnistettiin 1990-luvun lopulla ns. **avoimen puurakentamisjärjestelmän** kehitystyö. Avoin puurakentamisjärjestelmä perustuu kantavaseinäiseen, kerroksittain rakennettavaan puurakarakenteeseen. Se soveltuu sekä P3- paloluokan 1...2 kerroksisiin pientaloihin että P2-paloluokan 3...4 kerroksisiin asuin- ja työpaikkarakennuksiin. Soveltuvien osien järjestelmää voidaan käyttää myös muussa rakentamisessa. Järjestelmä on tarkoitettu määrämittäisiä valmisosia hyödyntävään paikalla rakentamiseen ja elementtirakentamiseen. Paikalla rakennettaessa talo pystytetään kerroksittain siten, että ala- ja välipohjat ovat työalustoja, joiden päällä kerroksen seinät kootaan vaakatasossa ja nostetaan pystyyn. Järjestelmällä voivat rakentaa sekä ammattimaiset että omatoimiset rakentajat.



**Puurunkotöiden Ratu-tiivistelmät****Puurunkotyöt**

Ratu 51-0260

**Aloitusedellytysten varmistaminen**

1. Ennen työn aloittamista järjestetään aloituspalaveri, jossa sovitaan työn toteutukseen liittyvät asiat. Aloituspalaverissa käydään läpi runkotyön aikataulu, kaluston, työvoiman, materiaalien ja tarvikkeiden saatavuus, suunnitelmat, asennusohjeet ja -järjestys, laatuvaatimukset ja työturvallisuus. Tarkistetaan suunnitelmien toteutuskelpoisuus. Erityisesti kiinnitetään huomiota liitosdetailjeihin. Tarkistetaan suojausta ja asennustyötä koskevat viranomaismääräykset ja paikalliset järjestyssäännöt.

**Työntekijän perehdyttäminen**

2. Työryhmä perehdytetään työkohteeseen ja työmenetelmiin. Työryhmälle (asentajat ja nosturikuljettaja) selvitetään työvaiheiden laatuvaatimukset ja niiden varmistamismenetelmät sekä menetelmä-, kohde- ja tuotekohtaiset työturvallisustoimet. Työryhmän ja nosturikuljettajan tulee tietää asennusjärjestys mm. puuelementtejä asennettaessa.

**Työkohteen vastaanotto**

3. Työkohdetta vastaanotettaessa tarkistetaan, että edeltävät työvaiheet ovat valmiit asennustyötä varten ja täyttävät suunnitelmien vaatimukset. Peittyvien rakenteiden tulee olla valmiina tarkastettuina ja hyväksytyinä. Asennusohjan pysty- ja vaakasuoruus tarkistetaan. Kohteen vastaanottotarkastuksessa merkitään ylös mahdolliset virheet ja puutteet, jotka korjataan ennen töiden aloittamista.

**Olosuhteet**

4. Olosuhteet asennuspaikalla tulee järjestää sellaisiksi, että työssä saavutetaan vaadittu laatutaso. Vallitsevien sääolosuhteiden vaikutus asennukseen ja nostoihin selvitetään ennen töiden aloittamista. Varmistetaan, että asennusolosuhteet vastaavat materiaalien vaatimuksia (lämpö, kosteus) sekä turvallisuusvaatimuksia (sähkö, valaistus, siisteys). Aiotiet sekä purkaus- ja lastauspaikat tehdään kuormituksen mukaisiksi sekä erotetaan omiksi risteämättömiksi väyllykseen.

**Kaluston ja koneiden tarkastus**

5. Koneiden ja laitteiden kunto, toimivuus ja soveltuvuus asennustyöhön ja kohteeseen tarkistetaan ennen niiden siirtoa ja käyttöönottoa työkohteessa. Asennusmateriaalit, koneet ja laitteet siirretään työkohteeseen. Nosturin ja muiden nostolaitteiden käyttöönottotarkastusten voimassaolo, enimmäiskuorma ja soveltuvuus asennustyöhön tarkistetaan ennen asennustyöhön ryhtymistä.

**Työtasot**

6. Asennuksessa käytetään turvallisuusmääräykset täyttäviä, tarkastettuja telineitä, ja asennustyöhön sopivia työtasoja. Nostokorissa ja korkealla työskennellessä putoamissuojauksena käytetään turvavaljaita ja -köyttä. Putoamissuojien olemassaolosta ja turvallisuudesta huolehditaan koko runkotyön ajan.

**Nostoapuvälineet**

7. Tarkistetaan nostovajereiden, -ketjujen ja muiden nostoapuvälineiden kunto ja enimmäiskuorma. Nostovajerit, -ketjut ja muut nostoapuvälineet kiinnitetään nostokorvakkeisiin tai muihin valmistajan osoittamiin nostokohtiin. Tarvittaessa käytetään nostotukia. Nostovajereiden, -ketjujen ja muiden nostoapuvälineiden kuntoa ja toimintaa seurataan koko nostotyön ajan.

**Nostoalue**

8. Ulkopuolisten liikkuminen nostoalueella estetään erottamalla se muusta työmaasta suoja-aitojen, lippusiiman tms. avulla. Nostojen aikana on nostoalueella liikkuminen kielletty.

**Nostot**

9. Nostojen aikana asentajilla ja nosturin kuljettajalla tulee olla esteetön näköyhteys tai häiriötön puheyhteys työn aikana. Suoran näköyhteyden puuttuessa käytetään kuljettajan apuna merkinantajaa. Elementtejä nostettaessa käytetään apuna ohjausköyttä. Nostoissa huomioidaan nostohetken sääolosuhteet esim. tuuli-, lumi-, lämpötila-, sade- yms.

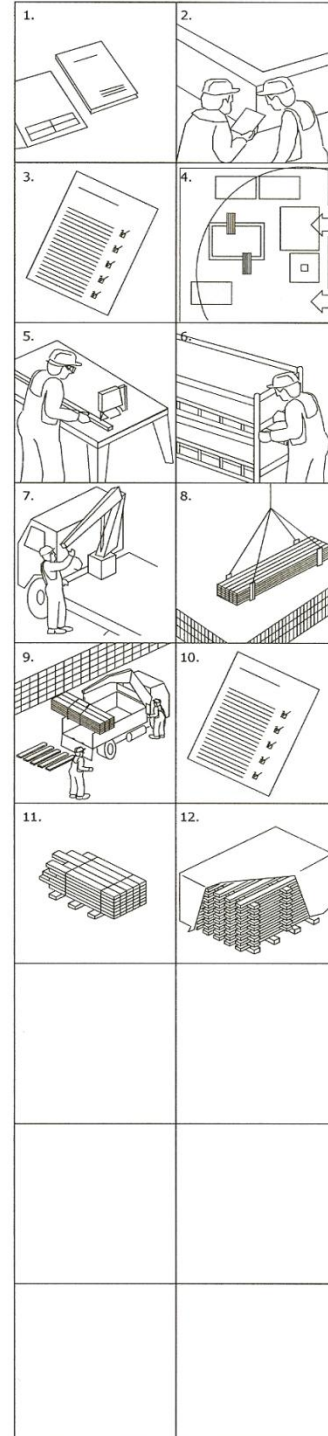
**Runkomateriaalin vastaanotto**

10. Puutavaraa tai -elementtejä vastaanottaessa tarkistetaan toimituksen sisältö, materiaalin (puutavara tai -elementit) kunto sekä suunnitelmien- ja sopimusten mukaisuus. Tarkistetaan, että puutavaran kosteuspitoisuus on puurunkotyöhön soveltuvaa (alle 24 %). Toimituksen mukana on tuoteseloste, josta tulee ilmetä mm. käytetty puuraaka-aine.

**Runkomateriaalin varastointi**

11. Työmaa-alueelta varataan riittävästi tilaa puutavaran tai -elementtien nostoja, siirtoja ja välivarastointia varten. Puutavara- tai elementtitoimitukset sekä asennusaikataulu ja -järjestys suunnitellaan niin, että runkomateriaalia ei tarpeettomasti välivarastoida työmaalla. Välivaraston tulee olla riittävän iso ja tarkoituksenmukainen siten, että puutavara tai -elementit eivät vaurioidu välivarastoinnin aikana.

12. Varaston tulee myös kestää puutavarasta tai -elementeistä aiheutuva kuorma. Ilmakuiva puutavara varastoidaan tasaiselle, irti maasta rakennetulle alustalle. Puutavara ladotaan ilmastavasti asettamalla rimat kerrosten väliin. Nipun päälle levitetään suojapeite. Puuelementit välivarastoidaan asennusjärjestykseen ja tuetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti.



**Perinteinen puurunkotyö****Seinien puurungon pystytys****Alasidepuun asennus**

13. Muovisuojattu mineraalivilla- ja bitumihuopakaistale asennetaan tartuntaterästen läpi perustusten päälle. Alasidepuut asennetaan paikalleen ja tarkistetaan niiden oikea sijainti. Tartuntateräkset kotkataan ja lyödään alasidepuuhun.

**Runkotolppien pystytys**

14. Nurkkatolpat naulataan valmiiksi nurkkakappaleiksi ja kiinnitetään alasidepuuhun. Nurkkatolppien suoruus tarkistetaan ja tuetaan väliaikaisilla vinositeillä kummankin seinän suuntaan. Alasidepuuhun mitataan ja merkitään runkotolppien ja aukkojen pielitolppien paikat. Asennetaan runkosoirot ja varmistetaan niiden pystysuoruus. Tuetaan runkotolpat kiinniottopuihin. Merkitään merkkilautaan alasidepuusta runkotolppien sijainnit. Merkkilauta naulataan pystytolppiin vaakasuoraan loppujen runkotolppien pystyttämisen ajaksi. Loput runkotolpat naulataan alasidepuun ja merkkilaudan avulla paikalleen. (ks. Ratu 51-0256)

**Yläsidepuun asennus**

15. Tarkistetaan runkotolppien suoruus sekä niiden määrämittäisyys. Yläsidepuu kiinnitetään runkotolppiin. Yläsidepuun jatkoskohdat vahvistetaan tai ne sijoitetaan runkotolpan päälle.

