



Ikkuna-asennusten kustannukset vuosikorjauksen näkökulmasta

Alexi Paananen

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2022

Tekniikan ala

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka (Insinööri)

Paananen, Aleks

Ikkuna-asennusten kustannukset vuosikorjauksen näkökulmasta

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Kevät 2022, 41 sivua

Tekniikan ala. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: Suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Tutkimuksen taustalla oli toimeksiantajan havainnot kohonneista puuikkunoiden vuosikorjauskustannuksista Jyväskylän Lutakon kerrostalokohteissa. Alueen kohteiden puuikkuna-asennuksissa oli käytetty puista apukarmia kiinnitysalustana. Näiden havaintojen pohjalta päätettiin vertailla metallisen karmikengän käytöstä syntyviä kustannuksia puiseen apukarmiin. Metallisen karmikengän käyttö on ollut toimeksiantajan kohteissa hyvin vähäistä, joten tästä syystä tutkimusta lähdettiin toteuttamaan.

Esimerkkikohteina tutkimuksessa käytettiin Skanskan kohteita Jyväskylässä. Valituissa kohteissa oli käytetty molempia vertailtavia toteutustapoja. Kustannukset koostuivat tuotanto- ja vuosikorjauskuluista, jotka selvittämällä sain tutkimukselle tuloksen. Kustannuksien sekä laadun näkökulmasta metallinen karmikengä parempi valinta toteutustavaksi tällaisissa kerrostalokohteissa. Karmikengä on tuotantovaiheessa edullisempi vaihtoehto sekä sama pätee myös vuosikorjauskustannuksien näkökulmasta.

Kun kerrostalon korkeus ja ulkoseinien rakennetyyppi muuttuu esimerkkikohteista, liittyy metallisen karmikengän käyttöön lisähaasteensa ja kustannuksensa. Vertailtaviin kerrostaloihin, joiden seinärakenne on pääasiassa betonista valmistettu sandwich-elementti, paras ratkaisu on metallinen karmikengä.

Avainsanat (asiasanat)

Puualumiini-ikkuna, puinen apukarmi, metallinen karmikengä

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Liite 1, joka ovat poistettu julkisesta työstä, ovat salassa pidettäviä. Salassapidon peruste julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus sekä kohta 21, kehittämistyö. Salassapitoaika kaksi (2) vuotta. Salassapito päättyy 20.5.2024.

Paananen Aleksi

The cost of installing windows from the point of view of annual repair

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2022, 41 pages.

Bachelor of Engineering, Degree Programme in Construction and Civil Engineering

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The aim of this study was to look for a reason for increased annual costs of repairing wooden windows in apartment buildings in Lutakko, Jyväskylä. In these apartment building sites, wooden fastening frames have been used as a mounting base in the wooden window installations. Based on these findings, it was decided to compare the costs that are incurred by using the metal frame shoe and wooden fastening frame. The use of the metal frame shoe has been very low in the studied apartment building sites which set the reason for the study.

Studied apartment building sites were run by Skanska in Jyväskylä. All studied apartment building sites used both wooden fastening frame and metal frame shoes. The costs consisted of production and annual repair costs and were used to compare the profitability of each method. When considering the costs and quality the metal frame shoe come out as a better choice for the studied apartment buildings. Not only was the metal frame shoe a more affordable choice, but using it also lowered the annual repair costs.

As the height of an apartment building and the type of wall structure change in the studied apartment building sites, the use of a metal frame shoe becomes more challenging and increases the costs. When the wall structure is mainly a sandwich element made of concrete the best solution is to use a metal frame shoe.

Keywords/tags (subjects)

Wood-aluminium window, wooden fastening frame, metal frame shoe

Miscellaneous (Confidential information)

Appendixes 1, which have been removed from the public theses are confidential. Grounds for secrecy: Act on the Openness of Government Activities 621/1999, Section 24, 17: Business or professional secret and section 24,21: technological or other development project. Period of secrecy is two (2) years and it ends 20.5.2024.

Sisältö

Johdanto	3
1.1 Työn lähtökohta	3
1.2 Toimeksiantaja	4
1.3 Analyysimenetelmät.....	6
2 Vuosikorjaukset ja vastuu	7
3 Laatu	9
3.1 Laatu yleisesti.....	9
3.2 Laadun näkökulmat.....	9
3.3 Laadunvarmistus	11
4 Työvaiheen laadunvarmistus	14
4.1 Esimerkkirunko ikkuna-asennusten tehtäväsuunnitelmasta.....	15
4.2 Puuikkuna-asennuksien laadunvarmistus.....	16
5 Olosuhdehallinta	21
5.1 Suunnitteluvaihe	22
5.2 Tuotannonsuunnittelu	22
5.3 Kosteusriskien kartoitus.....	23
6 Rakenteiden vertailu	28
6.1 Kohteet.....	29
6.2 Käytetyt rakenteet ja kiinnitystavat.....	31
6.2.1 Puualumiini-ikkunat.....	31
6.2.2 Puinen apukarmi.....	32
6.2.3 Metallinen karmikenkä.....	34
7 Kustannukset	36
7.1 Toteutustavan valinta	37
8 Pohdinta	38
Lähteet	39
Liitteet	41
Liite 1 Kustannukset, salainen.....	41

Kuviot

Kuvio 1 Skanskan arvot (Skanska Suomessa 2020).....	5
Kuvio 2 Skanskan organisaatio Suomessa (Organisaatiokaavio 2021).	6
Kuvio 3 Vuositarkastuksien kulku. (Skanska projektipankki).....	8
Kuvio 4 Rakentamisen tavoitteiden muodostuminen (Kankainen & Junnonen 2001, 25).....	10
Kuvio 5 Työtä edeltävä muistilista (Rakennustöiden laatu 2017).	17
Kuvio 6 Työnaikaisen laadunvarmistuksen muistilista (Rakennustöiden laatu 2017).	19
Kuvio 7 Congrid-sovelluksesta mallikatselmuksen tarkastuslista.....	20
Kuvio 8 Congrid-sovelluksesta aliurakoitsijan itselleluovutus tarkastuslista	21
Kuvio 9 Congrid-sovelluksesta työvaiheen vastaanoton tarkastuslista.....	21
Kuvio 10 Väliaikainen pellitys ikkuna-asennusten jälkeen (Ratu S-1236 2021).	24
Kuvio 11 Väliaikainen ikkunan suojaus (Ratu S-1236 2021).	24
Kuvio 12 Kuivaketju10 (2018) -riskilista.....	26
Kuvio 13 Koordinaattorin tehtävät rakennushankkeessa (Kuivaketju10- Kosteudenhallintakoordinaattori 2018).	27
Kuvio 14 Puinen apukarmin leikkaus (Skanska projektipankki).....	29
Kuvio 15 Karmikengän leikkaus (Skanska projektipankki).	30
Kuvio 16 MSE-ikkunan pystyleikkaus (PihlaPro leikkauskuvat n.d.)	32
Kuvio 17 MSE-ikkunan vaakaleikkaus (PihlaPro leikkauskuvat n.d.)	32
Kuvio 18 Puisen apukarmin paloteknisen vaatimukset (Kooltherm®-palosuunnitteluohje 2021).33	
Kuvio 19 Semtu yksiosainen karmikulma (Semtu-karmikulmat 2010).....	34
Kuvio 20 Karmikengän palotekniset vaatimukset (Kooltherm®-palosuunnitteluohje 2021).	35

Johdanto

1.1 Työn lähtökohta

Tässä työssä tavoitteena on vertailla puuikkunoiden erilaisia kiinnitystapoja betonielementtiin. Viime vuosina toimeksiantaja on havainnut vuosikorjauskustannuksien nousseen puuikkunoiden kohdalla ja tähän ongelmaan tulisi löytää ratkaisu. Tulen vertailemaan puisen apukarmin ja karmikengän kustannuksia ja työn laatua jo valmistuneissa kohteissa. Puinen apukarmi on yleisemmin käytössä oleva toteutustapa toimeksiantajalla sekä yleisesti myös muilla toimijoilla. Tästä syystä tutkin metallisen karmikengän käyttöä ja sen johdosta mahdollisesti syntyviä kustannussäästöjä sekä laadun parantumista. Tutkittavat kohteet ovat Skanskan omaa kerrostalotuotantoa ja ovat valmistuneet vuosien 2018–2019 aikana.

Vertailen kustannuksia ja laatua näiden toteutustapojen välillä. Kustannukset koostuvat elementti-toimittajan hinnasta, puuikkuna-asennusten hinnasta työmaalla sekä vuosikorjauskustannuksista. Elementtien ja asennustyön osalta olen saanut kustannustiedot suoraan toimittajilta. Vuosikorjauskustannukset olen analysoinut toimeksiantajan kustannushallintasovelluksesta. Näiden tietojen perusteella tavoitteena on löytää paras ja kustannustehokkain toteutustapa kerrostalotuotantoon.

Kustannuksia jopa tärkeämpi tekijä on työn laatu, jota toimeksiantaja tuottaa. Kun ikkuna-asennuksista johtuvia virheitä joudutaan korjaamaan, tapahtuu se usein siten, että käyttäjä on jo muuttanut huoneistoon. Käytössä olevan huoneiston korjaaminen ei palvele toimeksiantajaa eikä myöskään asiakasta. Tästä syystä laadukkaan tuotteen aikaiseksi saaminen jo rakennusvaiheessa on erityisen tärkeää.

Lisäksi tavoitteena on pohtia molempien toteutustapojen hyviä ja huonoja puolia. Esimerkkikohteeni eivät tietenkään edusta kaikkea rakentamista, joten erityyppisiin kohteisiin muut toteutustavat voivat toimia paremmin ja myös tätä ajattelua haluan tuoda tutkimuksessani esiin. Aihe on rajattu koskemaan vain puualumiini-ikkunoita.

1.2 Toimeksiantaja

Toimeksiantaja opinnäytetyössäni on Skanska Talonrakennus Oy. Kuulun Oppiva-harjoitteluohjelmaan, jonka myötä olen toiminut opintojeni ajan kesä- ja harjoittelujaksot kerrostalotyömailla Jyväskylän Lutakossa haalari- ja työnjohtoharjoittelijana. Toimeksiantajan puolesta työnohjaajana toimii työpäällikkö Miika Tanskanen.

Skanskan on perustanut Tukholmalainen Rudolf Fredrik Berg vuonna 1887. Yritys kasvoi nopeasti ja laajensi toimintansa kansainvälisiin projekteihin jo kymmenen vuoden kuluttua perustamisesta. Suomessa Skanska perusti ensimmäisen haarakonttorinsa jo vuonna 1917, mutta nykyinen Suomen toiminnasta vastaava Skanska Oy perustettiin vuonna 1994. (Skanska Suomessa 2020.)

Skanska on yksi maailman johtavista rakennus- ja projektikehityspalveluita tarjoavista yrityksistä. Skanska konsernissa työskentelee maailmanlaajuisesti yli 30 000, joista Suomessa noin 2200 työntekijää (Our position 2022). Skanska-konserni toimii valituilla alueilla Pohjoismaissa, Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Pohjoismaiden Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan lisäksi Euroopassa toimitaan Puolassa, Unkarissa, Slovakiassa, Tshekeissä, Romaniassa ja Iso-Britanniassa (Skanska Suomessa 2020).

Skanska toimintaa ohjaa arvot, jotka kuvaavat miten yritys toimii ja mihin se uskoo. Skanskan arvoja ovat:

- Välitämme ihmisistä ja ympäristöstä
- Toimimme eettisesti ja avoimesti
- Olemme parempia yhdessä
- Omistaudumme asiakkaille

Skanskan arvot



Kuvio 1 Skanskan arvot (Skanska Suomessa 2020).

