

Puutilaelementtituotannon laadunvarmistus ja sen todentaminen



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Insinööri (AMK)

Syksy, 2022

Petro Kummola

Tekijä Petro Kummola
Työn nimi Puutilaelementtituotannon laadunvarmistus ja sen todentaminen
Ohjaaja Riku Hyttinen (HAMK), Harri Alanen ja Sami Hirvonen (YIT)

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa opinnäytetyön toimeksiantajalle puutilaelementtituotantoon soveltuvia laadunvarmistustoimia ja dokumentointitapoja sekä selvittää tuotannon työvaiheita koskevia teknisiä laatuvaatimuksia. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa aiheesta mahdollisimman paljon tietoa ja pohdintaa, jota toimeksiantajan olisi tarkoituksena hyödyntää mahdollisen puutilaelementtituotantonsa kehittämisessä. Opinnäytetyön tilaaja oli YIT Suomi Oy:n Puuelementtitehdasyksikkö. Opinnäytetyön lähtötietoina oli toimeksiantajan suorittama pilottihanke Tampereen Niemenrannan alueelle sekä toimeksiantajan kuvaus puutilaelementtituotannon tavoitetilasta. Toimeksiantajani puutilaelementtituotanto rajautui osaelementtien valmistamisesta valmiiden tilaelementtien pakkaukseen ja varastointiin.

Opinnäytetyössä perehdyttiin yleisesti puuelementtirakentamiseen ja puuelementtien laadunvarmistamiseen, aiheesta julkisesti saatavilla olevaan tietoperustaan sekä opinnäytetyön lähtötietoihin. Opinnäytetyössä selvitettiin toimeksiantajan tuotantoa koskevat tekniset laatuvaatimukset ja tuotannon työvaiheiden edellyttämät laadunvarmistustoimia sekä dokumentointia. Lisäksi, opinnäytetyössä pohdittiin teknisten laatuvaatimusten soveltumista puutilaelementtituotantoon sekä tuotannon työvaiheiden laadunvarmistusta.

Yhteenvetona todetaan, että puutilaelementtituotantoon ei ole saatavilla kohdennettuja laatuvaatimuksia, joka aiheuttaa tiettyjen työvaiheiden ja -suoritteiden laatuvaatimusten soveltumattomuutta tai soveltamista puutilaelementtituotantoon. Lisäksi, opinnäytetyön toimeksiantajan tilaelementtituotanto on liian aikaisessa vaiheessa ja lähtötiedot eivät ole riittäväällä tasolla, jotta toimeksiantajan puutilaelementtituotantoon soveltuvia laadunvarmistustoimia tai dokumentointitapoja pystyttäisiin määrittämään tässä vaiheessa vielä kovinkaan tarkkaan.

Avainsanat Dokumentointi, laadunvarmistus, tilaelementtirakentaminen,
tilaelementtituotanto
Sivut 33 sivua ja liitteitä 9 sivua

Author Petro Kummola
Subject Quality assurance of wooden box unit production and verifying it
Supervisors Riku Hyttinen (HAMK), Harri Alanen and Sami Hirvonen (YIT)

The purpose of the thesis was to identify quality assurance measures and documentation methods suitable for prefabricated box unit production for the client of the thesis, and discover the technical quality requirements for the production stages. The aim of the thesis was to produce as much information and reflection on the topic as possible, which the client could use in the development of their potential box unit production. The client of the thesis was the wood element factory unit of YIT Suomi Oy. The thesis was based on a pilot project carried out by the client in the Niemenranta area of Tampere as well as the client's description of the target state of box unit production. The client's box unit production was limited from the manufacturing of sub-elements to the packaging and storing of the finished box units.

The thesis examined the construction of timber elements in general and the quality assurance of timber elements, the publicly available knowledge base on the subject and the source data for the thesis. The thesis investigated the technical quality requirements for the client's production and the quality assurance measures and documentation required for the production stages. The thesis also discusses the application of technical quality requirements to box unit production and the quality assurance of production stages.

In summary, there are no targeted quality requirements available for box unit production which results in the unsuitability or application to production of quality requirements for certain operations and work activities. Additionally, the client's box unit production of the thesis is at too early a stage and the initial data are not at a sufficient level to be able to determine the quality assurance measures or documentation methods suitable for the client's box unit production very precisely at this stage.

Keywords Documentation, prefabricated box unit building, prefabricated box unit production, quality assurance
Pages 33 pages and appendices 9 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Rakentamisen tulevaisuus	3
2.1	Puuelementtirakentaminen	4
2.1.1	Tilaelementtirakentaminen	5
3	Puuelementtien laadunvarmistus	6
3.1	Puuelementtien laatuvaatimukset	7
3.2	Puuelementtituotannon laadunvarmistus	8
4	Toimeksiantajan tuotannon kuvaus	9
4.1	Osaelementtien valmistaminen	10
4.1.1	Omavalmisteiset osaelementit	11
4.1.2	Alihankitut osaelementit	12
4.2	Tilaelementtien kokoonpano	14
4.3	Talotekniikka-asennukset	15
4.4	Varustelu ja viimeistely	16
4.5	Pakkaus ja varastointi	16
4.6	Tuotantolinja	17
5	Tilaelementtituotannon laadunvarmistus ja laadun todentaminen	18
5.1	Tuotantoa koskevat laatuvaatimukset	19
5.2	Tuotannon laadunvarmistustoimet	20
5.2.1	Osaelementtien valmistus	23
5.2.2	Tilaelementtien kokoonpano	24
5.2.3	Talotekniikka-asennukset	25
5.2.4	Viimeistely ja varustelu	27
5.2.5	Pakkaus ja varastointi	27
5.3	Tuotannon dokumentointi	28
6	Yhteenveto ja pohdinta	29
	Lähteet	32

Liitteet

- Liite 1 Osaelementtien valmistuksen laatuvaatimukset
- Liite 2 Tilaelementtien kokoonpanon laatuvaatimukset
- Liite 3 Talotekniikka-asennusten laatuvaatimukset
- Liite 4 Viimeistelyn ja varustelun laatuvaatimukset
- Liite 5 Pakkauksen ja varastoinnin laatuvaatimukset

1 Johdanto

Rakennusala on mahdollisen murroksen edessä. Laajeneva tietoisuus rakentamisen aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä nostaa puurakentamista jalustalle sen ollessa ainoa uusiutuva teollisesti hyödynnetty rakennusmateriaali. Puurakentamisen mahdollisen kasvun myötä ajankohtaiseksi asiaksi nousee myös teollinen valmistaminen, jonka katsotaan edistävän laadun toteuttamista.

Opinnäytetyö pohjautuu toimeksiantajan tarpeeseen kartoittaa tietämystä puutilaelementtituotantoa koskevista teknisistä laatuvaatimuksista sekä tuotannon laadunvarmistuksesta ja dokumentoinnista. Opinnäytetyön toimeksiantaja toteutti ensimmäisen ja toistaiseksi ainoan tilaelementtituotantonsa yrityksen pilottihankkeeseen Tampereelle. Pilottihankkeen tilaelementtituotanto sekä toimeksiantajan kuvaus tuotannon tavoitetilasta toimivat lähtötietoina opinnäytetyölle.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on YIT Suomi Oy:n puuelementtitehdasyksikkö. YIT on vuonna 1912 perustettu Suomen suurimmaksi noussut rakennusalan yritys. Suomen lisäksi muita markkina-alueita ovat Baltian maat, Puola, Ruotsi, Norja, Slovakia ja Tsekki. YIT:n liiketoiminta keskittyy asunto-, toimitila-, korjaus- ja infrarakentamiseen. YIT:n puuelementtitehdas on vuonna 1984 aloittanut toimintansa nykyisellä paikallaan. Tehtaan päätarkoituksena on tuottaa puusta korkealla esivalmistusasteella valmistettuja rankarunkoisia tasoelementtejä, kuten seinä-, väli- ja yläpohjaelementtejä yrityksen omien työmaiden tarpeisiin. Perustuotantoon kuuluu myös täydentäviä rakennusosia, kuten päätykolmiot, palokatkot, terassit, aidat, parvekkeet, sisäänkäyntikatokset sekä räystäskasetit.

YIT:n ensimmäinen omavalmisteinen puutilaelementtirakentamisen pilottihanke oli Asunto-osakeyhtiö Tampereen Niemenrannan Rantapuisto. Kyseessä on kuvan 1 mukainen 4-kerroksinen 1-portainen asuinkerrostalo, joka pitää sisällään yksiöitä, kaksioita ja kolmioita. Kerrostalo on puurakenteinen lukuunottamatta perustuksia ja tilaelementtikylpyhuoneita. Hankkeen tilaelementtikokoonpano on kokonaan YIT:n toteuttama, mutta osa tilaelementteihin liitettävistä osaelementeistä on alihankittuja. Tilaelementtituotannon laajuus oli 44 huoneistomoduulia, joista yksiöt koostuivat yhdestä ja kaksiot sekä kolmiot kahdesta tilaelementistä. Huoneistomoduulien lisäksi tilaelementtituotantoon kuului neljä porrashuonemoduulia.

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa mahdollisimman paljon tietoa ja havaintoja toimeksiantajalle heidän tarpeidensa mukaisista asioista tutkimalla aiheesta julkisesti saatavilla olevaa tietoperustaa, seuraamalla tuotantoa oman työn ohessa sekä tarkastelemalla ja tutkimalla tuotannosta tehtyä dokumentaatiota, suorittamalla avoimia keskusteluja sekä palavereja toimeksiantajan toimihenkilöiden kanssa sekä osallistumalla webinaariin, jossa aiheena oli laadunhallintaohjelmiston käyttö.

Toimeksiantajani on tarkoitus hyödyntää opinnäytetyöstä saatuja tietoja sekä pohdintoja, kehittäessään mahdollista tilaelementtituotantoa ja erityisesti suunnitellessaan mahdollisen tilaelementtituotannon laadunvarmistustoimia ja dokumentointitapoja.

Kuva 1. 3D-havainnekuva Niemenrannan Rantapuistosta.



2 Rakentamisen tulevaisuus

Rakennusmateriaalista riippumatta rakennusalalla on huomattavissa tiettyjä trendejä, jotka ohjaavat tulevaisuuden rakentamista. Trendejä ovat rakentamisen vähähiilisyys, korkeamman esivalmistusasteen omaavien valmistusosien käytön lisääntyminen rakentamisessa sekä modulaarinen rakentaminen. (Lujabetoni, 2020)

Rakentamisen hiilidioksidipäästöjen vähentäminen edellyttää puun käytön laajentamista sekä puuhun pohjautuvien rakennusjärjestelmien ja -tuotteiden kehittämistä. Puun käytön kehittämisellä nähdään mahdollisuuksia tukea metsien kestävää ja järkevää käyttöä sekä alentaa rakentamisen hiilijalanjälkeä, kun tarkastelussa on koko rakennuksen elinkaari. Teollinen puurakentaminen mahdollistaa materiaalien- ja tuotantotehokkuuden sekä hallittujen prosessien kautta parempaa laatua sekä kustannustehokkuutta. (Ympäristöministeriö, n.d.)

Konkreettisia toimia puurakentamisen lisääntymiseen on ympäristöministeriön esitys, jossa Puurakentamisen ohjelmalle on asetettu tavoitteeksi nostaa puurakentamisen markkinaosuus 45 prosenttiin julkisessa rakentamisessa vuoteen 2025 mennessä. Kuvassa 2 on esitetty puun markkinaosuuden nousun tavoite. Myös tämän jälkeen mahdollisesti käyttöön tuleva rakentamisaikaisten hiilidioksidipäästöjen laskenta ja raportointi puoltaa puu- tai hybridirakentamista. (Builderhead, 2022)

Kuva 2. Kansalliset tavoitteet julkiselle puurakentamiselle (Ympäristöministeriö, n.d.).

