

Katri Yrjölä

Rakennetiivistyksien kustannukset korjausrakennuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinööriytyö

15.4.2019

Tekijä Otsikko	Katri Yrjölä Rakennetiivistysten kustannukset korjausrakennuksessa
Sivumäärä Aika	31 sivua + 2 liitettä 15.4.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat	lehtori Niilo Kemppainen työpäällikkö Tuomas Vitikainen
<p>Tämän insinöörityön tarkoituksena oli tuottaa tilaajayritykselle, Rakennus Oy Antti J. Aholalle, kustannustietoutta rakennetiivistystyöhön liittyen. Työssä selvennettiin kustannuslaskennan vaatimia tunnuslukuja, joilla tarkoitetaan esimerkiksi työhön liittyviä yksikköhintoja perusteineen.</p> <p>Tutkimuksen näkökulma projektinjohtourakoitsijan kannalta oli saada tietoa työvaiheen kustannuksista aliurakoitsijan toteutuneiden kustannuksien mukaan. Rakennetiivistysurakoitsijan työnjohtokustannukset huomioitiin tutkimuksessa, mutta opinnäytetyön tilaajayrityksen työnjohtokustannuksia ei huomioitu.</p> <p>Opinnäytetyö perustui lähdekohteen työkohtaisiin suunnitelmiin, haastatteluun, työmaan aikana tulleisiin tietoihin sekä työtuntilistauksiin ja laskutositteisiin, joista saadaan kerroskohtaisia kustannuksia. Opinnäytetyössä hyödynnettiin myös yleisiä tuotantotiedostoja, esimerkiksi asetuksia ja RT-kortteja.</p> <p>Työn aikana syntyneitä tuloksia tilaajayritys voi hyödyntää kustannuslaskennassa rakennetiivistykseen liittyen, urakkalaskennan onnistumista varten. Lisäksi tarkoituksena oli lisätä tietoutta kyseisten tiivistysten kustannustehokkaasta ja laadukkaasta toteutustavasta.</p>	
Avainsanat	Rakennetiivistys, tiivistäminen, sisäilmakorjaus

Author Title	Katri Yrjölä Costs of Structural Sealing in Renovation
Number of Pages Date	31 pages + 2 appendices 15 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Project Management of Construction
Instructors	Niilo Kemppainen, Senior Lecturer Tuomas Vitikainen, Project Manager
<p>The purpose of this thesis is to provide cost information on structural sealing work for the commissioning company and in cooperation with Rakennus Oy Antti J. Ahola. This work clarifies the key figures for cost accounting and example unit prices for the work with justifications.</p> <p>The project management contractor's point of view was to get information about the costs of the working stage according to the subcontractor's actual costs. The work management costs of the structural sealing contractor were included, but not the work management costs of the commissioning company.</p> <p>This research was based on a source destination's job level plans, interviewing, the knowledge gained during the construction site, and the list of working hours and billing documents. In addition, general production files, such as settings and building information cards, were used in this thesis.</p> <p>The results of this research can be used by the commissioning company for calculating the costs of structural sealing work for successful contract calculation. In addition, the purpose was to raise awareness of these sealing's cost-effective and high-quality implementation.</p>	
Keywords	Sealing structure, compaction, indoor air quality renovation

Sisällys

Lyhenteet ja selitteet

1	Johdanto	1
2	Tutkimusalueen teoriaperusta	2
2.1	Rakennetiivistäminen	2
2.2	Asetukset ja määräykset	3
2.3	Toimintamenetelmät	4
2.3.1	Tiivistysratkaisut ja -menetelmät	5
2.3.2	Käytettävät materiaalit	6
2.4	Kustannusten koostuminen	8
2.5	Laadunvarmistus	8
2.5.1	Congrid	8
2.5.2	Merkkiainekoe	9
3	Tutkimusmenetelmät	12
3.1	Työryhmät	12
3.2	Työntekijöiden tunti- ja vuorokausilista	15
3.3	Työalue ja osastot	15
3.4	Toteutuneet kustannukset	16
3.5	Työn laadunvarmistus	16
3.6	Työn kehittäminen	18
4	Tulokset ja niiden tarkastelu	19
4.1	Työkustannukset	20
4.1.1	Siivous, raivaus ja logistiikka	21
4.1.2	Suojaus ja osastointi	21
4.1.3	Purku	22
4.1.4	Tiivistys	23
4.1.5	Tasointi ja maalaukset	24
4.1.6	Työkustannuksien tarkastelun yhteenveto	25
4.2	Kokonaiskustannukset	27
4.3	Pohdinta	28
5	Yhteenveto	30
	Lähteet	31

Liitteet

- Liite 1. Rakennustieto, Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein, Raportointi
- Liite 2. Tuntilista tiivistystyöhön

Lyhenteet ja selitteet

ETA-arvio	Eurooppalainen tekninen arvio. CE-merkintä on alustava vapaaehtoinen valmistaja- tai tuotekohtainen arvio.
Haitta-aine	Terveyttä vaarantava aine tai rakennusmateriaali.
Ilmatiiveys	Rakenteiden ja rakenneosien kyky estää luonnollisen tai pakotetun ilmavirran kulkeutuminen rakenteen läpi.
Ilmavuoto	Rakennuksen rakenteen raoista ja rei'istä tarkoituksen vastaisesti kulkeva ilmavirtaus.
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki
Radon	Näkymätön ja hajuton radioaktiivinen jalokaasu.
VTT	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehdään yhteistyössä toimeksiantajayrityksen, Rakennus Oy Antti J. Aholan kanssa. Rakennetiivistäminen saneerauskohteista on yleisesti suuressa kasvussa ja siksi työn aiheeksi valitui *rakennetiivistyksien kustannukset korjausrakentamisessa*. Yritys esitti toiveensa työn aiheesta saada kustannustietoutta rakennetiivistämisestä kustannuslaskentaan.

Opinnäytetyö perustuu yrityksen erääseen tämän hetkiseen työmaahan, jossa työvaiheisiin kuuluu rakennetiivistys. Työssä hyödynnetään kyseisen työvaiheen aikana saatuja yksikköhintoja ja muodostuneita määriä. Opinnäytetyön tulosta tilaajayritys voi hyödyntää tulevaisuudessa vastaavien tiivistystyöurakoiden urakkalaskentakohteiden hinnoittelussa.

Työn tarkoituksena on tuottaa yritykselle kustannuslaskennan vaatimia tunnuslukuja rakennetiivistystyöhön liittyen, urakkalaskennan onnistumista varten. Tunnuslukuina tarkoitetaan esimerkiksi työhön liittyviä yksikköhintoja perusteineen. Lisäksi tarkoituksena on lisätä tietoutta kyseisten tiivistysten kustannustehokkaasta ja laadukkaasta toteutustavasta.

Opinnäytetyö rajataan kiinteistön vanhemman rakennuksen, 1938 rakennetun kiinteistön, 3. ja 4. kerroksien rakenneliittymien tiivistystyöhön, ja sen toteutuneisiin työ-, materiaali-, sekä työvälinekustannuksiin. Tämän projektin tilaajayrityksen, eli Rakennus Oy Antti J Aholan työnjohtokustannuksia ei huomioida tässä opinnäytetyössä, mutta tiivistystyön suorittavan urakoitsijan työnjohtokustannukset huomioidaan.

Työ sisältää salassa pidettäviä asioita, kuten kustannukset. Tästä syystä raportin julkaisussa versiossa puhutaan x-arvoisista kustannussummista, sekä tilastot käsitellään usein tunti-yksiköllä.

2 Tutkimusalueen teoriaperusta

Perusteena opinnäytetyössä toimivat rakennesuunnitelmat, haastattelut, työmaan aikana esille tulleet tiedot, sekä työtuntilistaukset ja laskutositteista, joiden avulla saadaan laskettua kerroskohtaisia kustannuksia. Lisäksi opinnäytetyössä hyödynnetään myös yleisiä tuotantotiedostoja, esimerkiksi asetuksia ja RT-kortteja.

Kyseisen tiivistystyöurakan kohteena on Helsingin Hakaniemessä sijaitseva toimistorakennus, joka toimii tämän opinnäytetyön lähdekohteena. Kohteessa tehdään tiivistyskorjauksia hajuhaittojen, ihmisten kokemien oireiden ja ilmavuotojen takia. Ongelman lähteenä pidetään ikkunoiden tilkeraossa sijaitsevaa vanhaa rivetystä.

2.1 Rakennetiivistäminen

Rakenteiden tiivistäminen on korjausmenetelmä, jossa estetään hallitsemattomien ilmavuotojen kulkeutuminen ulkoseinärakenteiden, sekä ylä- ja alapohjarakenteiden kautta sisäilmaan. Haitta-aineiden kapselointi puolestaan tarkoittaa haitta-aineiden jättämistä rakenteeseen, estämällä kokonaan niiden kulkeutuminen sisäilmaan. Tämä toimintamenetelmä soveltuu parhaiten tiivistyskorjauksiin, kun haitta-aineet sijaitsevat rakenteissa rajallisella alueella.

Tiivistyskorjauksia tehdään, kun vaurioitunutta rakennetta ei ole taloudellisesti tai teknisesti järkevä purkaa ja uudelleen rakentaa. Korjauksien tehtävänä on ensisijaisesti parantaa vaipparakenteiden sisäpintojen ilmatiiveyttä ja estää hallitsemattomien ilmavuotojen kulku sisäilmaan, jolloin haitallisten aineiden kulkeutumista saadaan myös estettyä.

Suomessa rakenteiden tiivistyksiä on tehty korjausratkaisuna jo 1980-luvulta alkaen. Tuolloin tiivistyksiä on tehty pääosin estäessä radonin kulkua sisäilmaan. Muihin sisäilmaongelmin liittyen rakenteiden tiivistämisiä korjausratkaisuna on käytetty 1990-luvulta lähtien.

Tiivistyskorjauksia tehtiin niiden alkuvaiheilla erittäin pienellä suunnittelulla, sekä toteutus tapahtui lähinnä vain kittaamalla. Näiden takia tiivistyskorjaamisen lopputulos ei ollut toivotun kaltainen. Näin rakennetiivistäminen sai huonon maineen, joka heijastuu vielä tähän päivään asti.