Skanskalle erityisen tärkeää on ihmisistä ja ympäristöstä välittäminen ja sen on etusijalla kaikessa toiminnassa. Sitä kuvaa hyvin motto, jota käytetään ” työskentelemme turvallisesti tai emme ollenkaan”. Skanska haluaa olla rakennusalan johtava yritys työn terveellisyydessä, työturvallisuudessa ja hyvinvoinnissa. Tämän eteen tehdään jatkuvasti töitä ja tavoitellaan tapaturmatonta työyhteisöä. (Vastuullisuus 2021).

Skanska Oy kuuluu kansainväliseen Skanska konserniin. Skanska Oy:llä on viisi tytäryhtiötä, joita ovat: Skanska Talonrakennus Oy, Skanska Rakennuskone Oy Skanska Infra Oy, Skanska Industrial Solutions Oy ja Skanska CDF Oy. Toimeksiantajani on Skanska Talonrakennus Oy, jolla olen opiskeluni aikana työskennellyt. Talonrakennus Oy vastaa rakentamisesta, asuntoprojektikehityksestä ja talotekniikasta. (Skanska Suomessa 2020.)

Skanska Suomessa

Skanska Oy, toimitusjohtaja, Tuomas Särkilähti*					Muut liiketoimintayksiköt Suomessa
Talous ja rahoitus Timo Holopainen* Toiminnan tehokkuus Jan Elfving* Tietohallinto Pekka Mutikainen Tuottavuus ja laatu Ilkka Romo Digitalisaatio Miro Ristimäki Henkilöstö ja viestintä Nina Jankola-Väntär* Markkinointi, viestintä, sidosryhmäsuhteet Cristina Rinnetie-Uski Lakiasiat Kirsi Palvainen* Riskienhallinta Juha Niskanen Tarjoustoiminnan tuki Kaisa Kekki Liiketoiminnan kehitys Tiina Koppinen* HSE Antti Leino Hankinta Sinikka Lieho	Talonrakentaminen Etelä- ja Länsi-Suomi Jarkko Muurimäki* Etelä-Suomi Asuntorakentaminen Ilpo Luhtala Etelä-Suomi Toimitilarakentaminen Jussi Sainomaa Länsi-Suomi Jussi Ranne Talotekniikka N.N. Hankekehitys Kaisa Kekki	Talonrakentaminen Itä- ja Pohjois-Suomi Tiina Koppinen* Itä-Suomi Petri Laukkanen Pohjois-Suomi Sakari Jämsä	Infrarakentaminen Ari Huovila* Teollisuusrakentaminen Pekka Räsänen Väylä- ja infrarakentaminen Markus Lipsanen Konevuokraus, Skanska Rakennuskone Tommi Lyytinen	Asuntoprojektikehitys Jukka Hörkkö* Etelä-Suomi Juhani Aspara Itä-, Länsi- ja Pohjois-Suomi Mikko Herva	Toimitila-projektikehitys, Skanska CDF Oy Antti Säynätkari Skanska Industrial Solutions Oy Jycki Karinen BoKlok Kati Vallonen

* johtoryhmän jäsen

SKANSKA

Kuvio 2 Skanskan organisaatio Suomessa (Organisaatiokaavio 2021).

1.3 Analyysimenetelmät

Tämä opinnäytetyö on toteutettu kvalitatiivisena eli laadullisena tutkimuksena. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa aineisto kerätään tilastojen ja numeroiden avulla (Laadullinen tutkimus 2021). Tavoitteena on konkreettisen tiedon tuottaminen toimeksiantajalle, jonka perusteella pystytään tekemään ratkaisuja tulevaisuudessa. Käytyjen keskusteluiden pohjalta tutkittava aihe vaatisi todella uusia innovaatioita koska ongelmat on tunnistettu monella eri taholla. Juuri tästä syystä tutkimuksen tulos palvelee toimeksiantajan lisäksi myös muita alalla toimivia. Ongelma tunnistetaan laajasti alalla, mutta toimintatavat eivät ole juuri viime vuosikymmeninä muuttuneet.

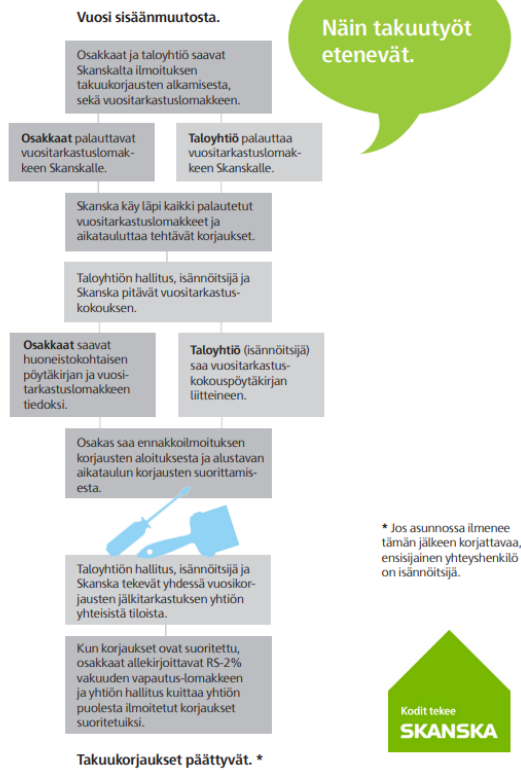
Aineistonkeruumenetelmänä käytän dokumentteja sekä vuosikorjausten kustannustietoja. Keräsin tiedot useista eri lähteistä, joiden pohjalta saadaan tutkimukselle tulos. Saatu tulos ei välttämättä ole aina paras vaihtoehto jokaiseen rakennukseen, mutta vastaa esimerkkikohteiden kaltaisiin rakennuksiin. Kokemukset työtä suorittavalta osapuolelta voivat ohjata valintaa vaihtoehtojen välillä mutta tämän tutkimuksen lopputulos pohjautuu vain kustannustietoon. Pohdinnat osiossa huomioidaan myös kustannuksien lisäksi erilaisia tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa toteutustavan valintaan.

2 Vuosikorjaukset ja vastuu

Yleisissä sopimusehdoissa määrätään rakennuskohteelle takuuajat. Takuuaika alkaa, kun rakennus hyväksytään vastaanottotarkastuksessa, mutta viimeistään käyttöönoton yhteydessä. YSE 1998 mukaan takuu aika on kaksi vuotta, ellei toisin sovita. Takuuajan puitteissa urakoitsija vastaa virheiden korjaamisesta omalla kustannuksellaan. Normaalista kulumisesta tai väärinkäytöstä aiheutuneita virheitä urakoitsijan ei kuulu korvata. Usein virheen tai vaurion alkuperää voi olla vaikea todistaa ja näin ollen joudutaan neuvottelemaan korjauskustannusten jaosta. (YSE-opas urakoitsijalle 2019.)

Takuukorjaukset toteutetaan kahtena eri ajankohtana. Toimeksiantaja aloittaa kerrostalokohteissa YSE 1998:n mukaiset takuuajan korjaukset noin vuoden päästä käyttöönotosta. Osakkaat ja taloyhtiöt saavat toimeksiantajalta ilmoituksen takuukorjausten alkamisesta ja sen lisäksi vuositarkastuslomakkeen. Molemmat osapuolet täyttävät vuositarkastuslomakkeen, jossa ilmenee mahdolliset virhekohdat. Lomakkeiden perusteella suunnitellaan ja aikataulutetaan korjaustyöt. Ennen vuosikorjaustöiden aloitusta hallitus, isännöitsijä ja tässä tapauksessa toimeksiantaja pitävät vuositarkastuskokouksen. Vuosikorjaustöiden jälkeen samat tahot tekevät jälkitarkastuksen yhtiön yhteisistä tiloista ja sen hyväksymisen jälkeen takuukorjaukset päättyvät.

Vuositarkastus



Kuvio 3 Vuositarkastuksen kulku. (Skanska projektipankki).

YSE 1998:n mukaan urakoitsijan vastuu takuuajan jälkeen jatkuu siihen, että rakennus on kymmenen vuotta vanha. Kymmenen vuoden ajanjakso lasketaan rakennuksen vastaanottamisesta. ”Urakoitsija vastaa takuuajan jälkeenkin sellaisista virheistä, joiden tilaaja näyttää aiheutuneen urakoitsijan törkeästä laiminlyönnistä, täyttämättä jääneestä suorituksesta tai olevan seurausta sovitun laadunvarmistuksen olennaisesta laiminlyönnistä ja joita tilaaja ei ole kohtuuden mukaan voinut havaita vastaanottotarkastuksessa eikä takuuajana (Rakennusurakan yleiset sopimusehdot 2016).”

3 Laatu

3.1 Laatu yleisesti

Laatu on käsitteenä monimutkainen ja sillä on erilaisia ulottuvuuksia. Laatu voidaan jakaa erilaisiin osiin, esimerkiksi tuotteen, palvelun ja toiminnan laatuun. Näitä laadun eri osa-alueita voidaan käyttää mittaamaan asiakkaan tyytyväisyyden lisäksi oman toiminnan laadukkuutta. Tuotteen ja palvelun laadusta kertoo käyttäjän tyytyväisyys hankkimastaan tuotteesta. (Rakennustöiden laatu 2017.) Rakennustöiden laatu -kirjan (2017) mukaan laadukkaan lopputuotteen laadullisia tekijöitä ovat mm.

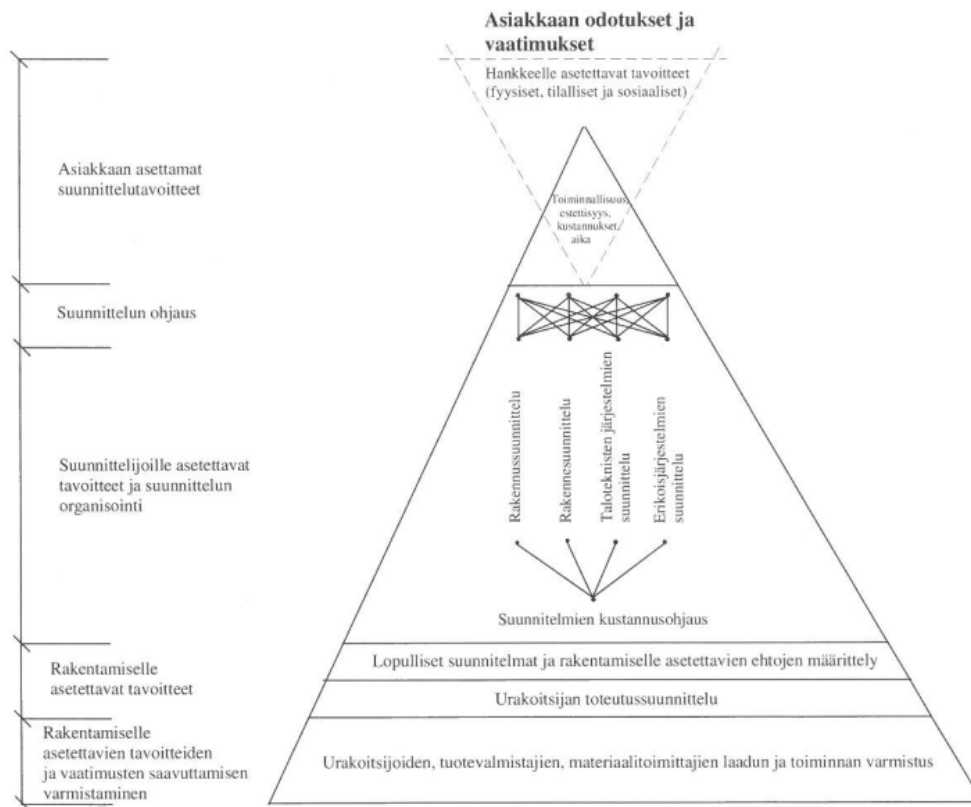
- suunnittelun laatu
- valmistuksen laatu
- ympäristökeskeinen laatu sekä
- asiakkaan havaitsema suhteellinen laatu

Nämä tekijät kuvaavat eri näkökulmista laadukasta tuotetta. Suunniteltu laatu kertoo, miten hyvin suunnittelu on onnistunut ja kuinka se täyttää asiakkaan odotukset. Valmistuksen laadulla kuvataan sitä, kuinka hyvin tuote vastaa sille suunnittelussa asetettuihin vaatimuksiin. Ympäristökeskeinen laatu tarkoittaa vaatimuksia, jotka asetetaan muualta kuin asiakkaan puolesta. Nämä tahot ovat muita sidosryhmiä, jotka asettavat vaatimuksia mm. tuotteen turvallisuudelle, sisäilmaluokitukselle tai rakennuksen muuntojoustavuudelle. Viimeinen ja ehkä tärkein laadun kriteeri on asiakkaan mielipide tuotteesta. Asiakas vertaa valmiin tuotteen laatua odotettuun laatuun. (Rakennustöiden laatu 2017.)