Kaikki rakentaminen	Rakentamisen kokonaismäärä (1000 m ³)	Puurunkoiset rakennukset (1000 m ³)	Puun markkinaosuus (%)
2019	6 907	1 039	15 %
2022	5 661	1 760	31 %
2025	5 221	2 296	45 %

2.1 Puuelementtirakentaminen

Pääperiaatteiltaan rakentaminen on pysynyt samankaltaisena viimeisten vuosikymmenien aikana eikä suuria läpimurtoja tai merkittävää teollistumista ole tapahtunut samassa suhteessa muuhun teollisuuteen. Rakentaminen on mielletty yksilöllisiksi projekteiksi, jossa suunnittelu ja rakentaminen tehdään ikään kuin mittatilaustyönä. Viime vuosien aikana on kuitenkin rakentamisessa alkanut kehittyä ajattelu- ja tuotantotapojen muutosta, jonka seurauksena rakentamista on alettu mieltää vakiokomponenteistä koottavaksi toiminnaksi. Tehdasosaamista on alettu hyödyntää enemmän ja saatavilla on jo elementtejä monenlaisiin eri käyttötarkoituksiin. Suurelementtien ja elementtijärjestelmien lisäksi valmistetaan myös tilaelementtejä märkätiloihin, parvekkeihin, ja niistä voi tehdä jopa kokonaisen huoneiston tai sen osan. (Viljamaa, 2018)

Vakioiduilla ratkaisuilla tehdasolosuhteissa valmistettujen korkean esivalmistusasteen omaavien elementtien käyttö tuo rakentamiseen kustannutehokkuutta sekä helpommin toteutettavaa ja tasaista laatua. Lisäksi rakentamisvaiheen aika lyhenee ja rakennus saadaan säältä suojaan nopeasti, jolloin haastavien olosuhteiden vaikutukset, kuten rakenteiden kastuminen pystytään minimoimaan. (Viljamaa, 2018)

2.1.1 Tilaelementtirakentaminen

Tilaelementtitekniikalla tarkoitetaan rakentamistapaa, jossa rakennus kootaan erillisistä valmiiksi kootuista tilaelementeistä. Tilaelementit koostuvat tyypillisesti kantavasta rungosta sekä rajaavista pinnoista, joita ovat seinät, lattia ja katto. Tilaelementtien valmistus tapahtuu hallituissa tehdasolosuhteissa, jolloin kaikki tilaelementin valmistuksen työvaiheet saadaan suoritettua säältä suojassa. (Puuinfo, 2020)

Puusta rakennettujen tilaelementtien kantava rakenne voi vaihdella. Kantavan rakenteen voi toteuttaa pilaripalkkitekniikalla, kehärakenteelle tai laattamaisilla suurelementeillä, jotka ovat joko ranka- tai massipuulevyrakenteisia. Tilaelementtitekniikalla saavutetaan erinomainen ääneneristävyys tilaelementtien muodostamien kaksoisrakenteiden vuoksi. Tilaelementit voidaan toteuttaa viimeisiltä pinnoiltaan ja tilakohtaisilta talotekniikoiltaan valmiita tiloja tai tilan osia. (Puuinfo, 2020)

Tilaelementit ovat tyypillisesti enimmäismitoiltaan 12 x 4,2 x 3,2 metriä, mutta mahdollista on rakentaa suurempiakin tilaelementtejä. Tilaelementtien mitoituksessa on kuitenkin otettava huomioon tilaelementtien kuljetuksien ja nostojen asettamat rajoitukset enimmäismitoille ja -painolle. (Puuinfo, 2020)

Tilaelementtitekniikan etuna valmistusolosuhteiden lisäksi on työmaavaiheen lyheneminen verrattuna paikalla- tai tasoelementeillä rakentamiseen. Puuinfon mukaan, ”parhaimmillaan teollisella tilaelementtijärjestelmillä kuusikerroksisen asuinkerrostalon työmaan läpimenoaika on vain kaksi kuukautta.” (Puuinfo, 2020)

Tilaelementtitekniikan parhaat puolet saavutetaan erityisesti pienasuntokohteiden sekä asuntoloiden rakentamisessa. Se soveltuu myös täydennys-, lisäkerros- sekä matalaenergiarakentamiseen. Ruotsissa tilaelementtitekniikka on yleinen tapa toteuttaa puukerrostalojen rakentaminen. (Puuinfo, 2020)

Kuva 3. Pilottihankkeen tilaelementtien työmaa-asennus.



3 Puuelementtien laadunvarmistus

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan rakennuskohteessa pysyvänä osana käytettäväksi tarkoitetulla tuotteella, kuten puuelementeillä tulee olla sellaiset ominaisuudet, että rakennuskohde asianmukaisesti suunniteltuna ja rakennettuna täyttää säädetyt olennaiset tekniset vaatimukset tavanomaisella kunnossapidolla taloudellisesti perustellun käyttöiän ajan. (Oulun kaupunki/rakennusvalvonta, n.d.)

Puuelementtejä koskeva CE-merkintä on tulossa pakolliseksi lähivuosina, mutta CE-merkintää velvoittavaa standardia ei ole vielä hyväksytty. Ennen hyväksyntää elementeille on mahdollista hakea kansallinen hyväksyntä eli varmennustodistus. (Oulun kaupunki/rakennusvalvonta, n.d.) Puuelementtien varmennustodistus todistaa, että tuote täyttää varmennustodistuksen myöntämisperusteiden eli viranomaismääräyksiä ja -ohjeiden vaatimukset. (Kiwa inspecta, n.d.) Puuelementteihin kohdistuvaa rakennuspaikkakohtaista varmennusta ei lähtökohtaisesti tarvita, kun käytetään varmennustodistuksellisia elementtejä. (Oulun kaupunki/rakennusvalvonta, n.d.) Varmenamisessa eli sertifioinnissa tarkistetaan tuotteiden vaatimustenmukaisuus, laatu ja laadunvalvonta ja siihen kuuluu tuotantolaitoksen alkutarkastus, tuotteen alkutestaus sekä tuotteen varmentaminen. Sertifikaatin voimassaolo edellyttää tuotteiden jatkuvaa laadunvalvontaa sekä tuotantolaitoksella suoritettavia tarkastuskäyntejä. (Kiwa inspecta, n.d.) Jos tuotteiden valmistajalla ei ole tuotteelle varmennustodistusta, on rakennuttajan selvítettävä tuotteen kelpoisuus ja rakennusvalvonnan edellyttäessä osoitettava kelpoisuus rakennuspaikkakohtaisesti. (Oulun kaupunki/rakennusvalvonta, n.d.)

3.1 Puuelementtien laatuvaatimukset

Puurakentamisessa noudatetaan rakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia eli RYL-julkaisuja sekä Puurakenteiden toteutusstandardia SFS 5978. (Puuinfo, 2022)

RYL eli rakentamisen yleiset laatuvaatimukset ovat kirja- tai verkkopalvelumuodossa olevia alan yhdessä sopimia hyvän rakennus- ja kiinteistöpidon kuvauksia, joissa määritellään ammattilaisille työn lopputuloksen tekninen laatu. (Rakennustieto, n.d.)

Puurakenteiden toteutusstandardi SFS 5978 esittää rakennustyön työmaatoteutusta koskevat vaatimukset eri toteutusluokkien puurakenteille. Standardi koskee rakenteita, jotka ovat suunniteltu standardin SFS-EN 1995 osan 1-1 tai 1-2 mukaan. (SFS online, 2014)

3.2 Puuelementtituotannon laadunvarmistus

Laadunvarmistus on systemaattista toimintaa, jolla pyritään varmistamaan osoitettavalla tavalla, että tuotteiden laatu vastaa odotuksia ja vaatimuksia. (Ratu KI-6029 2016, s.12)

Varmennustodistuksen omaavan tuotteen valmistajan pitää luoda tuotannon sisäinen laadunvalvontajärjestelmä, dokumentoida se ja noudattaa sitä.

Laadunvalvontajärjestelmässä vaatimuksina on kuvan 4 mukaisesti osoittaa kohteet, joille suoritetaan laadunvalvontaa, mitkä ovat valvontamenettelyt ja valvonnan taajuus.

Vaatimukset ovat kuitenkin ohjeellisia ja muitakin menettelyjä saa käyttää varmennustodistuksen myöntäjän suostumuksella. Järjestelmällä tulee olla vastuhenkilö, sitä pitää ylläpitää sekä sillä tulee syntyä sellaisia kirjauksia ja merkintöjä, että varmennustodistuksen myöntäjä voi päätellä valmistajan noudattavan järjestelmää.

Mahdollisien tuotannon tai tuotteen menettelyjen muuttuessa valmistajan pitää ilmoittaa tästä varmennustodistuksen myöntäjälle, joka tarvittaessa päättää tuotantolaitoksen sekä tuotannon sisäisen laadunvalvonnan uudesta alkutarkastuksesta. (Ympäristöministeriö, 2014)

Kuva 4. Puurakenteisten elementtien laadunvalvontajärjelmälle asetetut vaatimukset (Ympäristöministeriö, 2014).

	Valvonnan kohde	Valvonta- menettely*	Valvonnan taajuus
1	Suunnittelu <ul style="list-style-type: none"> erityisesti tuotesuunnittelu 	T T, L	jokainen suunnitelma jokainen uusi tuote
2	Materiaalit ja komponentit <ul style="list-style-type: none"> tuotteen vaatimuksenmukaisuus näkyvät viat mitat erityisesti puun lujuusluokka ostettujen komponenttien todentaminen 	T T T M T, M T, M	jokainen tuleva ja lähtevä toimitus
3	Elementtien tuotanto <ul style="list-style-type: none"> työn laatu (mitat, toleranssit, ikkunoiden asennus, kiinnikevälit, naulauksen osuminen runkoon jne.) tuotteen yhdenmukaisuus suunnitelmien ja varmennustodistuksen kanssa testaaminen (ei yleensä ole tarpeen) 	T, M M T M	jokainen elementti
4	Henkilöstön pätevyys	T	kerran vuodessa
5	Poikkeavien elementtien käsittely	T	jokainen poikkeava
6	Lopputarkastus ja merkitseminen	T	jokainen elementti
7	Tilaelementin asennustyö	T, M	jokainen elementti
8	Säältä ja mekaanisilta vaurioilta suojaaminen	T	jokainen lähtevä toimitus
9	Varastointi ja toimittaminen	T	jokainen lähtevä toimitus

* T = toiminnasta vastaavan henkilön tekemä tarkastus tai katselmus

L = toiminnasta vastaavan henkilön tekemä laskelma

M = toiminnasta vastaavan henkilön tekemä mittaus tai testi.

4 Toimeksiantajan tuotannon kuvaus

Tilaelementtituotantoon soveltuvien kirjauksia ja merkintöjä tuottavien laadunvarmistustoimien ja dokumentointitapojen kartoittamiseksi on hahmotettava tuotantolinjan toiminta sekä tuotannon työvaiheiden sisältö. Pilottihankkeen tilaelementtituotantoa seuranneena ja tutkineena, on se mielestäni hyvä jakaa eri vaiheisiin kokonaisuuden käsittelemisen helpottamiseksi. Jaottelu on seuraava:

- Osaelementtien valmistus
- Tilaelementtien kokoonpano
- Talotekniikka-asennukset
- Viimeistely ja varustelu
- Pakkaus ja varastointi

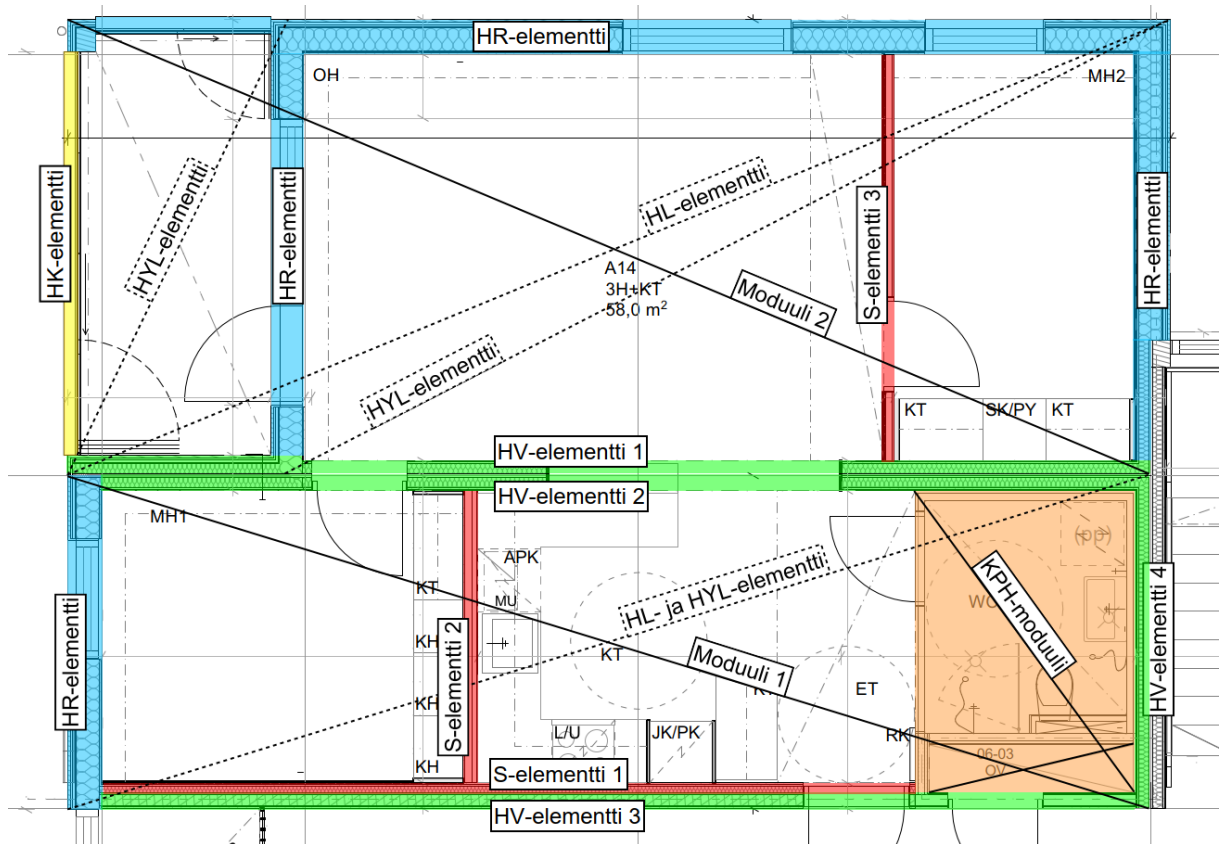
4.1 Osaelementtien valmistaminen

Tuotanto alkoi osaelementtien valmistamisella. Osaelementit ovat ”komponentteja”, joista tilaelementit koottiin. Osaelementit valmistettiin elementtisuunnitelmien mukaisesti valmistukseen tarkoitetuilla elementtipöydillä. Tilaelementituotannossa käytettyjä osaelementtityyppejä olivat:

- Ulkoseinäelementit eli HR-elementit
- Kantavat väliseinäelementit eli HV-elementit
- Kevyet väliseinäelementit eli S-elementit
- Lattiaelementit eli HL-elementit
- Kattoelementit eli HYL-elementit
- Palkkielementit eli HK-elementit
- Kylpyhuone-elementit eli KPH-elementit
- Parveke-elementit

Valtaosa osaelementtien valmistamisesta oli alusta loppuun toimeksiantajani omaa tuotantoa ja loput alihankittua halutulla valmiusasteella, joita jatkojalostettiin tai käytettiin sellaisenaan. Osaelementit havainnoitu kuvassa 5.