**Ikkuna- ja oviaukkojen teko**

16. Aukkojen ylä- ja alapinnan korkeus mitataan ja merkitään. Naulataan aukon alasidepuu ja koolataan aukon alapuoli. Aukon alapuolelle asennetaan tukirakenteet mm. pattereille ja sähkörasioille. Aukon yläsidepuu asennetaan mitattuun korkeuteen ja koolataan aukon yläpuolinen seinän osa.

**Lisäkoolaus**

17. Runkotolppiin merkitään koolauksen korkeusasemat ja koolaus naulataan paikalleen. Sähkörasiapohjat ja muut kiinnitysosalat asennetaan suunnitelmien mukaan.

**Rungon jäykistäminen**

18. Nurkkatolpista alasidepuuhun kiinnitetään vinositeet tai runkoon kiinnitetään suunnitelmien mukaiset jäykistyslevyt rungon jäykistämiseksi vaakavoimia vastaan.

**Alapohjan asennus**

19. Kannatinrimat naulataan alapohjapalkkeihin. Palkit naulataan alasidepuihin ja mahdollisesti rankarunkoihin suunnitelmien mukaan, jonka jälkeen asennetaan rossipohjan kannatinlaudat tai -levyt. (ks. Ratu 51-0257)
20. Tuulensuojan ja lämmöneristeiden asennuksen jälkeen tehdään tarvittaessa kannatinpalkkien päälle tuleva korokekoolaus. Varmistetaan korokekoolauksen yläpinnan vaakasuoruus.

**Väli- ja yläpohjan asennus****Kannatinpalkit**

21. Väli- ja yläpohjapalkiston kannatinpalkki mitataan ja katkaistaan. Palkki kiinnitetään runkorakenteisiin rakennesuunnitelmien mukaan. Varmistetaan kannatinpalkin vaakasuoruus.

**Palkkien asennus**

22. Väli- ja yläpohjapalkit mitataan ja katkaistaan. Palkit kiinnitetään kannattimen päälle rakennesuunnitelmien mukaisesti. Väli- ja yläpohjapalkkien jatkoskohtien tulee osua tuen kohdalle. Palkkien päät liitetään joko liittimillä naulaamalla tai päittäin liitospalalla. (ks. Ratu 51-0257)

**Aukkojen vahvistus**

23. Aukkojen kohdalle rakennetaan vaihtopalkit siirtämään katkaistujen palkkien kuormia viereisille palkeille rakennesuunnitelmien mukaisesti. Tarvittaessa aukkojen viereiset palkit vahvistetaan toisella rinnakkaisella palkilla.

**Kannatinrimat ja -laudat**

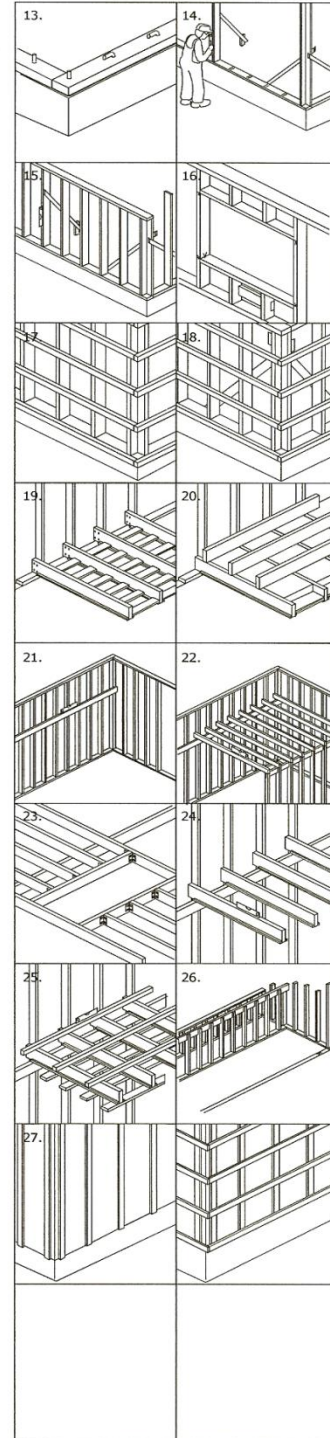
24. Kannatinrimat ja -laudat kiinnitetään välipohjapalkkeihin ennen lämmöneristystä.

**Koolaus**

25. Ala- ja yläpuolinen koolaus asennetaan rakennesuunnitelmien mukaan. Koolauksen vaakasuoruus varmistetaan. Suunnitelmien edellyttämät ääneneristysvaatimukset otetaan huomioon.

**Julkisivuverhouk****Pystylaudoit**

26. Pystylaudoituksessa kiinnitetään runkotolppien kohdalle pystysuoraan tuulensuojalevyn päälle tuuletuslaudat tai -rimat. Lomalaudoituksessa tuuletusrimoja ei tarvitse asentaa, mikäli verhouksen taakse jää riittävä tuuletustila.
27. Tuuletusrimojen päälle asennetaan vaakasuoraan naulauspuut, naulauspuut asennetaan myös aukkojen ylä- ja alareunoihin. Sokkelin pintaan kiinnitetään kannatuspuu siten, että verhoukslaudoitusta tulee n. 20 mm sokkelin yläpinnan alapuolelle. Tarkistetaan kannatuslaudojen vaakasuoruus.





28. Verhouslautojen alapäähän sahataan tippanokka. Laudoitus aloitetaan nurkasta. Nurkkaan ja aukkojen pieliin tulee molemmin puolin täysilevyinen lauta. Rima- ja lomalaudoituksessa alus- ja pintalaudat kiinnitetään sydänpuoli ulospäin. Lomalaudoituksessa alus- ja pintalautojen lomitus on vähintään 20 mm. Aluslaudat asennetaan yksitellen kannatuslaudan päälle. Tarkistetaan lautojen välinen rako mittakapulalla (ns. kapulatulkki) sekä lautojen pystysuuruus vesivaa'alla. Julkisivun pintalautoja ei yleensä jatketa. Laudat naulataan paikalleen molemmista reunoistaan rakennesuunnitelmien mukaan. ( Ratu 51-0259)

29. Mikäli kannatuspuuta ei ole käytetty, verhouksen alapäätt katkaistaan ohjauslautaa apuna käyttäen käsipyörösahalla siten, että lautojen alareunaan muodostuu tippanokka.

#### Vaakalauoituus

30. Pystysuorat naulauspuut kiinnitetään tuulensuojalevyn päälle runkotolppien kohdalle sekä nurkkien ja aukkojen pieliin. Seinän alimmaksi laudaksi valitaan mahdollisimman suora, pitkä ja hyvälaatuinen lauta. Lautajon onnistumiseksi alinta lautaa saa kaventaa korkeintaan kolmanneksen leveydestään urapontin puolelta siten, että alalaitaan muodostuu tippanokka.

31. Mikäli verhoukseen käytetään ponnaamatonta sahatavaraa, seinän alaosaan kiinnitetään rima, jolla saadaan alin lautarivi haluttuun vinouteen. Laudat limitetään vähintään 20 mm. Lauta naulataan jokaisen naulauspuun kohdalta. Vaakalautoja jatketaan naulauspuiden kohdalla jiriliitoksiin ja jatkoskohtien tulee jakaantua tasaisesti koko seinäpinnalle. (Ratu 51-0259)

#### Platform-menetelmä

##### Alapohjat

##### Tarkistukset ja eristys

32. Sijoitetaan linjalangat paikoilleen rungon ulkopinnan mukaan sidepuun yläpinnan tasoon sokkelin nurkkiin kiinnitettyjen lautojen avulla. Samalla tarkistetaan rakennuksen mitat ja ristimitat. Eristetään perustus kosteuden siirtymisen estämiseksi perustuksista runkorakenteeseen. Liitoskohdissa ja nurkissa kermikais-tale laitetaan päällekkäin.

##### Sidepuun kiinnitys perustuksiin

33. Sidepuut mitataan ja katkaistaan oikeanmittaisiksi. Sidepuun ulkopinta sijoitetaan rungon ulkopinnan mukaan. Sidepuut kiinnitetään perustuksiin kierretangoilla tai jälkikiinnitettävillä lyöntiankkureilla.

##### Pääkannattajien kiinnitys

34. Pääkannattajat asennetaan ja kiinnitetään rakennesuunnitelmien mukaisesti paikalleen. Keskiinjapalkki eristetään perustuksista aina bitumikermikaistaleella. Ennen lopullista kiinnitystä tarkistetaan, että palkki on vaakasuorassa sekä suunnitelmien mukaisessa korossa. (Ratu 51-0257)

##### Kannatinlautojen asennus

35. Jos alapohja eristetään levyeristeillä yläkautta tai puhalluseristeellä, tarvitaan alapohjarakenteeseen kannatinlaudat. Kannatinlaudat mitataan ja katkotaan oikeanmittaisiksi. Kannatinlautojen kiinnitys tehdään ennen palkkien kiinnitystä ja paikalleen kantamista. Laudat kiinnitetään palkkeihin naulaamalla.

##### Alapohjapalkkien asennus

36. Palkkien paikat merkitään sidepuihin mitan ja jaotusraudan avulla. Palkit nostetaan seinärungon päälle ja ladotaan aluksi lappeelleen. Lappeellaan olevat palkit voivat toimia väliaikaisena työalustana, jonka päältä varsinainen kiinnitys voidaan tehdä. Palkit kiinnitetään rakennesuunnitelmien mukaisesti.