3.2 Laadun näkökulmat

Edellä mainitut laatutekijät pätevät myös, kun puhutaan rakentamisen laadusta. Rakentamisen neljä laatukäsitettä ovat samat mitä käsiteltiin aikaisemmassa kappaleessa. Suunnittelun, valmistuksen (rakentamisessa tuotannon), ympäristön ja asiakkaan laatukäsitteet kertovat kokonaisuudessa laadukkaasta lopputuotteesta. Rakentamisessa rakennushankkeen suunnitelmat ja rakennustoimet vastattava tilaajan tarvetta. Rakennuttajan on tietenkin huolehdittavat tilaajan

tarpeiden lisäksi, että viranomaisten ja hyvän rakennustavan kriteeristöt täyttyvät. (Rakennustöiden laatu 2017.) Rakennuttaminen, suunnittelu, materiaalit ja työmaan yhteistoiminta muodostavat kokonaisuuden, jonka tulisi täyttää sille ennalta-asetetut vaatimukset ja tavoitteet.



Kuvio 4 Rakentamisen tavoitteiden muodostuminen (Kankainen & Junnonen 2001, 25).

Suunnitelmien on oltava aukottomia, joiden avulla kyetään toteuttamaan työ tarkasti ja laadukkaasti. Suunnittelussa on huomioitava koko rakennuksen elinkaari, jotta suunnitelmien rakenteet ovat turvalliset myös pitkän ajan päästä tulevaisuudessa. (Rakennustöiden laatu 2017.)

Tuotannon osalta on huolehdittava, että sovittu työ tehdään aikataulussa. Aikataulun tulee olla realistinen, että rakennustyö pystytään toteuttamaan kustannustehokkaasti ja kuitenkin niin, että turvallisuudesta ja laadusta ei tingitä. Hyvää rakennustapaa noudattaen tulee työmaalla käyttää tarkoituksen mukaisia työmenetelmiä ja materiaaleja tärkeintä asiaa eli turvallisuutta unohta-

matta. Rakennuskohteessa kaikkien tahojen turvallisuudesta on pidettävä tiukasti kiinni. Työntekijöiden, rakennuksen käyttäjien sekä työmaan vaikutuspiirissä olevien henkilöiden turvallisuus on taattava. Laadukkaan lopputuloksen lisäksi hakkeen tuotantovaiheessa on huolehdittava kommunikaatiosta eri tahojen ja osapuolten kesken. Ilman toimivaa kommunikaatioita rakennuttajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kesken ei saada syntymään turvallista ja tehokasta rakennushanketta. Rakennuttajan on tämän lisäksi huolehdittava asiakkaan tiedottamisesta sekä taata keskusteluyhteys tarvittaessa heidän välilleen. Rakennuttajan on pystyttävä vastaamaan asiakkaan kysymyksiin ja ongelmatilanteisiin ripeästi. Lisä- ja muutostöiden toteuttaminen onnistuneesti lisää asiakkaan tyytyväisyyttä. Ympäristökeskeinen laatu koostuu asioista, joilla vastataan yhteiskunnan ja toimintaympäristön tarpeisiin. (Rakennustöiden laatu 2017.)

Valmiin tuotteen teknistä ja visuaalista laatua on huomattavasti helpompi arvioida kuin toiminnan laatua. Onnistuneesti ja laadukkaasti toteutetun hankkeen lopputuloksen tulee vastata suunniteluasiakirjojen suunnitteluratkaisuja, laatuvaatimuksia sekä hyvää rakennustapaa. Suunnitelmien on oltava sillä tasolla, että niiden mukaisilla työmenetelmillä pystytään tuottamaan määritellyt laatuvaatimukset. (Rakennustöiden laatu 2017.)

3.3 Laadunvarmistus

Työn korkea laatu rakentamisessa ei tapahdu automaatiolla. Työmaan johdolla tulee olla laadunhallinnan työkalut ja suunnitelmat hyvissä ajoin valmiina ennen tuotantovaiheen aloittamista. Korkean laatutason saavuttaminen vaatii kokonaisvaltaista ja systemaattista lähestymistapaa, jossa tarkastellaan projektin kaikkia osa-alueita. Laadunvarmistuksen kannalta haastavia tekijöitä työmaaoloista löytyy. Olosuhteet voivat olla rakennustyömaalla haastavat ja voivat muuttua hetkessä. Rakentaminen olisi luonteeltaan aivan erilaista, jos tuote pystyttäisiin valmistamaan teollisuuden kaltaisissa vakio-olosuhteissa. Jokainen rakennusprojekti on omalla tavallaan prototyyppi. Harvemmin rakennetaan useampi samanlainen rakennus, josta muodostuisi tarkkaan suunniteltu prosessi ilman muuttuvia tekijöitä. (Barbara J. Jackson 2010, 284.)

Jokainen rakennus on oma projekti, jota pyritään suunnittelemaan parhain mahdollisin keinoin, mutta muuttujia tulee aina eteen. Työmaan johdolla on oltava kykyä vastata näihin haasteisiin ja taattava työn jatkuminen aikataulussaan. Työvoiman vaihtuvuus kilpailutuksen vuoksi voi asettaa laatuvaatimuksien täyttämiseksi haasteita. Kun täysin uusi urakoitsija on saanut urakan, ei voida aina olla täysin varmoja tulevasta työlaadusta. Tämän vuoksi laatuvaatimukset ja aikataulu tulee olla molempien osapuolien tiedossa ennen töiden aloittamista. (Barbara J. Jackson 2010, 285.)

Rakennuksen on oltava suunnitelma-asiakirjojen mukainen ja täyttää siellä annetut vaatimukset. Työmaan laatuvaatimusten täyttämiseksi on siis valmistuskeskeinen laatu. Laatuvaatimusten täyttymistä hallitaan laadunvarmistuksen työkaluja käyttäen. Laadunvarmistus pitää sisällään suunnitellut ja järjestelmälliset toimenpiteet, joiden avulla saavutetaan laadukas tuote. Laadunvarmistuksen työkaluina käytetään laaduntarkastusta. Laaduntarkastuksella mitataan ja verrataan laatua ennalta sovittuun ja määritettyyn tasoon. Laadunvarmistamisessa ei voida ainoastaan luottaa tarkastamiseen, vaan on huomioitava myös laatuvaatimusten selvittäminen ja sen tiedon jakaminen työtä suorittaville osapuolille. (Kankainen & Junnonen 2001, 36.)

Laadunvarmistusta voidaan suorittaa sisäisenä ja ulkoisena toimena. Sisäisellä toiminnalla varmistetaan laatuvaatimusten mukainen toiminta yrityksen johdolle. Ulkoinen laadunvarmistus taas kertoo toiminnasta esimerkiksi asiakkaalle, miten ennalta määrättyissä laatuvaatimuksissa on onnistuttu. (Kankainen & Junnonen 2001, 36.)

Laadunvarmistuksen toimenpiteet alkavat suunnittelusta ja päättyvät rakennuksen käyttövaiheeseen. Laadunvarmistuksen tehtäviä ovat (Kankainen & Junnonen 2001, 36):

- Laadunvarmistustoimenpiteiden selvittäminen
- Suoritettujen laadunvarmistustoimenpiteiden ymmärtämisen varmistaminen
- Laaduntarkastuksen suorittaminen
- Laatuvirheiden kirjaaminen ja syiden selvittämien
- Laatudokumenttien keräys, analysointi ja käyttö

Informaation moitteeton kulku on yksi merkittävistä tekijöistä laadunvarmistuksessa. Urakkamuodosta riippuen kaikkien osapuolien välillä viestinnän tulisi olla systemaattista, jolloin väärinymmärryksien ja vajavaisen tiedon takia syntyvät virheet saataisiin poistettua. Toisaalta oikein toteutulla laadunvarmistustoimenpiteillä edellä mainituista syistä johtuen ongelmia ei pitäisi syntyä. Kun laadunvarmistusketju toimii oikein, eri osapuolilla on selkeät velvollisuudet ja vastuut omasta työstään. Laadunvarmistustyössä on onnistuttu, jos asiakas pystyy hankkeen jälkeen toteamaan, että rakennus on asetettujen vaatimuksien mukainen. (Kankainen & Junnonen 2001, 36.)

Rakennuttajan on huolehdittava, että laaduntuottoedellytykset on olemassa ja ne ovat kunnossa. Urakoitsijan tehtävä on toteuttaa työ vaatimusten mukaisesti. Laaduntuoton edellytyksiä ovat (Kankainen & Junnonen 2001, 36.):

- Rakennuttaja täyttää myötävaikutusvelvollisuuden
- Urakoitsijat saavat suunnitelmat aikataulussa ja oikea-aikaisesti
- Työmaalle toimitettavat suunnitelmat ovat tarkastetut ja toteuttamiskelpoiset sekä niiden yhteensopivuus on suunnitteluajojen kesken tarkistettu
- Rakennustavarat/-osat toimitetaan ajoissa

Toimivassa laadunvarmistuksessa jokaisen osapuolen on ymmärrettävä yksiselitteisesti laatuvaatimukset. Se on edellytys toiminnalle koska jos ei ymmärretä, ei voida tehdä oikein. Laatuvaatimusten ymmärtäminen täytyy pystyä viemään yksiselitteisesti työntekijälle ja juurin tämän vuoksi laadunvarmistuksen tärkeä työkalu on yksittäisen työvaiheen suunnittelu. Laatuvaatimukset periytetään sopimukseen. Työmaalla palavereissa tieto tuodaan myös työntekijöiden tietoon. (Kankainen & Junnonen 2001, 37.)

Laatuvaatimukset löytyvät (Kankainen & Junnonen 2001, 37):

- Rakennusselostuksista
- Suunnitelmapiirustuksista
- Työselostuksista

Rakennusselostuksesta selviää vaadittu laatutaso. Suunnittelupiirustukset vastaavat rakenteiden mittoihin, sijaintaintiin ja toleransseihin. Työselostuksessa kuvataan suorituksen laatu. (Kankainen & Junnonen 2001, 37.)

Laatuvaatimukset esiintyvät monesti viittauksina yleisesti käytettyihin normeihin ja standardeihin. Ne voidaan myös sitoa kohdekohtaisina esitettyihin vaatimuksiin. Yleisiä asiakirjoja, joihin viitataan voivat olla (Kankainen & Junnonen 2001, 37):

- Yleiset laatuvaatimukset (RYL-kirjasarja)
- Tuotestandardit ja niiden ominaisuuksia käsittelevät ohjeet
- Työ- ja asennustapoja käsittelevät standardit ja ohjeistukset
- Ympäristöministeriön asetukset ja ohjeet
- Tuotevalmistajan ohjeet, jotka sisältävät tuotteesta tietoa

4 Työvaiheen laadunvarmistus

Yksittäisessä tehtävässä laatuvaatimukset koostetaan ja muunnetaan yhdeksi työsuoritusohjeeksi. Tämä työsuoritusohje voi olla esimerkiksi yksittäisen tehtävän tehtäväsuunnitelma, johon koostetaan kaikki tarvittava tiedot työvaiheen suorittamiseksi. Tehtäväsuunnitelmassa täsmennetään suunnitelmissa ilmenevät yksityiskohdat kyseistä suoritusta koskeviksi ratkaisuuksi, esimerkiksi liitokset, kiinnitykset, eristevahvuudet jne. Suunnitelman pitää myös sisältää sen työvaiheen laadunvarmistustoimenpiteet. Yksittäisen tehtävän tulisi vastata seuraaviin kysymyksiin (Junnonen 2010, 74):

- Mikä on lopullinen vaatimus esimerkiksi U-arvon suhteen?
- Miten vaatimukseen pääseminen todennetaan?
- Miten toimitaan poikkeustilanteissa?
- Miten ja mihin poikkeamista raportoidaan ja kuinka informaatio löytää oikealle taholle?
- Mitkä ovat yleisiä virheitä kyseisessä työvaiheessa ja kuinka niiltä vältytään?

4.1 Esimerkkirunko ikkuna-asennusten tehtäväsuunnitelmasta

1. Työvaiheen yleistiedot

- Kuvaus suoritettavasta työvaiheesta
- Laajuus
- Edeltävä työvaihe
- Seuraava työvaihe

2. Vastuuhenkilöt

- Vastaava mestari
- Työvaiheesta vastaava työnjohtaja
- Tekijä/tekijäryhmä
- Kaikkien osapuolien yhteystiedot

3. Aikataulu

- Asennuksiin laskettu aika ja mahdolliset välitavoitteet ilmoitettu
- Tahdistus muihin töihin
- Työryhmän vahvuus

4. Laatuvaatimukset

- Noudatettavat asiakirjat nimetty
- Materiaalit ja niiden vaatimukset
- Asennusalustan vaatimukset
- Mittatarkkuus
- Kiinnitykset
- Ulkonäkövaatimukset
- Ennalta tehdyn mallityön hyväksyminen

5. Työturvallisuus

- Osaamisen varmistaminen ja perehdytys
- Henkilökohtaiset suojaimet
- Työnturvallisuussuunnitelman läpi käynti kaikkien asennukseen osallistuvien kanssa
- Nostoja tehtäessä lupa asiat ja kalusto tarkastettu

6. POA, potentiaalisten ongelmien analyysi

- Tunnistetaan yleiset ongelmat ja riskit ennalta jo ennalta. Ennakoinnilla vältytään ongelmilta ja poikkeustilanteissa osataan toimia sovitusti
- Jaetaan mahdolliset ongelmat toiminnallisiin-, teknisiin- ja hankinnan ongelmiin
- Potentiaalisten ongelmien analyysin rakenne:
 - Tunnistetaan ongelma
 - Tunnistetaan ongelmasta koituva seuraus
 - Tunnistetaan ongelman poistava keino
 - Valitaan ratkaisu ongelmalle

7. Kustannukset

- Kustannusarvio, johon eroteltu työ- ja materiaalikustannukset
- Työkustannuksissa eroteltu eri työnosat (siirrot, asennus, siivous jne.)
- Materiaalierittely, jossa määrät ja kustannukset

4.2 Puuikkuna-asennuksien laadunvarmistus

Puuikkunoiden asennus voidaan aloittaa, kun on varmistettu, että sopimusasiakirjoissa esitetyt vaatimukset täyttyvät (Rakennustöiden laatu 2017):

- oikea ikkuna- ja ovityyppi
- mittatarkkuus
- kiinnitykset
- asennustyö
- käynti
- tiiviys

Työtä edeltävä laadunvarmistus

Nämä edellä mainitut asiat on oltava kunnossa, jotta asennustöitä voidaan alkaa suunnittelemaan. Suunnitteluprosessissa laadunvarmistamiseksi tulee huomioida eri työvaiheisiin liittyvät seikat. Ennen työvaiheen aloittamista pidetään aloituspalaveri, jossa varmistetaan resurssien saatavuus, urakkarajat ja työryhmän ammattitaito ja perehdytys. Työmaalla materiaalitoimitukset on järjestetty niin, että tavaraa ei tarvitse turhaan siirrellä. Yleensä työmaan työnjohtaja on suunnitellut työn niin, että runkovaiheessa ikkunapakkauksille on osoitettu omat paikkansa holvilla. Samalla varmistetaan ikkunoiden oikeellisuus pakkausmerkinnöistä. Jos ikkunapakkauksia joudutaan varastomaan työmaalla, etsitään niille hyvä varastointipaikka. Varastoinnin aikana ikkunoihin ei saa tulla kolhuja eikä altistaa liialliselle kosketusrasitukselle. (Rakennustöiden laatu 2017.)

Ikkunan kiinnitysalustan tulee olla siisti ja tasainen. Ennen kiinnitystä tulee tarkastaa peittyvät rakenteet. Asennusryhmälle tulee raivata tarpeeksi tilaa asennukselle ja kulkemiselle huoneiden välillä koska pieniä siirtoja joudutaan joka tapauksessa tekemään, vaikka nostot olisivat kuinka hyvin suunniteltu. Tarvittavan tilan lisäksi huolehditaan riittävästä valaistuksesta, henkilökohtaisista suojaimista sekä työkoneiden ja työvälineiden kunnosta. (Rakennustöiden laatu 2017.)

Muista!

- tehtäväsuunnitelma
- urakkarajat
- aikataulu ja tahdistus
- materiaalitilaukset
- siirto- ja nostokalusto
- varastointi sisätiloissa
- kiinnitysalustan kunto
- peittyvien rakenteiden valmius
- asennuspaikan siisteys ja valaistus
- telineet
- henkilökohtaiset suojaimet
- koneiden ja laitteiden kunto

Kuvio 5 Työtä edeltävä muistilista (Rakennustöiden laatu 2017).

Työnaikainen laadunvarmistus

Työn aikana asennusryhmän tulee tarkistaa ikkuna-aukkojen pystysuoruus ja ristimita ennen ruuvien kiinnittämistä alustaan. Sopimusasiakirjoissa on esitetty liittymätoleranssit, joiden mukaan ikkunat kiinnitetään. Nämä asiat on kerrattu urakan aloituspalaverissa työmaan johdon kanssa. Varmistetaan oikea ruuvien koko, lujuus ja määrä. Puukarmeja asennettaessa käytetään säädettäviä kiinnikkeitä. Lutakon kohteissa on käytetty itseporautuvia säätöruuveja, jotka on peitetty karminvärisillä karmitulpilla. Varmistutaan, että käytetään oikeanlaista saumavaahtoa, kun tiivistetään seinän ja karmen välinen rako. (Rakennustöiden laatu 2017.) Elastisen uretaanivaahdon paksuus tulee olla vähintään 90 mm (Rakennusselostus 2017). Ylipursunut saumavaahto siistitään pois (Rakennustöiden laatu 2017).

On muistettava huolehtia, että ulompi puiteväli pääsee tuulettumaan, ettei kosteus pääse tiivistymään ikkunalasiin. On myös varmistuttava ikkunan ilma- ja vesihöyrytiiveydestä sisäpuolella sekä helojen kohdalla. Tarkastetaan silmämääräisesti ikkunoiden puhtaus, eheys ja sijainti rakenteessa. Lopuksi varmistutaan kiinnikkeiden oikeellisuudesta, ikkunan käynnistä ja tiiveydestä niin, että ne vastaavat sovittua laatutasoa. (Rakennustöiden laatu 2017.)

Yleisiä ongelmia ikkuna-asennuksissa työnaikana voi olla mittatarkkuusvirheet. Ne saadaan minimoitua käyttämällä säädettäviä kiinnikkeitä, kiiloja ja tukilautoja. Karmien vääntymistä voidaan saada aikaan polyuretaanin väärinkäytöllä. Vaahdon paisuminen tulee huomioida, jotta vältetään korjaustöitä. Karmen vääntymisen aiheuttaa ikkunan käynnissä jäykkyyttä ja ongelmia. (Rakennustöiden laatu 2017.)

Muista!

- huolellinen varastointi
- turvalliset siirrot
- asennusolosuhteet
- alustan tarkastus
- työnaikainen tuenta
- valmiin lattian korkeus
- karmin ja seinän välin
- tiivisteet
- pintojen laatu
- käynnin moitteettomuus
- jälkisuojaus
- työturvallisuus

Kuvio 6 Työnaikaisen laadunvarmistuksen muistilista (Rakennustöiden laatu 2017).

Mallikatselmus

Mallityö tehdään aina ennalta sovitusta alueesta/kohteesta. Ikkunatöissä mallityö voidaan tehdä esimerkiksi yhden asuinhuoneiston ikkunoista. Tärkeää mallityölle on, että sen toteuttaa sama työryhmä, joka tulee tekemään varsinaisen työn. Työryhmän lisäksi menetelmät, tuotteet ja välineet on oltava vastaavia. Mallityössä tehdään suunnitelmien mukaan laadunvarmistustoimenpiteet. Lopuksi rakennuttaja ja aliurakoitsija tarkastavat yhdessä mallityön ja tarvittaessa sopivat muutoksista. Kun työ saadaan hyväksytyä, voidaan myöntää lupa varsinaiselle työvaiheelle. Mallikatselmuksesta olisi aina hyvä tehdä muistio, joka liitetään työmaa-asiakirjoihin ja joihin voidaan aina jälkikäteen palata, jos työvaiheessa esiintyy ristiriitoja. (Ratu 0419 2014.)

Malliasennustarkastus	
4.01 Puikkunat Malliasennuksen tarkastus	
Tarkastusten tavoitemäärä	
Tavoitemäärää ei ole asetettu!	
1 Ikkunoiden liittyminen viereisiin rakenteisiin on suunnitelmien mukainen. Järjestysnumero: 1. ID: 4297731	+ ✎ 🗑
2 Puukarmi on kiinnitetty alustaan säädettävillä kiinnikkeillä. Karmilipat ovat paikallaan. Järjestysnumero: 2. ID: 4297732	+ ✎ 🗑
3 Karmin ja seinän välinen rako on tilkitty mineraalivillalla tai saumavaahdolla. Sauma on tiivis, mutta karmi ei vääntynyt. Ylipursunut saumavaahto on leikattu pois. Järjestysnumero: 3. ID: 4297733	+ ✎ 🗑
4 Kaikki helat on asennettu ja niiden toiminta on varmistettu. Saranapit ovat paikallaan. Järjestysnumero: 4. ID: 4297734	+ ✎ 🗑
5 Ikkunatilviesteet jatkuvat yhtenäisinä helojen kohdalla. Tilviesteiden jätökiset ja päät on huolellisesti kiinnitetty. Järjestysnumero: 5. ID: 4297735	+ ✎ 🗑
6 Auki- ja pelastustilviesteiden toiminta on varmistettu sekä tarvittavat merkinnät ovat paikallaan, esim. pelastusreitit, savunpoisto, tuettava avattaessa jne. Järjestysnumero: 6. ID: 4297736	+ ✎ 🗑
7 Ikkunoiden käynti on moitteeton. Järjestysnumero: 7. ID: 4297737	+ ✎ 🗑
8 Karmeissa ja puitteissa ei ole naarmuja, halkeamia, lohkeamia, laastijäämiä eikä muita tahroja. Järjestysnumero: 8. ID: 4297738	+ ✎ 🗑
9 Ikkunoiden lastukset ja tilviesteet ovat ehjät, sekä kittaukset ovat siistit. Järjestysnumero: 9. ID: 4297739	+ ✎ 🗑
10 Työkohte on silvottu ja jätteet on lajiteltu. Järjestysnumero: 10. ID: 4297740	+ ✎ 🗑
11 Työvaihe on valokuvattu Järjestysnumero: 11. ID: 4297741	+ ✎ 🗑
+ Tarkastuskohta	

Kuvio 7 Congrid-sovelluksesta mallikatselmuksen tarkastuslista

Työnjälkeinen laadunvarmistus

Kun asennustyö on saatu tehtyä, tarkastetaan työnlaatu. Tarkasteltavissa esimerkkikohteissa aliurakoitsija tekee ikkuna-asennukset. Tässä tapauksessa aliurakoitsijan, että pääurakoitsijan työjohto tarkastaa työkohteen. Aliurakoitsijan tekee ensin itselleluovutuksen. Itselleluovutuksessa tarkastetaan ikkunakarmien ja -pintojen sekä myös lasien kunto. Niiden tulee olla ehjiä ja sopimukseen mukaisia. Varmistetaan ikkunan toiminnasta ja moitteettomasta käynnistä. Itselleluovutuksen jälkeen luovutetaan osakohde pääurakoitsijalle. Vastaanottotarkastuksessa kohde käydään läpi ja sovitaan mahdollisista korjaustoimenpiteistä. (Ratu 0419 2014.)