Kuva 5. Havainnekuva osaelementtien muodostamista tilaelementeistä sekä tilaelementtien muodostamasta huoneistosta.



4.1.1 Omavalmisteiset osaelementit

Omavalmisteisten osaelementtien joukkoon kuului kaikki seinäelementtityypit, palkkielementit sekä kattoelementit.

Kattoelementillä tarkoitetaan rakenteeltaan rankarunkoista elementtiä, joka yhdessä ylemmän kerroksen lattielementin kanssa muodostaa välipohjarakenteen tai ylimmäskerroksessa osan yläpohjarakennetta.

Palkkielementillä tarkoitetaan liimapuista kannatinpalkkia, joka kannattelee sisäänvedetyn parvekkeen etureunan. Sijaintinsa takia, sitä koski myös osa osaelementtien valmistuksen työvaiheista.

Seinäelementtejä oli kolmea eri tyyppiä. Ulkoseinäelementeillä tarkoitetaan runkorakenteeltaan rankarunkoista elementtiä, joka rajaa tilaelementin sisäilman ulkoilmasta. Kantavalla väliseinällä tarkoitetaan runkorakenteeltaan rankarunkoista elementtiä, joka yhdessä toisen vastaavan elementin kanssa muodostaa huoneiston tilaa jakavan tai huoneistojen osastoivan seinärakenteen tai yhdessä kevyen väliseinäelementin kanssa huoneiston ja käytävän välisen osastoivan seinärakenteen. Kevyellä väliseinällä tarkoitetaan runkorakenteeltaan rankarunkoista väliseinäelementtiä, joka itsessään muodostaa huoneiston tilaa jakavan ja mahdollisesti jäykistävän seinärakenteen tai yhdessä kantavan väliseinäelementin kanssa osastoivan rakenteen.

Osaelementtien valmistukseen kuuluvia työvaiheet:

- Rungon kokoaminen
- Eristäminen
- Höyrynsulkumuovitus
- Sisä- ja ulkopuolen levytys
- Ulkopuolen koolaus
- Ulkoverhouspanelointi
- Ikkuna-asennukset ja pellitykset

Lisäksi elementteihin asennettiin liitostiivisteet, ne varusteltiin suunnitelmien mukaisin koje- ja jakorasioin. Elementeissä otettiin huomioon myös talotekniikan läpivientivaraukset. Kaikki edellä mainitut työvaiheet eivät koskeneet kaikkia osaelementtejä, vaan vaihtelivat elementtityypistä riippuen.

4.1.2 Alihankitut osaelementit

Alihankittuja osaelementtejä olivat kylpyhuone-elementit, lattiaelementit sekä erilliset parveke-elementit.

Lattiaelementeillä tarkoitetaan rakenteeltaan rankarunkoisia tasoelementtejä, joka yhdessä alemman kerroksen kattoelementin kanssa muodosti välipohjarakenteen sekä alimmassa kerroksessa alapohjarakenteen. Lattiaelementit olivat alapinnaltaan valmiita, mutta yläpinnaltaan jatkojalostettavia. Työvaiheita oli lattioiden kipsilevytys sekä vesikiertoisten lattialämmitysputkien asennus.

Kylpyhuone-elementillä tarkoitetaan osiin tilaelementteihin asennettavaa sisäpinnoiltaan valmista ja kalustettua valmiskylpyhuonetilaa. Kylpyhuone-elementti esitetty kuvassa 6. Kylpyhuone-elementit olivat rungoltaan teräsohutlevyrakenteisia. Elementteihin oli integroitu valtaosa huoneistojen talotekniikkalähdöistä sekä talotekniikkahormi, joka yhdessä alempien sekä ylempien kerrosten hormien kanssa muodostivat koko rakennuksen pystysuunnassa lävistäviä hormikuiluja. Kylpyhuone-elementtiin kuului talotekniikkalähtöjen läpiviennit osastoidusta talotekniikkahormista huoneiston puolelle.

Kuva 6. Pilottihankkeen kylpyhuone-elementti.



Parveke-elementeillä tarkoitetaan CLT-runkoisia ulokeparvekkeita, jotka asennettiin joidenkin tilaelementtien kylkeen. Parveke-elementtien asennus ei tapahtunut tehdastuotannon aikana vaan työmaalla, mutta parvekkeita kannattelevat konsolipuut asennettiin tuotannossa tilaelementtien ulkoseiniin. Konsolipuiden tarkoituksena on siirtää parvekkeilta kertyvät kuormat valmiin rakennuksen ulkoseinälinjoille.

4.2 Tilaelementtien kokoonpano

Tilaelementtien kokoonpanolla tarkoitetaan tuotannonvaihetta, jossa osaelementit kasattiin tilaelementeiksi. Pilottihankeen tilaelementtikokoonpanoa esitetty kuvassa 7.

Tilaelementtien kokoonpano alkoi lattiaelementin petaamisella asennuspaikalle, jonka jälkeen loput tilaelementtien kuuluvat osaelementit asennettiin paikalleen rakenne- / elementtisuunnittelijan kokoonpanokaavioon määrittämässä järjestyksessä. Tyypillinen järjestys oli:

1. Lattiaelementti
2. KPH-elementti
3. Seinäelementit
4. Palkkielementti
5. Kattoelementit

Kokoonpanon yhteydessä osaelementtejä tuettiin tarvittaessa vinotuin sekä väliaikaisin kiinnityksin elementtien kaatumisen tai pystysuoruuden menettämisen ehkäisemiseksi.

Tilaelementtien lopulliset liitoskiinnitykset suoritettiin heti nurkkien tai liitoskohtien valmistumisen myötä.

Kuva 7. Pilottihankkeen tilaelementtuotannon kokoonpanopaikka (kuvan 5 moduuli 2).



4.3 Talotekniikka-asennukset

Talotekniikka-asennuksilla tarkoitetaan tuotannonvaihetta, jossa tehtiin tilaelementtikohtaiset talotekniikkaputkitukset, -kanavoinnit, -johdotukset ja osastoivien rakenteiden läpiviennit. Pilottihankkeen huoneistomodulikohtaisten talotekniikka-asennuksien vaiheet olivat:

- lattialämmitysputkien asennus sekä liittäminen jakotukeille
- ilmanvaihtokanavistojen toteuttaminen ja liittäminen IV-koneeseen
- viemäriputkiston toteuttaminen
- sähköjohdotusten toteuttaminen ja liittäminen ryhmäkeskukseen
- käyttövesiputkitusten toteuttaminen ja liittäminen kuivien tilojen vesikalusteisiin
- sprinkleriputkistojen toteuttaminen

Sprinkleriputkistoja lukuun ottamatta talotekniikka-asennusten lähtönä toimi kylpyhuone-elementti. Tämän ansiosta osastoitavia läpivientejä ei tarvinnut suorittaa tilaelementtituotannon aikana kuin käytävään kulkeville sprinkleriputkistoille. Talotekniikka-asennuksiin kuului myös johdotusten ja putkitusten kytkimien, suuttimien, venttiilien, pistorasioiden ja tulppien asennukset, jotka suoritettiin kunnes viimeistely- ja varusteluvaihe oli riittävän pitkällä.

4.4 Varustelu ja viimeistely

Viimeistely ja varustelu tarkoitetaan tuotannonvaihetta, jossa tilaelementtien sisä- ja ulkopinnat tehtiin haluttuun valmiusasteeseen. Pilottihankkeen varustelu- ja viimeistelyvaiheen työvaiheita oli:

- alaslaskujen ja koteloiden rakentaminen
- tasoitukset ja maalaukset
- kalusteasennukset
- parkettiasennus
- sisäverhouspaneloinnit
- väli-, kerrostaso- ja parvekeovien asennus
- listoitukset

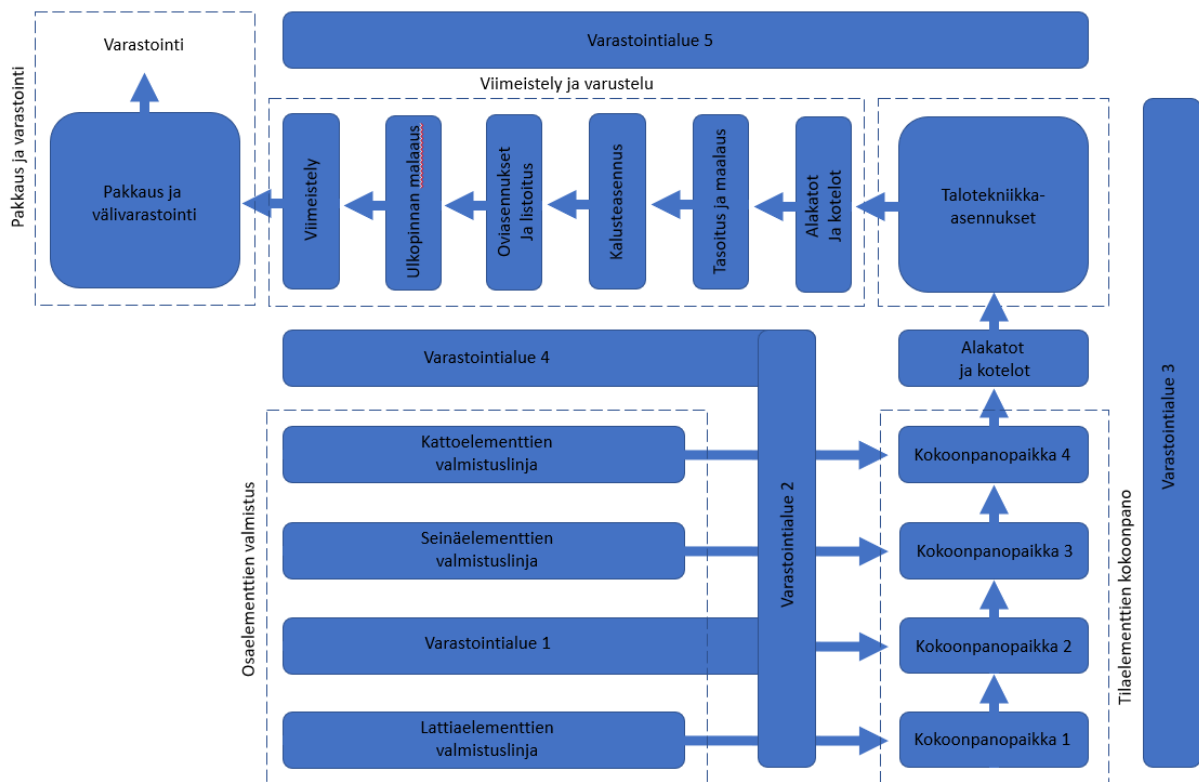
4.5 Pakkaus ja varastointi

Pakkauksella ja varastoinnilla tarkoitetaan tuotannonvaihetta, jossa kokonaisuudessaan valmis tilaelementti suojataan ja siirretään varastoon odottamaan työmaakuljetusta. Tilaelementti suojattiin kauttaaltaan varastoinnin, siirtelyn ja työmaakuljetuksen aikaisilta sääolosuhteilta sekä muulta pölyltä ja lialta.