##### Aukkojen vahvistus

37. Aukon kohta vahvistetaan rakennesuunnitelmien mukaisesti. Ensiksi asennetaan siirtopalkit, jonka jälkeen seuraavaksi aukon siirtopalkit sivupalkkien väliin. Aukon kohdalla ei muuteta palkkijakoa, vaan se noudattaa sovittua jakoa. Tällöin voidaan myöhemmin palkisto levyttää umpeen täysillä levyillä, mikä nopeuttaa levytystyötä ja vähentää levyhukkaa.

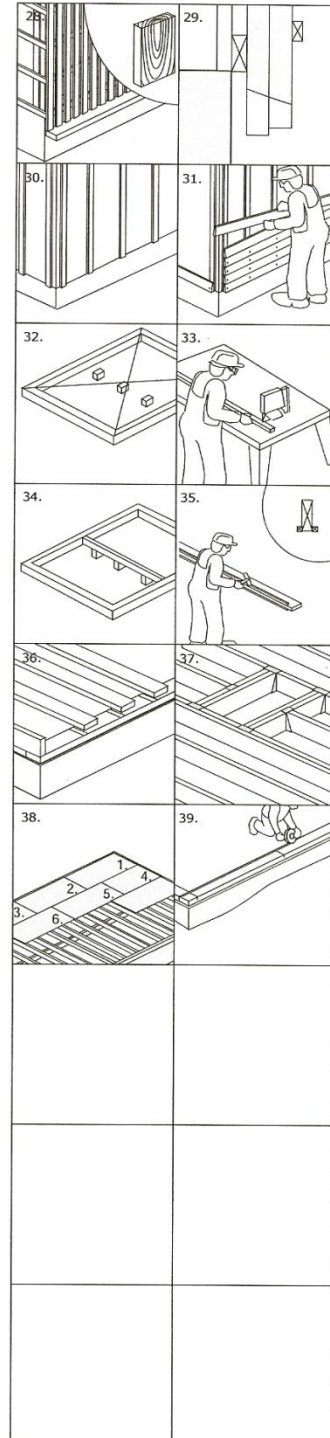
##### Aluslattialevyn asennus

38. Aluslattialevyn asennus aloitetaan siitä päästä palkistoa, jossa reunimmainen palkkiväli on puoli palkin leveyttä kapeampi kuin muut välit. Ensimmäinen levyriivi ladotaan paikalleen ilman liimaa ja kiinnitetään väliaikaisesti paikalleen. Tarkistetaan levyriivin paikka. Seuraavat levyriivit asennetaan ensimmäisen rivin mukaan paikalleen. Levytys tehdään kokonaisilla levyillä aukot umpeen levyttäen. Levyt kiinnitetään liimaamalla ja naulaamalla tai ruuvaamalla. Kun kaikki levyt on kiinnitetty, kiinnitetään ensimmäinen levyriivi lopullisesti kiinni. Sahataan levyjen reunat ja aukot sekä siivotaan sahanpuru pois työalustalta.

##### Seinät

##### Seinien mittaus paikoilleen

39. Seinien paikat mitataan ja merkitään aluslattialevyyn. Merkitseminen aloitetaan ulkoseinältä. Samalla merkitään seinässä olevien aukkojen kohdat sekä niiden ala- ja yläreunan korot.



**Sidepuiden valmistelu**

40. Työtasolle nostetaan riittävä määrä puutavaraa sidepuiden tekoa varten. Sidepuut tehdään pitkistä puutavarasta. Ensin valmistetaan samansuuntaisten seinien ala- ja yläsidepuut. Aluslattialla olevat seinien merkinnät siirretään suoraikulman avulla sidepuihin. Viimeiseksi tehdään seinien sidepuut tai vaihtoehtoisesti ne voidaan tehdä seinän kokoamisen yhteydessä.

**Seinäaukkojen runko**

41. Sidepuiden ollessa valmiita merkitään niihin aukkojen paikat sekä runkotolppajako. Aukon kehäpuut valmistetaan sidepuutavarasta. Valmiit kehäpuut kootaan. Osat kootaan aukottain nippuihin ja nippu toimitetaan koottavan aukon kohdalle.

**Seinärunгон kokoaminen**

42. Työtasolle nostetaan riittävä määrä puutavaraa runkoa varten ja kokoamiselle raivataan tarvittava tila. Sidepuut erotetaan toisistaan noin kolmen metrin etäisyydelle. Alasidepuu sijoitetaan oikealle paikalleen niin, että sen alapinta on seinän etureunan kohdalla. Alajuoksu kiinnitetään merkitylle seinälinjalleen apunaulojen avulla. Rungon osat ladotaan oikeille paikoilleen. Vastakkain olevien sidepuiden ja runkotolppien väleihin kiinnitetään nitomalla eristenauhakaistaleet. Rungon osat naulataan toisiinsa kiinni. (Ratu 51-0256)

**Seinärunгон levytyk**

43. Seinän ristimitat tarkistetaan. Seinän yläsidepuu kiinnitetään kevyesti alustaan, jotta seinän muoto ei muutu levytyksen aikana. Levyt ladotaan paikoilleen täysinä levyinä ja kiinnitetään runkotolppiin sekä sidepuihin ruuvaamalla tai nauhaamalla.

**Aukkojen sahaaminen**

44. Seinän aukot sahataan auki levyjen kiinnittämisen jälkeen tai vaihtoehtoisesti seinän pystyttämisen jälkeen. Seinän aukot voivat olla ummussa ikkunoiden asentamiseen saakka, jolloin aukottomat levyt toimivat säasuojana.

**Tiivistenauhan asentaminen**

45. Aluslattialevyyn kiinnitetään seinän kohdalle tiivistenauha nitomalla. Tiivistenauha on yhtenäinen. Kulmissa nauhan päät viedään ristiin.

**Seinän pystyynnostaminen ja kiinnitys**

46. Seinän nosto aloitetaan alasidepuun kiinnityksen tarkastuksella. Seinä nostetaan ylös maasta, jonka jälkeen työnnetään pystyyn. Pelkkä puurunko vaatii nostajan kolmen metrin välein ja levytetty puurunko n. 1,5 metrin välein. Tuulisella säällä nostajien määrää lisätään. Ulkoseinän noston yhteydessä käytetään aina turvanaruja, joka estää seinän ylikuormituksen. Seinä kiinnitetään välittömästi vierisin seiniiin ja vinotuilla aluslattialevyyn.

**Seinän kiinnittäminen perustuksiin**

47. Seinärungot kiinnitetään suoraan perustuksiin tai maanvaraiseen betonilattiaan mm. kellarien, autotalliin ja varastojen teon yhteydessä. Ennen seinärungon kokoamista alasidepuuhun porataan kiinnitysreiät. Alasidepuun ja kiinnitys-alustan väliin sijoitetaan kermikaistale kosteuskatkoksi. Muuten runko kootaan, kuten normaaliit platform-menetelmän seinärungot, ja levytetään tarvittaessa.

**Asennuksen tarkistaminen ja seuraavien vaiheiden valmistelu**

48. Seinien suuruus ja paikat tarkistetaan ennen väli- tai yläpohjapalkkien asennusta; palkkien asennuksen jälkeen seinien paikkoja ei voi muuttaa. Kaarevat ja kuperat seinät tuetaan suoriksi aputukien avulla. Lopuksi tarkistetaan huonetilojen ylä- ja alareunojen ristimittojen täsmävyys.

**Väli-pohjat**

49. Väli-pohja asennetaan vastaavalla tavalla kuin alapohjakin, ks. kohdat 38..44.

**Yläpohja****Yläpohjapalkkien asennus**

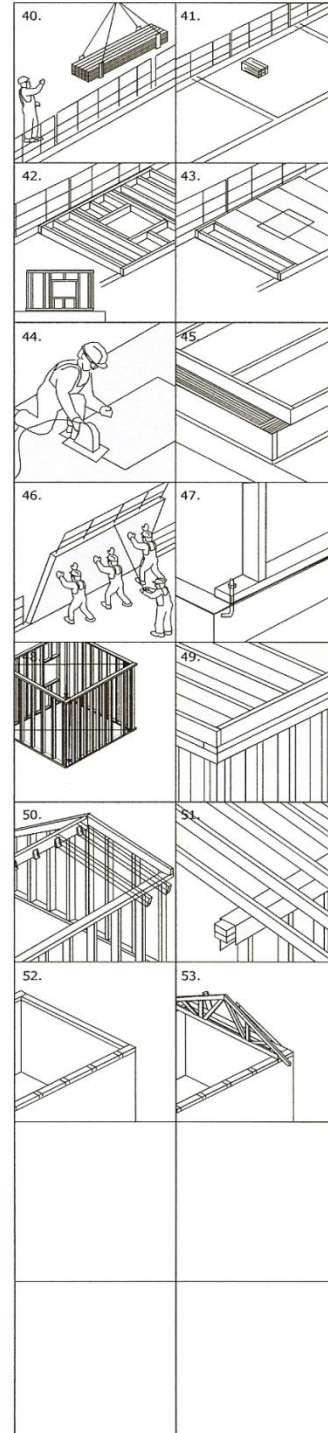
50. Harjapalkki ja sen tuennat kiinnitetään paikalleen rakennesuunnitelmien mukaisesti. Mahdolliset palkkien teräskiinnikkeet kiinnitetään harjapalkkiin ennen sen nostamista paikalleen. Seinien sidepuihin merkitään palkkien paikat. Samalla sidepuihin esikiinnitetään palkkikengät tai kulmaraudat palkkeja varten. (Ratu 51-0256)

51. Ennen kattokannattajien asennusta väliseinien päälle asennetaan höyry- ja ilmansulkukaistaleet. Palkit nostetaan paikoilleen merkittyihin kohtiin joko lihasvoimin tai nostolaitteen avulla. Palkit kiinnitetään nauhaamalla tai ruuvaamalla.