Nykyään sisäilmaongelmiin suhtaudutaan vakavasti. Tiivistyskorjauksien menetelmät ja materiaalit ovat kehittyneitä ja suunnitteluun, sekä laadunvarmistamiseen kiinnitetään paljon aiempaa enemmän huomiota. Jo ennen suunnittelua tehdään riittävät tutkimukset ja esiselvitykset tiivistettävästä rakennuksesta. Kun ongelma rakenteissa on tarkasti selvitetty, tiivistysmahdollisuus on todettu tarpeelliseksi ja toteutettavuus mahdollista, aloitetaan ammattitaitoinen suunnittelu. Suunnittelija suunnittelee rakennetiivistämisen menetelmän ja luo detalji -kohtaiset suunnitelmat rakenteista.

Toteutusvaiheessa tehdään suunnittelijan mukaisten suunnitelmien perusteella mallialue, jonka toimivuus todetaan merkkiainekokeen avulla. Tiivistyksessä käytettävät materiaalit voidaan tyypittää suunnittelijan toimesta, mutta usein määräytyvät tiivistysurakoitsijan mahdollisten tottumusten ja erikoistumisien perusteella. Materiaalit tulee kuitenkin olla CE-merkittyjä ja hyväksytyjä tuotteita. [2, 3.]

2.2 Asetukset ja määräykset

Hyvä sisäilma on tänä päivänä merkittävässä roolissa, joten siihen sekä sen parantamiseen kiinnitetään entistä enemmän huomiota. Sisäilma on rakennuksen sisätiloissa hengitettävää ilmaa ja sen laatu vaikuttaa kiinteistöä käyttävien terveyteen, viihtyvyyteen ja tuottavuuteen. Laadullisesti sisäilma on hyvää, jos siihen ei kiinnitä erityistä huomiota esimerkiksi hajun, hengittävyyden tai terveydellisten ongelmien takia. [4, 5, 6.]

Rakennuksen terveellisyydestä säädetään myös Suomen laissa. Alla lainaus MRL:n 17 luku *Rakentamisen yleiset edellytykset* pykälässä 117 c *Terveellisyys*

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitteluun ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen. Rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman

epäpuhtauksien, säteilyn, veden tai maapohjan pilaantumisen, savun, jäteveden tai jätteen puutteellisen käsittelyn taikka rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi.

Rakentamisessa on käytettävä tuotteita, joista ei niiden suunnitellun käyttöajan aikana aiheudu sisäilmaan, talousveteen eikä ympäristöön sellaisia päästöjä, joita ei voida pitää hyväksyttävänä. Rakennuksen järjestelmien ja laitteistojen on sovellettava tarkoitukseensa ja ylläpidettävä terveellisiä olosuhteita.

Ympäristöministeriön asetuksella voidaan antaa uuden rakennuksen rakentamista, rakennuksen korjaus- ja muutostyötä sekä rakennuksen käyttötarkoituksen muutosta varten tarvittavia tarkempia säännöksiä rakennukselta edellytettävistä terveellisyyteen liittyvistä fysikaalisista, kemiallisista ja mikrobiologisista olosuhteista, taloteknisistä järjestelmistä ja laitteistoista sekä rakennustuotteista. [7.]

Sisäilmayhdistys ry on laatinut sisäilmastoluokitus 2018 -asiakirjan, joka löytyy myös rakennustiedon kortistosta. Sisäilmastoluokitus 2018 on tarkoitettu terveellisemmän ja viihtyisämmän rakennuksen suunnittelua sekä rakentamista varten. Säädetty sisäilma- tonluokitukset ovat S1 Yksilöllinen sisäilmasto, S2 Hyvä sisäilmasto ja S3 Tyydyttävä sisäilmasto. Kaikki luokitukset vastaavat MRL:ssä ja terveydensuojelulaissa asetettuihin vähimmäisvaatimuksiin, S1 luokalla päästään kuitenkin parhaimpaan käyttäjätuetyväsyyteen. [8.]

2.3 Toimintamenetelmät

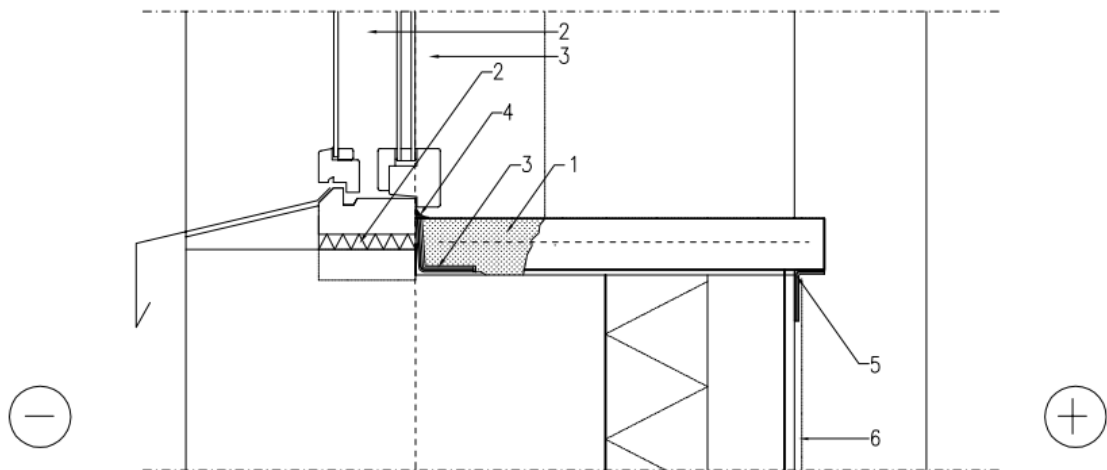
Rakennetiivistykset tulee toteuttaa menetelmillä ja tuotteilla, jotka ovat yhteensopivia sekä keskenään, että tiivistettävän alustan kanssa. Hyvän tuloksen varmistamiseksi kohteesta on tehtävä tarkat ja ammattitaitoiset suunnitelmat, joita toteuttaa pätevä ja suunnitelmat, sekä menetelmät tunteva tekijä. Laadun varmistamiseksi kohdetta ja työtä tulee valvoa asianmukaisesti. Tiivistystuotteiden laatu ja toimivuus kohteessa voidaan varmistaa esimerkiksi merkkiainekokein aikaisintaan 12 tunnin kuluttua asennuksesta.

Lähterakennuksessa on käytetty suunnittelijan ehdottamaa Ardex:in vedeneristystuoteperhettä. Tiivistysurakoitsijan työntekijöitä on suorittanut VTT:n tiivistystyösertifikaatin sekä Ardex:in tuotesertifikaatin, jonka myötä kyseisen tuoteperheen tuotteet ovat olleet heillä käytössä ja hyväksi todettu. Lisäksi Ardex-sisäilmakorjausjärjestelmä täyttää sisäilmakohteiden vaatimukset (esimerkiksi haitta-aineiden läpäisevyystutkimus ja rakennusmateriaalien M1 päästöluokitus) tutkitusti. [3, 9.]

2.3.1 Tiivistysratkaisut ja -menetelmät

Alapohjan ja läpivientien, seinän ja lattian rajakohdan sekä ikkunakarmien reuna-alueiden ilmapuotokorjaukset toteutetaan tiivistämällä. Tietyt korjausehdotukset, kuten Ar-dexin, kestävät rakenteen hiushalkeamia. Mikäli odotetaan isompia liikkeitä, on liikunta-saumojen tekeminen suotavaa.

Tiivistyskorjauksessa vanhat materiaalit poistetaan rakenteesta kovaan pintaan (esimerkiksi laattarakenteeseen) asti ja puhdistetaan aineista, jotka heikentävät tartuntaa (kuva 1). Hiontapölyt tulee puhdistaa teollisuusimurilla. Tiivistettävän betonialustan pitää olla kantavaa, lujaa, kiinteää sekä täysin puhdasta, jotta korjauksen onnistumisen edellytykset täyttyvät. Tämän kohteen tiivistysalueilta poistetaan ongelmakohtana oleva ikkunoiden tilkeraon vanha rivetys, purkamisen jälkeen sen tilalle asennetaan joustava SPU-vahto.



Kuva 1. Rakennesuunnittelija, Periaatedetalji ikkunarakenteiden liittymisestä seinärakenteisiin.

Puhdistetut betonialustat pohjustetaan soveltuvalla pohjustusaineella ja tasoitetaan taiseksi alustasta riippuen sopivalla tasoitteella. Tasoitettuun pintaan sivellään vedeneristettä, märkään massaan sijoitetaan vahvistusnauha, joka tulee olla tiiviisti alustassa kiinni. Epätasaisia pintoja ei tasoituksessa saa jäädä, ettei alustan ja vahvistusnauhan väliin jää ilmataskuja. Nauhan kuivuttua alustaan kiinni, levitetään sen yli toinen kerros vedeneristettä.

Tiivistämisen jälkeen korjausalueet tasoitetaan, lattiapinnat tasoitetaan tulevan pinnoitteen mukaan oikeaan korkoon vesieristeen päälle. Seinäpinnoissa tasoitteen kanssa käytetään vahvistusverkkoa. Matala-alkaliset tasoitteet voidaan päällystää vuorokauden kuluttua, esimerkiksi M1-luokitelluilla sisämaaleilla. Lattiapäällysteet tulee kiinnittää päällysteeseen soveltuvalla liimalla tai laastilla, jotta tiiviste ei puhkea. Peitelevyt sekä -listat tulee myös kiinnittää tiivistystä vahingoittamatta, liimaamalla tai asentamalla listanaulat mahdollisimman kauas tiivistetystä rakenneliittymästä. [3,9.]

2.3.2 Käytettävät materiaalit

Kaikki rakennusmateriaalit tulee olla hyväksytyjä, M1-päästöluokiteltuja ja CE-merkityjä, eli kyseisen tuotteen direktiivit täyttäviä, tuotteita. Kaikki alla luetellut tuotteet omaavat nämä vaatimukset, pois lukien tuotteet, jotka eivät kuulu harmonisoidun tuotestandardin piiriin. [10.]

Pohjustus

Pohjustusaineen tarkoitus on parantaa tasoitteen tartuntaa ja työstettävyyttä, estää tasoitteeseen ilmakuplien syntyä sekä tekee alustalle vettähykivän pinnan. Tämä pinta vähentää kosteuden siirtymistä tasoitteesta alistaan ja rakenteisiin. Pohjustusaineena lähdekohteessa käytetään tuotetta Ardex P 51. Tuoteryhmä ei omista harmonisoitua tuotestandardia, joten CE-merkintä ei tuotteessa ole pakollinen. [10.]

