



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Anton Rautio

Laadunvarmistus yleisten tilojen riski- rakenteissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

14.4.2020

Tekijä Otsikko	Anton Rautio Laadunvarmistus yleisten tilojen riskirakenteissa
Sivumäärä Aika	35 sivua + 2 liitettä 14.4.2020
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat	Tapani Järvenpää: Lehtori Eero Haverinen: Laatupäällikkö
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, minkälaisilla laadunvarmistusmenetelmillä ja –toimenpiteillä tietyt yleisten tilojen riskirakenteet saadaan toteutettua laadukkaasti. Työn tilaajana toimi Peab Oy ja työssä perehdyttiin yrityksen käytössä olevaan laadunvarmistusjärjestelmään. Käytössä olevaa laadunvarmistusjärjestelmää hyödyntämällä laadittiin ohjeistus tiettyjen riskirakenteiden toteuttamiseen. Ohjeistus laadittiin tähtäämään työvaiheiden laadukkaaseen onnistumiseen. Tavoitteena oli laatia seikkaperäinen ohjeistus työvaiheista sellaiseksi, että sitä noudatettaessa rakenteet täyttävät niille asetetut vaatimukset lämmöneristävyyden, ilmatiiviyyden, ja ääneneristävyyden osalta.</p> <p>Tutkimusmenetelminä käytettiin perehtymistä suoritettaviin laadunvarmistustoimenpiteisiin, käytössä olevaan laadunvarmistusjärjestelmään ja sen vaiheisiin, sekä perehtymistä rakennushankkeissa tehtävien rakennusfysikaalisten mittausten suorittamiseen. Rakennusfysikaalisten mittausten osalta perehtyminen painottui esisijaisesti mittausmenetelmiin. Tuloksena saatiin laadittua ohjeistukset laadun kannalta olennaisista tehtävistä kahden eri työvaiheen osalta niin, että niitä pystytään hyödyntämään tulevilla hankkeilla.</p> <p>Haasteeksi tutkimustyössä havaittiin kolmeen eri mittausmenetelmään perehtyminen riittäväällä tasolla. Opinnäytetyössä käsiteltävät mittausmenetelmät ovat jokainen osaltaan hyvin laajoja ja yksityiskohtaisia, joten haasteeksi muodostui tiedon tiivistäminen ja haarukointi tarkoituksenmukaiseen laajuuteen. Työn edetessä jouduttiin rajaamaan kokonaan pois mittausmenetelmissä käytettävät mittayksiköt sekä niiden semantiikka.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittavat asiat saatiin kuitenkin yhdistettyä luontevasti luettavaksi materiaaliksi. Työn lopputulosta voidaan hyödyntää osana tilaajayrityksen laadunvarmistusta.</p>	
Avainsanat	Laadunvarmistus, Ohjeistus, Rakennusfysikaalinen mittaus

Author Title	Anton Rautio Quality Assurance of Risk Structures in Public Spaces
Number of Pages Date	35 pages + 2 appendices 14. April 2020
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Building Construction
Instructors	Tapani Järvenpää: Senior Lecturer Eero Haverinen: Quality Manager
<p>The purpose of this thesis was to find out what kind of quality assurance methods and measures are needed to implement certain risk structures of public spaces. The thesis was commissioned by Peab Oy and involved familiarizing with the quality ensuring system used by the company. Utilizing the existing quality assurance system, guidelines were developed for the implementation of a few risk structures. The guidelines were designed to ensure the success of the work phases in terms of quality. The goal was to successfully develop detailed instructions for the work phases so that the structures comply with the requirements set for them in terms of heat insulation, airtightness, and sound insulation.</p> <p>The research methods used were familiarization with the quality assurance measures to be performed, the quality assurance system in use and its phases, as well as familiarization with the physical measurements carried out in construction projects. With regard to building-physical measurements, the focus was primarily on measurement methods. As a result, guidelines for quality-critical tasks in two different work phases were developed and can be used in future projects.</p> <p>The challenge in the research was found to be sufficient familiarization with three different measurement methods. Each of the measurement methods discussed in the thesis is very extensive and detailed, so it was challenging to summarize the information, but still to explain the necessary details. As the work progressed, it was necessary, for example, to completely exclude the units of measurement used in the measurement methods with their semantics.</p> <p>However, the topics studied were combined into a relatively easy-to-read material. The result of the thesis can be utilized as part of the quality assurance of the client company.</p>	
Keywords	quality assurance, instructions, building-physical measurement

Sisällys

Lyhenteet

Käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Peab Oy	2
1.3	Tavoitteet	3
1.4	Tutkimusmenetelmät	3
2	Laadunvarmistus kokonaisuutena	4
2.1	Tehtäväsuunnitelma	4
2.2	Suunnitelmien toteutuskelpoisuus	5
2.3	Työvaiheen aloituspalaveri	5
2.4	Aloitusedellytysten varmistaminen	5
2.5	Mallikatselmus	6
2.6	Osakohteen laadunvarmistus	6
2.7	Vastaanottotarkastus	7
2.8	Rakennusfysikaaliset mittaukset	7
3	Mittausmenetelmät laadunvarmistuksessa	9
3.1	Lämpökuvaus	9
3.1.1	Kuvauskohteet laadunvarmistamisessa	11
3.1.2	Mittausolosuhteet	12
3.1.3	Lämpökuvien tulkitseminen	12
3.2	Ilmatiiviysmittaus	12
3.2.1	Mittausmenetelmä	13
3.2.2	Rakennuksen tiivistäminen	13
3.2.3	Mittalaitteisto	15
3.2.4	Ilmatiiviysmittauksen suorittaminen	16
3.3	Ääneneristävyysmittaus	18
3.3.1	Mittausmenetelmät	19
3.3.2	Mittalaitteisto ja välineet	22

4	Esimerkkikohteen riskirakenteet	23
4.1	Metalliulko-ovet	23
4.2	Kuivaushuone	23
5	Laadunvarmistustoimenpiteet	25
5.1	Ulko-ovet	25
5.2	Alakatot	28
6	Tulokset	33
7	Yhteenveto	34
	Lähteet	35

Liite 1. Tarkastuslista metalliulko-ovet

Liite 2. Tarkastuslista ääneneristävät alakatot

Lyhenteet

kHz	<i>kilohertsi</i>	Ääniaaltojen taajuuden mittayksikkö
dB	<i>Desibeli</i>	Äänenpaineen mittayksikkö

Käsitteet

Alakatto

Kevytrakenteinen sisäkatto, joka rakennetaan välipohjarakenteen alapuolelle. Alakaton ja välipohjan väliin voidaan tehdä tekniikka-asennuksia, jotka jäävät piiloon.

Askeläänikoje

Laite, joka aiheuttaa ääntä askeläänitasomittausta suorittaessa.

Katselmus

Tarvittavat osapuolet kokoontuvat työmaalle tarkastelemaan jonkin rakenteen laatua, ulkonäköä, sekä muita laatuun vaikuttavia tekijöitä.

Mittalaitteisto

Rakennusfysikaalisen mittauksen suorittamiseen vaadittavat laitteet ja välineet.

Rakennusfysikaalinen mittaus

Rakenteelle määritellyn fysikaalisen ominaisuuden määrittely- ja todentamistapa. Tällä pyritään saamaan selville, vastaako toteutettu rakenne suunniteltua.

Riskirakenne

Riskirakenne on rakennuksen osa tai rakennetyyppi, joka on altis vaurioille ja siihen kohdistuville rasituksille. Riskirakenteita saattaa olla vaikea saada kosteus- tai lämpötekniisesti toimiviksi laadukkaasta suunnittelusta ja toteutuksesta huolimatta.

Suunnitelmat

Jokaisella rakennushankkeella on omat suunnitelmansa, joiden mukaisesti rakennus rakennetaan. Suunnitelmiin kuuluu erilaisia piirustuksia, kaavioita, selostuksia, sekä ohjeita.

1 Johdanto

Opinnäytetyön aihe on laadunvarmistaminen yleisten tilojen riskirakenteissa. Opinnäytetyön tuloksena pyritään kehittämään toteutusvaiheen laadunvarmistusta muutamien riskirakenteiden osalta. Tarkastelun ja tutkimuksen kohteena tässä työssä ovat yleisten tilojen metalliulko-ovet, sekä kuivaushuone. Metalliuulko-ovia rakenteena tarkastellaan ilmatiiviyden, sekä lämpöteknisen toimivuuden näkökulmasta. Kuivaushuoneessa esiintyviä rakenteita tarkastellaan niiden ääneneristävyyden näkökulmasta. Työssä tutkimuksen kohteena olevat rakenteet eivät varsinaisesti liity toisiinsa, mutta hankkeen toteutusvaiheessa ovat useasti ajankohtaisia samanaikaisesti.

Työn tilaajayrityksenä toimii Peab Oy. Yrityksen rakentamisen liiketoiminta-alueen sisällä on useita eri yksiköitä kahdeksalla eri paikkakunnalla Suomessa. Opinnäytetyö tehdään pääkaupunkiseudun asuntorakentamisen yksikköön, joka nimensä mukaisesti rakentaa asuinrakennuksia. Työssä saatuja tutkimustuloksia ja tietoa, voidaan käyttää yksikön sisällä toteutuviissa hankkeissa.

Opinnäytetyössä tutkitaan käytössä olevaa laadunvarmistusjärjestelmää. Järjestelmän käyttäminen ja sen oikeaoppinen noudattaminen johtavat todennäköisemmin onnistuneeseen lopputulokseen. Työn tavoitteena on laatia tarkastuslista toteutusvaiheeseen. Listan sisältö muodostuu laadun kannalta olennaisista asioista. Sen laatiminen edellyttää perehtymistä laadunvarmistusjärjestelmän aikaisempiin vaiheisiin, jotka omalta osaltaan tähtäävät työvaiheen onnistuneeseen lopputulokseen.

1.1 Työn tausta

Rakennuksien ulko-ovien on eristettävä aina tietyn verran lämpöä, osana rakennuksen vaippaa. Ulko-oville on asetettu lisäksi tietyt tiiviysvaatimukset, jotka vaikuttavat esimerkiksi rakennuksen energiatehokkuuteen ja ilmatiiveyteen. Kuivaushuoneissa, sekä joissain muissa rakennuksen yleisissä tiloissa rakenteille on saatettu määritellä tietyt desibelivaatimukset. Näiden rakenteiden ääneneristävyyttä, ilmatiiviyttä, sekä lämpöteknistä

toimivuutta mitataan erilaisin menetelmin. Yrityksessä on aikaisempien hankkeiden perusteella havaittu, että tiettyjen riskirakenteiden toteuttaminen laadukkaasti on haastavaa ja saadut mittaustulokset ovat olleet riittämättömiä.