4.6 Tuotantolinja

Tavoitetilanteessa tuotantolinja kulkee kuvan 8 mukaisesti. Tuotanto alkaa osaelementtien valmistamisella omilla valmistuslinjoillaan. Linjan päässä valmis osaelementti välivarastoidaan tai se siirtyy suoraan kokoonpanolinjan paikalle, jossa se asennetaan. Tilaelementtien kokoonpanolinja alkaa lattiaelementin petaamisella linjan alkupäähän, jolla se kulkee kokoonpanopaikkojen läpi. Kasattu tilaelementti jatkaa kulkuaan linjan läpi päätyen talotekniikoiden asennuspaikalle. Talotekniikka-asennusten jälkeen tilaelementti kulkee viimeistely- ja varustelulinjan läpi päätyen koko tuotantolinjan pätyyn, jossa se pakataan ja siirretään katettuun varastoon. Tuotantolinjan varrella olevilla varastointialueilla varastoidaan kuhunkin tuotannonvaiheeseen liittyviä materiaaleja ja aluetta käytetään tarvittaessa myös linjalla tapahtuvien häiriöiden purkuun.

Kuva 8. Havainnekuva toimeksiantajani tilaelementtituotannon tavoitetilasta.



5 Tilaelementtituotannon laadunvarmistus ja laadun todentaminen

Luku käsittelee toimeksiantajani puutilaelementtituotantoa koskevia teknisiä laatuvaatimuksia, laadunvarmistusta sekä dokumentointia. Tarkoituksena on selvittää toimeksiantajan tilaelementtituotannon tekniset laatuvaatimukset, kartoittaa tuotantoon soveltuvia sen edellyttämiä laadunvarmistustoimia sekä dokumentointitapoja, joilla saataisiin aikaan laadunvalvontajärjestelmän vaatimia kirjauksia ja merkintöjä. Näiden pohjalta toimeksiantajan on tarkoitus kehittää omaa laadunvalvontajärjestelmäänsä mahdollista tilaelementtituotantoa varten. Kartoituksien ja pohdintojen pohjatietona käytän toimeksiantajani pilottihankkeen tilaelementtituotantoprosessia, tuotantolinjan tavoitetilaa sekä oletusta työvoiman käytöstä tuotannossa.

Toimeksiantajan puutilaelementtituotannon teknisten laatuvaatimusten selvitys toteutettiin tutkimalla julkisesti saatavilla olevaa tietoperustaa eli puurakentamisessa noudatettavia julkaisuja ja standardeja, etsimällä niiden luvut, jotka käsittelevät pilottihankkeessa toteutuneita sekä mahdollisesti toimeksiantajan tuotannossa tulevaisuudessa toteutuvia työvaiheita ja -suoritteita.

Toimeksiantajan puutilaelementtituotannon laadunvarmistustoimien ja dokumentointitapojen kartoittamiseksi seurasin pilottihankkeen tilaelementtituotantoa sekä tutkin siitä tehtyä dokumentaatiota, suoritin avoimia keskusteluja sekä palaveriä tuotantoon osallistuneiden henkilöiden kanssa, tutkin aiheesta saatavilla olevaa julkista tietoperustaa sekä osallistuin webinaariin, jossa aiheena oli laadunhallintaohjelmiston käyttö. Raportin luvuissa 5.2 ja 5.3 havainnot ja pohdinnat perustuvat näistä saatuun tietoon.

5.1 Tuotantoa koskevat laatuvaatimukset

Osaelementtien valmistuksen laatuvaatimukset on esitetty suunnitelma-asiakirjoissa, Runko- ja SisäRYL:ssä sekä käytettävien materiaalien asennusohjeissa. Osaelementtien suunnitelma-asiakirjojen mukaisuus on ensisijainen laatuvaatimus. Suunnitelma-asiakirjat määrittävät rakenteellisesti merkittävät toteutukset, käytettävät materiaalit sekä niiden määrät. RYL:t sekä materiaalien asennusohjeet ovat suunnitelma-asiakirjoja täydentäviä asiakirjoja, jotka määrittelevät työsuoritteiden yksityiskohtaisempia laatuvaatimuksia. Esimerkiksi osaelementtien sisäverhouslevytyksen osalta, suunnitelma-asiakirjat määrittävät käytettävän levytyypin ja sen kiinnitykseen käytettävän kiinnikkeen ja kiinnitystiheyden. Valmistajan asennusohje määrittelee kiinnikkeiden reunaetäisyyden reunamurtumisten estämiseksi sekä RYL:t määrittää valmiin levytyksen mittatarkkuusvaatimukset sekä muita hyvän rakentamistavan edellyttämiä työnaikaisia tai valmiin levytyksen laatuvaatimuksia. Lisäksi puurakenteiden toteutusstandardi SFS 5978 antaa valmistettavalle elementille valmistus- sekä liitostoleranssit.

Tilaelementtien kokoonpanon laatuvaatimukset ovat toistaiseksi ainoastaan esitetty suunnitelma-asiakirjoissa. Suunnitelma-asiakirjojen mukaisuus on siis kokoonpanon ainoa laatuvaatimus. Kokoonpanolle ei ole toistaiseksi yleisiä laatuvaatimuksia tai standardipohjaisia valmistustoleransseja. Osaelementtien asentamiselle tosin on annettu standardissa SFS 5978 asennustoleranssit, mutta niiden soveltumisesta tilaelementtien kokoonpanoon ei ole varmuutta. Lisäksi puurakenteiden toteutusstandardi SFS 5978 antaa kokoonpanon kiinnityksien liitostoleranssit.

Talotekniikka-asennuksien laatuvaatimukset ovat esitetty suunnitelma-asiakirjoissa ja talotekniikkaRYL:ssä. TalotekniikkaRYL:ssä laatuvaatimuksia käsitellään hyvin laveasti ja viitataan usein mm. suunnitelma-asiakirjojen tai RT-korttien mukaiseen toteutukseen tai materiaalien käyttöön. Näistä löytyviä laatuvaatimuksia on mm. putkistojen ja johdotusten kannatukseen, eristämiseen, tiiveyteen sekä paloturvallisuuden liittyvät yksityiskohdat, kuten läpivientien toteutustapa.

Viimeistelyn ja varustelun laatuvaatimukset ovat esitetty suunnitelma-asiakirjoissa, Sisä- ja MaalausRYL:ssä sekä käytettävien materiaalien asennusohjeissa. RYL:ssä ohjeistetaan käytettävien materiaalien, toteutuksen ja valmiin lopputuloksen teknistä laatua, kuten valmiin pinnan vaakasuoruus ja tasaisuus sekä kalusteasennuksessa syntyvien saumojen tasaisuus. Asennusohjeet taas määrittelevät käytettävän tuotteen erityisvaatimuksia, kuten asennusolosuhteita.

Pakkauksen ja varastoinnin laatuvaatimukset on esitetty RunkoRYL:ssä. RYL ohjeistaa elementtien hyvän rakentamistavan mukaisia ohjeita elementtien pakkaamiseen ja varastointiin, kuten miten ja miltä elementit tulee suojata sekä minkälaiset varastointiolosuhteet on oltava.

Liitteissä 1-5 toteuttamani asiakirjat, joihin on listattu tilaelementtituotannon työvaiheita koskevien julkaisujen luvut ja niiden alle listattu työvaiheiden tärkeimpiä laatuvaatimuksia.

5.2 Tuotannon laadunvarmistustoimet

Tuotannon laadunvarmistustoimien tarkoituksena on varmistaa laadun toteutumista, ohjata laatuvaatimuksien täyttymiseen sekä mahdollistaa laadun todentaminen eli tuottaa kirjauksia ja merkintöjä, jotka osoittavat elementtituotannon työn laatua sekä tuotteen yhdenmukaisuutta suunnitelmien kanssa.

Tilaelementtituotanto aiheuttaa usean työvaiheen ja -suoritteiden laadunvarmistustoimien määrän kasvamista verrattuna paikallarakentamiseen. Määrän kasvaminen johtuu työvaiheiden ja -suoritteiden pilkkoutumisesta pienempiin osiin, kuten esimerkiksi kerrostalokolmion lattianpäällystystyöt. Paikallarakennettavan kerrostalokolmion lattianpäällystystöitä laadutarkastetaan asuntokohtaisesti tai jopa suurempi alue kerrallaan. Tilaelementtituotannossa edes asuntokohtainen tarkastaminen ei ole mahdollista, koska kerrostalokolmion toteuttamiseen tarvitaan kaksi rinnakkain asennettavaa tilaelementtiä. Tämä tarkoittaa tuotantolaitoksessa kahdelle eri tilaelementille suoritettavien laadutarkastusten suorittamista, mikä tarkoittaa saman kokonaisuuden laadutarkastuksien tuplaantumista. Tilaelementtituotannossa on myös työvaiheita ja -suoritteita, joissa laadunvarmistustoimien määrä on moninkertainen verrattuna paikallarakentamiseen, kuten esimerkiksi seinien sisäverhouslevytykset. Lattianpäällystystöiden tapaan paikallarakennetussa kerrostalossa sisäverhouslevytysten laadutarkastelua suoritetaan minimissään asuntokohtaisesti, kun tilaelementtituotannossa tarkastuksia on suoritettava elementtikohtaisesti. Tilaelementeillä toteutettu huoneisto voi pitää sisällään lähemmäs kymmenen seinäelementtiä, jotka muodostavat sisäseiniä. Tällöin kerrostalokolmion sisäverhouslevytyksille suoritettavien laadutarkastusten määrä kasvaa kymmenkertaiseksi. Tarkastusten määrää voisi laskea tarkastelemalla levytyksiä tilaelementtikohtaisesti, mutta tällöin mahdollisten virheiden havaitseminen aiheuttasi haasteita tuotannon sujuvuudelle, koska tuotannossa ei ole varattu aikaa korjaustöiden tekemiseen.

Työvaiheiden ja -suoritteiden laadunvarmistustoimien sekä dokumentointitapojen määrittäminen on aloitettava selvittämällä ajankohta, milloin ne ovat toteutettavissa. Ajankohtaa rajaava tekijä on työvaiheiden tai -suoritteiden peittyminen jonkin muun työvaiheen tai -suoritteiden takia. Peittyminen tapahtuu jonkin tuotannossa myöhemmin tapahtuvan työvaiheen tai -suoritteiden tekemisen johdosta, joka estää tarkastettavan työsuoritteiden laadutarkastusten tekemisen tai dokumentoinnin. Kun tarkastusajankohdat on selvitetty, pyritään määrittämään tilaelementtituotannon työvaiheille ja -suoritteille soveltuvat laadunvarmistustoimet ja dokumentointitavat.

Ensimmäisenä laadunvarmistustoimena on työntekijöiden tai -ryhmien perehdyttäminen työvaiheiden tai -suoritteiden teknisistä laatuvaatimuksista. Perehdyttäminen on toteutettava jokaisen työvaiheen ja -suoritteen osalta. Ilman tekijöiden ymmärrystä ja tietoisuutta heidän työsuoritteitaan koskevista laatuvaatimuksista on turha myöskään odottaa niiden saavuttamista. Tähän sopii rakennusalalla yleisenä käytäntönä oleva aloituspalaverikäytäntö. Mielestäni aloituspalaverien tulisi olla työvaihe- ja elementtityyppikohtaiset ja laatuvaatimuksien läpikäynti tulisi sisällyttää muiden aloituspalaverissä käsiteltävien asioiden joukkoon. Tapahtuma on monessa muussakin mielessä melko välttämätön niin kauan, kun työvaiheiden sisällöissä hankkeiden välillä tapahtuu muutoksia käytettävissä rakenteissa, detajjikassa, materiaaleissa, suunnitelma-asiakirjoissa, laatuvaatimuksien määritteissä, tuotantotavoissa tai robotiikka korvaa ihmisten työpanoksen. Aloituspalaverin pitäjän tulee laatia pöytäkirja, joka toimii aloituspalaverin laatudokumentaationa.

Pilottihankkeessa toimeksiantajallani oli käytössä työvaihe- ja elementtityyppikohtaiset työohjekortit. Tavoitteena oli varmistaa työntekijöille uusien elementtityyppien ja työvaiheiden laatuvaatimuksien mukainen tuotantotapa eli ohjata laatuvaatimuksien täyttymiseen.