**Kattoristikoiden asennus**

52. Seinien päälle asennetaan höyrynsulkukaistaleet ja kattoristikoiden varten asennetaan tarvittavat lisätuennat. Ristikoiden paikat merkitään ja mahdolliset teräskiinnikkeet esikiinnitetään yläsidepuihin tai ristikoihin. Samassa yhteydessä tehdään valmiiksi välipuut, jotka helpottavat asennusta. Väli-puiden pituudeksi tulee ristikoiden keskinäinen etäisyys.

53. Ristikoiden asennus voidaan tehdä kahdella tavalla. Isot ristikot, kuten kuvassa, nostetaan ja kiinnitetään yksitellen paikalleen (ks. Ratu-kortti 53-0262). Ristikot voidaan myös nostaa ensin seinärunkojen varaan lappeelleen, josta ne nostetaan yksitellen paikalleen. Normaalikokoiset (lihasvoimin liikuteltavat) ristikot voidaan asentaa ilman nosturia yläpohjapalkkien tapaan.





**Puuelementtityö****Seinäelementit****Seinärungon eristäminen**

54. Tarkistetaan perustusten ristimitta ja alustan suunnitelmien mukaisuus. Alasidempuu eristetään bitumihuovalla ja mineraalivillakaistalla kiviaineisista perustuksista. Asennuksen yhteydessä tarkistetaan alasidempuun suuruus.

**Aukkojen merkitseminen**

55. Alasidempuun merkitään seinäelementtien ja aukkojen sijainnit suunnitelmien mukaan. Mittaukset tarkistetaan vastakkaisesta suunnasta.

**Asennus**

56. Nurkan viereiseen seinäelementtiin kiinnitetään nurkkarima asennusohjeiden mukaisesti ja kiinnitetään paikalleen.

57. Nurkan viereinen seinäelementti nostetaan paikalleen, tuetaan vinoituilla tarkasti pystyasentoon tai kiinnitetään väliaikaisesti alasidempuun. Tarvittaessa elementin ja alasidempuun liittymäkohta tiivistetään. Nurkan toinen seinäelementti tuetaan vastaavasti. Seinäelementit kiinnitetään toisiinsa. Tehdään nurkan höyrynsulku. Nurkkaelementti ja nurkan saumalaudat kiinnitetään paikalleen. Valmis nurkka jäykistää koko rakennusta. Tilapäistuen saa poistaa vasta, kun rungon kokonaisuusjäykistys on varmistettu. (ks. Ratu-kortti 53-0262)

**Tiivistäminen**

58. Seinäelementtien väli tiivistetään saumavillakaistaleella tai polyuretaanilla valmistajan ohjeiden mukaisesti. Jokaiseen saumaan asennetaan lisäksi saumarima ja saumalauta.

**Yläsidepuun asennus**

59. Yhden suoran seinän valmistuttua mitataan seinän suuruus sekä ala- että yläreunasta. Elementtien yläreunaan naulataan yläsidepuu ja se tiivistetään elementtivalmistajan ohjeiden mukaan.

**Yläpohjajaelementit**

60. Tarkistukset ja mittaukset Yläpohjajaelementti asennetaan puuelementtitoimitajan asennus- ja käsittelyohjeiden mukaisesti. Ennen asennusta tarkistetaan asennuslustan suunnitelmien mukaisuus. Yläsidepuuhun merkitään yläpohjajaelementtien sijainnit suunnitelmien mukaisesti.

**Asennus**

61. Päätysseinää lähimmäksi tuleva yläpohjajaelementti nostetaan paikalleen ja tarkistetaan sen oikea sijainti. Ristikot asennetaan siten, että puuelementtien leimat tulevat aina samalle puolelle. Yläpohjajaelementti tuetaan päätysseinän runkotolppiin vinositein ja kiinnitetään yläsidepuihin suunnitelmassa esitetyllä tavalla ja esitetyistä kohdista. Seuraavat elementit asennetaan vastaavasti.

62. Hormin kohdalla varmistetaan, että paloturvallisuusmääräysten mukainen etäisyys toteutuu. Tukien keskipisteet tulee sijoittaa oikeilla tuenta-alueilla ja kannattamien tukileveyden on oltava vähintään suunnitelmien mukainen. Yläjuoksun jatkoksen tulee olla vähintään 100 mm:n etäisyydellä tukipisteestä.

63. Elementtejä käsitellään varoen työn aikana. Elementtien reunat tulee suojata vasaraniskuilta puukapulan avulla jos elementtiä joudutaan pakottamaan paikoilleen. Rakenteisiin ei saa tehdä reikiä tai muuten työstää asennuksen yhteydessä ilman rakennesuunnittelijan lupaa.

**Kannattamien tukeminen**

64. Kannattimien yläpaarteet tuetaan ruoteilla, joiden naulausohjeet on esitetty elementtitoimituksen asennusohjeissa. Myös katkaistujen ristikoiden yläosan orret ja aumakattokannattimien yläpaarteiden vaakaosat tuetaan kuten yläpaarre. Asennusaikainen tuenta tehdään niin tukevasti, että kannattimet pysyvät asemassaan rakennusaikaisilla kuormilla, myös tuulikuormilla.

**Viranomaiskatselmuks**

65. Pidetään kantavien seinien ja yläpohjakannattajien runkokatselmus. Viranomaiskatselmuksessa tarkistetaan mm. tuuli- ja nurjahdussiteet.

**Lopettavat työt****Suojaukset, pintojen puhdistus ja jätteiden lajittelu**

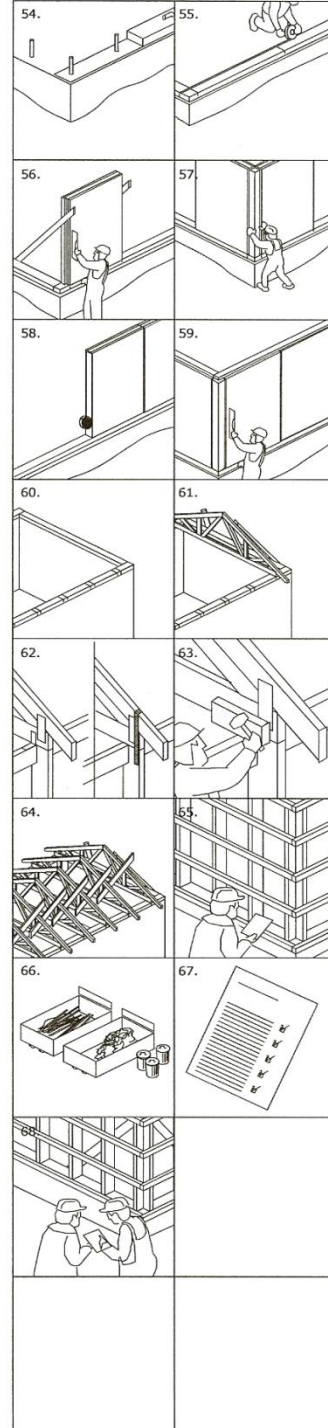
66. Työnaikaiset suojaukset poistetaan. Ympäristö, kulkutiet, liittyvät rakennusosat ja varusteet puhdistetaan ja kunnostetaan työtä edeltävään kuntoon. Työvälineet ja koneet puhdistetaan, huolletaan ja varastoidaan seuraavaa käyttökertaa varten. Työmaa siivotaan työn aiheuttamista jätteistä ja jätteet lajitellaan niille varatuille paikoille pois kuljetusta varten. Tarvittaessa puurunko suojataan runkotyön jälkeen.

**Lopputarkistukset**

67. Puurunko tarkistetaan itselleluovutuksen yhteydessä ennen vastaanottotarkastusta ja kohteen luovutusta. Rungon tulee olla luovutettaessa valmis sekä suunnitelma- ja sopimusasiakirjojen mukainen. Tarkistetaan, että rungon lämpö- ja kosteusvaatimukset täyttyvät.

**Luovutus**

68. Valvontapöytäkirjat luovutetaan runkotyön vastaanottotarkastuksessa. Runkoa koskevat huolto- ja kunnossapitoohjeet luovutetaan.



Tuotanto- tapahuma	Tuotanto- suunnitelu	Työ- lunallisuus	Työmaan perustaminen	Maan- rakennus	Perustus	Betoni- runko	Betoni- elementti	Talja- runko	Puurunko	Vesikatto	Muuraus	LVIST	Katuna ja ovi	Väliseinä	Kaluste	Pintarakenn	Rakennus- kone	Jätehuolto
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

## 11 Vesikattotyöt

### 11.1 Yleistä

Vesikaton tarkoituksena on estää sade- ja sulamisvesien pääsy yläpohjaan ja sen alapuolisiin rakenteisiin. Vesikattorakenne voidaan rakenteellisesti jakaa kolmeen eri osaan, jotka ovat: vesikaton alusrakenne, lämmöneriste ja vedeneristys.

Alusrakenne valmistetaan usein puusta, mutta lämmön- ja vedeneristys voidaan erilaisin ratkaisuin tehdä myös suoraan esim. teräsbetonilaatalle.

Lämmöneristeenä käytetään rakenteesta riippuen erilaisia mineraalivilloja, polystyreeniä tai kevytsoraa.

Vedeneristysenä käytetään mm. bitumihuopaa, peltiä ja kattotiiliä.

Vesikattorakenteet poikkeavat rakenteeltaan toisistaan huomattavasti. Päätyypit ovat ns. tasakatto, joka on hyvin loivasti kallistettu ja vinokatto, jossa kallistus on selvästi nähtävissä. Katto voidaan kallistaa eri tavoin, jolloin vesi johdetaan pois joko rakennuksen ulkopuolelle tai sisäpuolisten viemäreiden avulla rakennuksen sisäkautta.