Skanskalla on käytössä Congrid-ohjelmisto, johon on laadittu valmiiksi tarkastuslistat jokaista työvaihdetta kohden. Työnjohtajan on helppo käydä asennustyö läpi tarkastuslistan avulla. Ohjelmistoon on helppo lisätä havaitut virheet muistiin sekä kuitata työvaihe tehdyksi. Ohjelmiston käyttö onnistuu puhelimella, jonka avulla mahdolliset puutelistat on helppo jakaa niitä tarvitseville tahoille.

Tarkastuskohta	
<p>Aliurakoitsijan itselleluovutus</p> <p>4.01 Puuikkunat</p> <p>Aliurakoitsijan itselleluovutus</p> <p>Tarkastusten tavoitemäärä</p> <p>Tavoitemäärää ei ole asetettu!</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Työ täyttää asiakirjoissa sille asetetut laatuvaatimukset. Mikäli havaitset poikkeaman, tee havainto klikkaamalla nuolta. Avautuvassa ikkunassa klikkaa tehtäväkohdan jälkeistä sinistä ikonia. Järjestysnumero: 1, ID: 4299222 2 Työ täyttää asiakirjoissa sille asetetut ulkonäkövaatimukset. Mikäli havaitset poikkeaman, tee havainto klikkaamalla nuolta. Avautuvassa ikkunassa klikkaa tehtäväkohdan jälkeistä sinistä ikonia. Järjestysnumero: 2, ID: 4299223 3 Ympäristöä rakenteita tai pintoja ei ole vaurioitettu työn aikana. Mikäli havaitset poikkeaman, tee havainto klikkaamalla nuolta. Avautuvassa ikkunassa klikkaa tehtäväkohdan jälkeistä sinistä ikonia. Järjestysnumero: 3, ID: 4299224 4 Kalusto, ylimääräiset tarvikkeet ja alueet yms. on viety pois. Järjestysnumero: 4, ID: 4299225 5 Työkohde on siivottu ja jätteet on lajiteltu. Järjestysnumero: 5, ID: 4299226 6 Pelttyöjen rakenteiden dokumentointi on toimitettu pääurakoitsijalle. Järjestysnumero: 6, ID: 4299227 7 Käytettyjen materiaalien tuotetähtävyysdokumentit on toimitettu pääurakoitsijalle. Järjestysnumero: 7, ID: 4299228 8 Huoltokirjamateriaali on toimitettu pääurakoitsijalle. Järjestysnumero: 8, ID: 4299229 9 Muu luovutusdokumentaatio on toimitettu pääurakoitsijalle. Järjestysnumero: 9, ID: 4299230 10 Valmis työ on valokuvattu. Dokumentit valmis työ klikkaamalla nuolta. Avautuvassa ikkunassa klikkaa valokuva-havaintokohdan jälkeistä sinistä ikonia (albumi tai kamera). Järjestysnumero: 10, ID: 4299231 <p>+ Tarkastuskohta</p>

Kuvio 8 Congrid-sovelluksesta aliurakoitsijan itselleluovutus tarkastuslista

Työvaiheen vastaanotto	
<p>4.01 Puuikkunat</p> <p>Työvaiheen vastaanotto</p> <p>Tarkastusten tavoitemäärä</p> <p>Tavoitemäärää ei ole asetettu!</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Asennus täyttää sopimusasiakirjoissa esitetyt laatuvaatimukset asennuksen, kiinnityksen ja tiivyyden osalta. Järjestysnumero: 1, ID: 4297725 2 Pinnat ovat ehjät, puhtaat ja sopimusasiakirjojen mukaiset. Järjestysnumero: 2, ID: 4297726 3 Näkyvin jäävissä, valmiiksi pintakäsittelyssä pinoissa ei ole tahroja, halkeamia tai muita virheitä. Järjestysnumero: 3, ID: 4297727 4 Puitteen käynti on molitteeton, käsittely on helppoa ja sulkeutuminen tiivis. Järjestysnumero: 4, ID: 4297728 5 Ikkunapinnat suojataan tarvittaessa asentamisen jälkeen. Järjestysnumero: 5, ID: 4297729 6 Allurakoitsijan itselleluovutus on tehty ja virheet ja puutteet on korjattu. Järjestysnumero: 6, ID: 4297730 <p>+ Tarkastuskohta</p>

Kuvio 9 Congrid-sovelluksesta työvaiheen vastaanoton tarkastuslista

5 Olosuhdehallinta

Nykyiset ilmasto-olosuhteet ovat muuttuneet, joiden seurauksena lämpötilat ovat nousseet ja viis-tosaderastitukset rakennusten julkisivuilla kasvaa. Näiden olosuhteiden myötä rakenteiden kuivuminen hidastuu varsinkin syys- ja talviakaan. Olosuhteet ovat myös otollisia homeen kasvulle. Näin ollen rakenteiden kuivumiskyky ja rakentamisaikaan olosuhteiden hallinnan merkitys korostuu. (Ratu S-1236 2021.)

5.1 Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa tulee kiinnittää huomiota hankkeen olosuhteriskeihin ja niiden ennaltaehkäisemiseen. Suunnittelutyön tulisi täyttää tavoitteet olosuhteisiin, lujuuteen ja energiatehokkuuteen sekä niiden yhteistoimintaan. Suunnittelijoilla tulee olla hanketta ja suunnittelutehtävän vaatimustasoa vastaavat pätevyudet. Näiden asioiden varmistaminen kuuluu rakennushankkeeseen ryhtyvälle. Vaatimustasoja on meidän lainsäädännössämme kolmea eri tasoa (tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa.) Tarkemmat vaatimustasoluokkien kuvaukset löytyvät valtioneuvoston asetuksesta. (Ratu S-1236 2021.)

Suunnittelijoiden rakenneratkaisuissa tulisi huomioida rakennukseen sekä rakenteisiin kohdistuvat kosteusrasitukset. Kosteusrasituksen kesto on huomioitava sekä rakenteen kuivuminen on mahdollistettava. Suunnittelutyössä kannattaa myös kuunnella urakoitsijoita. Heillä on monesti paras tieto laadukkaista käytännön toteutustavoista, joita olisi hyvä nostaa suunnittelijoiden tietoisuuteen. (Ratu S-1236 2021.)

Rakenteiden kosteusteknisessä suunnittelussa varmistetaan, että (Ratu S-1236 2021):

- Rakenteet on suunniteltu siten, että niiden rakentamisen tai käytönaikainen kosteuspitoisuus ei aiheuta haittaa rakenteiden toiminnalle ja rakennuksen käytölle.
- Suunnittelussa on varauduttu siihen, että rakenteet voivat kastua ja niillä on kyky kuivua siinä ajassa, että kosteus ei aiheuta haittaa.

5.2 Tuotannosuunnittelu

Tuotantovaiheessa olosuhteita hallintaan ja vaikutetaan toimivalla työsuunnittelulla ja suojaustoimenpiteillä. Näillä toimenpiteillä hallitaan kosteutta, vedenpoistoa, lämpötilaa ja tuuliolosuhteita. Hankkeen alussa järjestettävässä aloituspalaverissa perehdytään kosteudenhallintatoimenpiteisiin. Rakennuttaja tai sen edustaja hyväksyttää pääurakoitsijan toimenpiteet kosteudenhallintaan sekä mahdollisiin muihin vastaaviin suunnitelmiin. Aloituspalaverissa olisi hyvä olla paikalla kaikki eri suunnittelualojen edustajat sekä mahdolliset aliurakoitsijat. (Ratu S-1236 2021.)

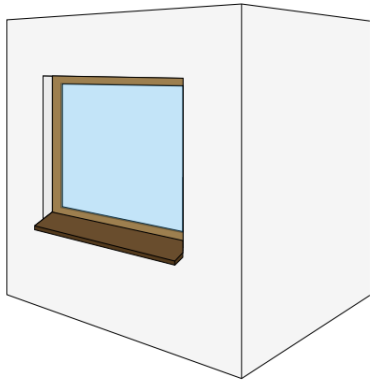
5.3 Kosteusriskien kartoitus

Kosteusriskejä kartoittaessa on tutustuttava detaljitasolla suunnitelmiin. Sen pohjalta arvioidaan rakenteiden kosteustekninen toimivuus ja kuinka ne saadaan toimimaan työmaaolosuhteissa. Tämän lisäksi on arvioitava materiaaleja, suojausta ja kuivatusta. Tunnistetut riskikohdat ja työvaiheet liitetään osaksi kosteudenhallintasuunnitelmaa. (Ratu S-1236 2021.)

Esimerkiksi rakennusaikaiset holvivedet voivat tuoda ylimääräistä kosteutta ikkunoiden kehäpuuhun ja/tai karmiin. Ylimääräinen kosteus voi aiheuttaa jopa kuuden millimetrin heiton karmipuiden etäisyydessä. Karmin päälle tulevan veden ei oleteta aiheuttavan laho- tai muita mikrobiongelmia. (Teriö 2003.)

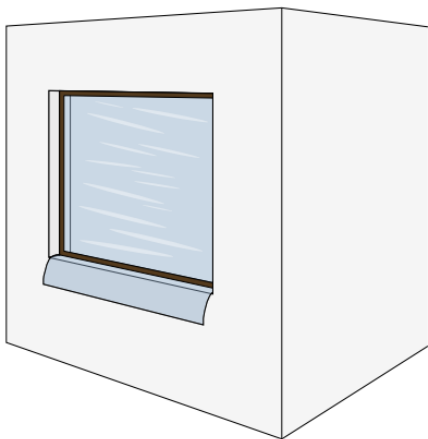
Rakennusaikana ikkunan sisäpuite tulisi pussittaa, käyttää muovikaistaa karmin päällä sekä sisäpuolelta suojata puite aina tasoitetöiden alkamiseen saakka. Muovikaista kuitenkin täytyy muistaa poistaa ennen ikkunan tiivistystä. Teriön (2003) mukaan on hyvin mahdollista, että tilan lämpötilan nousun johdosta ulkoseinän eristetilassa tapahtuu kosteuden tiivistymistä. Tiivistynyt vesi valuu ikkunakarmin päälle ja tähän tilanteeseen on varauduttava. Ikkunan yläpuoliseen vedenpoistoon ja tuuletukseen Teriö (2003) haluaisi suunnittelijoiden ottavan enemmän kantaa.

Yleisesti kaikki rakenteet ja materiaalit tulisi aina suojata niin, etteivät ne altistu liian suurelle kosteusrasitukselle. Rakenteen ja materiaalin kastuminen aiheuttaa aina vähintään kuivatusta tai pahimmillaan purkutyön ja rakenteen uusimisen. Molemmissa vaihtoehtoissa syntyy helposti aikatauluviivettä ja kasvaneita kustannuksia. Jos liiallinen kosteusrasitus jää työmaalla huomioitta, saa se aikaan vielä mittavampia vahinkoja. Esimerkiksi ikkuna-asennusten kohdalla vaipan sulkemiselle on usein kova kiire, että sisälle saadaan lämmitys päälle. Kiireessä voidaan unohtaa ikkuna-asennusten onnistumisen kannalta tärkeä asennettavan pinnan kosteus. Vaikka puukarmin tuuletusvillatilaan on huomioitu, voi kosteusvaihtelu saada apukarmissa aikaan muodonmuutoksia. Tämän vuoksi kosteudenhallintaa tulisi ymmärtää kokonaisuutena eikä yhden työvaiheen näkökulmasta. Kun ikkunat on asennettu, on myös huolehdittava sadeveden pois pääsy julkisivusta ja ikkunan puitteista. Usein ikkunapellityksiä ei saada välittömästi asennettua, joten tulisi käyttää väliaikaista ratkaisua. Väliaikainen ratkaisu voi olla vaneri tai muu levy, joka asennetaan ikkunan alareunaan. (Ratu S-1236 2021.)