5.2.1 Osaelementtien valmistus

Valmiin osaelementin laatuvaatimuksien täyttymisen tarkastaminen ja dokumentointi ei pääosin ole mahdollista niiden peittyvyyden takia, käytännössä vain sisäpintojen levytys ja ulkopintojen verhous ovat mahdollisia tarkastaa valmiista elementistä. Tämä pakottaa tarvittavien tarkastusten ja dokumentaation suorittamisen työvaiheiden aikana tai kunkin työvaiheen päätteeksi. Tarkastuksien pohjalta tulee toteuttaa tarkastusasiakirja, jossa todetaan suoritteiden laatuvaatimuksien tähtyminen, kuka tarkastuksen on suorittanut ja milloin tarkastus on suoritettu. Tarkastusasiakirja on suoritettava osaelementtikohtaisesti ja se toimii osaltaan laatudokumentaationa. Pilottihankkeessa käytettiin kirjallisesti täytettäviä tarkastusasiakirjoja ilman valokuvadokumentointia. Kirjallinen maininta tarkastusasiakirjassa työsuoritteiden toteutumisesta ei kuitenkaan ole välttämättä aina kovin konkreettinen osoitus toteutuneesta laadusta, esimerkiksi jonkin rakenteellisesti merkittävän kiinnityksen toteuttamisen osalta. Harkinnan arvoinen vaihtoehto kirjalliselle maininnalle olisi vastaavan tilanteen valokuvaaminen. Valokuvaaminenkaan ei ole aukoton todentaminen toteutuneesta laadusta, mutta antaa enemmän konkreettista tietoa kiinnikkeiden määrän tai sijoittelun suunnitelmien mukaisuudesta. Jos valokuvaamista hyödynnettäisiin osaelementtien laatudokumentoinnissa, tulee kuvat liittää tarkastusasiakirjan liitteeksi. Osaelementtituotantoa koskevia laatuvaatimuksia ja hyvän rakentamistavan ohjeita on melko paljon, mikä tarkoittaa tarkastettavienkohtien ja dokumentointitarpeiden paljoutta. Tarkastuskohtien sekä dokumentoitutarpeiden keventämiseksi vaihtoehto voisi olla osaelementtien tuotantolinjojen videointi. Jatkuvalle tuotantolinjan videoinnilla voitaisiin ilman yhtään työpanosta todentaa niiden laatuvaatimuksien täyttymistä, joiden tarkasteluun ei tarvita lähempää tarkastelua. Tällaisia asioita voisi olla esimerkiksi osaelementtien eristekerrosten saumojen limittyminen, höyrynsulun läpivientien toteutus tai mahdolliset höyrynsulun limitykset. Videoinnista voisi toteuttaa, joko elementtikohtaisen laatudokumentin tai käyttää sitä vain mahdollisen todentamistarpeen tullessa eteen.

5.2.2 Tilaelementtien kokoonpano

Kokoonpanovaiheessa työsuoritteita on vähemmän kuin osaelementtien valmistuksessa, mutta ne ovat laadunvarmistustarpeiltaan hyvin oleellisia. Osaelementtien valmistamisen tapaan suuri osa kokoonpanon työsuoritteista ovat piiloon jääviä, joten tarvittavien tarkastusten ja dokumentaation tekeminen tulee suorittaa työsuoritteen aikana tai päätteeksi. Tarkastuksien pohjalta tulee toteuttaa tarkastusasiakirja, jossa todetaan suoritteen laatuvaatimuksien täyttyminen, kuka tarkastuksen on suorittanut ja milloin tarkastus on suoritettu. Tarkastusasiakirja on suoritettava tilaelementtikohtaisesti ja se toimii laatudokumentaationa.

Tilaelementtien kokoonpano on mahdollisesti tärkein yksittäinen tuotannonvaihe koko rakennushankkeen laadullisen onnistumisen kannalta. Kokoonpanovaiheessa määritellään tilaelementin mittatarkkuus sekä suoritetaan suurin osa rakenteellisesti merkittävistä kiinnityksistä. Rakenteellisesti merkittävien kiinnitysten puuttuminen tai virheellinen toteutus voi aiheuttaa tilaelementille sen, ettei sen kuormituksenkestävyys ole suunnitellulla tasolla. Tämän seurauksena saattaa aiheutua tilaelementtien muodonmuutoksia tai vaarallisimmillaan tilaelementin rikkoutuminen nostojen ja siirtojen aikana.

Mittatarkkuusvirheet taas voivat aiheuttaa työmaalla tapahtuvien työsuoritteiden hankaloitumista. Päällekkäisten tai vierekkäisten tilaelementtien mittavaihtelu voi hankaloittaa liitoskohtien viimeistelyä tai halutun ilmatiiveyden saavuttamista esimerkiksi elementtien poiketessa suunnitelluista mitoista tai suoruudesta. Muun muassa näiden asioiden takia tilaelementtien kokoonpanon laadunvarmistamiseen on panostettava erityisellä tärkeydellä.

5.2.3 Talotekniikka-asennukset

Valmiiden talotekniikka-asennusten laatuvaatimuksien täyttymisen tarkastaminen ja dokumentointi on mahdollista joko heti työvaiheen jälkeen tai tuotannon vaiheen jälkeen eli kaikkien talotekniikka-asennusten valmistuttua. Molemmissa vaihtoehdoissa on puolensa. Työvaihekohtaisten tarkistuksien tekeminen helpottaa tarkastuksien ja dokumentaatioiden tekemistä, koska alakatot ja kotelot eivät ole ainakaan ensimmäisinä toteutettavien asennusten aikana vielä täynnä muita putkituksia ja johdotuksia, jotka peittävät näkyvyyttä. Myöskin mahdollisten virheiden havaitseminen tapahtuu aikaisemmassa vaiheessa ja niiden korjaaminen helpottuu. Tuotantovaiheen päätteeksi suoritettavien tarkastusten tekeminen vähentää tarkastuskertojen määrää, joka edesauttaa tuotannon sujuvuutta. Suoritettavat tarkastukset ja dokumentoinnit voivat kuitenkin muuttua mahdottomiksi, jos talotekniikka-asennukset peittävät mahdollisuuden suorittaa tarkastukset ja dokumentoinnin esimerkiksi osastoivien läpivientien, putkien eristyksien tai putkien kannakointien osalta. Suoritettiin tarkastuksia sitten työvaihekohtaisesti tai kootusti tuotannonvaiheen loppuun on tarkastuksien pohjalta toteutettava tarkastusasiakirja, jossa todetaan suoritteiden tai suoritteiden laatuvaatimuksien täytyminen, kuka tarkastuksen on suorittanut sekä milloin tarkastus on suoritettu. Dokumentaatiossa on huomioitava, että talotekniikka-asennukset peittyvät muilla rakenteilla, joko tuotannon myöhemmissä vaiheissa tai viimeistään työmaalla eli suoritteiden valokuvaaminen on harkinnan arvoinen vaihtoehto edelleen konkreettisempien todennusten saavuttamiseksi.

Talotekniikka-asennukset ovat vain osa valmiin rakennuksen talotekniikkaverkostoja. Työmaa-asennusten ja talotekniikkakytkentöjen jälkeen talotekniikka verkostojen laadukkuutta ja käyttökelpoisuutta määritellään erilaisin tiiveyksiin, virtauksiin ja paineen sietoon perustuvilla toimintakokeilla. Tämän vuoksi tulisi harkita, onko kannattavaa suorittaa omaehtoista itselle luovutusta ja missä laajuudessa. Mahdollisia kokeita ja mittauksia voisi olla:

- IV-putkien tiiveysmittaus
- Jätevesiputkien tiiveyskoe tai sisäpuolinen kuvaus
- Vesiputkien painekoe (käyttövesi ja lämmitysputket)
- Sähköasennusten tarkastus
- Sprinkleriputkien painekoe

Jos kokeita ja mittauksia suoritetaan tulee niistä toteutettava tarkastusasiakirja, jossa todetaan mittaustulosten laatuvaatimuksien mukaisuus, kuka tarkastuksen on suorittanut sekä milloin tarkastus on suoritettu.

5.2.4 Viimeistely ja varustelu

Valmiiden viimeistelyiden ja varusteluiden laatuvaatimuksien täyttymisen tarkastaminen ja dokumentointi on mahdollista suorittaa joko heti työvaiheen jälkeen tai koko tuotannon vaiheen jälkeen eli pakkausta vaille valmiista tilaelementistä. Molemmissa vaihtoehdoissa on puolensa. Työvaihekohtaisten tarkistuksien tekeminen helpottaa mahdollisten virheiden korjaamista, koska niiden havaitseminen tapahtuu aikaisemmassa vaiheessa, jolloin niiden korjaamisesta mahdollisesti aiheutuvat haitat muille laatuvaatimukset täyttävälle työvaiheiden suoritteille ovat vähäisempia ja helpommin hallittavia. Tuotantovaiheen päätteeksi suoritettavien tarkastusten suorittaminen vähentää tarkastuskertojen määrää, joka edesauttaa tuotannon sujuvuutta. Kultainen keskitie saattaisi löytyä mallityökäytännöstä. Tällöin tuotantolaitoksen tahtotilan mukaseilla taajuudella saataisiin konkretisoitua toteutuva laatutaso ja todettua se toistamiseen kelpaavaksi. Mallityökäytäntö yhdistettynä valmiin tilaelementin tarkastamiseen olisi työvaihekohtaista tarkastelua keveämpi, muttei niin virhealtis kuin pelkkä valmiiden tilaelementin tarkastelu. Tarkastuksien tai mallitöiden pohjalta tulee toteuttaa tarkastusasiakirja, jossa todetaan suoritteiden laatuvaatimuksien täytyminen, kuka tarkastuksen on suorittanut sekä milloin tarkastus on suoritettu.

5.2.5 Pakkaus ja varastointi

Vaikka pakkaus ja varastointi on aihekokonaisuudeltaan hyvin erilainen edellä mainittuihin, käsittelen sen samalla tavalla. Elementtien pakkauksen laatuvaatimuksien täyttymisen tarkastaminen ja dokumentointi on mahdollista suorittaa heti työvaiheen jälkeen ennen varastointia. Pakkaukselle tulee suorittaa tarkastus, jonka pohjalta tulee toteuttaa tarkastusasiakirja, jossa todetaan suoritteiden laatuvaatimuksien täytyminen, kuka tarkastuksen on suorittanut sekä milloin tarkastus on suoritettu.

Varastointiolosuhteiden sekä paketoitujen tilaelementtien olosuhteiden laatuvaatimusten täyttymiseksi, niitä tulisi seurata sekä hallita. Olosuhteiden seurannassa voisi käyttää esimerkiksi etäluettavia olosuhdemittareita. Seuranta tapahtuisi tuotantolaitoksen arvioinnin parhaaksi näkemällä taajuudella. Vaihtoehto jatkuvalle seurannalle on markkinoilla olevien hälytysjärjestelmällisten olosuhdemittareiden käyttö, jotka hälyttävät olosuhteiden muuttuessa määriteltyjen raja-arvojen ulkopuolelle. Laatuvaatimusten mukaisien olosuhteiden hallitsemiseksi tulisi erityisesti pakatuissa tilaelementeissä käyttää kosteudenpoistajia tai lämmityslaitteistoja sekä ilmanvaihtoa vuodenajasta riippuen.

5.3 Tuotannon dokumentointi

Pilottihankkeen tilaelementtituotannossa toimeksiantajani suoritti laatutarkastukset käyttäen paperisia tarkastuasiakirjoja. Tilaelementtituotannon laadunvarmistamisesta syntyy kuitenkin paljon dokumentaatiota ja näiden hallitsemiseksi sekä käsittelyn helpottamiseksi voisi olla kannattavaa hyödyntää rakennusosalalle suunniteltua räätälöitävissä olevaa laadunhallintaohjelmistoa, esimerkiksi Congridia. Laadunhallintaohjelmiston suurimpana etuna on kaiken laatuun liittyvän tiedon ja suoritettavien toimien kertyminen samaan paikkaan, lisäksi se helpottaa valokuvadokumentaation kohdentamista. Ohjelmistossa tuotannon pystyisi jakamaan matriisin omaisesti tuotannon työvaiheiden mukaan ja määrittämään niille suoritettavia laadunvarmistustoimia. Ohjelmistoon pystyy luomaan tarpeiden mukaiset työvaihekohtaiset laatutarkastuspohjat sekä vaihtoehtoisesti määrittämään niiden tarkastuskohtien laatuvaatimukset tai sisällyttämään työvaiheen laatuvaatimuksista dokumentin, johon tarkastuksen yhteydessä työsuoritteiden laatuvaatimusten mukaisuutta voidaan verrata. Työvaiheelle suoritettavan tarkastuksen kohdistaminen haluamaansa alueeseen, pohjautuu projektille luotavaan aluejakoon. Tuotannossa aluejako voisi olla taso- ja tilaelementtikohtainen. Ohjelmiston käyttö ei kuitenkaan pakota suorittamaan kaikkia tarkastuksia ja dokumentaatiota ohjelmiston valmiiden tarkastuspohjien kautta vaan ohjelmistoon voi myös tuoda tiedostoja, joten se voi myös toimia arkistointialustana.

6 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön toimeksiantajan tilaelementtituotantoon soveltuvien laadunvarmistustoimien ja dokumentointitapojen määrittäminen tarkemmin on toistaiseksi melko mahdotonta, koska niihin vaikuttavia yksityiskohtia on liian paljon avoimna sekä toimeksiantajan lähtötiedot tuotannosta ja tuotantolinjaston toiminnasta perustuvat yhtä toteutettua pilottihanketta lukuunottamatta pelkkään teoriaan ja tavoitteeseen. Avoimeksi jääviä yksityiskohtia ovat muun muassa tuotantolaitoksen ja tuotteen ulkopuolisesta laadunvalvonnasta vastaavan tahon vaatimukset toimeksiantajan tilaelementtituotannon laadunvarmistustoimien ja dokumentoinnin laajuudesta, sisällöstä sekä niitä suorittavan tuotantolaitoksen sisäisen tahon kelpoisuudesta.