### 11.2 Työmenetelmät

Jäljempänä on kuvasarjan avulla esitetty seuraavien työmenetelmien kuvaukset:

- puurunkotyö, vesikattorakenteet
- kattoristikoiden asennus
- lämmöneristys mineraalivillalevyillä
- lämmöneristys puhallusvillalla
- lämmöneristys kevytsoralla
- kermikatteen asennus
- tiilikatteen asennus
- peltikaton asennus

### 11.3 Virheet

Vesikatetöissä tehdyt virheet saattavat aiheuttaa suuria vahinkoja lämmöneristykselle ja alapuolisille rakenteille, sade- ja sulamisvesien läpäistessä vedeneristyskerroksen. Eri kattotyyppien ja katemateriaaleihin liittyy jossain määrin toisistaan poikkeavia virhemahdollisuuksia, joista seuraavassa on lueteltu tavallisimmat.

#### Bitumihuopakate

- huopakerroksia ei ole riittävästi (määräytyy mm. katon kaltevuudesta)
- läpiviennit on tehty huolimattomasti ja tiivistetty puutteellisesti
- huovat on kiinnitetty virheellisesti
- aluslaudoitus on epätasainen tai kostuessaan turpoaa liikaa
- huovat on asennettu liian kylmällä ilmalla eivätkä huovat ole saaneet venyä tarpeeksi ennen kiinnitystä



Tuotanto- lupahtuma	Tuotannon- suunnitelu	Työ- turvallisuus	Työmaan perustaminen	Maan- rakennus	Perustus	Betonit- tunko	Betonit- elementit	Teräs- tunko	Puutunko	<b>Vesikato</b>	Muuraus	LVI/ST	Ikkuna ja ovi	Väliseinä	Kalluste	Pintarakenne	Rakennus- kone	Jätehuolto
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<b>11</b>	12	13	14	15	16	17	18	19

### Tiilikate

- sisätaitteet ja läpiviennit on tiivistetty puutteellisesti
- tiilet saattavat rikkoutua niiden päällä kävellessä
- alusrakenne on suunniteltu liian heikoksi
- aluskate on kiinnitetty huolimattomasti
- limitykset on tehty virheellisesti
- räystäät ovat liian lyhyet, jolloin vesi pääsee alusrakenteeseen

### Peltikate

- aluslaudoitus on liian harva
- aluskate on asennettu huolimattomasti
- läpiviennit on tehty virheellisesti
- levyt on saumattu väärin
- levyjä ei ole puhdistettu kunnolla ennen maalausta

## 11.4 Työturvallisuus

### 11.4.1 Ohjeita asennustyöntekijöille

Vaarojen poistaminen ja turvallisuuden parantaminen

- Noudata tulityöohjeita ja -lupia. Varmista, että käytössäsi on suojaus- ja alkusammutuskalusto, huolehdi jälkivartiointista. Älä tee tulitöitä ilman riittävää pätevyyttä (tulityökortti).
- Kun käytät nestekaasulaitteita maanpinnan alapuolella, huolehdi riittävästä ilmanvaihdosta ja varmista turvallisuutesi työskentelemällä pareittain (jatkuva valvonta). Häätätilanteissa noudata sovittuja ohjeita ja varmista poistuminen työkohteesta (esim. turvaköysi).
- Älä käytä nojatikkaita työskentelyyn. Käytä työpukkeja, henkilönostimia tai siirrettäviä telineitä.
- Tarkista, että katon ja kulkuteiden suojakaiteet sekä aukkojen suojakannet ovat paikallaan.
- Varmista, että hätäpoistumistiet ja -reitit ovat kunnossa (kattotyö/kaivannot).
- Varmista, että piha-alueella on varoitus kattotyöstä ja tarpeellinen suoja-alue on eristetty esim. lippusiimoilla.
- Tutustu eristevalmistajien käyttöturvallisuustiedotteisiin ja bitumipadan käyttöturvallisuusohjeisiin, toimi ohjeiden mukaan.
- Kiinnitä huomiota erityisesti bitumipadan kuntoon ja turvaetäisyyksiin.
- Pidä työkohte siistinä. Laita jätteet niille varattuihin astioihin.

### Ergonomia

- Pyri työskentelemään selkä suorassa ja vältä polviasennossa työskentelyä tai käytä riittävän paksuja polvensuojaimia.
- Ojenna aina välillä selkä suoraksi ja venyttele raajojasi.

### Suojavälineet

- Käytä suojakypärää katolla työskennellessäsi ja aina, kun yläpuolella työskennellään.
- Käytä lyhytaikaisissa töissä turvalajaita kelautuvan tarraimen tai vaimentimen ja säätötarraimen kanssa, jos putoamisvaaroja ei muilla keinoin ole täysin pystytty poistamaan tai mikäli rakenteellista putoamissuojainta ei voida kohtuudella vaatia.

## Vesikattotöiden Ratu-tiivistelmät

### Vesikattotöiden aloittavat ja lopettavat työt

#### Aloitusedellytysten varmistaminen

1. Aloituspäivästä käynnissä läpi työkokonaisuuden aikataulu, kalusto, suunnitelmat, laadunvarmistus, työturvallisuus, työmenetelmä sekä mallityökalut esim. kohde, laajuus, tarkastus. Aloituspäivästä osallistuvat työntekijät ja työnjohtajat. Tarkistetaan suunnitelmien toteutuskelpoisuus. Työkokonaisuuden eteneminen suunnitellaan siten, että työ pystytään tekemään yhtäjaksoisesti valmiiksi. Varmistetaan, että tulityölle on hankittu tulityölupa ja että työmaalla on käytettävissä tarvittava alkusammutuskalusto.

#### Työntekijöiden perehdyttäminen

2. Työntekijät perehdytetään työhön, työkohteeseen sekä olosuhteisiin, esimerkiksi työkohteen välittömässä läheisyydessä käynnissä oleviin töihin, työturvallisuustoiimiin, nousuteiden, nostolaitteiden ja henkilönostimien käyttöön.

#### Työkohteen vastaanotto

3. Ennen työn aloitusta työkohteeseen tarkastetaan ja mahdolliset puutteet korjataan. Peittyvien rakenteiden tulee olla valmiina tarkastettuna ja hyväksytyinä. Tarkastuksessa käydään läpi työkohteen ja asennustilan olosuhteet, valmius ja vaatimustenmukaisuus. Vastaanottotarkastuksesta kirjotetaan muistio. Vastaanottotarkastuksen muistioon merkitään virheet ja puutteet. Mahdolliset virheet tulee korjata ennen työn aloittamista. Välittömästi ennen työn aloittamista alusta kuitataan ja harjataan puhtaaksi.

#### Kaluston ja olosuhteiden tarkastus

4. Varmistetaan, että koneet, laitteet, telineet, kaiteet ja nostokalusto ovat kohteeseen sopivia ja että käyttöönottotarkastukset on tehty. Varmistetaan henkilökohtaisten suojavausteiden saatavuus. Vedeneristystyössä käytetään suojavaate-tusta ja -käsineitä sekä turvakengkiä. Tarvittaessa käytetään polvisuojia. Korkealla työskennellessä käytetään turvavaljaita, jos putoamissuojausta ei saada muuten järjestettyä. Kypärää käytetään työmaalla aina ulkona liikuttaessa ja sisällä nostoissa tai aina kun oman työkohteen yläpuolella työskennellään. Työkohteen alla liikkumista on vältettävä. Nosturin ja muiden nostolaitteiden käyttöönotto-tarkastusten voimassaolo, enimmäiskuorma ja soveltuvuus asennustyöhön tarkistetaan ennen asennustyöhön ryhtymistä. Varmistetaan telineiden, nousu- ja kulkuteiden, työtasojen, kaiteiden ja aukkotukien turvallisuus. Käsisirroissa ja -nostoissa on kiinnitettävä huomiota oikeisiin työasentoihin.
5. Katto- ja vedeneristysten tulityössä käytetään oikean tummuusasteen CE-merkittyjä suojalaseja, palamattomasta materiaalista valmistettuja työvaatteita sekä tarvittaessa kuulonsuojaimia ja raitisilmanaamaria. Suojausvarustuksen lisäksi työkohteessa tulee olla alkusammutuskalusto. Tarvittaessa käytetään kohde-poistoa terveyshaittojen vähentämiseksi. Varmistetaan veden ja sähkön saanti. Suunnitellaan turvalliset siirtotiet, nostojärjestys ja -jaottelu.
6. Varmistetaan, että olosuhteet vastaavat työn ja materiaalien asettamia vaatimuksia. Työtä ei saa tehdä vesi- tai lumisateessa. Lämpötilan tulee olla vähintään +5 °C tai valmistajan ohjeiden mukainen. Tarvittaessa käytetään työnaikaisena suojana lämmitettävää suojakatosta. Työnaikaisen kosteuden tulee päästä poistumaan rakenteesta. Suojausten kuntoa valvotaan, sillä suojaukset saattavat irrota tai vaurioitua työn kuluessa. Violliset suojaukset korjataan tai vaihdetaan uusiin suojauksiin.

#### Ympäristön suojaus

7. Rakennuksen kulkuaukkojen kohdalle asennetaan tarvittavat suojakatokset vähintään 1,5 m rakennuksesta ulospäin ja 0,5 m kulkuaukon molemmin puolin. Alapuolella liikkuvia ihmisiä varoitetaan kattotyöstä varoituskylteillä ja heidän pääsy kohteeseen estetään.