Pohjan täyttö ja tasoitus

Tiivistystä ennen tulee varmistua, että alusta on tasainen, yhteneväinen ja suunnitellulla syvyydellä tiivistämisen kannalta. Käytössä oleva oikaisumassa Ardex K 75:n on itsetasoittuva sementtipohjainen massa, jota voidaan käyttää tasoitukseen ja oikaisuun ennen pintamateriaaleja. Käyttöpaksuus on 3 - 50 millimetriä. Mikäli alusta vaatii paksumman tasoituksen (esimerkiksi ikkunasyvennyksissä) voidaan käyttää Ardex A 950 korjausmassaa, jossa kerrospaksuus voi olla edellistä paksumpi. [10.]

Tiivistys

Itse tiivistystyö tehdään vedeneristemassalla (kuva 2). Sementtipohjainen 2-komponenttinen massa, Ardex 8+9, on tarkoitettu pääasiassa märkätilojen ja parvekkeiden vedeneristämiseen, mutta sillä voidaan myös esimerkiksi tiivistää sisäilmaan pyrkiviä ilma-
vuotoja.

Ardex'in tuote 8+9 ei ole harmonisoidun tuotestandardin piirissä. Sen ETA-arvio, eli eurooppalainen tekninen arvio, on numero ETA-15/0458. [10.]



Kuva 2. Vasemmalla tiivistetyt ikkunaliittymät. Oikealla lattian ja seinän liittymän suoritettu tiivistystyö.

Pinnan tasoitus

Tiivistetty alue viimeistellään Ardex F 5 -tasoitteella, joka on kuituvahvistettu sementtipohjainen tasoittamiseen, paikkaamiseen ja oikaisuun suunnattu tasoite. Tasoitteen väri on valkoinen, joten pinta vaatii vähemmän pintakäsittelyä. [10.]

2.4 Kustannusten koostuminen

Työvaiheen kustannukset koostuvat työnjohto- ja työntekijätunneista, materiaalikustannuksista sekä laitteiden ja tarvikkeiden kustannuksista. Työntekijätuntien määrä perustuu kuitattuihin tunti-listoihin ja laskutettuihin tunteihin. Materiaalikustannukset muodostuvat kirjatuista aineista laskutettujen materiaalien hintojen mukaan. Tarvikkeiden kustannukset muodostuvat työhön käytettyjen välineiden laskutettuihin määriin.

Kustannusarvio ennen urakan alkamista oli x € ja opinnäytetyön tarkasteltavilta alueilta x €, hinta on arvio ja perustuu aikaisempiin tiivistystyöurakoihin. Kustannusarvion lisäksi tiivistysurakoitsija toimitti yksikköhintaluettelon. Vanhat rakennukset kuitenkin voivat sisältää suunnitelmien poikkeavuuksia, joten tarkan hinnan antaminen on mahdotonta.

Urakan edetessä huomattiin, ettei kustannusarvio vastaa työn aikana muodostuneita kuluja. Uusi kustannusarvio laadittiin noin kolmen kuukauden kuluttua urakan alkamisesta, arvioksi muodostui x € ja tämän työn tarkasteltavilta alueilta noin x €.

2.5 Laadunvarmistus

Rakennesuunnittelija on määrittänyt työvaiheen laadunvarmistusmenetelmän laatimisan suunnitelmissa. Vaatimuksena on alkuvaiheessa tehtävä mallityöalue, jossa tarkastetaan niiden ilmatiiveys vähintään 12 tuntia tiivistämisestä, mutta kuitenkin ennen liittymien peittämistä. Tarkastus tehdään merkkiainekokeella, joka katselmoidaan rakennesuunnittelijan läsnä ollessa.

2.5.1 Congrid

Jatkuvaa rakennetiivistystyön laadunvarmistusta suoritetaan dokumentoimalla jokainen ikkuna ja läheiset rakenneliittymät eri työvaiheissa. Aliurakoitsija suorittaa tiivistystyöurakan ohella dokumentointia käyttäen apuna Congrid-ohjelmistoa. Myös pääurakoitsija suorittaa laadunvarmistusta kyseisestä työvaiheesta yleisellä tasolla. Jatkuvaa

laadunvarmistusta suoritetaan lisäksi rakennesuunnittelijan toimesta, tekemällä merkkiainekokeita pistokoeluoontoisesti tiivistettyihin aloihin.

Congrid on rakennustuotannon hallintaan perustuva ohjelmisto, jonka tarkoitus on esimerkiksi helpottaa työmaalla tehtävien tarkastusten suorittamista paperittomasti. Ohjelmistolla pyritään yleisesti helpottamaan tuotannon turvallisuuden- ja laadunhallintaa. [11, 12.]

2.5.2 Merkkiainekoe

Merkkiainekoe on tutkimusmenetelmä, jossa selvitetään rakenteen sisällä ja sen lävitse kulkevia ilmavirtauksia. Kokeessa käytetään välineinä erityistä kaasua ja siihen reagoivaa mittalaitetta. Merkkiainekoe on herkkä tunnistamaan erittäin pieniä ja yksittäisiä vuotoja. Kokeen avulla saatuja tietoja voidaan käyttää monella tapaa, esimerkiksi sisäilmaongelmien selvittämisessä, lähtötietoina korjaussuunnittelussa ja energiatalouden parantamissuunnittelussa sekä laadunvarmistuksessa niin uudis- kuin korjausrakentamisessa.

Ilmatiiveyden tarkastaminen tulee suorittaa RT kortin 14-11197 mukaisesti. Merkkiainekokeen voi suorittaa henkilö, jolla on rakennusalan teknikkotason koulutus tai vastaava määrä suoritettuja opintoja. Tämän lisäksi henkilöllä tulee olla rakennusfysiikan opintoja 4,5 opintopistettä tai lisäopintoina suoritettu hyväksytysti kosteus- tai tiiveysmittaajan tai lämpökuvaajan pätevyys. Vastaavalla merkkiainetutkijalla pitää olla myös vähintään kolmen vuoden työkokemus koulutuksen alaisista rakennusalan töistä.

Merkkiainekoe suoritetaan:

Aloittamalla tilan painesuhteiden tarkistuksella, mahdollisuuksien mukaan mitattavan rakenteen kohdalta. Tuuli on merkittävä haitta mittaukselle, joten kokeen suorittaminen ei ole suositeltavaa, mikäli tuuli on nopeampaa kuin 6 metriä sekunnissa. Mitattava tila asetetaan alipaineiseksi, sillä koe tulee tehdä -10 Pascalista -15 Pascaliin alipaineessa. Tämän voi suorittaa joko työmaan alipaineistuskalustolla tai kokonaan erillisellä puhallinlaitteistolla. Tilan tulee olla myös tiivis muualta tulevista ilmapuodoista.

Merkkiainekaasun syöttö rakenteeseen tapahtuu ensisijaisesti rakennuksen sisäpuolelta (kuva 3). Ennen kaasun syöttöä, tulee syöttöletku tiivistää pintaan huolellisesti, sekä laskea tai arvioida kaasun tarvittava määrä. Kaasun syötettyä tulee syöttöreikä teipata huolellisesti umpeen, ettei kaasu poistu tästä reiästä ennen varsinaista mittaamista.



Kuva 3. Merkkiainekaasun syöttämiseen käytetty laite.

Seuraavaksi suoritetaan mittaus eli ilmavuotojen havainnointi analysaattorin avulla (kuva 4). Aluksi kartoitetaan alue ylimalkaisesti suurella herkkyydellä, jonka jälkeen tutkitaan havaittujen vuotokohtien voimakkuus. Erityistä huomiota tulee kiinnittää liitoksiin, saumoihin sekä läpivienteihin. Mikäli vuotokohta ei ole selkeä voi rakennetta tuulettaa ja toistaa mittauksen tai jos havainnot ei ole selkeitä on syytä mittaus suorittaa uudelleen.



Kuva 4. Merkkiainekokeen mittausvaiheessa mitataan rakenteesta kulkeutuvia ilmavuotoja.

Vuotokohdat merkataan havaintojen mukaan esimerkiksi teipillä, johon voidaan tarvittaessa merkitä tarkentavia tietoja. Mitatut alueet merkintöineen kuvataan ja dokumentoidaan. Mittauksessa tulisi aina olla tekijä tai korjaaja mukana, jotta korjattavat asiat saadaan käytyä samalla läpi ja estetään mahdollisten virheiden toistuminen.

Merkkiainekokeesta laaditaan aina kirjallinen raportti, jonka perusteella nähdään kokeen toteutus ja mahdolliset perusteet korjauksille. Raportin ohjeet on määritelty rakennustietokortissa 14-11197 (liite 1). [13.]

3 Tutkimusmenetelmät

3.1 Työryhmät

Tiivistystyössä käytetään työnjohdon lisäksi neljää eri työryhmää, kukin työryhmä suorittaa omaa työvaihettaan. Työvaiheita ovat suojaus ja osastointi, rakenteiden purku, tiivistys sekä tasoitus ja maalaus.

Työ aloitetaan suojaamalla tiivistystyöhön kuulumattomat pinnat, osastoimalla työalueet kukin omaan osastoon sekä asentamalla alipaineistus (kuva 5). Osastoinnin rakentaminen on tärkeää, jotta purkutöissä muodostuva pöly saadaan hallittua ja suoritettua muita työvaiheita pölyttävien purkutöiden aikana samassa tilassa.



Kuva 5. Suojaseinien ja osastoinnin runko tekeillä.

Rakenteiden purkuvaiheessa tiivistettävät alueet piikataan auki, jotta tiivistemateriaalit (kuvassa 1 näkyvä kohta numero 3) saadaan kiinni kantavaan ja kovaan pintaan. Alla

olevasta kuvasta (kuva 6) nähdään ikkunan ja seinän liittymä auki piikattuna ja hiottu lattiaraja sekä seinä patterintausta kohdasta.



Kuva 6. Suoritettu purku ikkunaliittymien lattian ja seinän liittymien sekä patterintaustan osalta.

Tiivistysvaiheessa työryhmä tiivistä rakenteet hallitsemattomilta ilmapuodoilta rakennesuunnittelijan suunnitelmien ja käytettävien materiaalien (Ardex) ohjeiden mukaisesti. Tiivistämiseen käytetään materiaaleja, jotka on lueteltu tämän opinnäytetyön kohdassa *2.3.2 Käytettävät materiaalit*.