Tilaelementtituotannon ja tuotantolinjaston perustuminen pääpiirteittäin teoriaan taas vaikeuttaa työvaiheiden keston sekä yhtäaikaisesti käynnissä olevien työvaiheiden lukumäärän selvittämistä. Tämän takia erityisesti piiloon jäävien rakenteiden ja työsuoritteiden laadunvarmistamiseksi suoritettavien tarkastusten ja dokumentoinnin ajankohtaa sekä mahdollista yhtäaikaisuutta ei ole tiedossa. Yksityiskohdilla on vaikutusta tuotantolaitoksella laatutarkastuksia sekä dokumentointia suorittavan sisäisen tahon valintaan. Tuotantolinjaston perustuessa teoriaan, ei myöskään pystytä huomioimaan linjastolla käytettävien koneiden ja laitteiden mahdollisia vaikutuksia laadunvarmistustoimien sekä dokumentointitarpeiden laajuuteen, koska käytettävät koneet ja laitteet eivät ole tiedossa.

Vasta laadunvarmistustoimien ja dokumentoinnin sisällön, laajuuden sekä sisäistä laadunvarmistusta suorittavan tahon selviämisen jälkeen pystytään määrittelemään tarkemmin tuotantoon soveltuvat laadunvarmistustoimet sekä dokumentointitavat. Näiden määrittämisen jälkeen pystytään ottamaan kantaa minkälaisin menetelmin tai ohjelmistoin niitä voidaan toteutetaan.

Tilaelementtituotantoa koskevat laatuvaatimukset ovat määritelty pääpiirteittäin selkeästi ja ne ovat helposti saatavilla niiltä osin, kun työsuoritteet ovat tuttuja perinteisen rakentamisen saralla, mutta tilaelementtirakentamiseen ei ole saatavilla tilaelementtirakentamiseen kohdennettuja laatuvaatimuksia. Tästä syystä yksittäisten laatuvaatimusten toteuttaminen on mahdotonta, sillä ne eivät sovellu tilaelementtituotantoon tai tilaelementtituotannossa on vaiheita, joihin ei ole yleisiä laatuvaatimuksia.

Toteuttamisen mahdottomuudesta on esimerkki talotekniikka-asennuksista. Talotekniikka-asennuksille suoritettavien tiiveys- ja painekokeiden osalta TalotekniikkaRYL (TalotekniikkaRYL 2021) määrittää, että ” tiiveys- ja painekokeet tehdään ennen asennuksen eristämistä ja peittämistä”. Myös sama määritelmä on pilottihankkeen LVIA-työselostuksessa. Tämän toteuttamiseen ei ole mahdollisuutta, koska talotekniikka-asennukset peittyvät tilaelementtituotannossa ja kokeet suoritetaan työmaa-asennuksen jälkeen.

Tilaelementtirakentamiseen kohdennettujen laatuvaatimusten puuttuminen tai soveltumattomuus aiheuttaa myös pohdintaa osa- ja tilaelementtien mittatarkkuuden osalta. Osaelementtien standardipohjaiset valmistustoleranssit ovat melko sallivat ja tilaelementeille ei ole olemassa lainkaan valmistustoleransseja. Pilottihankkeessa tilaelementteihin käytettävät osaelementit olivat pisimmillään noin 10-metrisiä. Kymmenen metriä pitkälle seinälle SFS 5978 standardi sallii ± 10 mm valmistustoleranssin eli huonoimmassa tapauksessa tilaelementeissä vastakkain olevien yhtä pitkien seinien pituusero keskenään voi olla 20 mm. Tämä hankaloittaa oleellisesti tilaelementtien kokoonpanoa, joka taas vaikuttaa muun muassa tuotannon sujuvuuteen. Sekä tämän että tilaelementtien valmistustoleranssien puuttumisen takia toimeksiantajani on mielestäni luotava omat valmistustoleranssit, jotka ovat standardipohjaisia toleransseja tiukempia.

Toimeksiantajani tulee myös pohtia yleisten laatuvaatimusten soveltumista tilaelementtituotantoon. Jossain tapauksissa yleiset laatuvaatimukset antavat mahdollisuuden tietyille poikkeamille tai mittatarkkuusvaihteluille. Esimerkiksi SisäRYL:ssä (RT 14-11103_L 2021) on maininta, että lattialevytyksen ”hammastus voidaan sallia, jos levytys jää lattiapäällysteen alle. Tällöin hammastus tulee hioa tai muuten tasoittaa siten, ettei se näy valmiissa lattiassa.” Tilaelementtituotannossa hammastusten salliminen mahdollisesti aiheuttaa tuotannon sujuvuuden heikkenemistä hionnan tai tasoittamisen seurauksena sekä lisää näistä aiheutuvia pölyhaittoja tilaelementteihin sekä tuotantotiloihin. Tuotantoon aiheutuvien haittojen lisäksi on pohdittava laatuvaatimusten mahdollistamien poikkeamien vaikutusta tilojen koettavuuteen. Vaikka yleiset laatuvaatimukset sallivatkin erilaisten rakojen ja hammastusten olemassa oloa, eivät ne välttämättä kelpaa loppukäyttäjälle. Tästä seuraa erilaisia korjaustoimenpiteitä, joilla on negatiivisia vaikutuksia toiminnan kannattavuuteen.

Yhteenvedona voidaan todeta, että on liian aikainen ajankohta, jotta voitaisiin määrittää toimeksiantajan tilaelementtituotantoon soveltuvat laadunvarmistustoimet ja dokumentointitavat sekä lyödä lukkoon tilaelementtituotannon laatuvaatimukset. Toimeksiantajan tulisi suorittaa lisää pilottihankkeita, jotta tuotannossa tehtävät työvaiheet ja -suoritteet vakiintuisivat sekä niiden suoritusjärjestys saataisiin optimoitua ja luoda tuotannolle tavoitetilan mukaiset fasilitetit, jotta laadunvarmistamisen kannalta oleelliset yksityiskohdat saataisiin määritettyä.

Lähteet

Builderhead. (6.9.2022). Buildertalk - Puuelementtirakentaminen, Jarmo Pekkarinen [video].

Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=l2ERbEQKYps>

Isotalo, Mikko. (3.1.2020). Rakentaminen 2030 – mistä rakennetaan?

<https://lujabetoni.fi/2020/01/03/rakentaminen-2030-mista-rakennetaan/>

Kiwa inspecta. (n.d.). Varmennustodistus rakennustuotteille.

<https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelumme2/sertifiointi-arviointi-ja-todentaminen/varmennustodistus-rakennustuotteille/>

Oulun kaupunki. (n.d.). Puurakenteisten elementtien kelpoisuus.

<https://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/laadunvarmistus>

Puuinfo. (20.7.2022). Laatuvaatimukset.

<https://puuinfo.fi/rakennuttaminen/hankintavaihe/laatuvaatimukset/>

Puuinfo. (14.7.2020). Runkojärjestelmät.

<https://puuinfo.fi/rakenteet/yhdistelmarakenteet/puukerrostalon-runkojarjestelmat/>

Rakennustieto. (20.10.2016). Ratu KI-6029, Rakennustöiden laatu 2017.

[https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu KI-6029?external_system=Juha&page=1&navref=Search](https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6029?external_system=Juha&page=1&navref=Search) (vaatii lisenssikäyttäjän)

Rakennustieto. (n.d.). Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset.

<https://www.rakennustieto.fi/palvelut/tietoa-rakentamiseen/ryl>

Rakennustieto. (19.11.2021). TalotekniikkRYL.

https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/TalotekniikkaRYL/2021_1/ (vaatii lisenssikäyttäjän)

Rakennustieto. (13.12.2012). RT 14-11103, SisäRYL 2013 Rakennustöiden yleiset

laatuvaatimukset. [https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT 14-11103?external_system=Juha&page=1&navref=Search](https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2014-11103?external_system=Juha&page=1&navref=Search) (vaatii lisenssikäyttäjän)

Rakennustieto. (10.1.2011). RT 14-11016, RunkoRYL 2010 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. [https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT 14-11016?navref=Search](https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2014-11016?navref=Search) (vaatii lisenssikäyttäjän)

Rakennustieto. (19.1.2012). RT 14-11046, MaalausRYL 2012 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. [https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT 14-11046?navref=Search](https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2014-11046?navref=Search) (vaatii lisenssikäyttäjän)

Rakennustieto. (15.2.2021). RT 14-11103_L, SisäRYL 2013 rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, Lisälehti, luvut 752 Parkettityö ja 753 Laminaattipäällystetyö. [https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT 14-11103_L?navref=Search](https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2014-11103_L?navref=Search) (vaatii lisenssikäyttäjän)

SFS online. (4.7.2014). SFS 5978 Puurakenteiden toteuttaminen. Rakennuksen kantavia rakennusosia koskevat säännöt. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/SFS/ID2/5/290719.html.stx> (vaatii lisenssikäyttäjän)

Viljamaa, Kari. (28.3.2018). Rakentaminen siirtyy työmailta tehtaisiin, oletteko valmiita muutokseen? <https://lapwall.fi/rakentaminen-siirtyy-tyomailta-tehtaisiin-oletteko-valmiita-muutokseen/>

Ympäristöministeriö. (n.d.). Julkinen puurakentaminen. <https://ym.fi/julkinen-puurakentaminen>

Ympäristöministeriö. (n.d.). Puurakentamisen ohjelma. <https://ym.fi/puurakentaminen>

Ympäristöministeriö. (2.7.2014) Varmennustodistus. Varmennustodistuksen arviointiperusteet, puurakenteiset seinä-, alapohja-, välipohja- ja yläpohjaelementit (pdf). <https://ym.fi/varmennustodistus>

Liite 1: Liitteen otsikko

Osaelementtien valmistuksen laatuvaatimukset

- **Puurakenteiden toteuttaminen SFS 5978, Liite C**
 - Seinäelementtien valmistustoleranssit taulukko C.2
 - Vaakarakenne-elementtien valmistustoleranssit taulukko C.3
- **Puurakenteiden toteuttaminen SFS 5978, Luku 8.4**
 - Puurakenteiden liitostoleranssit taulukko 8.2
 - Liittimille porattavien reikien koko taulukko 8.3
- **RunkoRYL 2010, Luku 721 Puuelementtityöt (s. 239...246)**
 - Elementit täyttävät niille suunnitelma-asiakirjoissa esitetyt vaatimukset.
- **RunkoRYL 2010, Luku 711 Puurunkotyö (s.217...233)**
- **RunkoRYL 2010, Luku 712 Puujulkisivutyö (s. 234...238)**
 - Puuverhouksen rakenteiden sekä niiden osien tekemisessä noudatetaan suunnitelma-asiakirjoissa esitettyjä vaatimuksia.
 - Ennen asentamista verhouslautojen ja -rimojen katkaisupinnat käsitellään samalla pintakäsittelyaineella, jolla verhouslaudat ja -rimat on esikäsitelty
 - Verhouslaudat ja -rimat kiinnitetään jokaiseen kiinnitystukeen.
 - Vierekkäisten verhouslautojen jatkokset eivät saa sijaita samassa kohdassa vaan jatkokset hajautetaan tasaisesti koko näkyvälle pinnalle siten, että saavutetaan ulkonäöltään yhtenäinen pinta. Verhouslaudan jatkoskohtia saa olla laudan pituussuunnassa enintään 3 metrin välein. (Vierekkäisten lautojen jatkosten tulee sijaita vähintään 1200 mm:n etäisyydellä toisistaan.)
 - Näkyviin jäävän puuverhouksen alareuna muotoillaan siten, että verhouksen ulkoreunaan muodostuu tippanokka
 - Verhouslautojen ja -rimojen kiinnitystarvikkeet ja -menetelmät täyttävät niille suunnitelma-asiakirjoissa esitetyt vaatimukset.
 - Valmis puuverhoukset täyttävät suunnitelma-asiakirjoissa sille määrätty asennustarkkuus- ja muut laatuvaatimukset.
 - Näkyviin jäävä pinta on ehjä sekä yhdenmukainen laadultaan ja ulkonäöltään. Valmiissa verhouksessa ei saa olla repeämiä, lohkeamia, lommoja, naarmuja, likatahroja, näkyviin tulleita kiinnitystarvikkeita, työstämisen aiheuttamia halkeamia ja muita ulkonäköä heikentäviä rikkoutumia.
 - Verhouksessa ei saa esiintyä koholla olevia uppokantaisten liittimien kantoja eikä puun pintaa syvemmällä olevia liittimien kantoja.
 - Pintakäsiteltävien pintojen tulee olla niin puhtaita, etteivät pinnoissa mahdollisesti olevat likatahrat tms. vaikeuta verhouksen pintakäsittelyä. Valmiiksi pintakäsitellyissä tai pintakäsittelyä varten tarkoitetuissa pinnoissa ei ole likatahroja.
 - Puuverhouksen asennustarkkuudet ovat taulukon 712:T3 mukaiset.
- **RunkoRYL 2010, Luku 731 Ikkuna- ja ovityö (s.251...256) Ikkunat, sekä ulko- ja parvekeovet**
 - Rajoittavissa rakennusosissa ei ole likaa, epätasaisuuksia, kosteutta, syövyttäviä aineita tai muuta, mikä saattaa vahingoittaa ikkunaa, ovea, kiinnitys- tai saumaustarvikkeita tai haitata kiinnitystä tai saumausta
 - Puuikkunan karmi kiinnitetään aina mekaanisesti. Puuikkunan karmin kiinnityskohtien määrä ja sijoitus ovat ohjekortin RT 41-10947 mukaiset, ellei asiakirjoissa toisin määrätä.
 - Puuoven karmin kiinnityskohtien määrä ja sijoitus ovat standardin SFS 5823 mukaiset, ellei asiakirjoissa toisin määrätä. Osastoiva puuovi asennetaan ja kiinnitetään ohjekortin RT 42-10122 mukaan