#### Suojaus

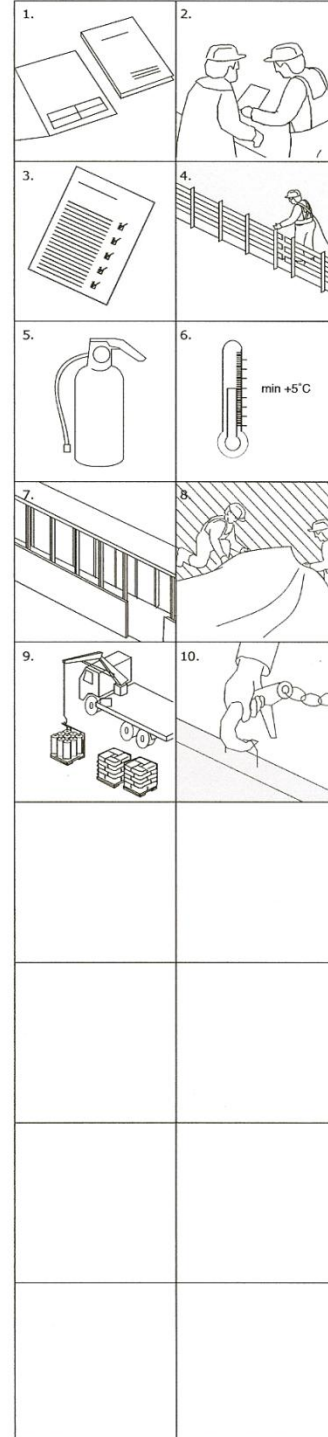
8. Suojaustyölle on varattu riittävästi peitteitä avonaisen kattorakenteen peittä-miseksi. Suoja käytettäessä varmistetaan, että peitteet ja sääsuojat on kiinnitetty kunnollisesti, että ne eivät irtoa kovallakaan tuulella. Suojausten kuntoa ja riittä-vyyttä ylläpidetään työn aikana. Ympäröivät rakenteet ja pinnat suojataan myös tarvittaessa ohutlevytyöltä, kuten tulitöiden yhteydessä. Suojaus tulitöiltä teh-dään mm. vanerilla sekä palamattomalla materiaalilla.

#### Materiaalien siirrot

9. Käsisirroissa ja -nostoissa kiinnitetään huomiota oikeisiin työasentoihin. Ennen nostoja varmistetaan maapohjan kantavuudesta. Otetaan huomioon kattoraken-teiden kantavuus ja materiaalien ankkurointitarve. Materiaalit ja tarvikkeet tulee pyrkiä varastoimaan kantavien seinärakenteiden tai pääkannattajien kohdalle. Noudatetaan ohjeita materiaalien ja bitumipadan välisistä turvaetäisyyksistä. Irrallisia kaasupulloja saa varastoida katolle yhteensä 300 kg tai paloviranomai-sen ilmoittaman pienemmän määrän. Jos nestekaasua tarvitaan tätä enemmän, tulee käyttää pullopaketteja. Pullopaketit tulee sijoittaa vähintään 10 m päähän toisistaan räystäään lähelle.

#### Nostoapuvälineet

10. Tarkistetaan nostovaijereiden, -ketjujen ja muiden nostoapuvälineiden kunto ja enimmäiskuorma. Nostovaijerit, -ketjut ja muut nostoapuvälineet kiinnitetään nostokorvakkeisiin tai muihin valmistajan osoittamiin nostokohtiin. Tarvittaessa käytetään nostotukia. Nostovaijereiden, -ketjujen ja muiden nostoapuvälineiden kuntoa ja toimintaa seurataan koko nostotyön ajan.





**Työtasot**

11. Asennuksessa ja nostoissa käytetään apuna turvallisuusmääräykset täyttäviä, tarkastettuja telineitä, ja asennustyöhön sopivia työtasoja. Nostokorissa ja korkealla työskennellessä putoamissuojauksena käytetään turvalajaita ja -köyttä. Putoamissuojien paikalla olosta ja turvallisuudesta huolehditaan koko puuelementtityön ajan.

**Putoamissuojaus**

12. Putoamissuojaus järjestetään työmaan putoamissuojaussuunnitelman mukaisesti. Kulutiet ja työtasot suojataan suojakaiteilla. Vesikattolla kaiteet asennetaan myös katon päätyihin niin, että ne eivät estä reunapeltien asennusta.
13. Putoamissuojauksena käytetään tarvittaessa turvaverkkoja, turvalajaita ja -köyttä. Turvaverkkojen, turvalajaiden ja -köösyien käyttö kiinnityksineen suunnitellaan etukäteen.

**Nostot**

14. Vaikeita nostotöitä varten on tarvittaessa laadittava erillinen nostotyösuunnitelma. Nostotyösuunnitelma laaditaan aina mikäli työmaalla käytetään samanaikaisesti useampaa nosturia taakan nostamiseen.
15. Asentajilla ja nosturin kuljettajalla tulee olla esteetön näköyhteys tai puheyhteys työn aikana. Jos nosturin tai muun nostolaitteen käyttäjä ei pysty jatkuvasti valvomaan taakan liikkumista, on käyttäjän apuna oltava merkinantaja. Puuelementtejä nostettaessa käytetään apuna ohjaukkyttä.
16. Nostoissa otetaan huomioon nostohetkellä vallitsevat sääolosuhteet esim. tuuli-, lumi-, lämpötila-, sade- yms. olosuhteet. Kovalla tuulella (> 10 m/s) nostoissa noudatetaan erityistä varovaisuutta ja erittäin kovalla tuulella (> 15 m/s) työskentely keskeytetään. Noudatetaan nostolaittekohtaisia ohjeita ja määräyksiä; esim. muutamilla saksilavoilla työskennellessä tuulen enimmäisnopeus on 12,5 m/s.

**Nostoalue**

17. Ulkopuolisten liikkuminen nosto- ja asennusalueelle estetään erottamalla alue muusta työmaasta suoja-aitojen, pukkien tai lippusiimojen avulla. Nostojen ja asennuksen aikana on nostoalueella liikkuminen kielletty.

**Suojaukset, pintojen puhdistus ja jätteiden lajittelu**

18. Työnaikaiset suojaukset poistetaan. Ympäristö, kulutiet, liittyvät rakennusosat ja varusteet puhdistetaan ja kunnostetaan työtä edeltävään kuntoon. Työvälineet ja koneet puhdistetaan, huolletaan ja varastoidaan seuraavaa käyttökertaa varten. Työmaa siivotaan työn aiheuttamista jätteistä ja jätteet lajitellaan niille varatuille paikoille poiskuljetusta varten. Kattamaton vesikattorakenne suojataan asentamisen jälkeen.

**Kaluston varastointi ja siivous**

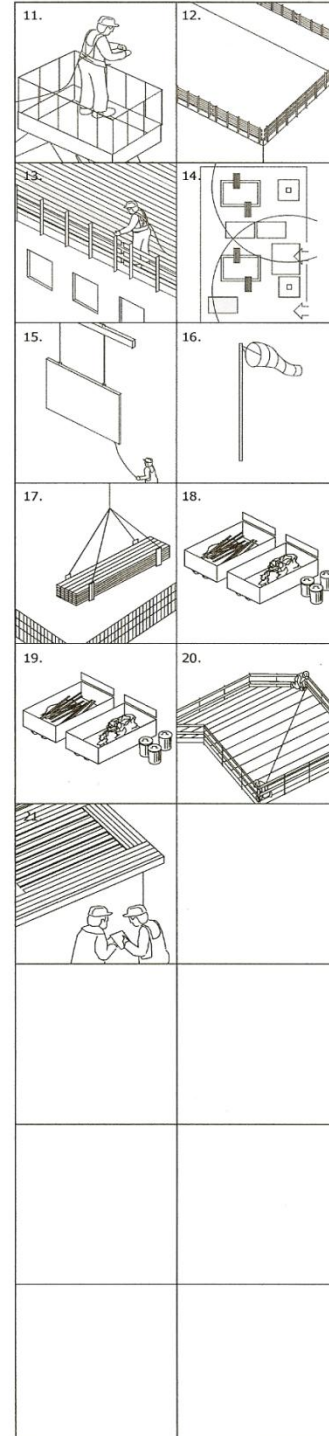
19. Telineet ja työtasot tyhjennetään ja puretaan. Työvälineet ja telineet puhdistetaan ja varastoidaan asianmukaisesti. Työssä sotkeutuneet pinnat ja rakennuksen osat sekä piha-alue puhdistetaan huolellisesti vahingoittamatta puhdistettavia pintoja. Kohde siivotaan. Jätteet lajitellaan ja kerätään kokooma-astioihin, joissa ne kuljetaan hyväksytyihin hävityspaikkoihin.

**Lopputarkistukset**

20. Vesikattorakenteet tarkistetaan itselleluovutuksen yhteydessä ennen vastaanottotarkastusta ja kohteen luovutusta. Puurungon ja vesikatteen tulee olla luovutettaessa ehjä sekä sopimusasiakirjojen mukainen.

**Luovutus**

21. Valvontapöytäkirjat luovutetaan vesikattorakenteiden vastaanottotarkastuksessa. Puurunkoa ja vesikatteita koskevat huolto- ja kunnossapito-ohjeet luovutetaan.





**Vesikaton puurunkorakenteet**

Ratu 51-0258

**Puutavaran vastaanotto**

1. Puutavaraa vastaanottaessa tarkistetaan toimituksen sisältö, puumateriaalin kunto sekä suunnitelmien- ja sopimuksenmukaisuus. Tarkistetaan, että puutavaran kosteuspuiteisuus on puurunkotyöhön soveltuva (alle 24 %). Toimituksen mukana on tuoteseloste, josta tulee ilmetä mm. käytetty puuraaka-aine.

**Puutavaran varastointi**

2. Työmaa-alueelta varataan riittävästi tilaa puutavaran nostoa, siirtoa ja väliavarastointia varten. Puutavaratoimitukset sekä asennusaikataulu ja -järjestys suunnitellaan niin, että puutavaraa ei tarpeettomasti väliavarastoida työmaalla. Ilma-kuiva puutavara varastoidaan tasaiselle, irti maasta rakennetulle alustalle. Puutavara ladotaan ilmastavasti asettamalla rimat kerrosten väliin. Nipun päälle levitetään peite, jotta puutavara ei kostu tai likaannu.

**Perinteinen puurunkotyö****Orsirakenteen teko**

3. Mitataan ja katkaistaan ensin katon taitteiden orsirakenteiden alajuoksupuut ja kiinnitetään ne paikalleen yläpohjarakenteen päälle.
4. Mitataan, katkaistaan sekä asennetaan orsirakenteen pystytolpat ja yläsidepuut suunnitelmien mukaan paikalleen katon taitekohtiin.
5. Taitekohtien jälkeen rakennetaan orsirakenteet katon keskiosille vastaavasti. Korkeuksien määrittäminen käy helposti valmiiden orsirakenteiden avulla.

**Kattopalkkien asennus**

6. Merkitään yläsidepuihin kattopalkkien paikat sekä mitataan ja katkaistaan kattopalkit oikeaan pituuteen räystäiden leveys huomioiden. Nostetaan palkit paikalleen ja kiinnitetään yläsidepuihin suunnitelmien mukaan naulaten tai erikoiskiinnikkeillä.
7. Jäykistetään vastakkaiset palkit taitekohdissa joko naulauslevyillä, vanerinkappaleilla tai naulaamalla ne liittämällä toisiinsa.

**Paikallarakennettävien kattoristikoiden teko**

8. Rakennetaan ristikon malli eli jigi ristikon pituiselle työpöydälle rakennesuunnitelmien mukaisesti.
9. Naulataan ristikon paarteet ja sauvat yhteen sabluunoiden avulla. Varmistetaan puskuliitosten kireys, oikeat puutavaravalmat, naulojen määrät ja koot. Kattoristikon asennus on esitetty Ratu-kortissa 53-0262, Puuelementtityö.

**Räystäsrakenteiden teko**

10. Päädyn runkotolppiin asennetaan räystäään kannatinpalkki ja naulataan räystäään kannatuspuut lappeen suuntaisina, esim. k 600, kattopalkkeihin ja päädyn kannatinpalkkeihin. Räystäiden suositeltava vähimmäisleveys on pitkillä sivuilla 600 mm ja päädyissä 400 mm.
11. Räystääslinjat oikaistaan katkaisemalla räystäään kannatuspuut haluttuun pituuteen räystäiden leveyden mukaan.

**Räystään otsalaudat ja alapuolinen laudoitus**

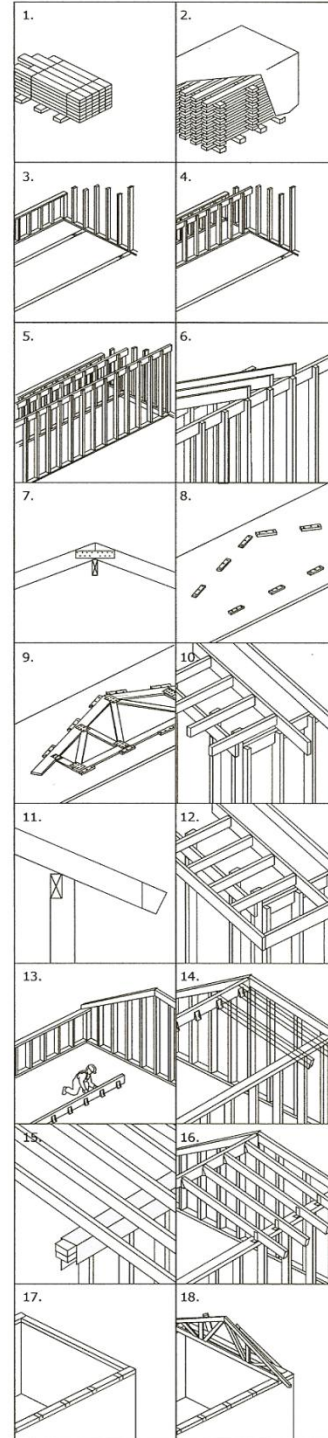
12. Otsalaudat sekä sivu- ja päätyräystäiden alapuolinen osa laudoitetaan suunnitelmien mukaan. Varmistetaan tuuletuksen toimivuus seinän ja räystään liittymiskohdassa.

**Platform-menetelmä****Yläpohjapalkkien asennus**

13. Harjapalkki ja sen tuennat kiinnitetään paikalleen rakennesuunnitelmien mukaisesti. Mahdolliset teräskiinnikkeet kiinnitetään harjapalkkiin ennen sen nostamista paikalleen.
14. Seinien sidepuihin merkitään palkkien paikat. Samalla sidepuihin esikiinnitetään palkkikengät tai kulmaraudat palkkeja varten. Jos palkkeja lisäkannetaan seinärunkojen yläpuolisilla palkkeilla, ne kiinnitetään paikoilleen.
15. Ennen kattokannattajien asennusta väliseinien päälle asennetaan höyry- ja ilmansulkukaistaleet.
16. Palkit nostetaan paikoilleen merkittyihin kohtiin joko lihasvoimin tai nostolaitteen avulla. Palkit kiinnitetään rakennesuunnitelmien mukaisesti joko naulaamalla tai ruuvaamalla.

**Kattoristikoiden asennus**

17. Seinien päälle asennetaan höyrynsulkukaistaleet ja kattoristikoita varten asennetaan tarvittavat lisätuennat. Ristikoiden paikat merkitään ja mahdolliset teräskiinnikkeet esikiinnitetään yläsidepuihin tai ristikoihin. Samassa yhteydessä tehdään valmiiksi välipuut, jotka helpottavat asennusta. Välipuiden pituudeksi tulee ristikoiden keskinäinen etäisyys.
18. Ristikoiden asennus voidaan tehdä kahdella tavalla. Isot ristikot, kuten kuvassa, nostetaan ja kiinnitetään yksitellen paikalleen, ks. Ratu-kortti 53-0262, Puuelementtityö. Normaalikokoiset (lihasvoimin liikuteltavat) ristikot voidaan asentaa ilman nosturia.



**Katealusta****Korokerimojen asennus**

19. Asennetaan korokerimat kattopalkkien sekä mahdollisen tuulensuojalevyn päälle aluskatteen vaatimusten mukaan joko kattopalkkien suuntaisesti tai poikittain ja kattopalkkien suuntaisesti. Korokerimojen päälle asennetaan aluskate, jos se on katemateriaalivalmistajan ohjeiden mukaan tarpeellinen, esimerkiksi profiloituiden muotolevykatteet ja kattotiilet.

**Koolauksen asennus**

20. Koolaus tehdään katemateriaalivalmistajan ohjeiden mukaan räystäältä alkaen ja mitataan loppujen ruoteiden paikat, esimerkiksi mittarimaa apuna käyttäen.

**Umpilaudoitus**

21. Kermikatteen yhteydessä käytetään koolauksen päällä umpilaudoitusta. Loivien ruostumattomien teräskatteiden sekä kupari- ja alumiinikatteiden koko alusta laudoitetaan umpeen.  
22. Umpilaudoitus tehdään kourujen, taitteiden ja räystäiden kohdalle. Savupiippujen ja kattoluukkujen ympärökset sekä katon kohdat, joille lumi putoaa ylemmältä tasolta, laudoitetaan umpeen. Umpilaudoitusta käytetään myös kattotikkaiden ja kattosiltöjen sekä hakasaumojen kohdalla.

**Harvalaudoitus**

23. Saumattulla ohutlevykatteella käytetään alustana harvalaudoitusta k 200 jaolla. Räystäälle, taitteisiin ja läpimenojen reunoille (1 m kaista) tehdään alustaksi umpilaudoitusta.

**Orsitus**

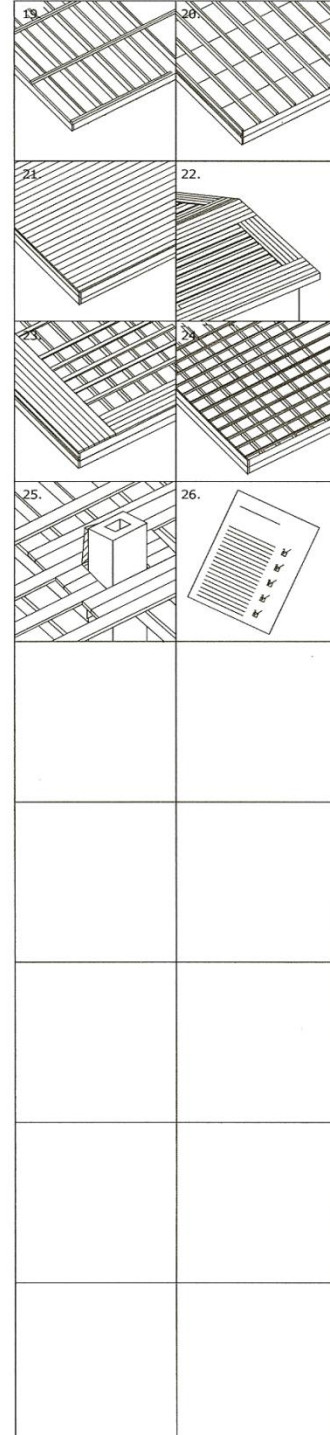
24. Muotolevy- ja tiilikatteilla voidaan käyttää orsitusta aluslaudoituksena. Aukkojen reunoille ja taitteisiin asetetaan lisäorret. Tarkistetaan, että ruodeväli on katon kuormituksen ja käytettävän katemateriaalin mukainen.

**Aukot aluslaudoituksessa**

25. Aluslaudoitukseen tehdään tarvittavat aukot ottaen huomioon paloturvallisuuden vaatimat suojaetäisyydet. Aukkojen reunoihin tehdään suunnitelmien mukaiset lisätuet, kallistukset ja ylösnostot.

**Viranomaiskatselmuks**

26. Kantavien seinien ja yläpohjakannattajien runkokatselmus tulee pitää ennen rakenteiden peittämistä. Katselmuksesta kirjoitetaan pöytäkirja. Viranomaiskatselmuksessa tarkistetaan mm. tuuli- ja nurjahdussiteet.





## Kattoristikoiden asennus

Ratu 53-0262

### Elementtien vastaanotto

1. Puuelementtejä vastaanottaessa tarkistetaan toimituksen sisältö, puuelementtien kunto sekä suunnitelmien- ja sopimuksen mukaisuus. Puuelementtien mukana on selvitys, josta käy ilmi valmistaja, tyyppi, mitat, sijaintimerkinnot ja tarvittaessa asennussuunta sekä muut asennukseen vaikuttavat tekijät. Puuelementtien toimitukset sekä asennusaikataulu ja -järjestys suunnitellaan niin, että elementtejä ei tarpeettomasti välivarastoida työmaalla.

### Elementtien nostot ja siirrot

2. Työmaa-alueelta varataan riittävästi tilaa elementtien nostoa, siirtoa ja välivarastointia varten. Ulkopuolisten liikkuminen nosto- ja asennusalueella estetään erottamalla se muusta työmaasta suoja-aitojen, pukkien tai lippusiiman avulla. Nostojen ja asennuksen aikana nosto- ja asennusalueella on liikkuminen kielletty. Puuelementtien purkaus- ja lastauspaikat sijoitetaan niin, että puuelementtejä ei nosteta varastoon työn tekijöiden ylitse.

### Elementtien varastointi

3. Välivaraston tulee olla riittävän iso ja työmaalla niin, että elementit eivät vaurioidu välivarastointin aikana. Välivarastointitilan tulee kestää elementeistä aiheutuva kuorma. Elementit sijoitetaan välivarastoon asennusjärjestys huomioon ottaen ja tuetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti.
4. Puuelementit varastoidaan aluspuiden päälle. Naulalevykannattimet varastoidaan rakennuspaikalla pysty- tai vaaka-asennossa vaakasuoralla alustalla valmistajan ohjeiden mukaisesti. Yläpohjan naulalevykannattimet on suunniteltu toimiviksi pystyasennossa, joten ne tulisi myös kuljettaa ja varastoida pystyasennossa. Pystyasennossa varastoitaessa naulalevykannattimet niputetaan toisiinsa ja tuetaan tukipisteistä. Jos kannattimet varastoidaan vaaka-asennossa päällekkäin ja tuet sijoitetaan eri tasoihin, tulee niiden sijaita samalla pystylinjalla.

### Elementtien suojaaminen

5. Puuelementit suojataan rakennuspaikalla sateelta, lumelta ja jäältä. Suojauksesta huolehditaan asennuksen aikana sekä ennen katteen rakentamisesta. Suojauksen kuntoa ja riittävyyttä ylläpidetään työn aikana. Suojauksen alle jätetään tuuletusväli, joka estää homeen muodostumisen ja pitää puun kosteuden hyväksyttävällä tasolla.

## Puuelementtien asennustyö

### Seinäelementit

#### Alusta

6. Ennen asennustyön aloitusta tarkistetaan asennusalueen suunnitelmien mukaisuus. Samalla tarkistetaan perustusten ristimitat.

#### Eristäminen

7. Alasidepuu eristetään bitumihuovalla ja mineraalivillakaistalla kiviaineisista perustuksista. Asennuksen yhteydessä tarkistetaan alasidepuun suuruus.

#### Aukkojen merkitseminen

8. Alasidepuuhun merkitään seinäelementtien ja aukkojen sijainnit suunnitelmien mukaan. Mittaukset tarkistetaan vastakkaisesta suunnasta.

#### Asennus

9. Nurkan viereiseen seinäelementtiin kiinnitetään nurkkarima elementtien asennusohjeiden mukaan. Elementti kiinnitetään elementtitoimittajan ohjeiden mukaisesti. Elementtien, materiaalien ja tarvikkeiden tulee olla keskenään yhteensopivia.
10. Nurkan viereinen seinäelementti nostetaan paikalleen, tuetaan vinoituilla tarkasti pystyasentoon tai kiinnitetään väliaikaisesti alasidepuuhun. Tarvittaessa elementti ja alasidepuun liittymäkohta tiivistetään. Tilapäistuen saa poistaa vasta, kun rungon kokonaisjäykistys on varmistettu.
11. Nurkan toinen seinäelementti tuetaan vastaavasti. Seinäelementit kiinnitetään toisiinsa. Nurkan höyrönsulku tehdään suunnitelmassa esitetyllä tavalla.
12. Nurkkaelementti ja nurkan saumalaudat kiinnitetään paikalleen. Valmis nurkka jäykistää koko rakennusta.

#### Tiivistäminen

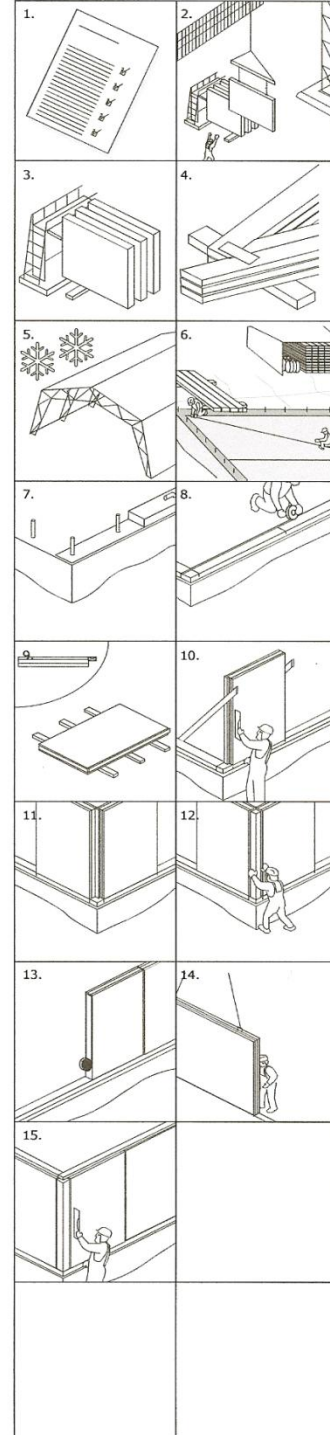
13. Seinäelementtien väli tiivistetään saumavillakaistaleella tai polyuretaanilla valmistajan ohjeiden mukaisesti. Jokaiseen saumaan asennetaan lisäksi saumarima ja saumalauta.

#### Elementin asennus

14. Loput elementit kiinnitetään elementtitoimittajan asennusohjeiden ja -järjestyksen mukaan. Mikäli elementit joudutaan pakottamaan paikalleen lyömällä, elementtien reunat suojataan vasaraniskuilta puukapulan avulla.

#### Yläsidepuun asennus

15. Yhden suoran seinän valmistuttua mitataan seinän suuruus sekä ala- että yläreunasta. Elementtien yläreunaan naulataan yläsidepuu ja se tiivistetään elementtivalmistajan ohjeiden mukaan.



**Yläpohjaelementit****Tarkistukset ja mittaukset**

16. Tarkistetaan asennusalustan suunnitelmien mukaisuus. Yläsidepuuhun merkitään yläpohjaelementtien sijainnit suunnitelmien mukaisesti.

**Asennus**

17. Yläpohjaelementti asennetaan puuelementtitoimittajan asennus- ja käsittelyohjeiden mukaisesti. Päätysesinää lähimmäksi tuleva yläpohjaelementti nostetaan paikalleen ja tarkistetaan sen oikea sijainti. Mittatarkkuuden parantamiseksi ristikköiden asennetaan siten, että puuelementtien leimat tulevat aina samalle puolelle.

18. Yläpohjaelementti tuetaan päätysesinän runkotolppiin vinositein ja kiinnitetään yläsidepuuihin suunnitelmissa esitetyllä tavalla ja esitetyistä kohdista. Seuraavat elementit asennetaan vastaavasti. Hormin kohdalla varmistetaan, että paloturvallisuusmääräysten mukainen etäisyys toteutuu. Tukien keskipisteet tulee sijoittaa oikeilla tuenta-alueilla ja kannattamien tukileveyden on oltava vähintään suunnitelmien mukainen. Yläjuoksun jatkoksen tulee olla vähintään 100 mm:n etäisyydellä tukipisteestä. Elementtejä käsitellään varoen työn aikana. Elementtien reunat tulee suojata vasaraniskuilta puukapulan avulla, mikäli elementti joudutaan pakottamaan paikoilleen. Rakenteisiin ei saa tehdä reikiä tai muuten työstää asennuksen yhteydessä ilman rakennesuunnittelijan lupaa.

**Kannattamien tukeminen**

19. Kannattimien yläpaarteet tuetaan ruoteilla, joiden naulausohjeet on esitetty elementtitoimituksen asennusohjeissa. Myös katkaistujen ristikköiden yläosan orret ja aumakattokannattimien yläpaarteiden vaakaosat tuetaan kuten yläpaarre. Asennusaikainen tuenta tehdään niin tukevasti, että kannattimet pysyvät asemissaan rakennusaikaisilla kuormilla, myös tuulikuormilla.

**Viranomaiskatselmuks**

20. Kantavien seinäelementtien ja yläpohjakannattajien osalta tulee pitää runkokatselmus. Viranomaiskatselmuksessa tarkistetaan suunnitelmien mukaisuus, mm. tuuli- ja nurjahdussiteet.

**Suojaus**

21. Rakennuksen ruodelaudoitus ja vesikate asennetaan mahdollisimman pian yläpohjaelementtien asennuksen jälkeen. Tarvittaessa puuelementit tai muu seinärakenne on suojattava asentamisen jälkeen, ettei rakenteisiin pääse kosteutta.