Seuraava työryhmä tasoittaa piikatut ja tiivistetyt alueet entiseen muotoonsa ja maalaa pinnat sovitun suunnitelman mukaisesti (kuva 7).



Kuva 7. Maalattu ja valmistunut tiivistysalue.

Työnjohto on tärkeä osa työtä, jotta työ etenee sovitun laisesti. Työnjohtajan tehtävä on jakaa työryhmät omille työalueilleen ja ajoittaa työntekijöiden työnteko sovitun aikataulun puitteissa. Työnjohto vastaa myös laadunvarmistamisesta ja turvallisesta työskentelystä ja työtavoista.

3.2 Työntekijöiden tunti- ja vuorokauslistat

Tiivistysurakan toteuttajaksi valitun urakoitsijan työntekijöille laaditaan tunti- ja vuorokauslistat (liite 2), johon erotellaan kuhunkin työvaiheeseen kuluneet tuntimäärät. Listaan täytetään työhön käytetyt tunnit jokaisen työntekijän toimesta annetulla ohjeistuksella. Viikoittaiset listat muodostavat työssä saatavia määriä, jotka toimivat tutkimuksen perusteina. Tunti- ja vuorokauslistasta tulee ilmi suoritettua työtä

- päivämäärä
- kerros
- osasto
- työtehtävä
- huomiot
- käytetyt tunnit.

3.3 Työalue ja osastot

Tarkasteltavana alueena toimii lähderakennuksen 3. ja 4. kerroksien ulkovaipan rakenneliittymät. Kerrokset on jaettu molemmat samalla tavalla kolmeen osastoon: A, B ja C, osastoinneilla pyritään saamaan selville työn kehitystä. Taulukossa (taulukko 1) on esitetty ikkunoiden lukumäärät kunkin tarkasteltavan osaston osalta.

Taulukko 1. Tiivistettävien ikkunoiden määrä tarkasteltavilla osastoilla.

Osasto	3A	3B	3C	4A	4B	4C	Yht
Ikkunamäärä [kpl]	11	21	10	11	21	10	84

Tiivistettäviä ikkunoita on kolmea eri leveyttä. Ikkuna-aukkojen leveydet ovat 1750, 1650 ja 1400 millimetriä, yhteisenä leveysarvona voidaan pitää 1750 millimetriä, niiden huomattavan 80 prosentin enemmistöosuuden takia. Aukkojen korkeus on kaikissa 1790 millimetriä ja smyygien syvyys pääsääntöisesti 330 millimetriä. Ikkunan ympäri piikatun

osan leveys on noin 110 millimetriä sekä syvyys 70 millimetriä. Näitä arvoja käyttäen, yhden ikkunan poispiikattu tilavuus on 0,055 kuutiometriä. Yhteensä opinnäytetyössä tarkasteltujen kerroksien pois piikattujen tilavuus on 4,6 kuutiometriä, eli massaltaan noin 9,2 tuhatta kilogrammaa.

3.4 Toteutuneet kustannukset

Toteutuneet kustannukset sisältävät työ-, materiaali- ja työvälinekustannukset.

Työkustannukset perustuvat hyväksytyjen tuntiappujen tuntimääriin, sekä yksikköhintaluettelon mukaisesti laskutettuihin tunteihin. Kokonaistyökustannukset muodostuvat urakoitsijan työnjohtajien ja työntekijöiden kustannuksista. Työtunteja tehtiin tarkasteltavalla alueella yhteensä 6 755,5 tuntia ja näiden yhteiskustannukset ovat x €.

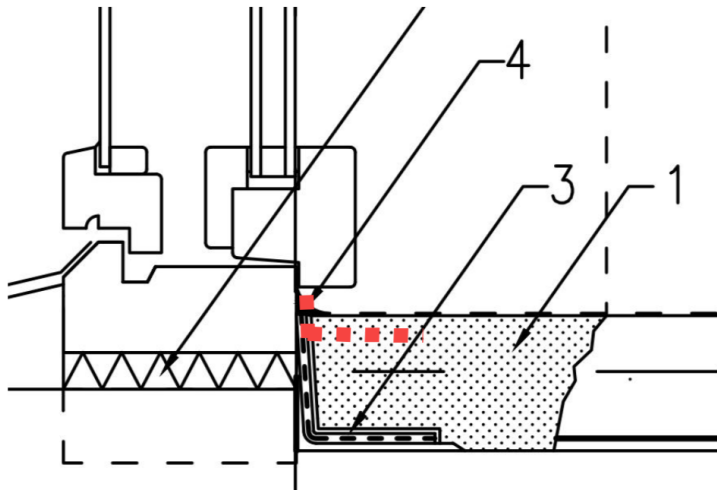
Materiaalikustannukset perustuvat pidettyyn materiaalien kirjanpitoon, jota pidettiin avaamattomien materiaalipakkauksien yhteydessä ja johon merkittiin jokainen avattu materiaalipakkaus. Kulutuksista realistisin summa saatiin summaamalla käytetyt materiaalit ja laskemalla niiden keskiarvo per kerros. Saatu keskiarvo on x €, eli tarkasteltavan kahden kerroksen yhteiskustannukset materiaalien osalta ovat x €. Viikoittaiset materiaalikustannukset ovat aiempien summien perusteella siis kahdelta kerrokselta x €.

Työvälinekustannukset muodostuvat suoraan tiivistysurakoitsijan laskutuksista, heidän käyttämien välineiden, laitteiden, sekä tarvikkeiden mukaan. Arvioitu yhteissumma työvälineille kahden kerroksen osalta ovat x €, eli kuukausittainen laskutettu summa on keskimäärin x €.

3.5 Työn laadunvarmistus

Merkkiainekokeita lähdekiinteistössä on tehty tutkimusalueella kaksi kappaletta, ensimmäinen koe tehtiin mallialueen valmistuttua. Kokeessa selvisi, ettei työtavat vastanneet

laadittuja suunnitelmia tiivistyskerroksen sijainnin (kuva 8), sekä tiivistettävän alustan suhteen. Tämän takia merkkiainekokeen tulokset eivät olleet useiden voimakkaiden il-
mavuotojen vuoksi hyväksyttäviä.



Kuva 8. Tiivistyskerroksen suunnitelmien vastainen asennus punaisella merkityssä kohdassa. Oikea tiivistyksen sijainti on esitetty numerolla 3. [14.]

Tehty tiivistystyö määrättiin tehtäväksi uudelleen. Tämä tarkoittaa asennettujen tiiviste-
materiaalien poistamista ja uudelleenpiikkausta jatkaen sitä kovaan pintaan asti, jotta
ilmavirtauksia mahdollistava tilkerako voidaan tiivistää suunnitelmien mukaisesti.

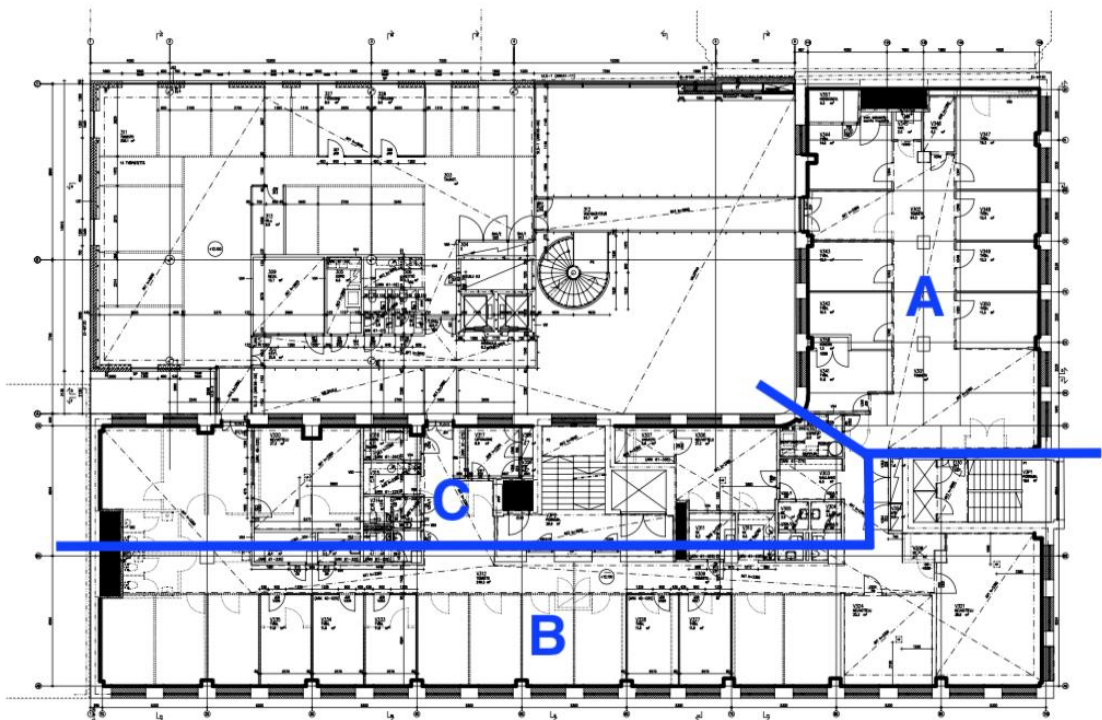
Työn korjaamisen ja uudelleen suorittamisen jälkeen toistettiin merkkiainekoe. Mittauk-
sissa esiintyi pieniä ilmavuotoja rakenteiden halkeamissa ja saumoissa. Vähäiset vuodot
tässä kohteessa sallitaan, pääosallinen tavoite kohteen tiivistämiselle on estää ilmavu-
dot ikkunoiden tilkeraoista.

Merkkiainekokeiden lisäksi rakennesuunnittelija on tehnyt silmämääräisiä tarkastuksia ja
laadunvarmistamista. Rakenteen sisäinen laadunvarmistus selvitetään merkkiaineko-
kein ja loppu varmistus on täten visuaalista, mikäli työtavat vastaavat suunnitelmia ja
hyväksytyjä työsuorituksia.

3.6 Työn kehittäminen

Työtä ja työvaiheita on kehitetty työn edetessä jo alusta lähtien. Tiivistysurakoisija on laatinut kokemuksen perusteella kohteeseen sopivat työsuunnitelmat, joiden mukaan työ suoritetaan. Ensimmäisten osastojen aikana työ mukautuu muottiinsa, josta voidaan kehittää työn etenemistä ja tehostamista menetelmissä sekä työtahdissa.