1.2 Peab Oy

Peabin perustajat ovat Ruotsalaiset veljekset Erik ja Mats Paulsson. Yritys perustettiin vuonna 1959. Perustajaveljekset tunnettiin keskivertoa rohkeampina nuorina poikina ja yrityksen toiminta keskittyi alkuvaiheessa skoonelaisen pikkukylän jätekuljetuksiin. Yrityksen nuorilla perustajilla oli paljon visioita ja tarmoa, jonka seurauksena yhtiö kasvoi ajan myötä jätekuljetuksien ja maatalouskoneiden lisäksi rakennuspalveluita myyväksi yhtiöksi. Vuonna 1993, Peab osti ruotsalaisen rakennusyhtiön, joka oli sitä itseään suurempi. Tämän ansiosta yhtiöstä tuli yksi rakennusalan suurimmista toimijoista Ruotsissa. Peabin toiminta Norjassa alkoi 1990-luvun alussa ja Suomessa vuonna 1999. Peabin kasvu on pohjautunut eri alueilla mittaviin yritysostoihin ja Suomessa niitä ovat olleet muun muassa Leo Heinänen Oy ja Seicon Oy. [1.]

Peab Oy:llä on vahva asema pohjoismaiden yhtenä suurimmista rakennusyhtiöistä työllistäen noin 15 000 henkilöä koko konsernin laajuudessa. Suomessa Peab Oy:llä on noin 750 työntekijää. Toiminta on jakaantunut neljälle eri liiketoiminta-alueelle ja koko konsernin liikevaihto on 5,2 miljardia euroa. Emoyhtiön osake noteerataan Tukholman pörsissä. [1.]

Yksi liiketoiminta-alueista on rakentaminen ja se kattaa asuntojen, sairaaloiden, päiväkotien, koulujen, sekä toimitilojen uudisrakentamisen ja korjausrakentamisen. Muita liiketoiminta-alueita ovat teollisuus, infrarakentaminen, sekä kiinteistökehitys. Teollisuuden liiketoiminta-alueeseen kuuluu suomen johtava torninosturiyritys nimeltään Nosturi-asennus Virtanen Oy, sekä valmisbetoni- ja kiviainestoimittaja Swerock Oy. Infrarakentamisen liiketoiminta-alueella toteutetaan mm. maanrakennus-, louhintaj- ja perustustöitä, sekä siltojen ja jätevesilaitoksien rakentamista. Kiinteistökehityksen liiketoiminta-alueeseen kuuluu mm. maanhankinta-, projektikehitys-, markkinointi-, sekä myyntipalveluiden tarjoaminen asiakkaiden tarpeista riippuen. [1.]

1.3 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää keskeiset toimenpiteet riittävän laatutason takaamiseksi muutamissa yleisten tilojen riskirakenteissa. Lisäksi tavoitteena on selvityksen perusteella laatia tarkastuslista suoritettavista laadunvarmistustoimenpiteistä toteutuksen ohjaukseksi. Tarkastuslistaa ja siinä annettuja ohjeita noudattamalla riskirakenteet saadaan toteutettua niin, että ne vastaavat vaadittua laatutasoa. Tämän ansiosta rakenteille asetetut vaatimukset täyttyvät ja niistä otetut mittaustulokset ovat kerralla riittävän hyviä. Viimekädessä positiiviset seuraukset onnistuneesta laadunvarmistuksessa esiintyvät hankkeen tietyissä kustannuksissa, työjohtoresursseissa ja aikataulussa.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Työssä käytettäviä tutkimusmenetelmiä ovat muun muassa tiedon kerääminen eri mitausmenetelmistä, sekä kerätyn tiedon soveltaminen esimerkkikohteen riskirakenteisiin. Työssä tullaan selvittämään esimerkkikohteen kriittiset kohdat laadunvarmistuksen näkökulmasta ja suunnittelemaan niiden asianmukaista toteuttamista. Tutkimusmenetelminä käytetään myös tiedon keräämistä rakennustöiden laadusta yleisesti, sekä Peab Oy:llä käytössä olevasta laadunvarmistusjärjestelmästä. Näiden pohjalta tutkitaan ja pohditaan oikeanlaisia ratkaisuja laadunvarmistamisen toteuttamiseksi työmaalla.

2 Laadunvarmistus kokonaisuutena

Rakentamissa laatu on käsite, jonka sisältö ja merkitys vaihtelevat useimmiten tilanteesta riippuen. Laatu joissain tapauksissa voi merkitä sitä, että tehtävänä olevat työt hoidetaan kerralla kuntoon. Joissain tapauksissa laatu voi tarkoittaa sitä, että pidetään kiinni jostain mitä on sovittu ja tehdään työt sen mukaisesti. Laatutaso työmaalla ja laatuun liittyvät toleranssit vaihtelevat tehtävistä riippuen ja sitä varten on luotu erilaisia menetelmiä mitata laatutasoa. Rakennushankkeen laatua voidaan mitata ja tarkastella monilla eri tavoilla, kuten laatu poikkeamien, korjaustoimenpiteiden, tai virheiden lukumäärän laskemisella. Lisäksi laatua voidaan mitata erilaisten kyselyiden ja palautteiden teetämisellä, sekä esimerkiksi työmaakohtaisilla laatumittareilla. Työmaan turvallisuustasoa, joka on myös usein osa laatua, mitataan työmaalla tehtävillä TR-mittauksilla. Oleellista kuitenkin rakennustuotannon laadun kannalta on se, että suunnittelussa aikataulussa pysytään, työvaiheisiin varatut kustannukset riittävät, sekä se, että työt saadaan suoritettua laatu- ja turvallisuus tavoitteiden puitteissa. [2, s. 11.]

2.1 Tehtäväsuunnitelma

Tehtäväsuunnitelmaa voidaan pitää tiettyjen työvaiheiden laadullisten, aikataulullisten, sekä taloudellisten tavoitteiden saavuttamisen kulmakivenä. Tehtäväsuunnitelmassa yksittäisen työvaiheen toteutus, valvonta ja ohjaus suunnitellaan kokonaisvaltaisesti. Tehtäväsuunnitelma laaditaan useimmiten hankkeen onnistumisen kannalta kriittisistä työvaiheista. Tämän laadunvarmistustoimenpiteen tarpeellisuuden valintaperusteina toimivat esimerkiksi aikataulullisesti haastavat tehtävät. Lisäksi tarve tehtäväsuunnitelmalle saattaa tulla taloudellisesti merkittävistä työvaiheista, sekä työvaiheista, joissa laatuvaatimukset ovat korkeat. Syy tehtäväsuunnitelman laatimiselle voi olla myös tehtävä, jossa altistuminen tapaturmille on suuri. Tehtäväsuunnitelmassa yleisesti ottaen otetaan kantaa kustannus- ja aikataulutavoitteisiin, keinoihin varautua ongelmiin, työturvallisuus- ja ympäristöasioihin, sekä käytettäviin laadunvarmistustoimiin. [2, s. 21-22.]

2.2 Suunnitelmien toteutuskelpoisuus

Uuden työvaiheen aloitusajankohdan lähestyessä, ensimmäisiä tehtäviä laadukkaan toteutuksen kannalta on työtehtävään liittyvien suunnitelmien toteutuskelpoisuuden tarkastaminen. Olemassa olevat suunnitelmat tarkastetaan ja niitä vertaillaan keskenään. Mikäli suunnitelmissa ilmenee puutteita tai ristiriitaisuuksia, yleensä tässä vaiheessa tilanteeseen on helpompaa reagoida ja suunnitelmien korjaaminen saadaan suoritetuksi sopivalla aikataululla. [2, s. 172.]

2.3 Työvaiheen aloituspalaveri

Ennen tehtävän aloitusta, työnjohdon ja työvaiheen toteuttajan kesken pidetään työvaiheen aloituspalaveri. Palaverissa käydään läpi ja sovitaan käytännön asioita toteutukseen liittyen. Aloituspalaverissa läpikäytäviä asioita ovat mm. tehtävän lähtöaineisto, sen aikataulu, työjärjestys, mahdolliset ongelmat, työssä käytettävät materiaalit, resurssit sekä käytössä oleva kalusto. Lisäksi palaverissa käydään läpi työvaiheessa sovellettavia laatuvaatimuksia ja laadunvarmistusta, sekä mahdollisia tehtävän erityispiirteitä. Palaverin johdosta eri työtehtäviin liittyvillä osapuolilla on yhteisymmärrys siitä, että mitä on tarkoitus tehdä ja milloin, sekä on sovittuna yhteiset pelisäännöt, joiden mukaan kussakin tilanteessa menetellään. Palaverissa sovituista asioista laaditaan pöytäkirja, jonka eri osapuolet allekirjoittavat. [2, s. 27, 35.]

2.4 Aloitusedellytysten varmistaminen

Aloitusedellytysten varmistamisella ennen työvaiheen aloitusta, saadaan varmuus siitä, että onko olosuhteet työmaalla sellaiset, että työtehtävän suorittaminen voidaan aloittaa. Tässä laadunvarmistuksen vaiheessa selvitetään mm. vaadittava valmiusaste ja laatu edellisiltä työvaiheilta. Lisäksi tarkastetaan työkohteen vaadittavat lämpö-, kosteus- ja valaistusolosuhteet, sekä työssä vaadittava työturvallisuus. Tehtävän suorittamiseen vaadittavien materiaalien, tarvikkeiden, lupien ja suunnitelma-asiakirjojen saatavuus oikea-aikaisesti selvitetään. Tehtävän aloitusajankohtaa voidaan siirtää tässäkin vaiheessa vielä kohtuullisen pienillä seurauksilla, mikäli aloitusedellytykset työtehtävälle eivät ole vaaditulla tasolla. [2, s. 25.]