- Puuoven karmi kiinnitetään ympäröivään seinään seinämateriaaliin sopivilla säädettävillä kiinnikkeillä. Karmin läpi ulottuvat kiinnitysreiät peitetään karmin ulkonäköön sopivilla muovi- tai puutulpilla
- Sisä- ja ulkopuoliset listat kiinnitetään siten, että kosteuden ja lämpötilan muutosten aiheuttamat liikkeet pääsevät haitatta tapahtumaan.
- Ulkoilmassa ja kosteissa tiloissa jätetään puulistojen alapää irti lattiasta tai ikkunan alareunan vesipelistä.
- Ikkunat ja ovet ovat asennustöiden valmistuttua pinnoiltaan ehjiä. Näkyviin jäävissä, valmiiksi pintakäsitellyissä pinnoissa ei ole tahroja, halkeamia tai muita virheitä. Ovi ja sen puitteet ovat moitteettomat ja niiden käsittely on helppoa. Ovi sulkeutuu tiiviisti.
- **RunkoRYL 2010, Luku 741 Levytyö runkorakenteissa (s.257...271) sisäpuoliset levytyöt (jäytkistävät ja kantavat rakenteet) sekä ulkoverhous levytyöt (tuulensuojalevytykset)**
 - Rakenteellisesti toimivien levyjen asennuksissa noudatetaan rakennesuunnitelmien vaatimuksia. (kiinnitystiheys)
 - Levyjen asennuksessa noudatetaan levyvalmistajan asennusohjeita. (reunaetäisyys)
 - Läpäisykohdat ja rajoittuminen muihin rakennusosiin tehdään sovittaen ja kokeillen tasaisiksi ja täsmällisiksi.
 - Kaksinkertaisessa levytyksessä levykerrosten saumat limitetään eri kiinnitystukien kohdalle.
 - Levy kiinnitetään jokaiselta reunaltaan ja jokaiseen kiinnitystukeen.
 - Kun levyjen väliset saumat silotetaan, viistetään levyjen leikatut reunat veitsellä. Viistesyvyyden ja -leveyden on vähintään 1 mm.
 - Liittimien kannat silotetaan lukuun ottamatta laatoitettavia tai käsittelemättömiksi tarkoitettuja pintoja, ellei suunnitelma-asiakirjoissa toisin määrätä.
 - Jos tuulensuojalevytykseltä vaaditaan erityisen suurta ilmatiiviyttä, levyjen saumat tiivistetään. (Saumat voidaan tiivistää esimerkiksi listalla tai tiivistysmassalla)
 - Valmiissa levytyksessä ei saa olla repeämiä, lohkeamia, halkeamia tai muita levytyksen lujuutta tai ulkonäköä heikentäviä rikkouksia. Näkyviin jäävä valmis pinta on ehjä sekä sen laatu ja ulkonäkö yhdenmukaiset. Pintakäsiteltävät pinnat ovat niin puhtaita, että pinnoissa mahdollisesti olevat tahrat tms. eivät vaikeuta levytyksen pintakäsittelyä ja että pintakäsittelyihin pintoihin ei tule värivirheitä. Pintakäsittelemättömiksi tarkoitetuissa pinnoissa ei saa olla likatahroja.
 - Sisäverhouslevytysten *sallitut* mittapoikkeamat ovat taulukossa 741:T17
 - Rakenteissa, joissa tuulensuojalevytyksen ulkopuolella on tuuletusrako, ei tuulensuojalevytyksen saa missään kohdin estää tuuletusraon toimintaa. Ulkoseinän tuulensuojalevytyksen on niin suora, että se ei haittaa ulkoverhouksen tai ulkoverhouksen kiinnitystukien asentamista.
- **RunkoRYL 2010, Luku 911 Lämmöneristys (s.277...282) Eristys sekä ilmatiiveys**
 - Lämmöneristystyössä tulee noudattaa suunnitelma-asiakirjoja ja valmistajan ohjeita. On tarkistettava, että tuote vastaa suunnitelma-asiakirjoja.
 - Eristämisessä käytetään mahdollisimman ehyitä levyjä ja mattoja. (Eri kerroksissa olevat lämmöneristeen saumat suositellaan tehtäväksi vähintään 100 mm:n limityksin.)
 - Kalvomaisten tiivistystuotteiden saumojen tulee olla tuen kohdalla limisaumoja tai tehty muuten riittävän varmallalla saumausmenetelmällä, jotta saavutetaan rakennuksen tiiviysluokka.
 - Höyrynsulkuun ei saa tehdä tiivistämättömiä läpivientejä.
 - Lämmöneriste on asennettu suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti. Se liittyy tiiviisti ympäröiviin rakenteisiin, lämpimään pintaan ja toisiin lämmöneristeisiin, ellei suunnitelma-asiakirjoissa ole toisin määrätty.

- Höyrynsulku on asennettu suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti. Se on yhtenäinen ja läpiviennit on tiivistetty.
- **SisäRYL 2013, Luku 742 Levytyö sisärakenteissa (s.184...196) Väliseinät ja kerrokselliset (kelluvat) lattiat**
 - Levytystyö tehdään suunnitelma-asiakirjojen mukaan.
 - Levyjen asennuksessa noudatetaan levyvalmistajan asennusohjeita.
 - Levy kiinnitetään jokaiselta reunaltaan ja jokaiseen kiinnitystukeen. (väliseinät)
 - Kaksinkertaisessa levytyksessä levykerrosten saumat limitetään eri kiinnitystukien kohdalle. (väliseinät)
 - Kaksinkertaisessa levytyksessä levyt voivat olla suorareunaisia. Tällöin päällekkäisten levyjen saumoja ei saa sijoittaa kohdakkain eivätkä levyt saa muodostaa ristikuviota (lattiat).
 - Läpäisykohdat ja rajoittuminen muihin rakennusosiin tehdään sovittaen ja kokeillen tasaisiksi ja täsmällisiksi.
 - Kun levyjen väliset saumat silotetaan, viistetään levyjen leikatut reunat veitsellä tai viistehöylällä. Viistesyvyyys ja -leveys on vähintään 2 mm (väliseinät)
 - Valmiissa levytyksessä ei saa olla repeämiä, lohkeamia, halkeamia tai muita levytyksen lujuutta tai ulkonäköä heikentäviä rikkoumia. Näkyviin jäävä valmis pinta on ehjä sekä sen laatu ja ulkonäkö yhdenmukaiset. Pintakäsiteltävät pinnat ovat niin puhtaita, että pinnoissa mahdollisesti olevat tahrat tms. eivät vaikeuta levytyksen pintakäsittelyä ja että pintakäsittelyihin pintoihin ei tule värivirheitä. Pintakäsitlemättömiksi tarkoitetuissa pinnoissa ei saa olla likatahroja.
 - Sisäverhouslevytysten *sallitut* mittapoikkeamat ovat taulukossa 742:T19
 - Lattialevytysten *sallitut* tasaisuuspoikkeamat on esitetty taulukossa 742:T20
- **RT-80-11202 Rakennuksen suojapellitykset**
 - Ikkunan vesipellityksen alustan tulisi olla pellin kaltevuuteen tehty, tasainen ja sileä, ellei ikkunapellin riittävää jäykkyyttä saavuteta pellin vahvuudella.
 - Aukkojen vesipellin kiinnitys puukarmiin väh. k150-300 ja reuna kiinnitetään väh. 100mm pellin reunasta.
 - Aukkojen vesipellin kiinnitys alumiinikarmiin väh. 500 ja reuna kiinnitetään väh. 100mm pellin reunasta.
 - Karmia tai muita ikkunapeltiä rajoittavia pintoja vasten pellin reuna nostetaan vähintään 15 mm
- **Laatuvaatimuksia sisältävät suunnitelma-asiakirjat**
 - Elementtipiirrustukset (sis. rak-, ark, LVIA-, sprkler- ja sähkösuunnitelmien mukaisuuden)
 - Osaelementtien mitat
 - Rakenteellisesti merkittävien kiinnitysten toteutus
 - Liitostiivisteet
 - Käytettävät rakennusmateriaalit ja niiden määrä
 - Rakennesuunnitelmat (detaljit)
 - Ikkuna-asennuksien toteutus
- **Käytettävien materiaalien asennusohjeet**

Liite 2: Tilaelementtien kokoonpanon laatuvaatimukset

Tilaelementtien kokoonpanon laatuvaatimukset

- **Puurakenteiden toteuttaminen SFS 5978, Liite 8.3**
 - Puurakenteiden asennustoleranssit taulukko 8.1 (Tilaelementeille ei toistaiseksi ainakaan ole omia valmistus toleransseja)
- **Puurakenteiden toteuttaminen SFS 5978, Luku 8.4**
 - Puurakenteiden liitostoleranssit taulukko 8.2
- **RunkoRYL 2010, Luku 721 Puuelementtityöt (s. 239...246)**
 - Valmis elementtien asennus täyttää asiakirjoissa sille määrätyt asennustarkkuus- ja muut laatuvaatimukset.
- **Laatuvaatimuksia sisältävät suunnitelma-asiakirjat**
 - Kokoonpanokaavio
 - Tilaelementin mitat
 - Rakennesuunnitelmat (detaljit)
 - Kokoonpanossa suoritettavien kiinnitysten toteutus sekä liitostiivisteet

Liite 3: Talotekniikka-asennusten laatuvaatimukset

Talotekniikka-asennusten laatuvaatimukset

- **TalotekniikkaRYL, Luku 20.00.0 LVI-järjestelmien toiminnalliset vaatimukset**
 - LVI-järjestelmät toteutetaan siten, että ne täyttävät TalotekniikkaRYLissä esitetyt vaatimukset sekä hankekohtaisesti täsmennettävät tavoitteet ja vaatimukset, jotka esitetään sopimus- ja suunnitelma-asiakirjoissa.
- **TalotekniikkaRYL, Luku 20.00.3.7 Palokatkot**
 - Osastoivien rakenteiden läpiviennit toteutetaan erityissuunnittelijan laatiman palokatkosuunnitelman mukaan.
- **TalotekniikkaRYL, Luku 20.00.1.11 Eristäminen**
 - LVI-tuotteet eristetään suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti lämpöhäviöiden vähentämiseksi, kondensoitumisen estämiseksi, äänieristykseksi ja/tai paloturvallisuusvaatimusten täyttämiseksi.
- **TalotekniikkaRYL, Luku 20.00.3.9 Läpiviennit**
 - Läpiviennit tehdään siten, että läpivienti täyttää läpäistävälle tai lävistävälle rakennus- taikka laiteosille asetetut palo-, ääni-, tiiviys-, kosteus- yms. vaatimukset. Märkätiloissa vältetään vedeneristeiden läpivientejä.
- **Laatuvaatimuksia sisältävät suunnitelma-asiakirjat**
 - LVIA-, sähkö- ja sprinklerisuunnitelmat (työselostukset, tasokuvat)
 - Palokatkodetaljit
- **Käytettävien materiaalien asennusohjeet**

Liite 4: Viimeistelyn ja varustelun laatuvaatimukset

Viimeistelyn ja varustelun laatuvaatimukset

- **SisäRYL 2013, Luku 743 Alakatot (s.197...201)**
 - Alakatto rakennetaan suunnitelma-asiakirjojen mukaan.
 - Valmis rakenne täyttää rakenneaineita, tuotteita, valmisosia ja rakenteiden laatua koskevien asiakirjojen vaatimukset ja on malliasennuksen mukainen.
 - Rakenteen pinta on vaakasuora, jos asiakirjoissa ei määrätä toisin.
 - Näkyviin jäävät saumat ja liittymät ovat silmämääräisesti tarkasteltuina suoria ja tasalevyisiä. Näkyviin jäävät kiinnikerivit ovat vastaavasti suoria ja kiinnikkeet rivissä tasavälein.
 - Ellei asiakirjoissa ole määrätty mittatarkkuusluokkaa, noudatetaan taulukon 743:T1 ohjeen suositusta.
 - Tieto katon suunnitellusta enimmäiskuormituksesta on oltava saatavilla. Enimmäiskuorma voidaan ilmoittaa käyttö- ja huolto-ohjeessa tai kuormakilpi voidaan kiinnittää sopivaan paikkaan huonetilassa.