Osastoittain (kuva 9) etenevä työjärjestys on 3A, 3B, 3C, 4A, 4B ja 4C. Eri työvaiheet on suunniteltu etenemään porrastaen siten, että suojaus ja osastointi etenevät ennen purkua, purku ennen tiivistystä ja tiivistys ennen maalaustöitä. Toisin sanoen, esimerkiksi suojausryhmän tulee olla sen verran etumatkassa, ettei purkutyöt saa tätä kiinni. Työryhmien koot kehittyvät ja määräytyvät tämän periaatteen mukaan, että edeltävä työ on aina valmis ennen seuraavan alkua.



Kuva 9. Osastot merkittynä sinisellä pohjakuvaan.

Työmenetelmien ja laadun kehitys tapahtuu työn edetessä. Merkkiainekokeiden seurauksena menetelmiä on muutettu vastaamaan parempia työntuloksia. Kokeiden perusteella on löydetty virhekohtia ja raporteissa esitetty näihin korjausehdotuksia. Tiivistystyöt etenevät näiden mukaan.

4 Tulokset ja niiden tarkastelu

Tutkimus aloitettiin työn suunnittelusta, jossa muun muassa tutkittiin teoriaperustaa haastattelun ja pohjamateriaalin avuin sekä asetettiin arvioita ja oletuksia tulevasta tutkimuksesta. Tutkimuksen toteutusvaiheessa muodostuivat käytetyt työtunnit sekä materiaali- ja työvälinekustannukset. Työtuntien selvittyä tapahtui niiden koonti ja jaottelu osastoittain. Näitä arvoja hyväksi käyttäen analysoidaan tutkimuksen tulos.

Tutkimusaineiston kerääminen haastattelemalla on kannattavaa, kun tutkimus käsittää havaintoja, kokemuksia ja käsityksiä. Haastattelu on aineistonhankintamenetelmä, jota on käytetty tämän tutkimuksen teoria-aineiston kokoamisessa. Käyty haastattelu oli asiantuntijahaastattelumuotoinen ja tyypiltään strukturoimaton, eli avoin haastattelu, jossa osapuolten välillä haastattelu on lähestulkoon keskustelua.

Haastattelututkimuksessa hyödynnetään asiantuntijan tietotaitoa rakennetiivistyksestä. Tämän avulla oli tarkoitus syventää rakennetiivistämisen keinoja ja tavoitteita. Haastattelu suoritettiin maaliskuun 18. päivä ja haastateltavana toimi kohteen rakennesuunnittelija, joka on laatinut kyseiset rakennetiivistyssuunnitelmat.

Rakennesuunnittelijan mukaan tiivistystöille arvioidut ja puhutut eliniät on asetettu liian lyhytkestoiseksi. Rakennuslehdessä ilmestyneen artikkelin mukaan Ympäristöministeriön Kosteus- ja hometalkoot -hankkeen vetäjä Juhani Pirisen mukaan elinkaari tiivistyskorjauksille on korkeintaan viisi vuotta [16.]. Tähän vaikuttaa kyseisen kohteen tiivistämisen oikeaoppinen suunnittelu ja toteutus, mikäli ne ovat jossain määrin puutteellisia, voidaan eliniän odotusta laskea. Rakennesuunnittelijan mukaan oikein suoritetun tiivistystyön lähtökohtainen elinikä tulisi ennustaa 15 vuoteen, tästä voidaan päätellä yleisesti vieläkin heikkoa uskomusta kyseiseen työhön. 1980-luvun tiivistystöiden lähes olemattomista tarvekartoituksista ja suunnittelusta sekä heikosta toteuttamisesta on kuitenkin edistytty nykypäivänä merkittävästi.

Kohderakennuksen tiivistystöille rakennesuunnittelija on asettanut 15 vuoden elinikäodotuksen. Eliniän odotuksia määritellessä tulee huomioida ympäröivien rakennosien mahdolliset eliniät, ja suunnitella niiden mukaisesti tiivistystöiden menetelmät. Mikäli esimerkiksi ikkunatiivistyksien ikkunoiden elinikä katsotaan päättyvän viiden vuoden kuluessa, tulee tiivistystyömenetelmät suunnitella tähän sopiviksi. Näin huomioidaan kiinteistölle edullisemmat elinkaarikustannukset.

Tiivistystyö on yleisesti hintava projekti, rakennesuunnittelijan mukaan tähän tulee kiinnittää erityistä huomiota jo hankesuunnitteluvaiheessa. On selvitettävä kuinka mittavat ja laajat korjaukset rakennus vaatii ja mihin ollaan valmiita ryhtymään.

Tutkimukselle asetettu hypoteesi eli olettamus tutkimuksen tuloksista vahvistetaan saatujen määrien avulla. Tämän opinnäytetyön tutkimuksen hypoteesi on asetettu perusolettamuksella, että työn kokonaiskustannuksien summa on x €. Työkustannuksien muodostuminen 3 500 tunnista ja materiaalien sekä välineiden kustannukset sisältyvät x euroon.

Tiivistämisessä on otettava huomioon monia eri asioita, kukin vaikuttaa kustannuksiin pääosin nostavalla tavalla. Tiivistämisen laatuun liittyvistä menetelmistä ei tulisi tinkiä, jotta lopputuloksena on laadukasta ja kestävää rakentamista ammattitaitoisesti.

Tutkimus suoritettiin kvantitatiivisena eli määrällisenä analyysinä. Kvantitatiivinen analyysi perustuu tilastojen ja numeroiden avulla aineiston tulkitsemiseen ja kuvaamiseen. Kyseisellä analyysillä pyritään saamaan tilastojen avulla selville erilaisia syy-seuraussuhteita ja asiayhteyksiä. [17.]

4.1 Työkustannukset

Tässä luvussa esitetyissä diagrammeissa käsitellään arvoja tunti-yksiköllä. Työvaiheiden tuntimenekkejä kuvatessa pylväsdiagrammit ovat aina yhtä ikkunaa kohden.

Yleisesti kaikissa työvaiheissa alku on vaatinut eniten työtunteja, joka on ymmärrettävää missä tahansa työssä. Kohteen ja työn tutuksi tullessa sekä työn kehittyessä se etenee myös nopeammin. Alun tuntien paljous näkyy luvun diagrammeissa selkeästi.

Tuloksia tutkiessa työn tahti ylipäättään on kehittynyt, kun verrataan esimerkiksi kolmannen kerroksen suojaustöitä neljännen kerroksen vastaavaan työhön ja osastoon. 3C-osastossa käytettyjä tunteja on 12 ikkunaa kohden, siirryttäessä neljänteen kerrokseen samaan osastoon (4C) käytettyjä tunteja on enää 5.

4.1.1 Siivous, raivaus ja logistiikka

Töiden aloitus aiheuttaa paljon logistiikkatyötä, materiaalien ja työvälineiden kuljetusta alkavalle työntekopaikalle. Tämä näkyy suuressa määrin diagrammissa (kuva 10), jossa neljään ensimmäiseen osastoon on kulunut lähes kaksinkertainen määrä tunteja verrattuna seuraaviin osastoihin. Muutoin tuntijakauma on melko tasaista.

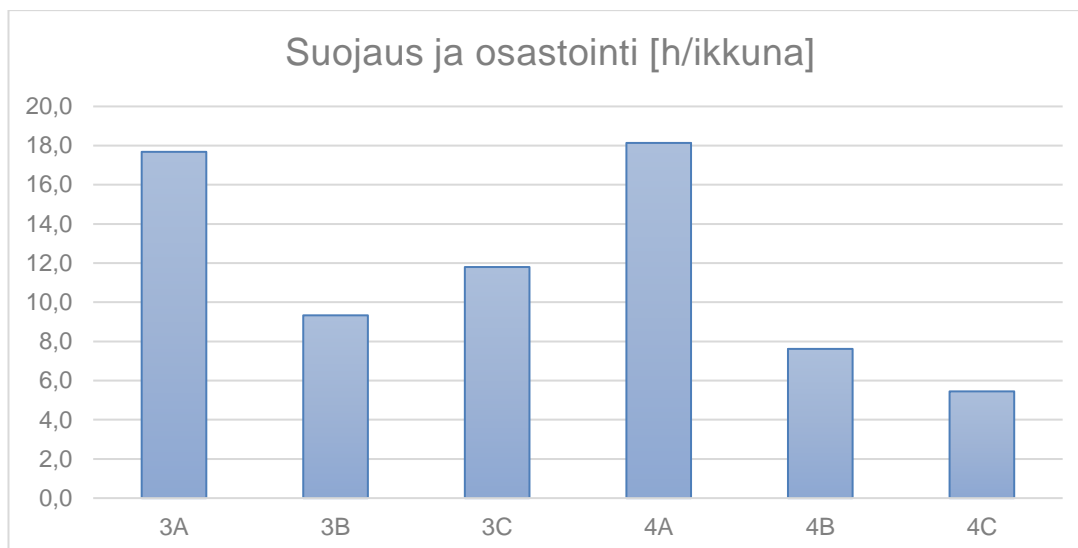


Kuva 10. Siivous-, raivaus- ja logistiikkatöihin käytetyt tunnit.

4.1.2 Suojaus ja osastointi

Suojaus ja osastointityö aloitettiin molempien kerroksien A-osastosta saman aikaisesti, joten työn käynnistämisen haasteet koskevat molempia osastoja. Alun runsaisiin tuntimääriin vaikuttivat myös työntekijöiden poikkeuksellisen suuri vaihtuvuus, tämä vaikutti työn etenemiseen negatiivisesti monessa vaiheessa.

A-osaston omia haasteita olivat tilan vaikeus suojata monien erinäisten huoneiden ja lasiseinäalueiden vuoksi. Kun taas C-osaston valmiit huoneet helpottivat suojauksien ja eritoten osastointien rakentamista, B-osasto puolestaan on pääosin suoraa ja tyhjää aluetta, johon on helpompi sarja-työstää osastoinnit, sekä levittää suuria suojausalueita kerrolla. Näistä syistä A-osasto on vaatinut muita osastoja enemmän työtunteja (kuva 11).