2.5 Mallikatselmus

Uuden työvaiheen alkaessa, yleensä ensimmäisestä työsuoritteesta tehdään mallityö. Mallityön tarkoituksena on konkretisoida tehtävässä vaadittu laatutaso. Työvaihe voi olla esimerkiksi ikkunoiden asennus, jolloin mallityönä toimii ensimmäinen asennettava ikkuna. Tässä tapauksessa ikkuna asennetaan kokonaisuudessaan ja siihen liittyvät työt suoritetaan. Asennuksen ollessa valmis, malli katselmoidaan yhdessä työvaiheen työnjohtajan, työvaiheen toteuttajan, valvojan, arkkitehdin, sekä suunnittelijan kanssa. Mallikatselmuksessa tarkastetaan asennuksen laatu, ulkonäkö, suunnitelmienmukaisuus, sekä muita laadun kannalta tärkeitä asioita. Katselmuksessa mahdollisesti havaitut virheet ja laatupoikkeamat kirjataan mallikatselmuspöytäkirjaan ja ne korjataan asianmukaisesti. Hyväksytyksi suoritettu mallityö toimii referenssinä tuleville työsuorituksille. Tämä käytäntö osana laadunvarmistusjärjestelmää mahdollistaa puutteiden korjaamisen yhden työsuoritteen osalta, eikä virheitä päästetä tällä tavoin toistumaan kokonaisen työvaiheen kaikkiin työsuoritteisiin. [2, s. 18.]

2.6 Osakohteen laadunvarmistus

Työvaiheen edetessä, laatua tarkkaillaan osakohteittain työvaiheen työnjohtajan toimesta. Riippuen työvaiheesta, sitä usein suoritetaan työmaalla järjestyksessä, esimerkiksi kerroksittain, tai huoneistoittain. Työnjohtaja tarkastaa jokaisen osakohteen laadun silmämääräisesti ja vertaa sen laatutasoa mallityöhön. [2, s. 27-28.]

Mikäli eri osakohteiden työsuorituksissa ilmenee puutteita tai ristiriitaisuuksia mallityöhön tai suunnitelmiin nähden, työnjohtaja huomauttaa asiasta työtä toteuttavalle osapuolelle. Joissain tapauksissa työnjohtaja voi joutua laatimaan reklamaation mittavista tai toistuvista laatupoikkeamista toteuttajalle. Lisäksi hankkeen aikana suoritetaan yleistä valvontaa laadun osalta työnjohtajien, sekä valvojien toimesta. [2, s. 27-28.]

Tässä opinnäytetyössä käsitellään metalliovien asennukseen liittyvää laadunvarmistusta, joten alle on listattuna esimerkki osakohteen tarkastuksessa huomioonotettavista asioista:

- Oven karmin pystysuoruuden ja suorakulmaisuuuden tarkistaminen.
- Työssä käytettävien kiinnitystarvikkeiden koon, lujuuden, määrän ja sijainnin tarkistaminen.
- Ovipintojen puhtauden, eheyden, ja ovien/ikkunoiden toimivuuden tarkistaminen.
- Työkohteen siisteyden tarkistaminen, sekä valokuvaus.

[3.]

Tällaisten vastaavanlaisten tarkastusten suorittaminen jokaisen työvaiheen jokaisesta osakohteesta vaikuttaa lopputuloksen laatuun. Todellisuudessa tilanne on kuitenkin se, että osakohteiden tarkastuksia on mahdotonta suorittaa täydellisesti jokaisen työvaiheen osalta. Tässä työssä kuitenkin perehdytään laadunvarmistamisen toimenpiteisiin riskirakenteissa, joten puuttuminen laatupoikkeamiin on olennaista.

2.7 Vastaanottotarkastus

Työvaiheen vastaanottotarkastuksessa työvaiheen työnjohtaja, sekä aloittavan ja edeltävän työvaiheen toteuttaja katselmoivat luovutettavan työkohteen suunnitelmien mukaisuuden ja laatutason. Esimerkiksi metallioviasennusten osalta tarkastuksessa huomioon otettavia seikkoja ovat muun muassa asennusten mittatarkkuuden, sijainnin, tilkitsemisen, tiivistyksen, sekä kiinnityksen laatu. Katselmuksessa tarkastetaan lisäksi ovien pintojen eheys, puhtaus, sekä sopimusasiakirjojen mukaisuus. Tarvittavat asiat kirjataan katselmuksella ja mahdolliset puutteet korjataan. [2, s. 38.] [4.]

2.8 Rakennusfysikaaliset mittaukset

Riippuen rakennushankkeen laajuudesta, rakennusvalvontaviranomainen edellyttää tietyn määrän rakennusfysikaalisia mittauksia tietyistä rakenteista. Lisäksi urakoitsijan velvollisuus on suorittaa eri sopimusasiakirjoissa suoritettavaksi määrätyt mittaukset asianmukaisesti. Tarve mittauksille ja niiden laajuudelle on määritelty rakennusluvassa, sopimusasiakirjoissa, sekä tarkastusasiakirjassa. Asuinrakennusten uudiskohteissa laadun-

varmistamiseksi tehdään lämpökuvauksia, ilmatiiviysmittauksia, sekä ääneneristävyysmittauksia. Mittausten tavoitteena on saada selvyyttä rakennuksen ulkovaipan lämmöneristävyyskyvystä ja toimivuudesta, sen rakenteellisesta tiiveydestä, sekä äänen eristävydestä. [2, s. 38.] [5.]

Rakenteista saadut mittaustulokset ovat useimmiten riittävän hyviä niissä tapauksissa, kun työvaiheet ja tehtävät, joiden osalta vaaditaan tiettyä lämmöneristävyyskykyä tai muuta fysikaalista ominaisuutta, on toteutettu laadukkaasti. Mikäli yksittäisestä laadunvarmistustoimenpiteestä, tai järjestelmän useista eri vaiheista poiketaan, tuloksena saattaa olla rakenne, joka ei täytä sille asetettuja vaatimuksia ja näin ollen mittaustulokset ovat riittämättömiä.

3 Mittausmenetelmät laadunvarmistuksessa

Laatutason todentamiseksi käytetään erilaisia mittausmenetelmiä. Tässä luvussa käsitellään kolmea yleisimmin käytettyä menetelmää laadunvarmistuksessa. Laadunvarmistuksessa suoritettavat mittaukset tehdään useimmiten silloin, kun rakenteet ovat toteutettu täysimääräisenä ja näin ollen kaikki aiemmat toimenpiteet laadun varmistamiseksi ovat suoritettu.

3.1 Lämpökuvaus

Lämpökuvaus on menetelmä, jolla voidaan tarkastella rakenteiden ja rakennusmateriaalien lämpötekniistä toimivuutta ja kuntoa. Lämpökuvaamisella kyetään saamaan esimerkiksi rakennuksen eri pinnoista ja liitoksista dataa, jonka perusteella voidaan tulkita siinä olevia mahdollisia lämpövuotoja, eristevikoja, tai ilmavuotoja. Menetelmä perustuu rakennuksen pintalämpötilojen mittaamiseen ja niissä olevien lämpötilaerojen kartoittamiseen. Mittausmenetelmässä hyödynnetään sisä- ja ulkoilman välillä vallitsevaa lämpötila- ja paine-eroa. Tässä työssä käsitellään lämpökameran käyttöä lämpökuvauksen mittalaitteistona, mutta lämpökuvaamiseen liittyy myös muita mittauslaitteita ja –menetelmiä.

Lämpökuvauksella pyritään etsimään puutteita ja vikoja rakennuksen vaipasta lämmöneristyksen osalta, sekä mahdollisia ilmavuotokohtia. Mikäli ongelmakohtia mittauksessa löydetään, ne kuvataan ja merkataan rakennuksen pohjakuvaan. Puutteet korjataan mittauksesta saadun raportin mukaisesti ja tällä tavoin vältytään virheiden löytymisestä myöhemmässä vaiheessa rakennuksen elinkaarta, jolloin seuraamukset olisivat huomattavasti mittavammat. [6, s. 3,11-12.]

Tässä työssä käsitellään lämpökameran (Kuva 1.) käyttöä lämpökuvauksen mittalaitteistona, mutta lämpökuvaamiseen liittyy myös muita mittauslaitteita ja –menetelmiä. Lämpökuvaamisessa käytettäviä kameroita on useita erilaisia ja kuvassa näkyvä laite on yksi esimerkki nykyaikaisesta lämpökamerasta.



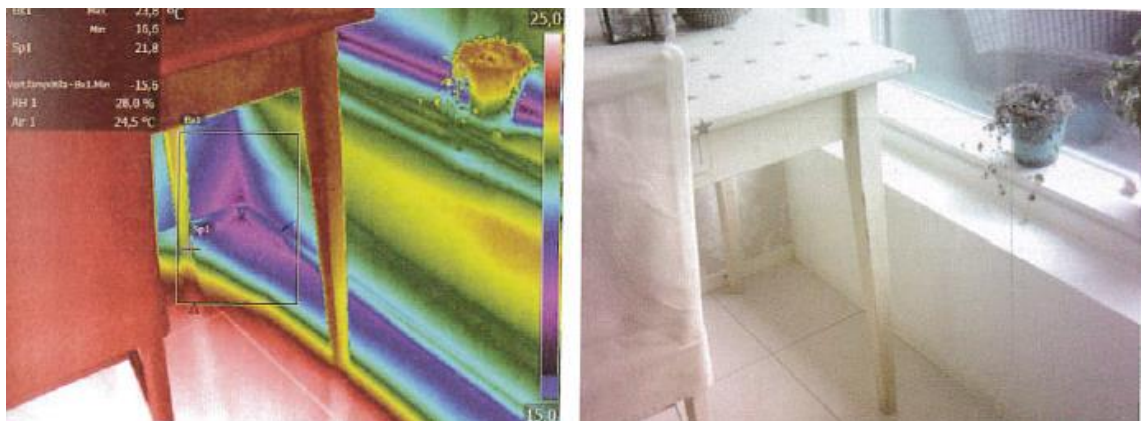
Kuva 1. Flir-merkinen lämpökamera mallia- T1020 [11.]

Lämpökamera on laite, joka vastaanottaa mittaushkohteen pinnasta lähtevää lämpösäteilyä. Laitteessa on kymmeniä tuhansia infrapunapistelämpömittareita, jotka mittaavat kuvattavan pinnan lämpötiloja ja näyttävät kunkin lämpötilan tietyllä värillä. Jokainen tällainen kamerassa oleva infrapunapistelämpömittari vastaanottaa lämpösäteilyä pieneltä alueelta ja näyttää alueen lämpötilasta keskiarvon. Lämpökamera muodostaa kuvan lämpötilasäteilytiedon pohjalta reaaliaikaisesti. Lämpökameroilla on erilaisia ominaisuuksia liittyen esimerkiksi erotteluherkkyyteen, tai resoluutioon. Lämpökameran erotteluherkkyys tarkoittaa kamerassa olevien tuhansien lämpötilamittareiden kykyä mitata lämpötilamuutosta. Normaalisti lämpökamera kykenee erottelemaan lämpötilaeroja 0,15-0,02 °C tarkkuudella. Kuvan resoluutioon eli tarkkuuteen vaikuttaa kamerassa olevien infrapunapistelämpömittareiden määrä. Pienempi määrä mittapisteitä kamerassa näyttää mitattavan pinnan lämpötilasta keskiarvon suuremmalta alueelta. Kamera muodostaa mittaamastaan lämpötilatiedosta kuvan ja sen perusteella voidaan tulkita rakenteen lämpötekniistä toimivuutta. [6, s. 4,12-13.]