- **MaalausRYL 2012, Luku 1022 Tasoitetty (s.373...376)**
 - Valmis tasoitepinta täyttää suunnitelma-asiakirjoissa esitetyt ulkonäkövaatimukset ja taulukon 1022:T2 tasaisuusvaatimukset.

- **MaalausRYL 2012, Luku 1032 Sisämaalaus (s.383...389)**
 - Käsiteltävä alusta on puhdas, ehjä, kuiva, yhdenmukainen, tasalaatuinen ja riittävän luja. Poikkeuksena ovat alustat, jotka käsitellään esimerkiksi kalkki- ja sementtimaaleilla, sillä nämä vaativat kostean alustan. Alusta on sellainen, että määritellyllä käsittely-yhdistelmällä siihen saadaan yhdistelmän ulkonäköluokkavaatimukset täyttävä pinta.
 - Työn suorituksessa otetaan huomioon kaikki työn onnistumiseen vaikuttavat tekijät, kuten sääolot, ilman sopiva lämpötila ja kosteus, edeltävien töiden valmiusaste sekä maalaustöiden suoritusjärjestys. (Maalin asettamat maalausolosuhteita koskevat vaatimukset varmistetaan maalin tuoteselosteesta tai pakkausmerkinnöistä.)
 - Kaikki maalauksen aikana vahingoittumiselle alttiit, käsittelemättä jäävät rakennusosat suojataan tahriintumiselta ja vaurioitumiselta ennen maalauksen aloittamista.
 - Valmis pinta on asiakirjoissa määrätyn käsittely-yhdistelmän mukainen ja täyttää vaaditun ulkonäköluokan vaatimukset. (Ulkonäköluokat MaalausRYL s. 427...432) (Valmiin pinnan arvostelun perusteena on käsittelyn pinnan luontainen ulkonäkö, pintakäsittelyn peittävyys ja tasaisuus, pinnan yhdenmukaisuus sekä valmiin pinnan vastaavuus suunnitteluasiakirjoissa ilmoitettuun ulkonäköluokkaan.)
 - Pinnan epätasaisuus, työsauma, rajauksen epätasaisuus, väri- tai kiiltoero on haittaava, jos se näkyy yleissilmäyksellä normaalivalossa. Yksittäiset poikkeamat eivät saa erottua normaalissa päivänvalossa tai normaalissa keinovalaistuksessa.

- **SisäRYL 2013, Luku 1121 Vakiokiintokalustetyö (s.291...298)**
 - Vakiokiintokalusteiden alle ja taakse jäävien rakennusosien pinnat on tehty samaan vaatimustasoon kuin tilan muutkin pinnat, ellei suunnitelma-asiakirjoissa toisin määrätä.
 - Kalusteet kiinnitetään siten, että ne voidaan myöhemmin irrottaa rikkomatta ympäröiviä rakenteita, verhouksia tai kalusteita, ellei muuta ole sovittu.
 - Työ- ja pesupöytälevyt saumataan seinäpintoihin vedenpitävällä, joustavalla saumausaineella.

- Upotettavat altaat, keittotasot, hanat yms. kiinnitetään pöytälevyyn vedenpitävästi ja tiivistetään elastisella tiivistysmassalla siten, että kosteus ei pääse levyrakenteeseen.
 - Kaikki pöytälevyjen reikien reunat käsitellään vedenpitävällä aineella
 - Valmis vakiokiintokalusteasennus on malliasennuksen ja suunnitelma-asiakirjojen mukainen. Kalusteet ovat asennustöiden valmistuttua ehjiä. Valmiiksi pintakäsittelyissä pinnoissa ei ole tahroja, halkeamia tai muita pintavirheitä.
 - Kiinnityksen lujuus, tiiviys ja ulkonäkö ovat tarkoituksenmukaiset.
 - Samaan kokonaisuuteen kuuluvien kalusteyksiköiden ulkonäkö on yhdenmukainen. Niissä ei saa olla kokonaisvaikutelmaa haittaavia väri vaihteluita.
 - Kalusteasennuksissa vierekkäisten ovien välinen saumarako on tasalevyinen. Ovirivien ylä- ja alareunoissa ei ole hammastusta. Vierekkäiset ovet muodostavat yhtenäisen tason.
 - Kalusteiden liikkuvien osien, kuten vetolaatikoiden ja ovilevyjen, käynti on moitteeton.
- **SisäRYL 2013 (Lisälehti), luvut 752 ja 753 (s.1...15)**
 - Parkettipäällysteiden kiinnityksen aikana ja sen jälkeen on huoneilman suhteellinen kosteus 35...60 % ja huoneilman lämpötila on +18...24 °C. Asennustilassa tulee olla riittävä valaistus. Kiinnitysolosuhteet eivät saa vaihdella oleellisesti.
- **SisäRYL 2013, Luku 751 Puuverhous- ja -päällystystyö (s.202...207)**
 - Liitos- ja läpäisykohdat sekä muihin rakennusosiin rajoittuvat kohdat tehdään sovittaen ja kokeillen tasaisiksi ja täsmällisiksi.
 - Naulat tai ruuvit ovat pituudeltaan sellaisia, että niiden tunkeuma kiinnitysalustaan riittää pitämään verhou- tai lattialaudat tukevasti kiinni alustassaan. Naulat ja ruuvit eivät ole niin pitkiä, että ne vaurioittavat ilman- tai höyrynsulun tiiviyyttä. Ne eivät saa myöskään aiheuttaa halkeamia tuotteisiin.
 - Verhous- ja lattialaudat kiinnitetään jokaiseen kiinnitystukeen. Kiinnitys on sellainen, että kosteuden muutokset eivät riko verhousta tai lattianpäällystystä.
 - Jos verhouksen mitta verhoustuotteen pituussuunnassa on vähintään 2,7 m, jatkoskohdat sijoitetaan tukien kohdalle siten, että vierekkäisten lautojen jatkoskohtien etäisyys on vähintään yksi tukiväli. Jatkoskohtia sijoitetaan tasaisesti koko verhoukseen.
 - Valmis puuverhous ja -päällystys on malliasennuksen ja suunnitelma-asiakirjojen mukainen. Valmiissa verhouksessa, listoituksessa tai lattianpäällystyksessä ei esiinny repeämiä, työstämisestä aiheutuneita halkeamia, haitallisia naarmuja ja työvälineiden jälkiä, näkyviin tulleita kiinnitystuotteita, koholla olevia kiinnitystuotteiden kantoja eikä muita verhouksen, listoituksen, lattian tai portaiden lujuutta tai ulkonäköä heikentäviä rikkoutumia.
 - Näkyviin jäävä valmis pinta on ehjä sekä laadultaan ja ulkonäöltään yhdenmukainen.
 - Näkyviin jäävät saumat ovat silmämääräisesti tarkasteltuna suoria ja tasalevyisiä koko sauman pituudelta. Jatkoskohdissa ei ole haitallisia rakoja eikä haitallista hammastusta.
 - Näkyviin jäävät kiinnikerivit ovat silmämääräisesti tarkastellen suorat ja kiinnikkeet kiinnikeriveissä säännöllisin välein.
 - Höylätystä puutavarasta tehtävien sisäverhosten mittatarkkuudet ovat taulukon 751:T4 mukaiset.
 - **SisäRYL 2013, luku 732 Ikkuna- ja ovityö sisä rakenteissa (s.176...181) Väliovet ja -ikkunat**
 - Kiinnitysalustassa ei ole likaa, epätasaisuuksia, kosteutta, syövyttäviä aineita tai muuta, mikä saattaa vahingoittaa ikkunaa, ovea, kiinnitys- tai saumaustuotteita tai haitata kiinnitystä tai saumausta

- Upotettavat altaat, keittotasot, hanat yms. kiinnitetään pöytälevyyn vedenpitävästi ja tiivistetään elastisella tiivistysmassalla siten, että kosteus ei pääse levyrakenteeseen.
 - Kaikki pöytälevyjen reikien reunat käsitellään vedenpitävällä aineella
 - Valmis vakiokiintokalusteasennus on malliasennuksen ja suunnitelma-asiakirjojen mukainen. Kalusteet ovat asennustöiden valmistuttua ehjiä. Valmiiksi pintakäsittelyissä pinnoissa ei ole tahroja, halkeamia tai muita pintavirheitä.
 - Kiinnityksen lujuus, tiiviys ja ulkonäkö ovat tarkoituksenmukaiset.
 - Samaan kokonaisuuteen kuuluvien kalusteyksiköiden ulkonäkö on yhdenmukainen. Niissä ei saa olla kokonaisvaikutelmaa haittaavia väri vaihteluita.
 - Kalusteasennuksissa vierekkäisten ovien välinen saumarako on tasalevyinen. Ovirivien ylä- ja alareunoissa ei ole hammastusta. Vierekkäiset ovet muodostavat yhtenäisen tason.
 - Kalusteiden liikkuvien osien, kuten vetolaatikoiden ja ovilevyjen, käynti on moitteeton.
- **SisäRYL 2013 (Lisälehti), luvut 752 ja 753 (s.1...15)**
 - Parkettipäällysteiden kiinnityksen aikana ja sen jälkeen on huoneilman suhteellinen kosteus 35...60 % ja huoneilman lämpötila on +18...24 °C. Asennustilassa tulee olla riittävä valaistus. Kiinnitysolosuhteet eivät saa vaihdella oleellisesti.
- **SisäRYL 2013, Luku 751 Puuverhous- ja -päällystystyö (s.202...207)**
 - Liitos- ja läpäisykohdat sekä muihin rakennusosiin rajoittuvat kohdat tehdään sovittaen ja kokeillen tasaisiksi ja täsmällisiksi.
 - Naulat tai ruuvit ovat pituudeltaan sellaisia, että niiden tunkeuma kiinnitysalustaan riittää pitämään verhous- tai lattialaudat tukevasti kiinni alustassaan. Naulat ja ruuvit eivät ole niin pitkiä, että ne vaurioittavat ilman- tai höyrynsulun tiiviyyttä. Ne eivät saa myöskään aiheuttaa halkeamia tuotteisiin.
 - Verhous- ja lattialaudat kiinnitetään jokaiseen kiinnitystukeen. Kiinnitys on sellainen, että kosteuden muutokset eivät riko verhousta tai lattianpäällystystä.
 - Jos verhouksen mitta verhoustuotteen pituussuunnassa on vähintään 2,7 m, jatkoskohdat sijoitetaan tukien kohdalle siten, että vierekkäisten lautojen jatkoskohtien etäisyys on vähintään yksi tukiväli. Jatkoskohtia sijoitetaan tasaisesti koko verhoukseen.
 - Valmis puuverhous ja -päällystys on malliasennuksen ja suunnitelma-asiakirjojen mukainen. Valmiissa verhouksessa, listoituksessa tai lattianpäällystyksessä ei esiinny repeämiä, työstämisestä aiheutuneita halkeamia, haitallisia naarmuja ja työvälineiden jälkiä, näkyviin tulleita kiinnitystuotteita, koholla olevia kiinnitystuotteiden kantoja eikä muita verhouksen, listoituksen, lattian tai portaiden lujuutta tai ulkonäköä heikentäviä rikkoutumia.
 - Näkyviin jäävä valmis pinta on ehjä sekä laadultaan ja ulkonäöltään yhdenmukainen.
 - Näkyviin jäävät saumat ovat silmämääräisesti tarkasteltuna suoria ja tasalevyisiä koko sauman pituudelta. Jatkoskohdissa ei ole haitallisia rakoja eikä haitallista hammastusta.
 - Näkyviin jäävät kiinnikerivit ovat silmämääräisesti tarkastellen suorat ja kiinnikkeet kiinnikeriveissä säännöllisin välein.
 - Höylätystä puutavarasta tehtävien sisäverhosten mittatarkkuudet ovat taulukon 751:T4 mukaiset.
- **SisäRYL 2013, luku 732 Ikkuna- ja ovityö sisä rakenteissa (s.176...181) Väliovet ja -ikkunat**
 - Kiinnitysalustassa ei ole likaa, epätasaisuuksia, kosteutta, syövyttäviä aineita tai muuta, mikä saattaa vahingoittaa ikkunaa, ovea, kiinnitys- tai saumaustuotteita tai haitata kiinnitystä tai saumausta

Liite 5: Pakkauksen ja varastoinnin laatuvaatimukset

Pakkauksen ja varastoinnin laatuvaatimukset

- **RunkoRYL 2010, Luku 721 Puuelementtityöt (s. 239...246)**
 - Elementit suojataan kastumista, likaantumista, kolhiintumista ja naarmuuntumista vastaan.
 - Elementit varastoidaan aina kuivalla, tukevalla ja tasaisella alustalla siten, että elementit ovat irti maasta(ulkona noin 0,3m korkeiden korokkeiden päälle) 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.