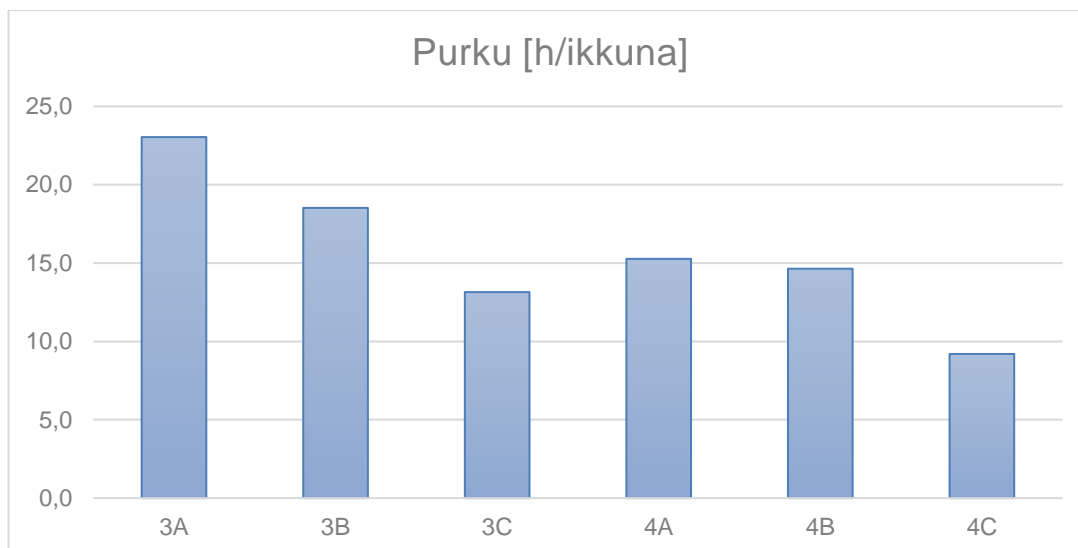
Kuva 11. Suojaus- ja osastointitöihin käytetyt tunnit.

4.1.3 Purku

Ikkunapenkkinen piikkauksen ja lattianrajojen hionnan pylväät diagrammissa muuttuvat luonnollisesti. Työn nopeutuminen näkyy pylväissä, tuntimäärien pienentyessä siirryttäessä vasemmalta oikealle, ensimmäisestä osastosta viimeiseen osastoon.

A-osaston suurempi ero C-osastoon johtuu hiottavan lattia-alan suuremmasta määrästä, ero on noin kaksinkertainen. Tämä tuo luonnollisesti paljon lisä hiontametrejä verrattuna pienempään C-osastoon. Purkutöihin käytetty tuntiero (9 ja 23 tuntia/ikkuna) näiden kahden osaston välillä on noin 2½ -kertainen (kuva 12).

Piikattavien alueiden tilavuuden suuruus on purkamiseen käytetyissä tunneissa merkittävä. Sen vaikutus on myös kokonaiskustannuksiin suuri, riippuen tilavuuden pienenevästä tai suurenemisesta. Tilavuuden suurentuessa käytetyt työtunnit lisääntyvät ja sitä myöden myös tähän liittyvät kustannukset lisääntyvät, päinvastoin pienemmissä purkutilaavuuksissa kustannukset pienenevät. Kustannuksien muuttuminen ei kuitenkaan ole täysin suhteellista, esimerkiksi puolet pienemmässä poistettavassa ei kustannukset ole puolet pienempi vaan työssä tulee huomioida sen kaikki osa-alueet, jotka sisältyvät käytettyihin tunteihin joka tapauksessa. Mikäli monissa ikkunoissa kokonaistilavuuserot ovat suuret, on kustannuserokin suurempi kuin vain esimerkiksi yhden ikkunan ero.



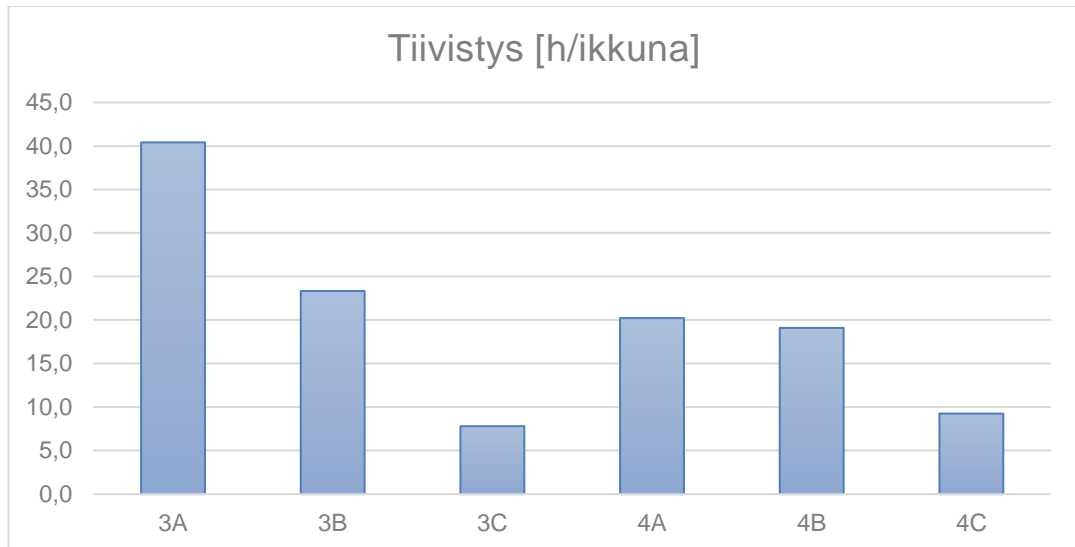
Kuva 12. Purkutöihin käytetyt tunnit.

4.1.4 Tiivistys

Myös tiivistystyön alkuvaiheessa negatiivisena vaikuttajana koetaan olevan työntekijöiden suuri vaihtuvuus, pätevien työntekijöiden saaminen kohteeseen oli haastavaa. Tiivistystyössä täytyy perehtyä ja omaksua hyvin työn menetelmät sekä kohteen erityispiirteet.

Ensimmäisen suoritettun merkkiainekokeen tuloksien vuoksi tiivistystyö tuli 3A-osastossa suorittaa uudelleen. Tämä tarkoittaa kaksinkertaista käytettyä tuntimäärää kyseisellä alueella (kuva 13). Mikäli kerralla suoritettu työ olisi ollut puolet osastoon käytetyistä työtunneista, olisi tuntimäärät olleet samaa luokkaa muiden osastojen kanssa.

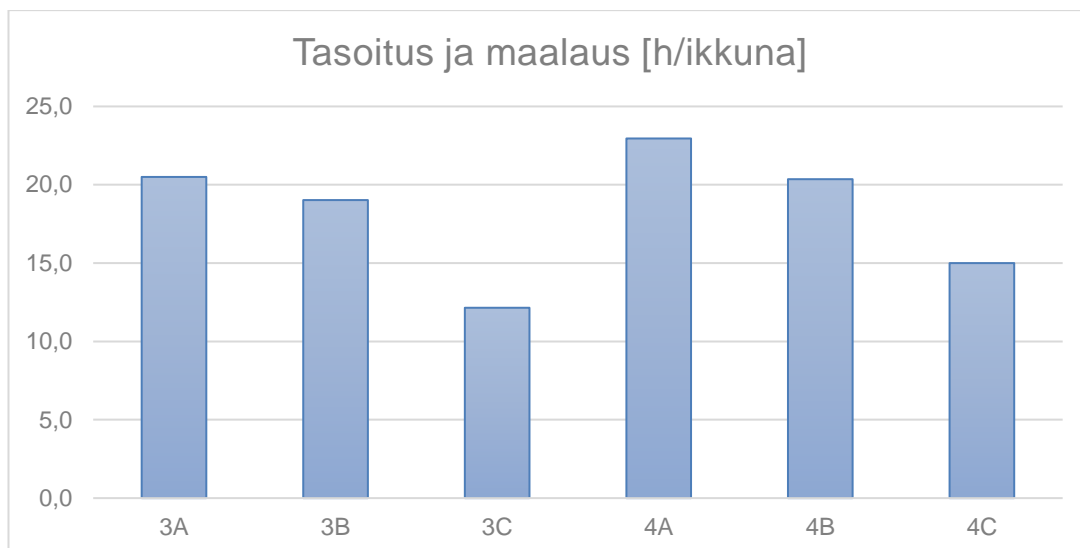
Muista osastoista poikkeuksena 3A-osastossa sijaitsi kipsilevyillä ummistettuja ikkunoita, näiden purku paljasti mittavamman tiivistystyö tarpeen, joka lisäsi työtunteja osastoon entisestään. Lisäksi jo aiemmin mainittu suurempi lattia-ala vaikuttaa käytettyihin tuntimääriin suurentavasti.



Kuva 13. Tiivistystöihin käytetyt tunnit.

4.1.5 Tasoitus ja maalaus

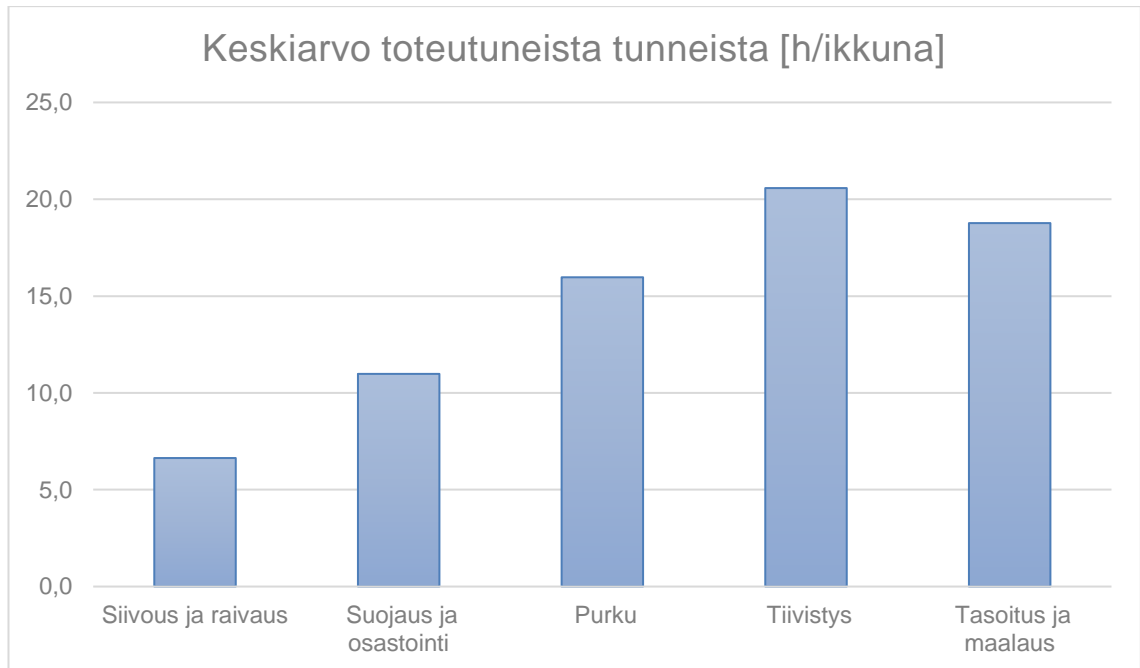
Tasoitus- ja maalaustyöt ovat edenneet käytettyjen tuntien osalta tasaisesti verrattuna muihin työvaiheisiin. Diagrammissa (kuva 14) pylväiden korkeusvaihtelu on hyvin vähäistä. Maalaustyöt ovat herkkä työvaihe, sillä se on ainoa näkyvä osa työtä. Tuntimäärien erot saattavat johtua jo maalattujen ja valmistuneiden alueiden vaurioitumisista joltuneista uudelleen maalauksista.