Kuvio 10 Väliaikainen pellitys ikkuna-asennusten jälkeen (Ratu S-1236 2021).

Ikkuna-aukkoihin voidaan myös laittaa muovit ja lämmöneristeeksi EPS-levy. Tässä tapauksessa rakennuksen sisään saadaan tarvittaessa lämmitys päälle eikä ikkuna-asennusten suhteen ole niin kova kiire. Molemmissa vaihtoehdoissa estetään sadeveden pääsy rakennuksen sisäpuolelle. Muovin asennuksessa on huomioitava ikkunan alareuna, josta sadevesi on ohjattava pois. Väliaikaisen muovin etu on myös puista apukarmia käytettäessä, että puu pääsee kuivumaan, jos se on päässyt kastumaan. (Ratu S-1236 2021.)



Kuvio 11 Väliaikainen ikkunan suojaus (Ratu S-1236 2021).

Kosteudenhallintaselvitys

Kosteudenhallintaselvityksessä rakennushankkeeseen ryhtyvät laatii dokumentin rakennustyömaan kosteudenhallinnan tasosta. Selvitys vaaditaan kaikissa luvanvaraisissa hankkeissa. Kosteudenhallintaselvitystä aletaan laatimaan viimeistään suunnittelun alkuvaiheessa. Rakennusviranomaisen voi edellyttää selvitystä rakennuslupavaiheessa. Suunnitelmaan on tärkeää päivittää projektin edetessä ja tilanteiden muuttuessa. Vastuu selvityksen laadinnasta voi olla esimerkiksi kosteudenhallintakoordinaattorilla, jolle eri suunnittelualan suunnittelijat luovuttavat kosteustekniset vaatimukset. (Ratu S-1236 2021.)

Riippuen hankkeen koosta, kosteudenhallintaselvityksen laajuus ja tarkkuus vaihdella. Esimerkiksi tilanteessa, jolloin käytetään Kuivaketju10- toimintamallia, voi selvitys jäädä suppeammaksi koska näihin kysymyksiin vastataan sitoutumalla toimintamallin vaatimuksiin. Selvityksen tarkoituksena on varmistua, että hankkeen toteuttaja on tunnistanut sen luonteen ja siihen liittyvät kosteusriskit. Kosteusriskien tunnistamisen lisäksi toteuttaja kykenee riskien torjumiseen. Kosteudenhallintasuunnitelman lähtötietoina käytetään kosteudenhallintaselvitystä. Selvitys tulee liittää suunnittelu- ja urakkapyyntöihin sekä asiakirjoihin. Näin ollen sopimusteknistesti sitoudutaan noudattamaan tapaa toimia. (Ratu S-1236 2021.)

Kuivaketju10-toimintamalli

Kuivaketju10- toimintamalli pohjautuu kymmeneen keskeiseen kosteudenhallinnalliseen riskiin työmaalla. Toimintamallin tavoitteena on vähentää kosteusvaurioiden riskiä koko rakennuksen elinkaaren ajan. Riskienhallinta perustuu koko työmaan mittaiseen ketjuun. Kuivaketju10- sisältää riskilistan ja todentamisohjeen, joissa on esitetty kymmenen keskeisintä kosteusriskiä. Kuivaketju10- ohjekortin mukaan edellä mainittujen kosteusriskien avulla pystytään hallitsemaan yli 80 prosenttia vaurioiden seurannaiskustannuksista. Tärkeää onnistumisen kannalta on, että kaikki suunnittelualat tunnistavat ja ovat tietoisia käytettävästä toimintamallista. Suunnittelijoiden tulee

työnsä aikana tarkentaa riskilistan ja todentamisohjeen kyseiseen projektiin ja erityispiirteisiin. Eri-tyispiirteet voivat olla oman opinnäytetyöni kohdalla esimerkiksi rakenneratkaisut puuikkunoissa ja kuinka ne toimivat kosteusteknisesti. (Kuivaketju10-Työmaatoteutus 2018.)



Kuivaketju10-riskiä

Riittämätön kokonaisuikataulu vaikeuttaa merkittävästi Kuivaketju10:n onnistumista.

- | | |
|--|---|
| 1. Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita. | 6. Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja. |
| 2. Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle. | 7. Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet. |
| 3. Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuoto- kohdista yläpohjaan. | 8. Kosteiden betonirakenteiden päälylystämisen aiheuttaa päälylystemateriaalin turmeltumisen. |
| 4. Kosteutta siirtyy ilmansulku- kerroksen vuotokohdista ulko- seinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi. | 9. Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa raken- nuksen. |
| 5. Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin. | 10. Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti. |

Kuvio 12 Kuivaketju10 (2018) -riskilista.

Projektin alussa nimetään aina ensimmäisenä kosteudenhallintakoordinaattori, jos on tehty päätös, että projekti toteutetaan Kuivaketju10- toimintamallin mukaisesti. Kosteudenhallintakoordinaattori tehtäviin kuuluu valvoa ja ohjata toimintamallin toteutusta koko prosessin ajan. Suunnittelijoiden osalta tämä tarkoittaa, että heidän tulee osoittaa huomioineensa riskilistan ja todentamisohjeen omassa työssään. Pääurakoitsijalla on myös vastuu toteuttaa työ suunnitelmien mukaan sekä dokumentoida toteutus siltä osin, miten on määrätty. Kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävänä on lopuksi varmistaa ja hyväksyä suoritettu todentaminen. (Kuivaketju10-Työmaatoteutus 2018.)

Kosteudenhallintakoordinaattoriksi projektille valitaan täysin riippumaton asiantuntijataho, joka ei edusta tilaajan tai urakoitsijan organisaatiota. Ennen henkilön valintaa tulee vaadittava pätevyys selvittää projektin vaatimusluokan mukaan. Vaatimusluokka määräytyy Ympäristöministeriön ohje rakentamisen työnjohtotehtävien vaatimusluokista ja työnjohtajien kelpoisuudesta -oppaasta. Lopulta vaatimusluokan määrittää paikallinen rakennusvalvonta. (Kuivaketju10-Kosteudenhallintakoordinaattori 2018.)

Koordinaattori rakennushankkeessa	
✓	Koordinaattoriksi sopiva henkilö
✓	Kuivaketju10-status
✓	Tilaamisvaihe
✓	Riskilistan ja todentamisohjeen tarkentaminen
✓	Suunnitteluvaihe
✓	Työmaavaihe
✓	Rakennuksen käyttöönotto
✓	Kuivaketju10:n onnistumisen arviointi
✓	Rakennuksen käyttö

Kuvio 13 Koordinaattorin tehtävät rakennushankkeessa (Kuivaketju10-Kosteudenhallintakoordinaattori 2018).

Opinnäytetyöni kannalta erityisen tärkeää on huolehtia riskilistan kohdasta 9. Kohta 9 pitää sisälleen materiaalien ja rakenteiden kastumisen aiheuttamat vauriot. Kaikki rakennusmateriaalit tulee aina suojata kosteudelta huolellisesti. Erityisesti puuikkunat ovat herkkiä kosteudelle, joten niiden kosteudenhallinnasta on huolehdittava. Usein ikkunoita joudutaan varastoimaan hetkellisesti ulko-tiloissa, joka nostaa rakennusosan vaurioitumisriskiä. Myös riskilistan kohta 2 on kriittinen tutkittavan aiheen kannalta. Rakennusaikana ikkuna-aukkoa tulee suojata sadevedeltä ja viistosateelta. Ongelma ei poistu ikkunoiden asentamisen jälkeen vaan sadevesien pois ohjaamiseksi on suoritettava toimenpiteitä. Näitä toimia on käsitelty aikaisemmassa kosteusriskien kartoitusosiossa.

6 Rakenteiden vertailu

Toimeksiantajan havainto on, että vuosikorjauskustannukset puualumiini-ikkunoiden kohdalla ovat nousseet selkeästi Jyväskylän Lutakon alueen kohteissa. Skanska on rakentanut Lutakon alueelle, kerrostaloja jo 1990-luvun loppupuolelta lähtien. Havainnot korkeammista vuosikorjauskuluista, on tehty viimeisimmän korttelin rakennusajalta. Tähän kortteliin Skanska on rakentanut kahdeksan kerrostaloa, jotka ovat rakenteeltaan olleet melko samalaisia. Seinärakenteet ovat pääsääntöisesti olleet betonisia sandwich-elementtejä. Osassa taloja julkisivuna on käytetty myös paikalla muurattua tiiliverhousa, mutta näissäkin taloissa pääasiallinen rakenne on sandwich-elementti. Kaikissa kohteissa on käytetty puista apukarmia ikkunan kiinnityksissä.

Ikkunoiden toiminnan ongelmat johtuvat puisen apukarmin kosteusvaihtelusta. Jos rakennusaikana apukarmiin on päässyt kosteutta, saa se aikaan ongelmia. Yleinen ohje on, että apukarmin kosteus ei saa olla yli 20 painoprosenttia. Karmipuu pääsee tuulettumaan villatilaan, kun puuhun porataan elementtitehtaalla tuuletusreiät. Lutakon kohteissa reiät ovat halkaisijaltaan Ø20 mm ja k-jaolla 400 mm. Työmaan on varmistuttava ennen ikkuna-asennuksia, että reiät on porattu ja ne eivät ole tukossa.

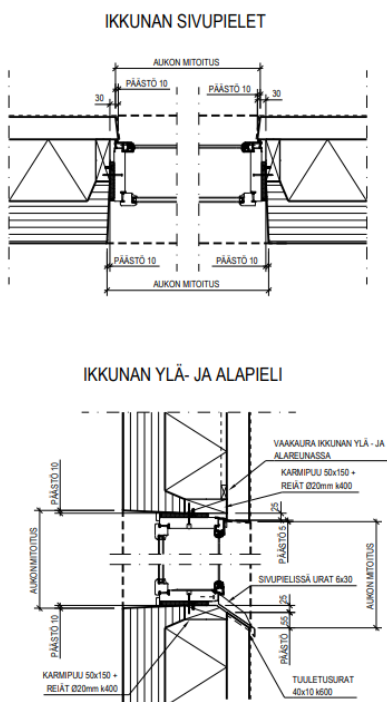
Kun apukarmi viimeistää lämmityskauden aikana kuivuu ja sen myötä kutistuu, saa se ikkunan kitaukset repeämään sisäpuolelta. Muita oireita ikkunoissa puun kutistumisen aiheuttamana on ikkunan käynnin ongelmat ja ääritapauksissa ikkunan karmin halkeaminen. Näistä ongelmista Lutakon kohteen vuosikorjauskustannukset ovat koostuneet. Kun vaihtoehtoisena toteutustapana käytetään metallista karmikenkää, näitä kosteusvaihtelun aiheuttamia ongelmia ei pääse synty-
mään.

6.1 Kohteet

As Oy Jyväskylän Nuotti

Nuotti on Jyväskylän Lutakossa sijaitseva 8. kerroksinen kerrostalokohde. Nuotti on valmistunut alkuvuodesta 2020 ja Skanska-konsernin omaa tuotantoa. Rakennuttamisesta vastaa Skanska Kodit ja tuotannosta Skanska Talonrakennus. Talo käsittää 38 asuntoa kooltaan 28,5 m² – 108,5 m². Rakennuksen bruttoala on 2777 m².

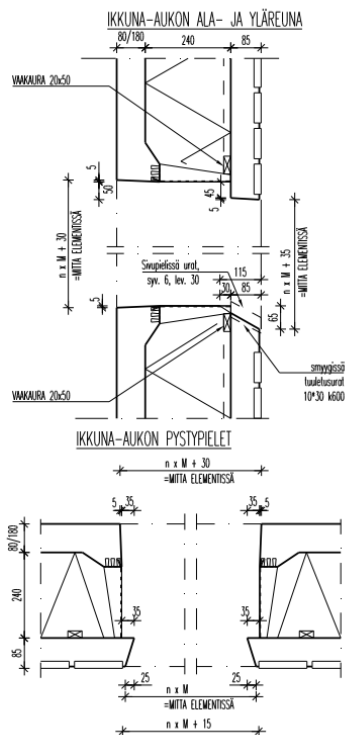
Kohteessa on käytetty Laukaan Betonin elementtejä. Ulkoseinät ovat suurilta osin sandwich-elementtejä lukuun ottamatta pädyn eristettyä sisäkuorielementtiä, jonka julkisivuna on paikalla muurattu tiiliverhous. Puuikkunoita Nuotissa on yhteensä 107 kappaletta. Nuotin elementit on toteutettu puisella apukarmilla kauttaaltaan. Toimeksiantaja on halunnut toteuttaa alueen kohteet puisella apukarmilla kokonaisuudessaan koska suuressa osassa taloista on kuorirakenteita.



Kuvio 14 Puinen apukarmin leikkaus (Skanska projektipankki).

As. Oy Jyväskylän Viira

Viira on myös Skanskan omaa tuotantoa Jyväskylän Kankaan alueella. Viirassa on 8. kerrosta, mutta asuntoja hieman enemmän, yhteensä 55. Huoneistot ovat kooltaan keskiarvallisesti pienempiä kuin Nuotissa ja niiden koot vaihtelevat yksiön 29,0 neliöstä kolmion 67,0 neliöön. Bruttoalaa on yhteensä 3552 m². Betonielementit on Nuotin tavoin toimittanut Laukaan Betoni. Ulkoseinät ovat kantavia ja ei-kantavia sandwich-betonielementtejä tiililaatta pinnalla. Yhteensä puuikkuna-aukkoja on 174 kappaletta. Viirassa on käytetty toista vertailtavaa toteutustapaa eli ikkunat kiinnitetään metalliseen karmikenkään.



Kuvio 15 Karmikengän leikkaus (Skanska projektipankki).

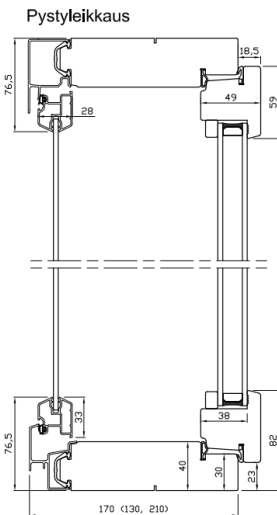
6.2 Käytetyt rakenteet ja kiinnitystavat

Edellä mainituissa esimerkkikohteissa on eri toteutustavat ikkunan kiinnitykseen. Molemmissa kohteissa on pääasiassa käytetty betoni sandwich-elementtejä lukuun ottamatta Nuotin yhtä paikalla muurattua julkisivua. Varsinkin kohteissa, joissa käytetään ainoastaan betoni sandwich-elementtejä karmikengän käyttö on helppo valinta, koska se ei aiheuta palo- eikä kosteusteknisesti lisätyötä.

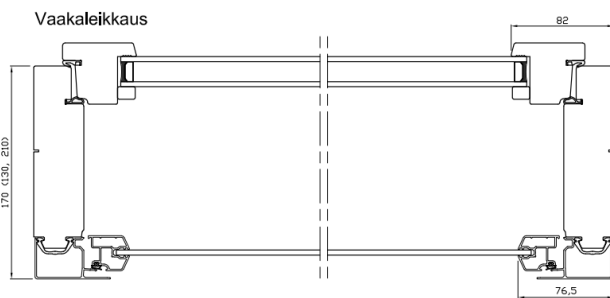
6.2.1 Puualumiini-ikkunat

Tarkasteltaviin kohteisiin puuikkunat on toimittanut PihlaPro. Ikkunat ovat tyypiltään MSE-ikkunoita. Ne aukeavat sisäänpäin ja ovat kaksipuitteisia, kolmilasisia ikkunoita. Sisäpuitteessa on kaksinkertainen eristyslasi ja ulkopuitteessa yksinkertainen lasi. Ulkopuitteet ovat alumiinia ja karmit ulkopuolelta päällystetty alumiiniprofiililla. Karmisyvyys on 210 mm. Tuuletusikkunat ovat pääosin alasaranoituja. (Rakennusselostus 2017.)

Puuikkunoiden kohdalla minimiäänieristysvaatimus on 42 dB. Ikkunoiden ja ikkunaovien sisä- ja ulkopuitteet tiivistetään ikkunavalmistajan vakiotiivisteellä. Tiiviste tulee asentaa siten, että se jatkuu täysin toimivana myös helojen ja nurkkien kohdalla. Ulkopuitteen tiivisteisiin jätetään tuuletusraot. Karmin ja seinän välinen sauma tilkitään elastisella uretaanivaahdolla, jonka vahvuus on vähintään 90 mm. Karmin ja elementin sauma sekä ikkunapellin ja karmin sauma tiivistetään säänkestävällä elastisella saumausmassalla. Ikkunoiden u-arvo on alle 1,0 W/(m²K). (Rakennusselostus 2017.)



Kuvio 16 MSE-ikkunan pystyleikkaus (PihlaPro leikkauskuvat n.d.)



Kuvio 17 MSE-ikkunan vaakaleikkaus (PihlaPro leikkauskuvat n.d.)

6.2.2 Puinen apukarmi

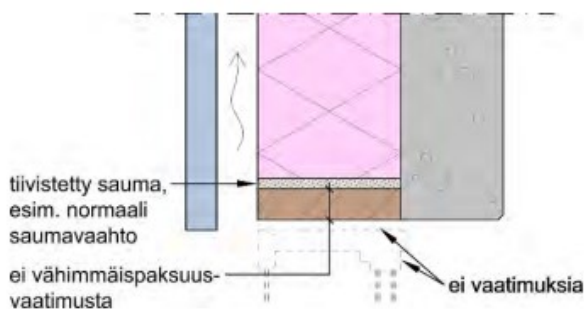
Betonelementeissä on pitkään käytetty puisia apukarmeja. Apukarmi kiertää aukon kauttaaltaan, johon ikkuna kiinnitetään. Kiinnitys tapahtuu kiilojen ja ruuvien avulla. Tämä toteutustapa on varsinkin asentajien mieleen sen nopeuden takia. Puisessa apukarmissa kiinnityskohdalla ei ole niin suurta merkitystä, kun pohditaan karmien esiporattujen reikien paikkaa.

Elementtitehtaalla puiset apukarmit kiinnitetään elementtiin yleisesti kahdella eri tavalla. Ensimmäisessä tavassa valun jälkeen elementin sisäkuoreen kiinnitetään kulmarauta, johon puinen apukarmi saadaan kiinni. Vaihtoehtoisesti sisäkuoreen voidaan lisätä tartunnat, johon puinen apukarmi kiinnitetään. Aikaisemmin apukarmin materiaalina on käytetty painekyllästettyä puutavaraa, mutta ainakin tämän elementtitoimittajan kohteissa on siirrytty käsittelemättömään puutavaraan.

Mallikohteessa puisen apukarmin kokona on käytetty 50x150. Kosteusteknisistä syistä karmipuun tuuletuksesta täytyy huolehtia. Puuhun tulee porata tuuletusreiät läpi villatilaan, jotta mahdollinen kosteus pääsee tuulettumaan pois. Jos reiät on jäänyt poraamatta, karmin päälle keräytynyt kosteus pääsee pahimmillaan rikkomaan ikkunan laseja myöten. Työmaan olisi tärkeää tarkastaa ennen ikkuna-asennuksia, että tuuletusreiät on ylipäättään tehtaalla porattu. Sen lisäksi on varmistettava, että reiät eivät ole umpeutuneet sinne kuulumattomasta jätteestä tai betonista.

Puisen apukarmin asennus elementtitehtaalla on melko työlästä eikä myöskään nykyiset materiaalihinnat ole muuttanut asiaa ainakaan parempaan suuntaan. Puutavaraa kuluu melkoisesti, kun aukko kierretään kauttaaltaan. Materiaalit ja kustannus työstä tekevät puisesta apukarmista kalliimman vaihtoehdon, kun vertaillaan tarjousta elementtitehtaalta. Näitä kustannustiedoista kerrotaan lisää salatussa liitteessä.

Paloteknisesti puinen apukarmin liitos on helppo toteuttaa alle 28 metrissä rakennuksissa, joiden käyttötarkoitus on asuin- tai työpaikkarakennus. Itse apukarmi toimii eristettä suojaavana kerroksena niin sandwich-elementissä kuin tuuletusraolisessa kuorirakenteessa olettaen, että se on yhtä leveä kuin eristekaista. Ikkunan tiivistämiseen riittää siis normaali saumavaahto, jolla ei paloteknisiä ominaisuuksia. Myöskään karmin leveydellä tai materiaalilla ei ole merkitystä palomitoituksessa. Kun rakennus on enintään 56 metriä eikä sillä ole käyttötarkoituksellista rajoitusta, toimii puinen apukarmi siinä tapauksessa myös suojana eristeelle. Ainoana erona on, että apukarmille annetaan palokuorman mukaan vähimmäispaksuudet käytetyn materiaalin mukaan. (Kooltherm®-palosuunnitteluohje 2021.)

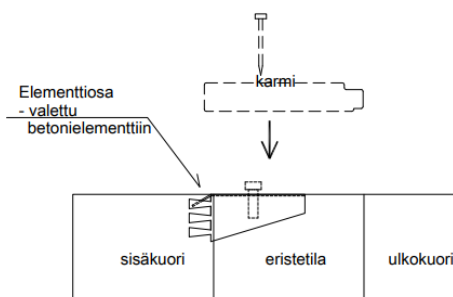


Kuvio 18 Puisen apukarmin paloteknisen vaatimukset (Kooltherm®-palosuunnitteluohje 2021).

6.2.3 Metallinen karmikenkä

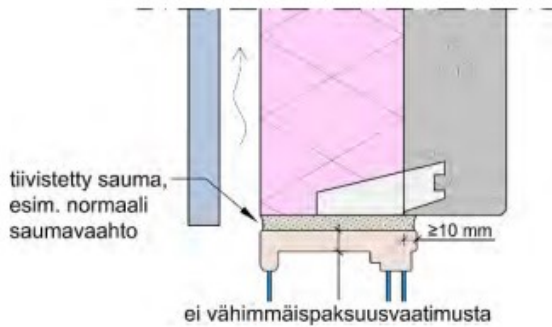
Metallinen karmikenkä on kiinnitysosa, johon puuikkuna kiinnitetään. Karmikengät valetaan elementtitehtaalla sisäkuoreen kiinni lopulliseen paikkaan. Kenkä tulee samaan tasoon sisä- ja ulko-kuoren kanssa. Niitä voidaan käyttää niin sandwich-elementeissä kuin eristetyissä sisäkuorielementeissä. Sijoittelu tapahtuu elementtiin ikkunatyypin mukaisesti karmin kiinnitysreikien kohdalle. Kiinnityksen suhteen karmikenkä on puista apukarmia vaikeampi koska elementtitehtaalla kenkien on osuttava juuri oikealle kohdalle. Jos jostain syystä karmikengät eivät ole osuneet oikeille kohdille suhteessa karmin esiporattuihin reikiin, vaikeuttaa ja hidastaa se asennustyötä.

Metallinen karmikenkä on vaikeampi toteuttaa tilanteissa, jossa käytetään kuorirakennetta, ikkunat on asennettu eikä julkisivu ole vielä valmis. Silloin ikkuna voi olla ulompana kuin eriste ja joutuu näin kosteusrasitukselle. Puista apukarmia käytettäessä elementtitehtaalla ikkunan suojaksi asennetaan huovasta ”lippa” kunnes rakenne saa julkisivun. Metallisella karmikengällä tällainen suojarakenne on vaikeampi toteuttaa ja osaksi tästä syystä kuorirakenteissa on suosittu puista apukarmia.



Kuvio 19 Semtu yksiosainen karmikulma (Semtu-karmikulmat 2010).

Paloteknisesti karmikenkä ei ole kaikissa tapauksissa yhtä yksinkertainen toteuttaa kuin puinen apukarmi, joka toimii itsessään suojaavana materiaalina eristeelle. Riippuen rakennuksen korkeudesta ja käyttötarkoituksesta vaatimuksissa on eroja. Esimerkkikohteen kaltaisessa alle 28 metrisessä asuinrakennuksessa riittää, että karmi tuodaan 10 mm eristeen sisäpinnan yli ja tiivistetään normaalilla saumavaahdolla kauttaaltaan eristeeseen. Tiivistykselle tai karmin vähimmäispaksuudelle ei ole paloteknisiä vaatimuksia. (Kooltherm®-palosuunnitteluohje 2021.)



Kuvio 20 Karmikengän palotekniset vaatimukset (Kooltherm®-palosuunnitteluohje 2021).

Rakennuksen ollessa enintään 56 metriä korkea eikä sillä ole käyttötarkoituusrajoitusta, saa liitos enemmän paloteknisiä vaatimuksia. Riippumatta onko rakenne tuuletusraollinen kuorirakenne tai sandwich-elementti, vaaditaan karmilta vähimmäispaksuutta sekä luokiteltua palotiivistystä vähimmäissyvyyksineen. Palon tunkeutuminen estetään puisen karmen ja eristeen saamaan palotiivistyksillä, jotta karmi pystyy osallistumaan eristeen suojaamiseen. Karmilta vaaditaan eristekaistan leveys sekä vähimmäispaksuudet palokuormaryhmittäin. (Kooltherm®-palosuunnitteluohje 2021.)

7 Kustannukset

Kustannuslaskelmissa on huomioitu kolme tekijää, joista kustannukset koostuvat. Niitä ovat:

- Elementtitoimittajan hinta metalliselle karmikengälle ja puiselle apukarmille
- Asennuksesta vastaavan urakoitsijan veloitus
- Vuosikorjauskustannukset puuikkuna-litteralle

Vertailtavat kohteet ovat molemmat 8 kerroksisia kerrostaloja, mutta Viirassa on asuntoja toista-kymmentä enemmän kuin Nuotissa. Tämän myötä myös ikkuna-aukkoja on Viirassa huomattavasti enemmän. Sen vuoksi kokonaiskustannuksia on ei voida vertailla suoraan, joten muodostin vertailukelpoisen hinnan ikkuna-aukkoa kohden.

Laskennan perusteella karmikengän valitseminen tulee halvemmaksi vaihtoehdoksi tuotantokustannuksien kuin vuosikorjausten näkökulmasta. Prosentuaalisesti suurempi ero syntyy tuotantokustannuksien osalta kuin vuosikorjauskustannuksien. Tuotantokustannuksiin lasketaan mukaan elementtitoimittajan hinta sekä asennuksen veloitus. Elementtitoimittajan hinta on karmikengälle edullisempi kuin puiselle apukarmille. Asennuksen osalta taas tilanne on päinvastainen eli puinen apukarmi on edullisempi asennettava. Kokonaisuutena tuotantokustannukset ovat matalammat metallisen karmikengän kohdalla.

Vuosikorjauksen kokonaiskustannukset laskin myös ikkuna-aukkoa kohden. Myös niiden osalta karmikengä osoittautui kustannustehokkaammaksi vaihtoehdoksi. Litteralle osoitetut kustannukset olivat kokonaisuudessaan suuremmat Viirassa, mutta huomattavasti suurempi ikkunoiden lukumäärä laski vertailtavan kustannuksen ikkuna-aukkoa kohden pienemmäksi. Kustannuslaskelmat osoittivat, että tällaisissa sandwich-elementeistä rakennetuissa taloissa edullisempi toteutustapa on valita metallinen karmikengä.

Kustannuslaskemat hintoineen löytyvät salaisesta liitteestä.

7.1 Toteutustavan valinta

Tämän työn tarkoitus oli vertailla ikkuna-asennuksia nimenomaan kustannuksien näkökulmasta. Tähän kysymykseen löytyi selkeä vastaus. Valintaan kuitenkin vaikuttaa myös muut tekijät, jos esimerkiksi rakennetyyppi vaihtuu. Paloteknisesti normaali sandwich-elementti on vaivaton toteuttaa. Puinen apukarmi toimii eristeen suojana, eikä lisätöitä tule palomääräysten valossa. Kun elementtitehtaalla onnistutaan metallisten karmikenkien asennuksissa siten, että ikkunat saadaan suunnitellun aikataulun mukaan työmaalla asennettua, on tutkimuksen tulos melko selvä sandwich-elementeistä tehdyissä rakennuksissa. Karmikenkä on tuotanto- ja vuosikorjauskulujen suhteen edullisempi toteuttaa.

Lisätyötä kuitenkin aiheutuu, jos käytetään eristettyä kuorielementtiä, jossa on julkisivun ja eristeen välissä on tuuletustila. P1 luokan rakennuksen korkeuden ylittäessä 28 metriä, joudutaan käyttämään luokiteltuja palotiivistemateriaaleja. Tätä työvaihetta ei tarvitse puisen apukarmin kohdalla tehdä. Tämä lisätyö ei tullut vastaan kummassakaan esimerkkikohteissani, mutta se on hyvä tiedostaa, jos tehdään vastaavaa vertailua toisenlaisiin kerrostalokohteisiin.

Tutkimuksessa ei kuitenkaan ole huomioitu esimerkkikohteiden rakennusaikaisia olosuhteita. Näin jälkikäteen mahdoton tietää millaiset olosuhteet runkovaiheessa on ollut ja kuinka mahdolliselta kosteusrasitukselta on suojauduttu. Puisen apukarmin kannalta on epäedullista, jos olosuhteet ovat olleet sellaiset, että puun kosteus on ollut liiallinen asennusaikana. Myöskään apukarmin tuuletuksen toimivuutta voi vain arvailla näin jälkikäteen. Sopiikin miettiä tutkimuksen tulosta tilanteessa, jossa puisen apukarmiin ei ole päässyt rakennuskosteutta ja tuuletus on toiminut juuri niin kuin on suunniteltu. Uskon, että puisella apukarmilla on mahdollisuus toimia yhtä hyvänä ja laadukkaana kiinnitysalustana kunhan vain kosteudenhallinnasta pidetään huolta aikaisemmin mainituilla tavoilla. Jos puisen apukarmin käyttöä jatketaan edelleen, on suojaukseen ja asennusolosuhteisiin todella kiinnitettävä huomiota.

8 Pohdinta

Tutkimuksen tavoite saavutettiin, kun vertailtavista toteutustavoista löytyi kustannustehokkaampi. Näillä tutkimustavoilla ja vertailtaavilla kohteilla voidaan sanoa metallisen karmikengän olevan parempi toteutustapa. Karmikengä on tuotanto- kuin vuosikorjauskuluiltaan edullisempi vaihtoehto. Pienempien vuosikorjauskulujen myötä myös rakentamisen laatu on parempi tässä vaihtoehdossa. Kustannukset ja laatutekijät ovat tämän valinnan takana.

Opinnäytetyöprosessin aikana olen ihmetellyt yleistä mielipidettä siitä, kuinka moni taho on puiseen apukarmin kannalla. Moni on perustellut valinnan sen asentamisen helppoutena ja koen, että puiseen apukarmin vaalimisesta on tullut juurtunut tapa. Toimeksiantajan puolelta ongelma on tunnistettu jo vuosia takaperin. Siitä huolimatta puiseen apukarmin käyttöä on jatkettu täällä Keski-Suomen alueella. Toinen esille noussut asia tämän prosessin aikana on uusien kiinnitystapojen kehittäminen. Näillä tutkituilla toteutustavoilla on rakennettu pitkän aikaa, eikä markkinoille ole tullut uusia innovaatioita, jotka olisivat helppoja ja toimivia ratkaisuita. Vaikka tämän tutkimuksen perusteella karmikengän käyttö on parempi vaihtoehto, liittyy siihenkin omat haasteensa. Olisikin ilo nähdä tulevaisuudessa jokin uusi innovaatio aiheeseen liittyen.

Tutkimuksesta olisi saanut tarkemman ja laajemman jos vertailtavia kohteita olisi ollut enemmän. Toimeksiantajan puolesta viime vuosina karmikengällä on toteutettu vain ja ainoastaan tämä yksi kohde, joten tästä syystä otanta jäi vähäiseksi. Uskon silti, että pienestä otannasta huolimatta lopputulos olisi laajemminkin tutkimuksessa ollut saman suuntainen.

Lähteet

Barbara J. Jackson 2010. Construction Management JumpStart. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

Junnonen, J-M. 2010. Talonrakennushankkeen tuotantohallinta. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy.

Kankainen, J. & Junnonen, J-M. 2001. Laatuajattelu ja rakennustyömaan laatutoiminnot. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kooltherm®-palosuunnitteluohje. 2021. Kingspan ohjeistus. Viitattu 11.4.2022. <https://www.kingspan.com/fi/fi-fi/tuotteet/eristeet/tietopankki/suunnittelu-ja-tyoohjeet>

Kuivaketju10- Kosteudenhallintakoordinaattori. 2018 Rakentamisen laatu RALA ry ohjekortti. Viitattu 22.2.2022. http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Kosteudenhallintakoordinaattori_150313.pdf

Kuivaketju10- Riskilista. 2018. Rakentamisen laatu RALA ry ohjekortti. Viitattu 22.2.2022. http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf

Kuivaketju10- Työmaatoteutus. 2018. Rakentamisen laatu RALA ry ohjekortti. Viitattu 22.2.2022. http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/04/Kuivaketju10-Tyo%CC%88maatoteutus_150313.pdf

Laadullinen tutkimus. 2021. Jyväskylän yliopiston KOPPA-tietopankki. Viitattu 19.3.2022. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/laadullinen-tutkimus>

Our position. 2022. Skanska Group www-sivut. Viitattu 20.2.2022. <https://group.skanska.com/about-us/who-we-are/our-position/>

Rakennustöiden laatu 2017. 2017. Helsinki: Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS. Viitattu 13.3.2022. <https://janet.finna.fi>

Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset: talonrakennuksen runkotyöt. 2010. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 10.2.2022. <https://janet.finna.fi>, Rakennustieto Oy.

Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset: talonrakennuksen sisätyöt. 2013. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 10.2.2022. <https://janet.finna.fi>, Rakennustieto Oy.

Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. 2016. Rakennustieto Oy. Viitattu 1.4.2022. <https://janet.finna.fi>

Ratu 0419. 2014. Puuvalmisosarakentaminen, puuikkunat ja -ovet. Rakennustieto Oy, Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS. Viitattu 10.2.2022. <https://janet.finna.fi>

Ratu S-1236. 2021. Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Rakennustieto Oy, Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustietosäätiö RTS sr ja Mittaviiva Oy. Viitattu 1.4.2022. <https://janet.finna.fi>

RT 103241. 2020. Puu- ja puualumiini-ikkunat. Rakennustietosäätiö RTS ja Rakennustieto Oy. Viitattu 10.2.2022. <https://janet.finna.fi>

Skanska Suomessa. 2018. Viitattu 20.2.2022. <https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/>

Teriö, O. 2003. Betonivalmisosarakentamisen kosteudenhallinta. Tampere: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Viitattu 22.2.2022. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/21955/Betonivalmisosarakentamisen+kosteudenhallinta.pdf>

YSE-opas urakoitsijalle. 2019. INFRA ry opas. Viitattu 19.3.2022. <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/julkaisuja/2019/yse-opas-21-2-2019.pdf>

Liitteet

Liite 1 Kustannukset, salainen