3.1.1 Kuvauskohteet laadunvarmistamisessa

Lämpökuvaamisen hyödyntämistä osana laadunvarmistamista, käytetään rakennushankkeissa suhteellisen paljon. Lämpökuvia suoritetaan koko rakennuksen vaipan alueella. Kuvattavia kohteita ovat rakennuksen julkisivujen, alapohjan, yläpohjan, sekä vesikaton pintojen ja liitosten kuvaukset. Rakennuksen julkisivut kuvataan aina sekä, ulko-, että sisäpuolelta. Julkisivua kuvatessa etenkin ulkopuolelta, mittausolosuhteet ovat oltava asianmukaiset. Kuvauksen perusteella voidaan kartoittaa rakennuksen lämmitysjärjestelmän tasapainoisuutta. Lisäksi julkisivuja kuvatessa pystytään havaitsemaan mahdollisia yläpohjan lämpövuotoja tai eristevikoja. [6, s. 77-81.]

Alapohjia kuvatessa useimmiten tarkastetaan alapohjan läpivientien ja liitosten (kuva 2.) tiivistykset, joiden kautta esimerkiksi radonkaasut voisivat päästä huoneilmaan. Alapohjat kuvataan tavallisesti sisäpuolelta, mutta alapohjien ollessa tuulettuvia, niitä voidaan kuvata myös ulkopuolelta. [6, s. 77-81.]



Kuva 2. Lämpövuoto huoneen nurkassa lattian rajassa. [6, s. 79.]

Yläpohjien kuvauksessa pyritään löytämään liitoskohtien lämpövuotoja ja mahdollisia kosteutta saaneita lämmöneristeitä. Mittaukset suoritetaan useimmiten yläpohjasta/ullakkotilasta käsin. Vesikattojen lämpökuvaamisella saadaan selvyys esimerkiksi katolla olevien läpivientien, liitosten ja kattoikkunoiden lämmöneristyskyvystä, sekä vesitiiveydestä. Kuvaukset suoritetaan ulkotiloista käsin ja niiden toteuttamiseen on mahdollista käyttää erilaisia apuvälineitä. Esimerkiksi rakennuksen ollessa korkea ja kattokaltevuu- den ollessa jyrkkä, kuvauksia suoritetaan lentokoneesta tai helikopterista. [6, s. 77-81.]

Tässä työssä käsiteltävät lämpökuvaukset liittyvät julkisivujen lämmöneristyskyvyn mittaamiseen. Aihe rajautuu vielä osana julkisivuja oleviin yleisten tilojen metalliulko-oviin.

3.1.2 Mittausolosuhteet

Lämpökuvauksen suorittamisen ja siten onnistuneen mittaustuloksen saamisen edellytyksenä ovat asianmukaiset mittausolosuhteet. Mittausolosuhteiden vaatimukset vaihtelevat sen mukaan, mitä on tarkoitus kuvata. Mittausolosuhteiden kriteereihin vaikuttavat myös se, että suoritetaanko kuvaus ulko- vai sisätiloista käsin. Tyypillisimpiä esteitä mittauksen suorittamiselle on ulko- ja sisäilman välisen lämpötila- tai paine-eron vähäisyys, liiallinen auringon paiste, auringon lämmittämät pinnat, sekä liiallinen tuuli. [6, s. 68.]

3.1.3 Lämpökuvien tulkitseminen

Lämpökuvauksen perusteella saatujen mittaustulosten tulkitseminen vaatii vankkaa ammattitaitoa. Mittaustuloksien perusteella voidaan määrätä suoritettavaksi kustannusten kannalta mittavia korjaustoimenpiteitä, joten on tärkeää, että lämpökuvien tulkitseminen suoritetaan oikealla tavalla. Lämpökuvasta käytettäessä laadunvarmistustoimenpiteenä, oikeanlaisen mittaustuloksen aikaansaamiseksi rakennuksesta on otettava myös muita mittauksia. Merkittäviä tietoja kuvien tulkinnan näkökulmasta ovat esimerkiksi ulko- ja sisäilman välisen paine-eron ja lämpötilan mittaaminen, sekä kosteusmittaukset ilman ja mitattavien pintojen osalta. Tilanteissa, joissa lämpökuvauksen perusteella osoitetaan suoritettavaksi mittavia korjaustoimenpiteitä, mittausraportissa on sille oltava riittävät perustelut. [6, s. 14, 92-93.]

3.2 Ilmatiiviysmittaus

Rakennettavien ja olemassa olevien rakennusten lämpötekni- sen toimivuuden lisäksi, niiden rakenteilta edellytetään tiettyä ilmatiiviyttä. Rakenteen ilmatiiveydellä, eli ilmanpitävyydellä tarkoitetaan sen kykyä estää ilmanvaihtuvuus eri rakennekerrosten läpi, sen ollessa haitallista. Rakennuksen vaipan, eli sisä- ja ulkotilojen välisen rakenteen tiiveys vaikuttaa rakennuksen energia- ja päästöarvoihin. Suomen rakennusmääräyskokoel- massa on asetettu määritelmät rakennuksien ilmanpitävyydeksi. Rakennusten lämpö- tekni- set ominaisuudet ja niiden ilmanpitävyys liittyvät toisiinsa olennaisesti. Rakennuk- sen lopullinen ilmatiiviys mitataan vasta sen ollessa täysin valmis. Joissain tapauksissa

mittauksia suoritetaan rakennusaikana ja tällöin mittaustulokset palvelevat ainoastaan rakennusaikaista laadunvalvontaprosessia. [7, s. 15-18, 21.]

3.2.1 Mittausmenetelmä

Rakennuksen vaipan tiiveyden mittaaminen on menetelmä, jolla saadaan selville rakennuksen ilmanvuotoluku. Tämä on lämpökuvauksen lisäksi toimenpide, jolla varmistetaan rakennuksen laatua. Mittausmenetelmä perustuu siihen, että rakennuksen kaikki vaipan läpiviennit ja aukot tiivistetään, jonka jälkeen ali-, tai ylipainetta hyödyntämällä saadaan luotua vaipan sisä- ja ulkopuolien välille paine-ero. Paine-eron vallitessa rakennuksen sisä- ja ulkopuolen välillä, seurauksena on tilanne, jossa ilma pyrkii liikkumaan vaipan rakenteiden läpi ja näin ollen paine-ero pyrkii tasaantumaan. Rakennuksen vaipan läpi kulkevaa ilmamäärää mitataan mittalaitteiston avulla ja näin saadaan selville rakennuksen tiiveys. Tiiviysmittauksen suorittaa aina alan ammattilainen ja siinä käytetään asianmukaista mittalaitteistoa. [7, s. 7, 50-53.]

3.2.2 Rakennuksen tiivistäminen

Rakennuksen vaipan läpiviennit ja aukot tiivistetään ensisijaisesti kumipalloja käyttäen. (kuva 3.) Kumipallo asennetaan tiivistettävään aukkoon tyhjänä ja sen jälkeen se täytetään ilmalla. Pallo laajentuessaan täyttää tiivistettävän läpiviennin tai aukon. Mikäli tätä menetelmää ei voida käyttää, vaihtoehtoisesti läpivientejä voidaan tiivistää muovilla, sekä teipillä. Tiivistettäviä aukkoja ovat esimerkiksi ilmanvaihtoventtiilit, tuuletusputket, (kuva 4.) sekä hormit. [7, s. 44-47.]



Kuva 3. Kumipallo tiivistää ilmanvaihtokanavan [7, s. 45.]



Kuva 4. Pientalon vesikatolla kumipallolla tulpattu tuuletusputki [7, s. 45.]

Tiivistäminen voidaan suorittaa joko sisätilojen puolelta, tai ulkokautta. Mikäli rakennuksen viemäreiden vesilukoissa on vettä, niiden tulppaamista ei tarvitse tehdä. [7, s. 44-47.]

3.2.3 Mittalaitteisto

Tiiviysmittauksen suorittamista varten tarvitaan asianmukainen mittalaitteisto. (kuva 5.) Mittalaitteisiin sisältyy puhallin, joka on varustettu ilmamäärämittarilla. Puhaltimia lukuisia eri mallisia ja kokoisia. Suurimmilla markkinoilla olevilla puhaltimilla tarpeeksi suuresta puhallusaukosta ilmaa saadaan kulkemaan 13 000 m³/h. Suuremmissa puhaltimissa puhallustehoa on liikaa pienempiin mitattaviin kohteisiin, joten joihinkin puhallinmalleihin on saatavilla kuristusrenkaita, joilla puhallustehoa saadaan rajoitettua. Mittalaitteiston muita osia ovat ovi-tai ikkuna-asennuskehikko, oveen tuleva lakana, paine-eromittausyksikkö, ohjausyksikkö, paine-eroletkut, sekä virtajohdot. Laitteisto itsessään riittää mittauksen suorittamiseen, mutta ne ovat suunniteltu käytettäväksi tietokoneohjelman avulla. Suomessa käytössä olevia mittalaitteistoja toimittaa useampi eri valmistaja ja jokaisessa mallissa on omanlainen tietokoneohjelma, jolla mittaus suoritetaan. [7, s. 29-30.]

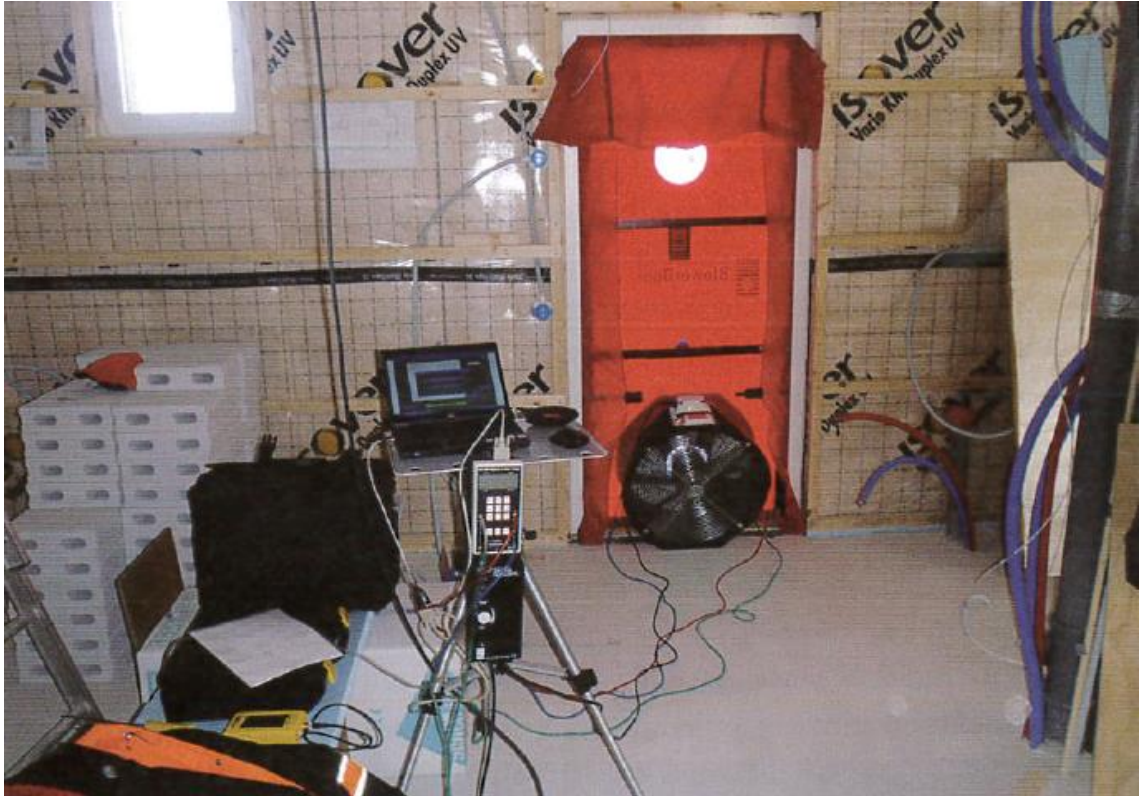


Kuva 5. Ilmativiysmittaukseen tarvittava kalusto. [7, s. 32.]

3.2.4 Ilmatiiyysmittauksen suorittaminen

Ennen tiivysmittauksen suorittamista, tehdään valmistelevat toimenpiteet, kuten rakennuksen läpivientien tiivistäminen, asuinpinta-alan ja –tilavuuden mittaaminen, lämpötilojen mittaaminen ulko- ja sisätiloissa, sekä ulkoilman ilmanpaineen mittaaminen. Ennen mittalaitteiden asennusta on selvitettävä vielä rakennuksen lämmitysmuoto ja tuuliolosuhteet. Kun läpiviennit ja aukot on tiivistetty ja muut mittauksen edellyttämät toimenpiteet ovat suoritettu, käytettävä mittalaitteisto ja puhallin asennetaan rakennuksen ennalta määritettyyn kohtaan. Parhaassa tuulensuojassa oleva julkisivu valikoituu useimmiten mittauslaitteiston asennuspaikaksi. [7, s. 39, 44-45.]

Mittauksessa käytettävä puhallin aiheuttaa rakennukseen tarvittavan yli-, tai alipaineen ja se asennetaan rakennuksen ovi-, tai ikkuna-aukkoon. Puhaltimen asennuksessa ensimmäisenä aukon karmeihin kiinnitetään ovikehikko, johon kiinnitetään tiivistyskangas. Ovikehikon ja tiivistyskankaan asentamisen jälkeen oviaukko on täysin tiivis, lukuun ottamatta tiivistyskankaassa olevaa aukkoa, johon puhallin asennetaan. Tämän jälkeen mittauksessa käytettävä puhallin asennetaan tiivistyskankaassa olevaan aukkoon. Rakennuksen ilmatiiyyttä mitataan yleensä sekä ali-, että ylipaineen avulla ja tätä voidaan muuttaa kääntämällä puhaltimen puhallus/imusuuntaa aukossa. Puhaltimen kiinnittämisen jälkeen muut mittalaitteiston osat asennetaan ja mittauksessa tarvittavat letkut ja liittimet kiinnitetään puhaltimen, paine-eromittausyksikön, ohjausyksikön, tietokoneen ja verkkovirran välille. Kun mittauspisteellä olevat laitteet ovat asennettu paikoilleen, asennusjärjestyksestä otetaan valokuva, (kuva 6.) jotta mittausraporttiin jää käytetystä kalustosta dokumentti. Mittalaitteistoa voidaan tilanteesta riippuen ohjata joko sisä-, tai ulkopuolelta rakennusta. [7, s. 38-44.]



Kuva 6. Mittalaitteisto pystytettynä ilmatiiviysmittausta varten. [7, s. 52.]

Mittauksen alkaessa, käytössä olevaan järjestelmään syötetään tarvittavat paine- ja lämpötilatiedot. Ennen varsinaisen mittauksen suorittamista, mittauskalusto ja olosuhteiden toimivuus koeajetaan. Tämä suoritetaan ajamalla rakennukseen 50 Pascalin alipaine. Toimenpiteellä varmistetaan riittävän alipaineen saatavuudesta rakennukseen, sekä puhaltimen tehon rajoittamisen oikeasta määrästä. Tässä vaiheessa usein myös huomataan, jos rakennukseen on jäänyt tiivistämättömiä kohtia. Kun ollaan varmistuttu rakennuksen läpivientien tiivistyksistä ja mittausolosuhteiden riittävydestä, mitataan paine, joka vallitsee rakennuksen sisätiloissa. Tämän jälkeen rakennukseen ajetaan varsinainen puhallussarja. Puhalltimella luodaan rakennuksen sisätilaan valittu paine-ero ja tasan paine-eron saamiseksi mitataan puhaltimen läpi kulkevan ilmanvirtauksen tarve. Puhaltimen läpi kulkevaa ilmamäärää mitataan vähintään viidellä eri paine-erolla suoritettulla mittauksella, joiden välinen ero tulee olla tasainen. Mittauspaineiden väliset erot voisivat olla esimerkiksi: 15, 25, 35, 45, ja 55 Pascalia, kuitenkin niin, että suurin näistä on vähintään 50 Pascalia. Puhallussarjan jälkeen, kun puhallin on sammutettu, mutta vielä kiinni tiivistyskankaassa, mitataan loppupaine, jota verrataan ennen mittauksen aloitusta mitattuun lähtöpaineeseen. Mittausten ollessa valmiita, järjestelmä laskee eri

paine-eroilla saadut ilmavirtausmäärät ja luo niiden perusteella mittaustulokset eli ilma-
vuotokäyrän. [7, s. 50-52.]

3.3 Ääneneristävyysmittaus

Rakennusten ääneneristävyysominaisuudet ja niille asetetut määräykset vaihtelevat hyvin paljon riippuen rakennuksen käyttötarkoituksesta, iästä, sijainnista, sekä muista asioista. Tässä työssä käsiteltävä aihe on uudet betonirakenteiset asuntorakennukset, joten tämä osa-alue painottuu myös osaltaan niihin. Ääneneristävyysmittaamisesta ja mitausmenetelmistä ei ole saatavilla kattavaa tietomäärää, joten se aiheuttaa rajoituksia aiheen tutkimiseen.

Asuinkerrostalon tiloihin ja huoneistoihin kantautuvat äänet koostuvat pääosin naapureista, porraskäytävissä olevista ihmisistä ja eläimistä, rakennuksen teknisten järjestelmien tuottamista äänistä, sekä ulkotiloista sisään päin pyrkivistä äänistä. Rakennuksien ääneneristävyydelle on asetettu tiettyjä määräyksiä, johtuen muiden muassa siitä, että jokaisen asukkaan kodissa, on oltava riittävät edellytykset levätä, työskennellä ja nukkua. Huonot ääniolosuhteet asuinrakennuksissa altistavat ihmisiä useille terveydellisille ongelmille, kuten kuulovaurioille, tai nukahtamis- ja keskittymisvaikeuksille. Rakennuksen äänitekninen toimivuus on myös osa laatua ja sitä tarkkaillaan, valvotaan ja mitataan rakennushankkeiden toteutusvaiheessa. Suuri merkitys rakennuksen ääniteknisen onnistumisen kannalta on, että asia otetaan suunnitteluvaiheessa huomioon. Esimerkiksi tilaratkaisujen suunnittelemisessa voidaan asettaa melua tuottavat tilat, kuten pesula, kuivaushuone, talosauna ym. erilliseen osaan rakennuksessa. Toinen olennainen asia onnistumisen kannalta on asianmukainen ja laadukas toteutus kriittisten rakenteiden osalta. [8, s. 7-9.]

Rakennuksiin suunnitellaan ja toteutetaan eri ääneneristysluokituksen mukaisia rakenteita. Rakenteiden ääneneristys pyrkii estämään äänen siirtymistä huoneiden ja tilojen välillä. Ääneneristystä tarvitaan rajoittamaan äänen kulkua riittävästi. Tähän soveltuvia keinoja on kahdenlaisia. Ensimmäinen on ilmaääneneristys, joka parantaa ääneneristävyyttä tilanteissa, joissa ääni syntyy suoraan ilmaan. Esimerkkinä tällaisesta on mm. ihmisen puhe. Toinen tavoista on askelääneneristys, jonka tarkoituksena on parantaa ääneneristävyyttä rakennuksen pintoihin kohdistuessa iskuja. Pintoihin kohdistuvia iskuja on esimerkiksi kävely. Asuinkerrostalossa normaalia kovempaa äänihaittaa aiheutuu

yleensä, rakennuksen yleisten tilojen eri tekniikkatiloissa, pesulassa, talosaunassa, kuivaushuoneissa, sekä mahdollisessa kuntosalissa. Tällaisten tilojen ja rakennuksessa olevien asuntojen välisistä rakenteista otetaan usein äänimittauksia, joilla varmistutaan siirtyvän äänen riittävästä vaimennuksesta. Lisäksi mittauksia otetaan rakennuksen vaiipan ääneneristyskyvystä, joka kertoo ulkopuolelta sisäänpäin pyrkivien äänien eristyksen tasosta. [8, s. 7-9.] [9, s. 19,30.]

3.3.1 Mittausmenetelmät

Rakennuksen ääneneristävyttä mitataan kahden tyyppisillä mittauksilla, eli askeläänitasomittauksella, sekä ilmaäänen eristävyysmittauksella. Kahden päällekkäisen huonetilan askeläänitasomittaus suoritetaan tyypillisesti asettamalla askeläänikoje ylemmän kerroksen valittuun huonetilaan ja äänen mittauslaite alakerran huonetilaan. Askeläänikoje (kuva 7.) käynnistetään ylemmässä tilassa ja se tuottaa iskuja välipohjarakenteseen 50 – 3150 kHz välisellä taajuudella. Äänitasomittari mittaa alakertaan kantautuvan äänen voimakkuuden koko taajuusalueelta ja tuloksena saadaan yhtenäinen äänitasoluku. Äänitasolukua verrataan ympäristöministeriön asettamiin raja-arvoihin ja/tai rakennushankkeen suunnitelmiin. [10.]



Kuva 7. Askeläänikoje, joka aiheuttaa mittauksessa tarvittavan äänen. [12.]

Ilmaäänien eristävyysmittauksessa yleisin esimerkki on huoneistoväliseinän tai välipohjan eristävyysmittaus kahden vierekkäisen, tai päällekkäisen huoneiston osalta. Mittaus toimii samalla periaatteella, kuin askeläänimittaus, mutta äänilähde tuottaa äänen ilmaan ja taajuusero mittauksessa on 100 – 3150 kHz. Äänilähteenä käytetään pallokaiutinta (kuva 8.) ja kohinageneraattoria. Aiheutettu ääni mitataan äänitasomittarilla (kuva 9.) ja tuloksena saadaan rakenteen äänitasoluku. Myös tämän mittauksen osalta äänitasolukua verrataan ympäristöministeriön asettamiin raja-arvoihin ja/tai rakennushankkeen suunnitelmiin. [10.]



Kuva 8. Pallokaiutin, joka aiheuttaa mittauksessa tarvittavan ilmaäänän [13.]



Kuva 9. 1. luokan äänitasomittari [14.]

3.3.2 Mittalaitteisto ja välineet

Virallisen äänitasoluvun mittaamiseen kelpuutetaan ainoastaan 1. luokan mittauskalustoa (kuva 9.), jotka ovat vaihtoehtoista 2. luokan mittareita tarkempia, sekä arvokkaampia. Mittalaitteistoon kuuluvia osia ovat äänitasomittari, askeläänikoje, pallokaiuttimia, akkuja, sekä muuta kalustoa. Esimerkiksi julkisivujen äänitasomittauksissa tarvitaan toisinaan nostokalustoa, kuten telineitä tai henkilönostimia, jotta päästään mitattavien kohteiden sopivalle etäisyydelle. [10.]

4 Esimerkkikohteen riskirakenteet

Esimerkkikohteena opinnäytetyössä toimii Pääkaupunkiseudulle vuosien 2019 - 2020 aikana rakentuva asuinkerrostalo. Rakennus on betonirakenteinen ja sen runko koostuu pääosin seinäelementeistä ja ontelolaatoista. Rakennuksen yleiset tilat sijaitsevat 1. kerroksessa ja samassa kerroksissa ei ole asuntoja. Esimerkkikohteen yleisiin tiloihin kuuluu käytävät, Liikunta- ja ulkoiluvälinevarasto, talovarasto, irtaimistovarastot, väestönsuoja, pesula, kuivaushuone, talosaunaosasto, siivouskomero, sekä muutamia muita tiloja. Lisäksi samassa kerroksessa sijaitsevat rakennuksen tekniset tilat, kuten sähköpääkeskukset, lämmönjakohuoneet ja teletila. Opinnäytetyössä tarkastelun kohteena ladun näkökulmasta ovat rakennuksen ulko-ovien asennus, sekä kuivaushuoneen kattoon toteutettavan välipohjarakenteen toteutus.

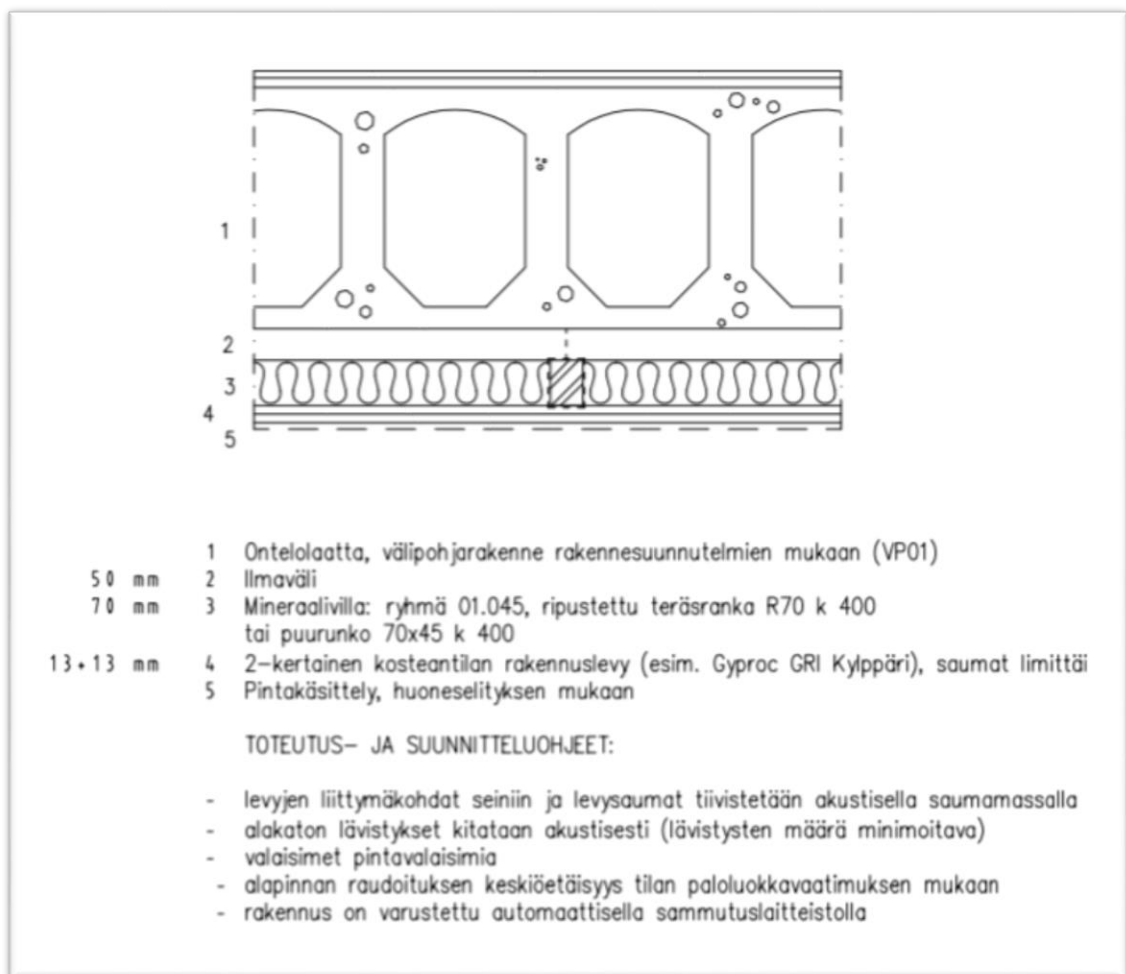
4.1 Metallikulko-ovet

Esimerkkikohteessa kaikki ulko-ovet ovat metalliovia, eli niiden ovilehdet ja karmit ovat valmistettu metallista. Ovien asennusmenetelmät ja laadunvarmistustoimenpiteet poikkeavat sisätiloissa käytettävistä puuovista. Asennustoimenpide itsessään ei ole erityisen vaativa, mutta tiettyjen laadullisten asioiden huomiotta jättäminen saattaa aiheuttaa ongelmia esimerkiksi ovien tiiveydessä tai lämmön eristävydessä. Esimerkkikohteessa ulko-ovia on yhteensä kuusi kappaletta ja tässä tutkimuksessa niiden asennusta tarkastellaan yhtenä riskirakenteena. Kaikissa metalliovien asennuksissa asennusaukko on betonielementissä, ja aukon seinämät eli apukarmit ovat puurakenteiset.

4.2 Kuivaushuone

Rakennuksen kuivaushuone on tila, jossa kuivauskoneet ja muut laitteet aiheuttavat normaalia enemmän ilmaan syntyvää ääntä. Tästä johtuen kuivaushuoneelle on suunnitelmassa määritelty tietyt ääneneristävyysominaisuudet. Ratkaisuna riittävän korkean ääneneristävyuden saavuttamiseksi kuivaushuoneen ja sen yläpuolisen asunnon väliin tuleva välipohjarakenne, on suunniteltu eristämään tarpeeksi tilasta kantautuvaa melua. Kuivaushuone sijaitsee rakennuksen kohdassa, jossa yläpuolisen tilana on asunto, ja

seinien takana yleisten tilojen käytävä/porrashuone, ulkotilat, sekä irtaimistovarasto. Kuvahuoneen alapuolella on tuulettuva alapohjarakenne. Ääneneristävyyden kannalta suurin riski on välipohjarakenteen edellyttämän alakattorakenteen laadukkaassa ja onnistuneessa toteuttamisessa. Välipohjarakenne (kuva 10.) koostuu 370 mm paksusta ontelolaatasta, jonka yläpuolisena rakenteena eli asuinhuoneiston lattiapintana on oikaisuasoite, askeläänieriste, sekä 14 mm paksuinen lautaparketti. Ontelolaatan alapuolisena rakenteena on 50 mm ilmaväli, 70 mm paksuinen ripustettu alakattorunko, sekä kaksinkertainen 13 mm kosteantilan rakennuslevy. Rakenteen toteuttamiseen on lisäksi annettu suunnitelmissa lisäohjeistuksia.



Kuva 10. Esimerkkikohteen rakennetyyppi välipohjarakenteesta.

Rakenteen toteuttaminen laadukkaasti vaatii käytössä olevan laadunvarmistusjärjestelmän noudattamista, sekä laadunvarmistustoimenpiteiden suorittamista.

5 Laadunvarmistustoimenpiteet

Työvaiheiden laadukkaan lopputuloksen saavuttamiseksi, on välttämätöntä laatia ohjeistus konkreettisista laadunvarmistustoimenpiteistä. Tässä osiossa kerätyn tiedon, ja saatujen tutkimustulosten perusteella laaditaan työnjohtajalle tehtäväläistä työvaiheiden laadunvarmistamiseksi. Ohjeistuksen perustana käytetään käytössä olevan laadunvarmistusjärjestelmän tärkeiksi katsottuja osia.

5.1 Ulko-ovet

Laadukkaan lopputuloksen edellytykset ulko-ovien asennuksen osalta liittyvät enimmäkseen käytännön toteutuksen laadun valvontaan. Tämän opinnäytetyön perusteella on laadittu työvaiheen kulku ja siihen liittyvien laadun kannalta merkittävien toimenpiteiden selostus. Selostus koostuu eri vaiheista ja se noudattaa tarvittavilta osin laadunvarmistusjärjestelmää. Lähtötilanteena on se, että alustava tilaus ovien osalta tavarantoimittajalle on tehty ja ovikaavio, jonka mukaan ovet valmistetaan, on toimitettu. Toimitusajan kohta on sovittu alustavasti, mutta tarkkaa päivämäärää ei ole lyöty lukkoon. Tehtäväsuunnitelmaa ei tämän työvaiheen osalta tehdä, koska se nähdään tässä tilanteessa tarpeettomaksi. Metallikulko-ovien asennus työvaiheena vaiheittain:

1. Työvaiheen työnjohtaja tarkastaa suunnitelmien toteutuskelpoisuuden eli vertaa rakennuksen pohjakuvia metalliovikaavioihin ja muihin suunnitelmiin, sekä tarkastaa mahdollisten liitosdetaljeiden toteutuskelpoisuuden. Tämä suoritetaan noin 1 kuukausi ennen työvaiheen aloitusta.
2. Työvaiheen työnjohtaja tarkastaa tilaussopimuksista ulko-ovien alustavan toimitusajan ja tarkentaa aikataulun tavarantoimittajalle. Samalla selvitetään mahdollisesti havaittujen suunnitelmavirheiden tai -poikkeamien tilanne ja tehdään päätös eri osapuolten välillä niin, että oviasennukset on mahdollista toteuttaa suunnitelmien mukaisesti.

3. Työvaiheen aloituksesta pidetään aloituspalaveri, jossa käydään läpi tehtävän aloitusedellytyksiä, aloitusajankohtaa, sekä muita käytännön asioita. Aloituspalaveri pidetään muutamia viikkoja ennen aloitusajankohtaa. Aloitusajankohta varmistetaan palaverissa.
4. Työnjohtaja sopii tavaran toimittajan kanssa tarvittavien materiaalien toimituksen vastaamaan työvaiheen aloitusajankohtaa. Tämä tehdään heti aloitusajankohdan varmistuttua.
5. Työvaiheen aloitusedellytykset varmistetaan ja tarkastetaan työmaalla työn toteuttajien kanssa. Mikäli työsuoritukselle on jotain esteitä, ne pyritään poistamaan. Mikäli niitä ei voida poistaa, tehtävän aloitusajankohtaa siirretään.
6. Materiaalien kuljetus työmaalle saapuu muutamaa päivää ennen asennuksen aloitusta ja materiaalit varastoidaan asianmukaisesti.
7. Asennus aloitetaan asentamalla yksi ovi paikalleen asennusohjeiden ja käytössä olevien laatuohjeiden, sekä suunnitelmien mukaisesti. (kuva 11.) Tämä asennus toimii työvaiheen mallityönä.
8. Mallityö katselmoidaan ja dokumentoidaan suunnittelijoiden, arkkitehdin, valvojan, työnjohtajan, sekä työn toteuttajan ollessa läsnä. Katselmuksesta laaditaan pöytäkirja, johon mahdollisesti kirjatut puutteet ja huomiot korjataan.
9. Asennustyötä jatketaan hyväksytyin mallityön mukaisesti. Laatua tarkkaillaan ja valvotaan osakohteittain. Muita valmiita asennuksia vertaillaan mallityöhön ja suunnitelmiin.
10. Kaikkien asennusten ollessa valmiita, pidetään vastaanottotarkastus, jossa tarkastetaan asennusten laatu ja suunnitelmienmukaisuus. Katselmuksesta laaditaan pöytäkirja, johon kirjataan havaitut puutteet. Puutteet korjataan ja laaditut dokumentit kirjataan laatukansioon.

Näitä laadunvarmistustoimenpiteitä noudattamalla, lopputuloksesta saadaan laadukas ja metalliulko-ovien osalta suoritettavien lämpökuvausten ja ilmatiiviysmittausten mitaustulokset ovat todennäköisemmin riittäviä. Tilanteet voivat kuitenkin vaihdella ja toimenpiteistä huolimatta laatutaso ei välttämättä vastaa vaadittua. Selostetut toimenpiteet kuitenkin edesauttavat työvaiheen onnistumista ja parantavat asennuksen laatua.

5.2 Alakatot

Esimerkkikohteen kuivaushuoneeseen tulee toteutettavaksi alakattorakenne, joka on osa ääneneristävyysluokiteltua välipohjarakennetta. Jotta ääneneristysluku välipohjarakenteen osalta on riittävä, työtehtävä tulee toteuttaa laadukkaasti ja sen suunnitelmien mukaisuuteen tulee kiinnittää huomiota. Laadukkaan toteuttamisen mahdollistaa käytössä oleva laadunvarmistusjärjestelmä, jota työvaiheen toteutuksessa noudatetaan. Lähtötilanteena työvaiheen aloituksessa välipohjarakenteen ontelolaatat ovat asennettuna ja niiden alapinta on näkyvässä kuivaushuoneen katossa. Lisäksi tarvittavat tekniikka-asennukset, kuten lämpöjohdot, viemärit, sekä sähköistykset ovat asennettuna ja niiden vaatimat läpiviennit välipohjarakenteessa on tiivistetty. Tehtäväsuunnitelman laatiminen on todettu tarpeettomaksi tämän työvaiheen osalta. Ääneneristysluokitellun alakattorakenteen toteuttaminen työvaiheena vaiheittain:

1. Työnjohtaja perehtyy suunnitelmiin ja niiden toteutuskelpoisuuteen. Tämä tehdään noin kuukausi ennen työvaiheen arvioitua aloitusajankohtaa. Mikäli suunnitelmat eivät ole toteutuskelpoisia, niiden päivitystä pyydetään suunnittelijoilta.
2. Työvaiheesta pidetään aloituspalaveri, jossa käydään läpi toteutuksen kannalta olennaisia käytännön asioita, aikatauluasioita, sekä laatuun liittyviä seikkoja. Aloituspalaveri pidetään muutamia viikkoja ennen arvioitua työvaiheen aloitusta ja tarkka aloitusajankohta sovitaan palaverissa.
3. Työnjohtaja ja työn toteuttaja selvittävät yhdessä työn aloitusedellytykset ja suorittavat yhdessä mestan tarkastuksen. Mestän tarkastuksessa kartoitetaan edellisten työvaiheiden valmiusaste ja suunnitellaan keinot aloitusedellytysten varmistamiseksi työvaiheen aloitukseen mennessä.

4. Työvaiheen aloitusedellytykset hoidetaan riittäviksi ja työssä tarvittavien materiaalien, kuten runkomateriaalien, ripustusmateriaalien, eristeiden sekä kipsilevyjen määrät lasketaan ja tilataan työmaalle muutamia päiviä ennen aloitusajankohtaa.
5. Materiaalit, jotka saapuvat työmaalle, kuljetetaan työpisteen lähetyville ja varastoidaan asianmukaisesti.
6. Työvaihe aloitetaan asentamalla alakaton mallityö suunnitelmien ja käytössä olevien laatuohjeiden mukaisesti. Mallityöksi asennetaan ensin alakaton runko (kuva 12.) ja ripustetaan se järjestelmän mukaisesti. Tämän jälkeen rungon väliin tulevaa lämmöneristettä (kuva 13.) asennetaan niin, että muutamia kipsilevyjä päästään asentamaan (kuva 14.) ja kipsien saumat päästään kittamaan. (kuva 15.) Mikäli alakaton läpi tulee läpivientejä, mallityö tehdään siten, että vähintään yksi läpiviennin asianmukainen kittaus päästään katselmoimaan.
7. Mallityön ollessa valmis, se katselmoidaan suunnittelijoiden, arkkitehdin, valvojan, työnjohtajan, sekä työn toteuttajan kanssa. Mallityössä katselmoitavana on oltava alakattorunkoa ja sen ripustusmenetelmää, asennettua lämmöneristettä, kipsilevyä, sekä kipsilevyn saumojen ja läpivientien kittausta. Mallikatselmuksesta laaditaan pöytäkirja ja siinä havaitut puutteet korjataan.
8. Työvaihetta jatketaan hyväksytyin mallityön mukaisesti ja sen laatua valvotaan ja dokumentoidaan. Laatua vertaillaan mallityön laatuun ja suunnitelmiin, sekä tarvittaessa laatueroja korjataan.
9. Valmistunut alakatto katselmoidaan vastaanottotarkastuksessa ja sen laadunvarmistuksessa käytetyt toimenpiteet dokumentoidaan työmaan laatukansioon.
10. Välipohjarakenteen yläpuolisten pinnoitusten ollessa valmiita, rakenteen ääneristävyys mitataan ja tarvittavat kokeet laadun todentamiseksi suoritetaan.



Kuva 12. Alakaton runko asennettu 50 mm irti välipohjarakenteesta.



Kuva 13. Eristys asennettu rungon rankojen väliin.



Kuva 14. Alakattorakenne levytetty kaksinkertaisesti kipsilevyllä ja osa levysaumoista kitattu elastisella saumamassalla.



Kuva 15. Alakattorakenteen läpivienti kitattu elastisella saumamassalla.

Tätä ohjeistusta noudattamalla esimerkkikohteen riskirakenne, saadaan suoritettua laadukkaasti ja toteutettua siten, että rakenteelle asetetut vaatimukset täyttyvät. Toteutukseen liittyy myös paljon muita toimenpiteitä, mutta tässä selostuksessa esitetyt asiat ovat laadun kannalta kriittisiä.

6 Tulokset

Tutkimustuloksina työssä saatiin laadittua selkeä listaus laadunvarmistustoimenpiteiden kannalta kahteen työvaiheeseen asuinkerrostalotyömaan yleisissä tiloissa. Yleisten tilojen- tai sisävaiheiden työnjohtaja voi hyödyntää tutkimustuloksina tuotettuja listauksia suunnitellessaan työvaiheen toteutusta ja näin ollen varmistua teettämiensä rakenteiden laadusta. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää betonirakenteisten asuntojen uudisrakentamisessa ja opinnäytetyön tuloksena tuotettuja listauksia noudattamalla välttämään huonolaatuisesti toteutettujen rakenteiden purkamiselta. Opinnäytetyön tuloksena tuotetut tiedostot ovat laadunvarmistuksen tarkastuslistat metalliulko-ovienasennuksesta (Liite 1), sekä ääneneristävien alakattojen asennuksesta (Liite 2).

7 Yhteenveto

Opinnäytetyössä perehdyttiin kattavasti rakennushankkeissa toteutettaviin rakennusfysikaalisiin mittauksiin, sekä suunniteltiin olennaiset laadunvarmistustoimenpiteet riittävien mittaustuloksien saavuttamiseksi kahden työvaiheen osalta. Työssä haasteena oli suuren kokonaisuuden ja erilaisten menetelmien yhdistäminen toisiinsa. Työn tuloksena saatiin hankittua yritykselle tarpeellista tietoa, sekä sovellettua sitä osana laadunvarmistamista. Yrityksen esittämään ongelmaan saatiin luotua ratkaisu, jota pystytään hyödyntämään tulevissa hankkeissa. Alkuperäiseen tutkimussuunnitelmaan kuuluneita lämpökuvauksia, sekä muita mittauksia esimerkkikohteesta ei työn aikana pystytty toteuttamaan aikataulujen yhteensovitusongelmien vuoksi. Laatujärjestelmän mukaisesti toteutetuista rakenteista otettuja mittaustuloksia olisi alkuperäisen suunnitelman mukaan vertailtu referenssikohteiden riittämättömiin mittaustuloksiin. Opinnäytetyö saatiin tästä huolimatta laadittua palvelemaan yrityksen tarpeita.

Lähteet

1. Verkkoaineisto. Peab Oy. <https://peab.fi/peab/> Luettu 2.3.2020
2. Rakennustöiden laatu 2017. Viro: Meedia Zone Oü. 2016.
3. Osakohteen tarkastusohje. Peab Oy. 2020.
4. Työvaiheenvastaanotto tarkastusohje. Peab Oy. 2020.
5. Rakennusfysikaaliset mittaukset ohje. Peab Oy. 2020.
6. Paloniitty, Sauli – Paloniitty, Juho – Haimilahti, Jouni. Lämpökuvaus rakentamisessa. Vaasa: OY FRAM AB. 2016.
7. Paloniitty, Sauli. Rakennusten tiiviysmittaus. Tampere: Tammerprint Oy. 2012.
8. Kylliäinen, Mikko. Kivitalojen ääneneristys. Tampere: Tammerprint Oy. 2011.
9. Ympäristöministeriö. Ääneneristys rakennuksessa. Tampere: Tammer-paino Oy. 2003
10. Toivola, Pekka. 2020 Termolog Oy, Helsinki. Haastattelu 13.3.2020.
11. Verkkomyymälä. SLO Oy. <https://verkkokauppa.slo.fi/fi/lampokamera-flir-t1020-45-1024x768-6708140> Luettu 5.3.2020
12. Verkkomyymälä. Lookline srl. <http://www.lookline.com/Inglese/Tapping%20machine.htm> Luettu. 26.2.2020
13. Verkkomyymälä. Norsonic AS. https://web2.norsonic.com/product_single/dodecahedron-loudspeaker-nor276/ Luettu.7.3.2020
14. Verkkomyymälä. Noisemeters Inc. <https://www.noisemeters.com/product/cr/optimus/green/cr170b/> Luettu.7.3.2020

LAADUNVARMISTUKSEN TARKASTUSLISTA METALLIULKO-OVIEN ASENNUS

1. Työvaiheen työnjohtaja tarkastaa suunnitelmien toteutuskelpoisuuden eli vertaa rakennuksen pohjakuvia metalliovikaavioihin ja muihin suunnitelmiin, sekä tarkastaa mahdollisten liitosdetaljeiden toteutuskelpoisuuden. Tämä suoritetaan noin 1 kuukausi ennen työvaiheen aloitusta.
Työnjohtajan kuittaus ja pvm: _____
2. Työvaiheen työnjohtaja tarkastaa tilaussopimuksista ulko-ovien alustavan toimitusajan ja tarkentaa aikataulun tavaran toimittajalle. Samalla selvitetään mahdollisesti havaittujen suunnitelmavirheiden tai -poikkeamien tilanne ja tehdään päätös eri osapuolten välillä niin, että ovi-asennukset on mahdollista toteuttaa suunnitelmien mukaisesti.
Työnjohtajan kuittaus ja pvm: _____
3. Työvaiheen aloituksesta pidetään aloituspalaveri, jossa käydään läpi tehtävän aloitusedellytyksiä, aloitusajankohtaa, sekä muita käytännön asioita. Aloituspalaveri pidetään muutamia viikkoja ennen aloitusajankohtaa. Aloitusajankohta varmistetaan palaverissa.
Työnjohtajan kuittaus ja pvm: _____
4. Työnjohtaja sopii tavaran toimittajan kanssa tarvittavien materiaalien toimituksen vastaamaan työvaiheen aloitusajankohtaa. Tämä tehdään heti aloitusajankohdan varmistuttua.
Työnjohtajan kuittaus ja pvm: _____
5. Työvaiheen aloitusedellytykset varmistetaan ja tarkastetaan työmaalla työn toteuttajien kanssa. Mikäli työsuoritukselle on jotain esteitä, ne pyritään poistamaan. Mikäli niitä ei voida poistaa, tehtävän aloitusajankohtaa siirretään.
Työnjohtajan kuittaus ja pvm: _____
6. Materiaalien kuljetus työmaalle saapuu muutamaa päivää ennen asennuksen aloitusta ja materiaalit varastoidaan asianmukaisesti.
Työnjohtajan kuittaus ja pvm: _____

7. Asennus aloitetaan asentamalla yksi ovi paikalleen asennusohjeiden ja käytössä olevien laatuohjeiden, sekä suunnitelmien mukaisesti. Tämä asennus toimii työvaiheen mallityönä.
Työnjohtajan kuittaus ja pvm: _____
8. Mallityö katselmoidaan ja dokumentoidaan suunnittelijoiden, arkkitehdin, valvojan, työnjohtajan, sekä työn toteuttajan ollessa läsnä. Katselmuksesta laaditaan pöytäkirja, johon mahdollisesti kirjatut puutteet ja huomiot korjataan.
Työnjohtajan kuittaus ja pvm: _____
9. Asennustyötä jatketaan hyväksytyyn mallityön mukaisesti. Laatu tarkkaillaan ja valvotaan osakohteittain. Muita valmiita asennuksia vertaillaan mallityöhön ja suunnitelmiin.
Työnjohtajan kuittaus ja pvm: _____
10. Kaikkien asennusten ollessa valmiita, pidetään vastaanottotarkastus, jossa tarkastetaan asennusten laatu ja suunnitelmien mukaisuus. Katselmuksesta laaditaan pöytäkirja, johon kirjataan havaitut puutteet. Puutteet korjataan ja laaditut dokumentit kirjataan laatukansioon.
Työnjohtajan kuittaus ja pvm: _____
11. Tarvittavat mittaukset ja kokeet rakenteen toimivuuden ja laadun todentamiseksi suoritetaan.
Työnjohtajan kuittaus ja pvm: _____

LAADUNVARMISTUKSEN TARKASTUSLISTA ÄÄNENERISTÄVÄN ALAKATON ASENNUS

1. Työnjohtaja perehtyy suunnitelmiin ja niiden toteutuskelpoisuuteen. Tämä tehdään noin kuukausi ennen työvaiheen arvioitua aloitusajankohtaa. Mikäli suunnitelmat eivät ole toteutuskelpoisia, niiden päivytystä pyydetään suunnittelijoilta.

Työnjohtajan allekirjoitus: _____

2. Työvaiheesta pidetään aloituspalaveri, jossa käydään läpi toteutuksen kannalta olennaisia käytännön asioita, aikatauluasioita, sekä laatuun liittyviä seikkoja. Aloituspalaveri pidetään muutamia viikkoja ennen arvioitua työvaiheen aloitusta ja tarkka aloitusajankohta sovitaan palaverissa.

Työnjohtajan allekirjoitus: _____

3. Työnjohtaja ja työn toteuttaja selvittävät yhdessä työn aloitusedellytykset ja suorittavat yhdessä mestan tarkastuksen. Mestan tarkastuksessa kartoitetaan edellisten työvaiheiden valmiusaste ja suunnitellaan keinot aloitusedellytysten varmistamiseksi työvaiheen aloitukseen mennessä.

Työnjohtajan allekirjoitus: _____

4. Työvaiheen aloitusedellytykset hoidetaan riittäviksi ja työssä tarvittavien materiaalien, kuten runkomateriaalien, ripustusmateriaalien, eristeiden sekä kipsilevyjen määrät lasketaan ja tilataan työmaalle muutamia päiviä ennen aloitusajankohtaa.

Työnjohtajan allekirjoitus: _____

5. Materiaalit, jotka saapuvat työmaalle, kuljetetaan työpisteen lähetyville ja varastoidaan asianmukaisesti.

Työnjohtajan allekirjoitus: _____

6. Työvaihe aloitetaan asentamalla alakaton mallityö suunnitelmien ja käytössä olevien laatuohjeiden mukaisesti. Mallityöksi asennetaan ensin alakaton runko ja ripustetaan se järjestelmän

mukaisesti. Tämän jälkeen rungon väliin tulevaa lämmöneristettä asennetaan niin, että muutamia kipsilevyjä päästään asentamaan ja kipsien saumat päästään kittamaan. Mikäli alakaton läpi tulee läpivientejä, mallityö tehdään siten, että vähintään yksi läpiviennin asianmukainen kittaus päästään katselmoimaan.

Työnjohtajan allekirjoitus: _____

7. Mallityön ollessa valmis, se katselmoidaan suunnittelijoiden, arkkitehdin, valvojan, työnjohtajan, sekä työn toteuttajan kanssa. Mallityössä katselmoitavana on oltava alakattorunkoa ja sen ripustusmenetelmää, asennettua lämmöneristettä, kipsilevyä, sekä kipsilevyn saumojen ja läpivientien kittausta. Mallikatselmuksesta laaditaan pöytäkirja ja siinä havaitut puutteet korjataan.

Työnjohtajan allekirjoitus: _____

8. Työvaihetta jatketaan hyväksytyyn mallityön mukaisesti ja sen laatua valvotaan ja dokumentoidaan. Laatua vertaillaan mallityön laatuun ja suunnitelmiin, sekä tarvittaessa laatupoikkeamia korjataan.

Työnjohtajan allekirjoitus: _____

9. Valmistunut alakatto katselmoidaan vastaanottotarkastuksessa ja sen laadunvarmistuksessa käytetyt toimenpiteet dokumentoidaan työmaan laatukansioon.

Työnjohtajan allekirjoitus: _____

10. Välipohjarakenteen yläpuolisten pinnoitusten ollessa valmiita, rakenteen ääneneristävyys mitataan ja tarvittavat kokeet laadun todentamiseksi suoritetaan.

Työnjohtajan allekirjoitus: _____