Kuva 14. Tasoitus ja maalaustöihin käytetyt tunnit.

4.1.6 Työkustannuksien tarkastelun yhteenveto

Tämän alaluvun pohdinnan jälkeen voidaan todeta tiivistystyöurakkaan käytettyjen keskimääräiset tuntimäärät alla olevan diagrammin (kuva 15) mukaan kullekin työvaiheelle. Työtunnit keskittyvät itse tiivistystyöhön ja sitä edeltävään purkuun sekä pinnan viimeistelyyn. Tuntijakauman suhde on luonteva ja järkevä kyseiselle työlle, huomioiden urakan lopputuloksen tarkoituksen ja veloitteet.



Kuva 15. Työvaiheissa käytettyjen tuntien keskiarvot.

Keskimäärin yhteen ikkunaan käytetty tuntimäärä on 73 tuntia. Työnjohdon tuntimäärät lisättyinä aiempaan on ikkunoihin käytetty aika 80 tuntia yhtä ikkunaa kohden. Tämä eroaa hypoteesin kanssa kaksinkertaisena. Hypoteesiksi asetettu tuntimäärä ikkunaa kohden on noin 40 tuntia. Työkustannuksien ero johtuu työahtia hidastavista tekijöistä. Hidastavimpina syinä voidaan pitää uudelleen tehtäviä työvaiheita, jotka alun perin tehtiin rakennesuunnitelmien vastaisesti, sekä työvoiman suuren vaihtelun vuoksi.

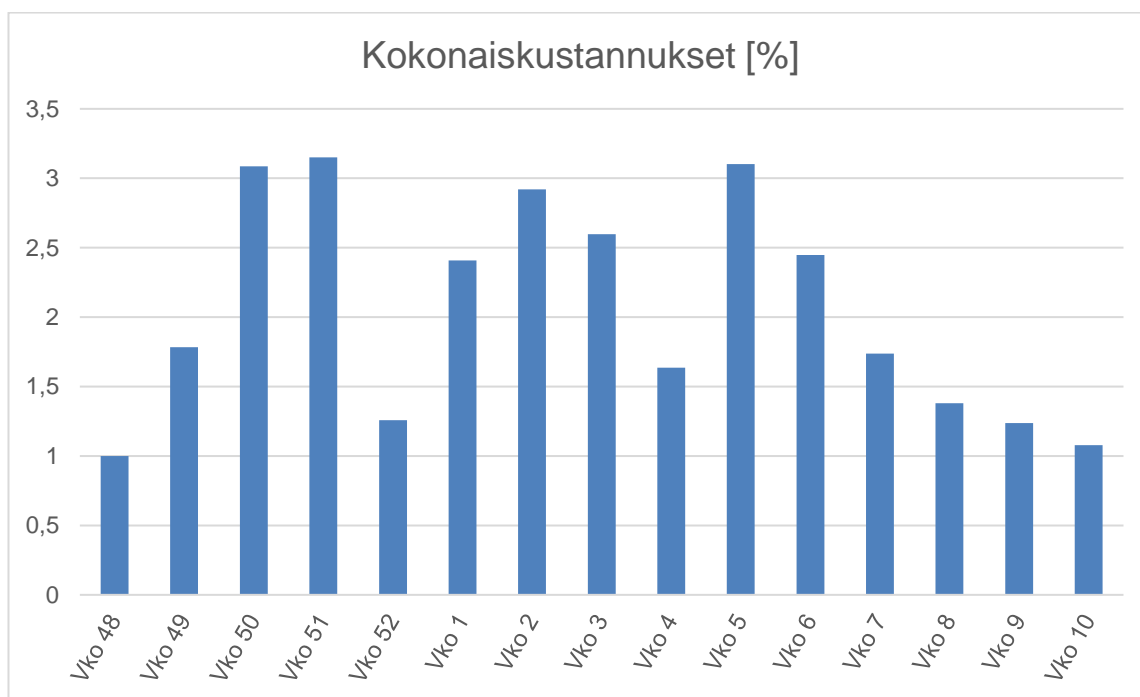
Tuntilistaan merkityt tiedot työvaiheesta ja sen sijainnista sekä kestosta ovat tutkimuksessa tärkeässä osassa. Tietojen jaottelu eri osastoihin ja työvaiheisiin tapahtuu kyseisten listojen perusteella, joten niiden todellisuus on eriarvoisen tärkeää. Listojen oikeellisuutta seuraavat niin urakoitsijan työjohto kuin myös tilaajayritys. Mikäli listojen tunnit olisivat erisuuruisia tämän hetkisiin nähden, vaikuttaisi se tuloksiin. Jos tunnit olisivat olleet suurempia, olisivat kustannuksien kokonaissummakin kasvanut samaa vauhtia.

4.2 Kokonaiskustannukset

Viikoittaisia kokonaiskustannuksia vertaillessa esiintyy näissä paljon keskinäisiä eroja. Urakan ensimmäisen viikon kokonaiskustannukset on asetettu lähtökohtaiseksi summaksi, tähän määrään vertaillaan muiden viikkojen kokonaiskustannuksia.

Ensimmäisten viikkojen kustannukset ovat huomattavasti pienempiä, kuin korkeimmalla olevat kustannuspylväät. Suurimmat kustannusarvot ovat viikoilla 50, 51 ja 5, jotka ylittävät ensimmäiseen viikkoon verrattuna kokonaiskulut yli kolminkertaisesti.

Kokonaiskustannukset ovat täysin verrannollisia työtuntien kanssa, koska materiaali ja välinekustannukset ovat arvioitu keskimääräisinä summina. Alla oleva kuvaaja (kuva 16) kertoo, kuinka työvoimaa on lisätty alun jälkeen runsaasti. Pyhäpäivät esiintyvät viikon 52 pylväässä madaltaen tätä, kustannukset tällä viikolla on huomattavasti keskimääräistä alemmat. Kuvaajan loppupuolella pylväiden laskeminen viittaa työvoiman siirtymiseen tämän opinnäytetyön tarkasteltavana olevien kerrosten ulkopuolelle, jolloin työtä tarkasteltavissa kerroksissa on vain tiivistys-, sekä tasoitus- ja maalaustöitä. Työvoiman tarve on siis myös vähäisempi, kuin aikaisempina viikkoina kaikkien työvaiheiden käynnissä ollessa.



Kuva 16. Tiivistystyön kokonaiskustannukset esitettyinä viikoittain.

Viikolla neljä tapahtuva notkahdus kertoo työvoiman keskittymistä ylempiin, tarkastelun ulkopuolella oleviin kerroksiin. Näissä kerroksissa toteutetaan täysin samat työvaiheet kuten tarkastelun alla olevissa 3. ja 4. kerroksissa. Välitavoitteena tiivistysurakoitsijalle asetettiin ennen urakan alkua saada 2. – 4. kerroksien tiivistystyöt valmiiksi helmikuun loppuun mennessä. Viikolla viisi on työtä keskitetty takaisin kyseisiin 3. ja 4. kerroksiin, jotta tavoitteena alueet valmistuisivat sovituksen välitavoitteen puitteissa.

4.3 Pohdinta

Rakennustieto-kortissa 14-11197 laadittujen tavoitetasojen mukaan parhain mahdollinen tiiveysluokitus on täysin tiivis [13.]. Tämä on rakennesuunnittelijan mukaan hyvin mahdoton toteuttaa, sillä rakenteissa on lähestulkoon aina jokin kohta, josta pääsee ulkoilman ilmapuotoja kulkeutumaan sisäilmaan. Esimerkkinä tästä voidaan esittää tiilisaumoista kulkeutuva ilmavirta, mikäli kaikkia tämän kokoasteen vuotokohtia aletaan kaikkia tiivistämään, on työ sekä loputonta että kustannukset ovat erittäin mittavia. Tästä voidaan päätellä kyseessä olevien urakoiden erittäin huolellista tarvesuunnittelua ja menetelmien suunnittelua. Lisäksi kiinteistön elinkaaren ja niiden kustannuksien tutkiminen on erittäin suotavaa, järkevien hankepäätösten vuoksi.

Tiivistystyön kehittäminen kustannuksien kannalta on hyvin mahdollista verrattuna opinäytetyön kohderakennuksen. Ammattitaitoinen ja sitoutuva työryhmä on yksi suurimmista kustannustehokkaista ratkaisuista. Mikäli työntekijät ovat sitoutuneita työhönsä ja omaavat tarvittavan ammattitaidon sekä omaksuvat kohdekohtaiset erityispiirteet, on se erittäin onnistunut ja tuloksellinen valinta kustannusten näkökulmasta.

Lisäksi potentiaalinen tapa tehdä työstä kustannustehokkaampaa, on tutkia tarkoin käytettävien materiaalien hinnat, sillä pienikin hintaero yhtä materiaaliyksikköä kohden tekee yleensä isossa tiivistysurakassa ison kustannusvaikutuksen. Pitkäkestoisessa urakassa huomiota tulisi kiinnittää myös välineiden ostamis- ja vuokraamis-kustannussuhteeseen, tämänkin vaikutus saattaa olla merkittävä kokonaiskustannuksia vertaillaessa.

Tutkimuksen aineiston totuudenmukaisuutta pidetään eriarvoisen tärkeänä. Mikäli jokin osa-alue ei pidä paikkansa, esimerkiksi työtuntien kesto tiettyssä osastossa ja

työvaiheessa, sen vaikutus on koko urakan kokonaissummaan. Tutkimuksen tarkoituksena on luoda tilaajayritykselle laskentaan täsmällistä kustannustietoutta, joten jos listauksissa epäillä vääriä tietoja, niin huonoimmassa tapauksessa suurien määräpoikkeamien johdosta tutkimuksen tuloksia voidaan pitää virheellisenä.

5 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin kustannuksia Hakaniemessä sijaitsevan vuonna 1938 rakennetun kiinteistön ulkovaipan rakennetiivistämisistä. Tutkimus suoritettiin haastattelun sekä tilastoihin perustuen.

Tiivistysurakka tehtiin aliurakoitsijan suorittamana, josta saatujen yksikköhinnat ja muodostuneet määrät mahdollistivat kustannuksia käsittelevien tilastojen laatimisen ja analysoinnin, eli kvantitatiivisen analyysin.

Työn tuloksena saatujen tiivistystyön kustannuksiin liittyvien tunnuslukujen ja arvojen avulla voi opinnäytetyön tilaajayritys käyttää tulevien tarjouskohteiden kustannuslaskennoissa apuna. Lisäksi yritys sai tietoutta tiivistystyön kustannustehokkuudesta sekä laadukkaan toteutustapojen menetelmistä. Kustannustehokkuuteen vaikuttavat monet asiat ja yksi tärkeimpänä asiana tämän tutkimuksen jälkeen pidetään työntekijöiden ammattitaito ja sitoutuminen työhön, jonka perusteella saadaan kehittyvää ja laadukasta työtä aikaiseksi.

Lähteet

- 1 Ardex, Sisäilmapäivä Espoo, 11.12.2018
- 2 Ojanne Atte, Testimenetelmän kehittäminen sisäilmakorjausratkaisujen ilmatiiviyden mittaamiseen, Metropolia Ammattikorkeakoulu 2015 (luettu 13.3.2019)
- 3 Haastattelu 18.3.2019, Rakennesuunnittelija
- 4 Suomela, Rakenteiden tiivistys – tutkimustietoa tiivistysten kestävydestä, <https://www.suomela.fi/rakenteiden-tiivistys-tutkimustietoa-tiivistysten-kestavyydesta/> (luettu 15.3.2019)
- 5 Hedengren Direct, nettisivut (luettu 15.3.2019)
- 6 Sisäilmayhdistys, Sisäilmasto, <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Perustietoa> (luettu 26.3.2019)
- 7 Maankäyttö- ja rakennuslaki <https://www.finlex.fi> (luettu 15.3.2019)
- 8 Rakennustieto, Sisäilmastoluokitus 2018 (luettu 3.4.2019)
- 9 Ardex, Järjestelmä sisäilmakorjauksiin, (luettu 22.11.2018)
- 10 Ardex, Tuotteet, <https://www.ardex.fi/tuotteet/> 29.3.2019
- 11 Congrid, <https://www.congrid.fi/> (luettu 25.3.2019)
- 12 Lähdekohteen rakennekuva R1001, WSP (22.11.2018)
- 13 Rakennustieto, Rakenteiden ilmatiivyyden tarkastelu merkkiainekokein (luettu 2.1.2019)
- 14 WSP, Tiivistyskorjausten merkkiainetutkimus – Mittaus 18.12.2018
- 15 WSP, Tiivistyskorjausten merkkiainetutkimus – Mittaus 04.01.2018
- 16 Rakennuslehti, Tiivistyskorjauksen elinkaari on ehkä vain viisi vuotta <https://www.rakennuslehti.fi/2014/10/tiivistyskorjauksen-elinkaari-on-ehka-vain-viisi-vuotta/> (luettu 4.2.2019)
- 17 Jyväskylän yliopisto, <https://koppa.jyu.fi/> (luettu 29.3.2019)

Rakennustieto, Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein, Raportointi

RT 14-11197 LVI 014-10565 KH 90-00577

ohjeet - 14

7 MERKKIAINEKOEKEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI

Merkkiainekokeiden luotettavuuden arviointi on keskeinen osa kokeiden suorittamista. Luotettavuus tulee varmistaa systemaattisella toiminnalla jokaisessa vaiheessa. Luotettavuutta heikentävät tekijät tulee aina raportoida.

Merkkiainekokeissa tärkeimmät kokeen luotettavuuteen vaikuttavat tekijät ovat:

Paine-ero

- Liiallinen paine-ero (yli 20 Pa) korostaa vuotohavaintoja ja voi johtaa virheellisiin vuotohavaintoihin
- Liiallinen paine-ero vahvistaa suurien ilmavuotojen ja vähentää pienempien ilmavuotojen havaittavuutta
- Jos paine-eroa ei ole, kokeita ei voida tehdä
- Paine-eron vaihtelut muuttavat havaintokynnystä tehden tutkimuksista epäluotettavia
- Paine-ero mitattu väärin, eikä tarvittava paine-ero toteudu tutkittavassa rakenteessa
- Ilmanvaihdon asetukset ovat tutkimushetkellä tavanomaisesta poikkeavat ja aiheuttavat käyttötilaan nähden epätavallisen painesuhteen.

Merkkiaine kaasun leviäminen

- Merkkiaine kaasun puuttuminen tai vähäinen määrä tutkitavalla alueella kaasun heikon leviämisen vuoksi voidaan arvioida virheellisesti rakenteen hyväksi tiiveydeksi
- Liiallinen merkkiaine kaasun käyttö voi johtaa todellista ilmavuotoa suurempiin ilmavuotoarvioihin
- Liian suurella paineella syötettäessä voi paine rikkoa tiiviitä rakenneosia ja aiheuttaa uusia ilmavuotoja
- Vuotokohdasta leviävä merkkiaine kaasu kertyy pintamateriaalien taakse ja aiheuttaa ilmavuodoksi tulkittuja vuotohavaintoja pintamateriaalin rajapinnoissa
- Vuotokohdasta laajemmalle levinnyt merkkiaine kaasu tulkitaan usein virheellisesti myös ilmavuotokohdaksi
- Merkkiaine kaasu tuulettaa rakenteesta tehokkaasti, jolloin luotettavia havaintoja ei pystytä tekemään
- Käytettävän kaasun ominaisuuksia ei ole otettu huomioon merkkiainetta rakenteeseen syötettäessä
- Rakenteen ei vastaa lähtötietoja ja merkkiaine ei leviä suunnitellusti.

Havaintovirheet

- Laitteiston herkkyyasetukset on asetettu väärin. Pienellä herkkyydellä ei löydetä ilmavuotoja tai liiallisella herkkyydellä ilmavuodot arvioidaan liian suuriksi
- Ilmavuotokohdan ja levinneen kaasun havainnot sekoitetaan toisiinsa
- Suuri ilmavuoto levittää merkkiaineen laajalle alueelle, jolloin tarkempien havaintojen teko tulee keskeyttää
- Muualta kulkeutuva merkkiaine kaasu tulkitaan ilmavuotoksi. Esimerkiksi ikkunan välitilaan karmin liitoksista vuotanut merkkiaine vuotaa sisäpuolteen tiivisteestä huonetilaan ja tulkitaan karmin ja seinän liitoksen ilmavuotoksi
- Merkkiaine kaasukertymien tulkinta ilmavuotoksi. Esimerkiksi ikkunan alueen ilmavuodosta seinän pintaa pitkin alaspäin valuvan merkkiaineen muodostama merkkiainekertymä lattian rajassa tulkitaan ilmavuotoksi lattian ja seinän liitoksessa. Myös sähkökourujen sisälle tapahtuvat ilmavuodot voivat aiheuttaa merkkiainehavaintoja eri kohdista sähkökourun liitoksia.

8 RAPORTOINTI

Merkkiainekoeraportin tulee olla sellainen, että siitä käy ilmi kokeen suorituksen yksityiskohdat. Näin myös ulkopuolinen voi arvioida merkkiainekokeiden laatua ja toistettavuutta.

Merkkiainekokeen mittausraportissa tulee esittää seuraavat asiat:

1. Kohdetiedot
 - Osoite
 - Yhteystiedot yhteyshenkilöineen
2. Merkkiainekokeen suorittajan yhteystiedot
3. Merkkiainekokeiden tavoitteet
 - Mihin käyttötarkoitukseen kokeet on tilattu
4. Kohteen yleiskuvasu
 - Huoneisto, rakennus, tila
 - Ilmanvaihtojärjestelmä ja sen asetus
 - Tutkittavat alueet
 - Tutkittavat rakenteet, rakennetyypit ja rakenneliitokset
 - Mittauksen laajuus
5. Koejärjestelyt
 - Ulkoilman olosuhteet
 - Käytetyt mittalaitteet ja kaasut
 - Alipaineistus
 - Merkkiaineen syöttötapa ja syöttöpisteet
6. Havainnot
 - Tiloittain sanallisesti
 - Tiloittain valokuvat havaituista ilmavuotokohdista
 - Vuotokohdat merkittynä seinän projektiopiirroksen, valokuvaan tai pohjapiirroksen
 - Tarvittaessa lähikuvat vuotokohdista
 - Tarvittaessa piirroksiset rakenteista
7. Yhteenveto
 - Ilmavuotojen arviointi kokonaisuutena
 - Vuototyypit
 - Merkittävyyden arviointi kokonaisuutena ja tarvittaessa tiloittain
 - Korjaustarpeen arviointi
8. Toimenpide-ehdotukset
 - Kiireellisuuden arviointi
 - Korjausten tärkeysjärjestys
 - Korjausten laajuus
 - Suositeltavat korjausmenetelmät
 - Suunnittelutarve
 - Lisäselvitystarpeet.

Tuntilista tiivistystyöhön

Rakennus Ahola
Rakennus Oy Antti J. Ahola

TUNTILISTA

1033 John S

Työntekijä:

Viikko:

Pvm:	Kerros	Osasto	Työtehtävä	Huomioita	Aika (h)

Pvm:	Kerros	Osasto	Työtehtävä	Huomioita	Aika (h)

Pvm:	Kerros	Osasto	Työtehtävä	Huomioita	Aika (h)

Pvm:	Kerros	Osasto	Työtehtävä	Huomioita	Aika (h)

Pvm:	Kerros	Osasto	Työtehtävä	Huomioita	Aika (h)

Työjohtajan kuittaus: